

Лекция 1

ТЕМА №1. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВТОМОБИЛИЗАЦИИ С ПРИРОДОЙ И ОБЩЕСТВОМ

Вопрос 1. Отрицательные последствия автомобилизации

Отрицательные последствия автомобилизации представим в виде рис. 1.

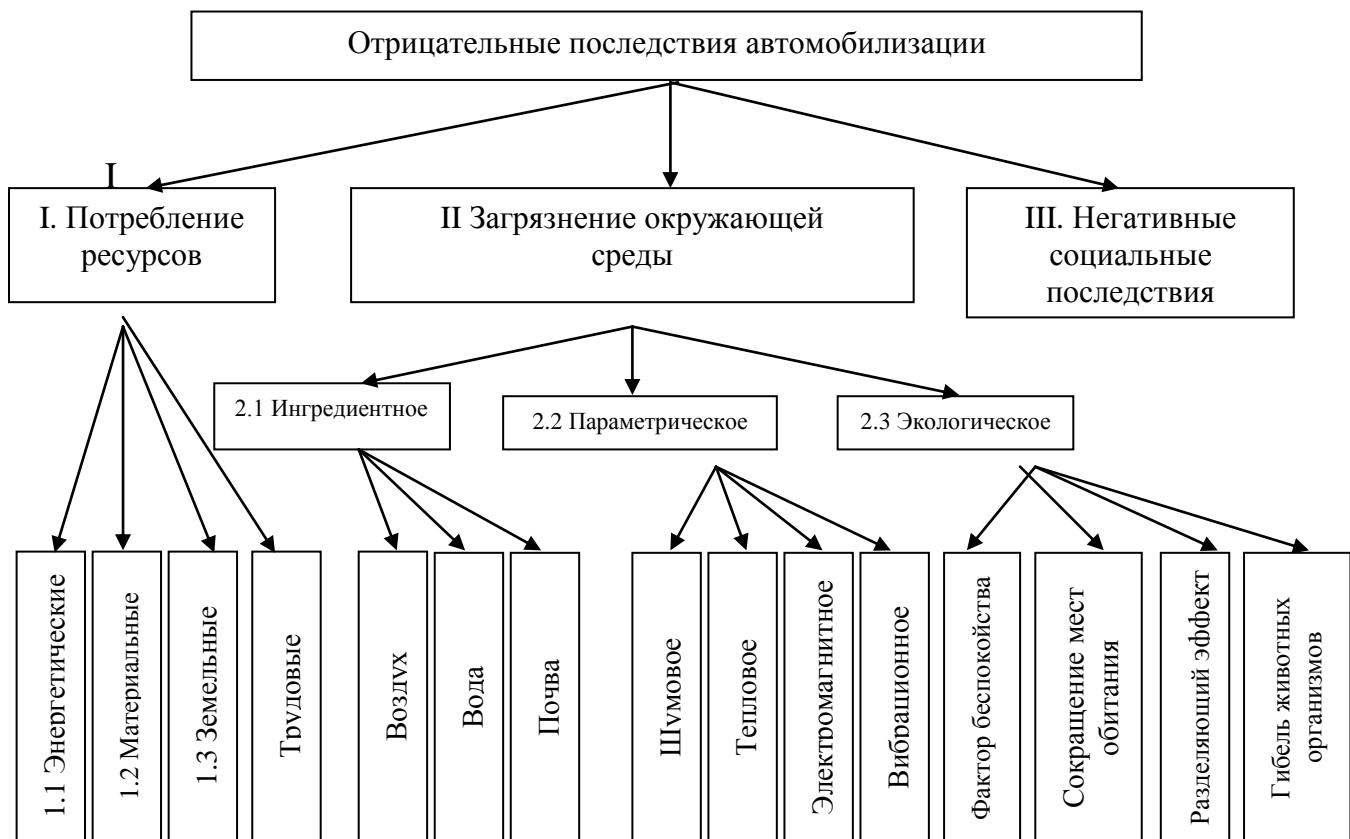


Рис. 1 Классификация отрицательных последствий автомобилизации

I. Потребление ресурсов

1.1. Современные ТС стали мощным потребителем энергии в основном в виде нефти и нефтепродуктов (в странах западной Европы до 30%, США и Канада – 52...63%, Япония более 20%).

1.2. Для изготовления автомобилей расходуется достаточно большое количество материалов, изъятых у природы. Например, на производство автомобилей в США расходуется около 20% стали, 7% меди, 13% никеля, 35% цинка, 50% свинца и натурального каучука. Запасы этих материалов непрерывно сокращаются и возобновить их невозможно.

1.3. Применение автомобиля как массового ТС требует развития сети автомобильных дорог и строительства различных транспортных сооружений,

под которые приходится отводить значительные площади, нередко в ущерб другим видам человеческой деятельности. На 1 км. автомобильной дороги в зависимости от ее категории приходится отводить 2...7 га. территории. Дополнительные потери земельных угодий связаны с водной и ветровой эрозией, геодинамическими процессами, изменением мощности и уровня почвенных вод.

1.4. Автомобилизация является мощным потребителем трудовых ресурсов. Профессия водителя стала одной из самых массовых.

II. Загрязнение окружающей среды

С экологической позиции загрязнение среды обитания представляет собой комплекс помех в экологических системах. Если уровень помех превышает возможность организма к адаптации, то это приводит к его гибели или угнетению. Возникновение помех в экологических системах может быть связано с ингредиентным, параметрическим и экологическим загрязнением

2.1. Ингредиентное. Объектами ингредиентного загрязнения являются воздух, вода, почва. Среди ингредиентов загрязнения присутствуют сотни веществ и химических соединений, нередко очень опасных для живых организмов в твердом, жидком и газообразном состоянии. Наиболее массовые из них – токсичные и нетоксичные компоненты отработавших газов, отходы при производстве и эксплуатации автомобилей.

2.2. Параметрическое. При сгорании топлива в цилиндрах двигателя только часть химической энергии переходит в полезную механическую работу. Остальная часть энергии теряется. У лучших образцов автомобильных двигателей эти потери составляют более 55%. Основная доля неиспользованной энергии переходит в тепло, а остальная – в другие виды параметрического загрязнения (шумовое, электромагнитное, вибрационное).

2.3. Экологическое. Развитие автомобилизации ведет к значительному преобразованию естественных экологических систем. При широком использовании автомобилей все возрастающее число людей получают доступ к ранее закрытым для них природным комплексам, вызывая при этом фактор беспокойства животному и растительному миру. При этом сокращается

количество мест, пригодных для обитания животных, может снизиться продуктивность системы. Автомобильные дороги способствуют появлению разделяющего эффекта для животного мира.

III Негативные социальные последствия

1. Снижение двигательной активности человека с одновременным нарастанием нервного напряжения.
2. Рост числа различных заболеваний среди жителей крупных городов, связанных с загрязнением городской среды.
3. Снижение безопасности движения.
4. Ущерб наносимый обществу из-за потери национального дохода и затрат на лечение, уничтожения и повреждения грузов, ТС и дорожных сооружений, исчисляется суммами, значительно превышающими затраты на мероприятия по безопасности движения.

Опасность и степень воздействия АТ на окружающую среду различны для городов и загородных территорий.

В городах это воздействие в наибольшей степени проявляется в:

- повышенном расходе топлива автомобилями;
- потребности в значительных площадях внутри городской застройки;
- загрязнении атмосферного воздуха токсичными компонентами ОГ;
- загрязнении городских водоемов;
- загрязнении всеми видами параметрических загрязнений.

На загородных территориях это:

- потребность в значительных площадях для строительства автомобильных дорог и других сооружений;
- загрязнение поверхностных слоев почвы;
- загрязнение водоемов и грунтовых вод;
- нарушение экологического равновесия в зоне строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Вопрос 2. Методы снижения отрицательных последствий автомобилизации

Полностью ликвидировать отрицательные последствия автомобилизации невозможно, поэтому необходимо принимать эффективные меры для их строгого ограничения и разумного регулирования.

