Слайды к лекциям по курсу

ТЕОРИЯ ДВИЖЕНИЯ ВОЕННЫХ КОЛЕСНЫХ МАШИН

Лекция 10

Топливная экономичность КМ

Топливная экономичность КМ

Топливной экономичностью называют совокупность свойств, определяющих расходы топлива при выполнении КМ транспортной работы в различных условиях эксплуатации.

Принято рассматривать отдельно показатели топливной экономичности двигателя и КМ в целом.

Топливная экономичность КМ

Топливные показатели двигателя:

- часовой расход топлива $G_т$ – масса топлива, расходуемая за один час, кг/ч;
- удельный расход топлива g_e – масса топлива, расходуемая за один час на единицу мощности, г/(кВт·ч).

Топливная экономичность КМ:

- путевой расход топлива Q_s – количество литров топлива на 100 км пройденного пути, л/100 км;
- транспортный расход топлива Q_w – количество литров топлива на единицу транспортной работы л/(т·100 км).

Топливная экономичность КМ

Эти показатели связаны между собой соотношениями:

$$g_e = 1000 \frac{G_{\text{т}}}{N_{\text{дв}}}$$

$$Q_s = \frac{100 \cdot G_{\text{т}}}{3,6 \cdot v_{x\text{м}} \cdot \rho_{\text{т}}} \qquad Q_w = \frac{Q_s}{m_{\text{м}}}$$

где $\boldsymbol{N_{\text{дв}}}$ – мощность двигателя, кВт;

$\boldsymbol{v_{x\text{м}}}$ – продольная скорость машины, м/с;

$\boldsymbol{\rho_{\text{т}}}$ – плотность топлива, кг/л.

Для бензина $\rho_{\text{т}} = 0,75$, для дизельного топлива $\rho_{\text{т}} = 0,82$.

Топливная экономичность КМ

На путевой расход топлива $\boldsymbol{Q_s}$ влияют:

- удельный расход $\boldsymbol{g_e}$;
- скорость движения $\boldsymbol{v_{\text{м}\,x}}$;
- мощность двигателя $\boldsymbol{N_{\text{дв}} = N_{\text{с}} / (\eta_{\text{тр}} \cdot k_{\text{сн}N})}$, необходимая для преодоления мощности внешних ($\boldsymbol{N_{\text{с}}}$) и внутренних сопротивлений движению КМ, определяемых КПД трансмиссии $\boldsymbol{\eta_{\text{тр}}}$.

После подстановки $\boldsymbol{g_e}$ в уравнение, определяющее $\boldsymbol{Q_s}$:

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_{\text{с}}}{36 \cdot v_{\text{м}\,x} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot k_{\text{сн}\,N} \cdot \eta_{\text{тр}}}$$

Топливная экономичность КМ

Мощность сопротивления движению $\boldsymbol{N}_{\mathbf{c}}$ определяется уравнениями мощностного баланса, которые с учетом мощности $\boldsymbol{N}_{\boldsymbol{s}}$, затрачиваемой на непосредственное скольжение колес, принимают вид:

$$N_{\text{с}} = N_{f_{\text{шм}}} + N_{w} + N_{\text{м}\,x} + N_{\text{пц}\,x} + N_{f\ \text{п}} + N_{\text{ин}} + N_{S}$$

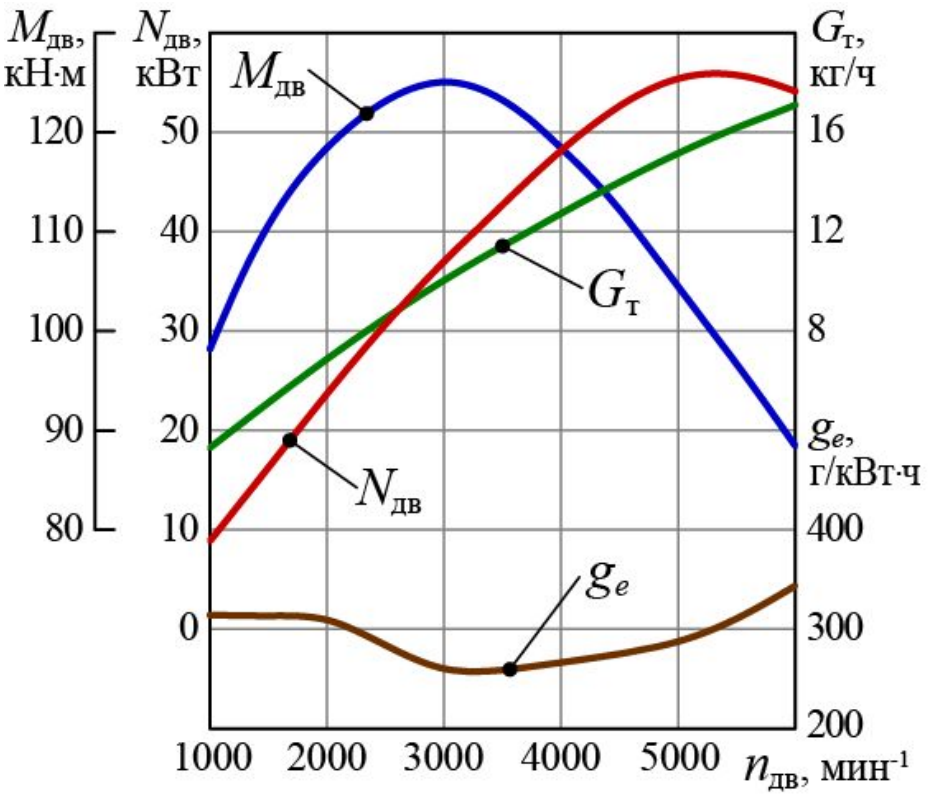
Тогда уравнение для путевого расхода можно записать через полную силу сопротивления движению $\boldsymbol{P}_{\mathbf{c}}'$

$$P_{\text{с}}' = P_{\text{с}} + P_{\text{ин}} = P_{f_{\text{шм}}} + P_{w} + P_{\text{м}\,x} + P_{\text{пц}\,x} + P_{f\ \text{п}} + P_{\text{ин}}$$

