



Справочный неофициальный документ ЦГ ТЭВ по методам сокращения выбросов от мобильных источников и обзору приложения VIII Гётеборгского протокола

Август 2023

Подготовлено ЦГ ТЭВ Научно-технический
секретариат

Ирвинг Тапиа-Вилларреаль (Citera)

Софи Мухтар (Citera)

Жан-Марк Андре (Citera)

Адриен Мерсье (Citera)

Надин Аллеманд (Citera)



Справочный неофициальный документ ЦГ ТЭВ по методам сокращения выбросов от мобильных источников и обзору приложения VIII Гётеборгского протокола

Дополнительная информация
Научно-технический секретариат ЦГ ТЭВ

Д-р. Надин Аллеманд (руководитель научно-
технического секретариата ЦГ ТЭВ)

Citepa
42 Rue de Paradis 75010 Paris
nadine.allemand@citepa.org

Список основных сокращений и аббревиатур

ACEA	Европейская ассоциация производителей автомобилей (European Automobile Manufacturers' Association)
AGP	Гётеборгский протокол с поправками 2012 года (Amended Gothenburg Protocol)
AGVES	Экспертная группа по стандартам выбросов транспортных средств (Advisory Group on Vehicle Emission Standards)
НДТ (BAT)	Наилучшая доступная техника (Best Available Technique)
BEV	Аккумуляторный электромобиль (Battery Electric Vehicle)
BTL	Переработка биомассы в жидкость (Biomass To Liquid)
CADC	Общие ездые циклы Artemis (Common Artemis Driving Cycles)
CH₄	Метан (Methane)
CH₂O	Формальдегид (Formaldehyde)
CF	Коэффициент соответствия (Conformity Factor)
CI	Воспламенение от сжатия (Compression Ignition)
CLOVE	Консорциумом инженерных консультантов Европейской Комиссии за сверхнизкие выбросы транспортных средств (Consortium for Ultra-Low Vehicles Emissions)
КПГ (CNG)	Компримированный природный газ (Compressed Natural Gas)
CO	Моноксид углерода (Carbon monoxide)
DI	Прямой впрыск топлива (Direct Injection)
DOC	Дизельный окислительный каталитический нейтрализатор (Diesel Oxidation Catalyst)
DPF	Дизельный сажевый фильтр (Diesel Particle Filter)
ЕК (EC)	Европейская комиссия (European Commission)
EGR	Рециркуляция выхлопных газов (Exhaust Gas Recirculation)
ЕНС	Катализатор с электрическим нагревом Electrically Heated Catalyst
ELR	Европейская реакция на нагрузку (European Load Response)
ELV	Предельные уровни/значения выбросов (Emission Limit Values)
ER-EV	Электромобили с увеличенным запасом хода (Extended-Range Electric Vehicles)
ESC	Европейский цикл установившегося движения (European Steady-State Cycle)
EtOH	Этанол (Ethanol)

ЕС (EU)	Европейский союз (European Union)
FCEV	Автомобиль на топливных элементах (Fuel Cell Electric Vehicle)
GDI	Бензин прямого впрыска (Gasoline Direct Injection)
GHG	Парниковые газы (Greenhouse gases)
GP	Гётеборгский протокол (Gothenburg Protocol)
GPF	Бензиновый фильтр твердых частиц (Gasoline Particle Filter)
GTL	Переход от газа к жидкости (Gas to Liquid)
GVW	Полный вес автомобиля (Gross Vehicle Weight)
H₂	Водород (Hydrogen)
HC	Углеводород (Hydrocarbon)
HDV	Транспортное средство большой грузоподъемности (Heavy Duty Vehicle)
HEV	Гибридный автомобиль (Hybrid Electric Vehicles)
HFO	Тяжелое топливо (Heavy Fuel Oil)
HVO	Гидрирование растительное масла (Hydrotreating of Vegetable Oil)
IC	Внутреннее сгорание (Internal Combustion)
ICCT	Международный совет по экологически чистому транспорту (International Council of Clean Transportation)
INTERREG	Программа финансирования от Европейского Союза (Funding program from the European Union)
ISC-FCM	Камерное сжигание – измеритель расхода топлива (In-Situ Combustion – Fuel Consumption Meter)
IWA	Вспомогательное судно для внутренних водных путей (Inland Waterland Auxiliary)
IWP	Судно для внутренних водных путей с прямой или косвенной тягой Inland (Waterland Vessel direct or indirect Propulsion)
JRC	Объединенный исследовательский центр (Joint Research Centre)
LAT/Auth	Лаборатория прикладной термодинамики Университета Салоники (Laboratory of Applied Thermodynamics of the University of Thessaloniki)
LCV	Легкий коммерческий автомобиль (Light Commercial Vehicle)
LDV	Легкий грузовой автомобиль (Light Duty Vehicle)
LNG	Сжиженный природный газ (Liquefied Natural Gas)

LNT	Уловитель Nox (Lean-NOx Trap)
LPG	Сжиженный нефтяной газ (Liquefied Petroleum Gas)
ТЗВБР (LRTAP)	Трансграничное загрязнение воздуха на большие расстояния (Long-range Transboundary Air Pollution)
LSFO	Топливо с низким содержанием серы (Low Sulphur Fuel Oil)
MeOH	Метанол (Methanol)
N₂	Азот (Nitrogen)
N₂O	Закись азота (Nitrous Oxide)
NEDC	Цикл NEDC (New European Driving Cycle)
NEE	Выбросы транспортных средств, не связанные со сжиганием топлива (Non-Exhaust Emissions)
NH₃	Аммиак (Ammonia)
NMHC	Неметановые углеводороды (Non methanic hydrocarbons)
NMOG	Неметановые органические газы (Non-Methanic Organic Gases)
NMVOG	Неметановые летучие органические соединения (Non-Methane Volatile Organic Compounds)
NO_x	Оксиды азота (Nitrogen Oxides)
ВМТ (NRMM)	Внедорожная мобильная техника (Non-road Mobile Machinery)
NYCC	Нью-Йоркский цикл (New York City Cycle)
БД (OBD)	Бортовая диагностика (On-Board Diagnostic)
OC	Органический Углерод (Organic Carbon)
PC	Пассажирский автомобиль (Passenger Car)
PEMFC	Топливные элементы с протонообменной мембраной (Proton-exchange membrane fuel cells)
PEMS	Портативная система измерения выбросов (Portable Emission Measurement System)
PHEV	Гибридный автомобиль с зарядкой от электросети (Plug-In Hybrid Electric Vehicles)
PM (ТЧ)	Твердые частицы/ Дисперсное вещество (Particulate Matter)
PN	Количество частиц (Particle Number)
POC	Окислительный каталитический нейтрализатор частиц (Particle Oxidation Catalyst)

PTL	Электроэнергия в жидкое топливо (Power to Liquid)
RDE	Выбросы в реальных условиях вождения (Rear Driving Emissions)
RLL	Локомотивы (Locomotives)
RLR	Автомотрис / Железнодорожные вагоны (Railcars)
RNG	Возобновляемый природный газ (Renewable Natural Gas)
RW	Контрольный вес (Reference Weight)
CKB (SCR)	Селективная каталитическая нейтрализация (Selective Catalyst Reduction)
SI	Искровое зажигание (Spark-ignition)
SO_x	Оксиды серы (Sulphur Oxides)
SPN	Количество взвешенных частиц (Suspended Particles number)
TWC	Трехкомпонентный катализатор (Three Way Catalyst)
UFP	Сверхтонкая частица (Ultrafine particle)
UK	Соединённое Королевство Великобритании и Северной Ирландии (United Kingdom)
ООН (UN)	Организация Объединенных Наций (United Nations)
ЕЭК ООН (UNECE)	Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций (Economic Commission for Europe)
США (US)	Соединенные Штаты Америки (United States)
ЛОС (VOC)	Летучие органические соединения (Volatile Organic Compounds)
WHSC	Всемирно согласованный устойчивый цикл/ Общемировой цикл испытаний автомобилей большой грузоподъемности в устойчивом режиме (World Heavy Duty Steady State Cycle)
WHTC	Всемирно согласованный переходной цикл/ Общемировой цикл испытаний автомобилей большой грузоподъемности в переходном режиме (World Heavy Duty Transient Cycle)
WLTC	Всемирно согласованный цикл испытаний транспортных средств малой грузоподъемности (Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles)
ВЦИМ (WMTC)	Всемирный цикл испытаний мотоциклов на выбросы загрязняющих веществ (Worldwide harmonized Motorcycle emissions Certification/Test procedure)

Содержание

Краткое содержание.....	12
1. Введение.....	14
2. Приложение VIII: Предельные значения для топлив и новых мобильных источников ...	15
2.1. Пассажирские автомобили и автомобили малой грузоподъемности.....	15
2.2. Автомобили большой грузоподъемности.....	20
2.3. Предельные значения выбросов Евро 7/VII	22
Легкие грузовые автомобили : лабораторные испытания	29
Транспортные средства большой грузоподъемности	30
2.4. Компрессионно- и искровое зажигание для внедорожных транспортных средств и машин	32
2.5. Локомотивы и автотрис.....	36
2.6. Суда внутреннего плавания.....	38
2.7. Прогулочные суда	40
2.8. Мотоциклы и мопеды (категория L)	42
2.9. Качество топлива.....	45
3. Улучшенные и новые технологии для мобильных источников	50
3.1. Легковые автомобили, легкие грузовые транспортные средства и транспортное средство большой грузоподъемности	50
3.2. Локомотивы и автотрис.....	59
3.3. Суда внутреннего плавания.....	60
3.4. Мотоциклы и мопеды (категория L)	64
3.5. Выбросы транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива (NEE).....	64
4. Сводная таблица	67
5. Выводы	72
6. Список использованных источников	74

Список таблиц

Таблица 1: Таблица 1, Приложение VIII, 1.Предельные значения для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности.....	15
Таблица 2: Таблица 1, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении предельных значений для для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности	19
Таблица 3: Таблица 2, Приложение VIII, Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагруженном режиме.....	20
Таблица 4: Таблица 3, Приложение VIII, действующие предельные уровни для для автомобилей большой грузоподъемности –цикл испытаний в переходном режиме	21
Таблица 5: Таблица 2, Приложение VIII, предложение о возможном обновлении предельных значений для автомобилей большой грузоподъемности –цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагруженном режиме	22
Таблица 6: Таблица 3, приложение VIII, предложение по обновлению предельных значений для автомобилей большой грузоподъемности - цикл испытаний в переходном режиме.....	22
Таблица 7: Сценарии предельных значений выбросов Евро7 от CLOVE для легковых автомобилей (LDV) в мг/км, #/км [15][13]	24
Таблица 8: Предельные значения выбросов CLOVE для ЕвроVII в сценариях 1 и 2 для транспортных средств большой грузоподъемности (HDV), мг/кВт·ч, #/кВт·ч [16][15][13].....	25
Таблица 9: Сравнение между стандартами выбросов Евро7 консорциума CLOVE и ACEA для легковых автомобилей и легких грузовых автомобилей (LDV) в мг/км, #/км	26
Таблица 10: Предельные значения выбросов выхлопных газов для автомобилей категорий M1 и N1 с двигателями внутреннего сгорания в рамках стандарта Евро7	31
Таблица 11: Предельные значения выбросов в рамках стандарта EURO VII для транспортных средств категорий M2, M3, N2 и N3 с двигателями внутреннего сгорания.....	31
Таблица 12: Предельные значения выбросов NMVOC при испарении для бензиновых автомобилей категорий M1 и N1 массой до 2650 кг в рамках стандарта Евро7	32
Таблица 13: Предельные значения выбросов ТЧ10 от тормозов для транспортных средств категорий M1, M2, M3, N1, N2 и N3 до 31.12.2034 в рамках стандарта Евро 7.....	32
Таблица 14: Предельные значения выбросов ТЧ10 от тормозов для транспортных средств категорий M1, M2, M3, N1, N2 и N3 с 01.01.2035 в рамках стандарта Евро 7.....	32
Таблица 15: Предельные значения износа шин с выбросами ТЧ10 в рамках стандарта Евро 7.....	32
Таблица 16: Таблица 4, приложение VIII, текущие предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных	

тракторов (этап ШВ)	33
Таблица 17: Таблица 5, приложение VIII, действующие предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (Этап IV)	33
Таблица 18: Таблица 6, приложение VIII, предельные уровни для двигателей с искровым зажиганием, внедорожной подвижной техники.....	34
Таблица 19: Таблица 4, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для категории двигателей ВМТ с номинальной мощностью менее 560 кВт (Этап V).....	35
Таблица 20: Таблица 5, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для категории двигателей ВМТ с номинальной мощностью более 560 кВт (Этап V)	35
Таблица 21: Таблица 6, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для переносных двигателей с искровым зажиганием мощностью менее 19 кВт (Этап V)	36
Таблица 22: Таблица 6, Приложение VIII, Предложение о возможных обновлениях: Пределы выбросов для стационарных двигателей с искровым зажиганием мощностью менее 56 кВт (Этап V).....	36
Таблица 23: Таблица 7, Приложение VIII, Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения локомотивов	37
Таблица 24: Таблица 8, Приложение VIII, Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения автомотрис	37
Таблица 25: Таблица 7, приложение VIII, предлагаемые обновления: Пределы выбросов Stage V для категории двигателей RLL (локомотивы)	37
Таблица 26: Таблица 8, приложение VIII, предлагаемые обновления: Пределы выбросов Stage V для категории двигателей RLR (автомотрис)	38
Таблица 27: Таблица 9, приложение VIII, текущие предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения судов внутреннего плавания	38
Таблица 28: Таблица 9, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: Пределы выбросов для двигателей категории IWP/IWA для внутренних водных судов (Stage V).....	39
Таблица 29: Таблица 9, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: Пределы выбросов для двигателей категории NRE, пригодных для внутренних водных судов, в зависимости от тестовых циклов C1 (постоянная скорость) или D2 (переменная скорость)	40
Таблица 30: Таблица 10, приложение VIII, текущие предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения прогулочных судов	40
Таблица 31: Таблица 10, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении: предельные значения выбросов выхлопных газов для двигателей с воспламенением от сжатия (CI) (**)	41
Таблица 32: Таблица 10, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении: предельные значения выбросов выхлопных газов для двигателей с искровым зажиганием (SI)	42
Таблица 33: Таблица 11, приложение VIII, текущие предельные значения для	

мотоциклов (> 50 см ³ ; > 45 км/ч)	42
Таблица 34: Таблица 12, приложение VIII, текущие предельные значения для мопедов (< 50 см ³ ; < 45 км/ч).....	43
Таблица 35: Категории двух- и трехколесных транспортных средств и квадроциклов в Регламенте (ЕС) № 168/2013 для транспортных средств Евро5 [24].....	44
Таблица 36: Таблицы 11 и 12, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: предельные значения для двух- и трёхколёсных транспортных средств, квадроциклов, эндуро и триальных мотоциклов, а также тяжёлых внедорожных квадроциклов.....	44
Таблица 37: Таблица 13, приложение VIII, текущие экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием: бензин	46
Таблица 38: Таблица 14, приложение VIII, текущие экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия – вид топлива: дизельное топливо	47
Таблица 39: Таблица 13, приложение VIII, предложение о возможном обновлении спецификаций для реализуемых бензинов премиум класса с октановым числом 95, 98 и 95-E10, используемых в транспортных средствах с двигателями с искровым зажиганием (Бензин) (спецификации № 1-2-10 CSR)	48
Индекс обновления 1.Таблица 40: Таблица 14, приложение VIII, предложение по обновлению спецификаций для реализуемых топлив, используемых в транспортных средствах с двигателями с воспламенением от сжатия (Дизельное топливо).....	49
Таблица 41: Система BlueFit™ Retrofit, разработанная Amminex и установленная на дизельные легковые автомобили Евро 5 и Евро 6b	54
Таблица 42: Система модернизации, разработанная Amminex, установленная на дизельных транспортных средствах большой грузоподъемности стандартов ЕВРО V и VI.....	57
Таблица 43: Потенциал сокращения выбросов при использовании альтернативных видов топлива с оптимальными цепочками производства [46].....	62

Список рисунков

Рисунок 1: Профиль скорости и ключевые параметры ездовых циклов NEDC и WLTC (по Marotta и др., 2015 [5]).	16
Рисунок 2: Портативная система измерения выбросов (PEMS). Фото – источник: AVL M.O.V.E. [7].	17
Рисунок 3: Данные, представленные Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии (JRC). Каждая полоса указывает уровень выбросов определенного типа транспортного средства [8].	18
Рисунок 4: Предложение CLOVE по установлению пределов выбросов [13].	24
Рисунок 5: Сравнение между стандартами выбросов CLOVE и стандартами выбросов США	27
Рисунок 6: Кумулятивные выбросы, измеренные с использованием PEMS во время дорожных испытаний на двух различных маршрутах для трех различных автомобилей Евро6d-ISC-FCM (Желтые линии представляют три различных сценария пределов выбросов с бюджетом выбросов для первой фазы цикла. Графики показывают увеличенный масштаб для 0–35 км пробега). Источник: ICCT, 2021 [19].	28
Рисунок 7: Результаты испытаний на выбросы трех автомобилей Euro-6d-ISC-FCM на шасси-динамометре. Источник: ICCT, 2021 [19].	29
Рисунок 8: Результаты испытаний выбросов для нерегулируемых или косвенно регулируемых загрязняющих веществ в рамках стандартов Евро6.	30
Рисунок 9: Процесс снижения выбросов для мотоциклов: от Евро 1 до Евро 5 [24].	43
Рисунок 10: Система BlueFit™. Источник: https://retrofit4emissions.eu/existing-systems/-TestingRetrofitTechnologies	54
Рисунок 11: Выбросы NOx во время тестирования на выбросы при реальном движении. Первая часть городского цикла выполнена при холодном запуске двигателя. Полосы ошибок показывают максимальные и минимальные значения двух повторений. Пунктирные линии отображают выбросы NO ₂ (нижняя часть столбцов). Обратите внимание, что ось у обрезана на уровне 1800 мг/км, а выбросы на участке «Подъем» превышали 3300 мг/км (Giechaskiel et al., 2018 - [42]).	55
Рисунок 12: Выбросы NOx во время тестирования на выбросы при реальном движении. Полосы ошибок отображают максимальные и минимальные значения двух повторений, если они доступны. Пунктирные линии показывают выбросы NO ₂ . Обратите внимание, что ось у обрезана на уровне 1800 мг/км, а выбросы на участке «Подъем» превышали 3250 мг/км.	55
Рисунок 13: Эксплуатационные расходы на кВт·ч для различных энергетических носителей на речном транспорте [46].	63
Рисунок 14: Прогнозируемые выбросы TЧ _{2.5} от автомобильного транспорта в Великобритании [52].	64
Рисунок 15: Система The Tyre Collective. Фото: [54].	65

Краткое содержание

Решение 2019/4, принятое Исполнительным органом в декабре 2019 года, определило объем и содержание пересмотра Гётеборгского протокола с поправками 2012 года. Группа по пересмотру Гётеборгского протокола 2012 года (GPG) подготовила документ «Подготовка к обзору Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном с поправками, внесенными в 2012 году (2020/3)», который был принят в декабре 2020 года. В приложении I этого документа представлен список вопросов, охватывающих все аспекты, которые необходимо рассмотреть в процессе пересмотра. В частности, вопросы в разделе 1.6 относятся к Техническим приложениям (ТП) к Гётеборгскому протоколу с поправками 2012 года. Для ответа на вопросы раздела 1.6 в 2021 году Целевая группа по технико-экономическим вопросам (ЦГ ТЭВ) провела обширный обзор следующих приложений: IV – Предельные значения для выбросов серы из стационарных источников; V – Предельные уровни выбросов для оксидов азота из стационарных источников; VI – Предельные значения для выбросов летучих органических соединений из стационарных источников; X – Предельные значения для выбросов дисперсного вещества из стационарных источников¹; XI – Предельные значения содержания летучих органических соединений в продуктах, и соответствующие Руководящие документы (GD). Основные выводы этой работы были включены в документ GPG «Проект отчета по обзору Протокола о борьбе с подкислением, эвтрофикацией и приземным озоном с поправками, внесенными в 2012 году» (ECE/EB.AIR/WG.5/2022/3), а также в Отчет сопредседателей ЦГ ТЭВ (ECE/EB.AIR/WG.5/2022/1), представленные на 60-й сессии Рабочей группы по стратегиям и обзору (WGSR) в апреле 2022 года.

В последующих разделах представлен расширенный и детализированный отчет о результатах пересмотра Технического приложения VIII «Предельные значения для топлив и новых мобильных источников» к Гётеборгскому протоколу с поправками 2012 года и соответствующего Руководящего документа (GD), выполненного ЦГ ТЭВ. В частности, предельные уровни выбросов (ELVs), установленные в существующем приложении VIII, сравниваются с уровнями выбросов, достижимыми при использовании современных технологий сокращения выбросов. Настоящий отчет направлен на предоставление более исчерпывающего документа с основной информацией о методах сокращения выбросов и соответствующих ELVs для мобильных источников. Первый отчет, охватывающий стационарные источники (Приложения IV, V, VI, X и XI), был представлен в качестве неофициального документа на 60-й сессии WGSR (11–14 апреля 2022 года).

Данный второй отчет направлен на завершение пересмотра предельных уровней для мобильных источников, охваченных в приложении VIII, как указано ниже:

Виды деятельности и соответствующие ELVs, указанные в приложении VIII (топливо и мобильные источники):

¹ Далее по тексту, вместо термина «дисперсное вещество» используется термин «твердые частицы» или ТЧ
Справочный неофициальный документ ЦГ ТЭВ по методам сокращения выбросов от мобильных источников и обзору приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года

VIII: Пределы выбросов для топлива и новых мобильных источников

1. Предельные значения для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности
2. Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности –цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагрузочном режиме
3. Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности –цикл испытаний в переходном режиме
4. Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IIIВ)
5. Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IV)
6. Предельные значения для двигателей с искровым зажиганием внедорожной подвижной техники
7. Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения локомотивов
8. Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения автотрис
9. Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения судов внутреннего плавания
10. Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения прогулочных судов
11. Предельные значения для мотоциклов ($> 50 \text{ см}^3$; $> 45 \text{ км/ч}$)
12. Предельные значения для мопедов ($< 50 \text{ см}^3$; $< 45 \text{ км/ч}$)
13. Экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием – вид топлива: бензин
14. Экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия – вид топлива: дизельное топливо

1. Введение

Обоснование предложений по возможному обновлению предельных уровней (значений) выбросов, предусмотренных Приложением VIII (предельные значения выбросов для мобильных источников), изложено в следующих разделах. Были изучены все типы транспортных средств, и предоставлена информация о потенциально обновляемых предельных значениях выбросов (ELVs). Для выражения уровня возможного обновления технических приложений был определён «Индекс обновления» (от 1 до 3), где 1 означает высокий уровень обновления, а 3 – отсутствие доступных или возможных обновлений. Предельные значения выбросов и соответствующая информация о совершенствовании международного регулирования и методов снижения выбросов представлены в этом техническом документе.

Цель данного документа – дополнить первый отчёт «Справочный неофициальный документ ЦГ ТЭВ для анализа Приложений IV, V, VI, X и XI Гётеборгского протокола, касающихся производственных процессов», представленный Рабочей группе по стратегиям и обзору (WGSR) на её 60-й сессии в апреле 2022 года.

С момента принятия поправок к Гётеборгскому протоколу в 2012 году в Европе произошло множество изменений. Эти изменения касаются введения более реалистичных сертификационных циклов, измерений выбросов в реальных условиях эксплуатации и более – амбициозных предельных значений. Кроме того, произошло совершенствование технологий.

2. Приложение VIII: Предельные значения для топлив и новых мобильных источников

2.1. Пассажирские автомобили и автомобили малой грузоподъемности

2.1.1. Текущие предельные значения, установленные Гётеборгским протоколом с поправками 2012 года

Предельные значения выбросов для механических транспортных средств с как минимум четырьмя колесами, используемых для перевозки пассажиров (категория М) и грузов (категория N), указаны в Таблице 1 Приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года (Таблица 1).

