# Грузовик с приложением

2
2014

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

**Учредитель**
**ООО «Издательство Машиностроение»**

**Главный редактор С.Н. ПЕДЕНКО**



**Редакционный совет**

**Д.Х. Валеев,** д-р техн. наук, гл. констр. ОАО "КАМАЗ"
**В.М. Вовк,** ген. дир. ОАО МЗКТ
**В.А. Волчков,** гл. ред. "Autotransportnik.ru"
**С.М. Гайдар,** д-р техн. наук, проф., МСХА им. К.А. Тимирязева
**Л.В. Грехов,** д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
**В.А. Зорин,** д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
**А.М. Иванов,** д-р техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
**Н.И. Иващенко,** д-р техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана
**В.В. Комаров,** канд. техн. наук, зам. ген. директора ОАО НИИАТ
**В.А. Марков,** д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана
**А.Н. Ременцов,** д-р пед. наук, канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
**О.Н. Румянцева,** ком. директор ООО "Издательство Машиностроение"
**А.Ф. Синельников,** канд. техн. наук, проф. МАДГТУ (МАДИ)
**В.С. Устименко,** канд. техн. наук, НИИЦ АТ ФГУ 3 ЦНИИ МО РФ
**Х.А. Фасхиев,** д-р техн. наук, проф. Уфимского ГАТУ
**Н.Д. Чайнов,** д-р техн. наук, проф. МГТУ им. Н.Э. Баумана

**Корпункты:**
**Я.Е. Карповский (г. Минск)**
**В.Г. Дьяченко (г. Харьков)**



**Адрес редакции**
107076, Москва, Стромынский пер. 4.
Тел. (499) 269-49-97
E-mail: grouzovik@mashin.ru; http://www.mashin.ru

**Адрес издательства**
107076, Москва, Стромынский пер. 4.
Тел. (499) 268-38-58

Журнал зарегистрирован в Роскомнадзоре.
Регистрационный номер ПИ № ФС77-42764
от 26 ноября 2010 г.

**Подписной индекс:**
**по каталогу «Роспечать» 37349,**
**по объединенному каталогу «Пресса России» 39799,**
**по каталогу «Почта России» 25782**



© ООО «Издательство Машиностроение», «Грузовик», 2014

Перепечатка материалов из журнала «Грузовик» возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал «Грузовик» обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

## В НОМЕРЕ:


### *Конструкция*

**2** *Андреенков А. А.* Высокоэффективный вентилятор для системы жидкостного охлаждения турбодизеля грузовика

**7** *Лоскутников И. А., Драгунов Г. Д.* Работа зубчатого зацепления при изменении межосевого расстояния

### *Городской пассажирский наземный транспорт*

**10** *Что нужно городам*

**17** *Максимов В. А., Гребенюк В. В., Исмаилов Р. И., Зиманов Л. Л., Рощак С. В., Солнцев А. А.* К вопросу создания перспективного бортового компьютера городских автобусов

### *Транспортный комплекс (цикл статей)*

**21** *Кокодеева Н. Е., Кочетков А. В.* Идентификация объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства в соответствии с новыми принципами технического регулирования

### *Исследования. Расчет*

**31** *Павлов А. В., Лукьянов Г. З.* Статическая поперечная устойчивость прицепов-тяжеловозов со свечной подвеской

### *Надежность и безопасность (цикл статей)*

**36** *Стрижевский Д. А., Сухов А. А., Кочетков А. В.* Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения

### *Экология*

**42** *Грехов Л. В., Марков В. А., Девянин С. Н., Быковская Л. И.* Расчетные исследования процесса топливоподачи дизеля, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла

**48** *Abstracts of articles*



***Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней***

Аннотации статей на русском и английском языках публикуются на сайте <Autotransportnik.ru>

УДК 621.436.12:621.63:621.6-1/-9

**А. А. Андреенков**, канд. техн. наук, МАМИ
E-mail: andreyandre@yandex.ru

# ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ВЕНТИЛЯТОР ДЛЯ СИСТЕМЫ ЖИДКОСТНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБОДИЗЕЛЯ ГРУЗОВИКА

*Определены параметры высокоэффективного вентилятора диагонального типа для системы жидкостного охлаждения турбодизеля (мощность 397 кВт) большегрузного транспортного средства, также оценен расход топлива двигателем на номинальном режиме.*

***Ключевые слова:*** *система охлаждения турбодизеля, диагональный вентилятор, осевой вентилятор, улучшение топливной экономичности.*

Доминирующая тенденция увеличения литровой мощности турбодизелей, направленная на повышение их среднего эффективного давления, сопровождается ростом тепловых потоков, отводимых системой охлаждения двигателей, поэтому в системах охлаждения используются вентиляторы с высокой производительностью для поддержания теплового режима двигателей.

Также системы охлаждения двигателей современных автотранспортных средств характеризуются высокой плотностью компоновки теплообменных аппаратов. Вместе с тем, сопротивление воздушной сети, как известно [1], складывается из гидравлического сопротивления блока теплообменников и сопротивления воздушного тракта. Сопротивление воздушного тракта, в свою очередь, определяется потерями на трение и местными потерями, включающими потери при входе в воздушную сеть системы охлаждения (облицовка, жалюзи и т. п.), потери при поворотах воздушного потока, потери при внезапных сужениях и расширениях, потери на выходе воздуха из-под капота. Указанные обстоятельства приводят к тому, что даже в схемах без капсулирования двигателя гидравлическое сопротивление воздушной сети превышает сопротивление радиатора почти вдвое. Дополнительное оборудование и устройства, размещенные в подкапотном пространстве, шумовая изоляция моторного отсека (капсулирование двигателя) существенно увеличивают сопротивление воздушной сети, суммарная величина которого в ряде случаев составляет более 1 кПа, что требует применения высоконапорного вентилятора системы охлаждения.

Системы жидкостного охлаждения двигателей тяжелонагруженных транспортных средств преимущественно выполнены по отработанной традиционной схеме: вентилятор располагается за блоком теплообменных аппаратов, работая на всасывание, и приводится в действие коленчатым валом двигателя; затраты мощности на привод вентиляторов в ряде конструкций достигают 5—7 % номинальной мощности двигателя и более.

При решении важной технической задачи снижения расхода топлива транспортными тепловыми двигателями разработчики энергетических установок обращаются к концепции повышения механического кпд двигателя путем снижения затрат мощности на привод вспомогательных агрегатов. В этой связи разработка вентилятора, обеспечивающего требуемые высокие производительность и напор в сочетании с приемлемо высоким кпд, является актуальной технической задачей, одновременно направленной на уменьшение механических потерь двигателя и улучшение расхода топлива.

Поэтому представляется целесообразным определить тип и основные энергетические и геометрические параметры вентилятора системы жидкостного охлаждения турбодизеля, целевой функцией исследования является вентиляторное устройство, обеспечивающее высокую эффективность при за-

данных напоре и производительности охлаждающего воздуха.

Исследования проводились на параметры системы охлаждения турбодизеля мощностью 397 кВт типа 12ЧН13/14 с охлаждением наддувочного воздуха (ОНВ); на номинальном режиме заданы требуемый расход охлаждающего воздуха 10 кг/с, сопротивление воздушной сети двигателя 1,2 кПа, атмосферное давление 101,3 кПа, температура атмосферного воздуха 40 °С.

Касательно типа вентилятора можно отметить, что при значительных расходах охлаждающего воздуха центробежные вентиляторы становятся неприемлемыми по габаритам для компоновки на транспортном средстве. В проведенных исследованиях они не рассматривались. Вместе с тем, можно заметить, что наиболее благоприятным для обтекания двигателя и течения в подкапотном пространстве оказывается диагональное направление потока воздуха на выходе из вентилятора, являющееся неким промежуточным вариантом между осевым направлением и радиальным.

Для вентиляторных устройств систем охлаждения автотракторных двигателей распространен метод, основанный на теории подобия и предполагающий подбор вентилятора-прототипа по коэффициенту быстроходности. Далее размеры пересчитываются на заданные производительность и напор при условии сохранения высокой эффективности прототипов.

При рассматриваемых условиях данный подход изначально не приемлем, во-первых, вследствие ограниченной обобщенной информации по диагональным вентиляторам. Во-вторых, чистота сравнительного анализа предполагает сопоставление расчетных параметров, полученных по единой расчетной методике. Поэтому в настоящей работе был реализован общий принцип разработки и проектирования лопаточных машин [2],

Очевидно, что между диагональным и осевым вентиляторами основное отличие заключается в наличии у диагонального колеса конусности, обусловленной углами втулочной и периферийной поверхностей колеса. Поэтому, если принять в расчетах нулевое значение угла конуса по периферийной поверхности колеса, а значение угла конуса по втулочной поверхности около одного градуса и использовать расчетную зависимость для кпд осевой рабочей решетки, то в этом случае математическая модель становится физически верной для осевого вентилятора.

Относительно дополнительного динамического напора воздуха при движении автомобиля необходимо отметить, что при скорости движения 90 км/ч и температуре воздуха 0 °С при нормальном атмосферном давлении напор составит почти 400 Па, что могло бы привнести существенный вклад в работу системы охлаждения. Поскольку с отечественными автобанами существуют известные проблемы, то о гарантированном продолжительном движении большегрузных автомобилей на указанных скоростных режимах говорить не приходится, Интенсивное снижение напора при уменьшении скорости движения — пропорционально квадрату числа. Влияние плотности воздуха и несоответствие скорости движения тепловому режиму двигателя создают определенные трудности с утилизацией динамического напора, делая нецелесообразным его отдельный учет при рассмотрении системы охлаждения большегрузных транспортных средств.

В распространенных рекомендациях по проектированию систем охлаждения автотракторных двигателей указывается, что по условиям достижения оптимального процесса теплообмена и уровня шума размеры ометаемой колесом вентилятора площади должны быть близки размерам площади матрицы радиатора, а окружная скорость на наружном диаметре колеса должна быть меньше 110 м/с.

С учетом сказанного, в проведенном исследовании использовалась расчетная методика [3] со следующими допущениями математической модели вентиляторного устройства:

1. Течение перед и за рабочей решеткой вентилятора осесимметричное.

2. Плотность воздуха в ступени постоянна.

3. Закрутка потока перед рабочим колесом и спрямление потока за колесом отсутствуют.

4. Поверхности тока в рабочих колесах и непосредственно за ними круговые конические, образующие всех конусов пересекаются в окружности, лежащей в плоскости вращения колеса.

5. Распределение скорости на входе в решетку равномерное.

6. Динамический напор воздуха на блоке теплообменников по сравнению со статическим давлением незначительный и им можно пренебречь.

В расчетах варьировался ряд входных параметров: значения частоты вращения вентилятора $n_в$, коэффициент осевой скорости потока $\varphi_\alpha$ на входе в рабочее колесо, наружный диаметр $D_{нар1}$ рабочего колеса и ширина лопатки $C$ колеса, а в случае диагонального вентилятора дополнительно рассматривались несколько значений углов конуса по втулочной $\psi_{вт}$ и наружной $\psi_{нар}$ поверхностям. Вентиляторные устройства без диффузора за рабочим колесом.

Расчет вентиляторов проводился по струйкам тока воздуха в рабочем колесе вентилятора, ряд расчетных величин определялся итерационным методом с последующим уточнением конечного результата. Для оценки эффективности определялось среднеинтегральное значение кпд $\eta_{ВУ}$ вентиляторного устройства:

$$\eta_{ВУ} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\left(\eta_{РКi}\left(W_{1i}^2 - W_{2i}^2 + U_{2i}^2 - U_{1i}^2\right) - C_{1mi}^2\right)C_{вВi}}{2N_в},$$

где на среднем сечении $i$-й струйки тока (количество струек тока $n$, шт.); $C_{1mi}$ — меридиональная составляющая абсолютной скорости воздуха на входе в рабочее колесо (очевидно, что при малых втулочном $\psi_{вт}$ и наружном $\psi_{нар}$ углах рабочее колесо — осевое, ($C_{1mi} = C_{1i}$), м/с; $W_{1i}$ и $W_{2i}$ — относительные скорости потока на входе и выходе из рабочего колеса, м/с; $U_{1i}$ и $U_{2i}$ — окружные скорости потока на входе и выходе из рабочего колеса, м/с; $G_{вВi}$ — массовый расход воздуха на $i$-й струйке тока, кг/с; $N_в$ — мощность вентилятора, Вт; $\eta_{рКi}$ — кпд рабочей решетки на $i$-й струйке тока, значения для осевого и диагонального вентиляторов определялись по зависимостям, соответствующим рассматриваемому типу вентилятора.

На основе анализа многочисленных вариантов осевых и диагональных вентиляторов, полученных с учетом вышеуказанных рекомендаций и варьирования входными параметрами, построен сводный график для вентиляторов максимальной эффективности. Для этого были отобраны варианты вентиляторов с наибольшими значениями кпд с указанием коэффициента осевой скорости $\varphi_\alpha$ и наружного диаметра $D_{нарi}$ вентилятора, по полученным точкам были построены графические зависимости, удобные для анализа.

Расчет вентиляторов проводился по струйкам тока воздуха в рабочем колесе вентилятора, ряд расчетных величин определялся итерационным методом с последующим уточнением конечного результата.

Было установлено, что при значениях коэффициентов осевой скорости $\varphi_\alpha$ меньше 0,30 отсутствуют физически оправданные расчетные варианты осевых вентиляторов. Вместе с тем у диагональных вентиляторов в диапазоне значений $\varphi_\alpha$ 0,13÷0,17 (то есть при наружных диаметрах рабочих колес, превышающих размеры осевых вентиляторов) отмечаются варианты с наибольшими кпд, значения которых выше зафиксированных для вариантов осевых вентиляторов более чем в 1,3 раза.

Необходимо отметить, что в ходе расчетов диагональных вентиляторов неоднократно были зафиксированы отрицательные расчетные значения углов изгиба входной $\varphi_1$ и выходной $\varphi_2$ кромок профиля в конических сечениях рабочих диагональных решеток. Очевидно, что такие лопатки принципиально отличаются от лопаток диагональных вентиляторов известной геометрии с положительными углами $\varphi_1$ и $\varphi_2$.

Установлено, что отмеченное явление усиливается с увеличением расчетных значений частот вращения, с ростом значений втулочного угла $\psi_{вт}$ и ширины $C$ рабочей решетки и в основном касается сечений, находящихся в зоне от корня до 1/3 высоты лопатки. Особенно важно, что расчетные значения кпд $\eta_{рк}$ решетки профилей на 2—3 % выше, чем у аналогичных рабочих решеток с положительными углами изгиба кромок.

Поскольку отмеченное обстоятельство непосредственно касается повышения эффективности вентилятора, то вопрос исследовался на спроектированных модельных диагональных вентиляторах. Исследовать модели вентиляторов технически удобнее, чем полноразмерные вентиляторы, а при равенстве критериев геометрического и физического подобия результаты исследования преемственны.

Исследовались вентиляторные устройства без выходных диффузоров: малоразмерный вентилятор с положительными углами изгиба лопаток ДВ-8 и вентилятор ДВ-9, у которого профили в сечениях, лежащих до 1/3 высоты лопатки, имеют отрицательные углы изгиба кромок. (На рис. 1 лопатка *1* вентилятора ДВ-8 и лопатка *2* вентилятора ДВ-9 показаны совместно.)

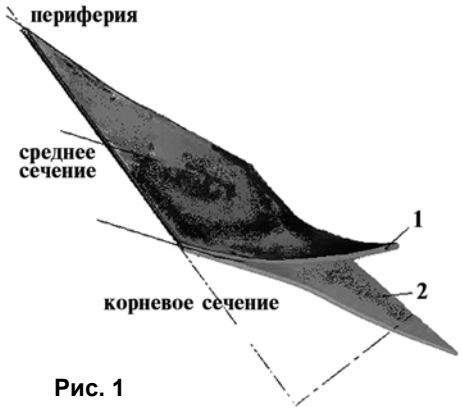



**Рис. 1**

Экспериментальные зависимости коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ и статического кпд $\eta_{СтВ}$ от коэффициента производительности $\bar{V}$ диагональных вен-

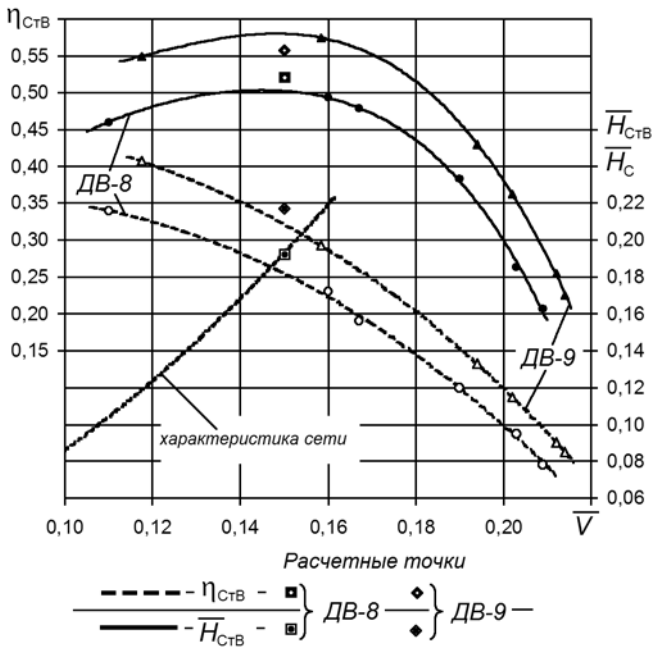



**Рис. 2**

тиляторов ДВ-8 и ДВ-9 показаны на рис. 2. Здесь же построена безразмерная напорная характеристика воздушной сети $\bar{H}_C = f(\bar{V})$ и указаны расчетные рабочие точки вентиляторов.

При анализе полученных зависимостей можно отметить, что у вентилятора ДВ-8 зависимости коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ и статического кпд $\eta_{СтВ}$ от коэффициента производительности $\bar{V}$ протекают плавно, имеют непрерывный характер на всем рассмотренном практически важном интервале значений $\bar{V}$. Максимум $\eta_{СтВ}$ ДВ-8 составляет 0,503 при $\bar{V} = 0{,}145$, при этом значение коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ составляет 0,185.

Для вентилятора ДВ-8 при сравнении экспериментальных и расчетных данных установлено: при расчетном значении коэффициента расхода $\bar{V}$, равном 0,15, расчетная величина $\eta_{СтВ}$ составляет 0,521, что на 1,9 абсолютных процента или почти на 3,5 относительных процента превышает экспериментальное значение $\eta_{СтВ}$, равное 0,502; экспериментальное значение коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ при этом составляет 0,183 против расчетного значения 0,191 (относительная разность почти 4 %).

У вентилятора ДВ-9 кпд $\eta_{СтВ}$ плавно растет при увеличении $\bar{V}$ до 0,148, достигая здесь максимального значения 0,578 при $\bar{H}_{СтВ}$ равном 0,211, затем плавно уменьшается, то есть имеет плавный и непрерывный характер на всем рассмотренном практически важном интервале значений коэффициента расхода $\bar{V}$.

Сравнение экспериментальных данных вентилятора ДВ-9 с расчетными значениями показывает, что экспериментальное значение кпд $\eta_{СтВ}$ составляет 0,577 (находится вблизи экстремума) против расчетной величины 0,556 при расчетном значении коэффициента расхода $\bar{V} = 0{,}15$. Расчетное значение $\eta_{СтВ}$ оказалось заниженным на 2,2 абсолютных процента или почти на 4 относительных; экспериментальное значение коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ при этом составляет 0,21 против расчетного значения 0,217 (относительная разность почти 3 %).

Таким образом, удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных данных подтверждает достоверность методики расчета диагонального вентилятора.

При сравнении экспериментальных зависимостей коэффициента напора $\bar{H}_{СтВ}$ и кпд $\eta_{СтВ}$ диагональных вентиляторов ДВ-8 и ДВ-9 установлено, что вентилятор ДВ-9 существенно превосходит вентилятор ДВ-8 по эффективности и напору на всем рассмотренном диапазоне значений $\bar{V}$

Максимумы кпд исследованных диагональных вентиляторов ДВ-8 и ДВ-9 лежат в сравнительно узком диапазоне значений коэффициента производительности $\bar{V} = 0{,}145 \div 0{,}15$, поэтому можно считать, что производительность этих вентиляторов при максимальных значениях кпд $\eta_{СтВ}$ практически одинаковая.

Значительное превосходство вентилятора ДВ-9 над ДВ-8 по напору отмечается в левой части графика при малых значениях $\bar{V}$.

Отсюда можно заключить, что при предложенных отрицательных углах изгиба кромок лопаток значительно увеличились эффективность и напор вентиляторного устройства в практически важном диапазоне коэффициентов производительности $\bar{V}$: максимальное значение кпд устройства повысилось почти на 7,5 абсолютных процентов, при этом напор повысился в 1,14 раза.

Рабочая точка диагонального вентилятора ДВ-8 лежит на характеристике сети несколько ниже расчетного значения. Коэффициент напора $\bar{H}_{СтВ}$ ДВ-8 в рабочей точке составляет 0,185 против требуемого $\bar{H}_{СтВ}$ равного 0,192, то есть меньше почти на 3,5 %, при коэффициенте расхода $\bar{V} = 0{,}147$, что на 2 % меньше требуемого значения. При этом $\eta_{СтВ}$ находится в области максимальных значений и равен 0,502.

В рабочей точке вентилятора ДВ-9 коэффициент напора $\bar{H}_{СтВ}$ составляет 0,204, что почти на 6 % выше

требуемого, при коэффициенте расхода $\bar{V}$ равном 0,154, что на 2,7 % больше требуемого значения. При этом значение $\eta_{СтВ}$ вентилятора ДВ-9 составляет 0,576 и лежит в области экстремума значений кпд, соответствующего максимальной величине 0,578. По сравнению с параметрами в рабочей точке вентилятора ДВ-8 напор выше в 1,1 раза, коэффициент расхода — почти на 5 %, а КПД — почти в 1,15 раза.

Производительность и напор вентилятора ДВ-8, в целом, незначительно отличаются от требуемых по условиям работы вентилятора на воздушную сеть. Вместе с тем, согласно технологической статистике массового производства существует зона рассеивания параметров изделия — поле допуска, обусловленное, в частности, технологией производства. Поэтому, желательно, чтобы у опытного образца вентилятора системы охлаждения $\bar{H}_{СтВ}$ и $\bar{V}$ были несколько выше требуемых значений, то есть, чтобы рабочая точка вентилятора располагалась несколько выше его расчетной точки. Некоторое превышение требуемых по рабочим условиям параметров можно считать положительным аспектом вентилятора ДВ-9. Важен и тот факт, что спроектированный вентилятор не имеет выходного диффузора. Данное обстоятельство облегчит компоновку устройства на транспортном сродстве.

Таким образом, высокоэффективный диагональный вентилятор ДВ-9 целесообразно использовать в качестве аналога вентилятора для системы охлаждения турбодизеля типа 12ЧН13/14 номинальной мощностью 397 кВт. Аэродинамические характеристики вентилятора ДВ-9 пересчитаны по законам подобия на требуемые параметры системы охлаждения с сохранением высокого кпд вентилятора. Параметры диагонального вентилятора: на входе наружный и втулочный диаметр колеса, соответственно, 0,923 м и 0,379 м, углы наружной и втулочной конических образующих 0 и 35 градусов; семь лопаток шириной 0,071 м на среднем сечении, частота вращения 2000 об/мин, мощность 18 кВт.

Представляется целесообразным оценить выигрыш в расходе топлива двигателем с выбранным диагональным вентилятором по сравнению с вариантом осевого вентилятора, уступающим диагональному по эффективности в 1,3 раза.

Математическая модель двигателя, позволившая оценить, в частности, насосные потери, величины механического и эффективного кпд двигателя, реализовала известную и хорошо себя зарекомендовавшую методику расчета параметров турбодизеля с ОНВ на номинальном режиме, суть которой и основные зависимости приводятся в [3].

Установлено, что при применении разработанного диагонального вентилятора выигрыш в часовом расходе топлива двигателем на номинальном режиме составил бы более 0,7 кг/ч по сравнению с использованием осевого вентилятора.

Завершение этапов исследования позволяет сформулировать следующие основные выводы и рекомендации.

Вариантными расчетами вентиляторных устройств осевого и диагонального типов установлено, что при заданных условиях работы диагональные вентиляторы по своим параметрам оказываются предпочтительнее осевых.