Эту проблему необходимо решать комплексно, а не по одному или нескольким параметрам. Решение заключается в создании транспортной системы с высокой эффективностью и минимальным воздействием на окружающую среду. Это возможно, когда будут согласованы элементы транспортной системы (водитель, дорога, автомобиль) и управленческие воздействия (организация и управление перевозками, ОДД, транспортное градостроительство, нормативно-правовая база).

Водитель – активный элемент системы. Подготовка водителя на сегодня не должна сводиться к предотвращению ДТП, но и к обучению рациональным приемам управления автомобилем в условиях города, обеспечивающим минимальное воздействие автомобиля на окружающую среду.

Дорога. От рационального выбора профиля, типа и ровности покрытия, геометрических размеров, типов пересечений, условий видимости во многом зависят расход топлива, выброс токсичных компонентов ОГ, уровень шума, число ДТП.

Автомобиль. Необходимо:

- совершенствование конструкции автомобиля;
- создание перспективных ТС;
- поддержание в условиях эксплуатации надлежащего технического состояния узлов и агрегатов, влияющих на топливную экономичность автомобиля, выброс токсичных компонентов ОГ, уровень шума, безопасность движения.

Методы организации и управления перевозками:

- маршрутизация перевозок с использованием ЭВМ;
- применение прицепов и полуприцепов;
- все мероприятия, повышающие значения коэффициентов использования пробега и грузоподъемности автомобилей;

- применение на всех мелкопартионных перевозках автомобилей малой грузоподъемности;
- организация попутной загрузки;
- пакетирование, применение контейнеров;
- внедрение автоматизированной системы диспетчерского управления движением автобусов.

Градостроительные методы направлены на:

- снижение плотности населения на единицу территории города, создание необходимой дорожной инфраструктуры и инженерных коммуникаций для расселения людей в пригородах, сохранение вставок естественного ландшафта;
- использование подземного и наземного пространства для прокладки транспортных коммуникаций, хранения ТС;

Основные направления нормативно-правовой базы по регулированию качества окружающей среды:

1. Разработка регламента подтверждения соответствия и совершенствования ДТС, компонентов и запасных частей;
2. Установление нормативов качества окружающей среды и нормативов допустимого воздействия на нее.

К нормативам качества окружающей среды относятся нормативы предельных допустимых концентраций (ПДК) химических веществ, которые приводятся в государственных санитарно-эпидемиологических правилах (санитарных правилах и нормах - СанПиН, санитарных нормах - СН, гигиенических нормативах - ГН).

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду рассчитаны на соблюдение нормативов качества окружающей среды. К ним относится технический норматив. Он отражает массу выброса вредного вещества в расчете на единицу мощности пробега автомобиля. Техническими нормативами, регламентирующими выбросы автотранспортными средствами, являются стандарты ЕВРО.

3. Проведение государственного мониторинга окружающей среды (государственного экологического мониторинга).

Экологический мониторинг - это комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений ее состояния под воздействием природных и антропогенных факторов. Государственный мониторинг окружающей среды осуществляется органами государственной власти Украины (Минздрава, Госкомгидромета) путем взятия отдельных проб воздуха в различных районах города с использованием стационарных пунктов и передвижных лабораторий. В результате определяют фактическую концентрацию вредных веществ. Полученная информация используется для предотвращения или уменьшения неблагоприятных последствий изменения состояния окружающей среды.

4. Проведение контроля в области охраны окружающей среды (экологического контроля).

Экологический контроль — это система мер, направленная на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства, обеспечение соблюдения субъектами автотранспортной и иной деятельности требований, в том числе нормативов и нормативных документов, в области охраны окружающей среды. Цель проведения - обеспечение исполнения природоохранного законодательства, соблюдение экологических требований и обеспечение экологической безопасности.

Выбросы автотранспортного средства (АТС) контролируются в период ежегодного технического осмотра. Кроме этого, службой ГАИ проводится круглогодичный выборочный контроль. Для его проведения организуется сеть постов (в стационарном или мобильном исполнении) и рациональное их размещение на дорожной сети.

Государственный экологический контроль на предприятиях осуществляется при выезде АТС на линию. Контролируется содержание загрязняющих веществ в выхлопных газах с помощью газоанализаторов. За сверхнормативные выбросы предусмотрены штрафы и (или) приостановка эксплуатации АТС (например, запрещение выезда на линию).

Методы ОДД:

- расширение проезжей части на перегонах дороги;
- сооружение транспортной развязки в разных уровнях и подземного пешеходного перехода на пересечении;
- установка дорожных ограждений;
- введение одностороннего движения;
- повышение пропускной способности перекрестка.

Большинство показателей экологической безопасности автомобиля (выбросы ВВ) в значительной степени определяется режимом его движения.

Уровень загрязнения окружающей среды

Режим движения	Выбросы ВВ легковым автомобилем, г/км		
	СО	СН	NO
Безопасность на перегоне	18,2	1,97	1,09
При наличии светофора	19,6	1,5	1,07
На перегоне при наличии одного перекрестка	21,5	1,56	1,06
При наличии двух пере- крестков	24,2	1,62	1,05

В свою очередь режим движения зависит от параметров транспортного потока, дорожной сети, ОДД. Следовательно, должным образом, управляя процессом движения автомобилей, можно организовать поток с минимальным влиянием на окружающую среду. Поэтому транспортный поток является центральным звеном в цепи организационных и технических мероприятий по снижению воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

Вопрос 3. Транспортный поток как источник воздействия на окружающую среду

С помощью транспортного потока, как самостоятельного объекта управления при решении экологических вопросов в транспортной системе:

- устанавливается сущность влияния и эффективность мероприятий по ограничению воздействия на человека и окружающую среду вредных экологических факторов (транспортный шум, вибрация, загрязнение атмосферного воздуха вредными компонентами ОГ, электромагнитные излучения, потребление топливных ресурсов);
- выбирается критерий, по которому определяют экологическую безвредность автомобиля как загрязнителя атмосферы (количество выбросов по видам, уровень шума).
- обосновывают градостроительные методы охраны окружающей среды.

И обратная связь: экономическая оценка ущерба, причиняемого обществу воздействием транспортного потока через повышение заболеваемости, снижение производительности труда, которая может формировать требования к экологическим характеристикам транспортного потока и определять наиболее эффективные пути достижения минимального загрязнения окружающей среды.

В связи с этим, транспортный поток может рассматриваться как самостоятельный объект управления. Его экологическая безопасность представляется комплексом законодательных, организационных, технических, экономических мероприятий и средств, обеспечивающих минимальное суммарное воздействие движущихся ТС на окружающую среду.

Виды методов (схематично):

1. Экспериментальные: натурные измерения и комбинированный метод.
2. Единичный эксперимент: эмпирические модели и моделирование процессов загрязнения окружающей среды на основе теории транспортных потоков (детерминированные, имитационные, статистические).

Наиболее простыми являются эмпирические модели, получаемые на основе прямых замеров уровней загрязнения среды вблизи магистралей при различном состоянии транспортного потока. Их недостатки:

- 1) сложность получения стабильных и точных результатов замеров уровней загрязнений в городах из-за наличия множества побочных факторов (градостроительных, погодных и др.);**
- 2) отсутствие общепринятых критериев сравнения результатов исследования;**
- 3) невозможность распространять полученные экспериментальные зависимости за рамки тех исходных условий, которые наблюдаются в натуральных экспериментах;**
- 4) отсутствует учет состояния транспортного потока, внутренней связи между его характеристиками.**

Вопрос 4. Режимы движения автомобилей в транспортном потоке

Современный автомобильный парк города характеризуется многообразием подвижного состава (по типу двигателей и потребляемому топливу, срокам службы и техническим состоянием, степени загрузки и характеру груза, этими автомобилями управляют водители с разным опытом, квалификацией и манерой вождения).

Многообразны и условия движения автомобилей в городах (длина перегонов и число полос движения, продольные уклоны и состояние покрытия, ОДД и т.д.).

При движении автомобилей по улицам и дорогам происходят задержки их у перекрестков. В результате этого движение автомобиля становится импульсным – движение с постоянной скоростью сменяется торможением, остановкой и последующим набором скорости.