Таблица 1: Таблица 1, Приложение VIII, 1. Предельные значения для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности

Категория	Класс, дата введения в действие*	Базовая масса (БМ) (кг)	Предельные значения ^a													
			Неметановые летучие органические соединения (НМЛОС)						Углеводороды вместе с оксидами азота		Дисперсное вещество	Число частиц ^a (P)				
			Монооксид углерода	Всего углеводороды (УВ)	Всего органические соединения (НМЛОС)	Оксиды азота		Углеводороды вместе с оксидами азота								
L1 (г/км)	L2 (г/км)	L3 (г/км)	L4 (г/км)	L2 + L4 (г/км)	L5 (г/км)	L6 (число/км)	L6 (число/км)									
Евро 5																
M ^b	1.1.2014	Все	1,0	0,50	0,10	–	0,068	–	0,06	0,18	–	0,23	0,0050	0,0050	–	6,0x10 ¹¹
N ₁ ^c	I, 1.1.2014	БМ ≤ 1 305	1,0	0,50	0,10	–	0,068	–	0,06	0,18	–	0,23	0,0050	0,0050	–	6,0x10 ¹¹
	II, 1.1.2014	1 305 < БМ ≤ 1 760	1,81	0,63	0,13	–	0,090	–	0,075	0,235	–	0,295	0,0050	0,0050	–	6,0x10 ¹¹
	III, 1.1.2014	1 760 < БМ	2,27	0,74	0,16	–	0,108	–	0,082	0,28	–	0,35	0,0050	0,0050	–	6,0x10 ¹¹
N ₂	1.1.2014		2,27	0,74	0,16	–	0,108	–	0,082	0,28	–	0,35	0,0050	0,0050	–	6,0x10 ¹¹
Евро 6																
M ^b	1.9.2015	Все	1,0	0,50	0,10	–	0,068	–	0,06	0,08	–	0,17	0,0045	0,0045	6,0x10 ¹¹	6,0x10 ¹¹
N ₁ ^c	I, 1.9.2015	БМ ≤ 1 305	1,0	0,50	0,10	–	0,068	–	0,06	0,08	–	0,17	0,0045	0,0045	6,0x10 ¹¹	6,0x10 ¹¹
	II, 1.9.2016	1 305 < БМ ≤ 1 760	1,81	0,63	0,13	–	0,090	–	0,075	0,105	–	0,195	0,0045	0,0045	6,0x10 ¹¹	6,0x10 ¹¹
	III, 1.9.2016	1 760 < БМ	2,27	0,74	0,16	–	0,108	–	0,082	0,125	–	0,215	0,0045	0,0045	6,0x10 ¹¹	6,0x10 ¹¹
N ₂	1.9.2016		2,27	0,74	0,16	–	0,108	–	0,082	0,125	–	0,215	0,0045	0,0045	6,0x10 ¹¹	6,0x10 ¹¹

* Новые транспортные средства, которые не удовлетворяют соответствующим предельным значениям, не подлежат регистрации, продаже и вводу в эксплуатацию начиная с дат, указанных в данной колонке.

^a Цикл испытаний, определенный новым европейским циклом движения (НЕСД)

^b За исключением транспортных средств, максимальная масса которых превышает 2 500 кг.

^c Включая транспортные средства категории М, указываемые в сноске b.

Приложение VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года содержит предельные значения выбросов для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности вплоть до стандарта Евро6, в соответствии с Приложением 1 к Регламенту Европейской комиссии (ЕС) №459/2012 от мая 2012 года [1].

2.1.2. Обоснование для возможного обновления предельных значений

Предельные значения, представленные в таблице 1 выше, были установлены с использованием тестового Цикла NEDC, определённого в Правилах ЕЭК ООН № 101 [2]. С тех пор был введён новый цикл для тестирования лёгких транспортных средств – Всемирно согласованный цикл испытаний транспортных средств малой грузоподъемности (WLTC), разработанный в рамках процедуры Всемирно

Справочный неофициальный документ ЦГ ТЭВ по методам сокращения выбросов от мобильных источников и обзору приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года

согласованного цикла испытаний транспортных средств малой грузоподъемности (WLTP). Этот цикл считается более репрезентативным для реальных условий эксплуатации и был создан в ответ на многочисленные исследования, показавшие, что реальные выбросы на дорогах и расход топлива могут быть значительно выше, чем те, которые регистрировались в рамках тестов по циклу NEDC.

WLTP, разработанная под эгидой Европейской экономической комиссии ООН (UNECE), была принята в качестве глобального технического регламента (GTR № 15) [3] 12 марта 2014 года Всемирным форумом по гармонизации правил для транспортных средств (WP.29 – техническая группа UNECE) [4]. Процедура WLTP, которая измеряет удельные выбросы лёгких транспортных средств, включает новый гармонизированный лабораторный тестовый цикл, который лучше отражает реальные условия эксплуатации по сравнению с лабораторным тестовым циклом NEDC (рисунок 1). Цикл основан на данных реального вождения (от городского трафика до автомагистралей), собранных по всему миру, что обеспечивает более точную, репрезентативную и надёжную основу для измерения расхода топлива, а также удельных выбросов CO₂ и загрязняющих веществ. WLTC требует от производителей транспортных средств соблюдения нормативов по выбросам в более широком диапазоне работы двигателя, который более точно отражает реальные условия эксплуатации.

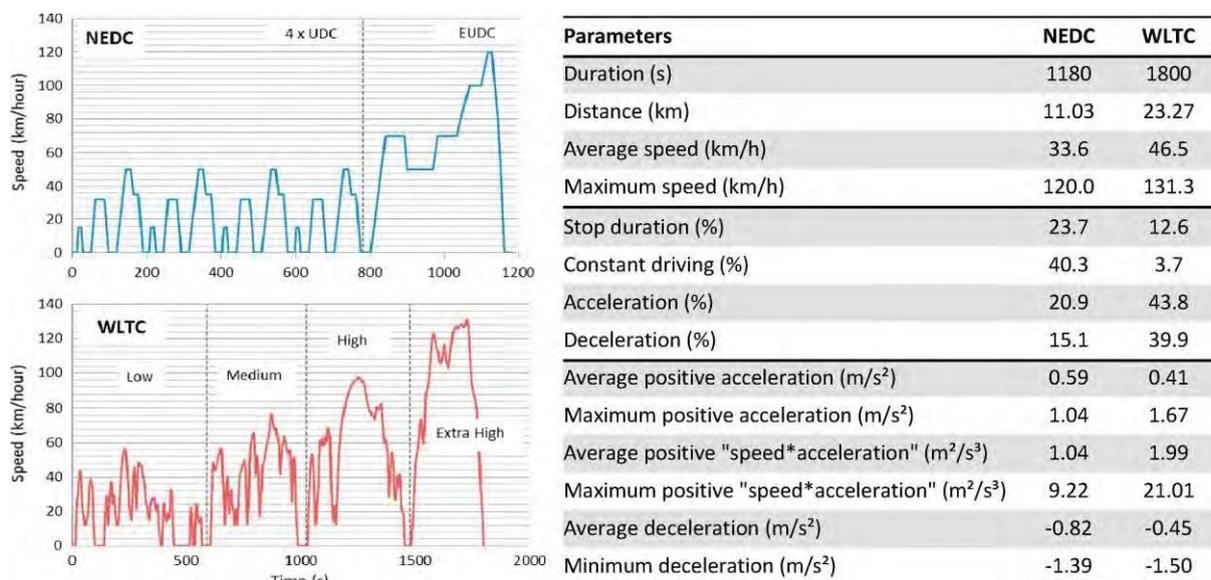


Рисунок 1: Профиль скорости и ключевые параметры ездовых циклов NEDC и WLTC (по Marotta и др., 2015 [5]).

Сравнение выбросов загрязняющих веществ и CO₂, проведённое Marotta и др. (2015) [5], показывает, что переход от NEDC к WLTC может значительно повлиять на выбросы NO_x от дизельных автомобилей, при этом для ряда транспортных средств возможно превышение установленных предельных значений.

По этой причине, помимо испытательной процедуры WLTC, были также внедрены тесты на выбросы в реальных условиях вождения (RDE). Перед выходом на европейский рынок легковые автомобили должны быть одобрены в соответствии с процедурой WLTC, которая включает лабораторные и дорожные испытания.

С момента внесения поправок в Гётеборгский протокол в 2012 году, стандарт Евро 6 (эквивалентный Евро 6a/b) был пересмотрен несколько раз: Евро 6c, Евро 6d-Temp, Евро 6d-Full [6], которые расширили условия испытаний и снизили предельные значения выбросов NO_x, CO, мелкодисперсных частиц и несгоревших углеводородов. Также были введены значения Not-To-Exceed (NTE) в рамках тестов RDE.

С 1 января 2021 года стандарт Евро 6.d-Full [6] ужесточил предельные значения выбросов загрязняющих веществ, которые не должны превышать. Особое внимание уделено выбросам CO, HC и NOx. Данный стандарт распространяется на все двигатели: дизельные и бензиновые автомобили, а также на автомобили с гибридным двигателем или работающие на сжиженном нефтяном газе (LPG).

Метод сертификации также претерпел изменения с пересмотром стандарта Евро 6: вместо цикла NEDC начал применяться WLTC, начиная с Евро 6с. С сентября 2017 года новые транспортные средства должны проходить два теста перед продажей на европейском рынке: один лабораторный тест по циклу WLTC и один тест на реальные выбросы (RDE), для стандартов Евро6d-Temp и Евро6d-Full. Тесты RDE позволяют сравнивать выбросы загрязняющих веществ, измеренные в лаборатории во время цикла сертификации, с реальными выбросами в различных дорожных условиях.

Реальные выбросы NOx и количество частиц (PN) измеряются с использованием портативной системы измерения выбросов (PEMS) (Рисунок 2). Для учёта неопределённостей измерений, которые выше при использовании PEMS по сравнению с лабораторными инструментами, применяется коэффициент соответствия (CF), который допускает расхождения между нормативным предельным значением и измерениями выбросов в реальных условиях эксплуатации. Таким образом, коэффициент соответствия допускает более высокие выбросы в реальных условиях эксплуатации для учёта погрешности измерений.

На следующем рисунке показано транспортное средство, оснащённое портативной системой измерения выбросов (PEMS), которая измеряет реальные выбросы во время работы автомобиля.



Рисунок 2: Портативная система измерения выбросов (PEMS). Фото – источник: AVL M.O.V.E. [7]

С 2017 года разрыв между измерениями выбросов загрязняющих веществ в лабораторных условиях и на дорогах в реальных условиях эксплуатации значительно сократился. JRC (Объединенный исследовательский центр) протестировал различные типы автомобилей и продемонстрировал, что последние поколения дизельных легковых автомобилей выбрасывают от 20 до 60 мг NOx на км в условиях RDE (Рисунок 3) [8].

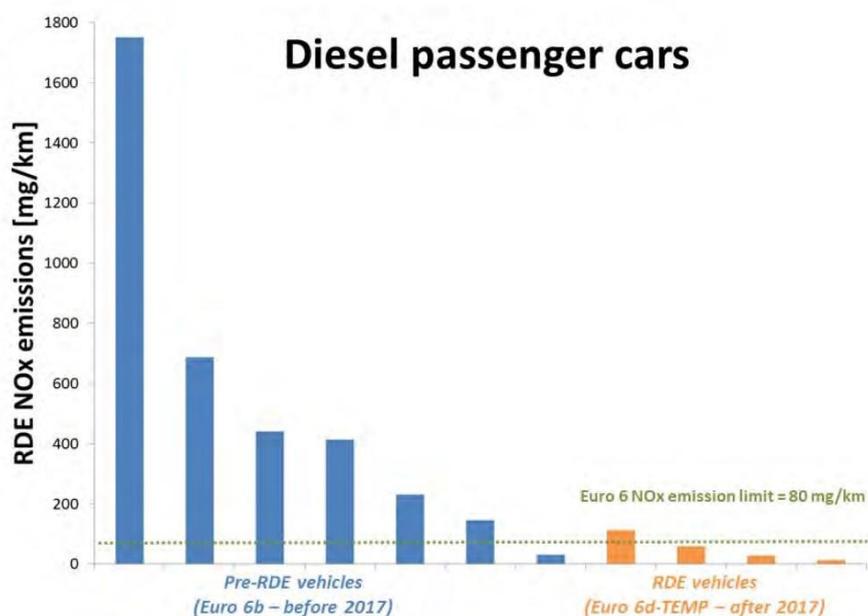


Рисунок 3: Данные, представленные Объединенным исследовательским центром Европейской комиссии (JRC). Каждая полоса указывает уровень выбросов определенного типа транспортного средства [8].

Европейский парламент предложил ежегодно снижать коэффициент соответствия на основе оценки, проведенной JRC. После снижения с 1,5 до 1,43 в рамках 4-го Акта о реальных выбросах (RDE) [8], коэффициент соответствия был снижен до 1,32 в 2020 году. Европейский парламент предложил прекратить применение коэффициента соответствия к 30 сентября 2022 года [9]. К этой дате данные измерений реальных выбросов будут использоваться для определения соответствия установленным нормам выбросов в ЕС.

2.1.3. Предложения по потенциальным обновленным предельным значениям в таблице 1

С 2014 года норма Евроб была обновлена. После скандала «Дизельгейт» требуется независимое тестирование в реальных условиях. Евробс представляет собой предельное значение для метода WLTP. Евробd-Temp и Евробd-Full являются стандартами для измерений по методике RDE (таблица 2). Коэффициент соответствия допускал отклонение от предельного значения для NOx до сентября 2022 года. Таким образом, этот коэффициент не включен в данное предложение.

Индекс обновления 1.

Таблица 2: Таблица 1, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении предельных значений для для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности

Категория	Цикл	Дата применения	Модельная масса RW (кг)	Предельные значения выбросов													
				Монооксид углерода (CO) L1 (г/км)		Всего, углеводороды (HC) L2 (г/км)		Неметановые летучие органические соединения (NMVOC) L3 (г/км)		Оксиды азота (NOx) L4 (г/км)		Углеводороды вместе с оксидами азота (HC+NOx) L2+L4 (г/км)		Твердые частицы (ТЧ) L5 (г/км)		Количество частиц (PN) L6 (#/км)	
				Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо	Бензин	Дизельное топливо
ЕВРО 5																	
M		1.1.2014	Все	1.0	0.50	0.10	-	0.068	-	0.06	0.18	-	0.23	0.0050	0.0050	-	6.0x10 ¹¹
N1	NEDC 2000	1.1.2014	RW 1305	1.0	0.50	0.10	-	0.068	-	0.06	0.18	-	0.23	0.0050	0.0050	-	6.0x10 ¹¹
		1.1.2014	1305 < RW ≤ 1760	1.81	0.63	0.13	-	0.090	-	0.075	0.235	-	0.295	0.0050	0.0050	-	6.0x10 ¹¹
N2		1.1.2014	1760 < RW	2.27	0.74	0.16	-	0.108	-	0.082	0.28	-	0.35	0.0050	0.0050	-	6.0x10 ¹¹
		1.1.2014		2.27	0.74	0.16	-	0.108	-	0.082	0.28	-	0.35	0.0050	0.0050	-	6.0x10 ¹¹
ЕВРО 6																	
M		1.9.2015	Все	1.0	0.50	0.10	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N1	NEDC 2000	I. 1.9.2015	RW 1305	1.0	0.50	0.10	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
		II. 1.9.2016	1305 < RW ≤ 1760	1.81	0.63	0.13	-	0.090	-	0.075	0.105	-	0.195	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N2		III. 1.9.2016	1760 < RW	2.27	0.74	0.16	-	0.108	-	0.082	0.125	-	0.215	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
		1.9.2016		2.27	0.74	0.16	-	0.108	-	0.082	0.125	-	0.215	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
ЕВРО 6c																	
M		1.9.2018	Все	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N1	WLTP	I. 1.8.2018	RW 1305	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
		II. 1.9.2019	1305 < RW ≤ 1760	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N2		III. 1.9.2019	1760 < RW	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
				1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
ЕВРО 6d																	
M		1.9.2019	Все	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N1	WLTP+RDE	I. 1.8.2018	RW 1305	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
		II. 1.9.2019	1305 < RW ≤ 1760	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
N2		III. 1.9.2020	1760 < RW	1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹
				1.0	0.5	0.1	-	0.068	-	0.06	0.08	-	0.17	0.0045	0.0045	6.0x10 ¹¹	6.0x10 ¹¹

2.2. Автомобили большой грузоподъемности

2.2.1. Действующие предельные уровни в соответствии с Гётеборгским протоколом с поправками 2012 года

Предельные значения для транспортных средств большой грузоподъемности (HDV) приведены в таблицах 2 и 3 Приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года. Они основаны на применимых процедурах испытаний:

Таблица 2: Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагрузочном режиме,

Таблица 3: Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в переходном режиме.

Они воспроизведены ниже.

Таблица 3: Таблица 2, Приложение VIII, Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагрузочном режиме

	Дата введения в действие	Моно-оксид углерода (г/кВт•ч)	Углево-дороды (г/кВт•ч)	Всего, углево-дороды (г/кВт•ч)	Оксиды азота (г/кВт•ч)	Дисперсное вещество (г/кВт•ч)	Дымность (м ⁻¹)
B2 ("ЕВРО-V") ^a	1.10.2009	1,5	0,46	–	2,0	0,02	0,5
"ЕВРО-VI" ^b	31.12.2013	1,5	–	0,13	0,40	0,010	–

^a Цикл испытаний, определяемый европейским циклом испытаний в устойчивом режиме (ESC) и европейским циклом испытаний в нагрузочном режиме (ELR).

^b Цикл испытаний, определяемый общемировым циклом испытаний автомобилей большой грузоподъемности в устойчивом режиме (WHSC).

Таблица 4: Таблица 3, Приложение VIII, действующие предельные уровни для для автомобилей большой грузоподъемности –цикл испытаний в переходном режиме

	Дата введения в действие*	Моно-оксид углерода (г/кВт•ч)	Всего, углеводороды (г/кВт•ч)	Неметановые углеводороды (г/кВт•ч)	Метан ^а (г/кВт•ч)	Оксиды азота (г/кВт•ч)	Дисперсное вещество (г/кВт•ч) ^б
B2 "ЕВРО-V" ^с	1.10.2009	4,0	–	0,55	1,1	2,0	0,030
"ЕВРО-VI" (BC) ^д	31.12.2013	4,0	0,160	–	–	0,46	0,010
"ЕВРО-VI " (ПЗ) ^д	31.12.2013	4,0	–	0,160	0,50	0,46	0,010

Примечание: ПЗ = принудительное зажигание. BC = воспламенение от сжатия.

* Новые транспортные средства, которые не удовлетворяют соответствующим предельным значениям, не подлежат регистрации и продаже или вводу в эксплуатацию начиная с дат, указанных в данной колонке.

^а Только для двигателей, работающих на природном газе.

^б Не применяется в отношении газовых двигателей на этапе B2.

^с Цикл испытаний, определяемых европейским циклом испытаний в переходном режиме (ETC).

^д Цикл испытаний, определяемых общемировым циклом испытаний автомобилей большой грузоподъемности в устойчивом режиме (WHTC).

Таблицы 2 и 3 Приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года содержат предельные уровни выбросов для автомобилей большой грузоподъемности (до уровня ЕВРО VI) при испытаниях, проводимых по методикам Всемирно согласованного устойчивого цикла для автомобилей большой грузоподъемности (WHSC) и Всемирно согласованного переходного цикла для автомобилей большой грузоподъемности (WHTC). Эти предельные значения основаны на Регламенте Европейской комиссии 595/2009/ЕС Европейского парламента и Совета от 18 июня 2009 года о типовом одобрении моторных транспортных средств и двигателей в отношении выбросов транспортных средств большой грузоподъемности (EURO VI) [10], который вносит изменения в Регламент 715/2007/ЕС и Директиву 2007/46/ЕС, а также отменяет Директивы 80/1269/ЕС, 2005/55/ЕС и 2005/78/ЕС.

2.2.2. Предложение о возможном обновлении предельных значений в таблицах 2 и 3 Приложения VIII

Для приведения в соответствие с Приложением II Регламента Европейской комиссии 133/2014/ЕС от 31 января 2014 года [11], который вносит изменения в Директиву 2007/46/ЕС Европейского парламента и Совета, Регламент (EU) 595/2009 Европейского парламента и Совета и Регламент Комиссии (EU) 582/2011 в целях адаптации к техническому прогрессу в области предельных значений выбросов, в Таблицы 2 и 3 следует добавить предельные значения по количеству частиц (PN).

Предлагается добавить следующие предельные значения по количеству частиц (PN):

$8,0 \times 10^{11}$ (для испытаний при стационарном цикле с нагрузкой)

$6,0 \times 10^{11}$ (для испытаний при переходном цикле)

Индекс обновления 1.

Таблица 5: Таблица 2, Приложение VIII, предложение о возможном обновлении предельных значений для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагрузочном режиме

Дата введение в действие	Монооксид углерода (г/кВт·ч)	Углеводороды (г/кВт·ч)	Всего, углеводороды (г/кВт·ч)	Оксиды азота (г/кВт·ч)	Твердые частицы (г/кВт·ч)	Дымная ость (м ⁻¹)	Количество частиц PN (#/кВт·ч)
B2 (“EURO V”) ^a	1.10.2009	1.5	0.46	–	2.0	0.02	0.5
“EURO VI” ^b	31.12.2013	1.5	–	0.13	0.40	0.010	–
							8 x 10 ¹¹

^a Цикл испытаний, определяемый европейским циклом испытаний в устойчивом режиме (ESC) и европейским циклом испытаний в нагрузочном режиме (ELR).

^b Цикл испытаний, определяемый общемировым циклом испытаний автомобилей большой грузоподъемности в устойчивом режиме (WHSC).

Таблица 6: Таблица 3, приложение VIII, предложение по обновлению предельных значений для автомобилей большой грузоподъемности - цикл испытаний в переходном режиме

Дата введение в действие*	Монооксид углерода (г/кВт·ч)	Всего, углеводороды (г/кВт·ч)	Неметановые углеводороды (г/кВт·ч)	Метана ^a (г/кВт·ч)	Оксиды азота (г/кВт·ч)	Дисперсное вещество (г/кВт·ч) ^b	Количество частиц PN (#/кВт·ч)
B2 “EURO V” ^c	1.10.2009	4.0	–	0.55	1.1	2.0	0.030
“EURO VI” (CI) ^d	31.12.2013	4.0	0.160	–	–	0.46	0.010
“EURO VI” (PI) ^d	31.12.2013	4.0	–	0.160	0.50	0.46	0.010
							8 x 10 ¹¹
							8 x 10 ¹¹

Примечание: PI = Искровое зажигание, CI = Воспламенение от сжатия.

* Регистрация, продажа и ввод в эксплуатацию новых транспортных средств, которые не соответствуют указанным предельным значениям, будут запрещены с дат, указанных в соответствующей колонке.

^a Только для двигателей, работающих на природном газе.

^b Не применяется к двигателям на газовом топливе на этапе B2.

^c Цикл испытаний, определяемых европейским циклом испытаний в переходном режиме (ETC)

^d Цикл испытаний, определяемых общемировым циклом испытаний автомобилей большой грузоподъемности в переходном режиме (WHTC).

2.3. Предельные значения выбросов Евро 7/VII

Хотя в Европе запланировано прекращение использования двигателей внутреннего сгорания к 2035 году [11], введение нового стандарта, направленного на ужесточение предельных значений выбросов загрязняющих веществ для новых транспортных средств, ожидается уже в 2025 году. Будущий стандарт Евро7/VII будет более строгим и потребует учет требований на этапах проектирования и валидации будущих транспортных средств. Его основные характеристики включают:

- унификацию требований к выбросам газообразных загрязняющих веществ/загрязняющих веществ для бензиновых и дизельных двигателей,
- снижение уровня выбросов по сравнению с последними стандартами Евроб,
- уменьшение размера учитываемых частиц (с 23 нм до 10 нм) для расчета числа выбрасываемых частиц,
- расширение диапазона профилей условий вождения (характеристики движения, дорожный профиль, температура, высота над уровнем моря и др.),
- проведение более широкого тестирования в реальных условиях вождения.

Стандарты Евро 7/VII, которые находятся на стадии разработки, вызывают разногласия

среди стран и парламентариев. Поскольку они еще не вступили в силу, эти стандарты не учитываются для возможного обновления приложения VIII Гетеборгского протокола. Тем не менее в этом разделе представлены запланированные предельные уровни, а также аргументы и научные исследования "за" и "против" нового стандарта.

