

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  $G_T$  – 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:

$$g_e = 1000 \frac{G_T}{N_{\text{дв}}}$$

$$Q_s = \frac{100 \cdot G_T}{3,6 \cdot v_{\text{хм}} \cdot \rho_T} \quad Q_w = \frac{Q_s}{m_M}$$

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

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

$\rho_T$  – плотность топлива, кг/л.

Для бензина  $\rho_T = 0,75$ , для дизельного топлива  $\rho_T = 0,82$ .

# Топливная экономичность КМ

На путевой расход топлива  $Q_s$  влияют:

- удельный расход  $g_e$ ;
- скорость движения  $v_{мх}$ ;
- мощность двигателя  $N_{дв} = N_c / (\eta_{тр} \cdot k_{снN})$ , необходимая для преодоления мощности внешних ( $N_c$ ) и внутренних сопротивлений движению КМ, определяемых КПД трансмиссии  $\eta_{тр}$ .

После подстановки  $g_e$  в уравнение, определяющее  $Q_s$ :

$$Q_s = \frac{g_e \cdot N_c}{36 \cdot v_{мх} \cdot \rho_T \cdot k_{снN} \cdot \eta_{тр}}$$

# Топливная экономичность КМ

Мощность сопротивления движению  $N_c$  определяется уравнениями мощностного баланса, которые с учетом мощности  $N_s$ , затрачиваемой на непосредственное скольжение колес, принимают вид:

$$N_c = N_{f_{\text{шм}}} + N_w + N_{\text{мх}} + N_{\text{пцх}} + N_{f_{\text{п}}} + N_{\text{ин}} + N_s$$

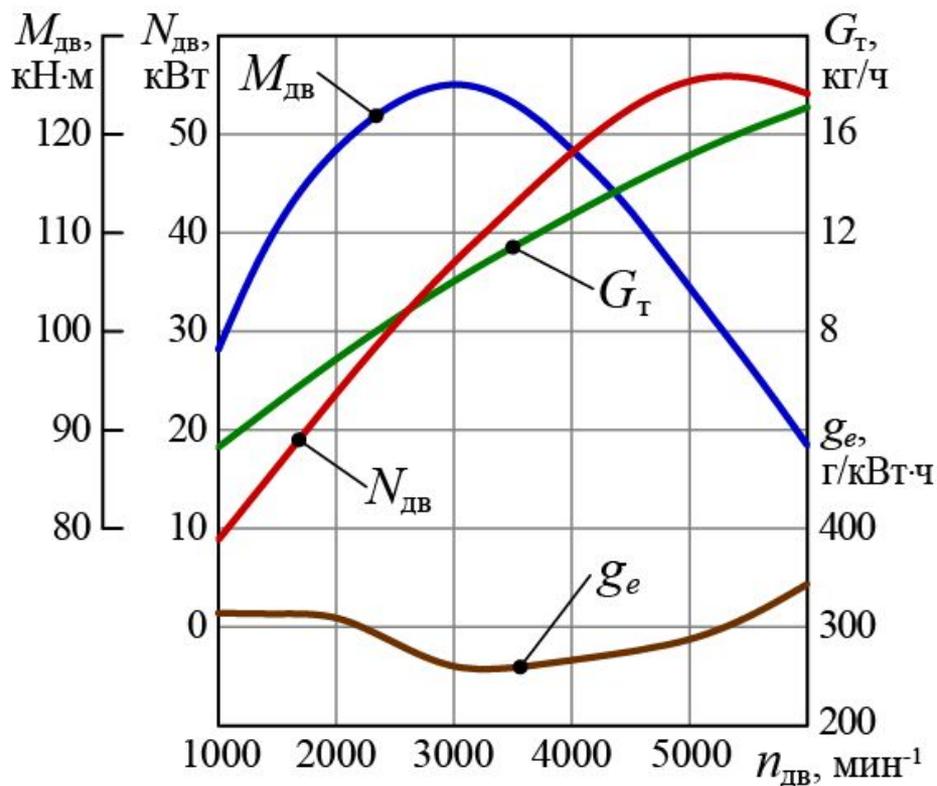
Тогда уравнение для путевого расхода можно записать через полную силу сопротивления движению  $P_c'$

$$P_c' = P_c + P_{\text{ин}} = P_{f_{\text{шм}}} + P_w + P_{\text{мх}} + P_{\text{пцх}} + P_{f_{\text{п}}} + P_{\text{ин}}$$

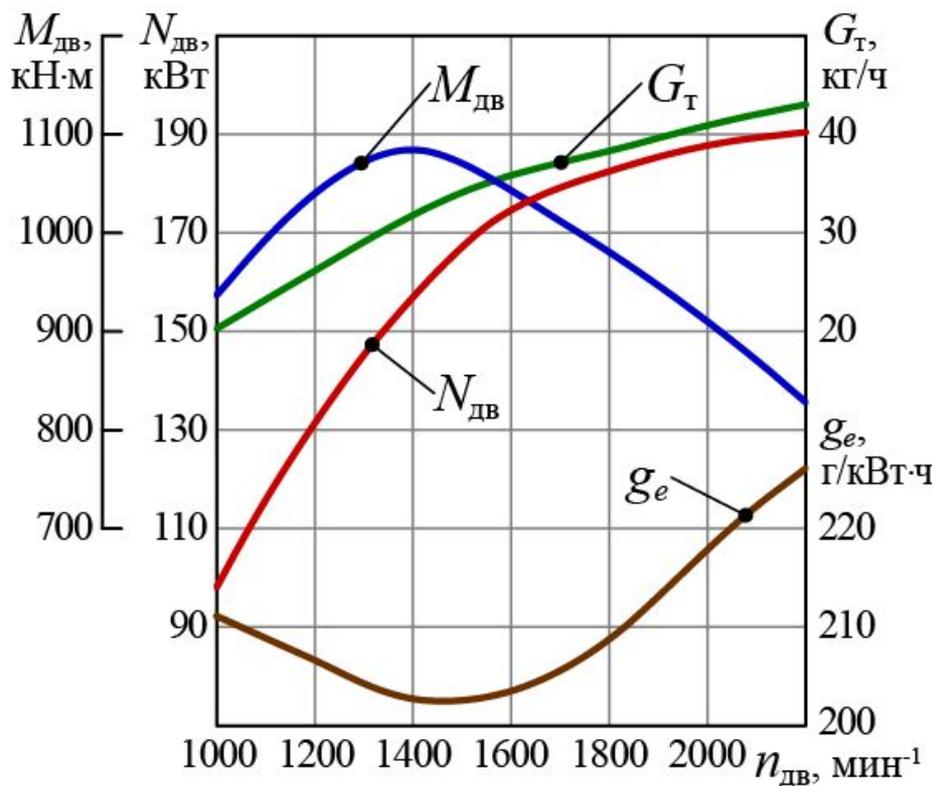
$$Q_s = \frac{g_e \cdot P_c'}{36000 \cdot v_{\text{мх}} \cdot \rho_T \cdot k_{\text{снN}} \cdot \eta_{\text{тр}}}$$