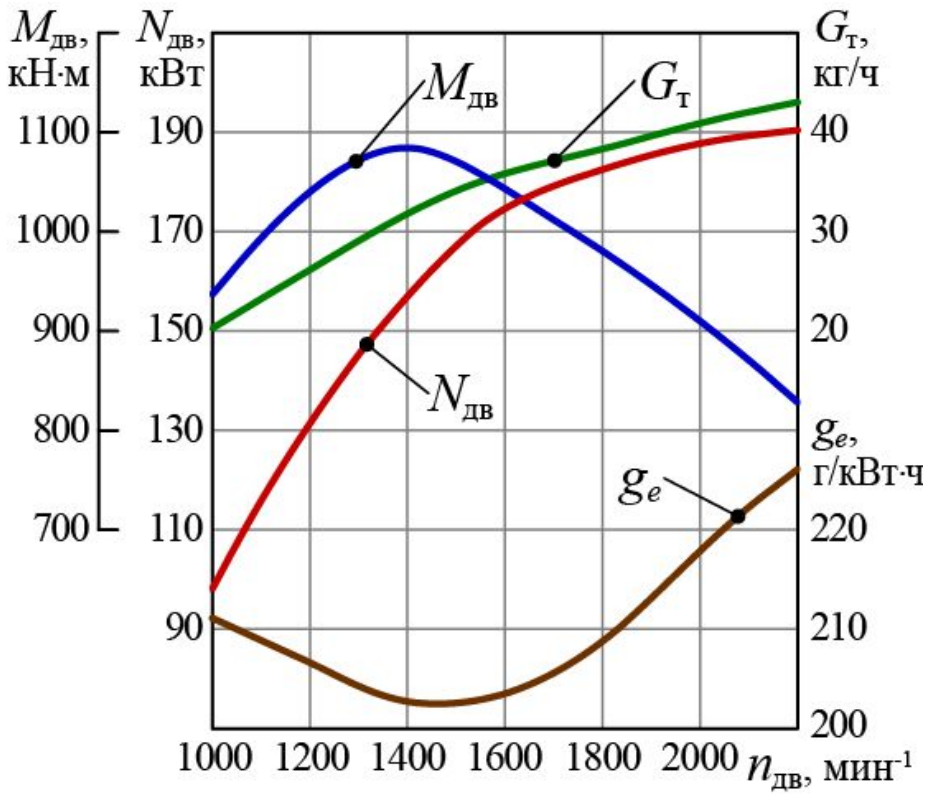
$$Q_{s} = \frac{g_{e} \cdot P_{\text{с}}'}{36000 \cdot v_{\text{м}\,x} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot k_{\text{сн}\,N} \cdot \eta_{\text{тр}}}$$

Топливная экономичность КМ

Обычно изменение g_e и $G_т$ в зависимости от оборотов двигателя при полной подаче топлива приводят совместно с внешней скоростной характеристикой двигателя.



Бензиновый



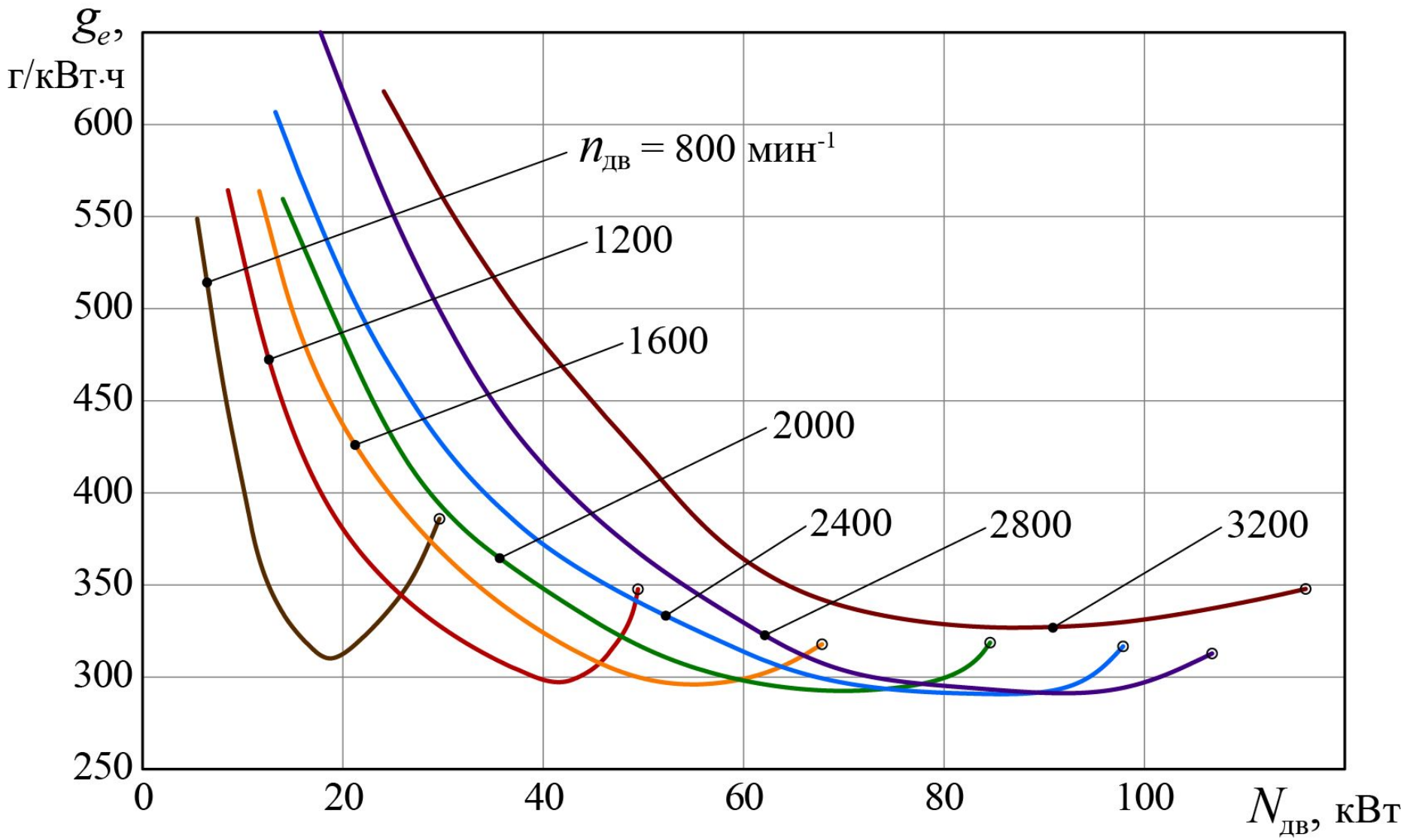
Дизельный

Топливная экономичность КМ

Однако эти характеристики не позволяют определять расходы топлива при работе двигателя на частичных характеристиках.

В этом случае может быть использована ***нагрузочная характеристика двигателя*** – графики изменения $\boldsymbol{g_e}$ или $\boldsymbol{G_т}$ в зависимости от мощности двигателя $N_{дв}$ при $\boldsymbol{n_{дв}}$ **= const**.