Диагональный вентилятор с отрицательными углами изгиба кромок лопаток превосходит по эффективности диагональный вентилятор с положительными углами почти в 1,15 раза. Данное обстоятельство учитывалось при определении параметров высокоэффективного диагонального вентилятора для системы жидкостного охлаждения турбодизеля с ОНВ типа 12ЧН13/14 номинальной мощностью 397 кВт.

В заключение хотелось бы отметить, что разработанный вентилятор мог бы использоваться не только на тяжелонагруженных транспортных средствах: на тяжелых и сверхтяжелых карьерных самосвалах, грузовиках-трейлерах, средних и мощных промышленных тракторах, также представляется целесообразным его применение на стационарных энергетических установках, приводящих электрогенераторы, различные технические насосы, нагнетатели и т. д.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Конструкция** автомобиля [текст] / Под общ. ред. Карунина А. Л. / Том II. Двигатель / Райков И. Я., Макаров А. Р., Сергиевский А. В. и др. Под ред. Райкова И. Я. — М.: МАМИ, 2001. — 568 с.
2. **Чумаков Ю. А.** Теория и расчет транспортных газотурбинных двигателей [Текст]: учебник — М.: ИНФРА-М: Форум, 2012. — Гл. 1—6. — С. 20—171.
3. **Андреенков А. А.** Оптимизация элементной базы и схемы турбовентилятора системы охлаждения турбопоршневого двигателя [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02: защищена 02.04.09: утв. 19.06.09 / Андреенков Андрей Анатольевич. — М,, 2009. — 239 с. — Библиогр.: с. 229—239. — 0203022420320.

УДК 629.113

**И. А. Лоскутников**, асп., e-mail: replay757@mail.ru, **Г. Д. Драгунов**, д-р техн. наук, проф., e-mail: drd@susu.ac.ru, Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

# РАБОТА ЗУБЧАТОГО ЗАЦЕПЛЕНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ МЕЖОСЕВОГО РАССТОЯНИЯ

*Рассматриваются способы переключений, схема переключения передач в раздаточной коробке. Рассмотрены варианты контактов зубьев шестерен при изменяемом межосевом расстоянии.*

***Ключевые слова:*** *раздаточная коробка, зубья шестерен, переключение передач.*

Обеспечение высоких динамических показателей автомобилей высокой проходимости является актуальной задачей. Одним из эффективных и в то же время требующим исследования способов улучшения динамики движения автомобиля является рациональная организация процесса переключения передач в механической трансмиссии при движении автомобиля, согласованная с управлением двигателем.

Переключение передач в раздаточной коробке изменением межосевого расстояния в направлении с пониженной на повышенную передачу и обратно можно осуществить тремя способами [4]:

1. Переключение как в серийной конструкции раздаточной коробки при остановленном автомобиле.
2. Переключение воздействием внешних сил ручного управления и с использованием внутренних силовых факторов.
3. Переключение воздействием только внутренних силовых факторов.

Реализовав тяговые свойства автомобиля на I передаче в коробке переключения передач, водитель производит переключение в раздаточной коробке, используя внешние силы (2-й силовой способ переключения). При этом возможно переключение и благодаря внутренним силовым факторам (3-й способ переключения). После прохождения трудного участка дороги необходимо обратное переключение (один из 3-х способов). Для улучшения динамических характеристик автомобиля следующим этапом развития конструкции раздаточной коробки является третий способ, при котором можно обеспечить автоматизацию переключения.

Заводом-изготовителем для серийной конструкции раздаточной коробки рекомендован первый способ переключения (при остановленном автомобиле). Однако в экстремальных условиях водитель иногда вынужден включать пониженную передачу в раздаточной коробке в движении (что может привести к поломке агрегата). А чем меньше время разрыва потока мощности от двигателя к ведущим колесам, тем меньше падение скорости и полнее использование кинетической энергии.

Разработанная раздаточная коробка имеет принципиально новый способ переключения передач (рис. 1). Процесс перехода с одной передачи на другую осуществляется изменением межосевого расстояния в переключаемых шестеренчатых парах. При повороте блока подвижных шестерен, который одновременно служит механизмом выбора передач, происходит увеличение межцентрового расстояния в выключаемой передаче (от номинального до полного выхода шестерен из зацепления) и уменьшением межцентрового расстояния во включаемой передаче (до номинального). Для исключения одновременного включения двух передач промежуточные шестерни на блоке подвижных шестерен установлены с угловым разводом 15°. Зазор между шестернями выключенной передачи составляет 5 мм.

При входе шестерен в зацепление возможны несколько вариантов контакта.

Вариант 1. Контакт, при котором активная линия зацепления $p_1^I p_2^I$ совпадает и равна активной линии зацепления $p_1 p_2$, рассчитанной для этих шестерен без изменения межосевого расстояния (рис. 2):

$$p_1^I p_2^I = p_1 p_2. \qquad (1)$$

Это обычное для данных шестерен зацепление, когда межосевое расстояние постоянное ($\alpha_w = \text{const}$) и идеальное для изменяемого. Так как прямая $N_1 N_2$ в процессе зацепления касается одних и тех же окружностей с неподвижными осями вращения, она всегда занимает

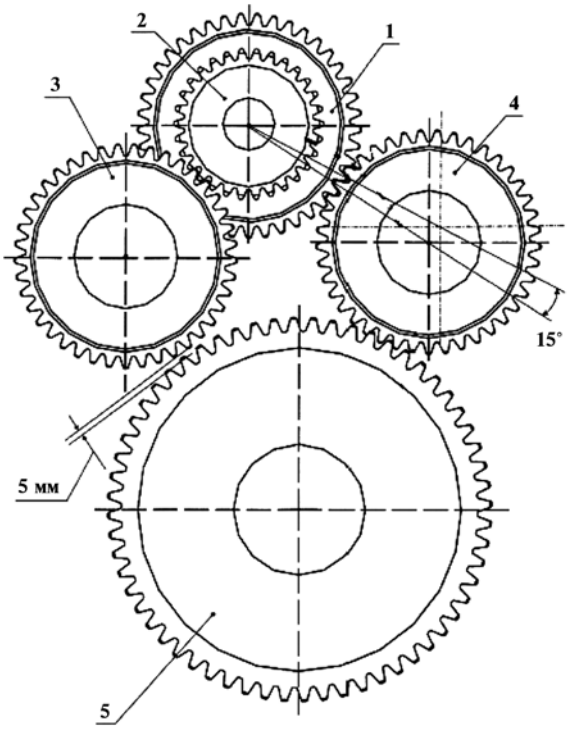



**Рис. 1. Схема переключения передач в разработанной раздаточной коробке:**

1, 2 — ведущие шестерни повышенной и пониженной передач соответственно; 3, 4 — промежуточные шестерни пониженной и повышенной передач соответственно; 5 — коронная шестерня межосевого дифференциала

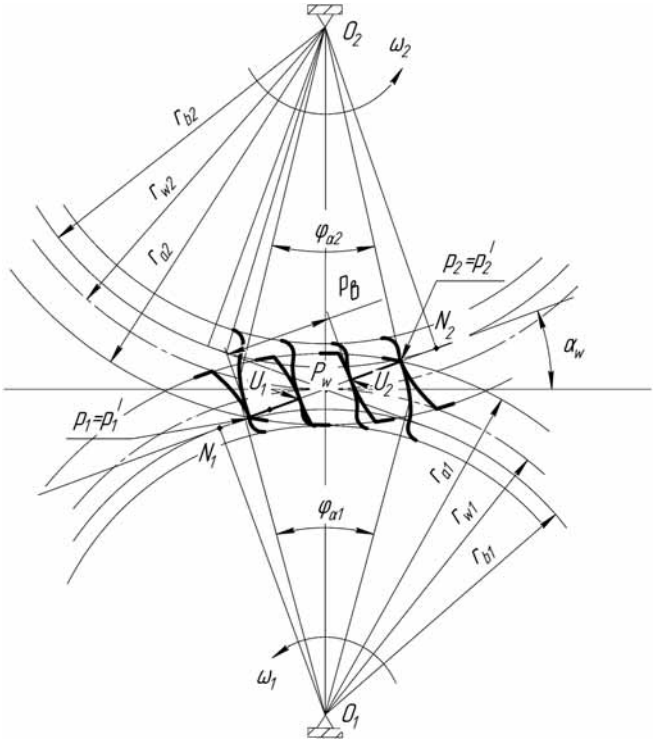



**Рис. 2. Идеальный контакт зубьев шестерен (при нормальном межосевом расстоянии):**

$\alpha$ — угол зацепления; $N_1N_2$, $p_1p_2$ — предельная и активная линии зацепления; $\varphi_{\alpha1}$, $\varphi_{\alpha2}$ — углы торцевого перекрытия — углы от положения входа в зацепление пары зубьев до выхода из него; $p_1U_2$, $U_1p_2$ — участки двупарного зацепления; $U_1U_2$ — однопарного

на плоскости постоянное положение и пересекает межосевую линию $O_1O_2$ в одной и той же точке $P_w$ [1].

Для этого контакта характерно первое свойство эвольвентного зацепления (2) — передаточное отношение эвольвентного зацепления определяется только отношением радиусов основных окружностей и является величиной постоянной [2]:

$$U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P_w}{O_1P_w} = \text{const}. \qquad (2)$$

В данном случае угол перекрытия $\varphi_\alpha$ должен быть больше углового шага $\tau$. Благодаря этому первая пара зубьев еще не успевает разомкнуться, как вторая пара зубьев входит в зацепление. Коэффициент перекрытия для прямозубых колес должен находится в пределах $1{,}2 < \varepsilon_\alpha < 1{,}98$.

Вариант 2. Контакт, при котором активная линия зацепления $p_1^I p_2^I$ не совпадает и меньше активной линии зацепления $p_1p_2$, рассчитанной для этих шестерен без изменения межосевого расстояния (рис. 3):

$$p_1^I p_2^I < p_1p_2. \qquad (3)$$

При этом зацеплении зубья шестерен, начинающие входить в контакт, соприкасаясь в точках, расположенных ближе к головке зуба, чем в точках на активной линии зацепления, построенной при $\alpha_w$= const. Но при этом зубья при повороте шестерен вследствие скольжения выходят уже в точке $p_2^I$, совпадающей с точкой $p_2$, расположенной на линии $p_1p_2$. Это происходит под воздействием силы, приложенной к блоку подвижных шестерен, которая передается на зубья шестерни.

По второму свойству эвольвентного зацепления — при изменении межосевого расстояния в эвольвентном зацеплении его передаточное отношение не изменяется [2]:

$$U_{12}^I = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_{w2}^I}{r_{w1}^I} = \frac{\left(r_{b2}\cos\alpha_w^I\right)}{\left(r_{b1}\cos\alpha_w^I\right)} = \text{const}, \qquad (4)$$

$$U_{12}^I = U_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2P_w}{O_1P_w} = \text{const}. \qquad (5)$$

По третьему свойству эвольвентного зацепления (8) — при изменении межосевого расстояния

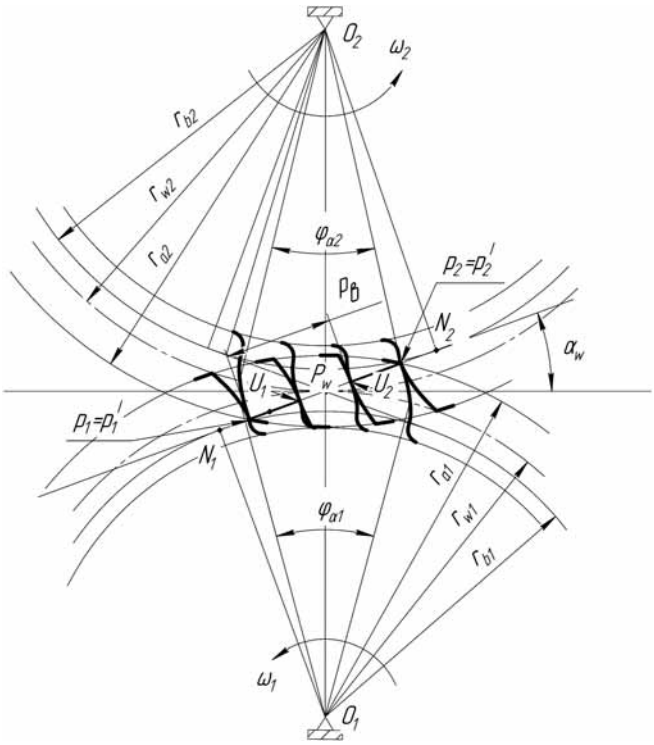



**Рис. 3. Преждевременный контакт зубьев шестерен:**

$P_w^I$, $\alpha_w^I$ — полюс и угол зацепления в момент контакта шестерен; $P_w$, $\alpha_w$ — полюс и угол зацепления шестерен при номинальном положении ведущей шестерни

в эвольвентном зацеплении величина произведения межосевого расстояния на косинус угла зацепления не изменяется [2]:

$$r_{b1} + r_{b2} = r_{w1}\cos\alpha_w + r_{w2}\cos\alpha_w = \alpha_w\cos\alpha_w, \quad (6)$$

$$r_{b1} + r_{b2} = r_{w1}^I\cos\alpha_w + r_{w2}^I\cos\alpha_w = \alpha_w^I\cos\alpha_w, \quad (7)$$

$$\alpha_w\cos\alpha_w = \alpha_w^I\cos\alpha_w = \text{const}. \quad (8)$$

Вариант 3. Контакт, при котором шестерни касаются друг друга вершинами зубьев (рис. 4).

Для этого контакта характерно четвертое свойство эвольвентного зацепления: за пределами отрезка линии зацепления $N_1N_2$ рассматриваемые ветви эвольвент не имеют общей нормали, т. е. профили, выполненные по этим кривым, будут не касаться, а пересекаться. Это явление называется интерференцией эвольвент или заклиниванием. При таком контакте в раздаточной коробке могут создаться условия для заклинивания — блокировки.

Наибольшая вероятность блокировки при переключении может возникнуть в момент контакта вершин зубьев включаемой пары зубчатых колес, так как при разности относительных окружных скоростей шестерен в момент касания зубьев вершинами, между

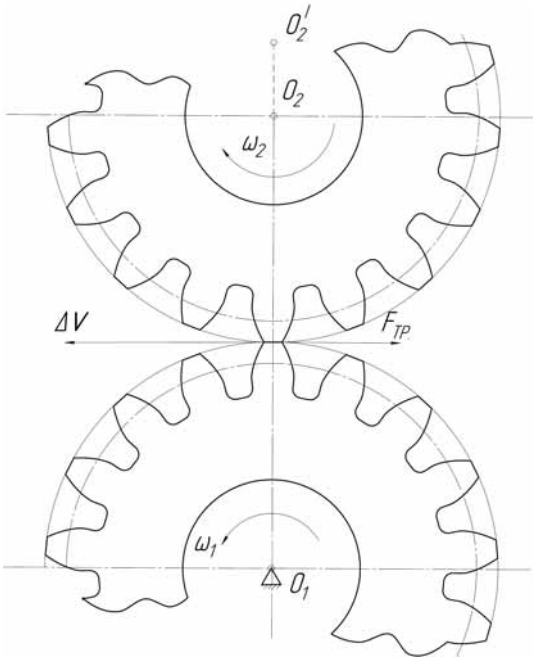



**Рис. 4. Контакт зубчатых шестерен вершинами зубьев:**

$\Delta V$ — относительная окружная скорость вершин зубьев; $F_{тр}$ — сила трения шестерен

ними начинает действовать сила трения. Направление момента силы трения будет зависеть от разности окружных скоростей включаемой пары шестерен

$$M_{кр} > M_{тр}. \quad (9)$$

Таким образом, можно сделать вывод: для исключения заклинивания необходимо, чтобы крутящий момент был больше момента трения [3] (9). Это условие выполняется практически всегда, и заклинивание при испытаниях не происходило. Целесообразно ввести закругление вершин зубьев, например обработкой по другому модулю.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

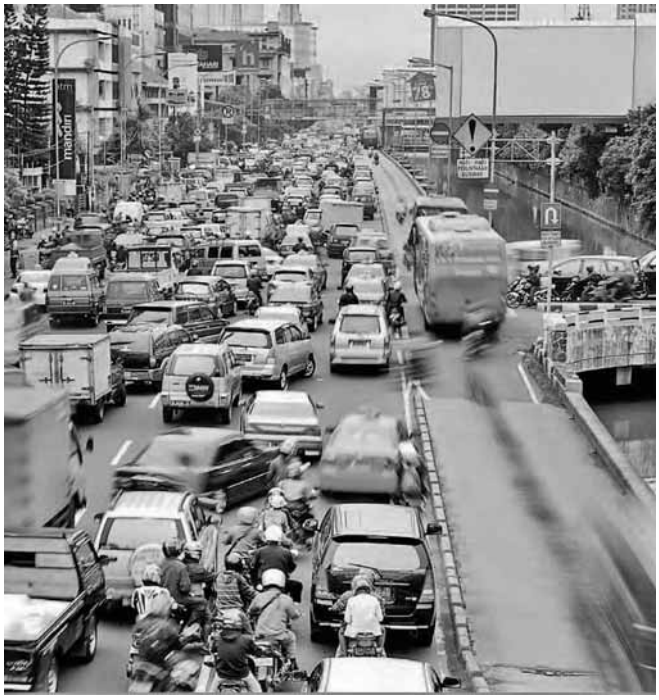
1. **Гавриленко В. А.** Зубчатые передачи в машиностроении (Теория эвольвентных зубчатых передач). — М.: Машгиз, 1962. 531 с.
2. **Гонтарев Е. П.** Обоснование кинематической схемы, параметров и режимов переключения коробки передач мотоблока с изменяемым межцентровым расстоянием: дис. ... к.т. н. // Е. П. Гонтарев. — Челябинск: ЮУрГУ. — 2002. — 129 с.
3. **Литвин Ф. Л.** Теория зубчатых зацеплений. — М.: Наука, 1968. 584 с.
4. **Яковлев П. В.** Повышение динамики переключения передач в раздаточной коробке полноприводного автомобиля применением новой кинематической схемы: дис. ... к.т. н. // П. В. Яковлев. — Челябинск: ЮУрГУ. — 2003. — 142 с.

# ГОРОДСКОЙ ПАССАЖИРСКИЙ НАЗЕМНЫЙ ТРАНСПОРТ

## ЧТО НУЖНО ГОРОДАМ

*К 2050 г., по данным ООН, население городов увеличится на 85 % и составит 6,3 млрд человек. Таким образом, в городах будут жить более двух третей всего населения земли. Компания MAN и Технический университет Мюнхена (Technical University of Munich) провели масштабное исследование под названием "Что нужно городам", в ходе которого рассмотрели стратегии развития современных городов. Специалисты 15 городов мира предоставили исследователям материалы и рассказали о том, как они планируют решать транспортные задачи в будущем. В этой работе приняли участие транспортники Санкт-Петербурга. Результатом стали предложения инновационных решений транспортных задач для мегаполисов будущего.*

*Ниже приведено их краткое изложение.*



### Предпосылки для исследования

Чтобы понять, что нужно городам в области мобильности пассажиров, исследователи изучили обсуждаемые и реализуемые городские проекты по обеспечению мобильности — прежде всего в связи с урбанизацией и ростом глобального благополучия. Они оценили структуру принятия политических решений и процессы принятия решений, цель которых заключается в формировании транспортной системы в различных городах.

Исследователи изучали такие вопросы, как изменение климата и уровня шума в глобальном контексте, оценивали международное значение проектов в рамках политики ЕС на других рынках.

### Результаты исследований

Данный проект был инициирован совместно с Техническим университетом Мюнхена, Департаментом транспортного планирования и структуры поселений, профессором Гебхардтом Вулфхорстом. Началу исследований предшествовали этапы по определению и описанию проекта.

Этап 1. Разработка модели городской системы, позволяющая определить различные переменные, которые способствуют или препятствуют планированию развития транспортной системы и на основе которой был сделан предварительный выбор 15 городов для исследования.

Этап 2. Проверка модели города на семинаре со специалистами компании MAN и местных органов власти, а также компаний, связанных с финансами, страхованием, недвижимостью, автомобилестроением, опытно-конструкторскими работами, исследованиями тенденций и транспортом.

Этап 3. Разработка и распространение вопросника.

Этап 4. Анализ вопросника.

Этап 5. Обсуждение результатов опроса и модели городской системы на специальном семинаре спе-

циалистов с 18 проектировщиками транспортных систем и градостроителями из 15 городов.

Этап 6. Анализ обсуждения.

Этап 7. Сводные результаты и публикация исследования "Что нужно городам".

Этап 8. Обсуждение результатов на внутреннем семинаре в компании MAN.

Исследование "Что нужно городам" охватило города с количеством жителей от 0,5 до 23 млн (рис. 1). В их число вошли не только мегаполисы. Если бы исследователи ограничились только ими, то была бы затруднена оценка уровня урбанизации.

Организаторы проекта определили, что в период с 2009 по 2050 гг. население земного шара увеличится на 2,3 млрд человек и достигнет 9,3 млрд. В тот же период городское население земного шара увеличится на 85 % и достигнет 6,3 млрд. Этот рост численности населения коснется, прежде всего, городов с населением менее 500 тыс. человек.

Начиная с 2009 г., более половины населения земного шара впервые проживают в городах, а один из 20 проживает в городе с населением более 20 млн жителей (источник: ООН "Перспективы мировой урбанизации, вариант 2010 года").

Тенденция к урбанизации наблюдается в промышленных странах, странах с переходной экономикой и развивающихся странах. Причем рост населения отмечается только в городах. Численность сельского населения сокращается.

Все города, изучение которых проводилось в рамках исследования "Что нужно городам", характеризуются ростом населения. В странах с переходной экономикой наблюдаются самые высокие темпы роста городского населения, что относится к Боготе и еще более к Шанхаю, где зарегистрированный процент роста составляет "всего лишь" 0,9 %, но в которых проживают 7,9 и 23 млн жителей, соответственно (рис. 2). Рост численности населения, однако, не ограничивается странами с переходной экономикой и развивающимися странами. Сказанное относится, в частности, к Копенгагену и Лос-Анджелесу.

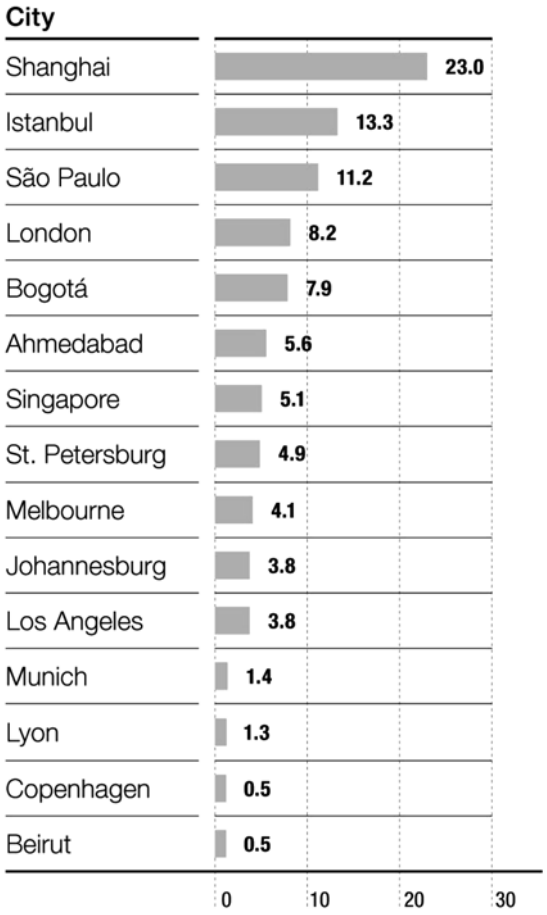



**Рис. 1. Численность населения городов, млн чел.**

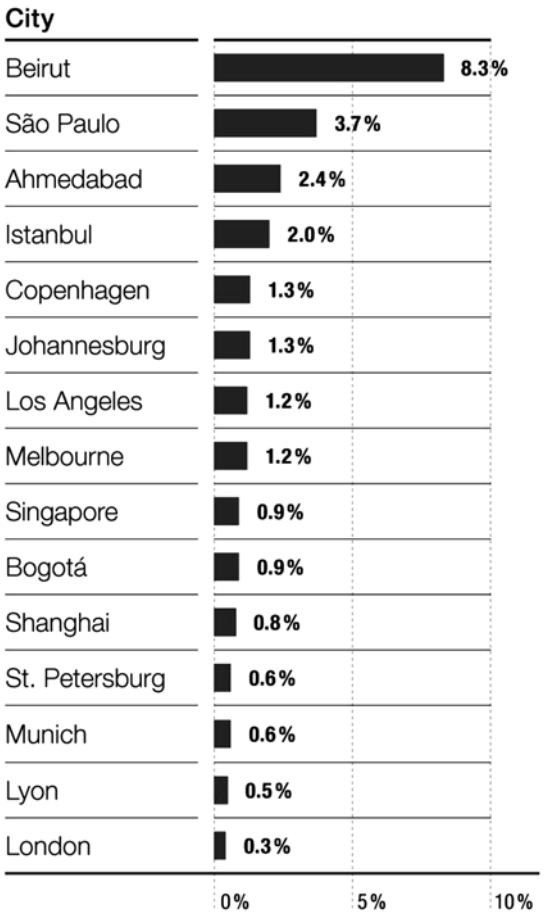



**Рис. 2. Прирост городского населения**

**Рост численности населения исследователи рассматривают как один из основных факторов, влияющих на планирование транспортной системы.**

Плотность населения является важным индикатором, который показывает, имеет ли определенный город потенциал для развития эффективной системы общественного транспорта (рис. 3). Так, чем меньше плотность населения города, тем больше его жители склонны использовать легковые автомобили для перемещения, и чем больше плотность населения города, тем больше доля общественного транспорта.