# Топливная экономичность КМ

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



Бензиновый



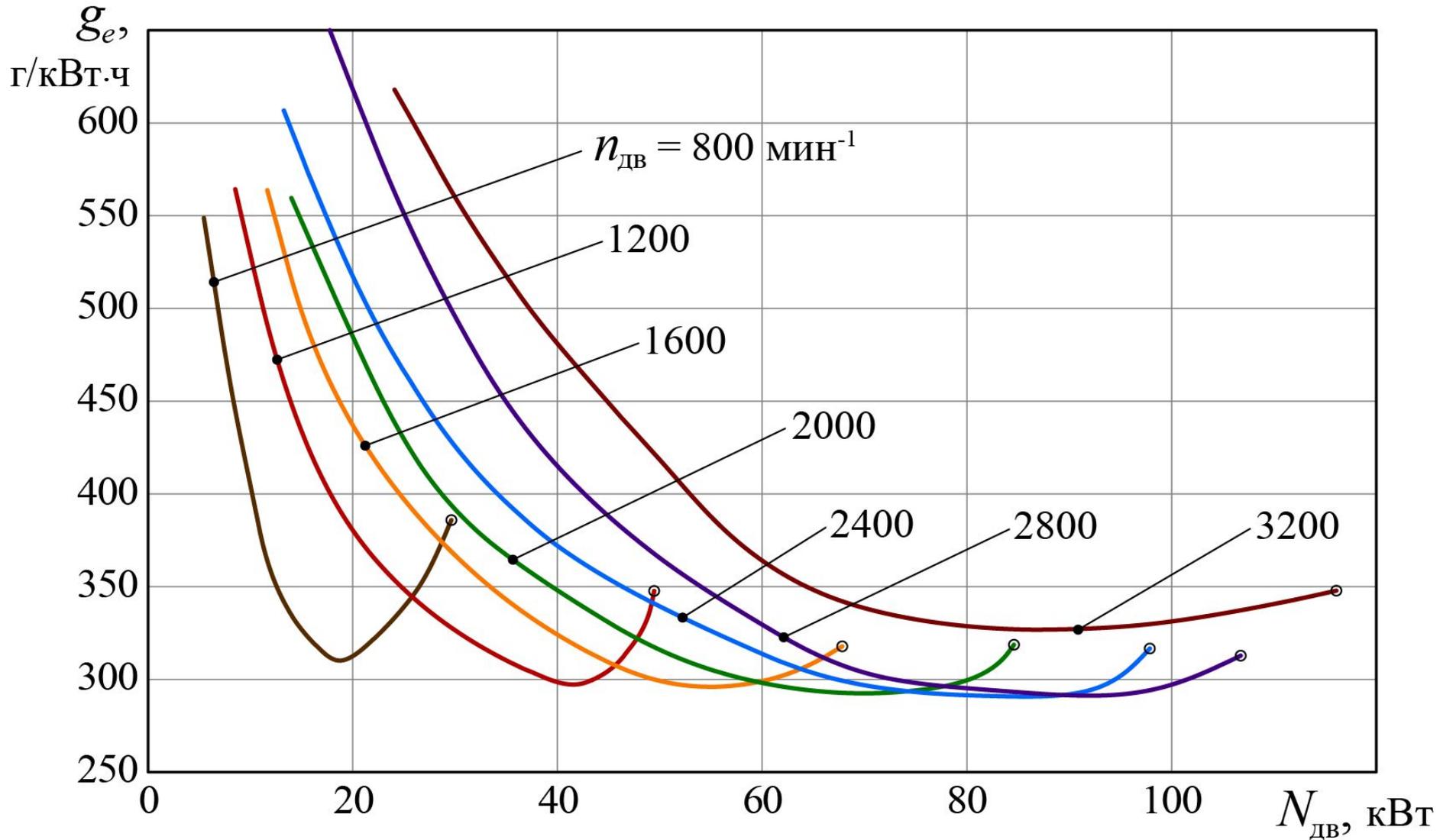
Дизельный

# 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  $g_e$  или  $G_T$  в зависимости от мощности двигателя  $N_{дв}$  при  $n_{дв} = \text{const}$ .