Важнейшим показателем, отражающим фактические условия движения транспортных потоков, является среднее время проезда автомобилями участка городской магистрали. Оно зависит от класса магистрали, частоты расположения перекрестков, уровня загрузки, условий движения, параметров

светофорного регулирования. Поэтому, учитывая циклический характер движения автомобилей в городах, среднее время проезда можно рассматривать в виде суммы слагаемых, представляющих собой среднее время работы автомобиля на различных режимах: разгон, торможение, движение с постоянной скоростью, холостой ход.

Г Режимы движения автомобиля

Режим движения	Продолжительность в общем балансе времени, %		
	Легковые автомобили	Грузовые автомобили	Автобусы
Холостой ход	22	17	29
Ускорение	37	42	38
Постоянная скорость	12	16	9
Замедление	29	25	24

Время разгона

В настоящее время в транспортных расчетах при определении характеристик разгона обычно рассматривается равноускоренное движение автомобилей с постоянным ускорением (равным 0,9...1,5 м/с² для л.а. и 0,7...1,0 м/с² для гр.а). Но значение ускорения при разгоне автомобиля не является постоянным, а снижается с увеличением скорости и переходом на более высокую передачу. Так при разгоне автомобиля с места путем последовательного переключения передач ускорения изменяются в следующих пределах, м/с²:

I передача – 1,2...1,4;

II передача – 0,7...0,75;

III передача – 0,4...0,45;

IV передача – 0,2...0,5.

Установлена нелинейная зависимость ускорение – скорость:

$$j_p = \frac{dV}{dt} = (a + bV)^{-1} = \frac{1}{a + bV};$$

где j_p – ускорение автомобиля, м/с²; V – скорость автомобиля, м/с; a и b – постоянные, имеющие размерность $\frac{c^2}{m}$ и $\frac{c^3}{m^2}$ соответственно ($a = 0,5; b = 0,072$ - для л.а.; $a = 0,76; b = 0,20$ - для гр.а.).

Определим время разгона автомобиля (t_p) до скорости V , с:

Т.к. $t = 0$, $V=0$, можно записать время разгона как функцию от V :

$$dt = \frac{dV}{(a + bV)^{-1}} = (a + bV)dV;$$

$$t_p = \int_0^t t = \int_0^V (a + bV)dV; \quad t_p = aV + 0,5bV^2.$$

Путь, проходимый автомобилем (S_p) от начала разгона до момента достижения скорости V , м:

$$V = \frac{dS}{dt}; \quad dS = Vdt; \quad \int_0^S dS = \int_0^V Vdt = \int_0^V (aV + bV^2)dV;$$

$$S_p = 0,5aV^2 + 0,333bV^3.$$

Лекция 3

В городе при проезде регулируемых перекрестков значительное влияние на характер и способ торможения оказывает работа светофорной сигнализации. Так, если в момент загорания запрещающего сигнала светофора автомобиль находится вблизи перекрестка, то его торможение может быть интенсивным, вплоть до экстренного. В тоже время водитель автомобиля, находящегося значительно дальше от перекрестка, применяет рабочее торможение или торможение накатом. Такое многообразие способов торможения и факторов, влияющих на тормозную динамичность автомобилей, затрудняет численное определение характеристик торможения.

Время торможения t_m , с.:

$$t_T = \rho(V)^{0,5},$$

где ρ - параметр, значения которого можно принимать 3,75 для л.а. и 5,75 для гр.а.

Эта зависимость применима при скорости движения в момент начала торможения 8...18 м/с (30...65 км/ч).

Путь торможения до полной остановки в зависимости от скорости в момент начала торможения.

$$S_T = 0,333 \cdot \rho(V)^{1,5}.$$

В практических расчетах при определении числа автомобилей, задерживающихся у изолированного перекрестка со светофорным регулированием, используют известную в теории транспортных потоков формулу:

$$\delta_{oi} = \frac{1 - \lambda_i}{1 - y_i},$$

где δ_{oi} – доля автомобилей, задерживающихся у перекрестка;

λ_i – эффективная доля i - й фазы в цикле регулирования, $\lambda_i = \frac{t_{эф.i}}{T_u}$;

y_i – фазовый коэффициент i - й фазы регулирования, $y_i = \frac{N_i}{M_{ni}}$;

$t_{эф.i}$ – эффективная длительность зеленой фазы с учетом стартовых потерь, с;

T_u – длительность цикла светофорного регулирования, с;

N_i – интенсивность движения транспортного потока в одном направлении, авт./с;

M_{ni} – поток насыщения с учетом состава транспортного потока, авт./с.

Поток насыщения для одной полосы движения определяется из значений среднего интервала времени между автомобилями $\Delta\tau$, с/авт., поэтому при разъезде очереди:

$$M_{ni} = \frac{1}{\Delta\tau}, \left(\frac{\text{авт}}{\text{с}} \right)$$

Другой характеристикой разъезда очереди автомобилей является $\Delta\tau_{\text{тр}}$ – средний интервал запаздывания, т.е. отрезок времени между моментами строгания с места предыдущего и последующего автомобилей в очереди в процессе ее ликвидации.

Обработка результатов проведенных экспериментов показала, что для средних условий движения на перекрестке (хорошее состояние покрытия, продольный уклон менее 1,5%) при проезде очереди в прямом направлении значения:

$$\Delta\tau_{\text{ср}} = 3,45 - 1,15\Delta_{\text{л}};$$

$$\Delta\tau_{\text{ср.тпр}} = 1,2 - 0,4\Delta_{\text{л}}.$$

где $\Delta_{\text{л}}$ – доля легковых автомобилей в потоке.

Группу остановленных у перекрестка автомобилей за цикл работы светофора можно условно разделить на две подгруппы: остановившихся из-за запрещающегося сигнала светофора и из-за имеющейся очереди автомобилей.

Время остановки одного автомобиля стоящего в очереди складывается из времени на ожидание разрешающего сигнала светофора и времени ожидания разъезда очереди впереди стоящих автомобилей.

Среднее время ожидания разрешающего сигнала светофора одним автомобилем первой подгруппы можно считать равным половине времени запрещающего сигнала светофора:

$$t_{\lambda_i} = 0,5T_{\text{ц}}(1 - \lambda_i).$$

Длина очереди $l_{\text{оч}}$, состоящей из числа n_0 остановленных автомобилей определенного типа, измеряется от стоп линии до задних колес последнего автомобиля:

$$l_{\text{оч}} = A(n_0 - 1) + B,$$

где A и B – параметры, значения которых для однородной очереди, состоящей из легковых, грузовых и крупногабаритных (грузовых с прицепами и полуприцепами, автобусов) автомобилей, соответственно равны 7,5 и 2,4; 11 и 3,6; 13,5 и 5,0 м.

Длина очереди смешанного потока:

$$l_{oc} = (4\Delta_{л} + 7,5\Delta_{г} + 10\Delta_{кз})n_0 + 3,5(n_0 - 1),$$

где $\Delta_{л}$, $\Delta_{г}$, $\Delta_{кз}$ – соответственно доли легковых, грузовых и крупногабаритных автомобилей в очереди.

Анализ формул (t_p) и (t_{λ_i}), характеризующих разгон и торможение автомобилей, показывает, что от скорости установившегося движения на перегоне существенным образом зависит время работы автомобиля на различных режимах и общее время проезда УДС.

При $V = 7...17$ м/с (25...60 км/ч) установившегося движения время проезда участка магистрали с регулируемым движением автомобилями различного типа:

$$t_{np,л} = \delta_{oi} [(2,2 + 0,9V_{л}) + 0,5(1 - \lambda_i)t_n] + L_n/V_{л},$$

$$t_{np,г} = \delta_{oi} [2,2V_{г} + 0,5(1 - \lambda_i)t_n] + L_n/V_{г},$$

где $t_{np,л}$ и $t_{np,г}$ – среднее время проезда участка УДС легковым и грузовым автомобилями соответственно, с;

L_n – длина перегона, м.;

$V_{л}$, $V_{г}$ – средняя скорость установившегося движения на перегоне у легковых и грузовых автомобилей, м/с;

t_n – задержка перед перекрестком со светофорным регулированием, с.