Однако плотное заселение городов также несет риск того, что люди для жилья начинают покидать город, что, в свою очередь, приводит к увеличению движения транспорта.

Впечатляет связь между количеством владельцев автомобилей и плотностью населения города: менее густонаселенные города такие, как Мельбурн и Лос-Анджелес, имеют самое большое количество автомобилей на 1000 жителей (рис. 4). Большое количество автовладельцев теперь уже не является особенностью только промышленно развитых стран — страны с переходной экономикой, например Бразилия, догоняют их.

Даже всего лишь двузначное число владельцев собственных машин имеет решающее значение для таких мегаполисов, как Шанхай: здесь относительно небольшое количество частных транспортных средств приводит к большой загруженности городских дорог и высоким нагрузкам на инфраструктуру и окружающую среду.

**Системы общественного транспорта более успешны там, где могут предложить своим пользователям железнодорожный транспорт.**

Поскольку железнодорожный транспорт имеет свою собственную инфраструктуру, этот вид транспорта, как правило, отличается большей пунктуальностью и надежностью, чем системы, привязанные к

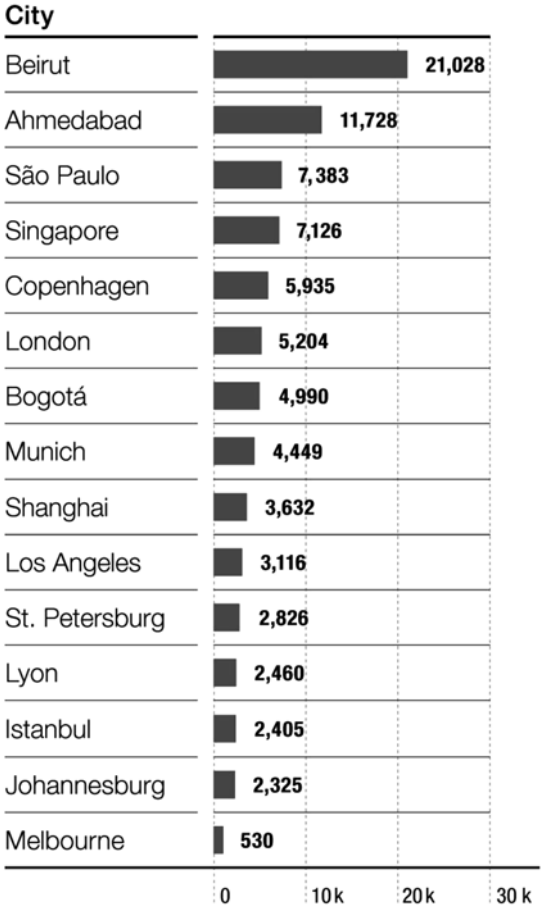



**Рис. 3. Плотность населения, чел./км$^2$**

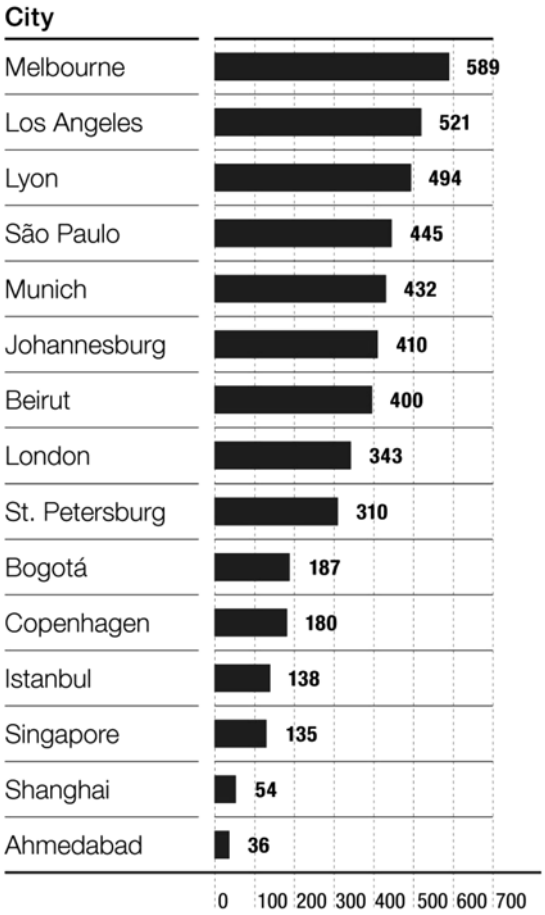



**Рис. 4. Число индивидуальных автомобилей на 1000 жителей**

улицам, которым приходится делить инфраструктуру с индивидуальным автотранспортом и общественным.

Поразительный факт заключается в том, что три из четырех городов, не имеющих разветвленной железнодорожной сети, наладили успешные скоростные системы автобусного сообщения (Bus Rapid Transit). Например, скоростная система автобусного сообщения и относительно короткая железнодорожная сеть имеются в Стамбуле.

Существует четкая корреляция между низкой плотностью населения и высоким уровнем использования личных автомобилей или низким уровнем использования общественного транспорта. Транспортники всех опрошенных городов выступают за увеличение в будущем доли общественного транспорта в общем объеме транспортных средств.

Климат также влияет на использование различных видов транспорта. Стамбул, например, не планирует увеличения своих объемов велосипедного движения. А Копенгаген имеет самую высокую долю велосипедов — 30 % — в транспорте в целом.

Как и ожидалось, наибольшее влияние на транспортное планирование оказывают муниципальные бюджеты, администрация и экономическое развитие города. Пример Боготы проиллюстрировал: победы на выборах приводят к повторной перестройке транспортной политики.

Относительно большую роль в транспортном планировании играет местное воздействие на окружающую среду (от движения транспорта). Последствия же изменения климата оказывают лишь косвенное влияние на городскую жизнь,

Основным фактором, определяющим выбор транспортного средства, является время поездки. Общественный же транспорт востребован тем больше, чем выше его эксплуатационные качества. Экологическая осведомленность пассажиров оказывает наименьшее влияние на модели мобильных транспортных средств.

Все больше и больше городов стремятся улучшить инфраструктуру для пешеходов и велосипедистов. Для большинства городов сокращение уровня транспортного шума относится к низкоприоритетным задачам.

**Повышение качества услуг общественного транспорта (включая пунктуальность, надежность, высокую частоту прохождения транспортных средств) имеет самый высокий приоритет при планировании транспортной системы в городах, участвовавших в обследовании.**

**Улучшение организации работы транспортной системы, включая использование интеллектуальных транспортных систем, является еще одной из важных задач.**

Развитие пригородов означает не только развитие новых площадей на окраинах городов, но и перераспределение существующих промышленных зон. Исследователи отметили и такую тенденцию: природа приходит в город в виде парков (зеленые и открытые площадки) — жителям не нужно преодолевать большие расстояния и уезжать далеко для отдыха и развлечений.

Если оценивать развитие транспортных проектов во времени "вчера—сегодня—завтра", то следует отметить, что "вчера" дорожная сеть развивалась по принципу увеличения пропускной способности дорог и ограничения доступа транспортных средств на

улицы городов. "Сегодня" транспортники уже планируют более высокое качество услуг общественного транспорта и развитие инфраструктуры для пешеходов и велосипедистов. Идеи для будущего авторы исследования связывают со сборами (видимо, с владельцев транспортных средств, **прим. Ред**.), с распространением альтернативных технологий и ограничением доступа транспортных средств на улицы городов.

**Главный общественный транспорт — автобус.** Почти все города уже используют автобусы в своих транспортных системах. При этом пять городов планируют использовать паромы как средство транспорта в городских районах. Легкий железнодорожный транспорт и трамваи также будут играть важную роль в будущем.

Развиваются скоростные системы автобусного сообщения: восемь городов уже используют их, а два планируют организацию таких систем. **Скоростные системы автобусного сообщения играют все более важную роль в городах как в развивающихся, так и в промышленно развитых странах и становятся такими же распространенным, как и системы метрополитена.**

## Преобладающие тенденции

Глобализация экономики и промышленности приводит компании к необходимости поиска на международном уровне привлекательных мест для размещения своих штаб-квартир в городах, которые смогут стать командными центрами глобальной экономики так называемыми "глобальными городами".

Одним из следствий глобализации является рост среднего класса в международном масштабе: все больше людей повышают свой уровень благосостояния. Более высокое потребление энергии и увеличение количества частных автомобилей в городах — другая сторона медали.

Продукты производства становятся доступными во всем мире. Это относится и к автобусу и в качестве продукта, и в качестве технологического элемента транспортной системы. Города перенимают передовую международную практику. Например, Лос-Анджелес и Ахмедабад построили свои скоростные системы автобусного сообщения по примеру Боготы.

Люди становятся все более мобильными. Расстояния в развивающихся городах становятся все более протяженными, что также означает увеличение транспортного потока в свободное от работы время.

Города реагируют на эту тенденцию путем создания большего количества зеленых зон и зон отдыха. Природа именно таким образом приходит в город к людям.

Высокий уровень рождаемости в развивающихся странах и в странах с переходной экономикой, с одной стороны, и снижение смертности, с другой, ведет к росту населения в мире. Численность населения в большинстве промышленно развитых стран находится в состоянии стагнации или, как в Германии, даже снижается. Повышение качества медицинских услуг приводит к увеличению среднего возраста жителей.

Рост численности населения, в частности, ведет к возникновению в развивающихся странах и в странах с переходной экономикой проблемы обеспечения своего населения продуктами питания — сельское хозяйство становится все более индустриализованным. Рост населения напрямую связан с преобладающей тенденцией урбанизации: по прогнозам ООН он в будущем будет иметь место только в городах.

**Рост населения в городах является одним из факторов, которые наиболее сильно влияют на планирование транспортной системы.**

Прирост населения имеет место в городах. Все города, изучение которых проводилось в рамках исследования "Что нужно городам", ожидают дополнительный рост до 2030 г. Это объясняется тем, что в городах обеспечивается более высокий уровень медицинских и социальных объектов (больницы, школы). Крупные компании также работают в городах, поскольку город обеспечивает больше возможностей для трудоустройства (например, Йоханнесбург, Ахмедабад, Шанхай).

Тем не менее, города в промышленно развитых странах в очередной раз испытывают приток рабочей силы извне: городская жизнь с ее широким спектром культурных и развлекательных объектов в настоящее время становится снова привлекательной (Лондон, Копенгаген). В городах развивающихся стран наблюдаются как высокий приток населения, так и высокая рождаемость.

Города, которые стали предметом настоящего исследования, вносят значительный вклад в валовой национальный продукт (ВНП) в своих странах. В связи со своей экономической значимостью некоторые из обследованных городов (Лондон, Копенгаген) ставят перед собой амбициозные цели по снижению воздействия на климат.

Однако изменение климата не оказывает большого влияния на планирование транспортной системы: приоритет здесь имеют прагматические факторы — такие как финансирование, управление и эко-

номическое развитие. Изменения климата имеют второстепенное значение для привлекательности города как такового.

Небольшое воздействие изменений климата на планирование транспортной системы в 15 обследованных городах взаимосвязано с низким влиянием экологического сознания населения на характеристики мобильности.

Сокращение выбросов, влияющих на климат, — одна из самых важных целей развития транспортной системы, поскольку города стремятся расширить свои сети общественного транспорта и уменьшить заторы на дорогах. Это, естественно, приводит в том числе к сокращению выбросов $CO_2$.

Стандарты ЕС на выбросы ЕВРО получают все большее распространение во всем мире — Южная Америка и Азия используют эти нормы в качестве основы для своих национальных стандартов.

В общем, транспортники и население городов демонстрируют осведомленность в области альтернативных систем привода и альтернативных видов топлива. В Ахмедабаде автобусный парк полностью перешел на сжатый природный газ. Лос-Анджелес также планирует перейти на автобусы, работающие на газовом топливе. В силу экономических причин, в южноамериканских городах предпочитают использовать биотопливо.

В соответствии с принципом иерархической структурированности, государства или организации могут, в лучшем случае, лишь устанавливать городам какие-либо рамки (например, экологическая зона в Германии). Выбор фактического обеспечения мобильности городов зависит от городских администраций.

Это относится и к регулированию доступа: руководители городов могут сами решать, хотят ли они вводить экологические зоны, ограничивать скорость в определенных областях, ограничивать доступ, управлять зонами парковки или вводить городской сбор. Города стремятся перенимать передовые международные практики (например, Шанхай планирует введение зоны со скоростью 30 км/ч, как в Мюнхене).

### Досье городов: Санкт-Петербург

При населении в 4,9 млн человек Санкт-Петербург сегодня — второй по величине после Москвы экономический и транспортный центр России. Хотя город не является особенно густонаселенным и размещается на достаточно большой территории, количество автомобилей на 1000 жителей в настоящее время составляет всего 310.

На общественный транспорт приходится очень большая доля — 70 % автобусов, количество уже легковых автомобилей непрерывно увеличивается. Санкт-Петербург планирует распространить свою систему общественного транспорта также и на городские окраины.

В планах администрации города строительство новых станций и новой линии метро. Помимо этого, Санкт-Петербург рассчитывает на автобусы: к 2015 г. планируется организовать дополнительные автобусные маршруты протяженностью 4500 км. Шесть выделенных полос движения на основных транспортных артериях города предназначены для ускорения движения автобусов.

Водные такси должны стать дополнительной альтернативой наземному общественному транспорту. Вдоль трех главных дорог в центральной части города планируется устройство велосипедных дорожек.

### Выводы

Муниципальные бюджеты, управление и экономическое развитие — факторы наибольшего влияния на планирование городской транспортной системы. Время поездки, качество общественного транспорта и наличие рельсовых транспортных средств оказывают наибольшее влияние на характеристики мобильности пассажиров.

Повышение качества общественного транспорта, развитие его инфраструктуры и улучшение мобильности для всех — главнейшие цели развития городского транспорта. Концентрация, направленность общественного транспорта и защита, а также расширение зеленых зон — основные цели в области городского транспортного развития.

Улучшение качества транспортных средств общественного транспорта и развитие инфраструктуры для велосипедистов и пешеходов — наиболее часто упоминаемые специалистами-транспортниками планируемые проекты развития городской транспортной системы. Автобусы, пригородные поезда и метро — виды транспорта, используемые в большинстве городов, участвовавших в исследовании.

В отличие от господствующей политической точки зрения, изменение климата как фактор, влияющий на транспортную политику, играет лишь незначительную роль, так как его последствия можно отслеживать только в долгосрочной перспективе, а в городах только косвенно. Экологическое сознание

граждан практически не влияет на их выбор транспортных средств. Время, надежность и стоимость играют для них гораздо более важную роль, а экологические соображения вытесняются на задний план прагматическими аспектами мобильности.

Среди основных целей развития транспорта вопросы по сокращению выбросов парниковых газов и сокращению загрязнителей воздуха, напротив, пользуются более высоким приоритетом (хотя и не самым высоким), т. е. в долгосрочной перспективе города стремятся к климатически и экологически дружественной мобильности.

Проблема снижения уровня шума, которая остро стоит в странах ЕС и особенно в Германии, не имеет приоритета. Это может быть связано с тем, что городская транспортная система, в которой общественный транспорт, велосипеды и пешеходы станут играть более заметную роль, в любом случае, будет менее шумной.

В отличие от курса политических дебатов в рамках ЕС и, в частности, в Германии, использование электротранспорта имеет второстепенное значение для будущих городских транспортных и уже реализованных проектов. То же самое касается совместного использования легковых автомобилей.

В 14 из 15 обследованных городов широко используют обычные городские автобусы. 15-й город планирует использовать автобусы в будущем (таблица).

Восемь из 15 городов уже имеют скоростную систему автобусного сообщения, еще два имеют твердые планы по внедрению таковой. Четыре планируют организовать скоростную систему автобусного сообщения в качестве системы общественного транспорта: из всех видов транспорта скоростная система автобусного сообщения по значимости является эквивалентом метро и становится более привлекательной для городов, чем трамвай.

**Автобусные парки в рассматриваемых городах (сравнение 15 городов)**

| Город | Количество автобусов, тыс. шт. | Жителей, млн чел. |
|---|---|---|
| Ахмедабад | 2,0 | 5,6 |
| Бейрут | Нет данных | 0,5 |
| Богота | 21,5 | 7,9 |
| Копенгаген | 1,1 (включая микроавтобусы, Большой Копенгаген) | 0,5 |
| Стамбул | 5,3 | 13,3 |
| Йоханнесбург | 0,532 | 3,8 |
| Лондон | 9,5 | 8,2 |
| Лос-Анджелес | 2,2 | 3,8 |
| Лион | Нет данных | 1,3 |
| Мельбурн | 1,7 | 4,1 |
| Мюнхен | 0,41 | 1,4 |
| Санкт-Петербург | 3,0 | 4,9 |
| Сан-Паулу | 15,0 | 11,2 |
| Шанхай | 16,0 | 23,0 |
| Сингапур | 3,0 | 5,1 |

Что касается периодических обсуждений использования троллейбусов, то исследователи установили, что троллейбусы используются в четырех из 15 городов и только три думают об их включении в транспортную сеть. С другой стороны, восемь городов вообще не планируют использовать троллейбусные транспортные системы.

Исследователи отметили, что пользователи зачастую предпочитают автобусам рельсовые системы. Как правило, они более надежны благодаря своим выделенным линиям, а автобусы вынуждены делить дороги с легковыми автомобилями. Разработчики транспортных систем и вышестоящие политики также отдают предпочтение железнодорожному транспорту, отмечая его имидж: "надежная инфраструктура".

*Пресс-служба*
*ООО "МАН Трак энд Бас РУС"*

УДК 656.132.039:004

**В. А. Максимов, В. В. Гребенюк, Р. И. Исмаилов, Л. Л. Зиманов, С. В. Рощак, А. А. Солнцев** (МАДИ)
E-mail: chizov_nik@mail.ru

# К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНОГО БОРТОВОГО КОМПЬЮТЕРА ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с созданием перспективного бортового компьютера для городских автобусов.*

***Ключевые слова:*** *компьютерные технологии, городские автобусы, основные узлы, системы и агрегаты городских автобусов, электронные системы контроля работы систем городских автобусов в эксплуатации, единый бортовой компьютер.*

**Эксплуатация городских автобусов — сложный и многогранный процесс. Безопасность и высокое качество перевозки пассажиров требуют от автотранспортников постоянного совершенствования всех его элементов как технических, так и технологических.**

**В журнале "Грузовик" инновациям "Мосгортранса" будет посвящена серия статей. Сегодня мы публикуем первую из них.**

Двадцать первый век — век компьютерных технологий. Как-то незаметно компьютер нашел место и дома, и на работе. Для многих автомобиль является рабочим местом или средством передвижения, или вообще вторым домом (международные, междугородные перевозки, путешествия и т. д.).

Оценивая современный автомобиль и автобус, необходимо отметить, что за последние несколько лет в их конструкции заметно прибавилось электроники, и водителю все сложнее управляться с ней в одиночку. Особенно это относится к современному городскому автобусу.

Практически все модели городского подвижного состава имеют основные узлы, системы и агрегаты, изготовленные различными производителями. Электронные системы контроля работы и исправности основных узлов, систем и агрегатов автобуса разделены на различные блоки контроля и программы, которые не связаны в единую систему. Проблема объединения всех электронных систем контроля работы и исправности основных узлов, систем и агрегатов до сих пор не разрешена. Чтобы разрешить ее, нужен единый бортовой компьютер. За его разработку взялись специалисты кафедры "Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис" МАДИ.

Какие требования необходимо предъявить к работоспособности нового компьютера? Рассмотрим это применительно к городским автобусам, которые выполняют важную и ответственную функцию по безопасной и комфортабельной перевозке пассажиров в рамках существующего расписания.

Исследования, проведенные МАДИ и ГУП "Мосгортранс" с учетом передового опыта эксплуатации современных городских автобусов, позволили сформировать основные требования к данному подвижному составу. Рассмотрим их на примере низкопольного автобуса большой вместимости, как самого массового в эксплуатации в условиях ГУП "Мосгортранс".

## 1. Общие требования

1.1. Автобус должен эксплуатироваться на автомобильных дорогах I и II категорий с твердым покрытием (СНиП 2.05.09—90) в районах с умеренным климатом в исполнении "У" (по ГОСТ 15150—69).

1.2. Уровень внешнего шума, создаваемого автобусом, по Правилам № 51.02 ЕЭК ООН не должен превышать 80 дБА.

1.3. Автобус следует оборудовать противоугонным устройством по Правилам № 18 ЕЭК ООН и ОСТ 37.001.467—88.

1.4. Кабина водителя оборудуется отдельной дверью для выхода, перегородкой, разделяющей рабочее место водителя и пассажирское помещение. Требования к рабочему месту водителя регламентирует ОСТ 37.001.413—86.

1.5. Требования к обзорности с рабочего места водителя определяет ГОСТ Р 51266—99. Требования к наружным зеркалам заднего вида — Правила № 46.01 ЕЭК ООН.

1.6. Ширина двухместного сиденья в расчете на зимнюю одежду — не менее 990 мм.

1.7. Высота подножки у автобуса без нагрузки не должна превышать 320 мм.

1.8. Часть пассажирского салона, включающая не менее 35 % площади пола для размещения стоящих

пассажиров, не должна иметь ступенек. В этой части пассажирского помещения должна быть по крайней мере одна дверь без ступенек в проеме.

1.9. Ветровое стекло и стекла боковых окон регламентированы Правилами № 43 ЕЭК ООН и ГОСТ 5727—88.

1.10. Автобус должен соответствовать требованиям Директивы № 2001/85/ЕС к оборудованию, облегчающему доступ пассажиров с ограниченной подвижностью.

1.11. Топливные баки должны соответствовать требованиям Правил № 36.03 ЕЭК ООН.

1.12. Запас хода автобуса в городском режиме при полной заправке составляет: для дизельного двигателя не менее 550 км, а для газового — не менее 400 км.

1.13. Коробка передач — автоматическая гидромеханическая.

1.14. Ведущий мост — с одинарной главной передачей гипоидного типа.

1.15. Рулевое управление должно соответствовать требованиям Правил № 79 ЕЭК ООН и ГОСТ Р 51709—2001.

1.16. Минимальный дорожный просвет при полной нагрузке — не менее 140 мм. Передний и задний углы свеса — не менее 7 градусов.

1.17. Приборы освещения и световой сигнализации автобуса должны соответствовать требованиям ГОСТ Р 51709—2001.

1.18. Уровень радиопомех не должен превышать требований Правил № 10 ЕЭК ООН и ГОСТ 17822—78.

1.19. Борта и потолок внутри автобуса должны выполняться из прочного, негигроскопичного, легкомоющегося слоистого пластика.

1.20. Автобус оборудуется автоматизированной системой контроля проезда (АСКП).

1.21. Внешний и внутренний вид автобуса, конструкция и оформление дверей, окон, кресла, поручни, компоновка оборудования, включая дополнительное оборудование кабины водителя, фактура, материалы и цвет поверхностей снаружи и внутри автобуса должны отвечать современным требованиям безопасности, эргономики и технической эстетики.

1.22. Планировка пассажирского помещения, размеры и расположение сидений, дверей, подножек, а также система управления дверями должны обеспечивать максимальную интенсивность пассажирообмена при посадке и высадке пассажиров.