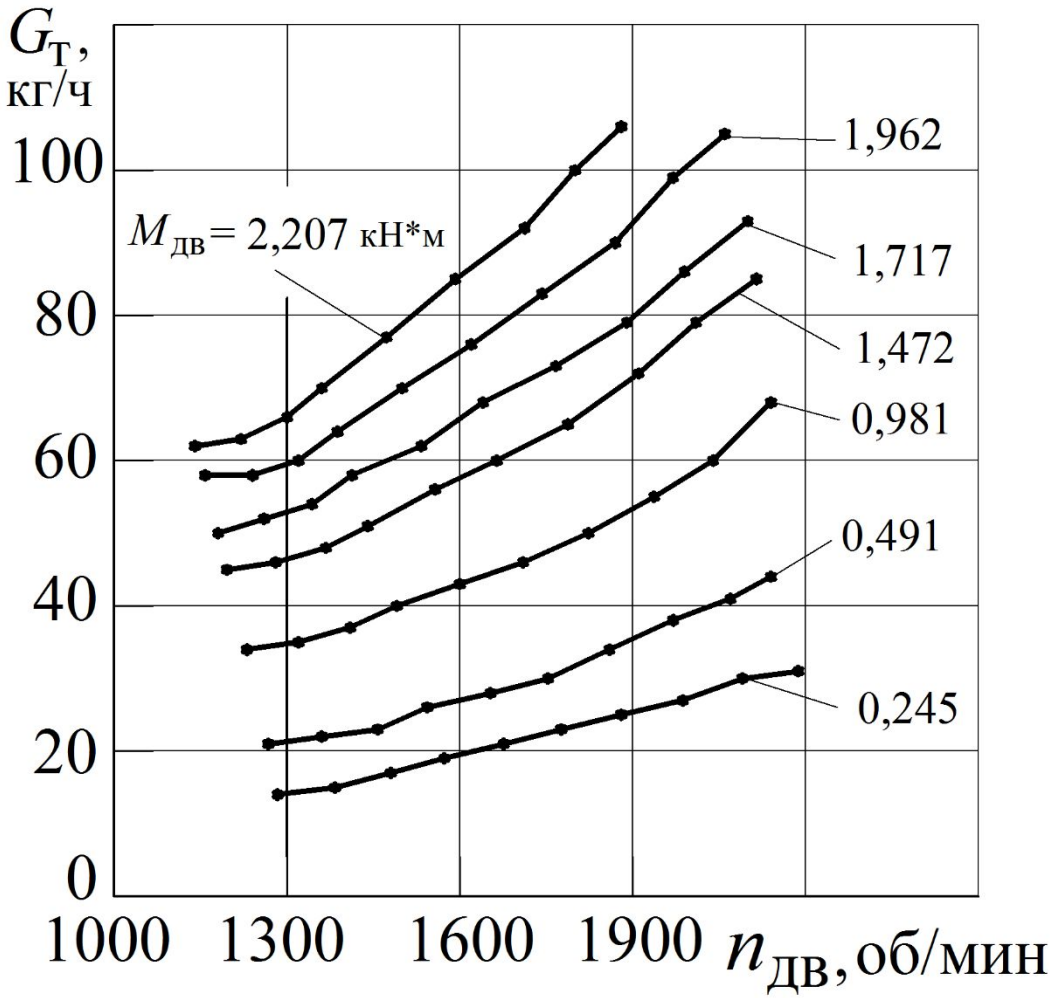
Топливная экономичность КМ



Нагрузочная характеристика бензинового двигателя

Топливная экономичность КМ

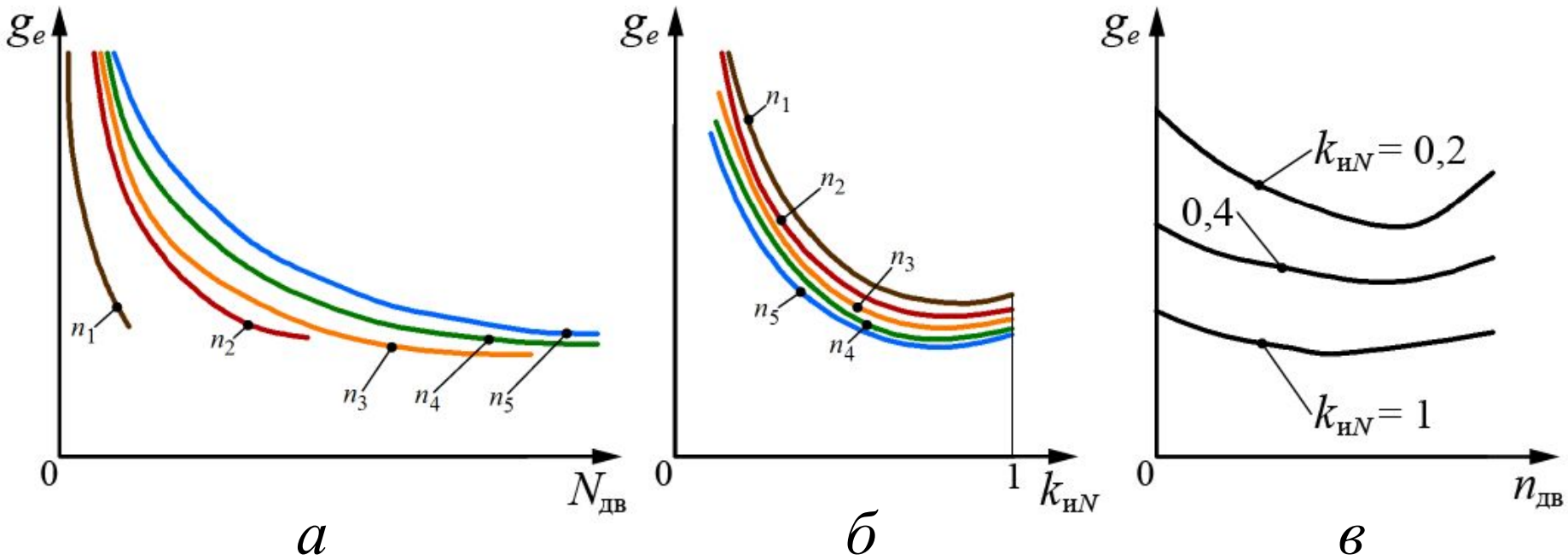
Нагрузочная характеристика может быть представлена и в виде $G_т(n_{дв})$ при постоянном моменте $M_{дв}$ на валу двигателя.



Нагрузочная характеристика дизельного двигателя

Топливная экономичность КМ

Для удобства анализа также применяют упрощенные нагрузочные характеристики.



Упрощенные нагрузочные характеристики двигателя

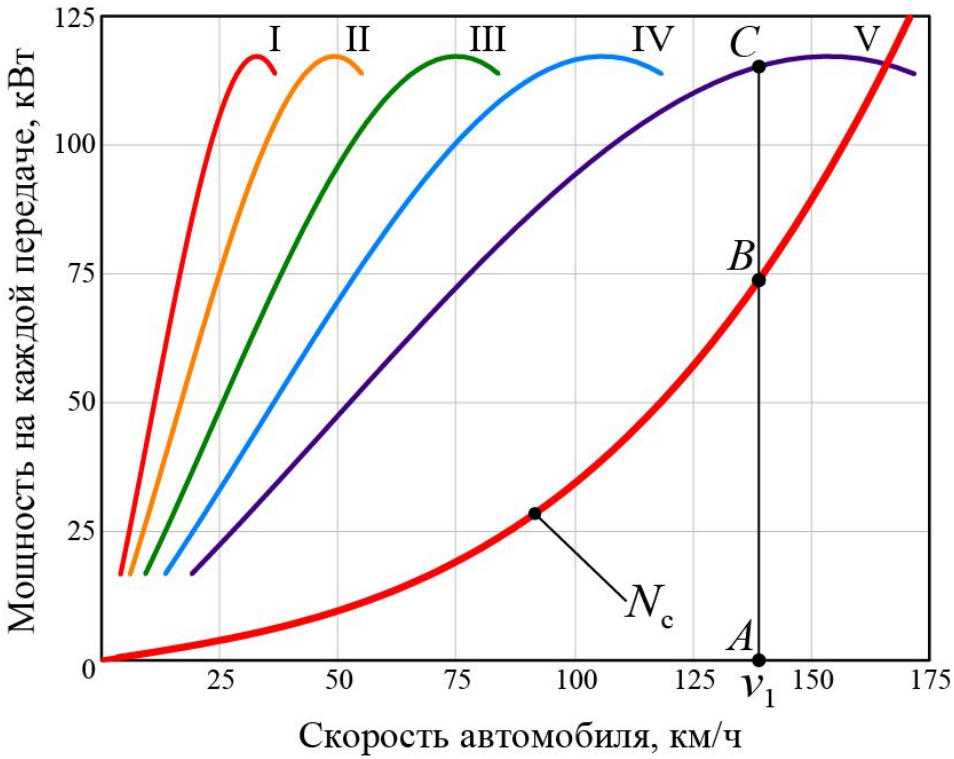
Характер изменения удельного расхода топлива от нагрузки у бензиновых двигателей и дизелей различен.