2.3.1. CLOVE – Консорциум инженерных консультантов Европейской Комиссии за сверхнизкие выбросы транспортных средств

Консорциум CLOVE был создан для поддержки Европейской комиссии в анализе выбросов мобильных источников и разработки путей их сокращения [12]. В консорциум входят европейские академические, исследовательские и бизнес-эксперты: LAT/Auth, Emisia, FEV, Ricardo, TNO, TUGraz и VTT.

- LAT/Auth – Лаборатория прикладной термодинамики Университета Салоников, обладающая большим опытом проведения испытаний выбросов.
- Emisia – тесно сотрудничает с LAT/Auth; это спин-офф-компания, специализирующаяся на выбросах в транспортной сфере.
- FEV – один из крупнейших независимых поставщиков инженерных услуг в автомобильной промышленности с штаб-квартирой в Германии.
- Ricardo – глобальная стратегическая инженерная и экологическая консалтинговая компания, специализирующаяся на транспортном, энергетическом секторах и управлении дефицитными ресурсами.
- TNO – независимая исследовательская организация из Нидерландов, занимающаяся тестированием транспортных средств для оценки качества воздуха, технологий и политики на протяжении многих десятилетий.
- TUGraz – Институт двигателей внутреннего сгорания и термодинамики Технического университета Граца (Австрия), специализирующийся на выбросах мобильных источников.
- VTT – Технический исследовательский центр Финляндии, в котором работает исследовательская группа, занимающаяся изучением выбросов двигателей и транспортных средств.

В 2021 году консорциум CLOVE (Samaras и др., 2020 [13]) представил Экспертной группе по стандартам выбросов транспортных средств² (AGVES) предложения по реформированию стандартов выбросов для транспортных средств (Евро 7/VII). Новые предложения по Евро 7/VII от CLOVE включают более низкие предельные значения выбросов по сравнению с текущими, совместимые с существующими доступными технологиями (наилучшими доступными техниками).

Более строгие лимиты выбросов представлены в двух потенциальных сценариях: Сценарий 1 и Сценарий 2. Сценарий 2 является самым амбициозным и требует максимального снижения выбросов ключевых загрязняющих веществ из выхлопных газов. Эти предельные значения выбросов являются нейтральными в отношении технологии и топлива. Это первый стандарт в Европе, устанавливающий одинаковые предельные значения для дизельных и бензиновых транспортных средств (Рисунок 4).

CLOVE стремится ограничить выбросы всех загрязняющих веществ – в особенности NO_x, а также CO, ТЧ, PN, NH₃, CH₄, N₂O и NO₂. Новые предельные значения выбросов должны применяться во всех сценариях вождения, включая движение сразу после

² Группа заинтересованных сторон, возглавляемая Гендиректоратом по внутреннему рынку, промышленности, предпринимательству и малым и средним предприятиям (DG GROW) Европейской комиссии

холодного запуска, в пробках с частыми остановками, при резком ускорении, движении в гору и буксировке прицепа.

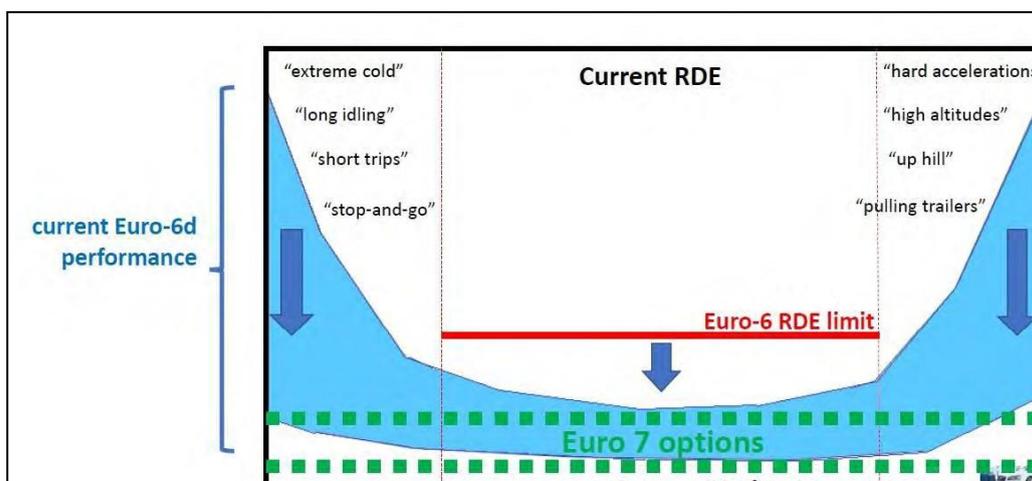


Рисунок 4: Предложение CLOVE по установлению пределов выбросов [13]

Транспортные средства стандарта Евро 7 должны соответствовать более строгим стандартам выбросов на протяжении 240 000 км (или 15 лет), после чего будут применяться более высокие предельные значения выбросов до конца срока эксплуатации. Кроме того, диапазон температур для тестирования транспортных средств расширен с $[-7^{\circ}\text{C}; +35^{\circ}\text{C}]$ до $[-10^{\circ}\text{C}; +40^{\circ}\text{C}]$.

Предложенные CLOVE предельные значения выбросов для легковых автомобилей

Предельные значения выбросов для бензиновых легковых автомобилей стандарта Евро 7, предложенные консорциумом CLOVE в двух сценариях, предполагают значительное снижение выбросов загрязняющих веществ. Сценарии предельных значений выбросов Евро 7 для легковых автомобилей, выраженные в мг/км и #/км, представлены в Таблице 7.

Для сравнения, стандарт Евро 6 устанавливает норму для выбросов NOx на уровне 60 мг/км для бензиновых автомобилей и 80 мг/км для дизельных автомобилей. В рамках стандарта Евро7 предельные значения выбросов NOx должны быть установлены в диапазоне от 10 мг/км (Сценарий 2) до 30 мг/км (Сценарий 1).

Предложения стандартов CLOVE касаются только транспортных средств категорий M и N1 класса I. Предложений для более транспортных средств большей грузоподъемности N1 классов II и III не представлено.

Таблица 7: Сценарии предельных значений выбросов Евро7 от CLOVE для легковых автомобилей (LDV) в мг/км, #/км [15][13]

	Норма	NOx	ТЧ	CO	CH ₄	N ₂ O	NH ₃	SPN ₁₀
		мг/км						#/км
REF	EURO 6	60/80 (PI/CI)		1000/500 (PI/CI)	-	-	-	6x10 ¹¹ (SPN ₂₃)
	Сценарий 1 M & N1 класс 1	30	2	400	10	10	10	1x10 ¹¹
CLOVE Euro 7	Сценарий 2 M & N1 класс 1	20	2	400	10	10	10	1x10 ¹¹
	Сценарий 1N2	45	2	600	10	10	10	1x10 ¹¹

Сценарий 2N2	30	2	600	10	10	10	1x10 ¹¹
--------------	----	---	-----	----	----	----	--------------------

Размер частиц, учитываемых при расчете числа частиц, снижен с 23 нм до 10 нм. Кроме того, норма для количества частиц ужесточена: с 6×10^{11} для нормы Евро 6, до 1×10^{11} для Евро 7- Сценарий 1 и 6×10^{10} для Евро7- Сценарий 2

CLOVE также предложил ввести предельные значения для нерегулируемых ранее загрязняющих веществ: аммиака (NH₃), закиси азота (N₂O), метана (CH₄) и формальдегида.

Для достижения таких низких предельных значений выбросов, особенно для NO_x, CLOVE предложил использовать технологии для борьбы с выбросами. Например: системы нагрева с функцией предварительного нагрева, впрыск вторичного воздуха для сокращения выбросов при холодном запуске и коротких поездках, для контроля числа частиц CLOVE рекомендует применять дизельный сажевый фильтр (DPF) с высокой эффективностью фильтрации вовремя и сразу после регенерации в сочетании с контролем частоты регенерации.

Предлагаемые CLOVE предельные значения выбросов для транспортных средств большой грузоподъемности

Предельные значения выбросов EURO VII по сценариям 1 и 2 для транспортных средств большой грузоподъемности приведены в Таблице 8 в мг/кВт·ч и #/кВт·ч.

Таблица 8: Предельные значения выбросов CLOVE для ЕвроVII в сценариях 1 и 2 для транспортных средств большой грузоподъемности (HDV), мг/кВт·ч, #/кВт·ч [16][15][13]

[# или мг/кВт·ч]	Сценарий для различных технологий	NO _x	SPN ₁₀	ТЧ	CO	NH ₃	N ₂ O	CH ₄
CLOVE EURO VII	HD2 (опт. + дизельное топливо сССКВ) ¹	150	2x10 ¹¹	10	1250	65	140	30
	HD3 (как HD2 + предварительный нагрев) ²	100	2x10 ¹¹	10	600	65	140	30
	HL2 (КПГ как HD2) ³	150	2x10 ¹¹	10	2700	25	200	500
	HC2 (опт. CNG SI) ⁴	150	2x10 ¹¹	10	2300	70	260	180

(1) HD2: оптимизированный дизельный двигатель с СКВ (селективное каталитическое восстановление) (2) HD3: оптимизированный дизельный двигатель с СКВ и предварительным подогревом с использованием дизельной горелки (3) HL2: оптимизированный двигатель на сжиженном природном газе (LNG) с системой прямого впрыска высокого давления (HPDI) (4) HC2: оптимизированный двигатель с искровым зажиганием (SI) на компримированном природном газе (КПГ).

Нормы выбросов также значительно ужесточены с введением стандарта ЕВРО VII для транспортных средств большой грузоподъемности (HDV). Нормативы по оксидам азота (NO_x) снижены с 460 мг/кВтч в рамках стандарта ЕВРО VI до 100–150 мг/кВтч в рамках ЕВРО VII. Расчёт количества частиц теперь учитывает частицы с диаметром более 10 нм вместо 23 нм. Консорциум CLOVE также предлагает ввести ограничения на выбросы неурегулированных загрязняющих веществ в атмосферный воздух, таких как NH₃, N₂O и CH₄.

2.3.2. Текущие обсуждения предельных значений выбросов Евро 7/VII

Предложение АСЕА

Европейская ассоциация производителей автомобилей (АСЕА) объединяет 16 ведущих европейских производителей автомобилей, грузовиков, фургонов и автобусов. АСЕА выступает единым фронтом, представляя общие позиции отрасли.

В своём заявлении (ACEA, 2020 - [17]) ACEA заявила, что «предложения, представленные консорциумом CLOVE на заседании AGVES, в значительной степени технически невыполнимы для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания». В документе 2021 года (ACEA, 2021 - [18]) ACEA предложила альтернативу стандартам CLOVE.

Новые даты применения стандартов были предложены (но они остаются близкими к предложению CLOVE для 2025 года):

- 1 сентября 2025 года для новых типов, и
- 1 сентября 2026 года для всех новых зарегистрированных автомобилей.
- Для легких коммерческих транспортных средств (фургонов) класса N1 категории II и III сроки вступления в силу будут перенесены на год позже при сохранении аналогичной формулировки Евроб.

Стандарты ACEA Евро 7 для легковых автомобилей и легких грузовых автомобилей (LDV) приведены в таблице 9 и сопоставлены с нормативами Евроб и предложениями CLOVE Евро 7.

Таблица 9: Сравнение между стандартами выбросов Евро7 консорциума CLOVE и ACEA для легковых автомобилей и легких грузовых автомобилей (LDV) в мг/км, #/км

	Норматив	NO _x	SPN ₁₀	CO	CH ₄	N ₂ O	NH ₃
REF	Euro 6	60/80 (PI/CI)	6x10 ¹¹ (SPN ₂₃)	1000/500 (PI/CI)	-	-	-
CLOVE	Сценарий 1 M & N1 класс I	30	1x10 ¹¹	300	10	10	10
	Сценарий 2 M & N1 класс I	10	6x10 ¹⁰	100	5	5	10
ACEA	M & N1 класс I	35	6x10 ¹¹	500	-	-	40
	N1 класс II	46	6x10 ¹¹	630	-	-	53
	N1 класс III	55	6x10 ¹¹	740	-	-	61

Предложение ACEA занимает промежуточное положение между действующим стандартом Евроб и предлагаемым стандартом CLOVE Евро 7 для выбросов NO_x. Норма составляет 35 мг/км как для дизельных, так и для бензиновых автомобилей. Стандарт для числа частиц остаётся таким же, как в Евро 6, но учитывает частицы диаметром больше 10 нм вместо 23 нм.

Позиция ICCT по стандартам CLOVE

Международный совет по экологически чистому транспорту (ICCT) – это независимая некоммерческая организация, созданная в 2001 году. Цель ICCT – улучшение экологических характеристик и энергоэффективности автомобильного, морского и воздушного транспорта для защиты общественного здоровья и борьбы с изменением климата. ICCT предоставляет независимые исследования, технический и научный анализ для регулирующих органов в области окружающей среды.

Позиция ICCT противоположна позиции ACEA. По мнению ICCT, стандарты, предложенные CLOVE, могут быть ещё более жёсткими. В комментариях, поданных в Европейскую комиссию по предложению о стандартах выбросов загрязняющих веществ Евро7/VII (ICCT, 2021 - [19]), ICCT поддерживает амбиции CLOVE и аргументирует осуществимость и преимущества более строгих стандартов.

Лёгкие грузовые автомобили: тесты на выбросы в реальных условиях

Что касается технологической осуществимости более строгих пределов, чем предложенные CLOVE, ICCT отметил, что «даже самый строгий сценарий CLOVE-2 (предел NOx в 20 мг/км) всё равно приведёт к более высокому пределу, чем в США для NOx и неметановых органических газов³ (NMOG) в совокупности (18,6 мг/км)» (см. Рисунок 5).

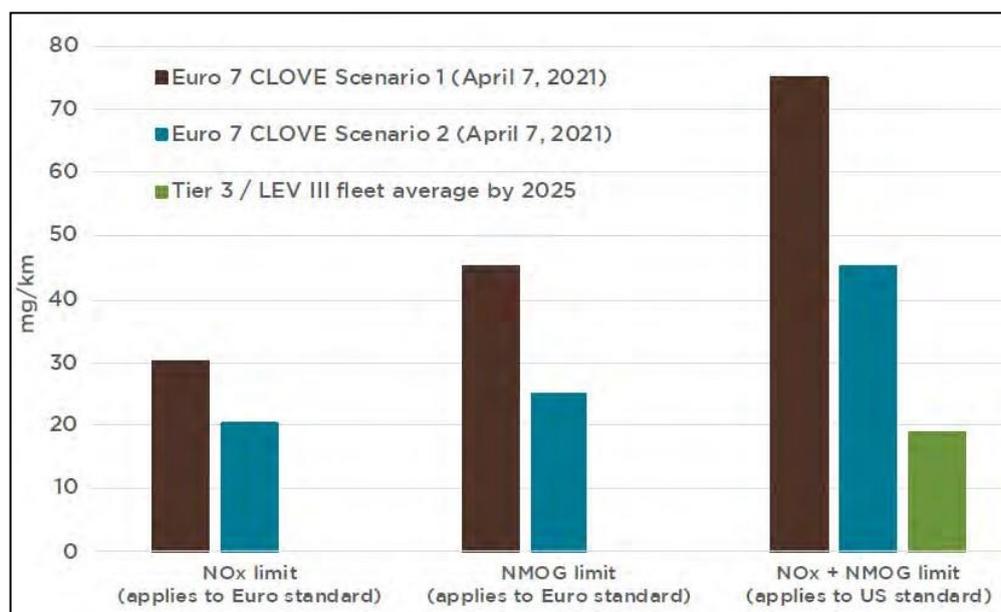


Рисунок 5: Сравнение между стандартами выбросов CLOVE и стандартами выбросов США

Источник: ICCT, 2021 [19]

Реальные дорожные испытания выбросов были проведены ICCT для трех легковых автомобилей стандарта Евробд: бензинового mild-hybrid, бензинового plug-in hybrid и дизельного автомобиля. Для проведения тестов на двух различных маршрутах использовалась система AVL M.O.V.E. PEMS [20][19]. Были применены нормальные и более динамичные стили вождения.

Рисунок 6 иллюстрирует выбросы CO, NOx и количество частиц для трех типов автомобилей, два из которых бензиновые, а один – дизельный. Современные дизельные и бензиновые двигатели практически соответствуют ограничениям CLOVE-сценария-1 по выбросам CO и NOx, что, по мнению ICCT, делает более амбициозные цели оправданными. На графике выбросы для двух сценариев CLOVE и предложения ICCT сравниваются с выбросами автомобилей стандарта Евробд при разных стилях вождения, нагрузке и температуре охлаждающей жидкости.

³ Эквивалентно НЛОС (Неметановым летучим органическим соединениям)

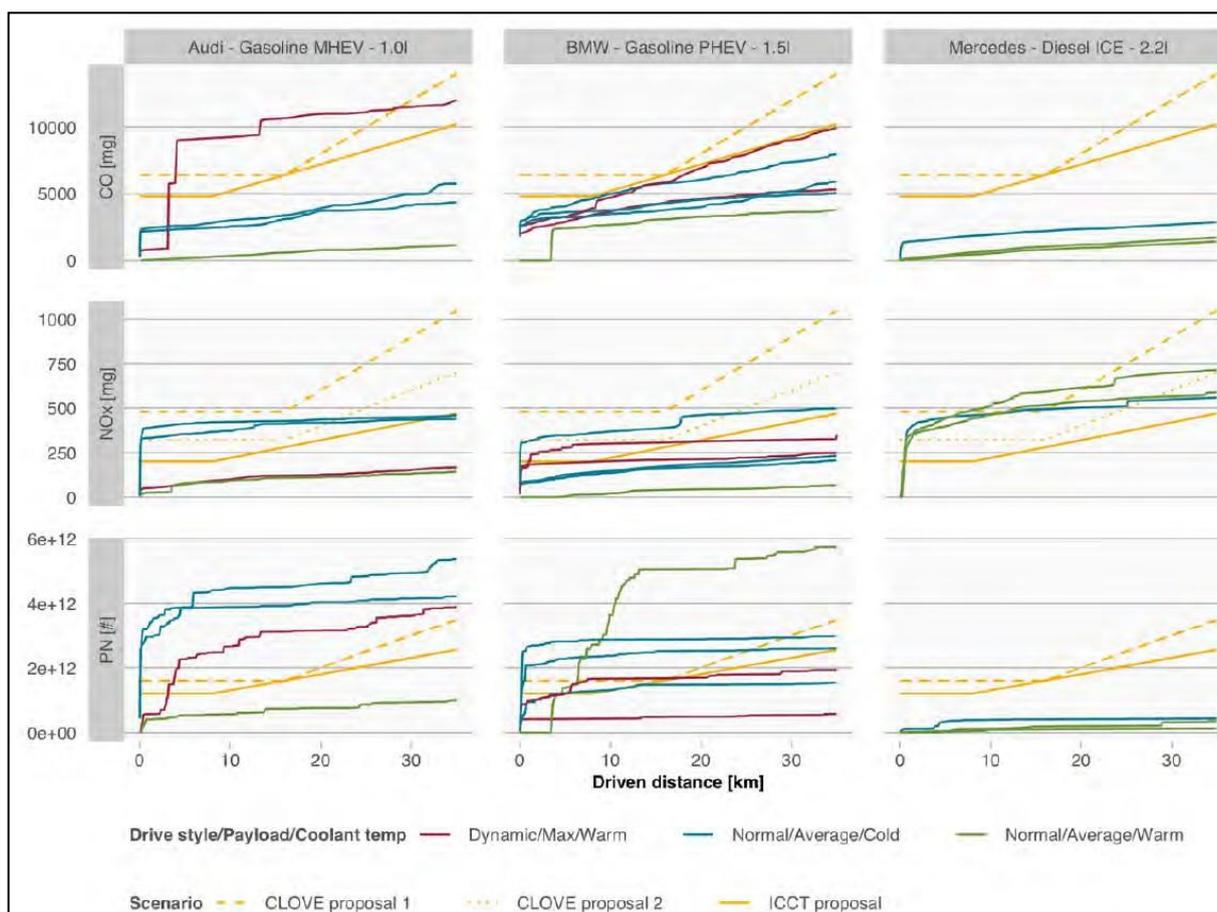


Рисунок 6: Кумулятивные выбросы, измеренные с использованием PEMS во время дорожных испытаний на двух различных маршрутах для трех различных автомобилей Евро6d-ISC-FCM (Желтые линии представляют три различных сценария пределов выбросов с бюджетом выбросов для первой фазы цикла. Графики показывают увеличенный масштаб для 0–35 км пробега). Источник: ICCT, 2021 [19]

Большая часть выбросов производится в первые несколько километров, поэтому сокращение диапазона для бюджета выбросов до менее чем 16 км кажется оправданным.

ICCT подчеркивает необходимость сосредоточиться на выбросах в городских условиях для достижения европейской цели "Нулевое загрязнение". В связи с этим можно предпринять усилия по сокращению выбросов на этапе холодного запуска. Холодный запуск является важным фактором, влияющим на выбросы автомобилей. Во время холодного запуска выбросы значительно выше, чем после того, как двигатель, а особенно система доочистки выхлопных газов, нагреются до нормальной рабочей температуры. Поскольку большая часть выбросов производится в первые несколько километров, сокращение диапазона для бюджета выбросов до менее чем 16 км может быть оправданным.

ICCT предлагает сократить расстояние поездки с 16 км до 8 км: "Текущее предложение CLOVE предполагает бюджет выбросов, основанный на 16 км, тогда как типичные городские поездки в европейских городах могут быть значительно короче. Для обеспечения того, чтобы стандарты Евро7 способствовали снижению выбросов в условиях, характерных для европейских городов, ICCT предлагает сократить бюджет выбросов до максимального расстояния в 8 км, скорректировать лимит бюджета и признать непропорциональное влияние выбросов на этапе холодного запуска в таких условиях".

Легкие грузовые автомобили : лабораторные испытания

Аналогично наблюдениям на дорогах, три автомобиля стандарта Евро6d были протестированы в лабораторных условиях на шасси-динамометре. Испытания проводились на нескольких ездовых циклах: WLTC при температурах -5°C , 23°C и 35°C , а также на трех других циклах: общие ездовые циклы Artemis 150 (CADC150)⁴, три последовательных цикла US06 и три последовательных цикла New York City Cycles (NYCC)⁵. Дополнительно Audi прошел тесты CADC150 и 3x NYCC при температуре -15°C .

Результаты всех испытаний на шасси-динамометре, проведенных с автомобилями стандарта Евро6d, находятся очень близко к пределам сценария CLOVE-1 для выбросов CO и NOx (Рисунок 7). В связи с этим ICCT считает, что «более амбициозные лимиты оправданы для стимулирования внедрения на рынок новых технологий контроля выбросов, которые выходят за рамки текущего уровня технологий».