1.23. Для пассажиров должна быть предусмотрела звуковая сигнализация водителю. Сигнализация должна приводиться в действие нажимной кнопкой, размещенной на поверхности кожуха дверных механизмов. Допускается размещение нажимной кнопки на поручнях салона. Кнопка должна быть удобной для стоящих в дверном проеме пассажиров.

1.24. Конструктивное исполнение и качество изготовления элементов кузовного оборудования, пассажирского помещения и кабины водителя должны исключать возможность травматизма.

1.25. Замки и запоры дверей, форточек, крышек люков, маршрутных указателей, кожухов привода дверей и других устройств не должны самопроизвольно открываться во время движения автобуса.

1.26. Салон и кабина водителя должны быть приспособлены к уборке и мойке, включая работы по дезинфекции.

1.27. На автобусе должна быть применена усиленная антикоррозионная защита элементов нижней части кузова, находящейся под полом, а также кожухов и внутренних полостей.

1.28. Звуковые сигнальные приборы и места их крепления должны соответствовать ГОСТ Р 41.28—99.

1.29. В пассажирском помещении для удобства и обеспечения безопасности стоящих пассажиров при движении автобуса должны иметься удобные по месту, положению, размерам и форме поручни. Поручни должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ Р 41.36—99.

1.30. Автобус должен быть оборудован передним, боковым и задним номерными маршрутными указателями. По согласованию с заказчиком может быть предусмотрена установка электронных или электронно-механических маршрутных указателей.

1.31. Информационные таблички в пассажирском помещении должны соответствовать ГОСТ 25869—90.

1.32. Левое боковое окно кабины водителя должно иметь форточку.

1.33. Рабочее место водителя автобуса должно быть оборудовано внешними и внутренним зеркалами заднего вида. Зеркала и их установка должны отвечать требованиям ГОСТ Р 41.46—99.

1.34. Кабина должна быть оборудована: электрическим освещением; защитным регулируемым противосолнечным устройством; ящиком для мелких вещей; карманом для документов; вешалкой для верхней одежды водителя; местами для установки и крепления расписания, речевого информатора (магнитофона, диктофона), знака аварийной остановки, аптечки первой медицинской (доврачебной) помощи, огнетушителя.

1.35. На пульте управления или на отдельной панели в кабине водителя должна быть отражена информация: о незакрытых служебных дверях; о напряжении низковольтной цепи; о состоянии тормозных систем; о включении указателя поворота, габаритных огней и дальнего света фар, аварийной сигнализации, заднего противотуманного огня; о скорости движения автобуса; о состоянии АБС; о давлении в тормозной пневматической системе; о давлении масла в двигателе; о зарядке АКБ и др.

1.36. При применении электронной системы для получения информации о режимах работы автобуса и отдельных его агрегатов и узлов на дисплее должна постоянно присутствовать информация о скорости и положении дверей. Остальная информация по вызову или при возникновении нештатных ситуаций или аварийных режимов.

1.37. Требования к прочим элементам конструкции в соответствии с ГОСТ Р 41.36—99 и ГОСТ Р 51709—2001.

1.38. Конструкция автобуса должна предусматривать буксировку автотранспортом и специальными эвакуаторами.

1.39. Автобус должен быть рассчитан на эксплуатацию при безгаражном хранении.

### 2. Требования по безопасности

2.1. Автобус должен оборудоваться АБС и иметь устойчивость к опрокидыванию.

2.2. Пассивная безопасность должна отвечать требованиям, предъявляемым к автобусам по Правилам № 36.03 ЕЭК ООН.

2.3. Водо- и пыленепроницаемость кузова должны соответствовать ОСТ 37.001.248—86.

2.4. Прочность верхней части (крыши) должна удовлетворять требованиям Правил № 66 ЕЭК ООН.

2.5. Содержание токсичных веществ в отработавших газах двигателя должно соответствовать требованиям Директивы № 88/77/ЕЕС (Евро-5).

2.6. Должны быть учтены требования и нормы пожарной безопасности по ГОСТ 12.1.004-91. В моторном отсеке и в отсеке пускового подогревателя должны быть предусмотрены автоматические системы пожаротушения объемом не менее трех баллонов для моторного отсека и не менее одного баллона для отсека пускового подогревателя.

2.7. Автобус должен быть укомплектован огнетушителями не менее двух в соответствии с требованиями ГОСТ Р41.36—99. Огнетушители должны быть объемом не менее 5 л каждый, один должен располагаться в кабине водителя, другой в помещении для пассажиров.

2.8. Выбрасывание или течь технологических жидкостей, смазки, масла из любых агрегатов автобуса не допускается.

2.9. Содержание вредных веществ в кабине водителя и пассажирском помещении не должно превышать значений, допустимых ГОСТ 12.1.005—88.

2.10. Материалы, применяемые для внутренней отделки кабины водителя и пассажирского помещения, а также для изоляции и антикоррозионных покрытий, не должны выделять вредных и ядовитых веществ при повышенных температурах.

2.11. Должна быть обеспечена блокировка хода при неполностью закрытых дверях.

### 3. Требования по надежности

3.1. На автобусе должна быть предусмотрена возможность установки по требованию заказчика бортовой системы диагностики агрегатов (двигателя, гидромеханической передачи, АБС, отопителя и др.).

3.2. Наработка на отказ на гарантийном пробеге, не менее 30 тыс. км.

3.3. Наработка на отказ, не менее 5 тыс. км.

3.4. Вероятность безотказной работы не менее 0,8.

3.5. Вероятность отказа не более 0,2.

3.6. Гарантийный пробег двигателя не менее 200 тыс. км.

3.7. Ресурс двигателя до капитального ремонта не менее 800 тыс. км.

3.8. Гарантийный пробег коробки передач не менее 200 тыс. км. Ресурс коробки передач до капитального ремонта не менее 800 тыс. км.

3.9. Гарантийный пробег ведущего моста не менее 300 тыс. км. Ресурс ведущего моста до капитального ремонта не менее 800 тыс. км.

3.10. Срок службы не менее 15 лет.

3.11. Пробег до капитального ремонта не менее 1 млн км.

3.12. Нормативная удельная трудоемкость ТО не более 6,5 чел. ч/1000 км.

3.13. Нормативная удельная трудоемкость ТР не более 7,0 чел. ч/1000 км.

### 4. Требования по тормозным свойствам

4.1. Тормозные системы (рабочая, запасная, вспомогательная, стояночная) и их эффективность должны удовлетворять требованиям ГОСТ Р 51709—2001.

4.2. Тормозной путь должен составлять не более 18,3 м (ГОСТ Р 51709—2001).

4.3. Установившееся замедление — 5,0 м/с$^2$ (ГОСТ Р 51709—2001).

4.4. Должно быть обеспечено распределение тормозных сил по осям.

### 5. Требования по вместимости

5.1. Максимальная вместимость 110 пасс.

5.2. Номинальная вместимость 80 пасс.

### 6. Требования по топливной экономичности

6.1. Расход топлива в городском цикле на дороге по ГОСТ 20306—90 — не более 40 л/100 км.

6.2. Расход топлива при установившейся скорости движения в 40 км/ч не более 14 л/100 км, а при 60 км/ч — 22 л/100 км.

6.3. Удельный расход топлива — не более 0,22 л/100 пасс. км.

### 7. Требования по тягово-скоростным свойствам

7.1. Время разгона от 0 до 60 км/ч — не более 30 с.

7.2. Максимальная скорость — не менее 70 км/ч.

### 8. Требования по маневренности

8.1. Габаритные размеры, м: длина — 12; ширина — 2,5; высота — 2,9.

8.2. Радиус поворота — не более 10,5 м.

8.3. Распределение массы между передней и задней осями (в процентах) — 35/65.

### 9. Требования по управляемости

9.1. Требования к управляемости регламентированы ОСТ 37.001.487—89 и ГОСТ Р 52302—2004.

### 10. Требования по эргономичности

10.1. Высота пола в передней части должна быть 320 мм. В зоне второй-третьей дверей — 340 мм.

10.2. Количество мест для сидения — 25.

### 11. Требования по устойчивости

11.1. Требования к устойчивости регламентированы ОСТ 37.001.487—89 и ГОСТ Р 52302—2004.

### 12. Требования по плавности хода

12.1. Плавность хода должна соответствовать нормам ОСТ 37.001.291—84.

12.2. Общая и локальная вибрационная безопасность на рабочем месте водителя и общая на полу над местом расположения компрессора и генератора должна быть в пределах требований ГОСТ 12.1.012. Коэффициент плавности хода должен быть не более 3,5 балла.

### 13. Требования по комфортности

13.1. Система отопления и вентиляции, установленная в автобусе, должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 50993—96.

13.2. Уровень шума в кабине водителя по ГОСТ Р 51616—2000 — не более 74 дБА.

13.3. Уровень шума в пассажирском помещении по ГОСТ Р 51616—2000 — не более 82 дБА.

13.4. Система отопления кабины водителя должна работать с притоком свежего воздуха и быть регулируемой по производительности и по направлению подачи теплого воздуха.

Система отопления кабины водителя при движении автобуса должна через 15 мин после начала движения обеспечивать следующие комфортные тепловые условия в кабине при температуре окружающей среды до минус 25 °С: подвижность воздуха в зоне головы не более 0,6 м/с; в зоне пояса не более 0,6 м/с; температуру воздуха в зоне головы не менее 10 °С; в зоне ног — 16 °С; перепад между температурами воздуха в зонах ног и головы должен быть в пределах 3—10 °С.

13.5. При работающем отоплении температура не должна превышать: плюс 45°С на внутренних поверхностях элементов кабины и плюс 70 °С на наружных поверхностях воздуховодов.

13.6. Система отопления и вентиляции кабины водителя должна обеспечивать устранение запотевания и обмерзания боковых окон кабины и ветрового стекла на площади, нормируемой ГОСТ Р 51266—99.

13.7. Автобус должен быть оборудован устройством для оповещения пассажиров. На автобусах также должна быть установлена звуковая (акустическая) сигнализация "пассажир—водитель" в соответствии с требованиями ГОСТ Р 41.36—99.

С учетом вышеперечисленных основных требований, предъявляемых к низкопольному автобусу большого класса, должен разрабатываться и перспективный бортовой компьютер. Необходимо, чтобы он был единым, т. е. мог бы снимать, обрабатывать, хранить и передавать информацию одновременно со всех штатных датчиков городского автобуса (см. пункты 1.35, 1.36, 2.5, 2.11, 3.1, 4.1, 4.3, 6.1, 13.1). Кроме того, он должен иметь навигационную систему ГЛОНАСС (GPS).

Перспективный бортовой компьютер городских автобусов должен отображать мгновенные параметры: текущее время, скорость автомобиля, обороты двигателя, температуру двигателя, температуру в салоне и температуру наружного воздуха, остаток топлива в баке, бортовое напряжение и т. д. В настоящее время большинство значений этих параметров можно увидеть по показанию индикаторов на панели приборов, однако точность показаний штатных систем оставляет желать лучшего, они не поддаются коррекции, не фиксируются в реальном масштабе времени и не хранятся с целью дальнейшей обработки, анализа, выявления причин неэффективной работы и т. д.

При использовании единого бортового компьютера городских автобусов появляется возможность контролировать и реагировать на нештатные ситуации, поскольку он будет постоянно контролировать ряд параметров и при необходимости оперативно сигнализировать об их изменении (повышенные обороты прогреваемого двигателя, движение с открытой дверью, движение "накатом" на нейтральной передаче в АКП, излишне динамичный стиль вождения автобуса и др.).

Перспективный бортовой компьютер городских автобусов должен обеспечивать также сервисные функции — диагностирование основных агрегатов и узлов (двигатель, АКП, турбокомпрессор и др.).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Максимов В. А.** Бортовой информационно-диагностический комплекс маршрутного транспортного средства / В. А. Максимов, В. В. Гребенюк, Р. И. Исмаилов, А. В. Дунин, Г. Д. Князьков, С. В. Рощак // Вестник МАДИ. Вып. 2(29), 2012.
2. **Максимов В. А.** Диагностический комплекс для оперативного учета параметров функционирования автобусов / В. А. Максимов, В. В. Гребенюк, Р. И. Исмаилов, А. В. Дунин, Г. Д. Князьков, С. В. Рощак // Грузовик, № 1. 2013.
3. **Отчет по теме:** "Разработка технико-экономических требований, предъявляемых к перспективному подвижному составу наземного городского пассажирского транспорта (автобус, троллейбус, трамвай) для г. Москвы". — М.: ГУП "Мосгортранс", 2008.
4. **Отчет по теме:** "Разработка технико-экономических требований, предъявляемых к перспективному подвижному составу наземного пассажирского транспорта (автобус, троллейбус, трамвай) для г. Москвы". — М.: НИИАТ, 2003.
5. **Техническая эксплуатация автомобилей:** Учебник для вузов. — 4-е изд., перераб. и дополн. / Е. С. Кузнецов, А. П. Болдин, В. М. Власов и др. — М.: Наука, 2001. — 535 с.

*Цикл статей*

УДК 625.7/8

**Н. Е. Кокодеева**, д-р техн. наук, проф., Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.,
**А. В. Кочетков**, д-р техн. наук, проф., Пермский национальный исследовательский политехнический университет
E-mail: soni.81@mail.ru

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА В СООТВЕТСТВИИ С НОВЫМИ ПРИНЦИПАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ

*Начало XXI века для России и Казахстана ознаменовалось переходом законодательной базы на новый международный уровень, в результате которого в течение переходного периода должны быть разработаны технические регламенты, национальные стандарты и стандарты предприятий во всех сферах технической деятельности. В статье проведен анализ основных принятых законодательных документов в сфере дорожного хозяйства на примере введения Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании", применение которых обосновано идентификацией объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства. Разработана базовая классификация автомобильных дорог по уровню ответственности с учетом Федерального закона № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", в котором предложены параметры недопустимого риска, коэффициента вариации качества автомобильной дороги, степень риска и степень причинения ущерба.*

***Ключевые слова:*** *закон, транспортная инфраструктура дорожного хозяйства, объект дорожного хозяйства, идентификация объекта, риск, классификация автомобильных дорог по уровням ответственности*

**Введение.** В Российской Федерации на сегодняшний день ускорен процесс разработки и утверждения ряда законодательных документов, направленных на выполнение Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании", в котором предлагается в качестве измерителя требуемого уровня безопасности использовать допустимый риск причинения вреда:

— безопасность продукции, процессов производства, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, состояние, при котором отсутствует недопустимый риск, связанный с причинением вреда жизни или здоровью граждан или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений;

— риск — вероятность причинения вреда жизни или здоровью граждан, имуществу физических или юридических лиц, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде, жизни или здоровью животных и растений с учетом тяжести этого вреда.

В рамках выполнения данного Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" принят ряд законодательных документов Российской Федерации, применение которых в сфере дорожного хозяйства обосновано идентификацией объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства.

## Транспортная инфраструктура дорожного хозяйства

Инфраструктура (лат. infra — ниже, под; лат. structura — строение, расположение) представляет собой комплекс взаимосвязанных обслуживающих структур или объектов, составляющих и/или обеспечивающих основу функционирования системы, например, в экономике — экономической системы, в авиации — единой системы организации воздушного движения, а транспорте — единой транспортной системы.

В соответствии с Федеральным законом № 190-ФЗ "Градостроительный Кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 г. отечественная инфраструктура подразделяется на инженерную, транспортную и социальную.

В Федеральном законе № 16-ФЗ "О транспортной безопасности" от 9 февраля 2007 г. (с последними изменениями 29 июня 2010 г.) объектом транспортной инфраструктуры является технологический комплекс, включающий в себя железнодорожные, трамвайные и внутренние водные пути, контактные линии, автомобильные дороги, тоннели, эстакады, мосты, вокзалы, железнодорожные и автобусные станции, метрополитены, морские торговые, рыбные, специализированные и речные порты, портовые средства, судоходные гидротехнические сооружения, аэродромы, аэропорты, объекты систем связи, навигации и управления движением транспортных средств, а также иные обеспечивающие функционирование транспортного комплекса здания, сооружения, устройства и оборудование.

В рамках настоящей статьи рассматриваются объекты транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства [1]. На современном этапе неотъемлемой частью единой транспортной системы страны является дорожное хозяйство Российской Федерации или транспортная инфраструктура дорожного хозяйства, представляющая собой единый производственно-хозяйственный комплекс и включающая в себя автомобильные дороги общего пользования и инженерные сооружения на них, а также организации (рис. 1).

К объектам дорожного хозяйства относятся мосты, тоннели, путепроводы, водопропускные трубы, столбы искусственного освещения, автобусные остановки, дорожные знаки и другие объекты, находящиеся в придорожной полосе [2, 3].

Управление дорожным хозяйством — внушительным по линейной протяженности, инженерной сложности и стоимости комплексом, — в настоящее время возложено на государственные структуры (рис. 2):

— *Министерство транспорта Российской Федерации* является федеральным органом исполнительной власти в области транспорта, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правового регулирования в сфере гражданской авиации, использования воздушного пространства и аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного пространства Российской Федерации, авиационно-космического поиска и спасания, морского (включая морские порты, кроме портов рыбопромысловых колхозов), внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного, городского электрического (включая метрополитен) и промышленного транспорта, а также дорожного хозяйства;

— *Департамент государственной политики в области дорожного хозяйства*, одной из задач которого является обеспечение совершенствования нормативной, правовой и нормативно-технической базы в сфере дорожного хозяйства и организации дорожного движе-

**Рис. 1. Структура дорожного хозяйства России**

**Рис. 2. Структура управления дорожным хозяйством в России**

ния в части организационно-правовых мероприятий по управлению движением на автомобильных дорогах;

— *Федеральное дорожное агентство* является федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим функции по оказанию государственных услуг и управлению государственным имуществом в сфере автомобильного транспорта и дорожного хозяйства, в том числе в области учета автомобильных дорог.

В ведении вышеупомянутых структур находится подготовка Федеральных законов в соответствии с Федеральным законом № 184-ФЗ "О техническом регулировании".

### Анализ законодательных документов в дорожном хозяйстве

В соответствии с информационными ресурсами, предоставленными Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии РОССТАНДАРТ, в настоящее время законодательные основы технического регулирования в Российской Федерации базируются на следующих законах:

— Федеральном законе "О защите прав потребителей" (№ 2300-I от 07.02.1992 с последующими изменениями);

— Федеральном законе "Об обеспечении единства измерений" (№ 102-ФЗ от 26.06.2008);

— Федеральном законе "О техническом регулировании" (№ 184-ФЗ от 27.12.2002 с последующими изменениями).

В соответствии с приказом Президента Российской Федерации (Пр-576 от 30.03.2002 г.) "Основы политики Российской Федерации в области развития науки и технологий на период до 2010 года и дальнейшую перспективу", целью государственной политики в области развития науки и технологий является переход к инновационному пути развития страны на основе избранных приоритетов.

Одной из приоритетных задач для достижения цели государственной политики в области развития науки и технологий является развитие транспортной системы Российской Федерации как важнейшей составной части транспортной инфраструктуры. В этой связи в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 г. № 1734-р утверждена Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года, которая по своему характеру является инновационной. Инновационный вариант предполагает ускоренное и сбалансированное развитие транспортной системы страны, которое наряду с достижением целей, предусматриваемых при реализации энергосырьевого варианта, позволит обеспечить транспортные условия для развития инновационной составляющей экономики, повышения качества жизни населения, перехода к полицентрической модели пространственного развития России.

На новом этапе Транспортная стратегия Российской Федерации должна определять активную позицию государства по созданию условий для социально-экономического развития, прежде всего в целях повышения качества транспортных услуг, снижения совокупных издержек общества, зависящих от транспорта, повышения конкурентоспособности отечественной транспортной системы, усиления инновационной, социальной и экологической направленности развития транспортной отрасли.

В качестве основного механизма реализации Транспортной стратегии является совершенствование нормативно-правовой базы и методов государственного регулирования развития транспортной системы, обеспечивающих достижение цели Транспортной стратегии.

Одним из приоритетных направлений совершенствования нормативно-правового регулирования в дорожном хозяйстве является принятие или переутверждение Правительством Российской Федерации нормативных правовых актов, необходимых для государственного регулирования дорожной деятельности в соответствии с Федеральным законом № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации". Например таких, как порядок оценки технического состояния автомобильных дорог, порядок установления временного ограничения или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам, также подготовка новых документов технического регулирования — технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организаций и актов рекомендательного характера.

Применительно к сфере дорожного хозяйства действует ОДМ 218.1.001—2010 "Рекомендации по разработке и применению документов технического регулирования в сфере дорожного хозяйства", в котором отражены основные принципы применения и соблюдения норм в сфере дорожного хозяйства, применение нормативных документов в переходный период, дана классификация отраслевых дорожных методических документов, представляющих собой акты рекомендательного характера, изданные распоряжением федерального органа исполнительной власти в дорожном хозяйстве, разъясняющие методологию работ в сфере технического регулирования и(или) содержащие технические рекомендации в области проектирования, строительства, реконструкции, модернизации, ремонта и содержания автомобильных дорог и искусственных сооружений на них (табл. 1).

Таблица 1

**Документы системы технического регулирования, обеспечивающие функционирование дорожного хозяйства в соответствии с ОДМ 218.1.001—2010**

| Наименование документа | Утверждающая инстанция | Назначение документа |
|---|---|---|
| Технические регламенты | Принимаются международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или межправительственным соглашением, заключенным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию | Устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции, в том числе зданиям, строениям и сооружениям или к связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) |
| Национальные стандарты | Утверждаются Национальным органом Российской Федерации по стандартизации | Документ, в котором в целях добровольного многократного использования устанавливаются характеристики продукции, правила осуществления и характеристики процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации, выполнения работ или оказания услуг. Стандарт может содержать требования к терминологии, символике, упаковке, маркировке или этикеткам и правилам их нанесения |
| Правила (нормы) в области стандартизации | Утверждаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии | Устанавливают организационно-методические положения, которые дополняют или конкретизируют отдельные положения основополагающего национального стандарта и определяют порядок и методы выполнения работ по стандартизации |
| Рекомендации по стандартизации | Утверждаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии | Содержат советы организационно-методического характера, которые касаются проведения работ по стандартизации и способствуют применению основополагающего национального стандарта или содержат положения, которые целесообразно предварительно проверить на практике до их установления в основополагающем национальном стандарте |
| Общероссийские классификаторы технико-экономической и социальной информации | Принимаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии | Устанавливают систематизированный перечень наименований и кодов объектов классификации и (или) классификационных группировок и направлены для применения при создании государственных информационных систем и информационных ресурсов и межведомственном обмене информацией |
| Своды правил | Утверждаются федеральными органами исполнительной власти в пределах их полномочий | Устанавливают технические правила и (или) описание процессов проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации продукции. Разрабатываются в случае отсутствия национальных стандартов применительно к отдельным требованиям технических регламентов или к объектам технического регулирования в целях обеспечения соблюдения требований технических регламентов |
| Стандарты организаций: стандарты научных, общественных, инженерных организаций, ассоциаций и т.п., стандарты конкретных субъектов хозяйственной деятельности | Принимаются организациями самостоятельно и могут согласовываться с федеральным органом исполнительной власти в области дорожного хозяйства (необходимость согласования определяется организацией) | Применяются для целей совершенствования производства и обеспечения качества продукции, выполнения работ, оказания услуг, а также для распространения и использования полученных в различных областях знаний результатов исследований (испытаний), измерений и разработок |

После выхода в свет в 2003 г. Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" в сфере дорожного хозяйства процесс разработки и принятия законодательных документов растянулся на долгие годы. И не только в области дорожного хозяйства. Как сказано в интервью Г. Элькина "...в России разработка технических регламентов идет достаточно медленно". Беспокойство обосновано потому как еще 1 июля 2010 г. закончился семилетний срок, отведенный для реализации реформ технического регулирования. За это время принято менее 30 регламентов, а по оценкам специалистов их должно быть несколько сотен.

Еще 8 ноября 2007 г. вступил в силу к исполнению Федеральный Закон № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации", в котором определена терминологическая составляющая объектов дорожного хозяйства. Автомобильную дорогу предлагается рассматривать как объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог.