Зависимость скорости сообщения V_c от задержки перед перекрестками и расстояния между ними описывается уравнением:

$$V_c = \frac{75 - 0,62t_n}{L_n^{0,47} - 0,0028t_n} \ln(L_n + 1).$$

Скорость транспортного потока, км/час:

$$V_n = V_{св} - aK_a N,$$

где $V_{св}$ – скорость свободного движения автомобилей в определенных дорожных условиях;

a , K_a – комплексные коэффициенты, учитывающие состав потока и изменение дорожных условий.

Скорость свободно движения автомобилей на перегоне городской магистрали, км/час:

$$V_{св} = \theta V_0,$$

где V_0 – средняя скорость движения «быстрых» автомобилей при однородном потоке, состоящем из легковых автомобилей, на ровном прямолинейном горизонтальном участке восьмиполосной городской магистрали непрерывного движения ($V_0 = 70$ км/ч);

θ - комплексный коэффициент, учитывающий влияние дорожных условий и состава движения, $\theta = m_1 m_2 m_3 m_4 m_5$.

Коэффициент m_1 учитывает влияние длины перегона на скорость $V_{св}$ (при условии, что $L_n = 0,15...1,0$ км.):

$$m_1 = \frac{L_n}{0,057 + 0,943L_n}.$$

Коэффициент m_2 учитывает влияние числа полос движения на $V_{св}$:

$$m_2 = 0,92 + 0,2R,$$

где R – число полос движения в одном направлении.

Для $R = 2$ коэффициент m_2 зависит от ширины проезжей части в одном направлении движения:

Ширина проезжей части, м.	7,5	7,0	6,5	6,0
Коэффициент m_2	0,96	0,94	0,90	0,85

Для $L_n > 1$ км. и $R \geq 5$ будет $m_1 = m_2 = 1,0$.

Коэффициент m_3 учитывает влияние состава транспортного потока на $V_{св}$:

$$m_3 = 0,8 + 0,2 \cdot \Delta_i.$$

Коэффициент m_4 учитывает влияние продольного уклона на $V_{св}$ (при $i = 2...5\%$):

$$m_4 = 1,08 - (0,08 - 0,05\Delta_i)i \text{ - при движении на подъеме;}$$

$$m_4 = 1 + 0,01i \text{ - при движении на спуске.}$$

Для $i < 2\%$, $m_4 = 1,0$.

Коэффициент m_5 учитывает влияние дорожного покрытия на $V_{св}$:

$$m_5 = 1 - 0,1 \times S,$$

где S – балльная оценка состояния дорожного покрытия по ровности и относительной площади деформированных участков (табл.).

Таблица

Состояние покрытия	Ровность покрытия		Относительная площадь деформированных или разрушенных участков, %	Оценка состояния дорожного покрытия S , баллы
	по показаниям толчкомера, см/км	по максимальным просветам под 3х метровой рейкой, мм		
Отличное	до 50	до 2	-	0
Хорошее	50...100	2...4	до 0,5	1
Удовлетворительное	100...170	4...6	0,5...3,0	2
Неудовлетворительное	170...270	6...8	3,0...7,0	3
Очень плохое	св. 270	св. 8	св. 7,0	4

Изменение состояния покрытия на 1 балл приблизительно соответствует изменению скорости потока на 10%.

При наличии на перегоне городской магистрали дорожных знаков, ограничивающих скорость движения ТС, или систем координированного регулирования дорожным движением, $V_{св}$ будет:

$$V_{св}^* = \begin{cases} \theta V_0 & \text{при } V_{св} \leq 1,05V_{огр} \\ 1,05V_{огр} & \text{при } V_{св} > 1,05V_{огр} \end{cases},$$

где $V_{огр}$ – предельная скорость движения, ограниченная дорожными знаками или регламентируемая средняя скорость движения в режиме «зеленой волны», км/ч.

Окончательная формула для расчета V_n :

$$V_{II} = \begin{cases} V_{св} & \text{при } N/R \leq N'_{св} \\ (1,29V_{св}^* - 10m_5) - \frac{(V_{св}^* - 35m_5)N}{(820 + 430\Delta_n)\psi R} & \text{при } N'_{св} < \frac{N}{R} \leq N'_{\max} \end{cases},$$

где N – интенсивность движения ТП в одном направлении, авт./ч;

$N'_{св}$ – предельная интенсивность движения на одной полосе, до достижения которой, ТП находится в «свободных» условиях, авт./ч, $N'_{св} = (250 + 100\Delta_n)\psi$;

N'_{\max} – максимальная интенсивность движения на одной полосе, авт./ч, $N'_{\max} = (1070 + 530\Delta_n)\psi$;

Ψ – параметр, учитывающий совместное влияние светофорного регулирования и длины перегона на изменение плотности потока:

$$\psi = \lambda_i + \frac{1}{2}(1 - \lambda_i)L_{II}.$$

При непрерывном движении или $L_n > 2$ км принимают $\Psi=1$.

Средняя скорость движения легковых автомобилей и грузовых автомобилей или автобусов, движущихся совместно в общем потоке, вычисляется:

$$V_n = [1 + 0,24(1 - \Delta_n)(1 - z)]V_{II},$$

$$V_r = [1 - 0,24\Delta_n(1 - z)]V_{II},$$

где z – коэффициент загрузки дороги движением; $z = \frac{N}{N'_{\max}}$.

**ТЕМА №2. РАСХОД ТОПЛИВА И ВЫБРОС ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ
АВТОМОБИЛЕМ И ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ**

**Вопрос 1. Расход топлива автомобилем при движении в транспортном
потоке**

Под топливной экономичностью автомобиля понимают его свойство расходовать минимально возможное количество топлива при выполнении транспортной работы.

Показатели топливной экономичности регламентированы ГОСТ 20306-85. Их перечень включает:

- контрольный расход топлива;
- топливную характеристику АТС при установившемся движении;
- расход топлива в магистральном и городском циклах на дорогах;
- в городском цикле на стенде с беговыми барабанами;
- топливно-скоростную характеристику на магистрально-холмистой дороге.

При проведении измерений предъявляются жесткие требования к испытуемым автомобилям, выбору дорожных участков, контрольно-измерительной аппаратуре, атмосферным условиям и методам испытаний.

Общий расход топлива Q в литрах составляет, л:

$$Q = Q_{дв} + Q_{тр} + Q_f + Q_{\omega} + Q_I + Q_n$$

где $Q_{дв}$, $Q_{тр}$, Q_f , Q_{ω} , Q_I , Q_n , - расход топлива на преодоление, соответственно, механических потерь двигателя (65%), в трансмиссии (9%), сопротивления качению (16%), аэродинамического сопротивления, сил инерции, подъемов (все – 10%), л.

В реальных условиях движения потребление топлива определяется не только конструкцией автомобиля, но и воздействием различных эксплуатационных факторов. Показатель, характеризующий эти факторы, получил название эксплуатационного расхода топлива:

$$q = \frac{Q}{L}, \quad \frac{\text{л}}{100\text{км}}.$$



Автомобиль в городских условиях движется в основном на режимах разгона и замедления. Все это делает невозможным движение в городских условиях с экономичными скоростями (заштрихованная зона) и приводит к дополнительному расходу топлива (зона между верхней и нижней границами).

На расход топлива автомобилей в городских условиях влияет: интенсивность движения, плотность транспортного потока и его состав, число полос движения, частота расположения светофорных объектов и методы управления ими, степень изолированности от пешеходного движения, методы организации движения.

Рассмотрим движение двух автомобилей по участку городской магистрали в свободных условиях. Предположим, что первый автомобиль преодолел его со скоростью около 60 км/ч, то есть в наиболее благоприятном режиме, а второй автомобиль был остановлен на нескольких перекрестках.