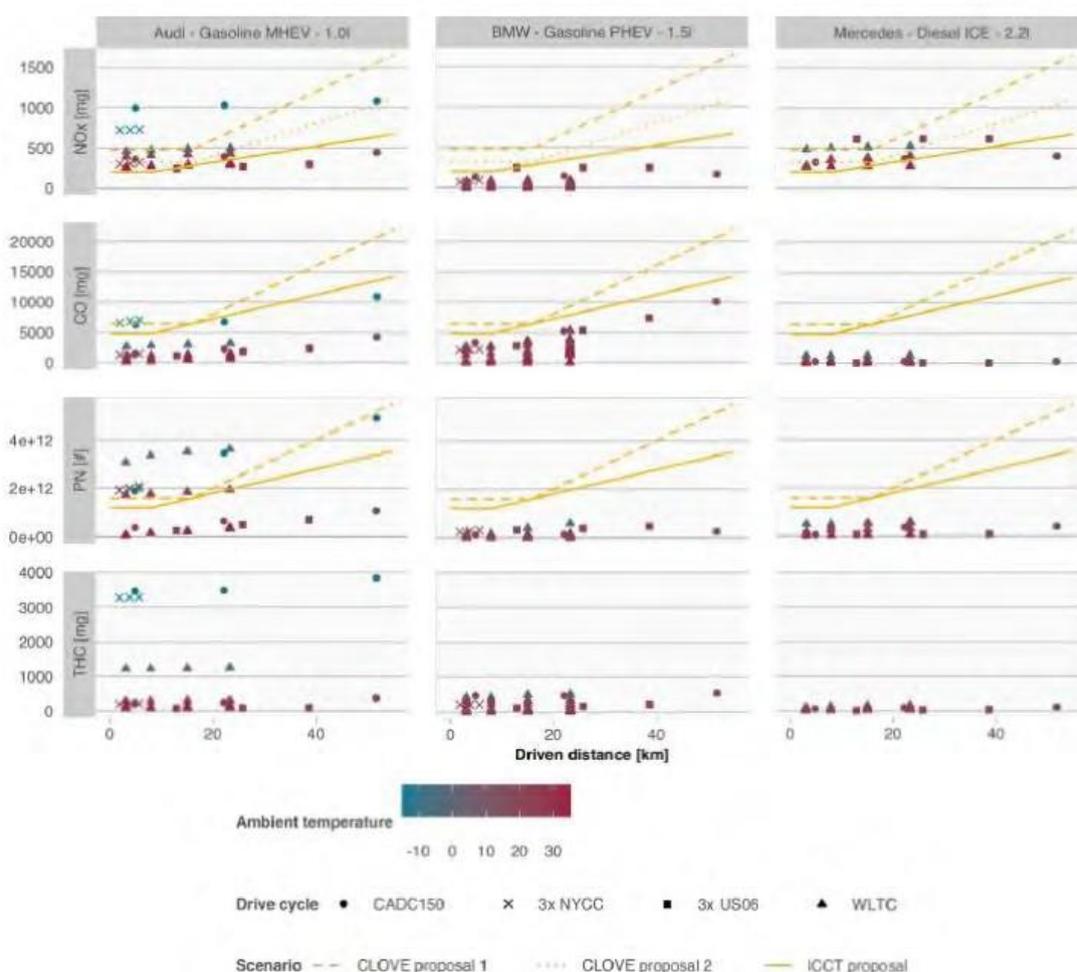


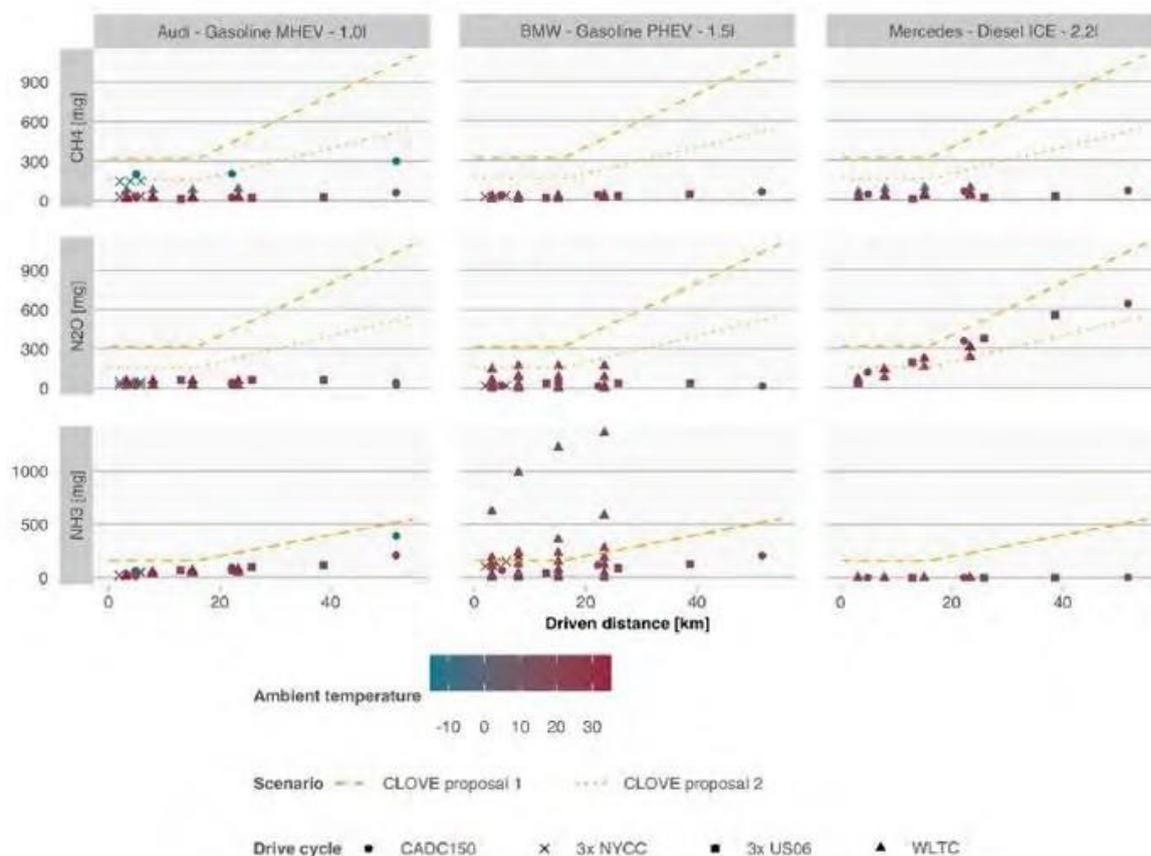
Рисунок 7: Результаты испытаний на выбросы трех автомобилей Euro-6d-ISC-FCM на шасси-динамометре. Источник: ICCT, 2021 [19]

⁴ Общие ездовые циклы Artemis (CADC) — это процедуры испытаний на шасси-динамометре, разработанные в рамках европейского проекта Artemis (Оценка и надежность моделей и систем учета транспортных выбросов) на основе статистического анализа обширной базы данных реальных ездовых профилей в Европе [2321]. Циклы включают три режима движения: городской, сельский и автомагистральный. Автомагистральный цикл имеет две вариации с максимальными скоростями 130 и 150 км/ч

⁵ Тест NYCC, разработанный Агентством по охране окружающей среды США (US EPA), предназначен для испытаний легковых автомобилей на шасси-динамометре. Этот тест имитирует движение на низкой скорости в условиях городского движения с частыми остановками

Нерегулируемые загрязняющие вещества, такие как CH_4 , NH_3 и N_2O , также измерялись во время испытаний на шасси-динамометре и сравнивались со стандартами Евро 7 (Рисунок 8). По мнению ICCT, «сценарий 1, предложенный консорциумом CLOVE, не обязательно является амбициозным сценарием для Евро 7 в отношении нерегулируемых загрязняющих веществ» [19].

Рисунок 8: Результаты испытаний выбросов для нерегулируемых или косвенно регулируемых



загрязняющих веществ в рамках стандартов Евроб.

Источник: ICCT, 2021 [19].

Транспортные средства большой грузоподъемности

Для транспортных средств большой грузоподъемности ICCT считает, что предложенные CLOVE лимиты в горячих режимах для нерегулируемых загрязняющих веществ, таких как аммиак (NH_3) и закись азота (N_2O), слишком высоки. ICCT настоятельно призывает Европейскую комиссию установить более строгие лимиты для этих двух загрязняющих веществ. Организация утверждает, что в будущем технологии должны позволять устанавливать более жесткие нормы выбросов для транспортных средств большой грузоподъемности.

ICCT ссылается на недавний демонстрационный проект АЕСС [21], который показал, что «интеграция близко расположенных катализаторов в сочетании с продвинутым контроллером обеспечила высокую эффективность преобразования NO_x с минимальным проскоком NH_3 , а результаты продемонстрировали хороший уровень контроля N_2O в условиях тестирования». Это служит обоснованием для поддержки предложений CLOVE, так как измеренные значения оказались ниже предложенных лимитов.

Предложение Европейской комиссии

10 ноября 2022 года Европейская комиссия опубликовала регуляторное предложение [58] для обсуждения. Этот документ касается всех транспортных средств категорий M1,

M2, M3, N1, N2 и N3. Предложение включает предельные значения выбросов для выхлопных газов и испарений от бензиновых транспортных средств, а также ограничения на абразивные выбросы тормозов и шин для легковых автомобилей.

Если документ будет принят, новое регулирование вступит в силу с 1 июля 2025 года для легковых автомобилей (M1 и N1) и с 1 июля 2027 года для тяжелых автомобилей (M2, M3, N2 и N3).

Таблица 10 представляет предельные значения выбросов для различных загрязняющих веществ от легковых автомобилей. Эти значения одинаковы для любых видов топлива и соответствуют минимальным значениям Евроб для бензина или дизельного топлива. По сравнению с Евроб добавлены лимиты для NMVOC и NH₃.

Таблица 10: Предельные значения выбросов выхлопных газов для автомобилей категорий M1 и N1 с двигателями внутреннего сгорания в рамках стандарта Евроб7

Pollutant emissions	M ₁ , N ₁ vehicles	Only for N ₁ vehicles with power to mass ratio ¹ less than 35 kW/t	Emission budget for all trips less than 10 km for M ₁ , N ₁ vehicles	Emission budget for all trips less than 10 km only for N ₁ vehicles with power to mass ratio less than 35 kW/t
	per km	per km	per trip	per trip
NO _x in mg	60	75	600	750
PM in mg	4.5	4.5	45	45
PN ₁₀ in #	6×10 ¹¹	6×10 ¹¹	6×10 ¹²	6×10 ¹²
CO in mg	500	630	5000	6300
THC in mg	100	130	1000	1300
NMHC in mg	68	90	680	900
NH ₃ in mg	20	20	200	200

¹ Measured in accordance with paragraph 5.3.2. of UN/ECE Regulation No 85 in the case of ICEVs and PEVs, or, in all other cases, measured in accordance with one of the test procedures laid down in paragraph 6 of UN Global Technical Regulation 21

Таблица 11 содержит предельные значения выбросов по каждому загрязняющему веществу для транспортных средств большой грузоподъемности. Предельные значения для устойчивого цикла (WHSC) были заменены на предельные значения для холодного запуска в рамках переходного цикла (WHTC). По сравнению с EURO VI, добавлены предельные значения для N₂O, CH₄ и HCHO.

Pollutant emissions	Cold emissions ²	Hot emissions ³	Emission budget for all trips less than 3*WHTC long	Optional idle emission limits ⁴
	per kWh	per kWh	per kWh	per hour
NO _x in mg	350	90	150	5000
PM in mg	12	8	10	
PN ₁₀ in #	5×10 ¹¹	2×10 ¹¹	3×10 ¹¹	
CO in mg	3500	200	2700	
NMOC in mg	200	50	75	
NH ₃ in mg	65	65	70	
CH ₄ in mg	500	350	500	
N ₂ O in mg	160	100	140	
HCHO in mg	30	30		

² Cold emissions refers to the 100th percentile of moving windows (MW) of 1 WHTC for vehicles, or WHTC_{cold} for engines

³ Hot emission refers to the 90th percentile of moving windows (MW) of 1 WHTC for vehicles or WHTC_{hot} for engines

⁴ Applicable only if a system is not present that automatically shuts down the engine after 300 seconds of continuous idling operation (once the vehicle is stopped and brakes applied)

Таблица 11: Предельные значения выбросов в рамках стандарта EURO VII для транспортных средств категорий M2, M3, N2 и N3 с двигателями внутреннего сгорания

Таблица 12 содержит предельные уровни выбросов NMVOC при испарении для легковых бензиновых автомобилей.

Таблица 12: Предельные значения выбросов NMVOC при испарении для бензиновых автомобилей категорий M1 и N1 массой до 2650 кг в рамках стандарта Евро7

Pollutant emissions	M1, N1 with maximum mass up to 2650 kg	N1 with maximum mass equal or more than 2650 kg
Evaporative emissions (in hot soak + 2 day diurnal test)	0.50 g at worst day + hot soak	0.70 g at worst day + hot soak
Refuelling emissions	0.05 g/L of fuel	0.05 g/L of fuel

Предлагаемый стандарт Евро 7 вводит возможность установления предельных значений выбросов от износа тормозов и шин для легковых и транспортных средств большой грузоподъемности. В предложении количественно оцениваются только выбросы ТЧ₁₀ от износа тормозов для легковых автомобилей. Для введения предельных значений выбросов от тормозов предлагаются две даты введения, с различными предельными значениями ТЧ₁₀.

Таблица 13: Предельные значения выбросов ТЧ₁₀ от тормозов для транспортных средств категорий M1, M2, M3, N1, N2 и N3 до 31.12.2034 в рамках стандарта Евро 7

Emission limits in mg/km per vehicle	M1, N1 vehicles	M2, M3 vehicles	N2, N3 vehicles
Brake particle emissions (PM ₁₀)	7		
Brake particle emissions (PN)			

Таблица 14: Предельные значения выбросов ТЧ₁₀ от тормозов для транспортных средств категорий M1, M2, M3, N1, N2 и N3 с 01.01.2035 в рамках стандарта Евро 7

Emission limits in mg/km per vehicle	M1, N1 vehicles	M2, M3 vehicles	N2, N3 vehicles
Brake particle emissions (PM ₁₀)	3		
Brake particle emissions (PN)			

Таблица 15: Предельные значения износа шин с выбросами ТЧ₁₀ в рамках стандарта Евро 7

Tyre mass lost in g/1000 km	C1 tyres	C2 tyres	C3 tyres
Normal tyres			
Snow tyres			
Special use tyres			

Примечание: Предельные значения выбросов стандарта Евро7, которые могут быть окончательно приняты на уровне ЕС, потенциально могут быть учтены в обновленной версии приложения VIII.

2.4. Компрессионно- и искровое зажигание для внедорожных транспортных средств и машин

2.4.1. Текущие предельные значения для сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов и других внедорожных транспортных средств/машин, указанные в таблицах 4–6 приложения VIII

Приложение VIII к Гётеборгского протокола с поправками 2012 года (AGP) рассматривает как этап IIIВ, так и этап IV для дизельных двигателей внедорожной мобильной техники (ВМТ), сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов. Эти стандарты основаны на Директиве 97/68/ЕС, которая была обновлена до Регламента (ЕС) 2016/1628 Европейского парламента и Совета от 14 сентября 2016 года о требованиях, касающихся предельных значений выбросов газообразных и твердых загрязняющих

веществ и официального утверждения типа двигателей внутреннего сгорания для внедорожной мобильной техники [22]. Последняя версия вносит изменения в Регламенты (ЕС) 1024/2012 и (ЕС) 167/2013, а также изменяет и отменяет Директиву 97/68/ЕС.

Таким образом, предлагается обновить текущие таблицы 4–6 приложения VIII в соответствии с Регламентом (ЕС) 2016/1628 [22]:

- Таблица 4: Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IIIВ)
- Таблица 5: Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IV)
- Таблица 6: Предельные значения для двигателей с искровым зажиганием внедорожной подвижной техники

Таблицы 16–18 содержат текущие предельные значения для этих категорий транспортных средств.

Таблица 16: Таблица 4, приложение VIII, текущие предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IIIВ)

Полезная мощность (P) (кВт)	Дата введения в действие*	Моноксид углерода (CO) (г/кВт·ч)	Углеводороды (г/кВт·ч)	Оксиды азота (NOx) (г/кВт·ч)	Дисперсное вещество (г/кВт·ч)
$130 \leq P \leq 560$	31.12.2010	3.5	0.19	2.0	0.025
$75 \leq P < 130$	31.12.2011	5.0	0.19	3.3	0.025
$56 \leq P < 75$	31.12.2011	5.0	0.19	3.3	0.025
$37 \leq P < 56$	31.12.2012	5.0	4.7 ^a	4.7 ^a	0.025

* Начиная с указанной даты и за исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

^a *Примечание редактора:* Эти количественные данные, представляющие собой сумму углеводородов и оксидов азота, были отражены в окончательном утвержденном тексте одной цифрой, указанной в общей ячейке таблицы. Поскольку в настоящем тексте нет таблиц с разделительными линиями, эта цифра повторно указана в каждой колонке для обеспечения ясности.

Таблица 17: Таблица 5, приложение VIII, действующие предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (Этап IV)

Полезная мощность (P) (кВт)	Дата введения в действие*	Моноксид углерода (CO) (г/кВт·ч)	Углеводороды (г/кВт·ч)	Оксиды азота (NOx) (г/кВт·ч)	Дисперсное вещество (г/кВт·ч)
$130 \leq P \leq 560$	31.12.2013	3.5	0.19	0.4	0.025
$56 \leq P < 130$	31.12.2014	5.0	0.19	0.4	0.025

* Начиная с указанной даты и за исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

Таблица 18: Таблица 6, приложение VIII, предельные уровни для двигателей с искровым зажиганием, внедорожной подвижной техники

<i>Переносные двигатели</i>		
<i>Литраж (см³)</i>	<i>Моноксид углерода (CO) (г/кВт·ч)</i>	<i>Сумма углеводородов и оксидов азота (г/кВт·ч)^a</i>
Литраж < 20	805	50
20 ≤ Литраж < 50	805	50
Литраж ≥ 50	603	72
<i>Стационарные двигатели</i>		
<i>Литраж (см³)</i>	<i>Моноксид углерода (CO) (г/кВт·ч)</i>	<i>Сумма углеводородов и оксидов азота (г/кВт·ч)</i>
Литраж < 66	610	50
66 ≤ Литраж < 100	610	40
100 ≤ Литраж < 225	610	16.1
Литраж ≥ 225	610	12.1

Примечания: За исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

^a Уровень выбросов NO_x для всех классов двигателей не должен превышать 10 г/кВт·ч.

2.4.2. Принципы регулирования (ЕС) 2016/1628 и обоснование для обновления текущих предельных значений

Регламент (ЕС) 2016/1628 [22], устанавливающий требования к предельным значениям выбросов газообразных и твердых загрязняющих веществ и процедурам одобрения типа двигателей внутреннего сгорания для внедорожной техники, предусматривает предельные значения до Этапа V. Кроме того, этот регламент учитывает доказательства вредного влияния сверхтонких частиц на здоровье, вводя стандарт для их числа (PN#/кВт·ч).

Учитывая, что Этап IIIВ уже является устаревшим стандартом, и поскольку Регламент Комиссии 2016/1628 не предусматривает обновления предельных значений для Этапа IIIВ, предлагается удалить текущую Таблицу 4 [Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов – Этап IIIВ] и заменить ее Таблицами 19 и 20 с нормами Этапа V.

Что касается текущей Таблицы 5 из Приложения VIII Гётеборгского протокола с поправками 2012 года [Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов – Этап IV], предлагается обновить ее в соответствии с последним стандартом, то есть заменить Этап IV на Этап V. Данное изменение требует следующих обновлений для приведения в соответствие с Приложением II Регламента Комиссии 2016/1628:

- Категории номинальной мощности (P) (кВт) до 560 включительно
 - Введение стандарта на количество частиц «PN#/кВт·ч».
 - Ужесточение предельных значений для твердых частиц.
- Добавление категории P > 560 кВт и соответствующих предельных значений.

2.4.3. Предложения по возможным обновлениям предельных значений для таблиц 4–6 Приложения VIII

Обновленные предельные значения выбросов, основанные на Регламенте (ЕС) 2016/1628, представлены в следующих таблицах. Предельные значения выбросов применимы ко всей новой внедорожной технике в соответствии с графиком применения Регламента (ЕС) 2016/1628 в отношении типового одобрения ЕС и вывода на рынок, указанным в Таблице III, Приложении III.

Индекс обновления 1.

Таблица 19: Таблица 4, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для категории двигателей ВМТ с номинальной мощностью менее 560 кВт (Этап V)

Emission stage	Engine sub-category	Power range	Ignition type	CO	HC	NO _x	PM mass	PN	A
		kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
Stage V	NRG-v-1 NRG-c-1	P > 560	all	3,50	0,19	0,67	0,035	—	6,00

Таблица 20: Таблица 5, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для категории двигателей ВМТ с номинальной мощностью более 560 кВт (Этап V)

Emission stage	Engine sub-category	Power range	Ignition type	CO	HC	NO _x	PM mass	PN	A
		kW		g/kWh	g/kWh	g/kWh	g/kWh	#/kWh	
Stage V	NRE-v-1 NRE-c-1	0 < P < 8	CI	8,00	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40 ⁽¹⁾	—	1,10
Stage V	NRE-v-2 NRE-c-2	8 ≤ P < 19	CI	6,60	(HC + NO _x ≤ 7,50)		0,40	—	1,10
Stage V	NRE-v-3 NRE-c-3	19 ≤ P < 37	CI	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Stage V	NRE-v-4 NRE-c-4	37 ≤ P < 56	CI	5,00	(HC + NO _x ≤ 4,70)		0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Stage V	NRE-v-5 NRE-c-5	56 ≤ P < 130	all	5,00	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Stage V	NRE-v-6 NRE-c-6	130 ≤ P ≤ 560	all	3,50	0,19	0,40	0,015	1 × 10 ¹²	1,10
Stage V	NRE-v-7 NRE-c-7	P > 560	all	3,50	0,19	3,50	0,045	—	6,00

⁽¹⁾ 0,60 for hand-startable, air-cooled direct injection engines.

Кроме того, предлагается заменить Таблицу 6 [Предельные значения для двигателей с искровым зажиганием внедорожной подвижной техники] на таблицы, указанные в Таблице 21 и Таблице 22, чтобы соответствовать Европейскому Регламенту (ЕС) 2016/1628.

Таблица 21: Таблица 6, приложение VIII, предложение о возможных обновлениях: предельные значения выбросов для переносных двигателей с искровым зажиганием мощностью менее 19 кВт (Этап V)

Emission stage	Engine sub-category	Power range	Ignition type	CO	HC + NO _x
		kW		g/kWh	g/kWh
Stage V	NRSh-v-1a	0 < P < 19	SI	805	50
Stage V	NRSh-v-1b			603	72

Таблица 22: Таблица 6, Приложение VIII, Предложение о возможных обновлениях: Пределы выбросов для стационарных двигателей с искровым зажиганием мощностью менее 56 кВт (Этап V)

Emission stage	Engine sub-category	Power range	Ignition type	CO	HC + NO _x
		kW		g/kWh	g/kWh
Stage V	NRS-vr-1a NRS-vi-1a	0 < P < 19	SI	610	10
Stage V	NRS-vr-1b NRS-vi-1b			610	8
Stage V	NRS-v-2a	19 ≤ P ≤ 30		610	8
Stage V	NRS-v-2b NRS-v-3	19 ≤ P < 56		4,40 (*)	2,70 (*)

(*) Optionally, as an alternative, any combination of values satisfying the equation $(HC + NO_x) \times CO^{0,784} \leq 8,57$ as well as the following conditions: $CO \leq 20,6$ g/kWh and $(HC + NO_x) \leq 2,7$ g/kWh

2.5. Локомотивы и автотрис

2.5.1. Текущие предельные значения выбросов для локомотивов и автотрис, указанные в таблицах 7 и 8 приложения VIII

Предельные значения выбросов для локомотивов и автотрис приведены в таблицах 7 и 8 приложения VIII. Обнаружена ошибка: таблицы, соответствующие автотрис (RLR) и локомотивам (RLL), были перепутаны.

Таблица 23: Таблица 7, Приложение VIII, Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения локомотивов

Полезная мощность (P) (кВт)	Монооксид углерода (г/кВт*ч)	Углеводороды (г/кВт*ч)	Оксиды азота (г/кВт*ч)	Дисперсное вещество (г/кВт*ч)
130 < P	3,5	0,19	2,0	0,025

Примечание: За исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта из страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

Таблица 24: Таблица 8, Приложение VIII, Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения автотрис

Полезная мощность (P) (кВт)	Углеводороды вместе		Дисперсное вещество (г/кВт*ч)
	Монооксид углерода (г/кВт*ч)	с оксидами азота (г/кВт*ч)	
130 < P	3,5	4,0	0,025

2.5.2. Предложение о возможном обновлении предельных значений в таблицах 7 и 8

Предлагается обновить предельные значения в соответствии с Регламентом (ЕС) 2016/1628 Европейского парламента и Совета от 14 сентября 2016 года о требованиях, касающихся предельных значений выбросов газообразных и твердых загрязняющих веществ и официального утверждения типа двигателей внутреннего сгорания для внедорожной мобильной техники, с внесением изменений в Регламенты (ЕС) 1024/2012 и (ЕС) 167/2013, а также изменяющим и отменяющим Директиву 97/68/ЕС [22].