Топливная экономичность КМ

$k_{иN} = N_с / N_{км}$ – коэффициент использования мощности двигателя

$N_с$ – мощность, необходимая для движения по ОП с заданным коэффициентом **ψ**, скоростью и ускорением, но с учетом того, что двигатель работает на частичной характеристике.

$N_{км}$ – мощность, которую может развивать двигатель при полной подаче топлива и соответствующей скорости движения.



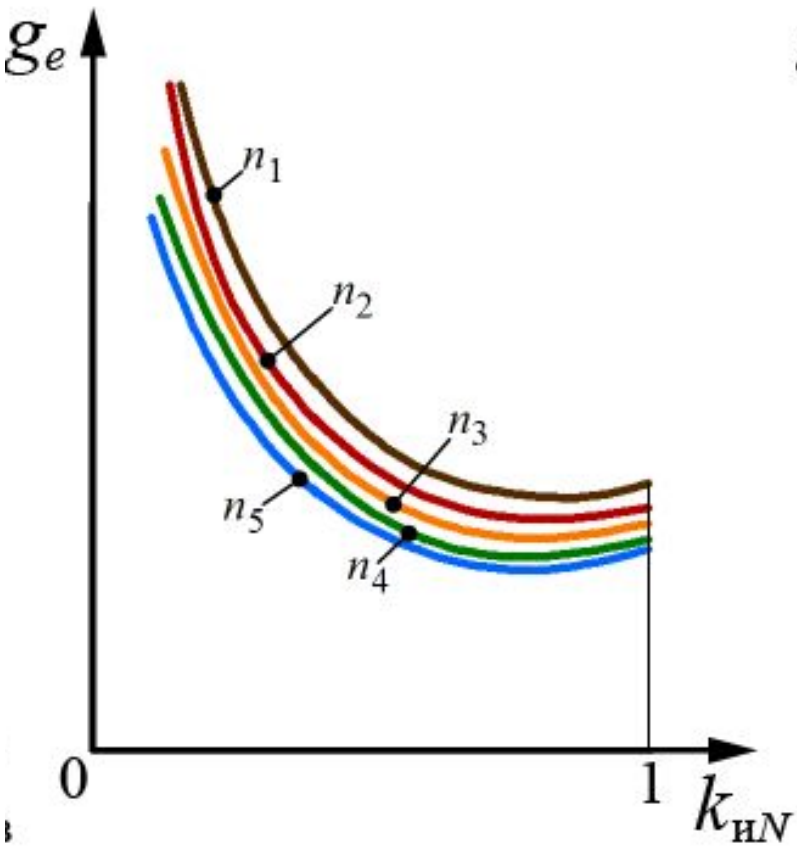
Графически значение $k_{иN}$ при заданной скорости v_1 определяется отношением длин отрезков AB/AC в безразмерном виде или в процентах.

Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

1) для каждого значения оборотов двигателя $\boldsymbol{n}_{\text{дв}}$ удельный расход $\boldsymbol{g_e}$ имеет минимум при значениях $\boldsymbol{k}_{\text{и}\boldsymbol{N}}$ близких к 1,0.

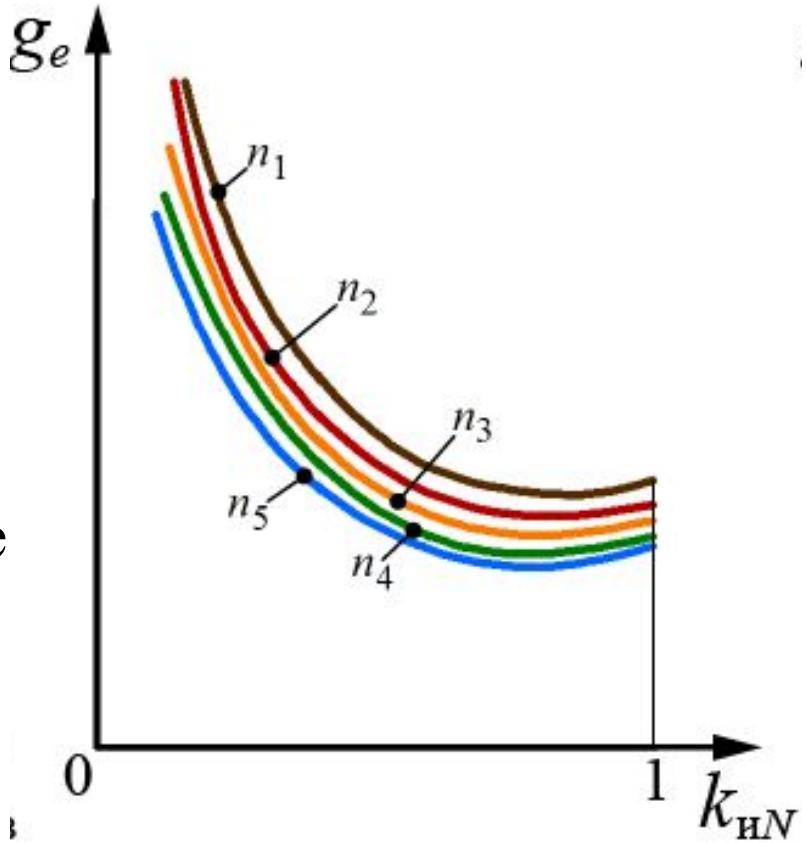
2) при $k_{\text{и}N}$ = 1, у бензиновых двигателей удельный расход g_e несколько возрастает в связи с обогащением горючей смеси экономайзером (на 10…15% по сравнению с оптимальным значением).



Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

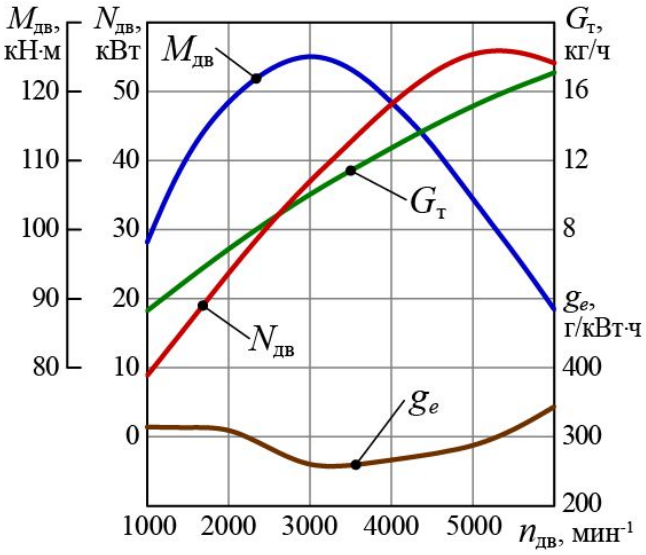
3) при малых значениях $k_{иN}$ у <u>бензиновых</u> двигателей удельный расход g_e увеличивается в 2,5–3 раза, у <u>дизельных</u> увеличивается не более чем в 1,5 раза.



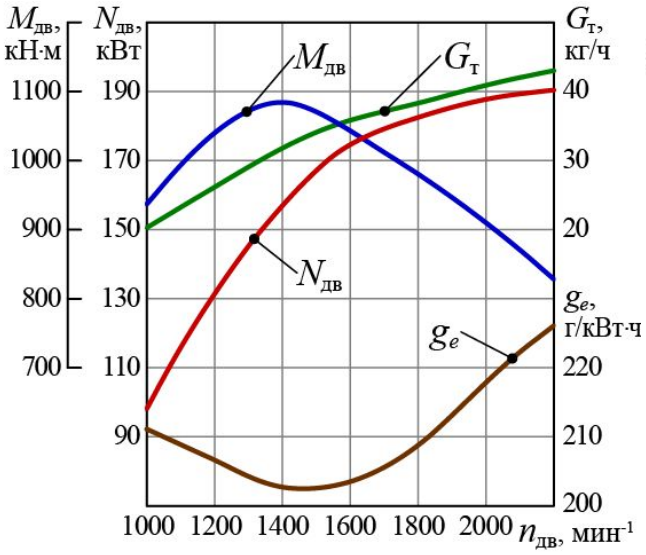
Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

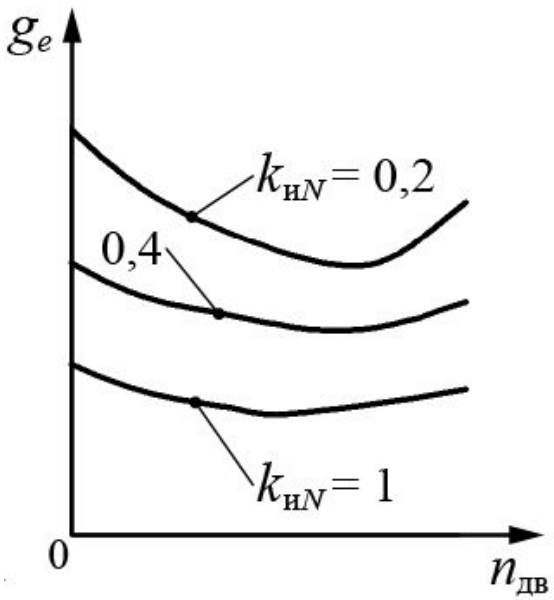
4) минимальный расход g_e при полной и частичных нагрузках соответствуют несколько большим оборотам $n_{дв}$, чем тем, при которых для заданного положения органа управления подачей топлива момент двигателя максимален.



Бензиновый



Дизельный

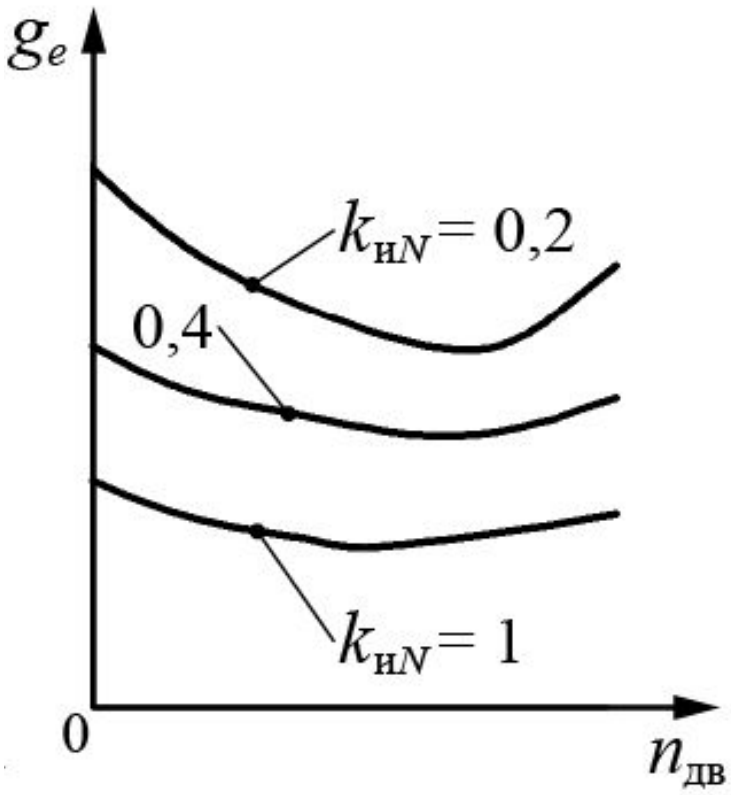


Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

5) чем меньше $k_{иN}$, тем при больших оборотах $n_{дв}$ удельный расход g_e имеет минимальное значение.

6) при постоянном положении органов управления подачей топлива изменение зависимости g_e ($n_{дв}$, $k_{иN}$) тем существеннее, чем меньше значение $k_{иN}$.



Топливная экономичность КМ

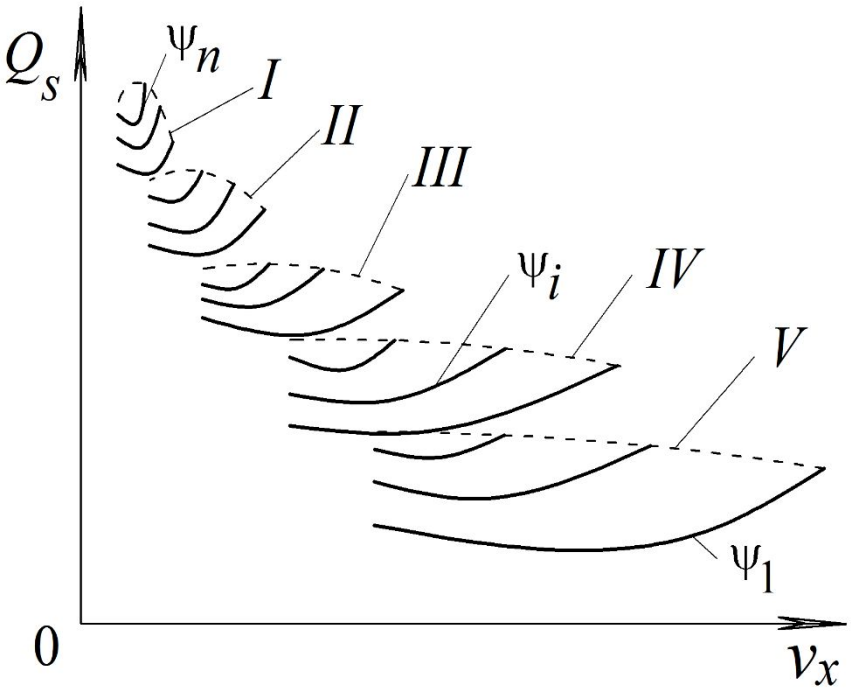
Нагрузочные характеристики двигателя справедливы для установившегося режима работы двигателя.