Особое место в данном Федеральном законе отводится вопросу классификации автомобильных дорог. А именно в статье 5 п. 18 отмечено, что классификация автомобильных дорог и их отнесение к категориям автомобильных дорог (первой, второй, третьей, четвертой, пятой категориям) осуществляются в зависимости от транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств автомобильных дорог. С этой целью постановлением Правительства Российской Федерации № 767 от 28 сентября 2009 г. "О классификации автомобильных дорог в Российской Федерации" определены порядок классификации автомобильных дорог (их участков) в Российской Федерации и их отнесение к категориям автомобильных дорог в зависимости от транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств.

Данные положения находятся в ведении Федерального Закона "О техническом регулировании", что и отражено в Федеральном законе № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации" (статья 62 п. 8) — "...до вступления в силу в установленном порядке предусмотренных настоящим Федеральным законом технических регламентов строительство, реконструкция, капитальный ремонт, ремонт, содержание автомобильных дорог, являющихся сооружениями пересечений, примыканий, подъездов к автомобильным дорогам съездов с автомобильных дорог, оценка соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог, эксплуатация железнодорожных переездов, размещение объектов дорожного сервиса, установка рекламных конструкций осуществляются в соответствии с требованиями законодательства Российской Федерации, нормативными техническими документами в части, не противоречащей Федеральному закону от 27 декабря 2002 года № 184-ФЗ "О техническом регулировании" и настоящему Федеральному закону". В связи с этим, необходимо транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильной дороги на всех этапах ее жизненного цикла устанавливать с учетом оценки степени риска и оценки степени причинения ущерба.

Однако в Федеральном законе № 57-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации" о риске упоминается только в ст. 38 "Строительство, реконструкция и использование платных автомобильных дорог, содержащих платные участки, на основании концессионных соглашений", а именно "Концессионное соглашение в отношении платной автомобильной дороги или автомобильной дороги, содержащей платные участки, наряду с установленными законодательством Российской Федерации о концессионных соглашениях существенными условиями должно содержать... способы обеспечения концессионером исполнения своих обязательств по концессионному соглашению, в том числе по страхованию риска утраты или повреждения платной автомобильной дороги или платного участка автомобильной дороги".

Оценка риска должна осуществляться по методике, опробованной в течение длительного периода. В данном направлении известны научные работы профессора В. В. Столярова (Саратовский государственный технический университет), многие годы ведущего активную научно-исследовательскую деятельность в области обеспечения безопасности транспортных сооружений на стадии проектирования, строительства, эксплуатации, реконструкции

Таблица 2

**Классификация автомобильных дорог по степени ответственности**

| В соответствии с ФЗ № 384-ФЗ | | | С учетом структуры ОДН 218.046—01 | | | | | | В соответствии с ФЗ № 184-ФЗ и ФЗ № 257-ФЗ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уровень ответственности сооружения | Признак ответственности | Коэффициент надежности | Тип дорожной одежды | Категория дороги | Заданная надежность | Предельный коэффициент разрушения (предельный допустимый риск) | Требуемый коэффициент прочности | | Недопустимый риск | Коэффициент вариации качества автомобильной дороги | Степень риска |
| | | | | | | | сдвига и растяжения при изгибе | упругого прогиба | | | |
| I **Повышенный** | Сооружения, отнесенные к особо опасным, технически сложным или уникальным объектам | >1,1 | Капитальный | I | 0,98 | 0,02 | 1,1 | 1,50 | >0,02 | <0,1 | **Пониженная** |
| | | | | II | 0,98 | 0,02 | 1,1 | 1,38 | >0,02 | | |
| | | | | III | 0,98 | 0,02 | 1,1 | 1,29 | >0,02 | | |
| | | | | Основные внутризаводские дороги предприятий | — | — | — | — | >0,02 | | |
| | | | Облегченный | III | 0,98 | 0,02 | 1,1 | 1,29 | >0,02 | | |
| II **Нормальный** | Сооружения, за исключением зданий и сооружений повышенного и пониженного уровней ответственности | >1,0 | Капитальный | I | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,3 | >0,05 | <0,15 | **Средняя** |
| | | | | II | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,2 | >0,05 | | |
| | | | | III | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,17 | >0,05 | | |
| | | | | IV | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,17 | >0,05 | | |
| | | | Облегченный | III | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,17 | >0,05 | | |
| | | | | IV | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,17 | >0,05 | | |
| | | | | V | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,13 | >0,05 | | |
| | | | | Прочие внутризаводские дороги | — | — | — | — | >0,05 | | |
| | | | Переходный | IV | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,17 | >0,05 | | |
| | | | | V | 0,95 | 0,05 | 1,0 | 1,13 | >0,05 | | |

*Подолжение табл. 2*

| В соответствии с ФЗ № 384-ФЗ | | | С учетом структуры ОДН 218.046—01 | | | | | | В соответствии с ФЗ № 184-ФЗ и ФЗ № 257-ФЗ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Уровень ответственности сооружения | Признак ответственности | Коэффициент надежности | Тип дорожной одежды | Категория дороги | Заданная надежность | Предельный коэффициент разрушения (предельный допустимый риск) | Требуемый коэффициент прочности | | Недопустимый риск | Коэффициент вариации качества автомобильной дороги | Степень риска |
| | | | | | | | сдвига и растяжения при изгибе | упругого прогиба | | | |
| III **Пониженный** | Сооружения временного (сезонного) назначения, а также сооружения вспомогательного использования | ⩾0,8 | Капитальный | III | 0,9 | 0,1 | 0,94 | 1,1 | >0,1 | ⩽**0,2** | **Повышенная** |
| | | | | IV | 0,9 | 0,2 | 0,94 | 1,1 | >0,1 | | |
| | | | | | 0,85 | | 0,9 | 1,06 | >0,15 | | |
| | | | | | 0,8 | | 0,87 | 1,02 | >0,2 | | |
| | | | Облегченный | III | 0,9 | 0,1 | 0,94 | 1,1 | >0,1 | | |
| | | | | IV | 0,9 | 0,2 | 0,94 | 1,1 | >0,1 | | |
| | | | | | 0,85 | | 0,9 | 1,06 | >0,15 | | |
| | | | | | 0,8 | | 0,87 | 1,02 | >0,2 | | |
| | | | | V | 0,9 | 0,3 | 0,94 | 1,06 | >0,1 | | |
| | | | | | 0,8 | | 0,87 | 0,98 | >0,2 | | |
| | | | | | 0,7 | | 0,8 | 0,9 | >0,3 | | |
| | | | Переходный | IV | 0,9 | 0,2 | 0,94 | 1,1 | >0,1 | | |
| | | | | | 0,85 | | 0,9 | 1,06 | >0,15 | | |
| | | | | | 0,8 | | 0,87 | 1,02 | >0,2 | | |
| | | | | V | 0,9 | 0,3 | 0,94 | 1,06 | >0,1 | | |
| | | | | | 0,8 | | 0,87 | 0,98 | >0,2 | | |
| | | | | | 0,7 | | 0,8 | 0,9 | >0,3 | | |
| | | | Низший | Времен. дороги | — | — | — | — | >0,3 | | |

и ремонта, а также в области повышения безопасности дорожного движения на основе теории риска. В его работах даны новые методы экспертизы дорожно-транспортных происшествий (ДТП), включая наезды на пешеходов автомобилей с антиблокировочными тормозными системами (ABS). Представлены методики определения степени ответственности водителей и пешеходов в дорожно-транспортных происшествиях. Даны примеры проведения экспертизы аварий с учетом оценки участков дорог по безопасности движения и др.

Доктор технических наук В. В. Столяров является руководителем нового научного направления: "Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска". В рамках научной школы защищены диссертационные работы и проводятся научные исследования по следующим вопросам:

— разработка методов оценки риска и надежности вложения средств (инвестиций) в транспортные проекты;

— создание методов оценки фактического срока службы и риска (темпа) разрушения дорожной одежды;

— разработка теории управления состоянием конструкции с позиции теории риска;

— создание методов проектирования геометрических элементов автомобильных дорог по допустимой величине риска возникновения ДТП (заноса, столкновения, наезда и опрокидывания автомобилей).

Возвращаясь к вопросам законодательной базы, отметим, что несколько позже 30 декабря 2009 г. был принят Федеральный закон № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений". Закон принят Государственной Думой 23 декабря 2009 г. и одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 г. в целях:

1) защиты жизни и здоровья граждан, имущества физических или юридических лиц, государственного или муниципального имущества;

2) охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных и растений;

3) предупреждения действий, вводящих в заблуждение приобретателей;

4) обеспечения энергетической эффективности зданий и сооружений.

Анализ основных положений данного документа дает возможность его применения для автомобильной дороги, так как дорога представляет собой линейное инженерное сооружение. Под сооружением в Федеральном законе № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" понимается результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и(или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов.

Учитывая проведенный анализ Федеральных законов, а именно № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации" и № 184-ФЗ "О техническом регулировании", предлагается базовая классификация автомобильных дорог по степени ответственности (табл. 2), не противоречащая действующему законодательству в России, с учетом:

— уровней ответственности и коэффициентов надежности по ответственности (в соответствии ц Федеральным законом № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений");

— требуемых минимальных коэффициентов прочности при заданных уровнях надежности для дорожных одежд нежесткого типа (в соответствии с ОДН 218.046-01 "Проектирование нежестких дорожных одежд");

— недопустимого риска и коэффициента вариации качества автомобильной дороги (в рамках выполнения Федеральных законов № 184-ФЗ "О техническом регулировании" и № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации").

Необходимо отметить, что коэффициенты надежности по ответственности, принятые в Федеральном законе № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений", в своем понимании соответствуют требуемым минимальным коэффициентам прочности по критерию сдвига и растяжения при изгибе, рекомендуемым при проектировании дорожных одежд нежесткого типа.

Используя общепринятую зависимость между требуемыми минимальными коэффициентами прочности и заданной надежностью, а также соотношение между заданной надежностью и риском, можно установить недопустимый риск для автомобильных дорог разных категорий и уровней ответственности.

Таблица 3

**Идентификация объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства**

| № пп | Термины и определения | Законодательный документ |
|---|---|---|
| 1 | **Автомобильная дорога** — объект транспортной инфраструктуры, предназначенный для движения транспортных средств и включающий в себя земельные участки в границах полосы отвода автомобильной дороги и расположенные на них или под ними конструктивные элементы (дорожное полотно, дорожное покрытие и подобные элементы) и дорожные сооружения, являющиеся ее технологической частью, — защитные дорожные сооружения, искусственные дорожные сооружения, производственные объекты, элементы обустройства автомобильных дорог | Федеральный закон № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" |
| 2 | **Объекты дорожного сервиса** — здания, строения, сооружения, иные объекты, предназначенные для обслуживания участников дорожного движения по пути следования (автозаправочные станции, автостанции, автовокзалы, гостиницы, кемпинги, мотели, пункты общественного питания, станции технического обслуживания, подобные объекты, а также необходимые для их функционирования места отдыха и стоянки транспортных средств) | Федеральный закон № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" |
| 3 | **Производственные объекты** — сооружения, используемые при капитальном ремонте, ремонте, содержании автомобильных дорог | Федеральный закон № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" |
| 4 | **Производственные объекты** — объекты промышленного и сельскохозяйственного назначения, в том числе склады, объекты инженерной и транспортной инфраструктуры (железнодорожного, автомобильного, речного, морского, воздушного и трубопроводного транспорта), объекты связи | Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" |
| 5 | К категории **опасных производственных объектов** относятся объекты, на которых получаются, используются, перерабатываются, образуются, хранятся, транспортируются, уничтожаются...опасные вещества... | Федеральный закон № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" |
| 6 | **Потенциально опасный объект** — объект, на котором используют, производят, перерабатывают, хранят или транспортируют радиоактивные, пожаровзрывоопасные, опасные химические и биологические вещества, создающие реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации | ГОСТ Р 22.1.12—2005 "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования" |
| 7 | **Сооружение** — строительная система любого функционального назначения, в состав которой входят помещения, предназначенные в зависимости от функционального назначения для пребывания или проживания людей и осуществления технологических процессов | Федеральный закон № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" |
| 8 | **Сооружения** — строительная система, не имеющая наземного замкнутого объема, мосты и тоннели длиной более 500 м, метрополитены, гидротехнические сооружения 1-го и 2-го классов | ГОСТ Р 22.1.12—2005 "Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования" |
| 9 | **Сооружение** — результат строительства, представляющий собой объемную, плоскостную или линейную строительную систему, имеющую наземную, надземную и (или) подземную части, состоящую из несущих, а в отдельных случаях и ограждающих строительных конструкций и предназначенную для выполнения производственных процессов различного вида, хранения продукции, временного пребывания людей, перемещения людей и грузов | Федеральный закон № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" |
| 10 | **Жизненный цикл здания или сооружения** — период, в течение которого осуществляются инженерные изыскания, проектирование, строительство (в том числе консервация), эксплуатация (в том числе текущие ремонты), реконструкция, капитальный ремонт, снос здания или сооружения | Федеральный закон № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" |

В работах профессора В. А. Семенова [4] под качеством автомобильной дороги понимается комплекс ее потребительских свойств, обусловливающих способность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением. При этом уровень качества автомобильной дороги напрямую связан с однородностью, представляющую собой степень неизменности физико-механических свойств, геометрических размеров, параметров технологических процессов, условий эксплуатации и производства работ.

Регулирование качества за счет повышения однородности является наиболее эффективным и доступным способом. Повышение качества и однородности дорожных одежд и земляного полотна приводит к повышению их надежности.

Неоднородность дорожных одежд сказывается и на неоднородности их транспортно-эксплуатационных показателей. Профессором В. А. Семеновым предложено оценивать однородность по коэффициенту вариации параметров [4].

Учитывая это, предлагается для достижения отличного и хорошего уровня качества автомобильной дороги стремиться к получению коэффициента вариации качества автомобильной дороги I уровня (повышенного) — не более 0,1; II уровня (нормального) — не более 0,15; III уровня (пониженного) — не более 0,2.

В соответствии с Федеральным законом № 184-ФЗ "О техническом регулировании" и нормативных документов [5, 6] установлена степень риска и степень причинения ущерба: для I уровня — пониженная; для II уровня — средняя; для III уровня повышенная.

На основании проведенной идентификации объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства, в табл. 3 приведен ряд законодательных документов, которыми необходимо руководствоваться в сфере дорожного хозяйства.

Анализ Перечня национальных стандартов и сводов правил, в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (Перечень утвержден постановлением Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 1047-р) показал, что он должен применяться как объект правоприменения в статусе доказательной базы проверки соответствия техническим регламентам. Верховенство имеет процедура проверки соответствия, изложенная в техническом регламенте.

**Вывод.** Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что после принятия Федерального закона № 184-ФЗ "О техническом регулировании" на основе проведенной выше идентификации объектов транспортной инфраструктуры дорожного хозяйства возможны для применения в области дорожного хозяйства следующие Федеральные законы:

1. Федеральный Закон от 8 ноября 2007 г. № 257-ФЗ "Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

2. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений".

3. Федеральный закон от 21.07.1997 г. № 116-ФЗ "О промышленной безопасности опасных производственных объектов" (с последними изменениями на 27.07.2010 г.).

4. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **ГОСТ Р 52398—2005.** Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. — Введ. 2005-22-11. — Электрон. дан. — М., — 2012. http://vsegost.com/Catalog/14/1438.shtml.
2. **Кокодеева Н. Е.** Техническое регулирование в дорожном хозяйстве: монография / Н. Е. Кокодеева, В. В. Столяров, Ю. Э. Васильев. — Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2011. — 232 с.
3. **Столяров В. В.** Проектирование автомобильных дорог с учетом теории риска. В 2-х ч. Ч. 1, 2. Саратов: СГТУ, 1994. — 184 с., — 232 с.
4. **Семенов В. А.** Качество и однородность автомобильных дорог. — М.: Транспорт, 1989. — 125 с.
5. **ОДН 218.046—01.** Проектирование нежестких дорожных одежд (Взамен ВСН 46-83) / Гос. служба дор. хоз. Министерства транспорта РФ. — М.: Транспорт, 2001. — 145 с.
6. **СНиП 2.05.02—85***. Автомобильные дороги: [Утв. Гос. ком. СССР по делам стр-ва 17.12.85. — Взамен СНиП II-Д.5—72 и СН 449—72 в части норм проектирования земляного полотна автомоб. дорог; Введ. 01.01.87]. — М.: Госстрой СССР, 1986. — 52 с.

УДК 629.113

**А. В. Павлов**, д-р техн. наук, **Г. З. Лукьянов**, канд. техн. наук,
НИИЦ АТ "ФГУП 3 ЦНИИ МО РФ"
E-mail: gzlukiyanov@mail.ru

# СТАТИЧЕСКАЯ ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИЦЕПОВ-ТЯЖЕЛОВОЗОВ СО СВЕЧНОЙ ПОДВЕСКОЙ

*Некоторые прицепы-тяжеловозы (полуприцепы-тяжеловозы) имеют свечную подвеску в виде вертикальных цилиндров с резиновыми упругими элементами внутри. Поперечная статическая устойчивость таких прицепных систем имеет свои особенности, показанные в настоящей статье.*

***Ключевые слова:*** *автомобильные прицепы-тяжеловозы, статическая устойчивость, свечная подвеска.*

Прицепы-тяжеловозы (полуприцепы-тяжеловозы) широко применяются транспортными предприятиями во всем мире для перевозки крупногабаритных неделимых грузов. В армиях ряда государств, в том числе и в Российской Армии, автотранспортные средства этого типа используются для перевозки танков, других гусеничных машин, служат для размещения средств вооружения и монтажа различного армейского оборудования.

Основным разработчиком и поставщиком тяжелого прицепного состава (тяжеловозов типа прицеп или полуприцеп) для Российской Армии является Челябинский машиностроительный завод автомобильных прицепов (ЧМЗАП). Среди изделий этого предприятия, разработанных для армейского и иного применения, заметное место занимают прицепы и полуприцепы со свечной подвеской (рис. 1).

Как видно, с каждой стороны прицеп опирается на бортовые тележки в виде пары колес на единой (горизонтальной поперечной) оси, шарнирно связанной с вертикальной стойкой (свечой). Стойка, в свою очередь, представляет собой телескопическую конструкцию с установленным внутри сопряженных труб упругим (пружинным) элементом. Подвеска такого типа используется на трехосном прицепе (ЧМЗАП-8386 грузоподъемностью 40 т) и на четырехосном прицепе (ЧМЗАП-8390 грузоподъемностью 60 т). Схематически конструкция подвески показана на рис. 2, изображающем поперечный профиль прицепа, на платформе которого установлена гусеничная машина.

Направляющий аппарат бортовых тележек позволяет осям ($0_1$ и $0_2$) поперечного качания бортовых тележек перемещаться только вертикально, так что каждая пара колес может совершать только вертикальное и поперечное угловое перемещения.

Как всякая независимая подвеска, описываемая конструкция хорошо приспособлена к движению по неровным дорогам.

Кроме того, она способна воспринимать высокие вертикальные нагрузки, характерные для тяжеловозов. Подобная схема подвески отличается также тем, что при боковом наклоне прицепа практически отсутствует крен.

Статическая поперечная устойчивость подобных прицепов имеет свои особенности. Для их анализа рассмотрим схему прицепа, установленного на наклонной плоскости (см. рис. 2), на которой обозначены:

$G$ — вес прицепа с грузом;

$\alpha$ — угол поперечного наклона опорной плоскости;

$0_1$ и $0_2$ — проекции продольных осей качания бортовых тележек на плоскость чертежа;

$B$ — колея прицепа (расстояние между осями качания упомянутых тележек);

$r$ — статический радиус колес;

$b$ — колея бортовой тележки прицепа;

$h_g$ — высота центра масс прицепа с грузом.

Анализ рассмотренной схемы показывает, что для прицепа с подобной конструкцией подвески могут иметь место три вида поперечной неустойчивости, общей особенностью которых является угловое перемещение прицепа в целом или его бортовой

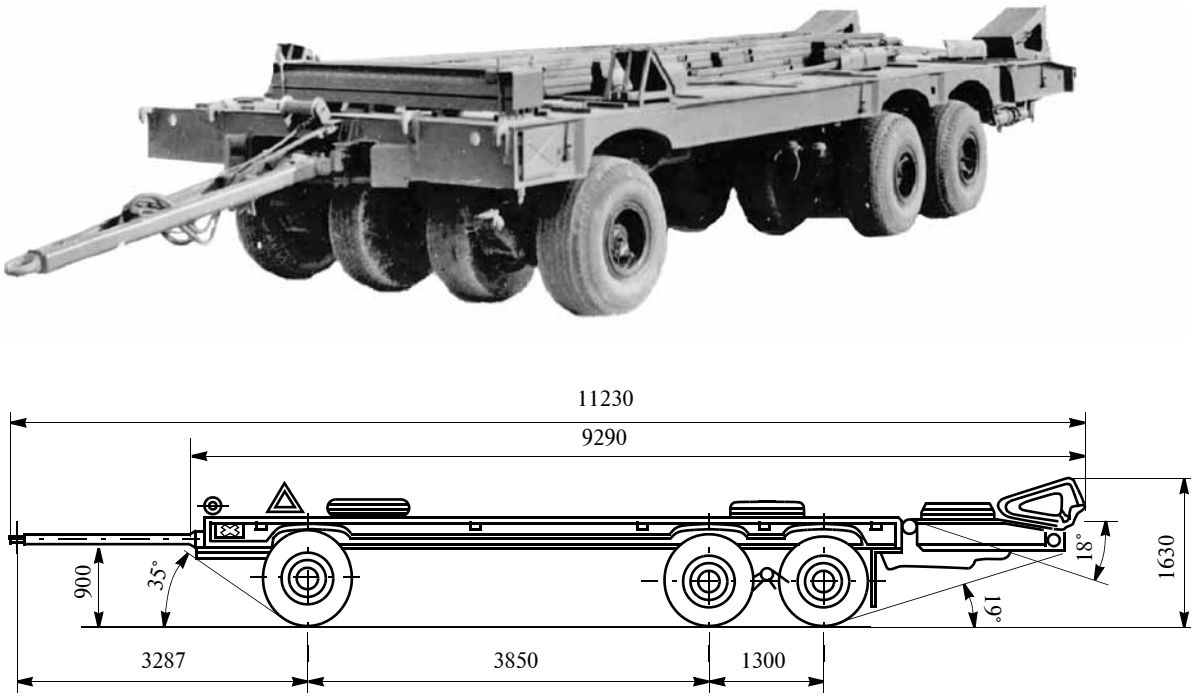



**Рис. 1. Прицеп-тяжеловоз 3-ПТ-40М модели ЧМЗАП-8386**

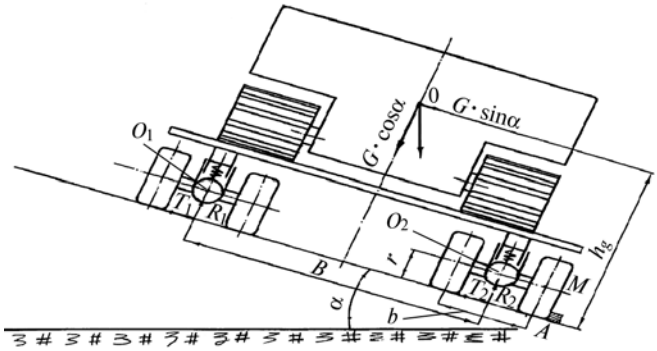



**Рис. 2. Схема свечной подвески прицепа ЧМЗАП**

тележки в поперечном направлении, сопровождающееся отрывом разгруженных колес от опорной поверхности:

— опрокидывание прицепа относительно оси $0_2$—$0_2$ более нагруженных бортовых тележек;

— опрокидывание прицепа относительно линии А—А (внешней нижней кромки) упомянутых тележек;

— нарушение статической устойчивости более нагруженных бортовых тележек, сопровождающееся угловым перемещением относительно линии А—А с отрывом внутренних колес от опорной поверхности.

При анализе **первого случая потери устойчивости** принимаем допущение, что центр масс (точка 0) прицепа с грузом расположен симметрично относительно бортовых тележек (точка 0 находится на одинаковом расстоянии от осей $0_1$—$0_1$ и $0_2$—$0_2$). Также считаем, что в точке 0 сосредоточена вся масса прицепа с грузом, эквивалентная силе тяжести $G$.

Соответствующее условие устойчивости прицепа на поперечном уклоне выражается формулой:

$$G\cos\alpha_{02}\frac{B}{2} \geqslant G\sin\alpha_{02}(h_g - r). \qquad (1)$$

Фактически вместо силы $G$ в уравнении (1) должна участвовать сила $G - \sum G_T$, где $\sum G_T$ — суммарный вес правых (на чертеже), то есть, более нагруженных бортовых тележек, остающихся неподвижными при угловом перемещении прицепа относительно оси $0_2$—$0_2$. При этом в уравнении (1) должна участвовать также несколько большая величина $h_g$ и большая, чем B/2, величина плеча действия силы $G\cos\alpha$.