Расход топлива при установившемся режиме движения первым автомобилем:

$$Q_I = q_L \cdot l,$$

где q_L – расход топлива, л/км;

l – протяженность участка, км.

Расход топлива при неустановившемся режиме движения вторым автомобилем Q_{II} будет складываться из расхода топлива на разгон автомобиля Q_p , торможение Q_m , холостой ход Q_{xx} и движение с постоянной скоростью Q_v , л.:

$$Q_{II} = Q_p + Q_T + Q_{xx} + Q_v.$$

Но расход топлива Q_{II} можно записать как, л:

$$Q_{II} = Q_I + D_0,$$

где D_0 – дополнительный расход топлива, связанный с остановками автомобиля, л.

Расход D_0 будет определяться числом остановок O и временем работы на холостом ходу t_{xx} , л:

$$D_0 = q_0 O + q_{xx} t_{xx},$$

где q_0 – дополнительный расход топлива на остановку, л/остановка;

q_{xx} – расход топлива на холостом ходу, л/час.

Значение q_0 представляет собой разность между расходом топлива за один цикл «торможение – разгон» (Q_u) и расходом топлива в случае безостановочного движения по этому участку:

$$q_0 = Q_u - q_v (S_T + S_p),$$

где q_y – удельный расход топлива при установившейся скорости, л/км;

S_m и S_p – путь, пройденный автомобилем соответственно при торможении и разгоне, км.

Расход топлива q_0 зависит от:

1. Интенсивности и конечной скорости разгона. Это связано с тем что в цикле торможение – разгон затраты топлива при торможении малы и не оказывают существенного влияния на общие затраты топлива.

2. Номера автомобиля в очереди и состава транспортного потока.

Поэтому значения q_0 должны корректироваться с учетом положения автомобиля в очереди:

$$q_{0i} = q_0 K_{оч.i}$$

где $K_{оч.i}$ – коэффициент, учитывающий увеличения расхода топлива i -м автомобилем (табл.).

Таблица

Положение автомобиля	Значение $K_{оч.i}$ в зависимости от номера автомобиля в очереди								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Легковой легковым за	1,07	1,10	1,12	1,13	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15
Легковой грузовым за	1,16	1,24	1,30	1,32	1,34	1,36	1,36	1,39	1,40
Грузовой грузовым за	1,09	1,13	1,15	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22

Отдельно следует рассмотреть ситуацию, когда автомобиль подвергается задержке, но не останавливается. В этом случае дополнительный расход топлива q_3 меньше, чем q_0 и зависит только от времени задержки:

$$q_3 = q_0 K_3$$

где K_3 – коэффициент задержки.

В свободных условиях для легкового автомобиля $K_{зл}=0,1t_3$ ($t_{зл} < 10с$), а для грузового $K_{зг}=0,041t_3$ ($t_{зг} < 24с$). При $t_{зл} > 10с$ и $t_{зг} > 24с$ $q_3=q_0$.

Движение с установившейся скоростью по городской магистрали практически невозможно, поэтому расход топлива q_L будет отличаться от q_y на разность Δq_L : $q_L = q_y + \Delta q_L$.

Первая составляющая этого выражения q_y для каждого автомобиля зависит от скорости, а вторая Δq_L от степени ее неравномерности.

Неравномерность скоростного режима для магистрали непрерывного движения оценивается:

- параметром транспортного потока G_a , получившим название **шум ускорения**:

$$G_a = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [a(t)]^2 dt}$$

где $a(t)$ – положительное или отрицательное ускорение.

Применительно к городской магистрали G_a имеет существенный недостаток - низкие его значения могут соответствовать как движению с высокой скоростью на магистралях непрерывного движения, так и движению с остановками и низкой скоростью сообщения.

- **градиент скорости** G_v , учитывающий неравномерность и скорость движения:

$$G_v = \frac{G_a}{V_c}, c^{-1}$$

Преимущества градиента скорости:

1. отражает относительную долю неустановившихся режимов за единицу времени;
2. характеризует качество дорожного движения - уровень транспортной загрузки, загрязнение атмосферы токсичными компонентами ОГ, расход топлива.

С повышением транспортной загрузки, когда на магистрали образуются группы автомобилей ($0,018 < G_v < 0,045$) значение q_L увеличивается на 10...15% по сравнению со свободными условиями. Дальнейший рост плотности приводит к возникновению колонного движения ($G_v > 0,045$), что обуславливает дальнейшее увеличение q_L . В предзаторовых ситуациях он может достигать 15 - 100%.

Таким образом, дополнительный расход топлива при движении по городской магистрали:

$$D = D_n + D_{пер},$$

где D_n и $D_{пер}$ – дополнительный расход топлива на перегоне и в зоне перекрестка, соответственно, л.

Дополнительный расход:

$$D_n = \Delta q_L \times l,$$

$$D_{пер} = q_0 O + q_{xx} t_{xx} + q_3 z$$

где z – количество задержек.

Суммарный расход топлива потоком автомобилей складывается из расхода топлива каждым ТС.

Предположим, что участок F транспортной сети города состоит из I звеньев и J вершин. Вершина соответствует регулируемому перекрестку, а звено – участку сети между двумя перекрестками. На сети располагается транспортный поток, состоящий из автомобилей определенных моделей N_k . Расход топлива одиночным автомобилем k -й модели будет равен:

$$Q_k = \sum_{i=1}^I q_{Lki} l_i + \sum_{j=1}^J (q_{xxk} t_{xxj} + q_{okj} O_j + q_{3kj} z_j),$$

где O_j – число остановок на j -м перекрестке;

z_j – число задержек на j -м перекрестке;

k – модель автомобиля.

Расход топлива потоком автомобилей на участке F :

$$Q_F = \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^I q_{Lki} l_i N_{ki} + \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^J \left[(q_{xxk} t_{xxj} + q_{okj}) N_{koj} + q_{3kj} N_{k3j} \right],$$

где N_{ki} – число автомобилей k -й модели на i -м перегоне;

N_{koj} и N_{k3j} – соответственно число остановленных и задержанных автомобилей k -й модели на j -м перекрестке.

Обозначим первое слагаемое выражения (2) через Q_H , а второе – через D_F

Получим: $Q = Q_H + D_F$,

где Q_H – расход топлива в случае непрерывного движения потока, л;

D_F – дополнительный расход топлива на перекрестках транспортной сети, л.

Так как транспортный поток состоит из автомобилей различных моделей, отличающихся своими эксплуатационными свойствами и расходом топлива, поэтому принято допущение, что транспортный поток состоит из расчетных по расходу топлива легковых (Л) и грузовых автомобилей и автобусов (Г). Последние оснащаются карбюраторными и дизельными двигателями, поэтому их дополнительно подразделяют на расчетные грузовые автомобили с карбюраторными двигателями (ГК) и расчетные автомобили с дизельными автомобилями (ГД).

Расход топлива Л, ГК и ГД:

$$Q = Q_L + Q_{ГК} + Q_{ГД},$$

$$Q_L = \sum_{i=1}^I q_{LЛi} l_i N_{Лi} + \sum_{j=1}^J \left[(q_{xxЛ} t_{xxj} + q_{oЛ}) N_{oЛj} + q_{3Лj} N_{3Лj} \right],$$

$$Q_{ГК} = \sum_{i=1}^I q_{LKi} l_i N_{Ki} + \sum_{j=1}^J \left[(q_{xxK} t_{xxj} + q_{oK}) N_{oKj} + q_{3K} N_{3Kj} \right],$$

$$Q_{ГД} = \sum_{i=1}^I q_{LDi} l_i N_{Di} + \sum_{j=1}^J \left[(q_{xxД} t_{xxj} + q_{oД}) N_{oДj} + q_{3Дj} N_{3Дj} \right].$$