Согласно Регламенту (ЕС) 2016/1628, предельные значения для локомотивов остаются без изменений по сравнению с таблицей 7. Однако для автотрис предлагаются обновления: значение предельного уровня твердых частиц (ТЧ) снижено с 0,025 до 0,015 г/кВт*ч; добавлено предельное значение для количества частиц.

Предложения по обновлению предельных значений для локомотивов (RLL) и автотрис (RLR) приведены в Таблице 25 и Таблице 26.

Индекс обновления 1.

Таблица 25: Таблица 7, приложение VIII, предлагаемые обновления: Пределы выбросов Stage V для категории двигателей RLL (локомотивы)

Полезная мощность (P) (кВт)	Стадия выброса	Монооксид углеводорода (г/кВт*ч)	Углеводороды вместе с оксидами азота (г/кВт*ч)	Дисперсное вещество (г/кВт*ч)
P>0	Stage V	3.5	4.0	0.025

Таблица 26: Таблица 8, приложение VIII, предлагаемые обновления: Пределы выбросов Stage V для категории двигателей RLR (автомотрис)

Полезная мощность (P) (kW)	Стадия выброса	Монооксид углерода (г/кВт*ч)	Углеводороды (г/кВт*ч)	Оксиды азота (г/кВт*ч)	Дисперсное вещество (г/кВт*ч)	Количество частиц PN #/кВт*ч
P > 0	Stage V	3.50	0.19	2.00	0.015	1 x 10 ¹²

2.6. Суда внутреннего плавания

2.6.1. Текущие предельные значения выбросов для судов внутреннего плавания, указанные в таблице 9, приложение VIII

Таблица 9 в приложении VIII включает исключительно предельные значения выбросов для двигателей до Stage III A, что является устаревшим требованием ЕС. Также в таблице представлены только предельные значения выбросов для двигателей, используемых для движителей внутренних водных судов. Отсутствует таблица с предельными значениями выбросов для вспомогательных судов для внутренних водных путей (IWA).

Предельные значения выбросов для вспомогательных судов для внутренних водных путей, указанные в таблице 9, приложение VIII, представлены следующим образом:

Таблица 27: Таблица 9, приложение VIII, текущие предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения судов внутреннего плавания

Displacement (litres per cylinder/kWh)	Carbon monoxide (g/kWh)	Sum of hydrocarbons and oxides of nitrogen (g/kWh)	Particulate matter (g/kWh)
Disp. < 0.9 Power ≥ 37 kW	5.0	7.5	0.4
0.9 ≤ disp. < 1.2	5.0	7.2	0.3
1.2 ≤ disp. < 2.5	5.0	7.2	0.2
2.5 ≤ disp. < 5.0	5.0	7.2	0.2
5.0 ≤ disp. < 15	5.0	7.8	0.27
15 ≤ disp. < 20 Power < 3300 kW	5.0	8.7	0.5
15 ≤ disp. < 20 Power > 3300 kW	5.0	9.8	0.5
20 ≤ disp. < 25	5.0	9.8	0.5
25 ≤ disp. < 30	5.0	11.0	0.5

Примечание: За исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

2.6.2. Предложение о возможном обновлении предельных значений

Предлагается обновить предельные значения в соответствии с Регламентом (ЕС) 2016/1628 Европейского парламента и Совета от 14 сентября 2016 года, который устанавливает требования, касающиеся предельных значений выбросов газообразных и твердых загрязняющих веществ и официального утверждения типа двигателей

внутреннего сгорания для внедорожной мобильной техники. Регламент изменяет Регламенты (ЕС) № 1024/2012 и № 167/2013, а также изменяет и отменяет Директиву 97/68/ЕС, включая двигатели категории IWA (вспомогательные двигатели) и предусматривая обновления до стадии V [22]. Регламент определяет десять категорий двигателей в зависимости от их мощности и применения, обозначенных кодами. Для двигателей судов внутреннего плавания предусмотрены следующие категории:

- IWP: двигатели, предназначенные исключительно для использования на судах внутреннего плавания для их прямого или косвенного привода, с расчетной мощностью не менее 19 кВт;

- IWA: вспомогательные двигатели, предназначенные исключительно для использования на судах внутреннего плавания, с расчетной мощностью не менее 19 кВт;

NRE: двигатели с расчетной мощностью менее 560 кВт, используемые вместо двигателей категорий IWP и IWA, соответствующих стадии V.

С 2019 года все новые двигатели для судов внутреннего плавания должны соответствовать требованиям по выбросам стадии V, установленным Европейским союзом для внедорожной мобильной техники (ВМТ). Требования стадии V ограничивают выбросы CO, HC, NOx, TЧ и количество частиц (PN).

Для соответствия таблицам II-5 и II-6 из Приложения II к Регламенту Комиссии 2016/1628 новое название должно быть следующим: «Пределные значения для двигателей силовых установок и вспомогательных двигателей судов внутреннего плавания (Stage V)».

Обновленная таблица 9 может быть разделена на две части, или может быть введена новая нумерация таблиц.

Индекс обновления 1.

Таблица 28: Таблица 9, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: Пределы выбросов для двигателей категории IWP/IWA для внутренних водных судов (Stage V)

Стадия выбросов	Подкатегория двигателя	Диапазон мощности	Тип зажигания	CO	HC	NOx	TЧ	PN	A
	IWP/IWA	кВт		г/кВт*ч				#/кВт*ч	
Stage V	v/c-1	19≤P<75	Все	5,00	HC+NOx≤4,70		0,30		6,00
Stage V	v/c-2	75≤P<130	Все	5,00	HC+NOx≤5,40		0,14		6,00
Stage V	v/c-3	130≤P<300	Все	3,50	1,00	2,10	0,10		6,00
Stage V	v/c-4	P≥300	Все	3,50	0,19	1,80	0,015	1x10 ¹²	6,00

Таблица 29: Таблица 9, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: Пределы выбросов для двигателей категории NRE, пригодных для внутренних водных судов, в зависимости от тестовых циклов C1 (постоянная скорость) или D2 (переменная скорость)

Стадия выбросов	Подкатегория двигателя	Диапазон мощности	Тип зажигания	CO	HC	NO _x	ТЧ	PN	A
	NRE	кВт							
Stage V	v/c-1	0<P<8	CI	8,00	HC+NO _x ≤7,50		0,40*	-	1,10
Stage V	v/c-2	8≤P<19	CI	6,60	HC+NO _x ≤7,50		0,40	-	1,10
Stage V	v/c-3	19≤P<37	CI	5,00	HC+NO _x ≤4,70		0,015	1x10 ¹²	1,10
Stage V	v/c-4	37≤P<56	CI	5,00	HC+NO _x ≤4,70		0,015	1x10 ¹²	1,10
Stage V	v/c-5	56≤P<130	Все	5,00	0,19	0,40	0,015	1x10 ¹²	1,10
Stage V	v/c-6	130≤P<560	Все	3,50	0,19	0,40	0,015	1x10 ¹²	1,10
Stage V	v/c-7	P≥560	Все	3,50	0,19	3,50	0,045	-	6,00

* 0,60 для двигателей с ручным запуском и воздушным охлаждением с прямым впрыском топлива

2.7. Прогулочные суда

2.7.1. Текущие предельные значения для прогулочных судов, приведенные в таблице 10, приложения VIII

Таблица 10 приложения VIII охватывает только предельные значения для различных типов двигателей (2-тактные, 4-тактные и CI).

Таблица 30: Таблица 10, приложение VIII, текущие предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения прогулочных судов

движения прогулочных судов

Engine type	CO (g/kWh) $CO = A + B/P_N^n$			Hydrocarbons (HC) (g/kWh) $HC = A + B/P_N^n$			NO _x g/kWh	PM g/kWh
	A	B	n	A	B	n		
2-stroke	150	600	1	30	100	0.75	10	Not Appl.
4-stroke	150	600	1	6	50	0.75	15	Not Appl.
CI	5	0	0	1.5	2	0.5	9.8	1

Abbreviations: Not Appl. = Not Applicable.

Note: With the exception of machinery and engines intended for export to countries that are not Parties to the present Protocol, Parties shall permit the registration, where applicable, and the placing on the market of new engines, whether or not installed in machinery, only if they meet the respective limit values set out in the table.

^a Where A, B and n are constants and P_N is the rate engine power in kW and the emissions are measured in accordance with the harmonized standards.

2.7.2. Предложение о потенциальном обновлении предельных значений

На основании Директивы 2013/53/ЕС Европейского парламента и Совета от 20 ноября 2013 года о маломерных и индивидуальных плавательных средствах и отменяющей Директиву 94/25/ЕС [23], предлагается обновить Таблицу 10, добавив более детализированные предельные значения выбросов (в зависимости от номинальной мощности двигателя) для:

- Предельных значений выбросов выхлопных газов для двигателей с воспламенением от сжатия (CI) (Таблица 31).
- Предельных значений выбросов выхлопных газов для двигателей с искровым зажиганием (SI) (Таблица 32).

Эти предельные значения теперь применяются ко всем новым транспортным средствам, поскольку они вступили в силу с 18 января 2016 года в соответствии с Директивой 2013/53/ЕС.

Индекс обновления 1.

Таблица 31: Таблица 10, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении: предельные значения выбросов выхлопных газов для двигателей с воспламенением от сжатия (CI) (**)

Swept Volume SV (L/cyl)	Rated Engine Power P _N (kW)	Particulates PT (g/kWh)	Hydrocarbons + Nitrogen Oxides HC + NO _x (g/kWh)
SV < 0,9	P _N < 37	The values referred to in table 1	
	37 ≤ P _N < 75 (*)	0,30	4,7
	75 ≤ P _N < 3 700	0,15	5,8
0,9 ≤ SV < 1,2	P _N < 3 700	0,14	5,8
1,2 ≤ SV < 2,5		0,12	5,8
2,5 ≤ SV < 3,5		0,12	5,8
3,5 ≤ SV < 7,0		0,11	5,8

(*) Alternatively, compression-ignition engines with rated engine power at or above 37 kW and below 75 kW and with a swept volume below 0,9 L/cyl shall not exceed a PT emission limit of 0,20 g/kWh and a combined HC + NO_x emission limit of 5,8 g/kWh.

(**) Any compression-ignition engine shall not exceed a Carbon monoxide (CO) emission limit of 5,0 g/kWh.

Таблица 32: Таблица 10, приложение VIII, предложение о потенциальном обновлении: предельные значения выбросов выхлопных газов для двигателей с искровым зажиганием (SI)

Type of engine	Rated Engine Power P_N (kW)	Carbon monoxide CO (g/kWh)	Hydrocarbons + Nitrogen Oxides HC + NO _x (g/kWh)
Stern-drive and inboard engines	$P_N \leq 373$	75	5
	$373 < P_N \leq 485$	350	16
	$P_N > 485$	350	22
Outboard engines and PWC engines	$P_N \leq 4,3$	$500 - (5,0 \times P_N)$	30
	$4,3 < P_N \leq 40$	$500 - (5,0 \times P_N)$	$15,7 + \left(\frac{50}{P_N^{0,9}} \right)$
	$P_N > 40$	300	$15,7 + \left(\frac{50}{P_N^{0,9}} \right)$

2.8. Мотоциклы и мопеды (категория L)

2.8.1. Текущие предельные значения для мотоциклов и мопедов, указанные в таблице 11 и таблице 12 приложения VIII

Текущие предельные значения для мотоциклов и мопедов, включенные в Гетеборгский протокол с поправками 2012 года, устарели. Таблицы 11 и 12 включают только две категории ($> 50 \text{ см}^3$; $> 45 \text{ км/ч}$) и ($< 50 \text{ см}^3$; $< 45 \text{ км/ч}$).

Таблица 33: Таблица 11, приложение VIII, текущие предельные значения для мотоциклов ($> 50 \text{ см}^3$; $> 45 \text{ км/ч}$)

Объем двигателя	Предельные значения
Мотоцикл $< 150 \text{ см}^3$	Углеводороды (УВ) = 0,8 г/км NO _x = 0,15 г/км
Мотоцикл $> 150 \text{ см}^3$	(УВ) = 0,3 г/км NO _x = 0,15 г/км

Примечание: За исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям

Таблица 34: Таблица 12, приложение VIII, текущие предельные значения для мопедов (< 50 см³; < 45 км/ч)

	CO (г/км)	Углеводороды (УВ) + NO _x (г/км)
	1,0 ^а	1,2

Примечание: За исключением машин и двигателей, предназначенных для экспорта в страны, не являющиеся Сторонами настоящего Протокола, Стороны разрешают регистрацию, когда это применимо, и выпуск на рынок новых двигателей, установленных или не установленных на машинах, лишь в том случае, если они удовлетворяют изложенным в таблице предельным значениям.

^а Для трех- или четырехколесных транспортных средств: 3,5 г/км.

2.8.2. Предложение об обновлении предельных значений

Таблицы 11 и 12 приложения VIII предлагается обновить в соответствии с Регламентом (ЕС) № 168/2013 Европейского парламента и Совета от 15 января 2013 года о сертификации и рыночном надзоре двух- и трехколесных транспортных средств и квадроциклов [24].

Приложение VI Регламента (ЕС) № 168/2013 содержит предельные значения, разбитые на категории, указанные в регламенте (Таблица 35): двух- и трехколесные транспортные средства, квадроциклы, мотоциклы эндуро и триал, а также тяжелые внедорожные квадроциклы. Предельные значения выбросов в рамках стандарта Евро 5 стали обязательными для всех новых транспортных средств с 01.01.2021. Для некоторых категорий транспортных средств (мотоциклы эндуро и триал, трехколесные мопеды, предназначенные для утилитарных целей, и легкие квадроциклы) предусмотрен дополнительный срок для соответствия новым стандартам Евро 5 до 01.01.2024. Сравнение стандартов выбросов от Евро 1 до Евро 5 представлено на Рисунке 9.

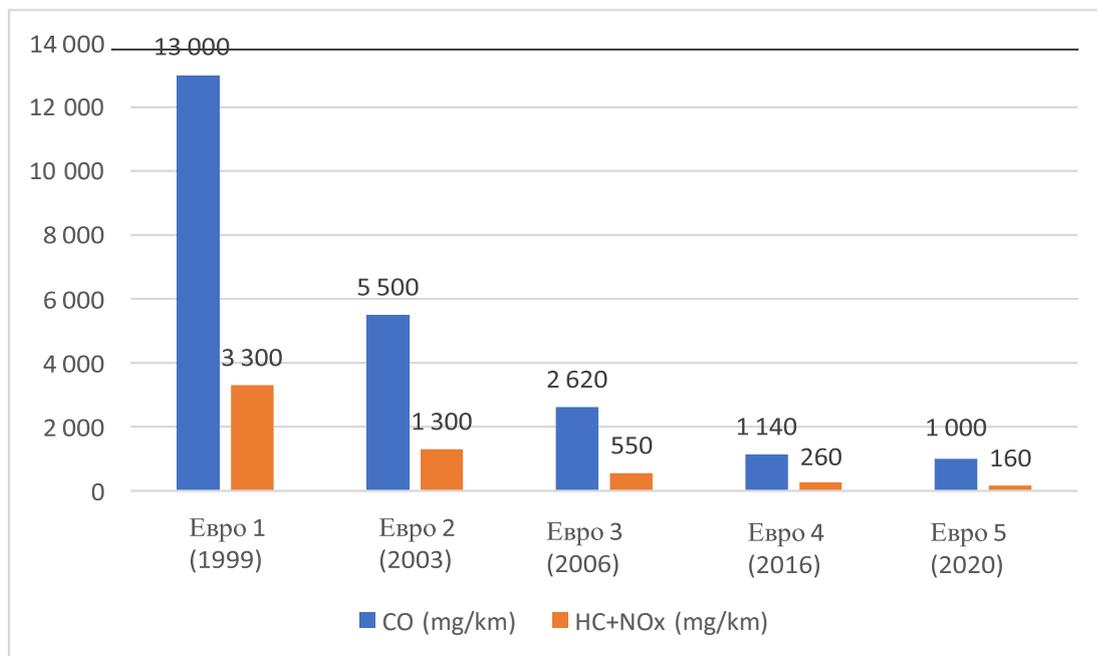


Рисунок 9: Процесс снижения выбросов для мотоциклов: от Евро 1 до Евро 5 [24]

Регламент (ЕС) № 168/2013 также вводит систему диагностики на борту второго уровня (БД второго этапа), которая предназначена для раннего выявления и идентификации неисправностей в системе контроля выбросов. Кроме того, стандарт Евро 5 добавляет

предельное значение количества неметановых углеводородов (НМНС) в выхлопных газах, что отсутствовало в предыдущих нормах Евро.

Таблица 35: Категории двух- и трехколесных транспортных средств и квадроциклов в Регламенте (ЕС) № 168/2013 для транспортных средств Евро5 [24]

Vehicle Class ⁽¹²⁾	Vehicle category name	Propulsion Class
L1e-A	Powered cycle	PI ⁽¹¹⁾
L1e-B	Two-wheel moped	
L2e	Three-wheel moped	
L3e L4e ⁽⁷⁾	Two-wheel motorcycle with and without side-car	
L5e-A	Tricycle	
L5e-B	Commercial tricycle	
L6e-A	Light on-road quad	
L6e-B	Light quadri-mobile	
L7e-A	Heavy on-road quad	
L7e-B	All terrain quad	
L7e-C	Heavy quadri-mobile	

На основе Регламента (ЕС) № 168/2013 предлагается обновить Таблицы 11 и 12 приложения VIII, используя предельные значения, приведённые в Таблице 36.

Индекс обновления 1.

Таблица 36: Таблицы 11 и 12, приложение VIII, предложение по возможному обновлению: предельные значения для двух- и трёхколёсных транспортных средств, квадроциклов, эндуро и триальных мотоциклов, а также тяжёлых внедорожных квадроциклов

(A1) Предельные значения выбросов из выхлопной трубы после холодного старта (Евро 4):

Vehicle category	Vehicle category name	Propulsion class	Euro level	Mass of carbon monoxide (CO)	Mass of total hydrocarbons (THC)	Mass of oxides of nitrogen (NO _x)	Mass of particulate matter (PM)	Test cycle
				L ₁ (mg/km)	L ₂ (mg/km)	L ₃ (mg/km)	L ₄ (mg/km)	
L1e-A	Powered cycle	PI/CI/Hybrid	Euro 4	560	100	70	—	ECE R47
L1e-B	Two-wheel moped	PI/CI/Hybrid	Euro 4	1 000	630	170	—	ECE R47
L2e	Three-wheel moped	PI/CI/Hybrid	Euro 4	1 900	730	170	—	ECE R47
L3e L4e ⁽⁷⁾ L5e-A L7e-A	— Two-wheel motorcycles with and without side-car — Tricycle — Heavy on-road quad	PI/PI Hybrid, v _{max} < 130 km/h	Euro 4	1 140	380	70	—	WMTC, stage 2
		PI/PI Hybrid, v _{max} ≥ 130 km/h	Euro 4	1 140	170	90	—	WMTC, stage 2
		CI/CI Hybrid	Euro 4	1 000	100	300	80 ⁽⁸⁾	WMTC, stage 2
L5e-B	Commercial tricycle	PI/PI Hybrid	Euro 4	2 000	550	250	—	ECE R40
		CI/CI Hybrid	Euro 4	1 000	100	550	80 ⁽⁸⁾	ECE R40
L6e-A L6e-B	Light on-road quad Light quadrimobile	PI/PI Hybrid	Euro 4	1 900	730	170	—	ECE R47
		CI/CI Hybrid	Euro 4	1 000	100	550	80 ⁽⁸⁾	ECE R47
L7e-B L7e-C	Heavy all terrain quad Heavy quadrimobile	PI/PI Hybrid	Euro 4	2 000	550	250	—	ECE R40
		CI/CI Hybrid	Euro 4	1 000	100	550	80 ⁽⁸⁾	ECE R40

(A2) Предельные значения выбросов из выхлопной трубы после холодного старта (Евро 5):

Vehicle category	Vehicle category name	Propulsion class	Euro Level (*)	Mass of carbon monoxide (CO)	Mass of total hydrocarbons (THC)	Mass of Non-methane hydrocarbons (NMHC)	Mass of oxides of nitrogen (NO _x)	Mass of particulate matter (PM)	Test cycle
				L ₁ (mg/km)	L _{2A} (mg/km)	L _{2B} (mg/km)	L ₃ (mg/km)	L ₄ (mg/km)	
L1e-A	Powered cycle	PI/CI/Hybrid	Euro 5	500	100	68	60	4,5 (*)	Revised WMTC (16)
L1e-B-L7e	All other L-category vehicles	PI/ PI Hybrid	Euro 5	1 000	100	68	60	4,5 (*)	Revised WMTC
		CI/CI Hybrid		500	100	68	90	4,5	Revised WMTC

(B1) Пороговые значения выбросов для бортовой диагностики (Евро 4, Первый этап бортовой диагностики*)

Vehicle category	Vehicle category name	Propulsion class	Euro level	Mass of carbon monoxide (CO)	Mass of total hydrocarbons (THC)	Mass of oxides of nitrogen (NO _x)	Test cycle
				OT ₁ (mg/km)	OT ₂ (mg/km)	OT ₃ (mg/km)	
L6e-A	— On-road light quad	PI, CI or Hybrid	Euro 4	3 610	2 690	850	ECE R47
L3e (*) L4e (*) L5e-A L7e-A	— Two-wheel motorcycle with and without side-car — Tricycle — Heavy on-road quad	PI/PI Hybrid v _{max} < 130 km/h	Euro 4	2 170	1 400	350	WMTC, stage 2
		PI/PI Hybrid v _{max} ≥ 130 km/h		2 170	630	450	WMTC, stage 2
		CI/CI Hybrid		2 170	630	900	WMTC, stage 2

* Транспортные средства должны быть оснащены системой БД Stage I, которая контролирует любые неисправности электрических цепей и электронных компонентов системы контроля выбросов и сообщает о тех неисправностях, которые приводят к превышению пороговых значений выбросов, установленных в Приложении VI (B1) Регламента (ЕС) № 168/2013

(B2) Пороговые значения выбросов для бортовой диагностики (Евро 5, Второй этап бортовой диагностики*)

Vehicle category	Vehicle category name	Propulsion class	Euro level	Mass of carbon monoxide (CO)	Mass of Non-methane hydrocarbons (NMHC)	Mass of oxides of nitrogen (NO _x)	Mass of particulate matter (PM)	Test cycle
				OT ₁ (mg/km)	OT ₂ (mg/km)	OT ₃ (mg/km)	OT ₄ (mg/km)	
L3e-L7e (*)	All L category vehicles except category L1e and L2e	PI/PI Hybrid	Euro 5	1 900	250	300	50	Revised WMTC
		CI/CI Hybrid	Euro 5	1 900	320	540	50	Revised WMTC

Транспортные средства должны быть оснащены системой БД Stage II, которая расширяет возможности мониторинга неисправностей, включая их воздействие на соблюдение более строгих норм выбросов, установленных для Евро 5

2.9. Качество топлива

2.9.1. Текущие экологические характеристики топлива, реализуемого на рынке, для транспортных средств с двигателями с принудительным зажиганием (бензин) и двигателями с воспламенением от сжатия (дизель), указанные в таблицах 13 и 14 приложения VIII

Характеристики топлива, используемого для бензиновых и дизельных двигателей, в настоящее время указанные в таблицах 13 и 14 приложения VIII, представлены в таблицах 37 и 38. Эти характеристики извлечены из Директивы 2009/30/ЕС Европейского парламента и Совета от 23 апреля 2009 года, вносящей изменения в Директиву 98/70/ЕС в части характеристик бензина, дизельного топлива и газойля, а также введения механизма мониторинга и сокращения выбросов парниковых газов. Директива также вносит изменения в Директиву Совета 1999/32/ЕС в части характеристик топлива, используемого судами внутреннего плавания, и отменяет Директиву 93/12/ЕЕС [26]

Таблицы 13 и 14 приложения VIII недостаточно детализированы относительно типов топлива, доступных в настоящее время на рынке.