Пренебрежение этими реальными особенностями статического нагружения прицепа на уклоне, тем не менее, не вносит существенной погрешности, поскольку при переходе к уравнению (1) увеличивается как плечо действия силы $G\cos\alpha_{02}$, так и плечо действия силы $G\sin\alpha_2$.

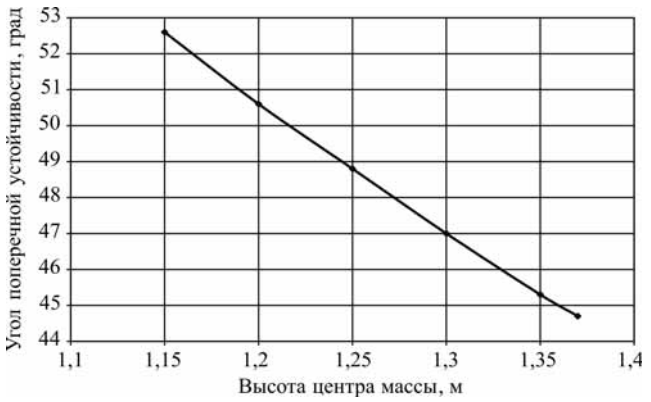



**Рис. 3. Зависимость угла поперечной статической устойчивости от расположения высоты (прицепы ЧМЗАП со свечной подвеской при неблокированном шарнире бокового качания)**

Из (1) находим условие статической устойчивости прицепа при опрокидывании относительно оси $0_2$—$0_2$:

$$\mathrm{tg}\alpha_{02} \leqslant \frac{B}{2(h_g - r)}. \qquad (2)$$

График зависимости угла $\alpha_{02}$ от высоты центра масс представлен на рис. 3. Указанная зависимость, как видно, близка к линейной. Из выражения (2) следует также, что на боковую устойчивость прицепа-тяжеловоза оказывает влияние статический радиус колес, поскольку с его увеличением угол $\alpha_{02}$ увеличивается.

Для дальнейшего анализа определим суммарные вертикальные реакции $R_1$ и $R_2$ бортовых тележек, направленные, как показано на рис. 2, вдоль осей стоек подвески. Из приведенной схемы имеем:

$$R_1 = \frac{G\left(\frac{B}{2}\cos\alpha - h_g \sin\alpha\right)}{B}; \qquad (3)$$

$$R_2 = \frac{G\left(\frac{B}{2}\cos\alpha + h_g \sin\alpha\right)}{B}. \qquad (4)$$

**Второй случай потери устойчивости**, как указывалось, имеет место при гипотетическом угловом повороте прицепа относительно линии А—А. При рассмотрении этого случая считаем, что шарнир бокового качания более нагруженной тележки может быть заблокирован, и тогда указанная линия является реальной осью углового поворота прицепа. Считаем также, что в данном случае боковое скольжение прицепа невозможно (при реальной оценке устойчивости колесной машины на стенде опрокидывания для предупреждения бокового скольжения на краю опорной площадки устанавливается деревянная планка А (см. рис. 2).

Кроме того учитываем, что наличие такой планки приводит к боковой деформации нижней части шины, так что точка А перемещается к средней плоскости наружной, более нагруженной, шины, соответственно уменьшая плечо действия силы $G\cos\alpha$ до величины $\frac{B+b}{2}$. Некоторая погрешность такого допущения способствует повышению запаса устойчивости и надежности результата расчета.

Исходное уравнение для данного случая:

$$\frac{G(B+b)}{2}\cos\alpha - Gh_g \sin\alpha = 0. \qquad (5)$$

Условие статической устойчивости:

$$\mathrm{tg}\alpha_A \leqslant \frac{B+b}{2h_g}. \qquad (6)$$

Правые части выражений (2) и (6) можно считать пределами статической устойчивости прицепа для его определенного конструктивного исполнения. Неравенство (2), как указывалось, определяет условие бокового опрокидывания при наличии шарнира бокового качания в бортовых тележках, а неравенство (6) — при его отсутствии (при заблокированном шарнире).

Для оценки целесообразности блокировки шарниров бокового качания тележек с целью повышения статической устойчивости, сравним пределы статической устойчивости по (2) и (6).

Очевидно, что блокировка шарнира целесообразна, если

$$\frac{B+b}{2h_g} \geqslant \frac{B}{2(h_g - r)}. \qquad (7)$$

Решив неравенство (7) относительно $h_g$, имеем:

$$h_g \geqslant \frac{(B+b)r}{b}. \qquad (8)$$

Таким образом, при выполнении условия (8) прицеп с заблокированными шарнирами бортовых тележек имеет более высокую статическую устойчивость, и блокировка шарниров в этом случае целесообразна.

Для прицепов ЧМЗАП, упомянутых ранее, $B = 1780$ мм, $b = 930$ мм, $r = 470$ мм (статический радиус шины К-83). Исходя из (8) получаем, что блокировка шарниров бортовых тележек может обеспечить повышение их устойчивости только при $h_g > 1370$ мм.

В то же время расчетная высота центра масс рассматриваемых прицепов ЧМЗАП с погруженными армейскими гусеничными машинами равна 1250—1300 мм, не выше. Это означает, что условие (8) не выполняется, и блокировка шарнира нецелесообразна (предел устойчивости при неблокированном шарнире больше аналогичного предела при блокированном шарнире).

Следует также отметить, что схема с неблокированными шарнирами обеспечивает достаточно высокую поперечную устойчивость прицепов ЧМЗАП: при высоте центра масс $h_g = 1300$—$1370$ мм угол их поперечной устойчивости, согласно рис. 3, находится в диапазоне от 47 до 44,68°, что значительно выше норматива (не менее 32° согласно ГОСТ В 25435).

**Третий случай нарушения устойчивости** (потеря устойчивости бортовой тележки), строго говоря, не влечет за собой таких опасных последствий, как опрокидывание прицепа. Однако его появление также недопустимо, поскольку может привести к нарушению работы и поломке тележек более нагруженного борта.

Согласно схеме рис. 2, к правой, на чертеже, тележке приложены силы $R_2$ и $T_2$, являющиеся реакциями составляющих силы веса. Если перенести силу $T_2$ так, чтобы направление ее действия совпало с осью колес тележки (при этом получаем момент $T_2 r$ относительно точки А) и изменить направления действия сил $T_2$ и $R_2$ на противоположные, то можно получить уравнение устойчивости тележки от возмущающего момента $T_2 r$:

$$R_2 \frac{b}{2} \geqslant T_2 r. \qquad (9)$$

Стабилизирующий момент левой части неравенства (9), как видно, формируется силой, равной $R_2$ по величине и имеющей направление, противоположное показанному на чертеже. Плечо действия этой силы, с учетом ранее сделанного замечания, принято равным половине колеи тележки.

Силы $T_1$ и $T_2$, касательные реакции колес верхней и нижней тележек, связаны между собой равенством $T_1 + T_2 = G\sin\alpha$, однако значение каждой из них неизвестно. В то же время величину силы $T_1$ найти можно для случая, когда она достигает своего предельного значения по сцеплению.

Следует отметить, что при экспериментах на стенде скольжение практически всегда предшествует опрокидыванию и, если бы не было предохранительной планки $A$ (см. рис. 2), угол статического опрокидывания было бы невозможно получить. Вследствие этого к моменту опрокидывания можно считать, что $T_1 = R_1\varphi$, где $\varphi$ — коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью.

Соответственно величина $T_2 = G_1\sin\alpha - R_1\varphi$.

Обозначив $\alpha_т$ — угол наклона платформы стенда, при котором тележка теряет поперечную устойчивость, и, используя ранее найденное выражение (3) для $R_1$, получаем условие устойчивости бортовой тележки на поперечном уклоне:

$$\operatorname{tg}\alpha_т \leqslant \frac{B(b+2r\varphi)}{4(Br+h_g r\varphi)-2bh_g}. \qquad (10)$$

С увеличением коэффициента сцепления ($\varphi$), как видно из (10), угол поперечной статической устойчивости ($\alpha_т$) тележки увеличивается, поскольку растет сила $T_1 = R_1\varphi$, а сила $T_2$ — уменьшается. При $\varphi = 0$ выражение (10) также имеет физический смысл (при идеально гладкой поверхности поперечная устойчивость обеспечивается наличием ограничительной планки стенда).

Анализ выражения (10) показывает также, что зависимость угла поперечной устойчивости бортовой тележки ($\alpha_т$) от высоты центра масс ($h_g$) прицепа определяется входящей в знаменатель разностью:

$$(4r\varphi - 2b)h_g. \qquad (11)$$

Из (11) следует, что при $\varphi > \frac{b}{2r}$ разность в скобках является положительной и тогда, согласно (10), с увеличением высоты $h_g$ центра масс угол $\alpha_т$ уменьшается.

На тяжеловозах ЧМЗАП со свечной подвеской применяются два типа шин: К-83 (статический радиус $r = 470$ мм) и ИК349-А ($r = 495$ мм).

Для этих шин $\frac{b}{2r} = 0{,}94 \div 0{,}99$, что выше реальных значений коэффициента сцепления колес с дорогой [1, 2]. Это означает, что неравенство $\varphi > \frac{b}{2r}$ не выполняется, произведение (11) имеет отрицательный знак, а угол $\alpha_т$ с увеличением высоты $h_g$ увеличивается.

Повышение поперечной боковой устойчивости бортовой тележки с увеличением высоты центра масс прицепа объясняется по (4) увеличением реакции $R_2$, что приводит к росту восстанавливающего момента левой части неравенства (9).

С увеличением статического радиуса $r$ колеса угол поперечной устойчивости согласно (10) уменьшается.

Из приведенных выражений (2) и (10) следует, что, в зависимости от высоты центра масс, может иметь место первый или третий случай потери устойчивости. Сравнивая правые части неравенств (8) и (10), находим условие, при котором опрокидывание тяжеловоза (относительно оси $0_2$—$0_2$) произойдет раньше (при меньшем значении угла поперечного наклона опорной платформы), чем потеря устойчивости бортовой тележки:

$$h_g \geqslant \frac{2\varphi r^2 + r(b + 2B)}{2b}. \qquad (12)$$

Таким образом, при анализе поперечной статической устойчивости прицепа-тяжеловоза со свечной подвеской, необходимо иметь в виду, что в зависимости от величины правой части неравенства (12) расчет устойчивости необходимо вести по разным формулам.

Если условие (12) выполняется, то указанный расчет необходимо проводить по формуле (2). В противном случае для этой цели используется неравенство (10).

Для прицепов ЧМЗАП при коэффициенте сцепления $\varphi = 0{,}6$ и при ранее упомянутых $B = 1780$ мм, $b = 930$ мм и $r = 470$ мм (шина К-83) граничное значение $h_g$, равное правой части неравенства (12), составляет 1,277 м.

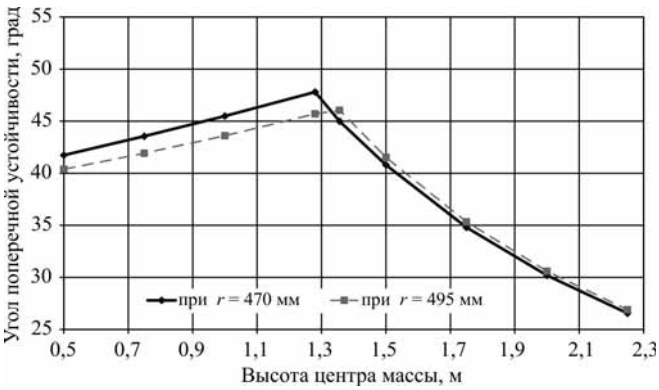



**Рис. 4. Изменение угла статической устойчивости прицепа-тяжеловоза: 1 — бортовой тележки — по условию (10); прицепа в целом — по условия (2)**

Расчеты по (12) показывают, что потеря устойчивости бортовой тележки возможна только в зоне малых высот центра масс, причем при увеличении этой высоты от 0,5 до 1,277 м, угол поперечной статической устойчивости тележки увеличивается от 41,7 до 47,8°, рис. 4.

Аналогичным образом, формула (12) показывает, что увеличение $h_g$ от 1,277 м до 2,25 м приводит к снижению указанного угла от 47,8 до 26,6°, что также показано на рис. 4.

В заключение можно отметить, что, с учетом упомянутых значений высоты центра масс армейских прицепов-тяжеловозов рассмотренного типа, наиболее вероятным является первый случай потери боковой устойчивости.

Однако при малых значениях высоты центра масс целесообразна проверка боковой устойчивости бортовых тележек (третий случай потери устойчивости).

Второй расчетный случай потери устойчивости подлежит рассмотрению при необходимости блокировки шарниров поперечного качания тележек (в качестве меры повышения боковой устойчивости тяжеловозов с большой высотой центра масс).

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Платонов В. Ф.** Полноприводные автомобили. — 2-е издание, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1989. — 312 с.
2. **Аксенов П. В.** Многоосные автомобили. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1989. — 280 с.

*Цикл статей*

УДК 621.7/8

**Д. А. Стрижевский, А. А. Сухов,** ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А., e-mail: strida@rosdornii.ru,
**А. В. Кочетков**, ФГБОУ ВПО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", e-mail: soni.81@mail.ru

# БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ ФЕДЕРАЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ

*Проведены формирование, наполнение и анализ базы данных по безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения.*

***Ключевые слова:*** *автомобильная дорога, база данных, безопасность, дорожное движение, диагностика.*

Безопасность дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования федерального значения оценена через основные показатели аварийности.

В минувшем году в России в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) погибли 28 тысяч человек. За 12 месяцев произошло 203 597 ДТП с пострадавшими (увеличение на 1,9 %), в которых 27 953 человека погибли (увеличение на 0,1 %) и 258 618 получили ранения (увеличение на 2,7 %). Каждая четвертая авария сопровождалась неудовлетворительным состоянием дорог и улиц. На дорогах, находящихся в ненормативном состоянии, произошло 42 772 ДТП (увеличение на 1,1 %), в которых 6950 человек погибли (увеличение на 1,8 %) и 54 468 получили ранения (увеличение на 2,3 %). С участием водителей в состоянии опьянения в 2012 г. произошло 12843 ДТП, в которых погибло столько же людей, сколько и годом ранее — 2103 человека. Ранения получили 18 679 человек (увеличение на 4,4 %).

28 518 ДТП произошло по вине пешеходов (снижение на 8,6 %). В этих ДТП 4998 человек погибли (снижение на 8,8 %) и 24896 получили ранения (снижение на 8,1 %). В каждом десятом ДТП пострадал несовершеннолетний — произошло 20 879 аварий (увеличение на 3,1 %). 940 детей и подростков погибли (снижение на 0,4 %), 22 016 получили ранения (увеличение на 3,6 %).

Более подробную информацию можно найти по ссылке: http://news.mail.ru/incident/11740517/?frommail=1

Вернемся на несколько лет назад. Так, в 2007 г. на автомобильных дорогах федерального значения было зарегистрировано 26036 ДТП (+ 4,3 % к 2006 г.), в которых погибло 8236 человек (+ 4,6 % к 2006 г.) и получили ранения 36517 человек (+ 4,5 % к 2006 г.). В то же время тяжесть последствий ДТП в 2007 г. осталась на уровне 2006 г. и составила 18,4 % погибших к общему числу пострадавших в ДТП. Несмотря на продолжающийся рост интенсивности движения на федеральной дорожной сети, достигнуто снижение аварийности по количеству ДТП, в которых дорожные условия отмечены как сопутствующий фактор (ДТП-ДУ). В 2007 г. с сопутствующими дорожными условиями произошло 4100 происшествий (15,7 % общего числа ДТП на сети дорог), в сравнении с 2006 г. их количество сократилось на 5,3 %. Число раненых в ДТП-ДУ снизилось на 1,9 %, соответственно погибших на 5,2 %.

Несмотря на эту позитивную динамику, тяжесть последствий ДТП-ДУ на федеральной сети дорог остается достаточно высокой — 19,9 % (–2,9 % к 2006 г.). Высокий уровень загрузки дорог движением стимулирует возникновение новых мест концентрации ДТП.

В 2007 г. в качестве основных дорожных условий, сопутствующих возникновению ДТП-ДУ, регистрировались следующие показатели [2]:

- низкие сцепные качества покрытия — 25,4 %;
- недостаточное и неисправное освещение — 15,8 %;
- несоответствие параметров дороги ее категории — 12,4 %;
- отсутствие горизонтальной разметки — 10,5 %;
- неровное покрытие — 8,2 %;
- неудовлетворительное состояние обочин — 7,2 %;
- дефекты покрытия — 5,6 %;

- отсутствие ограждений в необходимых местах — 1,8 %;
- отсутствие тротуаров (пешеходных дорожек) — 1,3 %;
- другие причины — 11,8 %.

Характер распределения ДТП по видам в 2007 г. не изменился по сравнению с 2006 г. К преобладающим видам ДТП на автомобильных дорогах федерального значения относятся столкновения — 39,5 % (общего числа ДТП на сети дорог) и опрокидывания — 26,4 %. ДТП этих видов характеризуются наибольшим количеством пострадавших.

В ДТП, повлекших столкновение транспортных средств, погибло 39 % человек (от общего числа погибших) и получило ранение 46,5 % человек (от общего числа раненых), соответственно в ДТП с опрокидыванием транспортного средства погибло 24,2 %, было ранено 30,6 % человек. Тяжесть последствий ДТП, повлекших столкновение транспортных средств, составляет 15,9, соответственно опрокидывание — 15,1.

Достаточно высоким остался процент ДТП с участием пешеходов — 15,6 %, и повлекших наезд на препятствие — 9,2 %. Наибольшей тяжестью последствий характеризуются ДТП с участием пешеходов — 34,8 %. Высокую тяжесть последствий имеют ДТП следующих видов: наезд на препятствие — 29,7 %, наезд на велосипедиста 22,4 %. Формирование аварийности на федеральной сети дорог во многом определяется ее техническим уровнем. В 2007 г. доля ДТП на участках дорог различной технической категории составляла: I категории — 19,1 % (общего числа ДТП на сети дорог), соответственно II категории — 53,8 %, III категории — 25,5 %, IV-Y категории — 1,6 %. При этом тяжесть последствий ДТП на дорогах I—III категории не имеет существенных различий и в среднем составляет 18,5. На дорогах низших категорий тяжесть последствий ДТП меньше и соответственно составляет: 15,2 на дорогах IV категории и 9,7 на дорогах V категории [2].

Характер распределения ДТП по участкам дорожной сети определяется уровнем загрузки их движением. Наибольшее число ДТП в 2007 г. было совершено на участках дорог, перегруженных движением. Так, на участках с уровнем удобства Г было совершено 48,6 % ДТП (общего числа на сети дорог), соответственно В — 21,0 %, Б — 19,2 %, А — 11,1 %. На участках дорог с уровнем удобства Г погибло 46,5 % человек (общего числа погибших на сети дорог), было ранено 47,7 % человек (общего числа раненых на сети дорог). Наибольшей тяжестью последствий характеризуются ДТП, совершенные на участках дорог с уровнем удобства Б — 19,1. На участках дорог с уровнем удобства Г вследствие существенного снижения скоростей движения автомобилей в условиях плотного транспортного потока тяжесть последствий ДТП меньше и составляет 18,0.

Высокий уровень загрузки дорог движением стимулирует возникновение новых мест концентрации ДТП на участках дорог, на которых пропускная способность не отвечает наблюдаемой интенсивности движения. Наибольшее число участков концентрации ДТП в 2007 г. было выявлено на дорогах с высокой загрузкой движением, так доля участков концентрации ДТП с уровнем удобства движения Г, который характеризуется низкими скоростями движения и соответственно неэффективной транспортной работой дороги составляет 31,7 % от их общего числа. Соответственно, доля участков концентрации ДТП с уровнем удобства В составляет 19,3 %, Б — 29,1 %, А — 19,9 %. На участках концентрации ДТП с уровнем удобства Г произошло наибольшее количество ДТП — 52,8 % (от общего числа ДТП, совершенных на участках их концентрации).

По итогам проведенного анализа за 2007 г. было выявлено 4370 участков концентрации ДТП (+25,8 % к 2006 г.). При этом доля малоопасных участков концентрации ДТП составляет 37,7 % общего числа, соответственно опасных — 41,9 %, очень опасных — 20,4 %. Относительная протяженность участков концентрации ДТП составляет 9,7 % общей протяженности сети (+26 % к 2006 г.). При этом доля ДТП на участках их концентрации составляет 35,7 % (общего числа ДТП на сети дорог), что делает их приоритетными с точки зрения на значения работ по содержанию, ремонту и реконструкции.

В 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения, как и в 2009 г., отмечается дальнейшее снижение основных показателей уровня аварийности, что является следствием реализации комплекса мер по повышению безопасности дорожного движения, основными из которых являются: мероприятия Федеральной целевой программы "Повышение безопасности дорожного движения на 2006—2012 годы" и мероприятия, осуществляемые Росавтодором по повышению транспортно-эксплуатационных качеств дорог и обеспечению безопасности движения в рамках реализации федеральной целевой программы "Модернизация транспортной системы России (2002—2010 годы)" [2].

В 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения было совершено 22733 ДТП с пострадавшими (далее ДТП), в которых погибли 6516 человек и получили ранения 32280 человек. Общее количество ДТП увеличилось на 5,2 % по сравнению с 2009 г., число раненых увеличилось на 5,6 %, число погибших не изменилось.

По итогам 2010 г. выявлено увеличение числа ДТП с сопутствующими дорожными условиями (далее ДТП-ДУ). Всего на автомобильных дорогах федерального значения произошло 2697 ДТП-ДУ, в сравнении с 2009 г. количество таких ДТП увеличилось на 21,8 %.

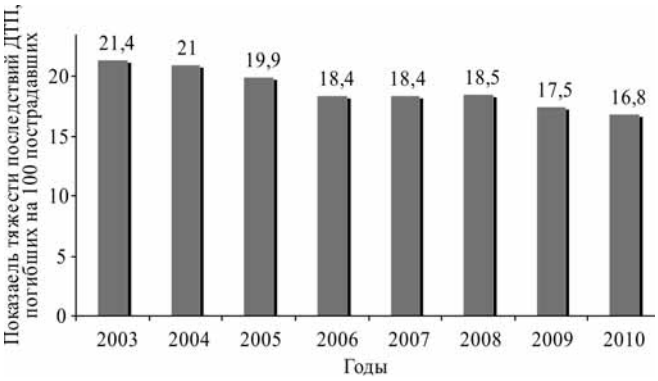



**Рис. 1. Показатель тяжести последствий ДТП на автомобильных дорогах федерального значения за период 2003—2010 гг.**

Доля ДТП-ДУ в общем объеме аварийности по сравнению с 2009 г. увеличилась и составила 11,9 % от общего числа ДТП, совершенных на федеральной сети дорог. Величина показателя тяжести последствий ДТП-ДУ по сравнению с 2009 г. практически не изменилась и составила 18,2 погибших на 100 пострадавших.

В 2010 г. на федеральной сети дорог отмечено дальнейшее снижение величины тяжести последствий ДТП [2]. Так, величина показателя тяжести последствий ДТП уменьшилась по сравнению с 2009 г. на 4,5 % и составила 16,8 погибших на 100 пострадавших (рис. 1).

Среднее значение плотности ДТП на автомобильных дорогах федерального значения в 2010 г. существенно не изменилось и составило 0,54 ДТП на 1 км в год (рис. 2).

В 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения в соответствии с Правилами учета и анализа дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации (взамен ВСН 15-87) было выявлено 2904 участка концентрации ДТП. По сравнению с 2009 г. число участков концентрации ДТП уменьшилось на 2,9 %.

На участках концентрации ДТП произошло 6031 происшествие с пострадавшими, что на 9,8 % меньше, по сравнению с 2009 г. При этом относительная протяженность участков концентрации ДТП также несколько уменьшилась и составила 6,3 % от общей протяженности федеральной сети дорог (табл. 1). Подавляющее число ДТП на автомобильных дорогах федерального значения совершается по причине нарушений правил дорожного движения (ПДД) водителями и пешеходами. Так, в 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения доля ДТП, в учетных карточках которых сотрудниками ГИБДД были зафиксированы те или иные нарушения правил дорожного движения водителями и пешеходами, составила 88,6 %.