При переходных режимах (разгоне и замедлении) удельный расход g_e зависит и от углового ускорения вала двигателя $\varepsilon_{дв}$. Однако при малых значениях $\varepsilon_{дв}$, соответствующих движению КМ на высших передачах, влияние $\varepsilon_{дв}$ на расход g_e не велико.

Топливная экономичность КМ

Экономичность колесной машины определяется не только экономичностью двигателя, но также абсолютной величиной работы, производимой этим двигателем на определенном участке маршрута.

Принято оценивать топливную экономичность КМ зависимостями и графиками изменения путевого расхода $\boldsymbol{Q_s}$ от скорости $\boldsymbol{v_{мх}}$ и коэффициента сопротивления движения $\boldsymbol{\psi}$ во всем скоростном диапазоне на всех передачах $\boldsymbol{Q_s(v_{мх}, \psi, u_{тр})}$.



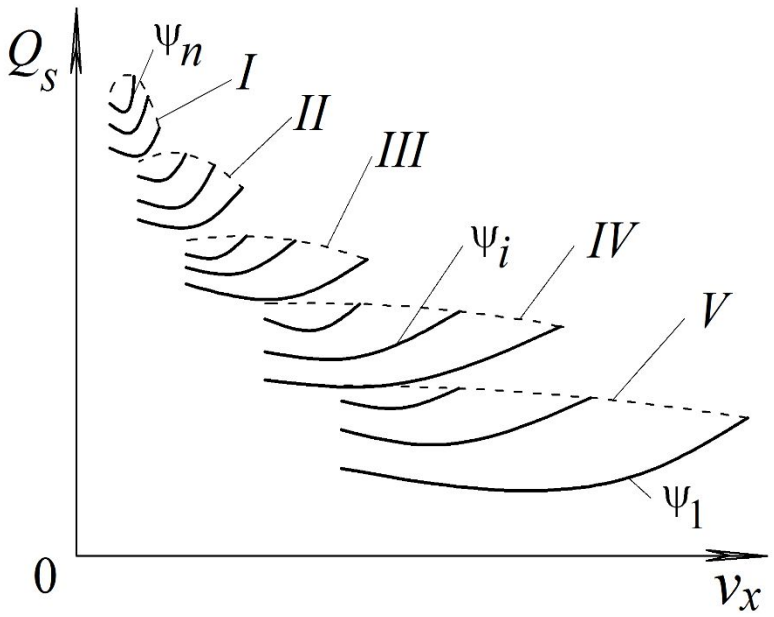
Топливно-экономическая характеристика КМ

Топливная экономичность КМ

Можно выделить следующие основные особенности топливно-экономической характеристики:

1) в общем случае кривая Q_s ($v_{мх}$) для каждого значения коэффициента сопротивления движению ψ имеет минимум;

2) чем больше ψ тем меньше скорость $v_{мх}$, при которой отмечается минимум Q_s (иногда у дизелей Q_s повышается во всем диапазоне изменения $v_{мх}$);

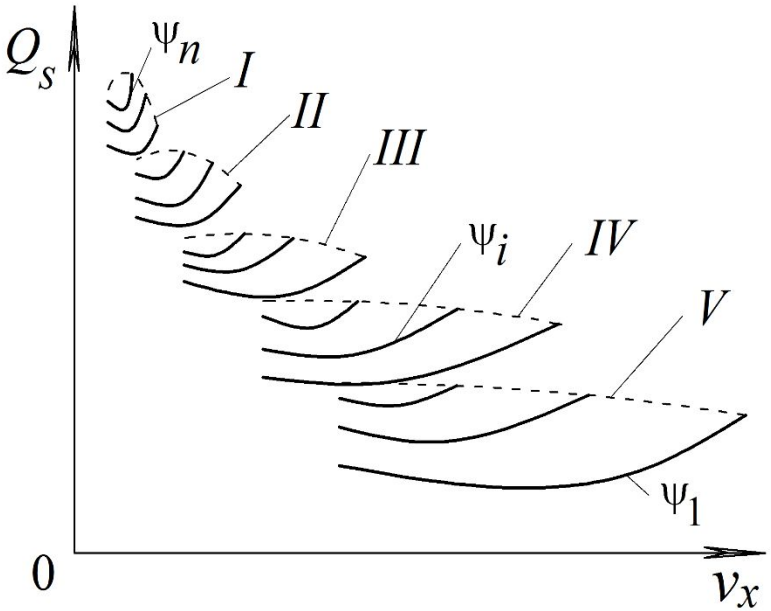


Топливная экономичность КМ

3) слева семейство кривых Q_s ($v_{мx}$, ψ, $u_{тр}$) ограничено областью минимально устойчивых скоростей движения, которые различны для каждого ψ.

С уменьшением $k_{иN}$ обороты двигателя $n_{дв\ min}$ и скорость $v_{мx\ min}$ снижаются (на режиме холостого хода $n_{дв\ min}$ в 1,5…2,5 раз меньше, чем при работе с полной подачей топлива). При неизвестном значении $n_{дв\ min}(k_{иN})$, за $v_{мx\ min}$ принимают минимальную скорость КМ при полной подаче топлива;

4) справа и сверху характеристики ограничиваются огибающей кривой (пунктирные линии на рисунке), соответствующей расходам топлива при $k_{иN}$ = 1.