Таблица 37: Таблица 13, приложение VIII, текущие экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием: бензин

Параметр	Единица измерения	Предельные значения	
		Минимальные	Максимальные
Октановое число по исследовательскому методу	–	95	–
Октановое число по моторному методу	–	85	–
Упругость паров по Рейду, летний период ^a	кПа	–	60
Дистилляция:			
Испарение при 100 °С	% по объему	46	–
Испарение при 150 °С	% по объему	75	–
Состав углеводородов:			
Олефины	% по объему	–	18,0 ^b
Ароматические углеводороды	–	–	35
Бензол	–	–	1
Содержание кислорода	% по массе	–	3,7
Кислородсодержащие продукты:			
Метанол с добавкой стабилизаторов	% по объему	–	3
Этанол, возможно, с добавкой стабилизаторов	% по объему	–	10
Параметр:			
Изопропиловый спирт	% по объему	–	12
Трибутиловый спирт	% по объему	–	15
Изобутиловый спирт	% по объему	–	15
Эфиры, содержащие пять или более атомов углерода на одну молекулу	% по объему	–	22
Прочие кислородсодержащие продукты ^c	% по объему	–	15
Содержание серы	мг/кг	–	10

^a Летний период начинается не позднее 1 мая и заканчивается не ранее 30 сентября. Для Сторон с арктическими условиями летний период начинается не позднее 1 июня и заканчивается не ранее 31 августа, при этом упругость паров по Рейду (УПР) для них ограничивается 70 кПа.

^b За исключением обычного неэтилированного бензина (с минимальным октановым числом по моторному методу (MON), равным 81, и с минимальным октановым числом по исследовательскому методу (RON), равным 91), для которого максимальное содержание олефина должно составлять 21% по объему. Установление этих предельных значений не исключает возможности поступления на рынок Стороны другого неэтилированного бензина с меньшими октановыми числами по сравнению с теми, которые указаны в настоящем приложении.

^c Другие моноспирты, конечная точка дистилляции которых не превышает конечную точку дистилляции, предусмотренную национальными спецификациями или, если таковых не существует, промышленными сертификациями для моторного топлива.

Таблица 38: Таблица 14, приложение VIII, текущие экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия – вид топлива: дизельное топливо

<i>Параметр</i>	<i>Единица измерения</i>	<i>Предельные значения</i>	
		<i>Минимальные</i>	<i>Максимальные</i>
Цетановое число	–	51	–
Плотность при 15 °С	кг/м ³	–	845
Точка дистилляции: 95%	°С	–	360
Полициклические ароматические углеводороды	% по массе	–	8
Содержание серы	мг/кг	–	10

2.9.2. Предложения о возможных обновлениях предельных значений

В отношении таблицы 13 (Бензин): чтобы соответствовать последним спецификациям топлива, рекомендуется обновить данные в соответствии с последними стандартами (Профессиональный нефтяной комитет, Спецификации и качество топлива, 2021 - [27]). Последние спецификации являются более детализированными (Таблица 39) и охватывают большее количество видов топлива.

Индекс обновления 1.

Таблица 39: Таблица 13, приложение VIII, предложение о возможном обновлении спецификаций для реализуемых бензинов премиум класса с октановым числом 95, 98 и 95-E10, используемых в транспортных средствах с двигателями с искровым зажиганием (Бензин) (спецификации № 1-2-10 CSR)

Параметр	Ед. изм.	Ограничения Премиум-бензин с октановым числом 95 и 98		Ограничения Премиум-бензин с октановым числом 95-E10 – S95-E10	
		Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
Число октанов по исследовательскому методу	–	95	–	95	
Число октанов по моторному методу	–	85	–	85	
Давление паров по Рейду (летний период) ^a	кПа	45	60	45	60
Перегонка:					
Испарение при 100°C	%	46	71	46	72
	объем.				
Испарение при 150°C	% объем.	75	–	75	
Анализ углеводородов:					
Олефины	% объем.	–	18.0b		18
Ароматические углеводороды	% объем.	–	35		35
Бензол	% объем.	–	1		1
Содержание кислорода	% масс.		-2.7		3.7
Кислородсодержащие соединения:					
Метанол, должны быть добавлены стабилизаторы	% объем.	–	3		3
Этанол, стабилизаторы могут потребоваться	% объем.		5		10
Параметры:					
Изопропиловый спирт	% объем.	–	12		12
Третичный бутиловый спирт	% объем.	–	15		15
Изобутиловый спирт	% объем.	–	15		15
Эфиры с 5 и более атомами углерода на молекулу	% объем.	–	22		22
Прочие кислородсодержащие соединения ^c	% объем.	–	15		15
Содержание серы	мг/кг	–	10		10
Содержание марганца	мг/л		2		2
Содержание свинца	мг/л		5		5

В отношении таблицы 14 (Дизельное топливо): рекомендуемые значения для обновления представлены в таблице 40. Данные предоставлены (Professional Petroleum Committee, Specifications and Quality of Fuels, 2021 - [27]).

Индекс обновления 1. Таблица 40: Таблица 14, приложение VIII, предложение по обновлению спецификаций для реализуемых топлив, используемых в транспортных средствах с двигателями с воспламенением от сжатия (Дизельное топливо)

Параметр	Ед. изм.	Ограничения	
		Минимум	Максимум
Цетановое число	–	51	–
Метилловые эфиры жирных кислот (FAME)	% объем.		7
Плотность при 15°C	кг/м ³	820	845
Точка дистилляции: 95%	°C	–	360
Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)	% масс.	–	8
Содержание серы	мг/кг	–	10
Содержание марганца	мг/л		2

3. Улучшенные и новые технологии для мобильных источников

Этот раздел посвящен предоставлению первоначальной информации для обновления технического отчета 2015 года «Наилучшие доступные технологии для мобильных источников в поддержку Руководящего документа к Гётеборгскому протоколу Конвенции о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния (ТЗВБР)» (Papadimitriou et al., 2015) [28].

Большинство транспортных средств во всех видах транспорта оснащены двигателями внутреннего сгорания, основным топливом для которых являются бензин и дизельное топливо (для легковых автомобилей, легких и тяжелых грузовых транспортных средств, двух- и трехколесных транспортных средств, судов и поездов, за исключением электрических). Авиационные двигатели используют керосин. Тем не менее, альтернативные виды топлива, такие как биотопливо, водород и природный газ, активно развиваются, как и электрические транспортные средства, которые значительно сокращают выбросы загрязняющих веществ.

В последующих разделах рассматриваются альтернативные виды топлива, альтернативные моторы и улучшенные/новые технологии для каждого типа транспортных средств.

3.1. Легковые автомобили, легкие грузовые транспортные средства и транспортное средство большой грузоподъемности

3.1.1. Альтернативные виды топлива

Водород

Использование водорода в качестве замены ископаемого топлива рассматривается как эффективный способ декарбонизации транспортного сектора и достижения почти нулевых выбросов загрязняющих веществ. Существует два типа технологий, связанных с использованием водорода. Технология топливных элементов позволяет значительно снизить выбросы NO_x, чего не всегда можно достичь при использовании водорода непосредственно в качестве топлива, как будет объяснено в следующих параграфах:

- Сжигание в тепловых двигателях: водород может впрыскиваться в двигатель внутреннего сгорания (ДВС) в газообразной форме. Он может использоваться самостоятельно или смешиваться с другими газами, такими как возобновляемый природный газ (RNG). Хотя выбросы CO₂ снижаются пропорционально содержанию водорода в топливе, выбросы NO_x, при прочих равных условиях, оказываются выше. С другой стороны, поскольку водород не является углеводородным топливом, уровень общего углеводорода (THC) и монооксида углерода (CO) снижается при смешивании RNG с H₂ [29]. Недавно опубликованные исследования показали, что использование двигателя, работающего исключительно на водороде, является перспективным, и существуют различные способы снижения выбросов NO_x на источнике: Рециркуляция выхлопных газов (EGR) и впрыск воды, которые могут снизить уровень выбросов NO_x на 57% и 97% соответственно, стратегии управления впрыском и зажиганием [30], оптимизация образования смеси и коэффициента эквивалентности [31]. Практически нулевой уровень NO_x может быть достигнут при работе на бедной смеси с оптимизированной системой впрыска, даже при высокой мощности двигателя, за счет использования системы поддува воздуха, которая компенсирует потерю энергетического содержания смеси из-за снижения коэффициента эквивалентности [32]. Для таких двигателей внутреннего сгорания также доступны технологии доочистки отработавших

газов для снижения выбросов NO_x, такие как трехкомпонентный катализатор (TWC), Селективное каталитическое восстановление (СКВ) и уловитель NO_x (LNT) (Lewis, 2021 – [33]). С другой стороны, необходимо уделять особое внимание выбросам несгоревшего водорода, которые, согласно последним исследованиям, могут оказывать косвенное воздействие на парниковый эффект [34]. Важно отметить, что все вышеупомянутые исследования показывают относительно высокие показатели эффективности двигателей, достигающие 40%, что в целом выше, чем у современных бензиновых двигателей с искровым зажиганием (SI), и находятся на том же уровне, что и двигатели с воспламенением от сжатия (CI).

Таким образом, если ДВС на чистом водороде может работать в режиме почти нулевых выбросов, это может стать весьма перспективным направлением, поскольку технология двигателей уже доступна. Это означает, что текущие транспортные средства могут быть адаптированы для работы на водороде путем изменения системы впрыска и хранения топлива на борту.

- Автомобиль на топливных элементах (FCV): химическая энергия, содержащаяся в водороде, преобразуется в электрическую энергию в форме постоянного тока. Автомобили на топливных элементах (FCEV) используют силовую установку, аналогичную электромобилям, где энергия, хранящаяся в виде водорода, преобразуется в электричество топливным элементом. В отличие от традиционных автомобилей с двигателем внутреннего сгорания, эти транспортные средства не производят вредных выбросов из выхлопной трубы. Единственным побочным продуктом является тепло и вода.

Наиболее распространенным типом топливных элементов для транспортных приложений является топливный элемент с полимерным электролитом (PEM). В таком топливном элементе электролитная мембрана располагается между положительным электродом (катодом) и отрицательным электродом (анодом). Водород подается на анод, а кислород (из воздуха) – на катод. В результате электрохимической реакции на катализаторе топливного элемента молекулы водорода распадаются на протоны и электроны. Протоны затем проходят через мембрану к катоду.

Существует несколько типов топливных элементов, наиболее зрелым, доступным и эффективным из которых являются топливные элементы с протонообменной мембраной (PEMFC). Эта технология уже применяется в транспортной сфере. Она позволяет быстро заправлять транспортное средство и обеспечивает дальность хода, сопоставимую с современными автомобилями на бензине или дизельном топливе, но с существенным увеличением стоимости [36].

Использование водорода сталкивается с рядом вызовов, особенно в плане внедрения и финансирования. Тем не менее, водород предлагает реальные преимущества в плане улучшения качества воздуха и декарбонизации транспортного сектора. В настоящее время уже реализовано несколько проектов. Сектор сталкивается с проблемами крупномасштабного применения, снабжения и хранения, а также финансирования.

Существует ряд проблем, связанных с внедрением водородных технологий в транспорт:

- Инвестиции: Дополнительные затраты по сравнению с тепловым двигателем могут быть значительными, даже без учета инвестиций, связанных с созданием инфраструктуры для производства и распределения водорода.
- Цена на заправке: В первые годы она может быть высокой, но затем может быстро снизиться с последующим внедрением.
- Расходы на техническое обслуживание.: По данным, стоимость обслуживания водородных транспортных средств значительно ниже, чем у автомобилей с тепловыми двигателями.

- Тип хранения для цепочки поставок: Возможны интегрированные, модульные, твердые или жидкие варианты хранения водорода, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки в плане обращения, распределения и эксплуатации.

Аммиак

Аммиак, будучи носителем водорода, представляет собой перспективное направление для инноваций. Инфраструктуры для хранения и транспортировки аммиака уже существуют, поскольку он является одним из самых производимых химических продуктов. Хотя аммиак является токсичным газом, он обладает низким потенциалом самовоспламенения, а его утечка легко обнаруживается, что в определенных условиях делает его более безопасным, чем водород. Аммиак может служить не только носителем водорода, но и непосредственно использоваться в качестве топлива: в специализированных топливных элементах с использованием технологий твердооксидных топливных элементов (SOFC) и мембранно-электродных сборок (MEA) [35]. В двигателях внутреннего сгорания, поскольку его сгорание не приводит к выбросам CO₂. Однако сгорание аммиака сопровождается выбросами NO_x, NH₃ и N₂O, которые требуют применения систем доочистки выхлопных газов для их обработки. Кроме того, сгорание аммиака происходит медленно, что на данный момент позволяет использовать его только в двигателях, работающих медленно и стационарно (например, в морском транспорте или на электростанциях). Прямое использование аммиака в автомобильных двигателях остается более сложной и ограниченной задачей.

3.1.2. Электрическая гибридизация

В настоящее время существует пять типов электрических транспортных средств (Electric Vehicles, EVs), которые можно классифицировать в зависимости от их технологий (Sanguesa et al., 2021 – [37]):

- Аккумуляторные электромобили (BEV): Полностью электрические транспортные средства без двигателя внутреннего сгорания. BEV используют крупные аккумуляторные батареи, которые обеспечивают автономность транспортного средства.
- Гибридные автомобили с зарядкой от электросети (PHEVs): Эти автомобили сочетают полностью электрический двигатель, который можно заряжать дома или через зарядную станцию от внешнего источника электроэнергии, и другой двигатель, например, бензиновый. PHEV могут накапливать электроэнергию, что значительно снижает расход топлива в нормальных условиях движения.
- Гибридные автомобили (HEVs): Гибридное электрическое транспортное средство сочетает двигатель внутреннего сгорания с одним или несколькими электрическими моторами. В отличие от PHEV, HEV не могут подключаться к электросети. HEV используют двигатель внутреннего сгорания и рекуперативное торможение для зарядки батареи электроэнергией.
- Автомобили на топливных элементах (FCEVs): (см. пункт 3.1.1. Альтернативное топливо: водород).
- Электромобили с увеличенным запасом хода (ER-EVs): ER-EV фактически представляет собой полностью электрическое транспортное средство, в котором вся мощность обеспечивается электрическим мотором, но при этом предусмотрен небольшой двигатель внутреннего сгорания (ICE) для генерации дополнительной электрической энергии при необходимости. ICE используется только для зарядки и не соединён с колесами транспортного средства.

В 2020 году основные производители предлагали электрические транспортные средства (EV) со средней автономностью в 290 км, с минимальным пробегом 150 км и

максимумом до 600 км по методике WLTP. Полная зарядка аккумуляторной батареи может занимать от 4 до 8 часов, а быстрая зарядка до 80% емкости – 30 минут. Несмотря на более высокую стоимость EV по сравнению с транспортными средствами с двигателями внутреннего сгорания, их популярность значительно возросла за последние годы (Sanguesa et al., 2021 – [37]).

У аккумуляторных электромобилей (BEV) отсутствуют выбросы из выхлопной трубы. Однако особое внимание следует уделять источнику электроэнергии в стране, где они используются. Кроме того, несмотря на то, что BEV не выделяют NOx, они все же генерируют твердые частицы (ТЧ) за счет источников выбросов транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива. Поскольку они, как правило, тяжелее традиционных транспортных средств, выбросы транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива (NEE) могут быть больше, чем у обычных транспортных средств. Это связано с более высокими выбросами на уровне шин, несмотря на снижение выбросов на уровне тормозов благодаря рекуперативному торможению. Поэтому крайне важно учитывать выбросы NEE не только для транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, но и для электрических транспортных средств (Timmers and Achten, 2018 – [38]).

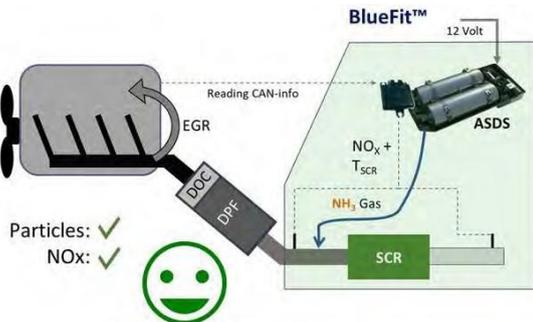
3.1.3. Решения по модернизации

Решения по модернизации от компании Amminex [39] обеспечивают значительное снижение выбросов NOx для легковых и грузовых автомобилей стандартов Евро 5/V и Евро VI/6, находящихся в эксплуатации. Консорциум, включающий Amminex Emissions Technology, при поддержке Технического университета Граца, компании Johnson Matthey и ICCT Europe, получил в 2018 году награду Европейской комиссии в рамках премии Horizon Prize «Доработка двигателя для чистого воздуха» (Engine Retrofit for Clean Air). Эта технология была отмечена CLOVE как потенциально способная обеспечить сверхнизкие выбросы NOx.

Ключевым аспектом снижения выбросов NOx является оптимизация поведения системы при холодном запуске и обеспечение эффективного преобразования при высокой температуре. Это достигается за счет увеличения объема СКВ (селективного каталитического восстановления) и оптимизации его управления [13]. Для снижения выбросов при холодном запуске может быть использован катализатор с электрическим нагревом (ЕНС), который улучшает работу системы во время прогрева (Gao et al., 2019 - [39]). В [13] также упоминается 48-вольтовая гибридная система, которая может значительно снизить выбросы в условиях холодного запуска.

Система доработки BlueFit™, разработанная Amminex и установленная на дизельный автомобиль стандартов Евро 5 или Евро 6b, описана в таблице 41:

Таблица 41: Система BlueFit™ Retrofit, разработанная Amminex и установленная на дизельные легковые автомобили Евро 5 и Евро 6b

Общее описание	
Название технологии	Система BlueFit™ Retrofit, разработанная компанией Amminex - Faurecia, при поддержке Технического университета Граца (TU Graz), Johnson Matthey PLC и Международного совета по чистому транспорту в Европе (ICCT). Технология доступна для коммерческого использования.
Рассматриваемые загрязняющие вещества	NOx
Типы двигателей/транспортных средств	Легковые автомобили с бензиновыми и дизельными двигателями стандартов Евро 5 и Евро 6.
Краткое описание технологии	<p>Приз "Горизонт 2018" Европейской комиссии за экологическую модернизацию двигателей продемонстрировал эффективность и относительно низкие затраты на дооснащение. Этот приз стимулировал разработку новых технологий, которые могут быть применены к дизельным двигателям стандартов Евро 5 и Евро 6.</p> <p>Система BlueFit™ включает два ключевых элемента: Уменьшенную версию системы хранения аммиака Amminex ASDS (два или три картриджа), которая уже используется на коммерческих транспортных средствах. Катализатор СКВ (селективного каталитического восстановления). Эта система стала победителем премии EU Horizon за инновации в области модернизации двигателей, а права интеллектуальной собственности на нее принадлежат Европейской комиссии и доступны для заинтересованных компаний.</p>  <p>Рисунок 10: Система BlueFit™. Источник: https://retrofit4emissions.eu/existing-systems/ - Testing RetrofitTechnologies</p>
Экологическая выгода и затраты	
Конкретные преимущества (диапазон снижения загрязняющих веществ)	<p>Дизельный автомобиль Евро 5:</p> <p>NOx выбросы среднеразмерного дизельного автомобиля 2014 года выпуска, модернизированного системой BlueFit, могут быть снижены с 800-1300 мг/км до 40 мг/км (на 50% ниже лимита Евро 6 по NOx), согласно данным Amminex. Испытания проводились Университетом Граца в реальных условиях с использованием PEMS-анализаторов (Johannessen, 2018 - [41]).</p> <p>В исследовании Giechaskiel и др., 2018 [42], средние выбросы NOx снижены с 865 мг/км до 150 мг/км при использовании системы BlueFit (Рисунок 11). Уже после 3 км движения в городе, температура катализатора достигает оптимального уровня для значительного снижения NOx.</p>

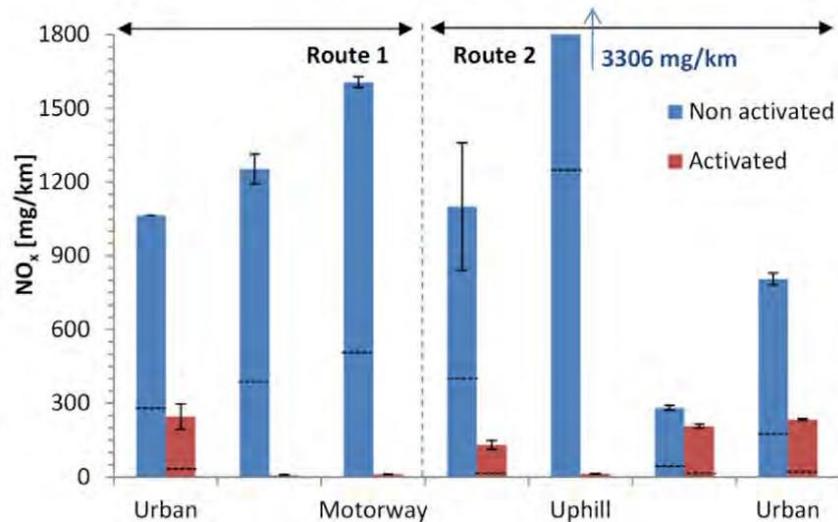


Рисунок 11: Выбросы NO_x во время тестирования на выбросы при реальном движении. Первая часть городского цикла выполнена при холодном запуске двигателя. Полосы ошибок показывают максимальные и минимальные значения двух повторений. Пунктирные линии отображают выбросы NO₂ (нижняя часть столбцов). Обратите внимание, что ось у обрезана на уровне 1800 мг/км, а выбросы на участке «Подъем» превышали 3300 мг/км (Giechaskiel et al., 2018 - [42]).

Евро 6 персональный автомобиль:

Для дизельного легкового автомобиля с классом выбросов Евро 6b, оснащенного системой BlueFit, выбросы NO_x могут быть снижены от 25% (50 мг/км) до 82% (725 мг/км) как в лабораторных, так и в дорожных условиях. Минимальное сокращение зафиксировано при холодном старте, а максимальное – в циклах с горячим запуском (Рисунок 12). Средний уровень выбросов NO_x во всех циклах составлял 571 мг/км и был снижен до 198 мг/км при активации системы модернизации (Giechaskiel et al., 2019 - [43]).

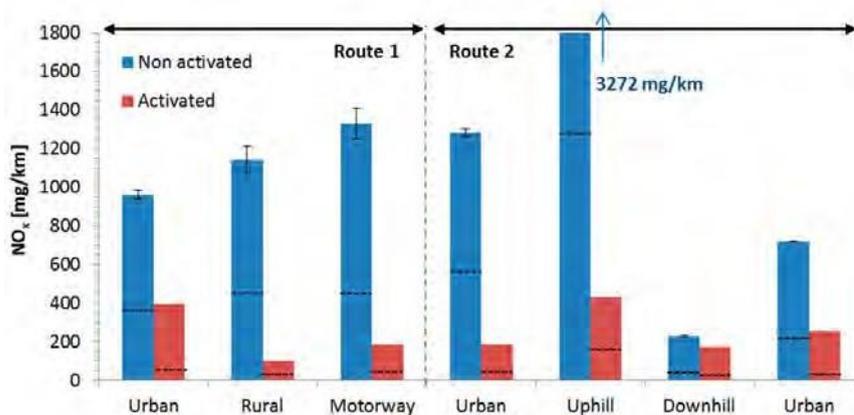


Рисунок 12: Выбросы NO_x во время тестирования на выбросы при реальном движении. Полосы ошибок отображают максимальные и минимальные значения двух повторений, если они доступны. Пунктирные линии показывают выбросы NO₂. Обратите внимание, что ось у обрезана на уровне 1800 мг/км, а выбросы на участке «Подъем» превышали 3250 мг/км.