Зависимость расхода топлива от состояния ТП

Значения удельных расходов топлива в зависимости от состояния ТП

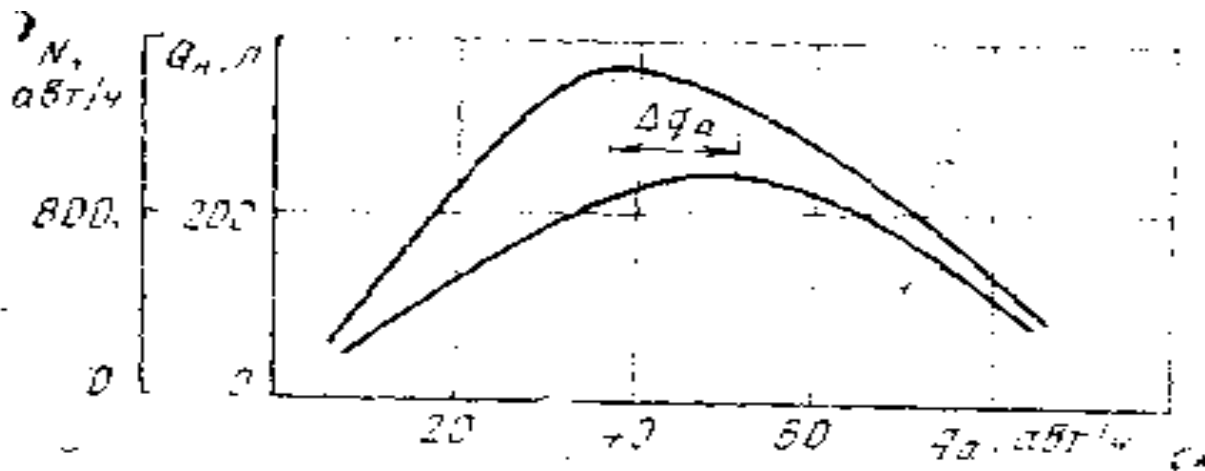
Состояние транспортного потока	Тип автомобиля	Удельный расход топлива		
		q_L , л/км	q_{xx} , л\час	q_o , л/остановку
Свободное	Л	0,072	1,03	0,016
	ГК	0,346	2,1	0,130
	ГД	0,362	1,8	0,153
Групповое	Л	0,076	1,03	0,012
	ГК	0,375	2,1	0,106
	ГД	0,392	1,8	0,121
Колонное	Л	0,082	1,03	0,006
	ГК	0,490	2,1	0,066
	ГД	0,495	1,8	0,078

Свободное состояние (плотность до 10 авт./км). Дополнительный расход топлива зависит только характера проезда перекрестков.

Групповое состояние (плотность от 11 до 30 авт./км). Дополнительный расход топлива на 30...40% зависит от условий движения по перегонам и на 60...70% - от длительности задержек в зоне перекрестка.

Колонное состояние (плотность от 31 до 100 авт./км). Дополнительный расход топлива зависит от условий движения по перегонам.

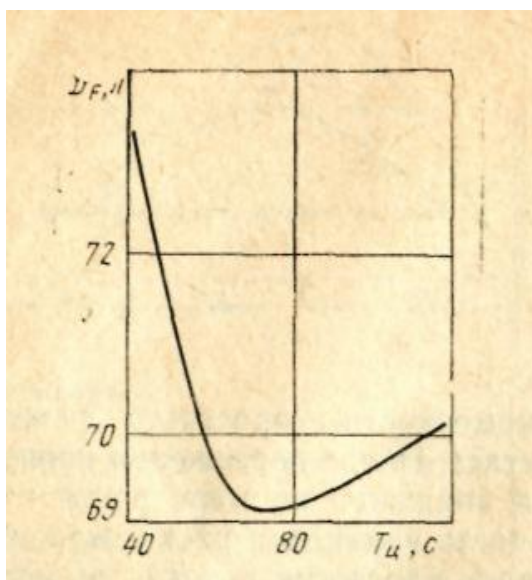
Зависимость расхода топлива от интенсивности движения и плотности потока



1 – расход топлива, 2 – основная диаграмма транспортного потока.

Увеличение плотности в зоне свободного и группового режимов ведет к резкому увеличению интенсивности движения. Одновременно с этим растет расход топлива одиночным автомобилем из-за повышения неравномерности скоростного режима, расход топлива потоком возрастает. После достижения пропускной способности интенсивность движения по мере роста плотности уменьшается. Закономерность изменения расхода топлива в целом аналогична. Однако рост плотности потока вызывает увеличение расхода топлива одиночным автомобилем, поэтому расход топлива потоком продолжает возрастать, несмотря на снижение интенсивности. Максимальный расход топлива не соответствует пропускной способности участка магистрали, а достигается при более высоких значениях плотности.

Зависимость дополнительного расхода топлива от длительности цикла



Дополнительный расход топлива сначала сокращается до оптимальной длительности СФР по расходу топлива из-за снижения дополнительного расхода топлива на остановку (q_o). Затем увеличивается из-за увеличения расхода топлива на холостой ход (q_{xx}).

Развитие методов и технических средств организации дорожного движения, в том числе АСУД в городах, выдвигает в качестве одной из важных задач разработку методики оценки эффективности мероприятий, требующих значительных материальных затрат. Сложность решения этой задачи заключается в том, что различные пользователи предъявляют к дорожному движению комплекс противоречивых требований: безопасность движения, сокращение затрат времени на перевозки, экономичность, сохранение качества окружающей среды. До настоящего времени не удалось разработать обобщенный критерий, который охватывал бы все названные качества. Поэтому на практике пользуются комплексом критериев.

Проведенные в МАДИ исследования влияния ОДД и расхода топлива автомобилями показали, что расход топлива в определенных условиях может быть использован в качестве критерия, поскольку отражает экономичность, скоростные показатели и косвенно выброс токсичных компонентов с ОГ.

Так как одной из главных задач ОДД в городах является сокращение числа и продолжительности задержек на перекрестках, формирование стабильного скоростного режима на перегонах, то степень ее решения может характеризоваться расходом топлива ТС на 1 км. пути и его можно использовать в качестве критерия качества ОДД. Однако некоторые факторы, не относящиеся к ОДД (например, конструктивные особенности, параметры внешней среды), также оказывают влияние на расход топлива, поэтому целесообразно пользоваться относительным показателем – коэффициент K_m увеличения расхода топлива Q_n автомобилем в пиковые периоды по сравнению с расходом в свободных условиях $Q_{св}$: $K_T = \frac{Q_n}{Q_{св}}$.

В качестве свободных условий предлагается принимать безостановочное движение автомобиля с предельно разрешенной для городов скоростью $V = 60$ км/ч.,

то есть при отсутствии остановок и помех со стороны ТП. Расход топлива Q_n замеряют в пиковые периоды при действующих средствах ОДД.

В идеальном случае, когда расход топлива автомобилем при движении по участку улично-дорожной сети определяется только его конструктивными особенностями и параметрами внешней среды, $K_T = 1$, влияние организации дорожного движения отсутствует. Если $K_T > 1$ то в этом случае расход топлива может уменьшен путем рациональной организации движения.

Расчеты и эксперименты показали, что для магистралей с преимущественным движением легковых автомобилей и наличием пересечений в одном уровне реально достижимым значением K_m является примерно 1,3...1,35, а для магистралей с преимущественным движением грузовых автомобилей – 1,45...1,55.

Мероприятия по снижению расхода топлива

1. Сокращение одного (или числа) пересечения транспортных и пешеходных потоков – 6...20%.

Связано с: а) созданием магистралей непрерывного движения.

Преимущества: повышение скорости и безопасности движения, снижение расхода топлива и вредного воздействия на ОС.

б) уменьшением числа действующих регулируемых перекрестков и пешеходных переходов путем: изменения ОДД транспортных и пешеходных потоков; внедрения прогрессивных методов управления работой светофорных объектов; перевода некоторых из них в режим мигающего желтого сигнала в ночные часы, выходные и праздничные дни.

2. Снижение уровня загрузки магистрали на 10% при групповом и колонном режимах – 3...10%. Достигаться путем:

- рациональной организацией перевозок;
- рассредоточением транспортных потоков в пространстве и во времени;
- увеличения пропускной способности магистралей.

Снижение уровня загрузки на 10% позволяет при групповом режиме уменьшить дополнительный расход топлива на 3...6%, при колонном – на 5...10%.