Оценочные показатели топливной экономичности

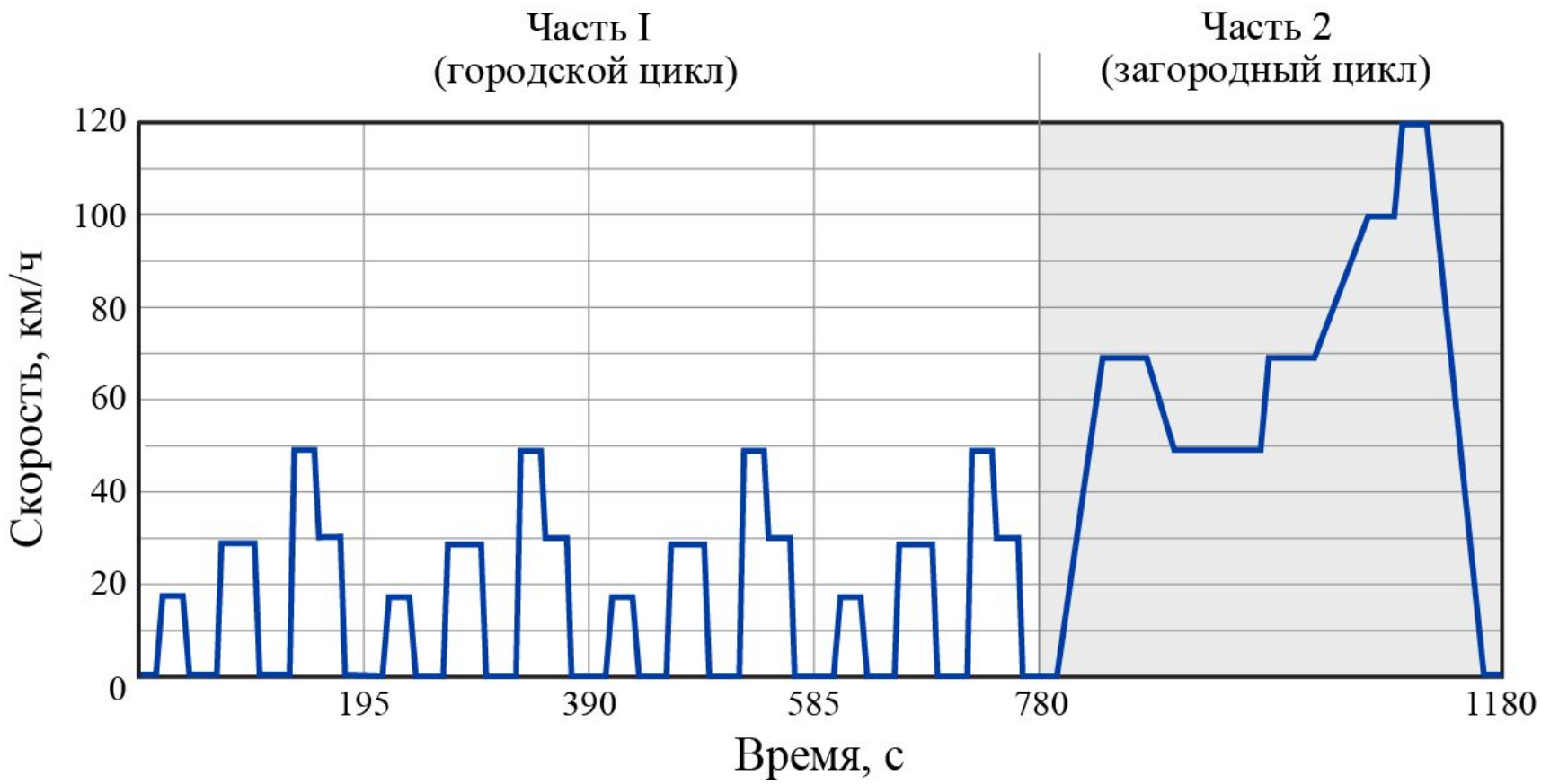
1) ***контрольный расход топлива*** – определяют для всех категорий автотранспортных средств при заданных значениях скорости движения по прямой горизонтальной дороге на высшей передаче;

2) ***расход топлива в магистральном ездовом цикле на дороге*** – оценивают пробегом по измерительному участку с соблюдением режимов движения, заданных определенной картой и схемой цикла;

3) ***расход топлива в городском ездовом цикле на дороге*** – определяют аналогично предыдущему, отличием является только характеристика операций по операционной карте и схеме цикла;

4) ***расход топлива в городском цикле на стенде*** – определяют для КМ с $m_п < 3{,}5$ т на стенде с беговыми барабанами по ездовому циклу в соответствии с операционной картой и схемой цикла;