Затраты на внедрение и эксплуатацию (оценки порядка величины на единицу или любую другую метрику)	<ul style="list-style-type: none"> • Приобретение и <u>установка: менее 2000 евро</u> • <u>Эксплуатационные расходы: около 200 евро</u> на 100 000 км
Экологические побочные эффекты	
Влияние на расход топлива (положительное/отрицательное воздействие и типичный % эффекта)	Штраф на топливо менее 2%, минимальное влияние на выбросы CO ₂ (~1% CO ₂ от блока СКВ и системы ASDS)
Нерегулируемые загрязняющие вещества и компромиссы (например, выбросы NH ₃ или N ₂ O, образование NO ₂ , компромиссы между ТЧ/NOx и т.д.)	В некоторых скоростных режимах было зафиксировано значительное увеличение содержания аммиака (NH ₃) и закиси азота (N ₂ O) для автомобилей Евро 5 и увеличение только N ₂ O для автомобилей Евро 6b.
Ограничения и вопросы реализации	
Ограничения применимости (например, условия окружающей среды, спецификации топлива, технологические барьеры, поведенческие изменения и т. д.)	-
Простота внедрения (необходимые технологии или опыт, инфраструктурные потребности и т.д.)	Система легко помещается в отсек для запасного колеса. Автономная интеграция: <ul style="list-style-type: none"> - Не требуется перекалибровка двигателя или внесение изменений в сертифицированный DOC/DPF или горячий выхлоп в моторном отсеке. - Использование существующей системы питания/аккумулятора автомобиля.
Техническое обслуживание и эксплуатация (дополнительные требования к обслуживанию, требования к мониторингу, ...)	Запас хода составит около 15 000 км до двухминутной замены картриджа на станции техобслуживания и может быть увеличен до 20 000 км для модели автомобиля с тремя картриджами adBlue.
Долговечность/срок службы оборудования для контроля выбросов	Удобное для пользователя решение с дальностью действия до ~15 000 км.
Воздействие на безопасность	Модернизация не представляет существенной угрозы безопасности.

(пользователей, граждан, ...)	
Ссылки и другие моменты	
Комментарии или замечания, не рассмотренные выше	В сочетании с определенным уровнем сотрудничества с производителем можно добиться лучших характеристик холодного запуска модернизированных автомобилей.
Примеры успешного внедрения	-
Ссылки для получения дополнительной информации	https://retrofit4emissions.eu/ https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/CKBeen/opportunities/horizon-results-platform/21764;resultId=21764;needList=13 https://theicct.org/icct-part-of-a-research-group-awarded-the-european-commissions-horizon-prize/ https://www.vert-dpf.eu/j3/images/pdf/VERT_FORUM_2018/day1/13_Johanessen-VERT-Forum-2018.pdf

Таблица 42: Система модернизации, разработанная Amminex, установленная на дизельных транспортных средствах большой грузоподъемности стандартов EBPO V и VI

Общее описание	
Название технологии	ASDS™ Technology от Amminex
Загрязняющие вещества, на которые направлена технология	NOx
Типы двигателей/ транспортных средств/судов	Дизельные транспортные средства большой грузоподъемности стандартов Евро V и VI
Краткое описание технологии	<p>Технология ASDSTM используется совместно с дополнительной системой для улучшения выбросов грузовиков и автобусов:</p> <ul style="list-style-type: none"> - AdAmmine™ - основной материал во всех продуктах <ul style="list-style-type: none"> ➤ Твердое и безопасное хранилище аммиака («аммиак в соли») ➤ Увеличенная объемная емкость в 2 раза по сравнению с жидким мочевым раствором ➤ Картридж не находится под давлением при комнатной температуре - ASDSTM - система подачи аммиака по запросу <ul style="list-style-type: none"> ➤ Система «Plug & play», заменяющая систему AdBlue ➤ Контролируемый выпуск: чистый NH₃ подается по запросу в выхлопную линию - Прямая подача аммиака: «Постоянно включенная система СКВ»

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Полное преобразование СКВ-катализатора, включая температуры ниже 200°C, где подача DEF ограничена.
Экологическая выгода и затраты	
Особые требования (диапазон снижения % загрязняющих веществ)	<p>Данные, представленные в Johannessen (2018) [41] для сегмента коммерческих транспортных средств (включая модернизацию):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Подтверждено соответствие стандарту ЕВРО VI на циклах WHTC и при низких нагрузках/скоростях. - Реальные выбросы ниже нормативов ЕВРО VI NOx: - Европа: подтверждено соответствие при низкой нагрузке двигателя (<20%) с использованием PEMS - США: высокая эффективность DeNOx при температурах ниже порога 250°C (Not-To-Exceed).
Затраты на внедрение и эксплуатацию (оценки порядка величины на единицу или любую другую метрику)	-
Экологические побочные эффекты	
Влияние на расход топлива (положительное/отрицательное воздействие и типичный % эффекта)	-
Нерегулируемые загрязняющие вещества и компромиссы (например, выбросы NH ₃ или N ₂ O, образование NO ₂ , компромиссы между ТЧ/NOx и т.д.)	N ₂ O (CO ₂ -экв) менее 1%
Ограничения и вопросы реализации	
Ограничения применимости (например, условия окружающей среды, спецификации топлива, технологические барьеры, поведенческие изменения и т. д.)	-
Простота внедрения (необходимые технологии или опыт, инфраструктурные потребности и т.д.)	-
Техническое обслуживание и эксплуатация (дополнительные требования к обслуживанию, требования к мониторингу, ...)	-

Долговечность/срок службы оборудования для контроля выбросов	-
Воздействие на безопасность (пользователей, граждан, ...)	-
Ссылки и другие моменты	
Комментарии или замечания, не рассмотренные выше	
Примеры успешного внедрения	<p>Модернизация парка дизельных автобусов Лондона с помощью ASDS:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Городской автобус London City (ADL Enviro 200) - Двигатель Cummins 4,5 л EBPO V, неEGR, оснащен ASDS и выхлопом DOC/DPF/СКВ/ASC от Eminox - Выбросы на лондонских автобусах: <ul style="list-style-type: none"> ➤ С 17 г/км до 76 мг/км выбросов на выходе из двигателя ➤ 99% снижение NOx
Ссылки для получения дополнительной информации	Johanessen (2018) [41] - Presentation title (vert-dpf.eu)

3.2. Локомотивы и автотрассы

Локомотивы и железные дороги являются значительным источником выбросов частиц от транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива, образующихся при торможении и истирании контактной сети. Частицы находятся между диском и тормозной колодкой и обеспечивают адаптацию скорости между неподвижной частью (колодкой) и движущейся частью (диск). Без этих частиц торможение было бы неэффективным. После нескольких оборотов частицы выбрасываются в воздух.

Концепция Tamic® от компании Tallano [44] была разработана для улавливания частиц у источника с помощью всасывания, которое осуществляется мини-турбиной. Система Tamic® была спроектирована таким образом, чтобы после необходимых корректировок её можно было адаптировать к различным типам железнодорожного транспорта, включая метро и трамвай. Система Tamic® обеспечивает эффективность улавливания частиц более 90%. Большая часть частиц, выделяющихся при торможении, улавливается.

В марте 2022 года столичное правительство Сеула выбрало технологию Tallano победителем крупного международного конкурса по исследованиям и разработкам, целью которого было выявление и выбор самых инновационных решений для улучшения качества воздуха в метро Сеула. Первые испытания этой системы вскоре начнутся в Южной Корее. Компания Tallano также сотрудничает с регионом Иль-де-Франс (Франция), где система Tamic® была адаптирована для использования в региональных поездах (RER C). В Китае система Tamic® была адаптирована для использования в поездах метро в Шанхае [44].

(См. также 3.5. Выбросы транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива (NEE)).

3.3. Суда внутреннего плавания

Технологии доочистки: каталитические конвертеры и сажевые фильтры

Для снижения выбросов NOx можно использовать технологии рециркуляции выхлопных газов (EGR) и селективное каталитическое восстановление (СКВ). СКВ снижает выбросы NOx с помощью химической реакции на катализаторе. Для топлива, используемого на морских судах, каталитическая реакция позволяет существенно сократить выбросы NOx с эффективностью от 70% до 95% в зависимости от условий эксплуатации. Технология дизельного сажевого фильтра (DPF) используется для снижения выбросов твердых частиц (ТЧ). Наиболее эффективным типом DPF является стеночный фильтр, изготовленный из керамической матрицы в виде сот с микроскопическими параллельными каналами, чередующимися по длине.

Отчет [45] предоставляет краткий анализ доступных экологических технологий на европейском уровне в рамках проекта Prominent.

Альтернативные виды топлива

Альтернативные виды топлива представляют собой простое и экономически эффективное решение, требующее минимальных модификаций двигателя. Среди наиболее часто упоминаемых видов топлива: Переход от газа к жидкости (GTL) и природный газ. Отчет [45] описывает эти альтернативы.

GTL (Переход от газа к жидкости): химический процесс, преобразующий природный газ в бензин или дизельное топливо. Преобразование дает сверхчистые синтетические жидкие топлива, которые легче транспортировать и они охватывают более широкий рынок нефтепродуктов, что увеличивает энергоэффективность на кубический метр.

Согласно данным компании SEMEX (личная переписка), которая занимается поставкой строительных материалов, использование GTL позволяет сократить выбросы мелких частиц как минимум на 20% и выбросы NOx на 15% по сравнению с обычным дизельным топливом. Двигатели не требуют модификаций, однако цена такого топлива будет на 10% выше стандартного топлива [45].

LNG (сжиженный природный газ): природный газ, который превращается в жидкость в процессе охлаждения и хранится при атмосферном давлении. LNG занимает одну шестисотую объема природного газа при атмосферном давлении. Возможны различные конфигурации для оснащения судна двигательной установкой на LNG:

- Двухтопливный двигатель 80% LNG и 20% дизельного топлива: дизельный двигатель, переоборудованный для использования LNG.
- Двухтопливный двигатель 99 % LNG и 1 % дизельного топлива: двигатель полностью оптимизирован для использования LNG. Может работать и на 100 % дизельном топливе. Широко используется в прибрежных и океанских грузоперевозках.
- Двигатель с искровым зажиганием LNG: двигатель, работающий исключительно на LNG, не может использовать дизельное топливо.
- Газоэлектрический двигатель: новейшая разработка в области речных грузоперевозок, использующая один или несколько двигателей на сжиженном природном газе, которые приводят в действие электрогенераторы (генераторные установки). Электроэнергия затем подается на электродвигатель, который приводит в движение судно.

По сравнению с дизельным топливом, использование LNG позволяет добиться снижения выбросов NOx и твердых частиц на 70% и 95% соответственно. Хотя выбросы CO₂ могут быть снижены на 20-25%, выбросы парниковых газов не уменьшаются (0%), из-за относительно высокого уровня проскока CH₄.

HVO (Гидрирование растительное масла) - это смесь парафинов, по составу схожая с GTL и переработкой биомассы в жидкость (BTL). HVO не следует путать с биодизелем. Сырьем для HVO служат возобновляемые источники, которыми могут быть растительные или животные остатки пищевой промышленности или остатки от производства растительных масел. Кроме того, HVO считается климатически нейтральным. Согласно [46], HVO будет эффективным решением для сокращения выбросов CO₂, ТЧ и NO_x от судов внутреннего плавания (табл. 43).

Электрическая гибридизация

Электрическая гибридизация имеет преимущества в зависимости от типа конфигурации, гибридизации и полностью электрической конфигурации (см. 3.1.2. Электрическая гибридизация). Электрификация позволяет сократить механическую тягу до строго необходимого уровня и достичь более высокой эффективности двигателя (поскольку эффективность электрического двигателя выше). Кроме того, интеграция электрического двигателя предполагает меньшее использование ископаемого топлива, а значит, меньше выбросов загрязняющих веществ.

Затраты по сравнению с покупкой нового теплового двигателя выше (примерно на 20% дороже для всех типов судов), но преимущества с точки зрения размера компонентов (электродвигатель занимает значительно меньше места, чем основной двигатель с внутренним сгоранием) и энергоэффективности гораздо выше. Эффективность преобразования электрической энергии в движение составляет около 85% по сравнению с дизельными двигателями с эффективностью около 40%. При маневрировании снижение расхода остается постоянным независимо от типа судна (около 20%). Эти цифры являются ориентировочными, но показывают преимущества этого решения, несмотря на финансовый барьер [46].

Кроме того, гибридизация имеет высокий уровень зрелости, уже имея множество областей применения в других видах транспорта на море или вблизи портов (ожидание и стоянка в порту, обработка грузов, маневрирование, транзит). Учитывая технические требования и состав Европейского флота, предполагается, что гибридизация может быть применена к 10–50% флота [45].

Водород: топливо и топливный элемент

Водород является эффективным способом замены ископаемого топлива и, таким образом, декарбонизации транспортного сектора, достигая практически нулевых выбросов загрязняющих веществ. Как упоминалось в пункте 3.1.1. Альтернативные виды топлива, сектор водорода сталкивается с многочисленными вызовами. Тем не менее, в настоящее время несколько европейских проектов сосредоточены на системах привода на основе топливных элементов для судов внутреннего плавания, чтобы продемонстрировать преимущества водорода в этом секторе:

- H2SHIPS (2019–2022) – проект программы INTERREG Северо-Западной Европы, целью которого является демонстрация технической и экономической осуществимости заправки и привода на водороде для судоходства. В рамках этого проекта будет построено новое портовое судно на водороде в Амстердаме и Бельгии. После завершения проекта будет разработан план реализации пилотного проекта на водороде на реке Сена в Париже [47].
- В рамках Европейской программы FLAGSHIPS французская компания Compagnie Fluviale de Transport разрабатывает судно на водородных топливных элементах, которое будет перевозить грузы по Сене (регион Парижа). Начиная с конца 2021 года, в течение восемнадцати месяцев будет работать эксплуатационный демонстратор на сжатом водороде. Цель проекта – измерить экологическую, технологическую и экономическую значимость использования

возобновляемых водородных топливных элементов [48]. Как отмечает Compagnie Fluviale de Transport, экологически чистый водород будет производиться методом электролиза воды с использованием электрического тока, как минимум на 50% полученного из возобновляемых источников энергии. Эта зеленая энергия пока дороже дизельного топлива (как показано на рисунке 13), но её стоимость должна снизиться с ростом рынка.

- Implementation of Ship Hybridization (ISHY) – проект программы INTERREG (2019–2022), направленной на разработку, тестирование и валидацию технических инструментов и социально-экономических моделей для реализации гибридных технологий и технологий водородных топливных элементов на судах и в портах. В рамках этого проекта будут реализованы следующие пилотные проекты: судно для перевозки экипажа (CTV) с водородной двигательной системой, модернизация баржи с системой привода на основе водорода и строительство нового пассажирского судна с водородной двигательной системой [49].

Снижение выбросов и стоимость альтернативных видов топлива

Предполагается, что LNG, GTL, HVO и PTL (Электроэнергия в жидкое топливо) используются с двигателем Stage V и сравниваются с флотом 2015 года (Таблица 43).

Таблица 43: Потенциал сокращения выбросов при использовании альтернативных видов топлива с оптимальными цепочками производства [46]

Fuel	CO ₂	NO _x	PM
Battery	-100 %	-100 %	-100 %
Hydrogen in fuel cells	-100 %	-100 %	-100 %
Bio-Methanol in fuel cells	-100 %	-100 %	-100 %
LNG	-13 %	-84 %	-97 %
Hydrogen in ICE	-100 %	-84 %	-100 %
GTL	-0 %	-84 %	-97 %
HVO	-100 %	-84 %	-97 %
PTL	-100 %	-84 %	-97 %

Линия "Battery" соответствует случаю 100% электрификации двигательной установки. Также изучаются другие технологии, такие как: "водород в топливных элементах", "биометанол в топливных элементах", "водород в двигателях внутреннего сгорания (ICE)". "PTL" представляет собой еще один вид синтетического топлива, полностью произведенного из возобновляемых ресурсов. Несмотря на растущий интерес к этим технологиям, они остаются менее зрелыми по сравнению с LNG, GTL и HVO (например, существует очень мало НПЗ, производящих PTL, однако с ростом интереса к этим инновационным видам топлива их производственные мощности могут увеличиться).

Согласно [46], эксплуатационные цены для каждого типа топлива, прогнозируемые к 2050 году при различных предположениях, следующие:

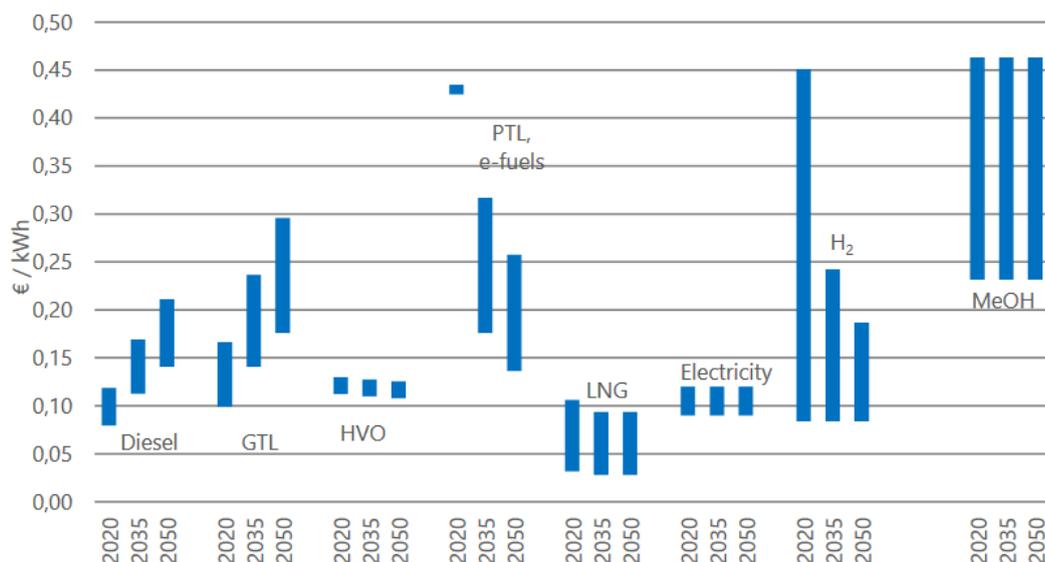


Рисунок 13: Эксплуатационные расходы на кВт·ч для различных энергетических носителей на речном транспорте [46]

Цены за кВт·ч более доступны для таких видов топлива, как HVO, электроэнергия и LNG. Однако их стоимость следует рассматривать в соотношении с предоставляемой энергией. Например, водород в первые годы оказывается очень дорогим на кВт·ч, но затем становится сопоставимым с другими видами топлива.

Замена двигателя: Модернизация

Модернизация заключается в модификации судна после его заказа или после определенного периода эксплуатации. Для снижения выбросов двигателей категории NRE модернизация может включать замену двигателя на более современный, например, путем маринизации двигателя дорожного транспортного средства стандарта ЕВРО VI, чтобы соответствовать новым директивам европейского регулирования EU 2016/1628 [22]. Программа Транснационального Дуная (Interreg Danube Transnational Programme) опубликовала информационный лист о двигателях ЕВРО VI для грузовиков и категории NRE [50].

Таким образом, доступны несколько решений для модернизации:

- двигатели Stage V и ЕВРО VI,
- гибридные электрические силовые установки на дизельном или LNG-топливе,
- двигатели внутреннего сгорания на водороде,
- электромоторы, работающие от аккумуляторов,
- системы с использованием топливных элементов.

Каждый из этих типов двигателей требует разного уровня инвестиций и преодоления технологических и эксплуатационных барьеров. При модернизации, предполагающем маринизацию обычного двигателя дорожного транспорта, соответствующего современным стандартам, уже можно достичь значительных улучшений в топливной экономичности и снижении выбросов загрязняющих веществ, что позволяет соответствовать стандарту Stage V.

3.4. Мотоциклы и мопеды (категория L)

Для соответствия новому стандарту Евро 5 доступны несколько технологий, такие как трехкомпонентные катализаторы с управлением датчиками кислорода, системы управления электрическим двигателем, усовершенствованные системы впрыска топлива, а также технологии переменного времени и подъема клапанов (АСЕМ [25]).

На данный момент интерес к гибридным технологиям у производителей мотоциклов и мопедов невелик, так как пределы Евро 5 могут быть достигнуты без их использования [51].

Электрические транспортные средства развиваются, но в основном охватывают небольшие транспортные средства для городской эксплуатации.

3.5. Выбросы транспортных средств, не связанных со сжиганием топлива (NEE)

С течением времени, технологии снижения выбросов привели к уменьшению объемов выбросов, не связанных со сжиганием топлива. Однако эти технологии были сосредоточены главным образом на выбросах, не связанных со сжиганием топлива (например, сажевые фильтры могут улавливать значительную долю частиц из выхлопной трубы, системы СКВ снижают выбросы NOx и т. д.). Именно поэтому частицы NEE, выделяемые в результате истирания тормозов, дорожного покрытия и шин, приобретают все большее значение по сравнению с общими выбросами (Рисунок 14).



Рисунок 14: Прогнозируемые выбросы $PM_{2.5}$ от автомобильного транспорта в Великобритании [52]

Для снижения влияния выбросов, не связанных со сжиганием топлива (NEE) доступен ряд технических решений (ЕЕА, 2021 – [52]):

- Снижение образования частиц,
- Улавливание частиц на источнике их образования,
- Удаление частиц из окружающей среды.

Первой стратегией по снижению NEE является сокращение объема движения, снижение скорости в зонах свободного потока трафика и поощрение экологически безопасного стиля вождения [53].

Все дорожные транспортные средства, независимо от типа двигателя, выделяют частицы, не связанных со сжиганием топлива. Таким образом, несмотря на отсутствие выбросов из выхлопной трубы, аккумуляторные электромобили (BEV) все же выбрасывают твердые частицы (ТЧ). Фактически, износ шин составляет до 50% выбросов ТЧ NEE от автомобильного транспорта. Так как электромобили примерно на 24% тяжелее автомобилей с двигателями внутреннего сгорания (ICE), их выбросы ТЧ от износа шин и дорожного покрытия могут быть больше, чем у автомобилей ICE. Поэтому крайне важно учитывать NEE не только от транспортных средств с ICE, но и от электрических транспортных средств.

Технологии для улавливания частиц NEE представлены в следующих главах. Эти технологии, предназначенные для улавливания/поглощения выбросов NEE на источнике их образования, являются относительно новыми, и их очень мало на рынке.

Технология для снижения NEE от шин: «The Tyre Collective»

The Tyre Collective, консорциум студентов Имперского колледжа Лондона, разрабатывает технологии для снижения выбросов частиц, не связанных со сжиганием топлива (NEE) путем их улавливания непосредственно на источнике. Устройство устанавливается на колесо и использует метод статического электричества для сбора частиц от шин, благодаря различным потокам воздуха вокруг вращающегося колеса (Рисунок 15). Прототип способен собирать 60% всех взвешенных в воздухе частиц от шин в контролируемых условиях на их испытательной установке [54].



Рисунок 15: Система The Tyre Collective. Фото: [54]

После сбора частицы разделяются по размерам. Частицы диаметром менее 50 мкм могут быть повторно использованы для производства новых стенок шин.

Данных о данной перспективной технологии пока недостаточно.

Технология для снижения NEE от тормозов: Tallano Technology

Tallano technology

Система TAMIC® от Tallano Technology была разработана для улавливания как минимум 80% частиц тормозов непосредственно в области взаимодействия колодки и диска без изменения эффективности торможения. Система состоит из тормозного механизма, специально спроектированного для интеграции пазовых колодок, и аспирационной системы, где частицы тормозов улавливаются. Аспирационная система основана на трубах, соединенных с турбиной, оснащенной высокоэффективным фильтром. Вся система приводится в действие встроенным бесщеточным электрическим мотором (Hascot and Adamczak, 2020 – [55]).

Все виды транспорта подвержены выбросам мелких частиц в воздух во время

торможения, включая электрические транспортные средства. Решение для улавливания частиц, разработанное компанией Tallano Technology, масштабируемо и адаптируемо для всех типов транспортных средств, таких как малолитражные городские автомобили, седаны, грузовики, автобусы и железнодорожный транспорт.

Вакуумная система является легкой, автономной и не влияет на характеристики транспортного средства. Система ТАМИС® снижает выбросы частиц при торможении более чем на 90% без ущерба для производительности автомобиля. Большинство частиц удерживаются системой ТАМИС®, чьи фильтры должны заменяться каждые два года (или каждые 30 000 км), а затем перерабатываться [56].

Состав тормозных колодок

В отчете [57] подчеркивается вклад состава тормозных колодок в объем выбрасываемых твердых частиц. Так, формула тормозных колодок на основе органических материалов без асбеста (Non-Asbestos Organic, NAO), которая чаще используется в Японии и США, приводит к снижению массы выбросов частиц на 45-48% по сравнению с формулами тормозных колодок с низким содержанием металлов (Low Metal, LM), которые обычно применяются в Европе. Стоимость NAO тормозных колодок упоминается как барьер для их внедрения [57].

4. Сводная таблица

Эта сводная таблица была предоставлена GPG в 2021 году.