3. Оптимизация состава ТП – 7...8% (только для л.а.)

Достигается путем:

- дифференцирования полос движения для легковых и грузовых автомобилей;
- выделения магистралей для пассажирского и грузового движения;
- выделения отдельных полос для маршрутного пассажирского транспорта;
- запрещения грузового движения в центральной части города.

4. Оптимизация скоростного движения – 8...12%.

Дает положительный эффект при ограничении скорости до 40 км/ч.

Ограничение скорости в городах до 50 км/ч позволяет снизить расход топлива на 8...12%, а до 40 км/ч – на 4...8% по сравнению со скоростью 60 км/ч. 50 км/час – наиболее рациональная по расходу топлива скорость.

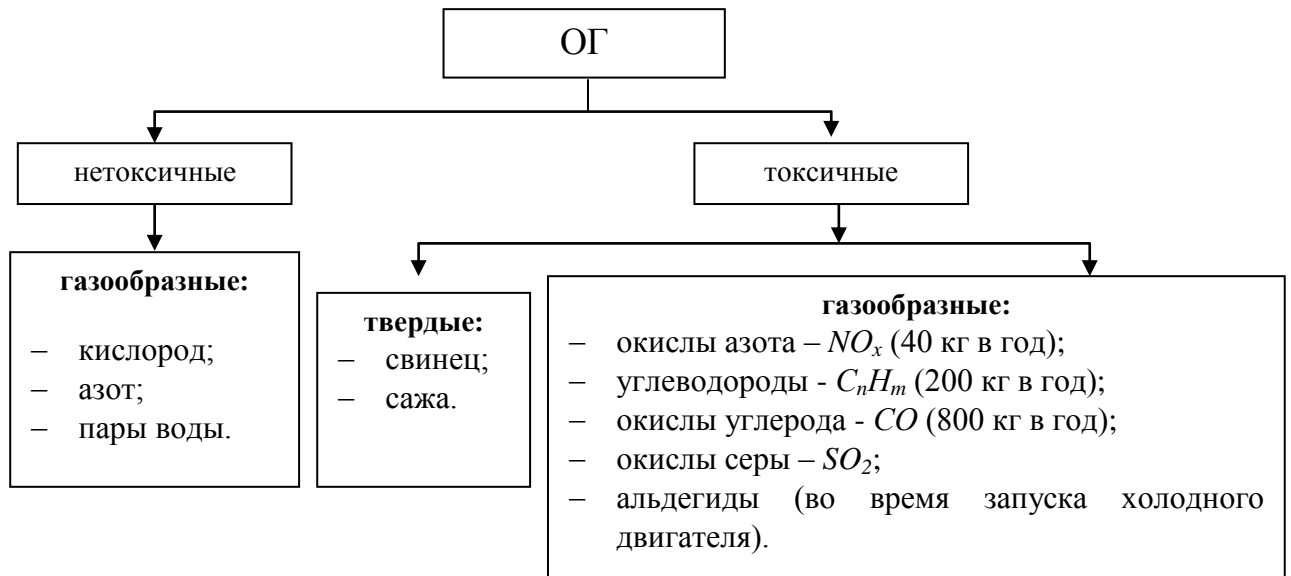
Для легкового автомобиля («Волга») минимальный расход топлива при движении в городе достигается при скорости 40 – 50 км/час (минимум возможных выбросов – при скорости 40 – 60 км/час), за городом – 80 - 90 км/час. Для грузового в городе – 20 – 40 км/час, за городом – 65 км/час.

5. Оптимизация цикла светофорного регулирования – 5...7%.

Оптимальная по расходу топлива длительность цикла регулирования составляет 50-60 с для потоков, состоящих преимущественно из легковых автомобилей и 90 – 100 с для потоков с преобладающим движением грузовых автомобилей.

6. Внедрение АСУД – 5...15%. Уменьшение расхода топлива автомобилями в этом случае связано со снижением числа задерживаемых ТС и времени их задержки у перекрестка и уменьшением неравномерности движения на перегонах магистрали.

Вопрос 2. Расчет выброса вредных веществ транспортными потоками



Состав выхлопных газов

Компоненты	Содержание, %	
	Карбюраторные двигатели	Дизельные двигатели
Азот	74-77	76-78
Кислород	0,3-5	2-8
Двуокись углерода	5-12	1-10
Окись углерода	1-10	0,01-0,5
Пары воды	3-5,5	0,5-4
Окислы азота	0-0,8	0,001-0,4
Углеводороды	0,2-3	0,01-0,1
Альдегиды	0-0,2	0-0,002

Практически для каждого токсичного компонента ОГ автомобилей установлены ПДК в атмосферном воздухе исходя из принципа полного отсутствия воздействия на здоровье людей.

Виды ПДК:

1. **ПДК в воздухе рабочей зоны** (мг/м³), это такая концентрация вещества в воздухе, которая не вызывает у работающих людей в течение всего рабочего стажа отклонений здоровья.
2. **ПДК среднесуточная.**
3. **ПДК максимальная разовая,** это такая концентрация, которая не вызывает рефлекторных реакций в организме человека.

Гигиеническая оценка состояния атмосферного воздуха производится путем сравнения реальных концентраций с предельно допустимыми.

Высокие концентрации газообразных примесей принято оценивать в % по объему (% об.), меньшие - количеством частей на 1 млн. (млн^{-1}) или массовой концентрацией ($\text{мг}/\text{м}^3$).

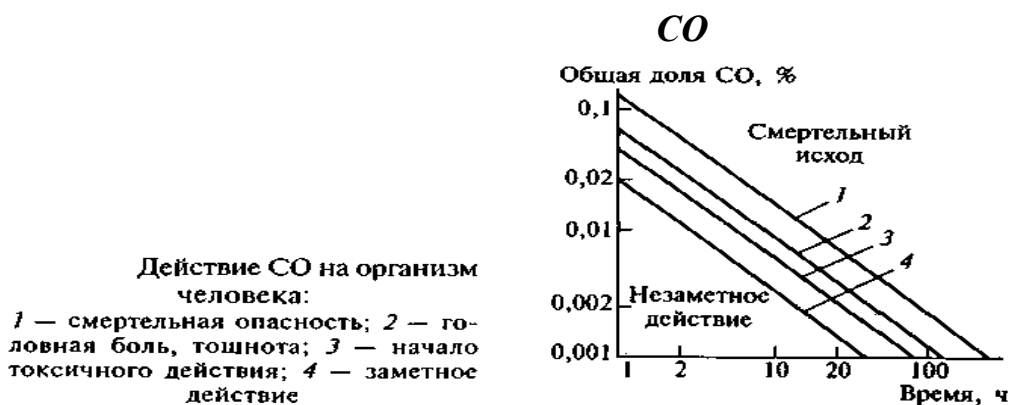
Предельно-допустимая концентрация (ПДК) некоторых компонентов ОГ автомобилей (ГОСТ 12.1.005-76)

Вещество	ПДК, $\text{мг}/\text{м}^3$		
	В рабочей зоне	В атмосферном воздухе	
		Максимально разовые	Среднесуточные
Азот (N):			
- оксид NO	30	0,6	0,06
- оксид NO ₂	2	0,45	0,04
Свинец (Pb):	0,02	--	0,0003
- нитрат Pb(NO ₃) ₂	0,01	--	0,0003
Сера (S):	6	--	--
- оксид SO ₂	10	0,5	0,05
Углерод (C):	4	0,15	0,05
- оксид CO	20	5	3
- оксид CO ₂	9000	--	--
Бенз(а)пирен (C ₂₀ H ₁₂)	0,00015	--	0,000001
Бутан (C ₄ H ₁₀)	300	200	--
Пропан (C ₃ H ₈)	1800	--	--
Бензин топливный в расчете на C	100	0,05	0,05
Углеводороды алафанические предельные в расчете на C	300	--	0,05

Влияние отдельных компонентов ОГ на организм человека и окружающую среду

Влияние содержания кислорода в воздухе на состояние здоровья человека

Парциальное давление кислорода в воздухе, мм.рт.ст.	Процент от объема воздуха	Симптомы
160	20,94	Нормальное состояние
140	18,32	Первые признаки кислородной недостаточности; у здоровых людей учащение и углубление дыхания
110	14,39	Первые признаки гипоксии. При длительном дыхании наступает смерть
60	7,85	Опасно для жизни. Смерть.