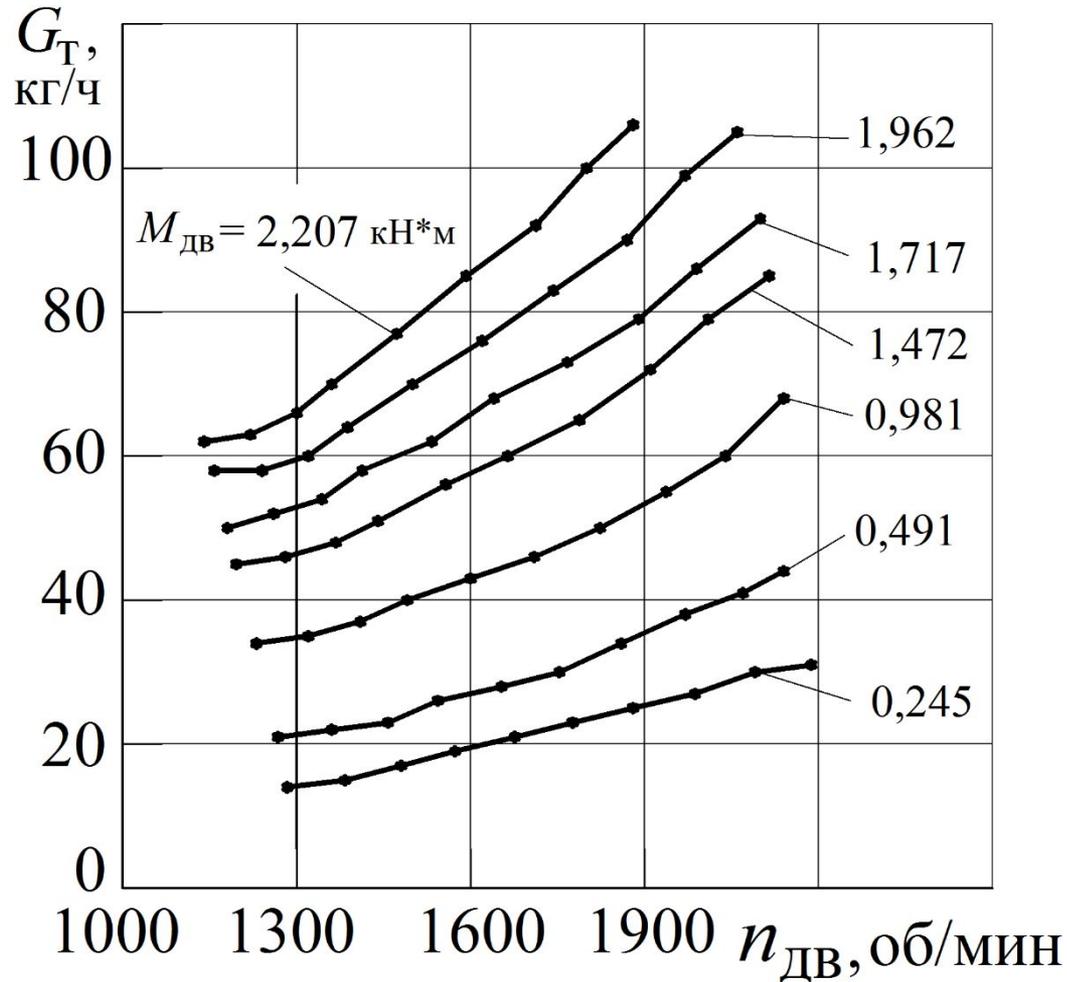
# Топливная экономичность КМ



Нагрузочная характеристика бензинового двигателя

# Топливная экономичность КМ

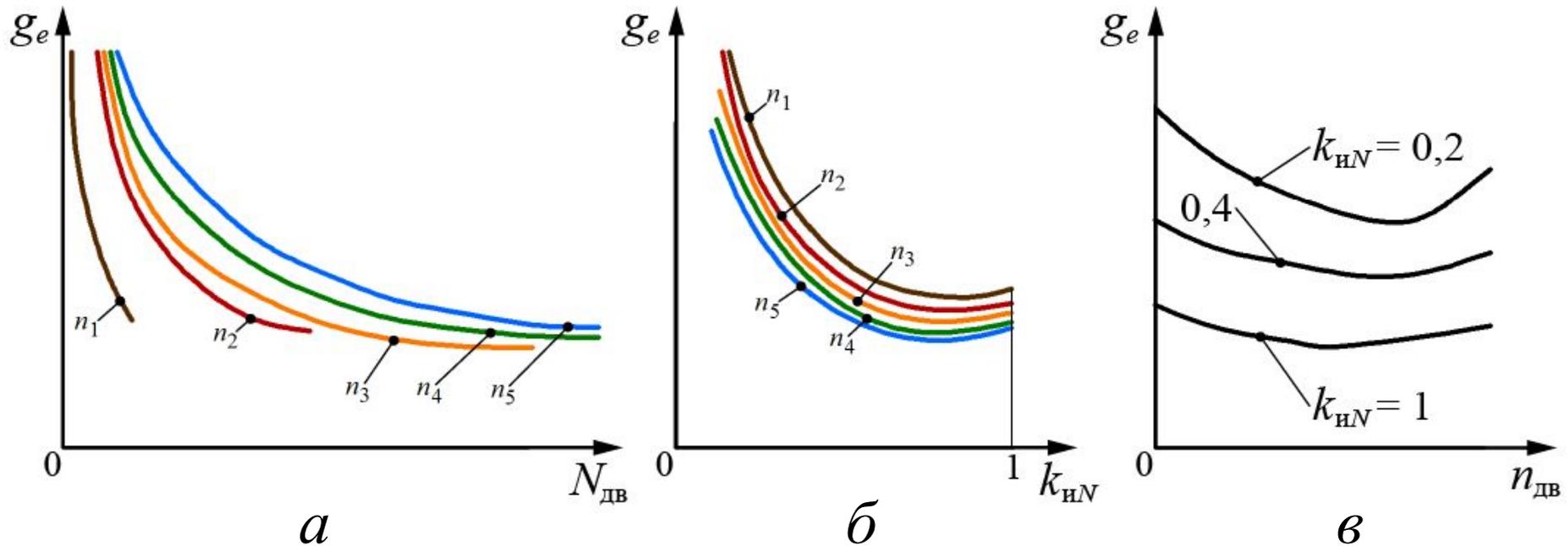
Нагрузочная характеристика может быть представлена и в виде  $G_T (n_{ДВ})$  при постоянном моменте  $M_{ДВ}$  на валу двигателя.



Нагрузочная характеристика дизельного двигателя

# Топливная экономичность КМ

Для удобства анализа также применяют упрощенные нагрузочные характеристики.



## Упрощенные нагрузочные характеристики двигателя

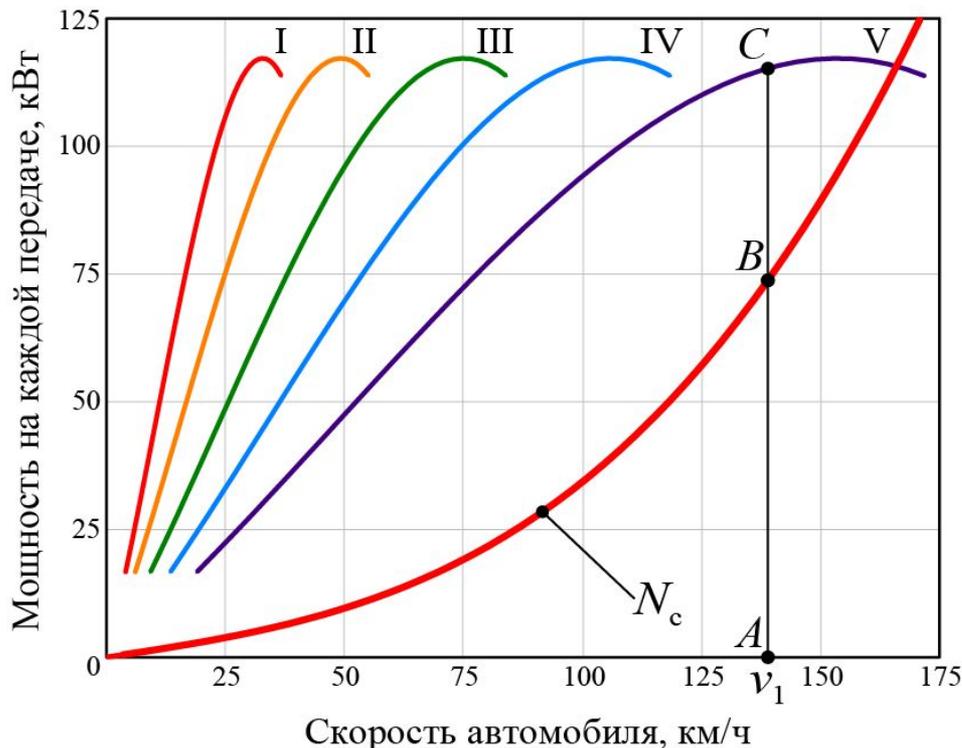
Характер изменения удельного расхода топлива от нагрузки у бензиновых двигателей и дизелей различен.