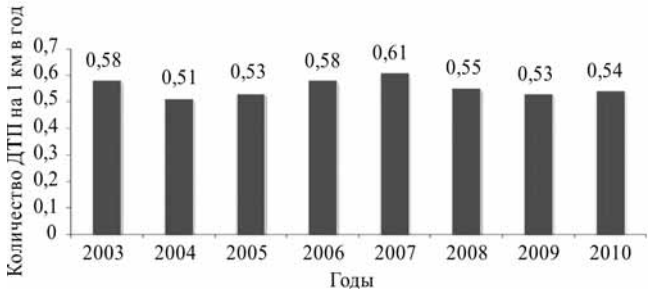



**Рис. 2. Плотность ДТП на автомобильных дорогах федерального значения за период 2003—2010 гг.**

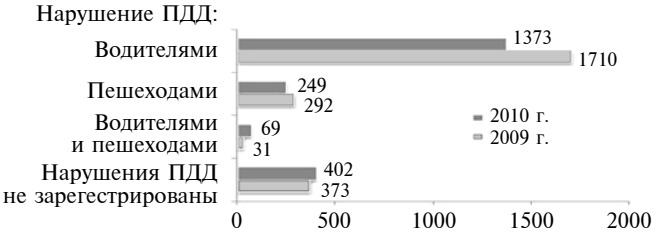



**Рис. 3. Количество ДТП-ДУ, в карточках учета которых зафиксированы нарушения ПДД водителями и пешеходами**

При этом следует отметить, что в карточках учета ДТП-ДУ сотрудниками ГИБДД также были зафиксированы различные нарушения ПДД водителями и пешеходами [2]. Доля таких ДТП-ДУ составила 80,8 % общего числа (рис. 3, табл. 1).

Характер распределения ДТП по их видам в 2010 г., в целом, не изменился по сравнению с 2009 г. К преобладающим видам ДТП на автомобильных дорогах федерального значения относятся: столкновения — 36,6 % и опрокидывания — 32,0 %. В ДТП этих видов погибло 67,4 % человек и получили ранения 79,3 % человек (от общего числа соответственно погибших и раненых на федеральной сети дорог).

В ДТП, повлекших столкновение транспортных средств, погибло 32,8 % человек и получили ранения 42,3 % человек (от общего числа соответственно погибших и раненых на сети автомобильных дорог), соответственно в ДТП с опрокидыванием транспортных средств погибло 34,6 % и было ранено — 37,1 % человек. Тяжесть последствий ДТП, повлекших столкновение транспортных средств, составля-

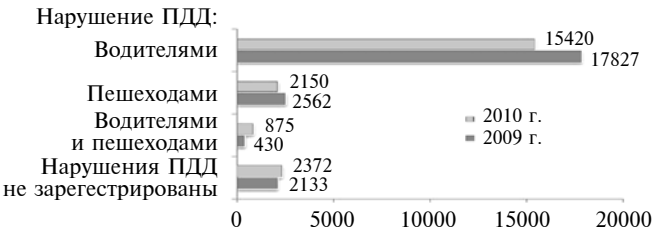



**Рис. 4. Количество ДТП, в карточках учета которых зафиксированы нарушения ПДД водителями и пешеходами**

ет 15,3 погибших на 100 пострадавших, соответственно опрокидывание — 17,8 (рис. 4).

Обеспечение безопасности движения на участках дорог, проходящих через населенные пункты, продолжает оставаться одной из приоритетных задач Федерального дорожного агентства, т. к. федеральные автомобильные дороги проходят через 2386 населенных пунктов, а общая протяженность участков дорог в пределах населенных пунктов составляет около 4,5 тыс. км (около 10 % протяженности федеральных автомобильных дорог общего пользования) [2].

На участках автомобильных дорог федерального значения в пределах населенных пунктов в 2010 г. было совершено 6797 ДТП (29,9 % общего числа ДТП), в том числе 949 ДТП-ДУ (35,2 % общего числа ДТП-ДУ, табл. 2 и 3).

В 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения отмечено дальнейшее снижение числа ДТП с участием пешеходов.

Всего в 2010 г. на федеральной сети дорог было совершено 2751 ДТП, связанных с наездами на пешеходов (–15,9 % к 2009 г.), в которых 899 (–22,8 % к 2009 г.) человек погибли и 2324 (–11,3 % к 2009 г.) человека получили ранения. Происшествия данного вида характеризуются наиболее высокой тяжестью последствий – 30,9 погибших на 100 пострадавших.

В 2010 г. на автомобильных дорогах федерального значения доля ДТП с участием пешеходов соста-

Таблица 1

**Основные показатели аварийности за 2008—2010 годы**

| Годы | Сведения о ДТП | | | | Сведения о ДТП-ДУ | | | | | Количество участков концентрации ДТП | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Количество ДТП, шт. | Ранено, чел. | Погибло, чел. | Показатель тяжести последствий ДТП | Кол-во ДТП-ДУ: Всего, шт. | Кол-во ДТП-ДУ: В % от общего числа ДТП | Ранено, чел. | Погибло, чел. | Показатель тяжести последствий ДТП-ДУ | Всего, шт. | Доля от общей протяженности сети дорог, % |
| 2010 | 22 733 | 32 280 | 6516 | 16,8 | 2697 | 11,9 | 3939 | 878 | 18,2 | 2904 | 6,3 |
| 2009 | 21 607 | 30 561 | 6519 | 17,6 | 2215 | 10,3 | 3416 | 783 | 18,6 | 2992 | 6,5 |
| 2008 | 22 691 | 31 149 | 7105 | 18,6 | 3280 | 14,5 | 4444 | 1187 | 21,1 | 3471 | 7,5 |
| 2010 г. к 2009 г. (+/–, %) | 5,2 | 5,6 | 0,0 | –4,5 | 21,8 | | 15,3 | 12,1 | | –2,9 | |
| 2009 г. к 2008 г. (+/–, %) | –4,8 | –1,9 | –8,2 | –5,4 | –32,5 | | –23,1 | –34,0 | | –7,7 | |

Примечание: 1. ДТП — дорожно-транспортные происшествия (по уточненным данным карточек учета ДТП, заполняемых подразделениями Госавтоинспекции); 2. ДТП-ДУ — дорожно-транспортные происшествия с сопутствующими дорожными условиями(по данным карточек учета ДТП, заполняемых подразделениями Госавтоинспекции); 3. Показатель тяжести последствий ДТП — количество погибших на 100 пострадавших; 4. Участки концентрации ДТП выявлены в соответствии с "Правилами учета и анализа дорожно-транспортных происшествий на автомобильных дорогах Российской Федерации" (Взамен ВСН 15-87) ФДС России. — М., 1998 г.

Таблица 2

**Основные показатели аварийности на участках автомобильных дорог федерального значения вне населенных пунктов и в их пределах**

| Участки автомобильных дорог | Сведения о ДТП | | | | Сведения о ДТП-ДУ | | | | | Количество участков концентрации ДТП | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Количество ДТП, шт. | Ранено, чел. | Погибло, чел. | Показатель тяжести последствий ДТП | Кол-во ДТП-ДУ: Всего, шт. | Кол-во ДТП-ДУ: В % от общего числа ДТП-ДУ | Ранено, чел. | Погибло, чел. | Показатель тяжести последствий ДТП-ДУ | Всего, шт. | Доля от общей протяженности сети дорог, % |
| Вне населенных пунктов | 15936 | 23274 | 5030 | 17,7 | 1748 | 64,8 | 2702 | 615 | 18,5 | 1947 | 67,0 |
| В населенных пунктах | 6797 | 9006 | 1486 | 14,2 | 949 | 35,2 | 1237 | 263 | 17,4 | 957 | 33,0 |
| На сети дорог | 22733 | 32280 | 6516 | 16,8 | 2697 | 100 | 3939 | 878 | 18,2 | 2904 | 100 |

Таблица 3

**Сведения о количестве ДТП различных видов и тяжести их последствий**

| № пп | Виды дорожно-транспортных происшествий | Количество ДТП данного вида | | Сведения о пострадавших в ДТП данного вида | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ранено | | Погибло | | |
| | | Всего, шт. | В % от общего числа ДТП | Всего, чел. | В % от общего числа раненых | Всего, чел. | В % от общего числа погибших | Показатель тяжести последствий ДТП |
| 1 | Опрокидывание | 7275 | 32,0 | 11976 | 37,1 | 2255 | 34,6 | 17,8 |
| 2 | Столкновение | 8320 | 36,6 | 13654 | 42,3 | 2137 | 32,8 | 15,3 |
| 3 | Наезд на пешехода | 2751 | 12,1 | 2324 | 7,2 | 899 | 13,8 | 30,9 |
| 4 | Наезд на стоящее транспортное средство | 1068 | 4,7 | 1485 | 4,6 | 228 | 3,5 | 15,2 |
| 5 | Наезд на препятствие | 2382 | 10,5 | 1840 | 5,7 | 821 | 12,6 | 33,3 |
| 6 | Наезд на велосипедиста | 273 | 1,2 | 200 | 0,62 | 72 | 1,1 | 28,3 |
| 7 | Наезд на гужевой транспорт | 27 | 0,12 | 26 | 0,08 | 13 | 0,17 | 33,3 |
| 8 | Падение пассажира | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 9 | Иные виды ДТП | 637 | 2,8 | 775 | 2,4 | 91 | 1,4 | 12,3 |

Таблица 4

**Показатели аварийности на дорогах различных категорий**

| Категория дороги | Показатели аварийности на дорогах различных категорий | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Число ДТП | | Ранено | | Погибло | | Показатель тяжести последствий ДТП | Количество ДТП с тяжкими последствиями, шт | Среднее значение показателя риска ДТП, число ДТП на 1 млн-авт./км |
| | Всего, шт. | В % от общего числа ДТП на сети дорог | Всего, чел. | В % от общего числа раненых | Всего, чел. | В % от общего числа погибших | | | |
| I, Iа | 2569 | 11,3 | 3357 | 10,4 | 658 | 10,1 | 16,1 | 2 | 0,23 |
| II, Iб | 13731 | 60,4 | 19724 | 61,1 | 3701 | 56,7 | 15,5 | 33 | 0,26 |
| III | 6047 | 26,6 | 8780 | 27,2 | 1942 | 29,8 | 17,9 | 31 | 0,25 |
| IV | 364 | 1,6 | 387 | 1,2 | 202 | 3,1 | 31,7 | 1 | 0,48 |
| V | 22 | 0,1 | 32 | 0,1 | 13 | 0,2 | 36,2 | 1 | 0,38 |

вила 12,1 % общего числа ДТП, в которых погибло 13,8 % и получили ранения 7,2 % общего числа пострадавших в ДТП. Подавляющее количество ДТП с участием пешеходов было совершено, также как и в 2009 г., в пределах населенных пунктов сельского типа (с числом жителей менее 10 тыс.).

В 2010 г. выявлено существенное уменьшение числа ДТП на участках автомобильных дорог категории I, Iа (–74,9 % к 2009 г.), доля которых составила 11,3 % (18,4 % в 2009 г.) общего числа ДТП на федеральной сети дорог [2].

Характер распределение числа ДТП по участкам дорог более низких категорий существенно не изменился: на дорогах II категории было совершено 60,4 % ДТП от их общего числа на федеральной сети дорог (–4,3 % к 2009 г.), соответственно III категории — 26,6 % ДТП (–2,8 % к 2009 г.), IV—V категории — 0,1 % ДТП (рис. 5—7).

Наиболее высоким риском ДТП характеризуются обычные дороги низких категорий (табл. 4). Так на дорогах категории IV среднее количество ДТП на 1 млн авт./км составляет 0,48, соответственно на дорогах категории V — 0,38.

Наибольшее число ДТП в 2010 г. произошло на участках дорог с высокой загрузкой движением. При этом в 2010 г. выявлена тенденция снижения основных показателей аварийности на участках дорог с уровнем движения Г. На участках дорог с уровнем удобства Г произошло 46,9 % ДТП (–11,9 % к 2009 г.) от их общего числа на сети автомобильных дорог. На долю этих участков также приходится подавляющее большинство пострадавших в ДТП: 43,6 % погибших от их общего числа на сети дорог (–9,7 % к 2009 г.) и соответственно 47,0 % раненых (–11,9 % к 2009 г., рис. 8).

Число ДТП, совершенных в 2010 г. на участках автомобильных дорог с уровнем удобства Б и В, возросло: на участках дорог с уровнем удобства Б было совершено 23,4 % ДТП от их общего числа на сети дорог (+ 8,0 % к 2009 г.), соответственно на участках

дорог с уровнем удобства Б — 21,3 % ДТП (+7,4 % к 2009 г.), А — 8,4 % ДТП (–37,4 %).

При существенном снижении числа ДТП, совершенных на участках дорог с уровнем удобства А, отмечается существенное повышение тяжести их последствий — 24,7 погибших на 100 пострадавших (–44,3 % к 2009 г., рис. 9) [2].

**Рис. 5. Тяжесть последствий по видам ДТП**

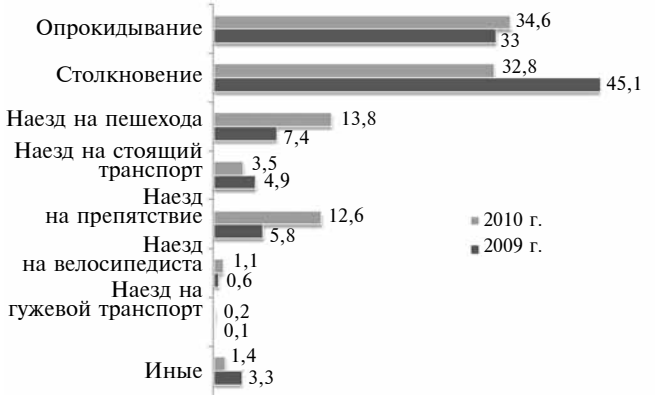



**Рис. 6. Распределение числа погибших по видам ДТП**

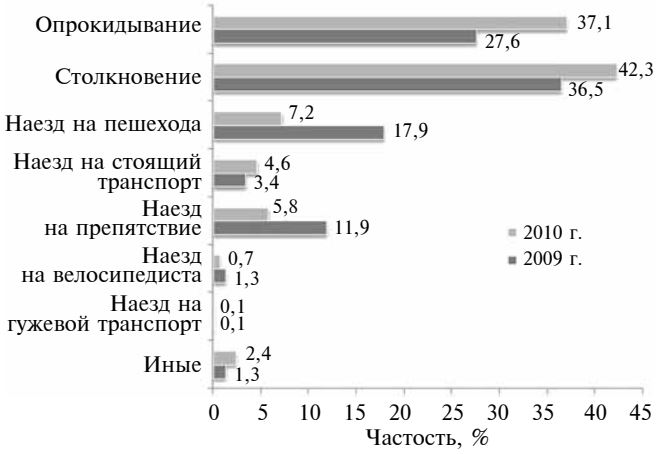



**Рис. 7. Распределение числа раненых по видам ДТП**

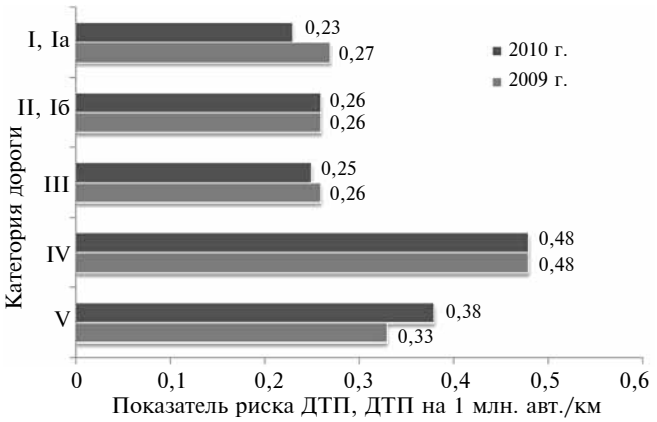



**Рис. 8. Оценка показателя риска ДТП**

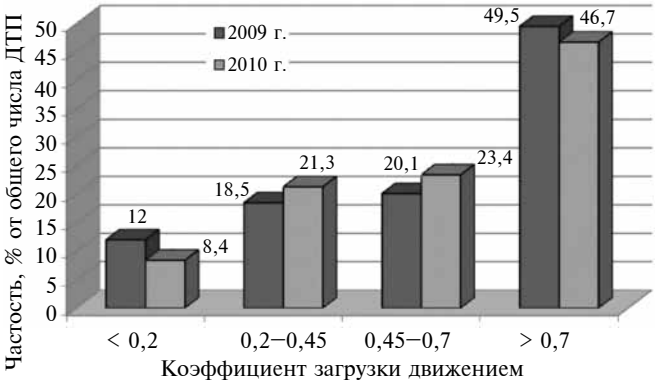



**Рис. 9. Доля ДТП на участках автомобильных дорог с различными уровнями удобства движения**

Анализ распределения количества ДТП по месяцам года показывает, что наибольшее число ДТП было совершено во втором полугодии 2010 г., при этом наиболее аварийными месяцами являются июль, август и декабрь [2].

*Авторы статьи выражают благодарность кандидатам технических наук Стрижевскому А. М., Живописцеву И. Ф. и Ермакову М. Л. за предоставленные консультации и материалы.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Методологические основы** оценки технических рисков / Н. Е. Кокодеева, А. В. Кочетков, Л. В. Янковский и др. // Вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строительство и архитектура. 2012. Вып. 28(47). — С. 126—134.
2. **Повышение** безопасности дорожного движения на основе развития системы мониторинга автомобильных дорог / А. В. Кочетков, М. Л. Ермаков, А. А. Сухов, Д. А. Стрижевский, А. С. Козин / Инновации и исследования в транспортном комплексе. Первая Междунар. науч.-практ. конф. 23—24 мая 2013 г. — Курган: Уральский гос. ун-т путей сообщения. — С. 255—261.
3. **Федеральные дороги России.** Транспортно-эксплуатационные качества и безопасность дорожного движения / М. Л. Ермаков, А. М. Стрижевский, И. Ф. Живописцев и др. // Статистический аналитический сборник. — М.: Федеральное дорожное агентство. 2011. — 125 с.

УДК 621.436

**Л. В. Грехов**, д-р техн. наук, **В. А. Марков**, д-р техн. наук, **С. Н. Девянин**, д-р техн. наук,
**Л. И. Быковская**, аспирант
E-mail: markov@power.bmstu.ru

# РАСЧЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ТОПЛИВОПОДАЧИ ДИЗЕЛЯ, РАБОТАЮЩЕГО НА СМЕСЯХ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА И МЕТИЛОВОГО ЭФИРА РАПСОВОГО МАСЛА

*Проведен анализ физико-химических свойств дизельного топлива, рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и их смесей различного состава. Приведены результаты расчетных исследований процесса топливоподачи дизеля Д-245.12С малотоннажного автомобиля ЗиЛ 5301, работающего на смесях дизельного топлива и метилового эфира рапсового масла. Показана необходимость адаптации дизеля к работе на смесевых биотопливах.*

***Ключевые слова:*** *дизель, дизельное топливо, рапсовое масло, метиловый эфир рапсового масла, смесевое биотопливо.*

*(Рисунки на 2-й, 3-й, 4-й полосах обложки)*

Одной из актуальных для современного двигателестроения является проблема поиска моторных топлив, которые смогут успешно заменить традиционные бензин и дизельное топливо. Это обусловлено как постепенным истощением нефтяных месторождений, так и непрерывным повышением цен на нефть и нефтепродукты. По пессимистичным прогнозам организации стран — экспортеров нефти (ОПЕК) дефицит нефти в промышленно развитых странах будет ощущаться уже в ближайшем будущем. В России разведанных запасов нефти хватит до 2025—2030 гг., а запасов газа — до 2085—2095 гг. [1]. Мировые цены на нефть практически непрерывно повышаются, и прогнозируется их дальнейший рост. В этих условиях использование в промышленности, на транспорте, в сельском хозяйстве, других секторах экономики России альтернативных топлив становится не только необходимым, но и экономически оправданным.

В последние годы повышенный интерес проявляется к топливам, получаемым из возобновляемых энергетических ресурсов растительного происхождения, сырьевые запасы которых практически не ограничены. В первую очередь это биотоплива, производимые из растительных масел [2]. Цена этих топлив в ряде случаев даже ниже цен на традиционные моторные топлива.

Применительно к условиям европейской части России наиболее перспективными представляются топлива на основе рапсового масла. Рапс отличается сравнительно неплохой урожайностью и с агрономической точки зрения является желательной культурой для улучшения севооборота (он улучшает структуру и плодородие почвы). Получаемый при отжиме растительных масел жмых (шрот) является ценным белковым продуктом, который может быть использован для откорма крупного рогатого скота и других животных. С одного гектара посевов рапса можно получить до 3 т семян (до 1 т рапсового масла), до 3,5 т соломы и до 2 т жмыха [2].

Использование биотоплив на базе рапсового масла позволит не только заместить нефтяные моторные топлива альтернативными, но и улучшить показатели токсичности отработавших газов (ОГ). При работе дизельных двигателей на биотопливах, как правило, отмечается заметное уменьшение эмиссии токсичных компонентов ОГ. В первую очередь это относится к дымности и выбросам других продук-

тов неполного сгорания топлива, которые при использовании биотоплив снижаются в 1,5—2 раза [2]. Кроме того, использование топлив растительного происхождения обеспечивает кругооборот углекислого газа в атмосфере, поскольку при сжигании биотоплив в двигателях внутреннего сгорания в атмосферу выбрасывается примерно такое же количество углекислого газа, которое поглощается растениями в процессе выращивания сырья для производства биотоплива. Это приводит к уменьшению выброса в атмосферу углекислоты и предотвращению парникового эффекта.

Следует отметить, что по своим физико-химическим свойствам биотоплива близки к дизельным топливам: они имеют сравнительно высокие плотность и вязкость, плохую испаряемость. Поэтому их использование возможно лишь в дизелях. Дизели, работающие с большой степенью сжатия и повышенными значениями коэффициента избытка воздуха, характеризуются лучшими показателями топливной экономичности и токсичности ОГ [3].

Вместе с тем, биотоплива имеют физико-химические свойства, отличающиеся от свойств традиционного нефтяного дизельного топлива (ДТ). Поэтому при переводе дизелей на биотоплива, возникает ряд проблем, связанных с организацией рабочих процессов, в первую очередь процессов топливоподачи, распыливания, смесеобразования и сгорания. При этом возможно нарушение исходных регулировок двигателя, ухудшение ряда эксплуатационных показателей, увеличение износа деталей и уменьшение ресурса. Поэтому для централизованного снабжения городского автотранспорта топливом в наибольшей степени пригодны сложные эфиры растительных масел, являющиеся продуктами реакции этерификации — реакции взаимодействия жирных кислот растительных масел со спиртами. Из растительных масел возможно производство различных сложных эфиров — метилового, этилового, пропилового, бутилового [2].

Наибольшее распространение в качестве моторного топлива получил метиловый эфир рапсового масла (МЭРМ). Это обусловлено, в первую очередь, меньшей себестоимостью получения этого эфира по сравнению с этиловым и бутиловым эфирами. Следует отметить, что по своим свойствам МЭРМ отличается от свойств рапсового масла (РМ) и приближается к нефтяному дизельному топливу. Еще большее приближение к свойствам нефтяного ДТ достигается при использовании смесей ДТ с РМ или МЭРМ. Физико-химические свойства некоторых из этих топлив приведены в табл. 1 [2].