CO — газ без цвета и вкуса. При вдыхании проникает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином — карбоксигемоглобин, что приводит к развитию гипоксии (кислородной недостаточности), признаками которой являются нарушения в центральной нервной системе, поражения тканей дыхательной системы, снижение остроты зрения и т.д.

Оксид углерода в атмосфере сохраняется около 4 — х месяцев. Над акваториями океанов и морей концентрация CO составляет незначительную величину — 0,01—0,1 млн⁻¹. Такая же концентрация отмечена и в сельской местности. В населенных местах содержание CO увеличивается в 10 раз. Для многих крупных городов характерно превышение концентрации окиси углерода над предельно допустимой в 20—30 раз, с чем врачи связывают высокую смертность от инфаркта миокарда.

Оксиды азота. Воздействие окислов азота на человека приводит к нарушению функции легких, к изменениям слизистой оболочки бронхов. Изменяется также состав крови. Воздействию окислов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно-сосудистыми заболеваниями.

Сернистый ангидрид — бесцветный газ с резким запахом. Длительное воздействие даже относительно низких концентраций увеличивает смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

Углеводороды. Обладают неприятным запахом. Продукты фотохимических реакций углеводородов с окислами азота образуют смог.

Бенз(а)пирен (ПАУ) —ароматический углеводород. Попадая в организм человека, ПАУ постепенно накапливаются до критических концентраций и стимулирует образование злокачественных опухолей.

Сажа — состоит в основном из частиц углерода. Непосредственной опасности для человека не представляет. Влияние сажи проявляется в появлении неприятного ощущения загрязненности воздуха. Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

Соединения свинца. Свинец способен накапливаться в организме, попадая в него через дыхательные пути, с пищей и через кожу. Поражает центральную нервную систему и кроветворные органы.

Концентрация **SO₂ (сернистого газа)** над морями и океанами составляет 0,0001— 0,001 млн⁻¹, в сельской местности около 0,01 млн⁻¹ и в городах достигает 10 млн⁻¹. Продолжительность существования сернистого газа в атмосфере — в пределах 10 часов. Выбросы SO₂ являются причиной выпадения сернокислотных осадков, способствующих закислению почвы, воды и разрушению облицовки зданий и скульптур.

Содержание **углекислого газа** (CO₂) в воздухе не нормируется. Продолжительность существования CO₂ в атмосфере — 4 года. Возрастание концентрации окиси углерода опасно возникновением парникового эффекта, который приводит к возрастанию температуры воздуха и поверхности земли.

Пыль. Количество пыли, поступающей в атмосферу Земли от антропогенных источников, превышает 20 млн. тонн в и продолжает увеличиваться. Тепловые станции выбрасывают 25% пыли от общего ее количества, промышленность - 50%, сжигание мусора - 8%, прочие источники, включая автомобильный транспорт - 17% (продукты износа шин - 21-26%, ОГ автомобилей -0,5—2,0%, антиобледенительные составы — 3—8%).

Количество и состав ОГ зависит от многих факторов, таких, например, как:

- 1) конструктивные особенности автомобилей;
- 2) их техническое состояние;
- 3) режим работы двигателей;
- 4) дорожные условия;
- 5) метеорологические условия и т. д.

Концентрация вредных веществ в ОГ изменяется в зависимости от их количества и расхода воздуха. Расход воздуха зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Для **экологической оценки автомобильных двигателей** как источника загрязнения используют следующие показатели:

1. Количество i -го компонента, выделяемого двигателем в единицу времени, г/ч:

$$G_i = C_i O_{OG},$$

где C_i – концентрация рассматриваемого токсичного вещества, г/м³;

O_{Oz} – объемный расход ОГ, м³/ч.

2. Показатель удельного уровня выбросов вредных веществ, г/кВт ч:

$$g_i = \frac{G_i}{N_e},$$

где N_e – эффективная мощность двигателя, кВт.

3. Удельная эквивалентная токсичность двигателя, приведенная к СО:

$$g_{\Sigma}^{CO} = \sum_{i=1}^n K_i^{CO} g_i$$

где K_i^{CO} – коэффициенты, представляющие собой отношение среднесуточного ПДК для СО и ПДК для i -го вещества в воздухе населенных мест.

4. Пробеговый выброс:

$$q = \frac{G_i}{V}, \text{ г/км.}$$

Удельные выбросы вредных компонентов с ОГ автомобиля при работе на различных видах топлива, г/км:

- бензин: СО – 6,3, NO – 1,4, СН – 1,5;
- дизтопливо: СО – 0,9, NO – 1,2, СН – 0,2;
- газ: СО – 1,0, NO – 0,7, СН – 0,2.

5. Индекс загрязнения (I) для оценки мероприятий по ОДД):

$$I = NK_c q_o (1 + bG_v),$$

N - интенсивность движения, принимается средней по полосе;

K_c - коэффициент состава потока;

q_o - минимальный пробеговый выброс легкового автомобиля, мг/м;

b - постоянный коэффициент;

G_v - градиент скорости.

Для оценки токсичности автомобилей по выбросу вредных веществ используют ездовые испытательные циклы, которые воспроизводят средние режимы движения автомобилей при имитации действительных условий их эксплуатации в городах. Ездовые циклы представляют собой определенную последовательность режимов движения, включая холостой ход, разгон, движение с постоянной скоростью, замедление.

Действующие в нашей стране ОСТы предусматривают испытания легковых и грузовых автомобилей по европейскому циклу, рекомендованному ЕЭК ООН (Правила 15) и принятому большинством европейских стран.

Для бензиновых двигателей легковых автомобилей и частично для грузовых автомобилей с общей массой до 3500 кг. Правила 15, устанавливают предельно-допустимые нормы выбросов в зависимости от массы автомобиля (табл.).

Европейские и действующие на Украине нормы выбросов вредных веществ автомобилями с полной массой менее 3,5 т при испытаниях в ездовых циклах

Нормативный документ	Год введения	Нормы выбросов, г/км	
		Оксида углерода	Углеводородов + оксидов азота
ОСТ 37.001.054-86	1990	13,33	4,94
Евро – 1	1993	2,72	0,97
Евро – 2	1996	2,2	0,5
Евро – 3 (для бенз. дв.) M≤1305 кг 1305кг<M≤1760 кг M>1760кг	2000	2,3	0,35
		4,17	0,43
		5,22	0,5
Евро – 3 (для диз. дв.) M≤1305 кг 1305кг<M≤1760 кг M>1760кг	2000	0,64	0,56
		0,8	0,72
		0,95	0,86
Евро – 4 (для бенз. дв.) M≤1305 кг 1305кг<M≤1760 кг M>1760кг	2005	1,0	0,18
		1,81	0,23
		2,27	0,27
Евро – 4 (для диз. дв.) M≤1305 кг 1305кг<M≤1760 кг M>1760кг	2005	0,5	0,30
		0,63	0,39
		0,74	0,46

Для грузовых автомобилей и автобусов с дизелями полной массой более 3,5 тонн предельно допустимые нормы выбросов вредных веществ с ОГ отнесены к работе, производимой двигателем.

Европейские и действующие на Украине нормы выбросов вредных веществ автомобилями с дизелями и полной массой более 3,5 т.

Нормативный документ	Год введения	Нормы выбросов, г / кВтч				
		Оксида углерода	Углеводородов	Оксидов азота	Твердых частиц	Дымность
ОСТ 37.001.234-81	1982	9,5	3,40	18,35	-	
Евро – 1	1993	4,5	1,10	8,0	0,36	
Евро – 2	1996	4,0	1,10	7,0	0,15	
Евро – 3	2000	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
Евро – 4	2005	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Евро – 5	2008	1,5	0,46	2	0,02	0,15