# Топливная экономичность КМ

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

$N_c$  – мощность, необходимая для движения по ОП с заданным коэффициентом  $\psi$ , 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.



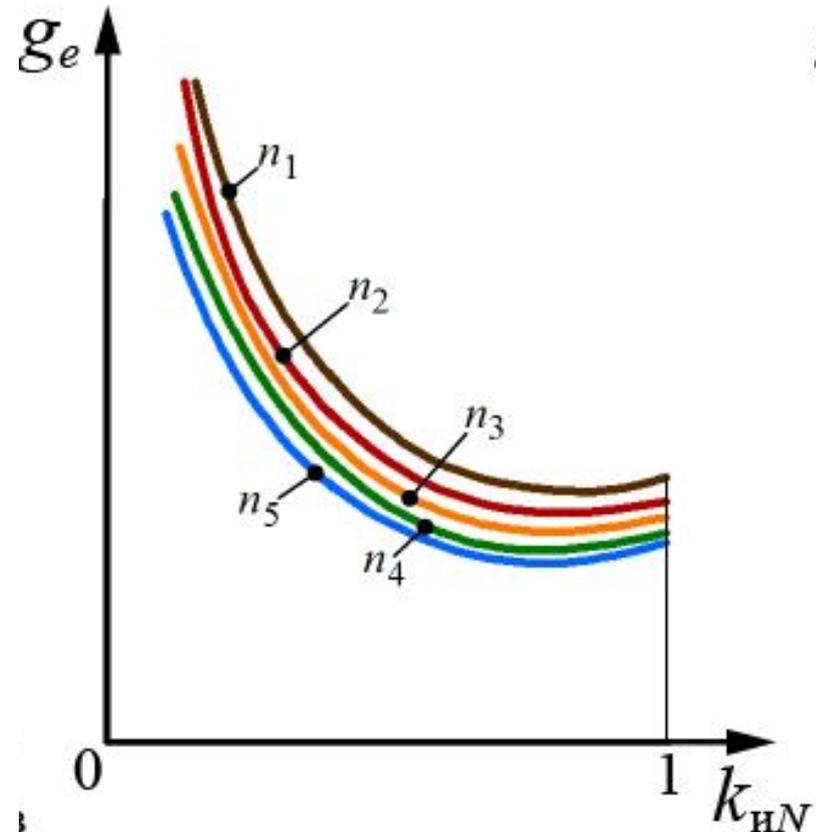
Графически значение  $k_{иN}$  при заданной скорости  $v_1$  определяется отношением длин отрезков  $AB/AC$  в безразмерном виде или в процентах.

# Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

1) для каждого значения оборотов двигателя  $n_{\text{дв}}$  удельный расход  $g_e$  имеет минимум при значениях  $k_{\text{иN}}$  близких к 1,0.

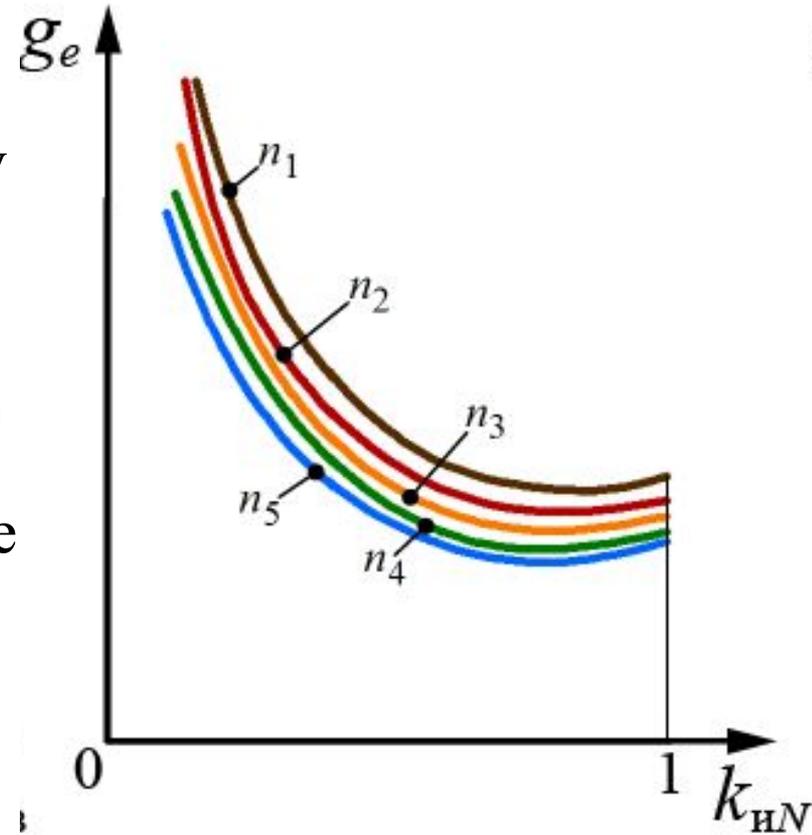
2) при  $k_{\text{иN}} = 1$ , у бензиновых двигателей удельный расход  $g_e$  несколько возрастает в связи с обогащением горючей смеси экономайзером (на 10...15% по сравнению с оптимальным значением).



# Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

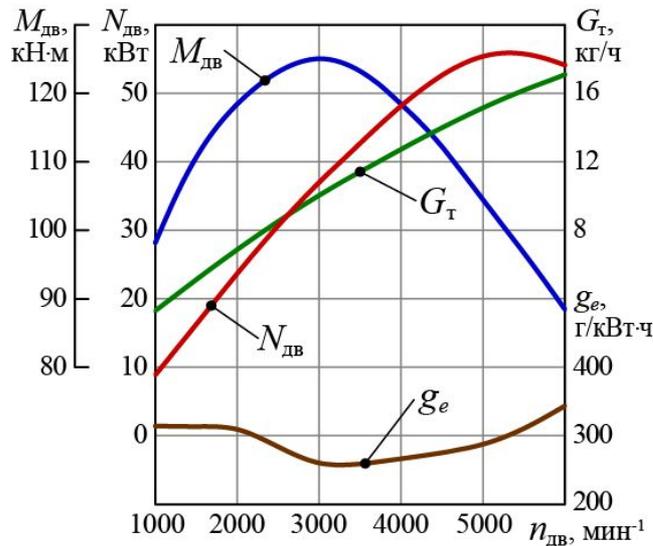
3) при малых значениях  $k_{иN}$  у бензиновых двигателей удельный расход  $g_e$  увеличивается в 2,5–3 раза, у дизельных увеличивается не более чем в 1,5 раза.