Стр.	Ссылка и приоритет	Потенциальное обновление	Описание	Потенциальное применение (%)	Потенциальные предельные значения выбросов (ELVs)
19 ⁶	Таблица 1: Предельные значения для пассажирских автомобилей и автомобилей малой грузоподъемности	Индекс обновления 1 Включение: • Евро 6b и 6c [1] 6d-TEMP и 6d [6].	Приведение в соответствие с Регламентами Комиссии (ЕС) № 459/2012 [1] и (ЕС) 2017/1347 [6]. Евро 6c (измерения WLTP), Евро 6d-TEMP и Евро 6d (измерения RDE)	100% для новых транспортных средств. Сроки внедрения для новых транспортных средств в ПРИЛОЖЕНИИ И Ш [6].	См. [1] для Евро 6b и 6c и [6] для 6d-TEMP и 6d. Включение коэффициентов соответствия для Евро 6c и Евро 6d-TEMP. Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВЦГ ТЭВ по результатам пересмотра значений таблиц технического приложения VIII.
20	Таблица 2: Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в устойчивом режиме и цикл испытаний в нагруженном режиме	Индекс обновления 1 Включение числа твердых частиц (ТЧ)	Приведение в соответствие с Регламентом (ЕС) № 595/2009 [10]	100% для новых автомобилей (с 31 декабря 2012 года)	Всемирно согласованный устойчивый цикл WHSC с воспламенением от сжатия (CI): $8,0 \times 10^{11}$ #/кВтч
21	Таблица 3: Предельные значения для автомобилей большой грузоподъемности – цикл испытаний в переходном режиме	Индекс обновления 1 Включение числа твердых частиц (ТЧ)	Приведение в соответствие с Регламентом (ЕС) № 595/2009 [10]	100% для новых автомобилей (с 31 декабря 2012 года)	Всемирно согласованный переходной цикл WHSC для PI («Позитивное воспламенение») и воспламенения от сжатия (CI): $8,0 \times 10^{11}$ #/кВтч
30	Таблица 4: Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этСап ПШВ)	Индекс обновления 1 Удаление таблицы (устаревшее регулирование для Этапа ПШВ).	Нет обновленных КВ для стадии ПШВ. Теперь в Постановлении Комиссии 2016/1628 [22].	В Постановлении Комиссии 2016/1628 [22] нет обновленных КВ для стадии ПШВ. Предложение об удалении таблицы (старые правила Стадии ПШВ).	Предложение об исключении таблицы (старый регламент Этап ПШВ).

⁶ Прим.: страницы указаны, согласно оригиналу документа на английском языке

30	Таблица 5: Предельные значения для дизельных двигателей внедорожной подвижной техники, сельскохозяйственных и лесных тракторов (этап IV)	Индекс обновления 1 Заменить (Этап IV) на (Этап V) в названии таблицы.	В соответствии с Приложением II к Постановлению Комиссии 2016/1628 [22]. Рассмотрим следующие обновления: <ul style="list-style-type: none"> • для категорий чистой мощности (P) (кВт) $P \leq 560$ <ul style="list-style-type: none"> ○ Добавить предельные уровни «PN #кВт-ч» ○ Строгие ПЗВ для ТЧ • Добавить категорию полезной мощности (P) (кВт) $P > 560$ и соответствующие КВ. 	100% для новых ВМТ График применения настоящих Правил в отношении одобрений типа ЕС и размещения на рынке в Таблице III. ПРИЛОЖЕНИЯ III к Правилам.	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.
31	Таблица 6: Предельные значения для двигателей с искровым зажиганием внедорожной подвижной техники	Индекс обновления 1 Обновить форматирование и способ отображения таблицы	В соответствии с Приложением II к Постановлению Комиссии 2016/1628 [22]	100% для новых ВМТ	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.

Стр.	Ссылка и приоритет	Потенциальное обновление	Описание	Потенциальное применение (%)	Потенциальные предельные уровни выбросов (ELVs)
33	Таблица 7 Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения локомотивов	Индекс обновления 1 Обнаружена ошибка: таблицы автомотрис (RLR) и локомотивы (RLL) перепутаны. Удалить «локомотивы» и добавить «автомотрис» в заголовок таблицы. Включить (Stage V) в заголовок таблицы и внести следующие изменения: Ужесточить ПЗВ для ТЧ Добавить PN #/kWh	В соответствии с таблицей П-8/приложением II к Постановлению Комиссии 2016/1628 [22].	100% Обязательная дата применения настоящего Регламента для размещения на рынке двигателей = 01/01/2021	Обновление KB для твердых частиц = 0,015 г/кВт-ч (вместо 0,025) Добавить PN = 1×1012 #/кВт-ч
34	Таблица 8 Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения автомотрис	Индекс обновления 1 Ошибка обнаружена: таблицы автомотрис (RLR) и локомотивы (RLL) перепутаны. Удалить «автомотрис» и добавить «локомотивы» в заголовок таблицы. Включить (Stage V) в заголовок таблицы.	Таблица П-7/Приложение II к Постановлению Комиссии 2016/1628 [22].	100% Обязательная дата применения настоящего Регламента для размещения на рынке двигателей = 01/01/2021	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.
35	Таблица 9 Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения судов внутреннего плавания	Индекс обновления 1 Заменить текущую таблицу (значения Stage III A) на Stage V, добавив: • IWA (вспомогательные двигатели) • Обновить до Stage V	Приведено в соответствие с таблицами П-5 и П-6 из Приложения II к Постановлению Комиссии 2016/1628 [22]. Предлагаемое новое название: «Пределы выбросов для двигателей категории IWP/IWA для внутренних водных судов (Stage V)». Требования Stage V ограничивают выбросы монооксида углерода (CO), углеводородов (HC), оксидов азота (NOx), твердых частиц (ТЧ и Количество частиц (PN)).	100% В 2019 году все новые двигатели для судов внутреннего плавания должны соответствовать требованиям к выбросам Stage V, установленным ЕС для ВМТ.	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.

37	Таблица 10 Предельные значения для двигателей, используемых для обеспечения движения прогулочных судов	Индекс обновления 1 Отображение более дезагрегированных ПЗВ (в терминах номинальной мощности двигателя) [22]. * Пределы выбросов отработавших газов для двигателей с воспламенением от сжатия (CI) * Пределы выбросов отработавших газов для двигателей с искровым зажиганием (SI)	Обновление в соответствии со значениями из Таблицы 2 и Таблицы 3; ПРИЛОЖЕНИЯ I к Директиве 2013/53/EU [23]	100% Значения, применяемые с 18 января 2016 года	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.
39	Таблица 11 Предельные значения для мотоциклов (>50 см ³ ; >45 км/ч) Таблица 12 Предельные значения для мопедов (<50 см ³ ; <45 км/ч)	Индекс обновления 1 Включение Евро 4 и 5 [23]	Обновление в соответствии с Приложением VI к Регламенту (ЕС) № 168/2013 [23], с разбивкой на категории, имеющиеся в регламенте: Двух- или трехколесные транспортные средства, квадроциклы, мотоциклы для эндуро и триала, а также тяжелые квадроциклы повышенной проходимости.	100%Срок применения настоящего Постановления в Приложении IV к Постановлению (ЕС) № 168/2013 [24]	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.

Стр.	Ссылка и приоритет	Потенциальное обновление	Описание	Потенциальное применение (%)	Потенциальные предельные уровни выбросов (ELVs)
42	Таблица 13 Экологические характеристики для поступающего на рынок топлива для транспортных средств, оснащенных двигателями с принудительным зажиганием – вид топлива: бензин	Индекс обновления 1 В соответствии с [27], обновить и отобразить более дезагрегированные таблицы для: <ul style="list-style-type: none"> • премиум неэтилированный 95 (спецификации и № 1-2-10 КСО); • премиум неэтилированный 98 (спецификации и № 1-3-09 КСО); премиум неэтилированный 95-E10 (спецификации № 1- 4-11 КСО);	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.	100%	Полные таблицы значений см. в неофициальном отчете, подготовленном ЦГ ТЭВ, по обзору технического приложения VIII.

5. Выводы

Работа по пересмотру Технических приложений (ТА) к Измененному Гётеборгскому протоколу, проведенная ЦГ ТЭВ в 2021 году и начале 2022 года, охватила следующие области:

1. Приложение IV: предельные значения выбросов серы от стационарных источников.
2. Приложение V: предельные значения выбросов оксидов азота от стационарных источников.
3. Приложение VI: предельные значения выбросов летучих органических соединений (ЛОС) от стационарных источников.
4. Приложение VIII: предельные значения для топлива и новых мобильных источников.
5. Приложение X: предельные значения выбросов твердых частиц от стационарных источников.
6. Приложение XI: предельные значения выбросов летучих органических соединений в продуктах.

Ключевое сообщение:

С технологической точки зрения были определены новые потенциальные предельные значения выбросов (ELVs), которые технически выполнимы и согласуются с новыми/усовершенствованными технологиями, доступными на сегодняшний день, что позволит значительно сократить выбросы во многих секторах/топливе/технологиях.

Касательно топлива и новых мобильных источников:

В Приложении VIII методы снижения выбросов остаются примерно теми же, что и рассматривались во время предыдущего пересмотра Гётеборгского Протокола в 2008–2010 годах, однако в большинстве случаев их эффективность существенно возросла благодаря внедрению инноваций, которые значительно улучшили эффективность сокращения выбросов и/или расширили области применения технологий.

Обновленные предельные значения, которые технически выполнимы, были определены для:

- Легковых автомобилей и легких грузовых автомобилей. Кроме того, после «Дизельгейта» стало обязательным проводить независимые испытания в реальных условиях перед введением на рынок Европы.
- Транспортные средства большой грузоподъемности (HDV) с более жесткими предельными значениями и введением предельного значения для количества частиц.
- Автомотрис с введением предельного значения для количества частиц.
- Судов внутреннего плавания с более жесткими предельными значениями и введением предельного значения для количества частиц.
- Прогулочных судов.
- Мотоциклов и мопедов (категория L).

Между тем развиваются новые технологии, которые становятся альтернативой транспорта на дизельном топливе и бензине: электричество, водород, биометанол, сжиженный природный газ (LNG), синтетическое топливо (GTL, HVO и PTL) и т.д.

Технологии для снижения выбросов транспортных средств, не связанных со сжиганием

топлива также активно развиваются. По мере того, как технологии сокращения твердых частиц от выхлопных выбросов становятся все более эффективными, частицы, образующиеся из-за износа тормозов, дорог и шин, начинают занимать большую долю в общих выбросах мобильных источников.

6. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- [1] European Commission, *REGULATION (EC) N°459/2012 of 29 May 2012 amending Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 692/2008 as regards emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 6) (Text with EEA relevance)*, **2012**.
- [2] ЕЭК ООН R101 - *Addendum 100 (Revisions 2, including the amendments which entered into force on 16 October 1995 concerning the Adoption of Uniform Technical Prescriptions for Wheeled Vehicles, Equipment and Parts which can be fitted and/or be used on Wheeled Vehicles and the Conditions for Reciprocal Recognition of Approvals Granted on the Basis of these Prescription*. <https://unece.org/fileadmin/DAM/trans/main/wp29/wp29regs/2015/R101r3e.pdf> **1995**.
- [3] ECE/TRANS/180/Add.15. *Created on 18 November 2004, pursuant to Article 6 of the Agreement concerning the establishing of global technical regulations for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles (ECE/TRANS/132 and Corr.1) done at Geneva on 25 June 1998. Addendum 15: Global technical regulation N° 15 Worldwide harmonized Light vehicles Test Procedure established in the Global Registry on 12 March 2014*.
- [4] ЕЭК ООН WP.29 - <https://unece.org/wp29-introduction>.
- [5] Marotta A., J. Pavlovic, J. Ciuffo, S.Serra, G. Fontaras. *Gaseous emissions from Light-Duty Vehicles: Moving from NEDC to the new WLTP test Procedure*. *Environmental Science and Technology*, DOI: 10.1021/acs.est.5b01364, **2015**.
- [6] European Commission (EU) N°2017/1347 of 13 July 2017 *correcting Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation (EU) No 582/2011 and Commission Regulation (EU) 2017/1151 supplementing Regulation (EC) No 715/2007 of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information, amending Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Commission Regulation, (EC) No 692/2008 and Commission Regulation (EU) No 1230/2012 and repealing Regulation (EC) No 692/2008*, **2017**.
- [7] Schöggel, M. *Real Driving emissions (RDE – AVL M.O.V.E. In-vehicle test system*. https://www.avl.com/documents/1982862/8084402/10_RDE+-+Real+Driving+Emissions+-+was+steckt+wirklich+dahinter.pdf **2018**.
- [8] European Commission - *Joint Research Center. Clean mobility: Commission tables proposal on car emissions testing in real driving conditions*. [Commission tables proposal on car emissions testing \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/transport/press/pr/2019_04_23_en) **2019**.
- [9] European Commission (EU) 17 September 2020. *Amendments adopted by the European Parliament on 17 September 2020 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council amending Regulation (EC) No 715/2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6) and on access to vehicle repair and maintenance information. Amendment 12 – Proposal for a Regulation – Recital 9* **2020**.
- [10] European Commission (EU) N°595/2009 *OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 18 June 2009 on type-approval of motor vehicles and engines with respect to emissions from heavy duty vehicles (Euro VI) and amending Regulation (EC)*

No 715/2007 and Directive 2007/46/EC and repealing Directives 80/1269/EEC, 2005/55/EC and 2005/78/EC, **2009**.

- [11] European Commission (EU) N° 133/2014 of 31 January 2014 amending, for the purposes of adapting to technical progress as regards emission limits, Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council, Regulation (EC) N°595/2009 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EU) N°582/2011 **2014**.
- [12] European Commission – Climate Action. CO₂ emission performance standards for cars and vans. [CO₂ emission performance standards for cars and vans \(europa.eu\)](https://ec.europa.eu/transport/infrastructure/road-vehicles/cars-vans/carbon-emissions/). Accessed on 11 May 2022.
- [13] CLOVE – Consortium for ultra Low Vehicle Emissions. <https://retrofit4emissions.eu/about/> Accessed on 11 May 2022..
- [14] Samaras Z., S. Hausberger, G. Mellios. Preliminary findings on possible Euro 7 emission limits for LD and HD vehicles, **2020**.
- [15] Samaras Z. LDV exhaust. Online AGVES Meeting – **8 April 2021**.
- [16] Hausberger S., Weller K., Ehrly M. Scenario for HDVs, Summary emission limits and test conditions. Online AGVES Meeting – **8 April 2021**.
- [17] ACEA, Position Paper: Views on proposals for Euro 7 emission standard – December 2020. Available at: <https://www.acea.auto/publication/position-paper-views-on-proposals-for-potential-euro-7-emission-standard/> **2020**.
- [18] ACEA. ACEA proposal for Euro 7. ACEA_proposal_for_Euro7.pdf **June 2021**.
- [19] ICCT, May 7, 2021, « ICCT'S comments and technical recommendations on future Euro 7/VII emission standards », available at <https://theicct.org/news/eu-commission-euro-7-and-vi-may2021> **2021**.
- [20] AVL M.O.V.E SYSTEM CONTROL – Integration Platform for in-vehicle measurement. Product factsheet.
- [21] Pablo Mendoza-Villafuerte et al. Demonstration of Extremely Low NO_x Emissions with Partly Close-Coupled Emission Control on a Heavy-Duty Truck Application. 42nd International Vienna Motor Symposium 2021, Vienna, 2021, 20, https://www.aecc.eu/wp-content/uploads/2021/05/210219_Vienna_HD-diesel-AECC-FEV-paper-final_v2.pdf **2021**.
- [22] European Commission (EU) 2016/1628 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 14 September 2016 on requirements relating to gaseous and particulate pollutant emission limits and type-approval for internal combustion engines for non-road mobile machinery, amending Regulations (EU) No 1024/2012 and (EU) No 167/2013, and amending and repealing Directive 97/68/EC **2016**.
- [23] European Commission (EU) 2013/53/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 20 November 2013 on recreational craft and personal watercraft and repealing Directive 94/25/EC **2013**.
- [24] European Commission (EU) N° 168/2013 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 15 January 2013 on the approval and market surveillance of two- or three-wheel vehicles and quadricycles **2013**.
- [25] ACEM. The motorcycle Industry in Europe. ACEM press release – New Euro 5 environmental standard for motorcycles and mopeds to enter into force in 2020. [Press release New Euro 5 environmental standard.pdf \(acem.eu\)](https://www.acea.eu/press-releases/2019/05/20190501-acea-press-release-new-euro-5-environmental-standard-for-motorcycles-and-mopeds-to-enter-into-force-in-2020) **2019**.

- [26] European Commission (EU) *DIRECTIVE 2009/30/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 23 April 2009 amending Directive 98/70/EC as regards the specification of petrol, diesel and gas-oil and introducing a mechanism to monitor and reduce greenhouse gas emissions and amending Council Directive 1999/32/EC as regards the specification of fuel used by inland waterway vessels and repealing Directive 93/12/EEC* **2009**.
- [27] Comité Professionnel du pétrole, *Specifications and quality of fuels*, <https://www.cpdp.org/fr/specifications-et-qualite-des-hydrocarbures> **2021**.
- [28] Papadimitriou G., Markaki V., Gouliarou E., Borken-Kleefeld J., Ntziachristos L. *Best Available Techniques for Mobile Sources in support of a Guidance Document to the Gothenburg Protocol of the LRTAP Convention. Technical Report for the DGE, E2vironmental Commissions* **2015**.
- [29] Shadidi, B., Najafi, G., Yusaf, T. A. *Review of Hydrogen as a Fuel in Internal Combustion Engines. Energies* *2021*, *14*, 6209. <https://doi.org/10.3390/en14196209> **2021**.
- [30] Dong-Shuo Ma, Sun Z.Y. *Progress on the studies about NOx emission in PFI-H2ICE. International Journal of Hydrogen Energy*, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.11.065> **2019**.
- [31] Sanguk Lee, Gyeonggon Kim, Choongsik Bae. *Effect of mixture formation mode on the combustion and emission characteristics in a hydrogen direct-injection engine under different load conditions, Applied Thermal Engineering*, <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.118276> **2022**.
- [32] Yasuo Takagi, Masakuni Oikawa, Ryota Sato, Yoshihisa Kojiya, Yuji Mihara *Near-zero emissions with high thermal efficiency realized by optimizing jet plume location relative to combustion chamber wall, jet geometry and injection timing in a direct-injection hydrogen engine. International Journal of Hydrogen Energy*, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2019.02.058> **2019**.
- [33] Lewis A.C. (2021). *Optimising air quality co-benefits in a hydrogen economy: a case for hydrogen-specific standards for NOx emissions. Environmental Sciences: Atmosphere (1)*, 201-207 **2021**.
- [34] Euractiv.com. *Scientists warn against global warming effect on hydrogen leaks* [Scientists warn against global warming effect of hydrogen leaks – EURACTIV.com](https://www.euractiv.com/news/scientists-warn-against-global-warming-effect-of-hydrogen-leaks) **14 oct. 2021**.
- [35] Ibrahim Dincer, Osamah Siddiqui. *Chapter 4 - Ammonia fuel cells, pp 77-122. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822825-8.00004-9* **2020**.
- [36] Sims R., R. Schaeffer, F. Creutzig, X. Cruz-Núñez, M. D'Agosto, D. Dimitriu, M.J. Figueroa Meza, L. Fulton, S. Kobayashi, O. Lah, A. McKinnon, P. Newman, M. Ouyang, J.J. Schauer, D. Sperling, and G. Tiwari. *Transport In Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* **2014**.
- [37] Sanguesa, J.A.; Torres-Sanz, V.; Garrido, P.; Martinez, F.J.; Marquez-Barja, J.M.. *A Review on Electric Vehicles: Technologies and Challenges. Smart Cities* *2021*, *4*, 372–404. <https://doi.org/10.3390/smartcities4010022> **2021**.
- [38] Timmers V.R.J.H. and Achten P.A.J. (2018). *Chapter 12 - Non-Exhaust ТЧ Emissions From Battery Electric Vehicles. Non-Exhaust Emissions - An Urban Air Quality Problem for Public Health; Impact and Mitigation Measure, p 261-287* **2018**.

- [39] Horizon Prize cleanest engine retrofit – Bluefit Amminex. <https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/portal/screen/opportunities/horizon-results-platform/21764> 2020.
- [40] Gao J., Tian G., Sorniotti A., Ece Karci A., Di Palo R. *Review of thermal management of catalytic converters to decrease engine emissions during cold start and warm up. Applied Thermal Engineering*, 147, 177-187 2019.
- [41] Johannessen T. *Solid ammonia technology for near-zero polluting diesel vehicles. Vert Forum*, https://www.vert-dpf.eu/j3/images/pdf/VERT_FORUM_2018/day1/13_Johanessen-VERT-Forum-2018.pdf 2018.
- [42] Giechaskiel B., Suarez-Bertoa R., Lahde T., Clairotte M., Carriero M., Bonnel P., Maggiore M. *Evaluation of NOx emissions of a retrofitted Euro 5 passenger car for the Horizon prize “Engine retrofit”, Environmental Research*. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.06.006> 2018.
- [43] Giechaskiel B., Suarez-Bertoa R., Lahde T., Clairotte M., Carriero M., Bonnel P., Maggiore M. (2019). *Emissions of a Euro 6b Diesel Passenger Car Retrofitted with a Solid Ammonia Reduction System. Atmosphere*, 10, 180. <https://doi.org/10.3390/atmos10040180> 2019.
- [44] [THE TAMIC® SYSTEM for railways - Tallano Technologie](#) Access on 14 April 2022.
- [45] Prominent, D 1.2 *List of best available greening technologies and concepts, Sustainable, safe and economically feasible energy concepts and technologies for European Inland Shipping*. https://www.prominent-iwt.eu/wp-content/uploads/2015/06/2015_09_11_PROMINENT_D-1.2.-best-available-technologies_final.pdf 2015.
- [46] CCNR, *Study on Financing the energy transition towards a zero emission European IWT sector* 2020.
- [47] H2SHIPS North-West INTERREG project: *System-based solutions for H2-fuelled water transport in North-West Europe*. <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/h2ships-system-based-solutions-for-h2-fuelled-water-transport-in-north-west-europe/#tab-1>.
- [48] Flagships communication: *World’s first hydrogen cargo vessel set for Paris debut*. <https://flagships.eu/2021/04/07/worlds-first-hydrogen-cargo-vessel-set-for-paris-debut/> 2021.
- [49] ISHY INTERREG project – *Implementation of ship hybridization*. <https://www.interreg2seas.eu/en/ISHY>.
- [50] Fact Sheet N°7 Euro VI truck and NRE engines. INTERREG Transnational Programme, April 2020.
- [51] Bennetts News and Views: *Euro 5 emissions: what they mean to motorcycles*. [What does the Euro 5 emissions law mean to motorcycles \(bennetts.co.uk\)](https://www.bennetts.co.uk/news/euro-5-emissions-law-mean-to-motorcycles) 2019.
- [52] Air Quality Expert Group to the Department for Environment, Food and Rural Affairs; Scottish Government; Welsh Government; and Department of the Environment in Northern Ireland. *Non-exhaust emissions from road traffic* 2019.
- [53] Vanherl K., Lopez-Aparicio S., Gryth H., Lükewil A., Unterstaller A., Mayere I. *Eionet Report - ETC/ATNI 2020/5, mars 2021. Transport Non-exhaust TЧ-emissions - An overview of emission estimates, relevance, trends and policies* 2020.

- [54] The Tyre Collective - <https://www.thetyrecollective.com/>.
- [55] Hascoët M. and Adamczak. *At source brake dust collection system. Results in Engineering* 5, 100083 **2020**.
- [56] <https://www.tallano.eu/en/tamic-automobile/>. Access on 07 May 2022.
- [57] Perricone, G., Matejka, V., Alemani, M., Valota, G., Bonfanti, A., Ciotti, A., Olofsson, U., Söderberg, A., Wahlström, J., Nosko, O., Straffelini, G., Gialanella, S., Ibrahim, M. *A concept for reducing TЧ10 emissions for car brakes by 50%. Wear* 396-397, 135-145, **2018**.
- [58] European Commission Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on type-approval of motor vehicles and engines and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles, with respect to their emissions and battery durability (Euro 7) and repealing Regulations (EC) No 715/2007 and (EC) No 595/2009. **2022**.