Вместе с тем, смеси ДТ с МЭРМ имеют повышенные по сравнению с чистым дизельным топливом плотность, вязкость и поверхностное натяжение. Это приводит к увеличению дальнобойности

Таблица 1

**Физико-химические свойства дизельного топлива, рапсового масла, метилового эфира рапсового масла и их смесей**

| Свойство | Топливо | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ДТ | РМ | МЭРМ | 80 % ДТ + +20 % РМ | 60 % ДТ + +40 % РМ | 40 % ДТ+ +60 % РМ | 80 % ДТ + +20 % МЭРМ | 60 % ДТ + +40 % МЭРМ | 40 % ДТ + +60 % МЭРМ |
| Плотность при 20 °С, кг/м$^3$ | 830 | 916 | 877 | 848 | 865 | 882 | 839 | 848 | 858 |
| Вязкость кинематическая при 20 °С, мм$^2$/с | 3,8 | 75,0 | 8,0 | 9,0 | 19,0 | 30,0 | 4,4 | 5,2 | 6,0 |
| Теплота сгорания низшая, МДж/кг | 42,5 | 37,3 | 37,8 | 41,5 | 40,4 | 39,4 | 41,5 | 40,5 | 39,6 |
| Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг вещества, кг | 14,3 | 12,5 | 12,6 | 14,0 | 13,6 | 13,2 | 14,0 | 13,6 | 13,3 |
| Содержание, % по массе | | | | | | | | | |
| С | 87,0 | 77,0 | 77,6 | 85,0 | 83,0 | 81,0 | 85,1 | 83,2 | 81,4 |
| Н | 12,6 | 12,0 | 12,2 | 12,5 | 12,4 | 12,2 | 12,5 | 12,4 | 12,3 |
| О | 0,4 | 11,0 | 10,2 | 2,5 | 4,6 | 6,8 | 2,4 | 4,4 | 6,3 |

топливной струи, попаданию части топлива на стенки камеры сгорания (КС) и уменьшению доли объемного смесеобразования. При этом уменьшается угол раскрытия топливного факела, и увеличивается средний диаметр капель распыливаемого топлива. Из-за меньшей сжимаемости этого масла увеличивается максимальное давление впрыскивания. Действительный момент начала впрыскивания топлива смещается при этом в сторону увеличения угла опережения впрыскивания топлива. Все эти факторы свидетельствуют о необходимости проведения углубленных исследований процесса топливоподачи в дизеле при его работе на РМ и его смесях с ДТ. Такое расчетное исследование проведено с использованием программного комплекса "Впрыск", разработанного в МГТУ им. Н. Э. Баумана [3—6]. Этот программный комплекс предназначен для расчетного анализа процесса топливоподачи и оптимизации топливных различных систем. Комплекс состоит из блока сервисных программ для работы с исходными данными, генерирования схемы топливной системы, хранения и анализа выводимой информации и из блока расчетных программ. Программный комплекс "Впрыск" апробирован на топливных системах большинства отечественных дизелей, используется на предприятиях, и адаптирован к удаленному пользованию в любой стране мира через сеть Internet.

Расчетное ядро комплекса постоянно совершенствуется, прежде всего, в двух направлениях: повышения точности и скорости счета и расширения возможностей комплекса в актуальных направлениях развития топливных систем. Так, введен расчет электрических процессов в исполнительных устройствах систем с электронным управлением, расчет многофазного впрыскивания, процессов в линии низкого давления систем с клапанным управлением, переходных процессов, крутильных колебаний в приводах топливного насоса высокого давления (ТНВД), использования альтернативных и нетрадиционных топлив и др.

Для описания одномерного нестационарного теплоизолированного движения вязкой сжимаемой жидкости в трубопроводах могут использоваться аналитическое решение Д'Аламбера с поправкой Т. Ф. Кузнецова на диссипацию, простой сеточный метод с явной численной схемой, линеаризованный метод С. К. Годунова [3, 41. Как показывает опыт, для большинства топливных систем автотракторных дизелей оправдано использование аналитического решения, имеющее преимущества в большей скорости счета и устойчивости, в том числе устойчивости решения сопряженных уравнений граничных условий.

При определении упругих свойств топлив в полостях ограниченного объема решаются уравнения связи давления и плотности [3, 7]. Они заменяют более привычные эмпирические выражения для коэффициента сжимаемости (эквивалента уравнения состояния), хотя также базируются на эмпирической информации. Такой прием обеспечивает большую универсальность в отношении исходных дифференциальных уравнений, записываемых для трубопроводов и полостей, большую скорость счета и универсальность в отношении смесей различных топлив и газожидкостных состояний топлив [3, 7].

В частности, для оценки сжимаемости исследуемых биотоплив использовалась обработка экспериментальных результатов исследований различных авторов [8—10]. Математическая модель учитывает деформацию полостей топливной системы, трубопроводов, деталей привода ТНВД, а также утечки, изменение коэффициентов расхода в зависимости от режимов течения и геометрии проточной части, наличие газовой фазы в локальных нестационарных условиях, диссипацию энергии в результате трения и другие, имеющие значение, явления.

Объектом проведенных расчетных и экспериментальных исследований являлась система топливоподачи дизеля типа Д-245.12С (4ЧН 11/12,5) производства Минского моторного завода. Основные исходные данные для расчета параметров процесса топливоподачи приведены в табл. 2.

Результаты численных экспериментов были представлены в виде диаграмм изменения давления топлива в надплунжерной полости ТНВД, в трубопроводе высокого давления (в точках расположения датчиков давления *1* и *2*, см. табл. 2), в кармане распылителя форсунки, давление впрыскивания по углу поворота кулачкового вала ТНВД. В качестве примера на рис. 1 представлены диаграммы изменения этих давлений, полученных при работе исследуемой топливной системы на ДТ на режиме с частотой вращения кулачкового вала ТНВД $n_{тп}$ = 1200 мин$^{-1}$ и цикловой подачей $g_ц$ = 0,067 г.

Расчетные интегральные характеристики процесса топливоподачи, полученные для исследуемой топливной системы, работающей на ДТ на режиме с $n_{тп}$ = 1200 мин$^{-1}$ и $g_ц$ = 0,067 г, сведены в табл. 3. Так, исследуемая система на указанном режиме работы обеспечивает максимальное давление впрыскивания $p_{впр.max}$ = 49,5 МПа при среднем давлении впрыскивания $p_{впр.ср}$ = 26,9 МПа и действи-

Таблица 2

**Исходные данные при исследовании ТПА дизеля Д-245.12С**

| № | Параметр топливной системы, размерность | Значение |
|---|---|---|
| | Параметры плунжерной пары | |
| 1 | Диаметр плунжера, мм | 10,00 |
| 2 | Подъем плунжера до начала закрытия впускного окна, мм | 0,00 |
| 3 | Давление подкачки топлива, МПа | 0,200 |
| 4 | Мертвый объем надплунжерной полости, мм$^3$ | 338,0 |
| | Параметры нагнетательного клапана | |
| 5 | Разгружающий ход клапана, мм | 2,00 |
| 6 | Диаметр клапана, мм | 7,00 |
| 7 | Максимальный ход клапана, мм | 7,30 |
| 8 | Давление открытия клапана (на проток), МПа | 1,13 |
| | Параметры форсунки (нормальная закрытая форсунка) | |
| 9 | Сопла выходят на запорный конус | |
| 10 | Диаметр иглы, мм | 5,000 |
| 11 | Максимальный ход иглы, мм | 0,300 |
| 12 | Давление начала впрыскивания, МПа | 22,00 |
| 13 | Число сопловых отверстий $i_c$ | 5 |
| 14 | Диаметр (равных) сопловых отверстий $d_c$, мм | 0,340 |
| 15 | Коэффициент расхода сопел при впрыске в атмосферу | 0,690 |
| 16 | Диаметр предсоплового канала, мм | 1,00 |
| | Параметры полостей и трубопроводов | |
| 17 | Объем входной полости форсунки (штуцера), мм$^3$ | 385,00 |
| 18 | Объем штуцера ТНВД или аккумулятора, мм$^3$ | 860,00 |
| 19 | Внутренний диаметр нагнетательного трубопровода, мм | 2,00 |
| 20 | Внешний диаметр нагнетательного трубопровода, мм | 7,00 |
| 21 | Эффективная длина нагнетательного трубопровода, мм | 790,00 |
| 22 | Внутренний диаметр канала в корпусе форсунки, мм | 2,17 |
| 23 | Эффективная длина этого канала, мм | 95,00 |
| 24 | Объем кармана распылителя, мм$^3$ | 45,00 |
| 25 | Удаление датчика № 1 давления в трубопроводе от ТНВД, мм | 30,00 |
| 26 | Удаление датчика № 2 давления в трубопроводе от ТНВД, мм | 750,00 |

тельной продолжительности впрыскивания $\varphi_{впр.действ} = 8{,}37$ град поворота кулачкового вала ТНВД.

Полученные расчетные результаты хорошо совпадают с экспериментальными данными исследовательских работ и заводских испытаний [3, 11].

Для сравнительного анализа показателей процесса топливоподачи дизеля, работающего на биотопливах, были проведены расчеты этого процесса при работе на ДТ, МЭРМ и смесях ДТ и МЭРМ различного состава. Указанные выше отличия физико-химических свойств МЭРМ оказывают определенное влияние на протекание процесса топливоподачи дизельного двигателя, работающего на смесях ДТ и МЭРМ.

Расчетное исследование процесса топливоподачи с использованием программного комплекса "Впрыск" проведено при использовании в качестве моторного топлива смесей нефтяного дизельного топлива (ДТ) и метилового эфира рапсового масла (МЭРМ). При этом объемная концентрация МЭРМ в дизельном топливе $C_{МЭРМ}$ изменялась от нуля (работа на чистом ДТ) до 100 % (работа на чистом МЭРМ). Как указано выше, объектом проведенных расчетных исследований являлась система топливоподачи дизеля Д-245.12С. Исследован режим рабо-

Таблица 3

**Интегральные характеристики процесса топливоподачи при работе на ДТ**

| Параметр, размерность | Обозначение | Значение |
|---|---|---|
| Действительная цикловая подача, г | $g_ц$ | 0,06758 |
| Активный ход плунжера, мм | $h_{пл\ ак}$ | 1,033 |
| Максимальная скорость плунжера, м/с | $C_{пл\ max}$ | 2,220 |
| Максимальное давление топлива над плунжером, МПа | $p_{пл\ max}$ | 46,35 |
| Коэффициент подачи системы | $k_{под}$ | 1,017 |
| Максимальное контактное напряжение на кулачке, МПа | $\sigma_{конт}$ | 1171,0 |
| Максимальный момент на кулачковом валу ТНВД, Нм | $M_{кул\ max}$ | 61,48 |
| Максимальное давление топлива перед форсункой, МПа | $p_{фор\ max}$ | 54,55 |
| Максимальное давление топлива в кармане распылителя, МПа | $p_{кар\ max}$ | 59,56 |
| Максимальное давление впрыскивания, МПа | $p_{впр\ max}$ | 49,48 |
| Среднее давление впрыскивания, МПа | $p_{впр\ ср}$ | 26,93 |
| Максимальное давление первого датчика, МПа | $p_{дат1max}$ | 46,02 |
| Максимальное давление второго датчика, МПа | $p_{дат2max}$ | 52,76 |
| Средневзвешенный заутеровский диаметр капель, мкм | $d_{32}$ | 26,35 |
| Продолжительность подачи геометрическая, град | $\varphi_{впр\ геом}$ | 3,650 |
| Действительное время собственно впрыскивания, град | $\varphi_{впр\ действ}$ | 8,370 |
| Угол начала подачи геометрический, град | $\varphi_{нач\ геом}$ | 30,00 |
| Угол начала подачи действительный, град | $\varphi_{нач\ действ}$ | 33,90 |
| Остаточное давление в линии высокого давления, МПа | $p_{остаточ}$ | 0,0014 |
| Остаточный объем газов в линии высокого давления, % | $V_{остаточ}$ | 0,2077 |

ты с частотой вращения кулачкового вала ТНВД $n_{тн} = 1200$ мин$^{-1}$ и цикловой подачей $g_ц = 0{,}067$ г (при использования дизельного топлива). Активный ход плунжера $h_{пл.ак} = 1{,}033$ мм был постоянным и не изменялся при смене топлива. Это соответствует неизменному положению дозирующей рейки ТНВД на упоре максимальной подачи топлива. Исходные данные для расчета параметров процесса топливоподачи приведены в табл. 2.

В результате расчетных исследований получены диаграммы изменения давления топлива по углу поворота кулачкового вала ТНВД в различных точках линии высокого давления для двух чистых топлив (ДТ и МЭРМ). На рис. 2 представлены указанные диаграммы для двух точек в начале и в конце трубопровода высокого давления (в точках расположения датчиков давления *1* и *2*, см. табл. 2). По полученным диаграммам следует отметить тенденцию роста максимальных давлений в нагнетательном топливопроводе с увеличением содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$. Так при переходе от ДТ к МЭРМ давление топлива у датчика *1* возросло с 46 до 54 МПа, а у датчика *2* — с 51 до 61 МПа.

При анализе процессов распыливания топлива и смесеобразования наибольший интерес представляют диаграммы изменения давления впрыскивания (давления топлива перед распыливающими отверстиями форсунки, т. е. давления в подыгольной полости распылителя) по углу поворота кулачкового вала. Полученные при расчете диаграммы изменения давления впрыскивания на режиме с $n_{тн} = 1200$ мин$^{-1}$ при неизменном активном ходе плунжера $h_{пл.ак} = 1{,}033$ мм и использовании ДТ и МЭРМ приведены на рис. 3. Анализ полученных расчетных данных показывает, что на исследуемом режиме максимальное давление впрыскивания нефтяного ДТ составило около 49,5 МПа, а МЭРМ — примерно 53,5 МПа.

Указанные выше различия физических свойств исследуемых топлив и давлений топлива в процессе топливоподачи отражаются и на характеристиках впрыскивания (законах подачи) и, в итоге, на цикловых подачах топлива. Представленная на рис. 4 характеристика объемной цикловой подачи топлива $q_ц$ показывает, что при неизменном активном ходе плунжера $h_{пл}$ по мере увеличения содержания МЭРМ в смеси с нефтяным дизельным топливом $C_{МЭРМ}$ объемная цикловая подача $q_ц$ непрерывно возрастает. Если при работе дизеля на исследуемом режиме на ДТ ($C_{МЭРМ} = 0$) объемная цикловая подача топлива составила $q_ц = 81{,}7$ мм$^3$, то при переходе на работу с МЭРМ ($C_{МЭРМ} = 100$ %) эта цикловая подача возросла до $q_ц = 84{,}0$ мм$^3$. Такой рост цикловой подачи обусловлен, в основном, снижением сжимаемости МЭРМ по отношению к сжимаемости нефтяного ДТ.

Указанная зависимость цикловой подачи от состава смесевого биотоплива характерна и для массовых цикловых подач исследуемых смесей. При этом зависимость массовой цикловой подачи от содержания МЭРМ в смеси с нефтяным дизельным топливом $C_{МЭРМ}$ более выражена по сравнению с объемной цикловой подачей. Это обусловлено тем, что объемная цикловая подача определяется коэффициентом подачи ТНВД, т. е. отношением действительного объема подаваемого топлива к объему топлива, которое могло бы быть подано в случае работы с несжимаемой жидкостью при отсутствии утечек. Таким образом, этот коэффициент зависит от сжимаемости топлива, а также от его вязкости. При этом массовая цикловая подача определяется не только коэффициентом подачи, а еще и плотностью топлива, поскольку равные объемы жидкостей с разной плотностью имеют разные массы. В частности, при одинаковой объемной цикловой подаче ДТ и МЭРМ массовая цикловая подача эфира будет приблизительно на 6 % больше массовой цикловой подачи дизельного топлива (плотность МЭРМ примерно на 6 % больше плотности ДТ). Зависимость массовой цикловой подачи смесевых биотоплива $g_ц$ от содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$ может быть оценена с использованием данных рис. 5. Эти данные свидетельствуют о том, что при переходе с ДТ на МЭРМ массовая цикловая подача топлива $g_ц$ увеличилась с 67,6 до 73,7 мг, т. е. примерно на 10,0 %.

С ростом содержания МЭРМ в смесевом биотопливе $C_{МЭРМ}$ отмечено не только увеличение количества подаваемого топлива, но и изменение фаз топливоподачи. В частности, рост доли МЭРМ в смеси $C_{МЭРМ}$ сопровождался уменьшением действительного угла начала подачи топлива, т. е. впрыскивание начиналось раньше (см. рис. 3). В частности, при работе дизеля на исследуемом режиме на ДТ начало впрыскивания соответствовало угловому положению кулачкового вала 33,6 град., а при переходе на МЭРМ этот угол становился равным 33,0 град. (рис. 6).

Важными параметрами, характеризующими процесс топливоподачи и оказывающими значительное влияние на протекание последующих процессов распыливания топлива и смесеобразования, являются максимальное и среднее давления впры-

скивания топлива (давления перед распыливающими отверстиями форсунок). Эти давления характеризуют интенсивность процесса топливоподачи и предопределяют такие важнейшие показатели как длина струй распыливаемого топлива, их ширина, угол раскрытия струй, мелкость распыливания (диаметр капель распыливаемого топлива). В литературных источниках чаще приводятся значения максимального давления впрыскивания. Эти значения легко определяются по экспериментально полученным или расчетным диаграммам изменения давлений в линии высокого давления по углу поворота кулачкового вала или по времени. По результатам анализа расчетных диаграмм давления впрыскивания получена характеристика среднего давления впрыскивания, представленная на рис. 7. Она свидетельствует о том, что с ростом содержания МЭРМ в смеси с нефтяным ДТ $C_{МЭРМ}$ максимальное давление впрыскивания увеличивалось. Так, в исследуемом дизеле на номинальном режиме его работы переход с дизельного топлива ($C_{МЭРМ} = 0$) на МЭРМ ($C_{МЭРМ} = 100$ %) сопровождался ростом максимального давления впрыскивания с 49,5 до 53,5 МПа.

Среднее давление впрыскивания является важным параметром, характеризующим общую энергетику процесса. По полученным характеристикам среднего давления впрыскивания, представленным на рис. 8, следует отметить, что при увеличении содержания МЭРМ в смеси с нефтяным ДТ $C_{МЭРМ}$ рост максимального давления впрыскивания сопровождался увеличением и среднего давления впрыскивания. В соответствии с представленной на рис. 8 характеристикой при переходе от ДТ к МЭРМ среднее давление впрыскивания увеличилось с 26,2 до 29,4 МПа.

Отмеченный рост максимальных и средних давлений в линии высокого давления при переходе от работы с нефтяным ДТ к работе на МЭРМ, связанный с ухудшением прокачиваемости МЭРМ с повышенной вязкостью через элементы системы топливоподачи, сопровождается повышение нагрузок на привод ТНВД. С ростом содержания МЭРМ в смесевом биотопливе от $C_{МЭРМ} = 0$ (работа на ДТ) до $C_{МЭРМ} = 100$ % (работа на МЭРМ) максимальный момент прокручивания кулачкового вала топливного насоса $M_{кул.max}$ возрастал с 61,5 до 71,5 Н · м (рис. 9).

Проведенные расчетные исследования показали, что отличия физико-химических свойств исследованных смесевых биотоплив на основе растительных масел и их производных существенно сказываются на параметрах и характеристиках процесса топливоподачи. Проведенные расчетные исследования подтвердили, что при использовании в дизеле смесей нефтяного ДТ и МЭРМ необходимо совершенствование процесса топливоподачи в направлении не только совершенствования самой системы топливоподачи, но и совместной оптимизации элементов топливоподающей системы и КС дизеля, работающего на этих топливах.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК


1. **Альтернативные** топлива для двигателей внутреннего сгорания / А. А. Александров, И. А. Архаров, В. А. Марков и др. Под ред. А. А. Александрова, В. А. Маркова. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2012.
2. **Использовани**е растительных масел и топлив на их основе в дизельных двигателях / В. А. Марков, С. Н. Девянин, В. Г. Семенов и др. М.: ООО НИЦ "Инженер", ООО "Онико-М", 2011.
3. **Грехов Л. В., Иващенко Н. А., Марков В. А.** Системы топливоподачи и управления дизелей: Учебник для вузов. Второе издание. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005.
4. **Грехов Л. В.** Использование линеаризованного метода распада разрыва для расчета топливоподачи в дизелях // Автомобильные и тракторные двигатели: Межвуз. сб. науч. тр. МАМИ. 1999. Вып. 16. С. 81—87.
5. **Грехов Л. В., Марков В. А., Девянин С. Н.** Параметры процесса топливоподачи и показатели дизеля, работающего на смесевых биотопливах // Грузовик. 2009. № 7. С. 39—47.
6. **Грехов Л. В.** Уточненная математическая модель процесса подачи топлива в дизеле // Известия вузов. Машиностроение. 1997. № 10—12. С. 47—51.
7. **Иващенко Н. А., Вагнер В. А., Грехов Л. В.** Моделирование процессов топливоподачи и проектирование топливной аппаратуры дизелей. Барнаул—М.: Изд-во АлтГТУ им. И. И. Ползунова, 2002.
8. **Javanaud C., Rahalkar R. R.** Velocity of Sound in Vegetable Oils // Fett Wissenschaft Technologie = Fat Science Technology. 1988. Jg. 90. № 2. S. 73—75.
9. **Tat M. E., Van Gerpen J. H.** Effect of Temperature and Pressure on the Speed of Sound and Isentropic Bulk Modulus of Mixtures of Biodiesel and Diesel Fuel // Journal of the American Oil Chemists' Society. 2003. Vol. 80. № 11. P. 1127—1130.
10. **Varde K. S.** Soy Oil Sprays and Effects on Engine Performance // Transactions of the ASAE. 1984. Vol. 27. B 2. P. 326—330, 336.
11. **Марков В. А., Девянин С. Н., Мальчук В. И.** Впрыскивание и распыливание топлива в дизелях. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007.

# ABSTRACTS OF ARTICLES


**2** *Andreyenkov A. A.* The high-efficiency fan for truck turbo-diesel cooling System.
The parameters of high-efficiency diagonal-type fan for liquid-cooling system of the heavy-vehicle turbo-diesel (power 397 kW) were determined, also the fuel consumption improvement was assessed at nominal load.
**Keywords:** turbo-diesel cooling system, diagonal-type fan, axial fan, fuel consumption improvement

**7** *Loskutnikov I. A.* Operation gearing of at changing of center distance
The methods of switching, circuit switching gears in the transfer gear. The methods of teeth contact gear wheels with variable center distance.
**Keywords:** transfer gear, gear wheels, transfer gear

**10** *What cities want*

**17** *Maksimov V., Grebenyuk V., Ismailov R., Zimanov L., Roshchak S., Solntsev A.* To a question of creation of prospective onboard computer urban buses
In the article the question connected with the creation of the perspective of the onboard computer for urban buses.
**Keywords:** computer technologies, buses, major components, systems and units of buses, electronic control system operation system of urban buses in operation, a single Board computer

**21** *Kokodeeva N., Kochetkov A.* Identification of objects of transport road infrastructure management in accordance with new principles of technical regulation
Beginning of XXI century in Russia was marked by passage of legislative base of Russian Federation for a new international level, which resulted in a transition period should be developed technical regulations and national standards in all areas of business and technical activities. The article analyzes the main legislative instruments in field of traffic management after introduction of federal Law № 184-FZ "On technical regulation", which justified use of the identification of transport infrastructure with roads. Developed a basic classification of roads in terms of liability with regard to Federal Law № 384-FZ "Technical Regulations on the Safety of buildings and structures", in which the proposed parameters of unacceptable risk, coefficient of variation of quality of road, degree of risk and extent of damage.
**Keywords:** law, the transport infrastructure of road management, object-to goad the economy, the object identification, risk classification of roads on levels of responsibility

**31** *Pavlov V., Lukyanov G.* Static lateral sta\bility of trailers-our heavy-duty with spark plug suspension
Some heavy-duty automobile trailers have a candle type suspension that is vertical cylinders with rubber elements inside. There are some peculiarities of lateral stability for these vehicles that are showed and analysed in the article.
**Keywords:** heavy-duty automobile trailers, lateral stability, candle type suspension

**36** *Strizhevsky A., Sukhov A., Kochetkov A.* Traffic on public highways of federal value
Multiple summary: Formation, filling and the database analysis on safety of traffic on public highways of federal value are carried out.
**Keywords:** highway, database, safety, traffic, diagnostics

**42** *Grekhov L., Markov V., Devyanin S., Bykovskaya L.* Calculation Research on Fuel Supply Process of Diesel Engine Running on Diesel Fuel and Rapeseed Oil Methyl Ester Mixtures
The investigation of physicochemical properties of diesel fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester and mixtures of their various compositions is carried out. The results of calculated fuel supply process research of vehicle diesel engine (type D-245.12S) of a small tonnage car ZiL 5301 running on diesel fuel and rapeseed oil methyl ester mixtures are introduced. The necessity to adapt diesel engines to work on mixed biofuels is emphasized.
**Keywords:** diesel engine, diesel fuel, rapeseed oil, rapeseed oil methyl ester, mixed biofuel



Художественный редактор *Т. Н. Галицына*. Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина*
Сдано в набор 10.12.2013. Подписано в печать 21.01.2014. Формат 60 × 88 1/8. Усл. печ. л. 5.88.
Отпечатано в ООО «Белый ветер», 115407, г. Москва, Нагатинская наб., д. 54, пом. 4