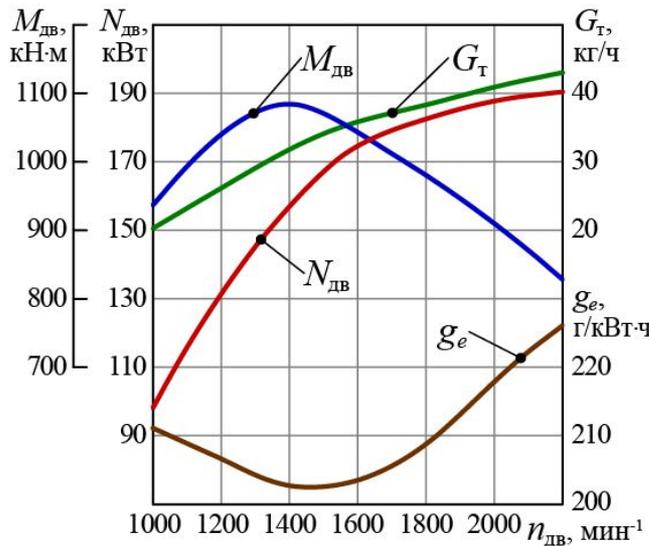
# Топливная экономичность КМ

Из анализа кривых нагрузочных характеристик можно сделать следующие выводы:

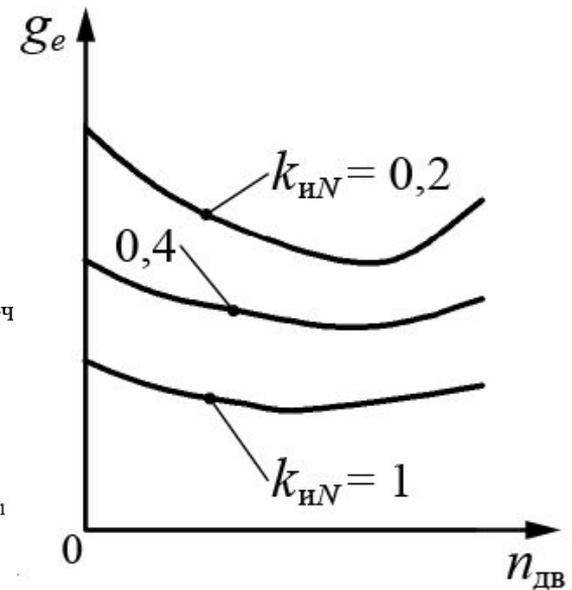
4) минимальный расход  $g_e$  при полной и частичных нагрузках соответствуют несколько большим оборотам  $n_{дв}$ , чем тем, при которых для заданного положения органа управления подачи топлива момент двигателя максимален.



Бензиновый



Дизельный

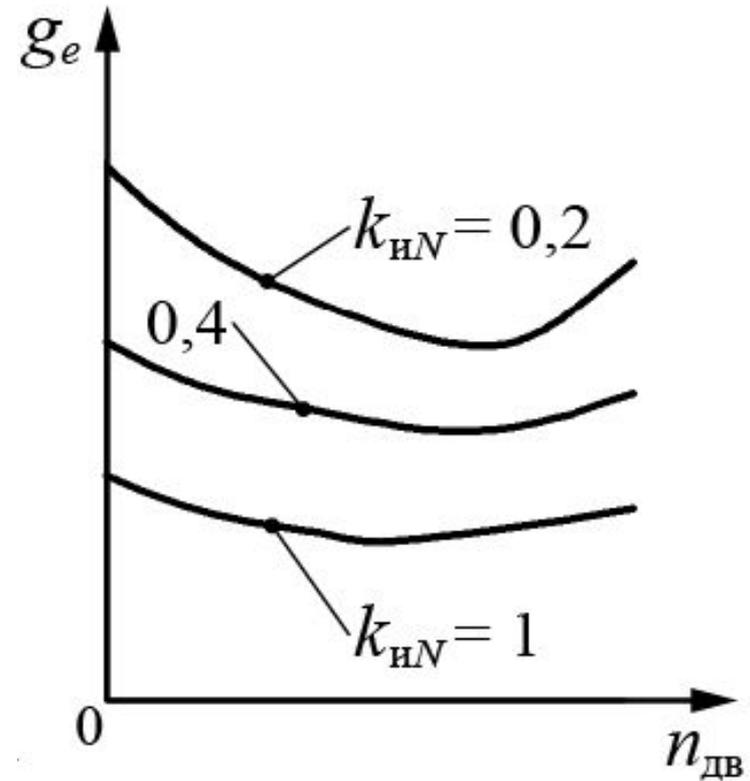


# Топливная экономичность КМ

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.

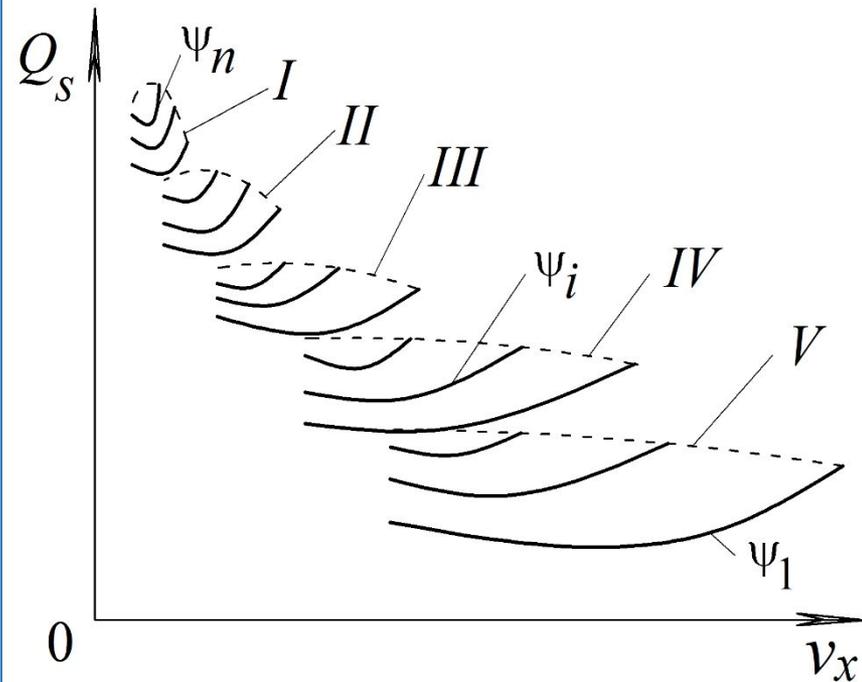
При переходных режимах (разгоне и замедлении) удельный расход  $g_e$  зависит и от углового ускорения вала двигателя  $\epsilon_{дв}$ . Однако при малых значениях  $\epsilon_{дв}$ , соответствующих движению КМ на высших передачах, влияние  $\epsilon_{дв}$  на расход  $g_e$  не велико.

# 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  $Q_s$  от скорости  $v_{мх}$  и коэффициента сопротивления движения  $\psi$  во всем скоростном диапазоне на всех передачах

$Q_s(v_{мх}, \psi, u_{тр})$ .



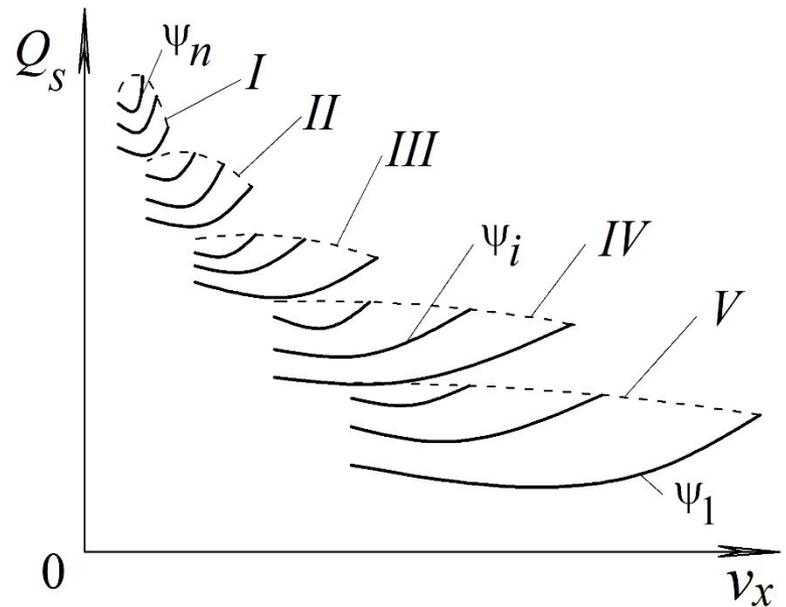
Топливо-экономическая характеристика КМ

# Топливная экономичность КМ

Можно выделить следующие основные особенности топливно-экономической характеристики:

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

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

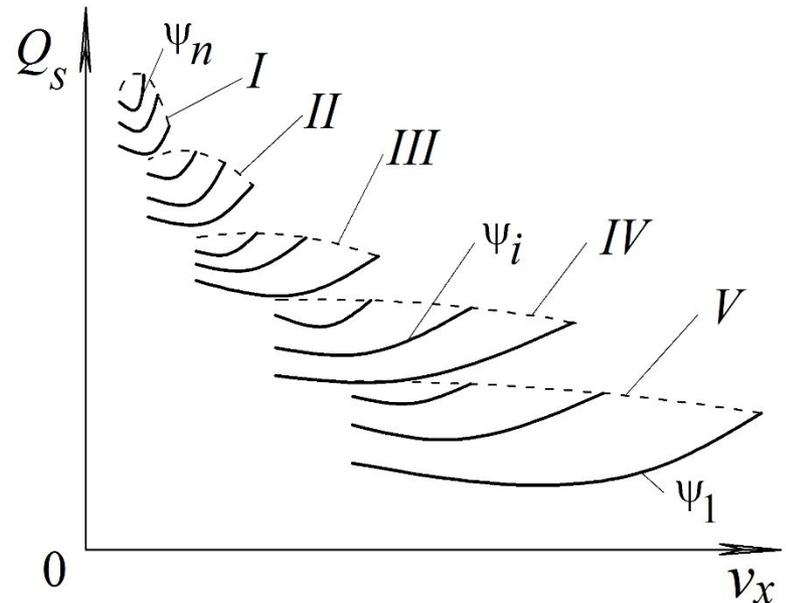


# Топливная экономичность КМ

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

С уменьшением  $k_{иN}$  обороты двигателя  $n_{дв \min}$  и скорость  $v_{mx \min}$  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  $v_{mx \min}$  принимают минимальную скорость КМ при полной подаче топлива;

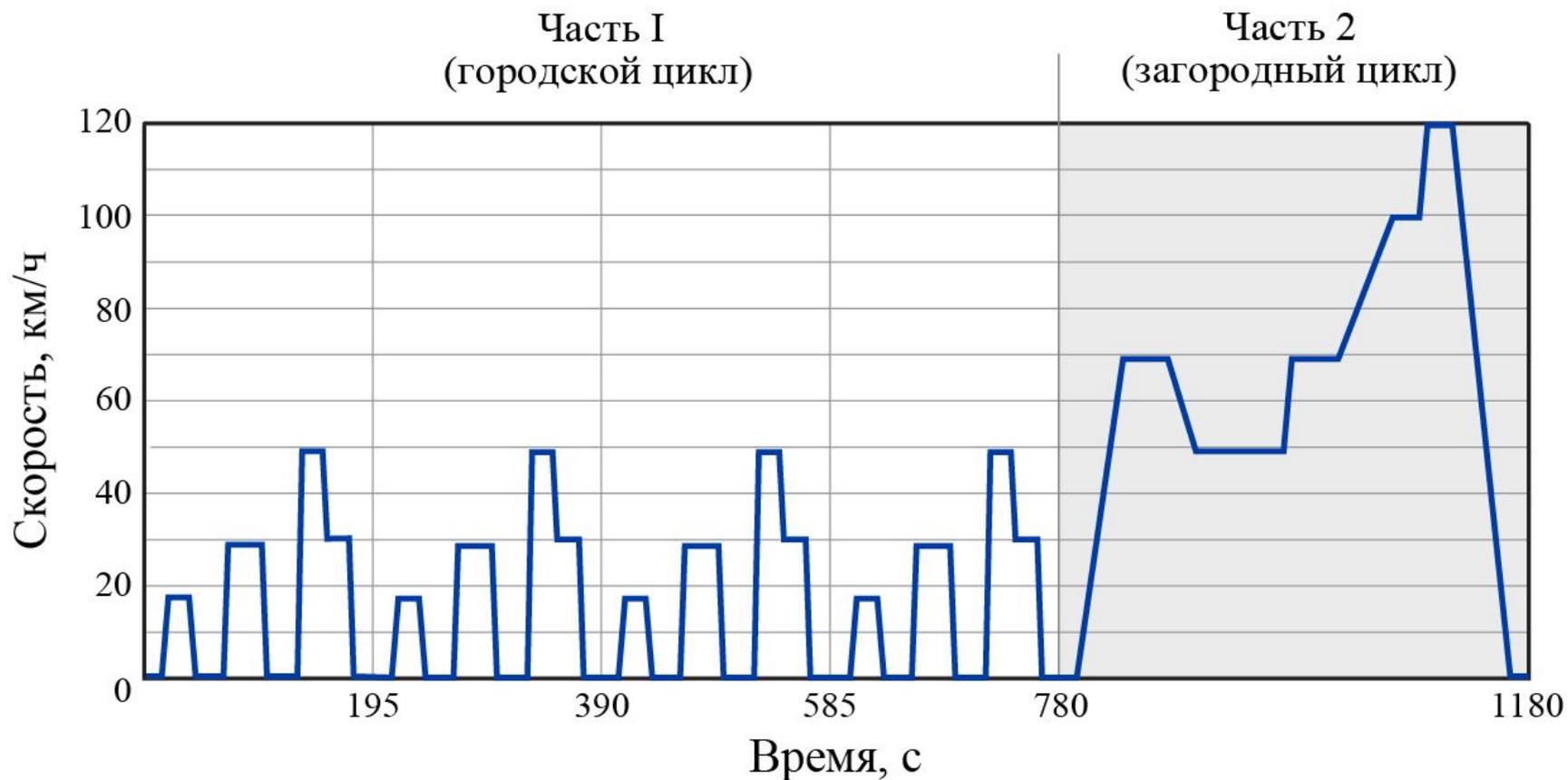
4) справа и сверху характеристики  $Q_s$  ограничиваются огибающей кривой (пунктирные линии на рисунке), соответствующей расходам топлива при  $k_{иN} = 1$ .



# 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  $m_{\text{п}} < 3,5$  т на стенде с беговыми барабанами по ездовому циклу в соответствии с операционной картой и схемой цикла;

# Европейский испытательный ездовой цикл NEDC



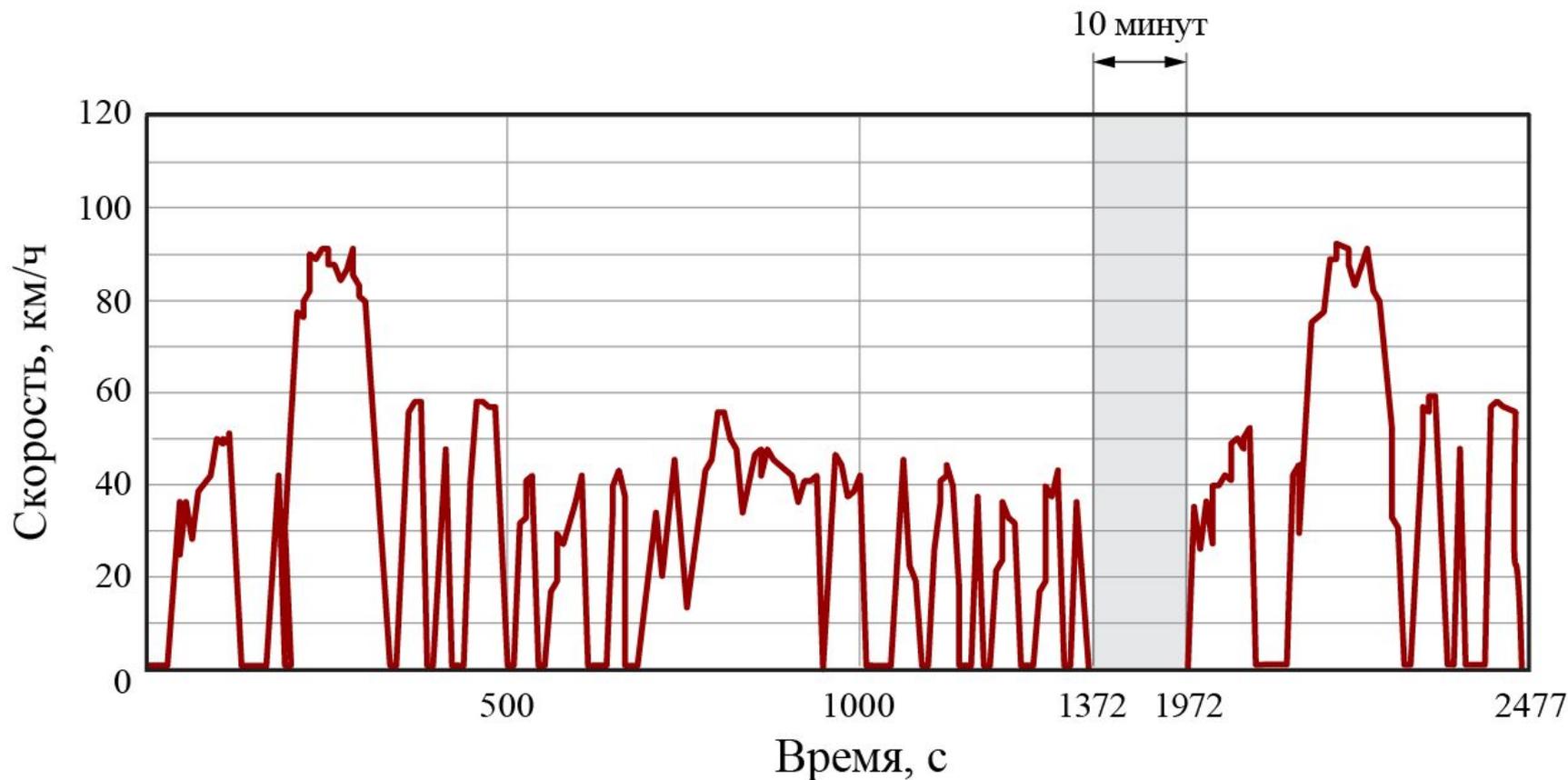
## Характеристика цикла

Эквивалентный пробег: 11,007 км

Средняя скорость движения: 33,6 км/ч

Максимальная скорость движения: 120 км/ч

# Американский испытательный ездовой цикл FTP-75



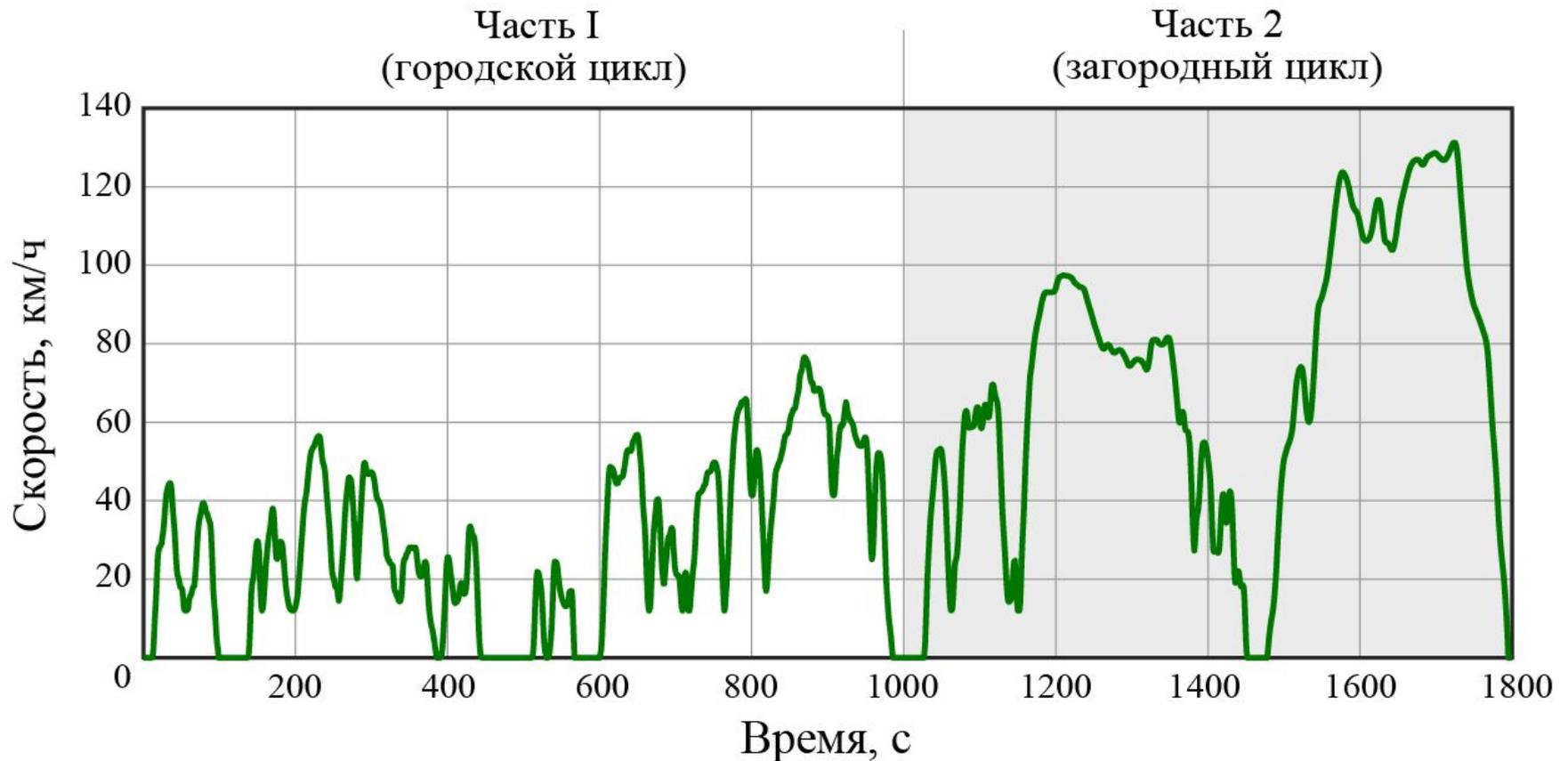
## Характеристика цикла

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

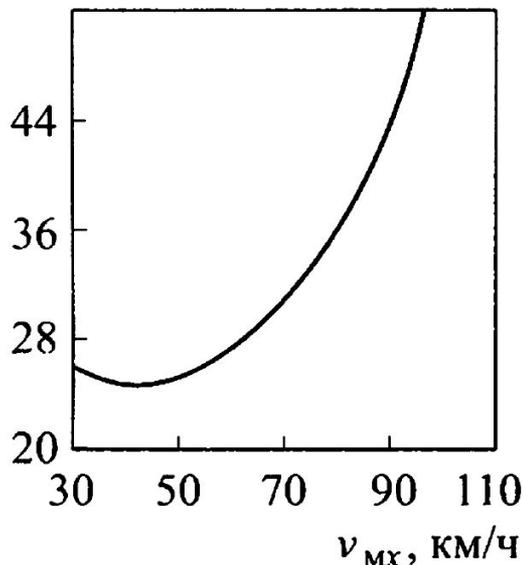
Максимальная скорость движения: 131,6 км/ч

# 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  $\bar{v}_{\text{мх}}$  от допустимой скорости  $v_{\text{мх доп}}$  с заданным продольным профилем дороги.

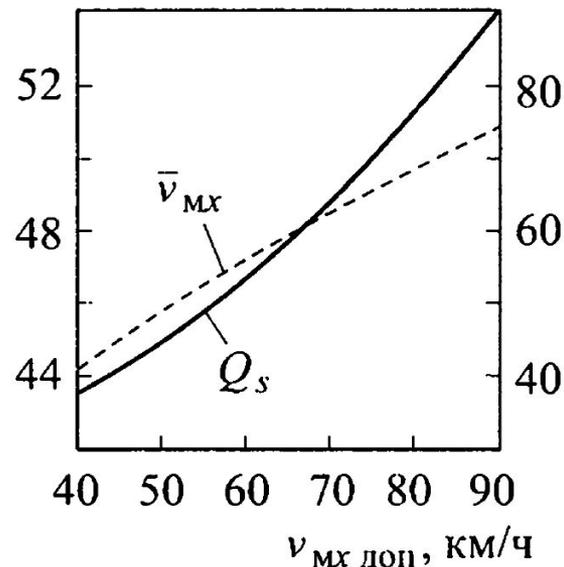
$Q_s$ , л/100 км



Топливная характеристика установившегося движения

$Q_s$ , л/100 км

$\bar{v}_{\text{мх}}$ , км/ч



Топливо-скоростная характеристика на магистрально-холмистой дороге