Европейский испытательный ездовой цикл NEDC



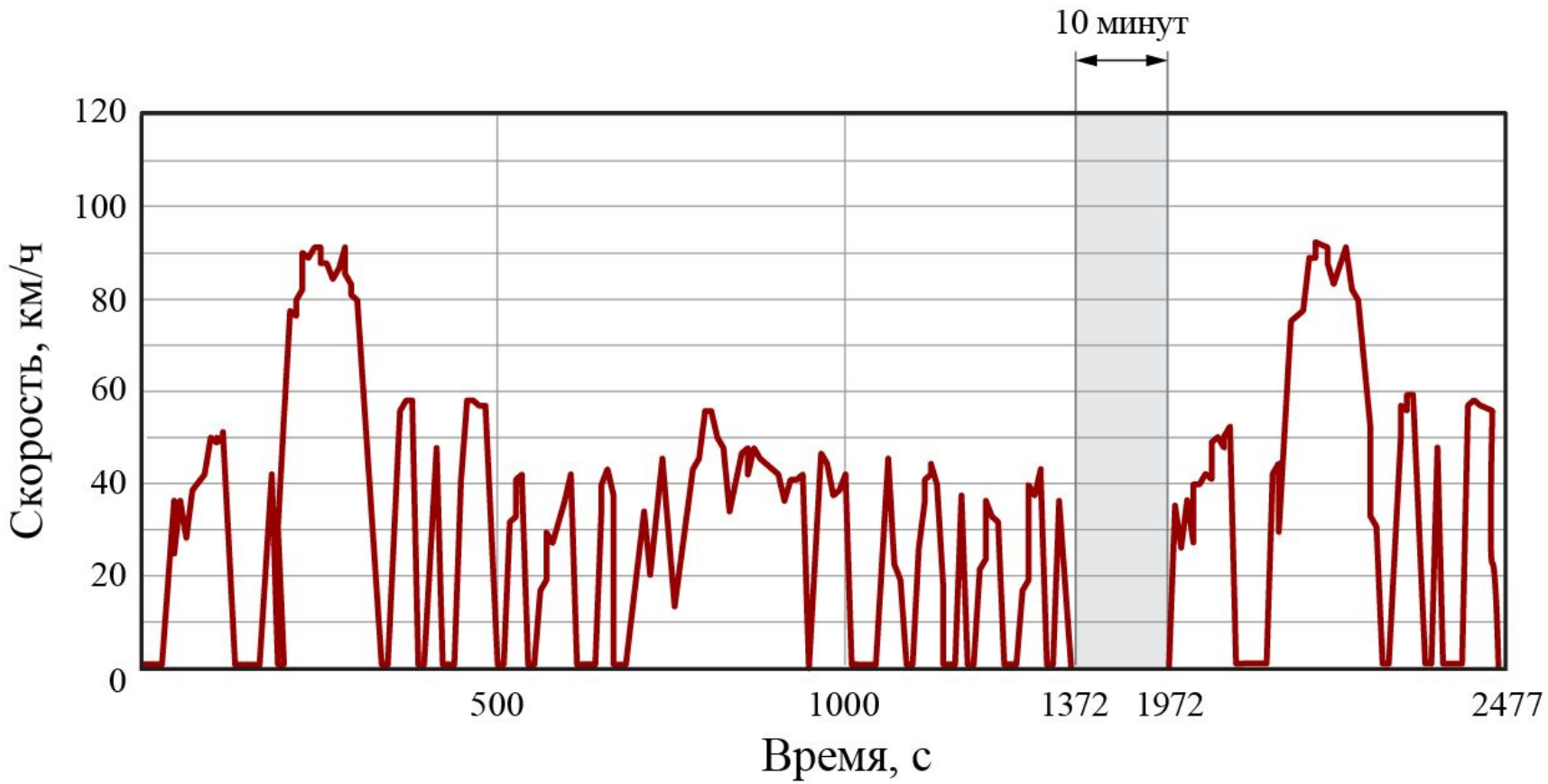
Характеристика цикла

Эквивалентный пробег: 11,007 км

Средняя скорость движения: 33,6 км/ч

Максимальная скорость движения: 120 км/ч

Американский испытательный ездовой цикл FTP-75



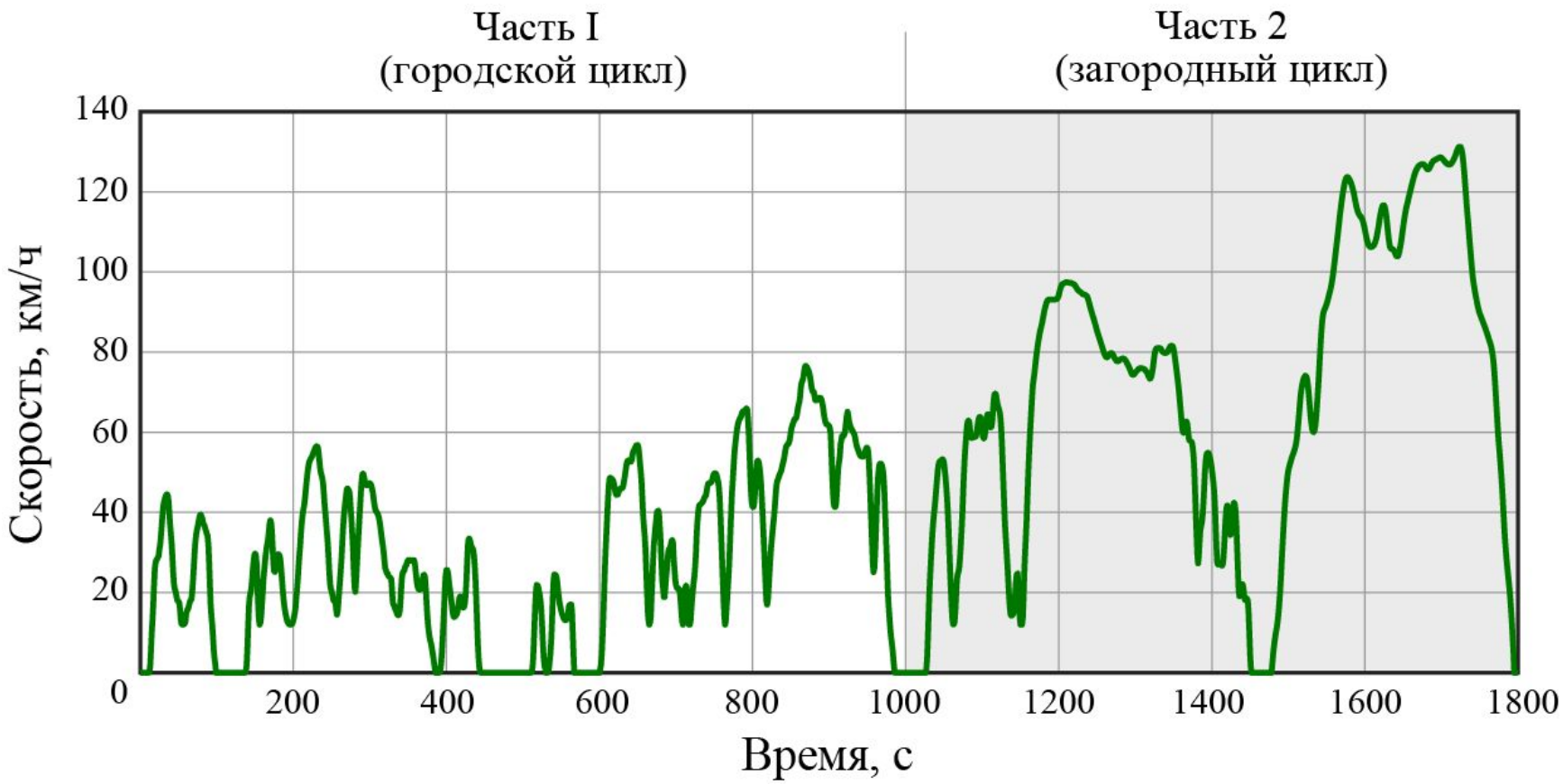
Характеристика цикла

Эквивалентный пробег: 17,8 км

Средняя скорость движения: 34,1 км/ч

Максимальная скорость движения: 91,2 км/ч

Всемирный испытательный ездовой цикл WLTC



Характеристика цикла

Эквивалентный пробег: 23,25 км

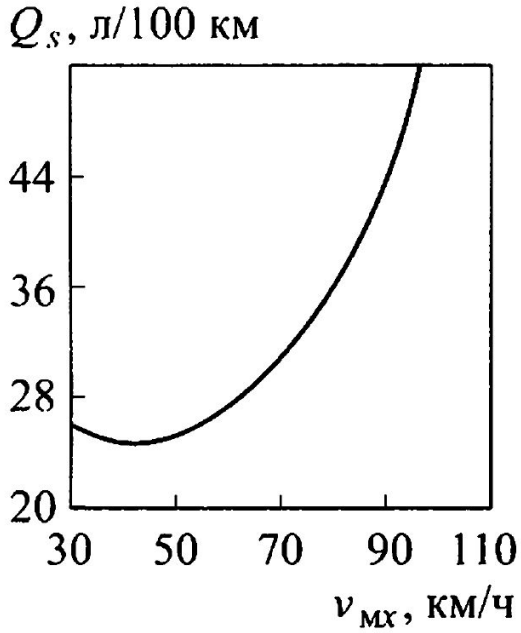
Средняя скорость движения: 46,5 км/ч

Максимальная скорость движения: 131,6 км/ч

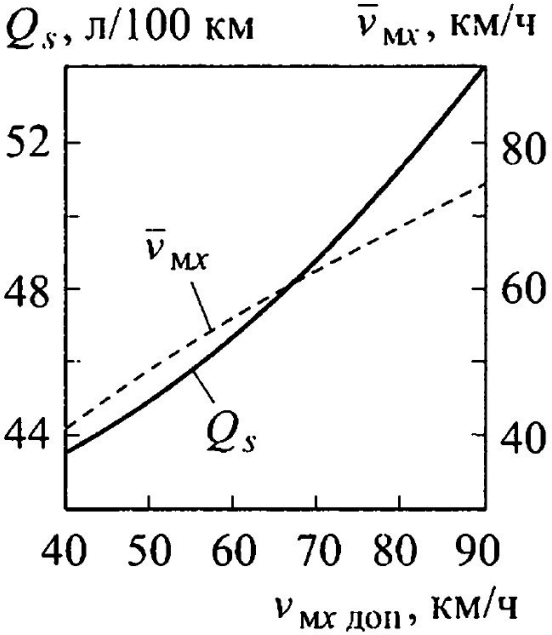
Оценочные показатели топливной экономичности

5) ***топливная характеристика установившегося движения*** – определяют при установившейся скорости движения на высшей передаче по горизонтальной дороге;

6) ***топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге*** – оценивают изменением расхода топлива Q_s и средней скорости $\bar{v}_{мх}$ от допустимой скорости $v_{мхдоп}$ с заданным продольным профилем дороги.



Топливная характеристика установившегося движения



Топливно-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге