

## 3.15. Динамические факторы автомобиля

- У автомобиля различают динамический фактор по тяге и динамический фактор по сцеплению.
- 
- *Динамическим фактором по тяге* называется отношение разности силы тяги и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля

$$D = \frac{P_T - P_B}{G}.$$

Значения динамического фактора по тяге позволяют судить о тягово-скоростных свойствах конкретного автомобиля при разных нагрузках и сравнивать тягово-скоростные свойства различных автомобилей.

При этом чем больше динамический фактор по тяге, тем лучше тягово-скоростные свойства и выше проходимость автомобиля: он способен развивать большие ускорения, преодолевать более крутые подъемы и буксировать прицепы большей массы.

Максимальные значения динамического фактора по тяге составляют  
0,3...0,45 для автомобилей ограниченной проходимости  
0,6...0,8 - для автомобилей высокой проходимости.



Actros в строительстве



Самосвал Iveco Trakker 653900 с колесной формулой 6x6 для компании «ПромСтройМонтаж» (входит в состав группы компаний «Ташир»). Автомобили будут задействованы в строительстве объектов на проекте по освоению крупного месторождения природного газа в Ямало-Ненецком автономном округе.

Динамический фактор по тяге часто называют просто динамическим фактором. Его значение ограничено вследствие наличия сцепления колес с дорогой.

Для безостановочного движения автомобиля без пробуксовки ведущих колес необходимо выполнение следующего условия:

$$D_{\text{сц}} \geq D \geq \psi,$$

где  $D_{\text{сц}}$  - динамический фактор по сцеплению.



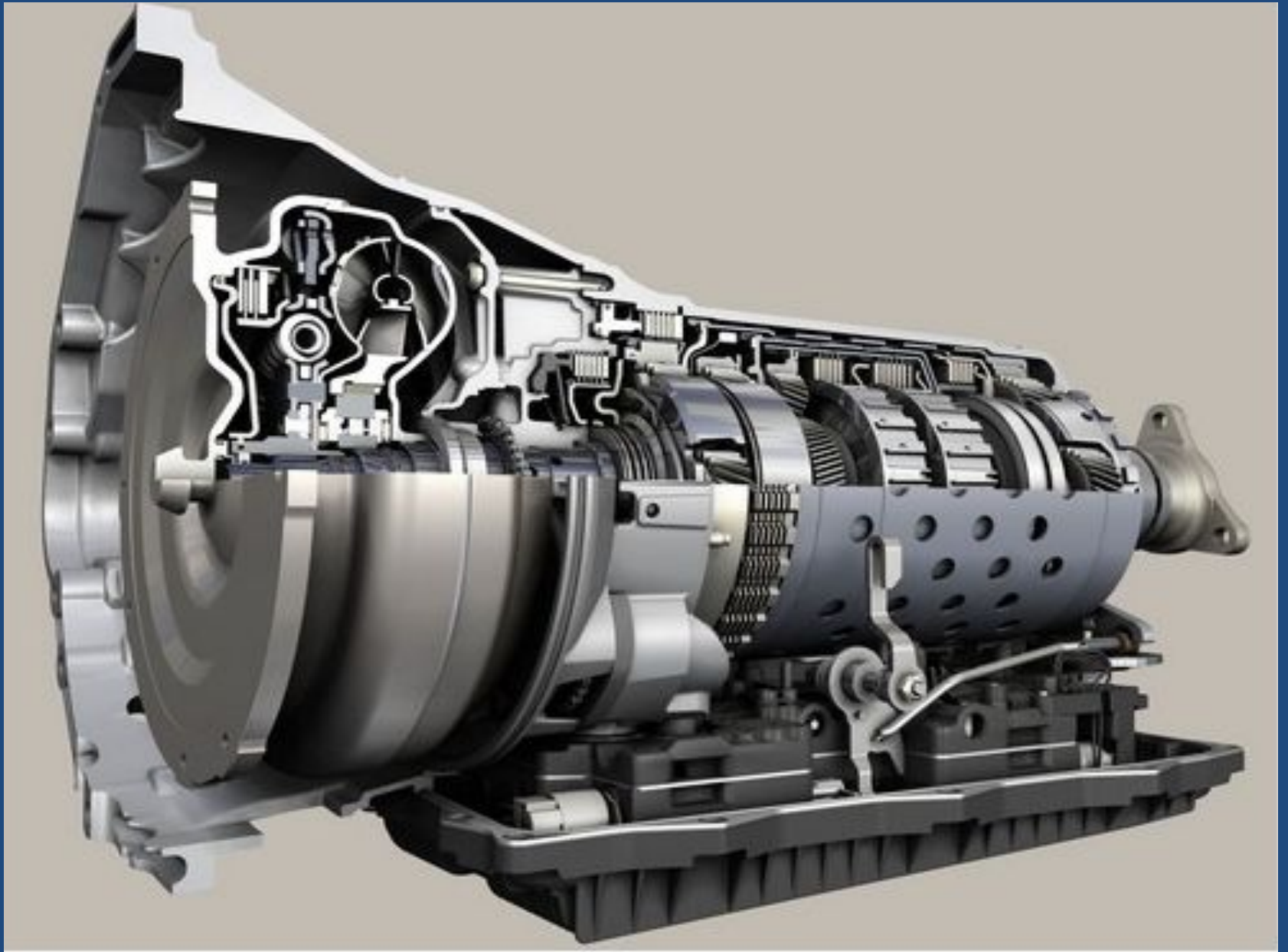
пикап Volkswagen Amarok

Амарок с 8-ступенчатой трансмиссией с полноценной ГМП (гидромеханическая передача). Такая, в основе своей, ставится на некоторые кроссоверы Ауди и Фольксваген.

Привод сделали постоянным полным с самоблокирующим межосевым дифференциалом Torsen.

Стихия Амарок с автоматической трансмиссией — это городские дороги и загородные трассы.





Трехтонная машина разгоняется до сотни километров примерно за 11 секунд — достойный результат. Способствует этому битурбированный двигатель всего то 2-литрового объема, но мощностью 180 л.с. и крутящим моментом 420 Н·м. Такой же мотор ставится и на машины с механической КПП, но форсированный до 167 л.с. и 400 Н·м. Несмотря на приставку «би», нынешний мотор не всегда успевает с «низов» даже с 8-ступенчатой КПП.

Первая передача с передаточным числом 4,7. 8-я передача с передаточным числом 0,67 позволяет экономить топливо.



Причем, на высшую передачу трансмиссия выходит до 1000 оборотов двигателя.

Отличная подвеска немецкого «Волка», а именно так переводится с какого-то индейского языка слово Амарок, с легкостью справляется с разумными дорожными выбоинами, ямами и буграми. Их практически не чувствуешь на любой скорости. Для этой машины как нельзя подходит выражение «больше скорость — меньше ям». Передняя подвеска — многорычажная независимая, задняя с неразрезным мостом — рессорная. Спереди на Амароке стоят двухпоршневые дисковые, сзади — барабанные тормоза.



На пробеге в 9500 км, включая горные дороги, мы потратили 840 литров дизтоплива. Пустыми почти не ездили, чаще груженые. Выходит, что средний расход топлива составил 8,8 л на 100 км. Замеры показали, что на дистанции 1000 км при движении на круиз-контроле с постоянной скоростью 125 км/ч, расход топлива составляет 9,6 л/100 км. Каждые 10 км скорости дополнительно прибавляют 0,8 литра. Груженная машина честно выдает 170 км/ч максимальной скорости, а расход дизеля увеличивается до 15 литров. Но с такой скоростью мы практически не ездили, а крейсерские на европейских автобанах 120-140 км/ч вполне комфортны для такой машины.

*Динамическим фактором по сцеплению* называется отношение разности силы сцепления и силы сопротивления воздуха к весу автомобиля

$$D_{\text{сц}} = \frac{P_{\text{сц}} - P_{\text{в}}}{G}.$$

Так как буксование ведущих колес обычно происходит при малой скорости движения и большой тяговой силе, влиянием силы сопротивления воздуха можно пренебречь.

Тогда динамический фактор по сцеплению

$$D_{\text{сц}} = \frac{P_{\text{сц}}}{G} = \frac{G_2 \varphi_x}{G},$$

Для установления связи между динамическим фактором и условиями движения представим уравнение движения автомобиля (3.20) в следующем виде:

$$P_T - P_B = P_D + P_{И},$$

ИЛИ

$$P_T - P_B = G\psi + \frac{G}{g} \delta_{вр} j.$$



Разделив обе части последнего уравнения на вес  $G$ , получим уравнение силового баланса автомобиля в безразмерной форме:

$$D = \psi + \frac{j}{g} \delta_{вр}. \quad (3.22)$$

При равномерном движении ускорение равно нулю. Тогда

$$D = \psi.$$

## 3.16. Динамическая характеристика автомобиля

Динамической характеристикой автомобиля называется зависимость динамического фактора по тяге от скорости на различных передачах.

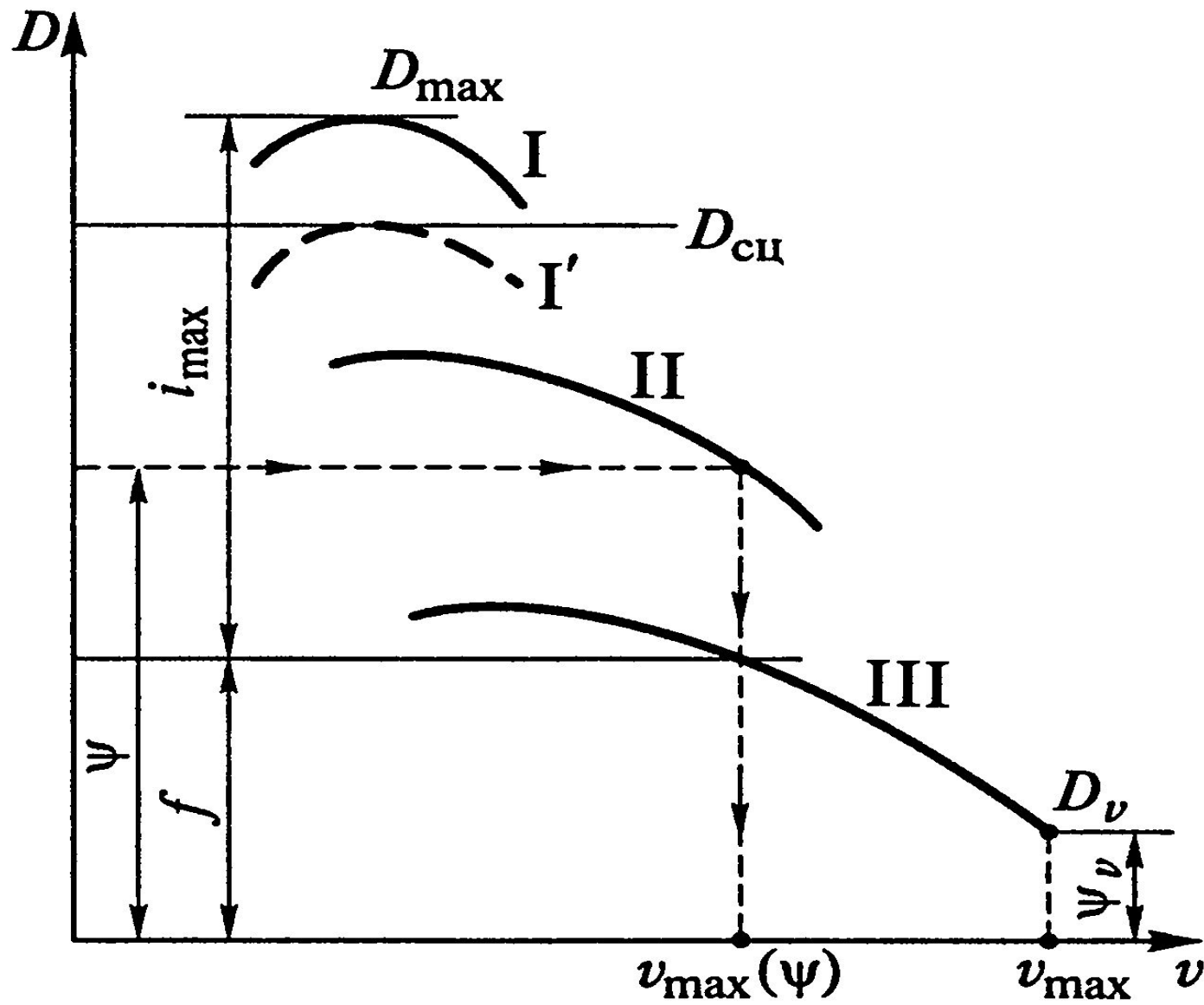


Рисунок 3.14 динамическая характеристика  
автомобиля

Динамическая характеристика, представленная на рис. 3.24, свидетельствует о том, что динамический фактор по тяге на низших передачах имеет большую величину, чем на высших.

Это связано с тем, что на низших передачах тяговая сила увеличивается, а сила сопротивления воздуха уменьшается.

Поскольку при равномерном движении

$$D = \Psi,$$

ордината каждой точки кривых динамического фактора, приведенных на динамической характеристике, определяет значение коэффициента сопротивления дороги  $\Psi$ .

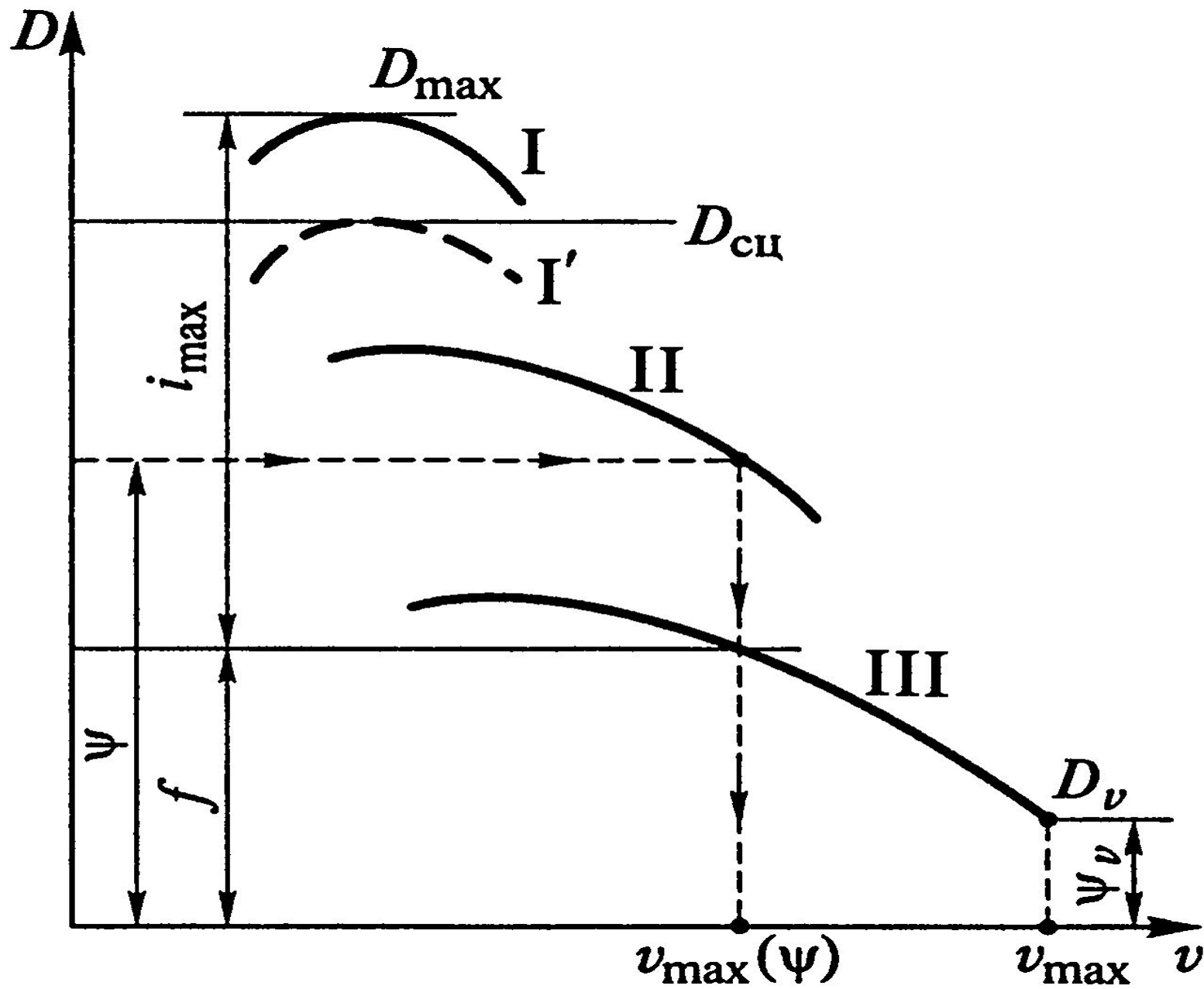
Так, например, точка  $D_v$ , соответствующая значению динамического фактора при максимальной скорости  $v_{max}$ , определяет коэффициент сопротивления дороги  $\psi_v$ , которое может преодолеть автомобиль при этой скорости, а ординаты точек максимума кривых динамического фактора представляют собой максимальные значения коэффициента сопротивления дороги, преодолеваемого на каждой передаче.

С помощью динамической характеристики можно решать различные задачи по определению тягово-скоростных свойств автомобиля. Рассмотрим некоторые из этих

## Определение максимальной скорости движения автомобиля при заданном коэффициенте сопротивления дороги $\Psi$ .

На оси ординат откладываем значение коэффициента сопротивления дороги  $\Psi$ , характеризующее данную дорогу, и проводим прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с кривой динамического фактора  $D$ .

Точка пересечения и будет соответствовать максимальной скорости, которую может развить автомобиль при заданном коэффициенте сопротивления дороги  $\Psi$ .



**Определение максимального подъема, преодолеваемого на дороге с заданным коэффициентом сопротивления качению  $f$ .**

Для нахождения максимального подъема, который может преодолеть автомобиль при постоянной скорости на любой передаче на дороге с коэффициентом сопротивления качению  $f$ , на оси ординат откладываем значение коэффициента  $f$  и проводим прямую, параллельную оси абсцисс.





Автомобили «КАМАЗ-мастер» отправили из Набережных Челнов в Аргентину для подготовки к ралли «Дакар-2014».





Несмотря на непривычную кабину, челнинский грузовик построен на том же проверенном шасси КамАЗ-4326, да и задняя часть гоночной машины унифицирована с "обычными" вездеходами российской команды. Как объясняют заводчане, смещение кабины с экипажем на 1,5 м назад в пределы базы (раньше гонщики сидели буквально над передней осью) увеличивает загрузку задней оси до 55-56%. Это улучшает способность движения по песку и способствует правильному приземлению на прыжках. Смещение центра масс к центру автомобиля повышает маневренность и обеспечивает преимущества при движении по извилистым скоростным участкам.



Разность между максимальным значением динамического фактора  $D_{max}$  на любой передаче и значением коэффициента  $f$  соответствует максимальному подъему, преодолеваемому на выбранной передаче:

$$i_{max} = D_{max} - f$$

$$i_{max} = 12\% = 12/1.7 = 7 \text{ град}$$

$$i_{max} = 28\% = 28/1.7 = 17 \text{ град}$$

$$i_{max} = 51\% = 51/1.7 = 30 \text{ град}$$

$$i_{max} = 76\% = 76/1.7 = 45 \text{ град}$$

$$i_{max} = 88\% = 88/1.7 = 51 \text{ град}$$

$$i_{max} = 12\% = 12/1.7 = 7 \text{ град}$$

$$i_{max} = 28\% = 28/1.7 = 17 \text{ град}$$

$$i_{max} = 51\% = 51/1.7 = 30 \text{ град}$$

$$i_{max} = 76\% = 76/1.7 = 45 \text{ град}$$

$$i_{max} = 88\% = 88/1.7 = 51 \text{ град}$$

## Определение максимального ускорения автомобиля при заданном коэффициенте сопротивления дороги $\Psi$ .

Для нахождения максимального ускорения  $j_{max}$ , которое может развить автомобиль на любой передаче, необходимо найти разность между максимальным значением динамического фактора на выбранной передаче и значением коэффициента сопротивления дороги ( $D_{max} - \Psi$ ).

Зная эту разность, можно определить значение максимального ускорения по формуле

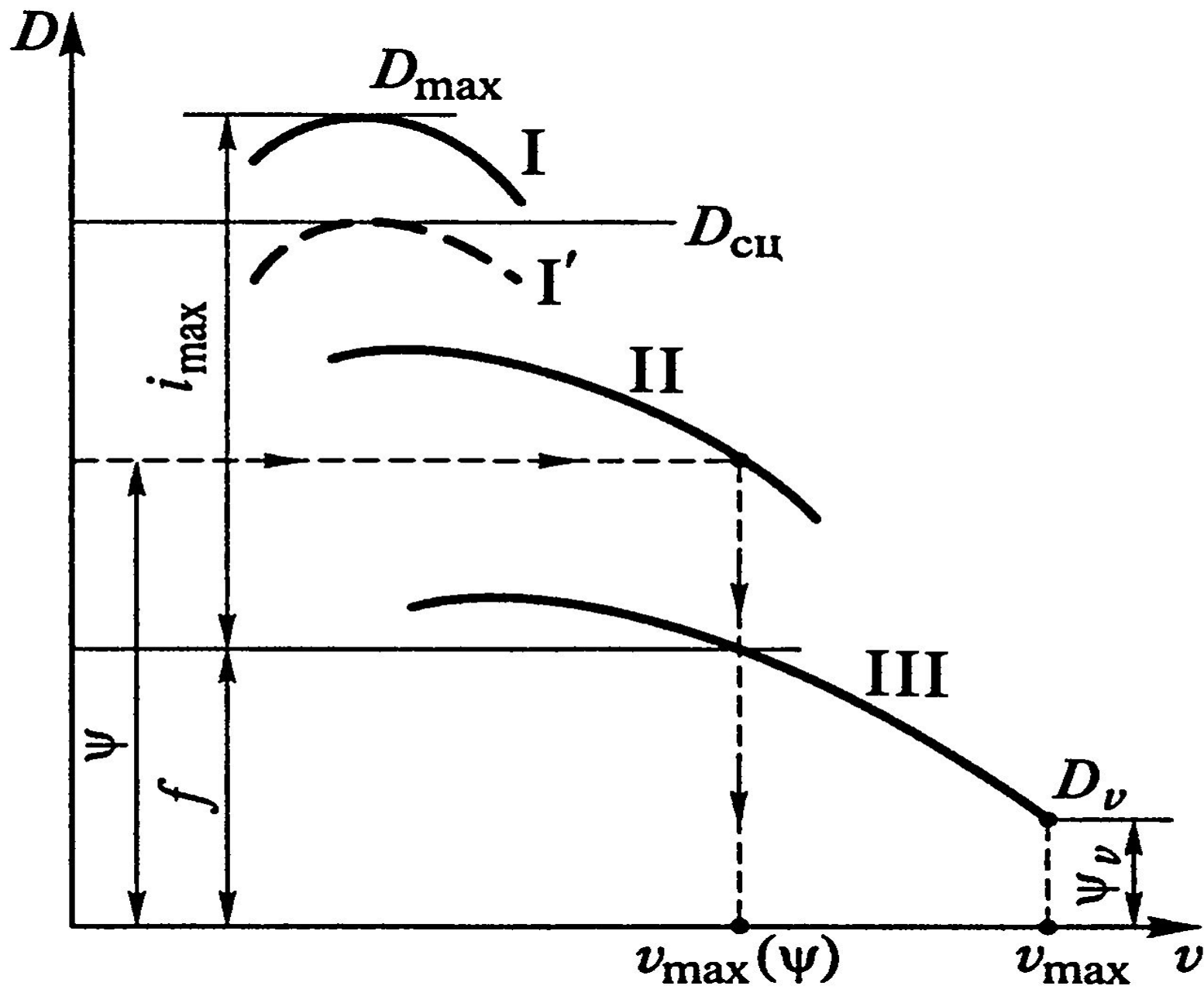
$$j_{max} = \frac{D_{max} - \Psi}{\delta_{вр}} g. \quad (3.22)$$



## Определение возможности буксования ведущих колес.

При решении данной задачи необходимо сопоставить динамические факторы по тяге и сцеплению.

С этой целью определяют значение динамического фактора по сцеплению для заданного коэффициента сцепления  $\Psi_x$ . Найденное значение откладывают на оси ординат и проводят горизонтальную прямую.



В области, расположенной над проведенной прямой,  $D_{сц} < D$ , следовательно, трогание автомобиля с места на I передаче невозможно, а при его движении неизбежна остановка.

В области, находящейся под этой прямой, выполняется условие  $D_{сц} > D$ , следовательно, при полной нагрузке двигателя, или при полной подаче топлива, движение без пробуксовки ведущих колес невозможно лишь на I передаче.

Для движения без буксования ведущих колес на I передаче необходимо уменьшить подачу топлива и динамический фактор по тяге (см. кривую I' на рис. 3.24).

При определении тягово-скоростных свойств динамическая характеристика строится для автомобиля с полной нагрузкой.

### 3.17. Динамический паспорт автомобиля

Неудобство использования динамической характеристики автомобиля состоит в том, что для оценки тягово-скоростных свойств необходимо строить отдельные графики для каждого значения нагрузки на автомобиль. Более универсальным и удобным является динамический паспорт автомобиля (рис. 3.25), который позволяет оценить тягово-скоростные свойства при различных нагрузках на автомобиль.

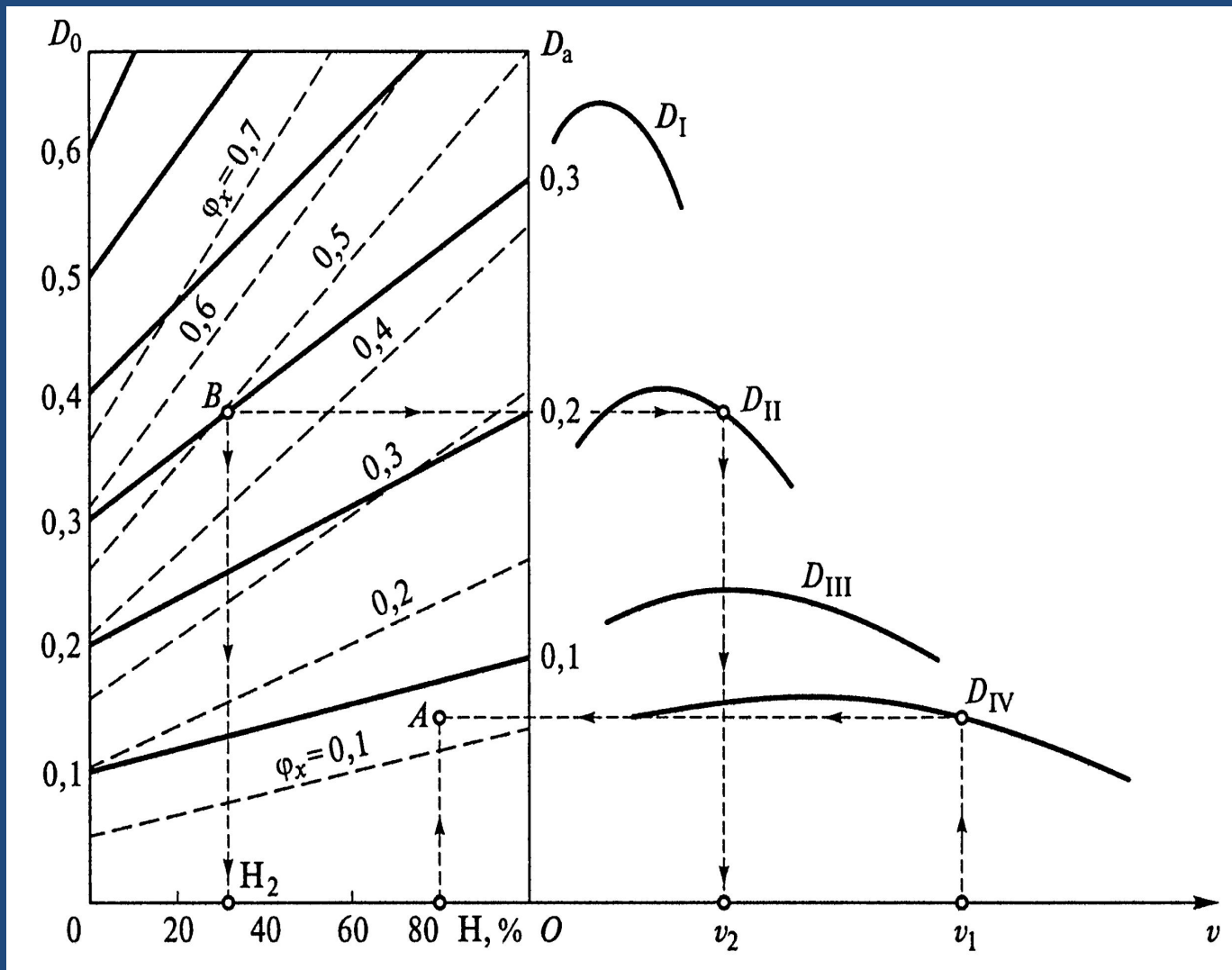


Рис. 3.25. Динамический паспорт автомобиля:

Динамическим паспортом автомобиля называется его динамическая характеристика с номограммой нагрузок и графиком контроля буксования.

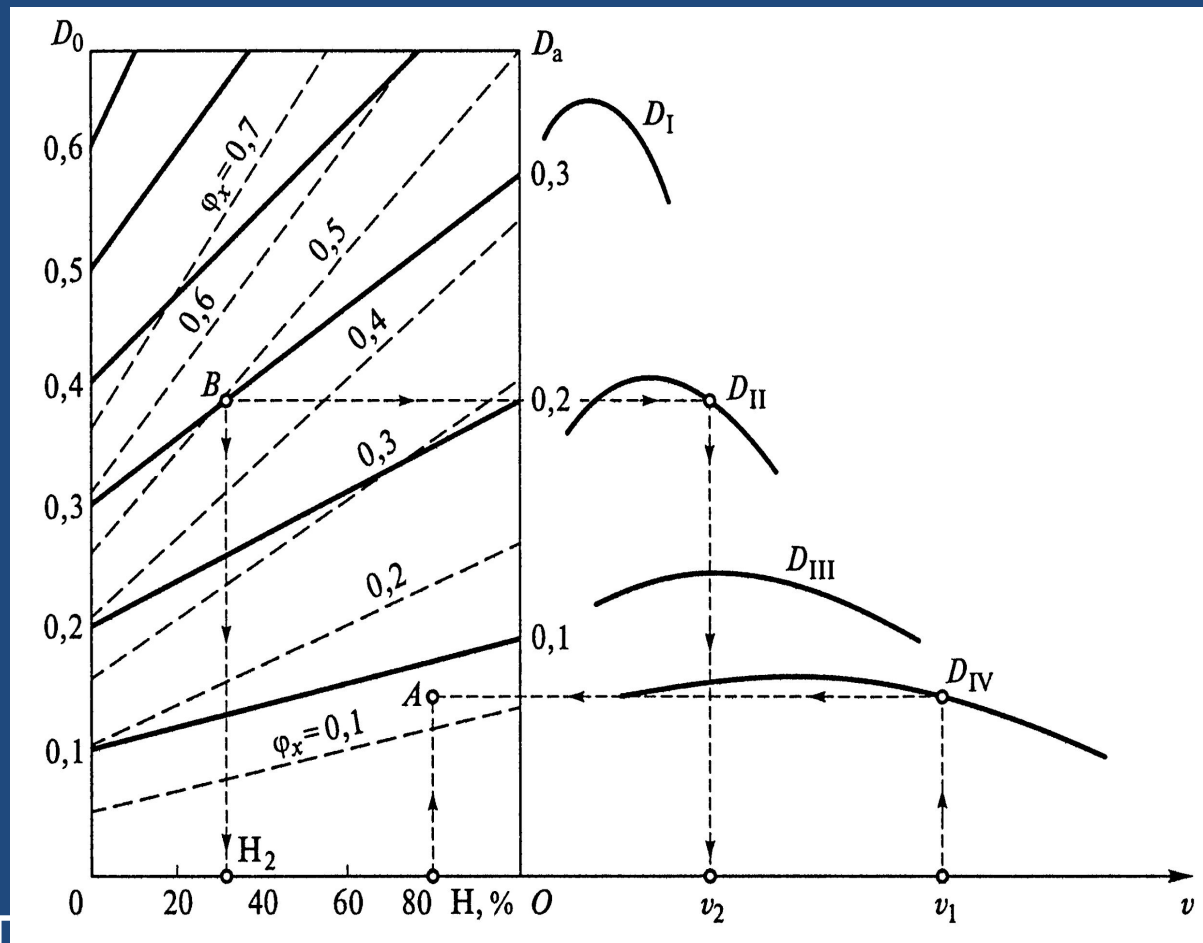
Методика построения динамического паспорта автомобиля такова:

- строят динамическую характеристику автомобиля с полной нагрузкой;
- строят номограмму нагрузок, характеризующую изменение динамического фактора по тяге  $D$  в зависимости от нагрузки на автомобиль;
- строят график контроля буксования.

График включает в себя зависимости динамического фактора по сцеплению  $D_{сц}$  от нагрузки на автомобиль при разных значениях коэффициента сцепления колес с дорогой  $\varphi_x$ .



При построении номограммы нагрузок на автомобиль ось абсцисс его динамической характеристики продолжают влево и на ней в произвольном масштабе откладывают значения нагрузки на автомобиль, % (для грузовых автомобилей) или пасс. (для легковых автомобилей и автобусов).



$O$  - начало координат динамической характеристики;  $O$  - начало координат графика контроля буксования;  $A, B$  - характерные точки построения;  $D_I - D_{IV}$  динамический фактор по тяге на I - IV передачах;

Из точки, соответствующей нулевой нагрузке, проводят вертикаль, на которой откладывают значения динамического фактора по тяге  $D_o$  для снаряженного автомобиля (без груза или без пассажиров) в масштабе, определяемом по формуле

$$D_o = D_a G_a / G_o,$$

где  $D_a$  - динамический фактор потяге для автомобиля с полной нагрузкой;

$G_o$ ,  $G_a$  - вес соответственно снаряженного автомобиля и автомобиля с полной нагрузкой.

Затем сплошными линиями соединяют одинаковые значения динамических факторов  $D_0$  и  $D_a$  на осях ординат снаряженного и полностью груженого автомобилей.

График контроля буксования строят на номограмме нагрузок автомобиля.

С помощью этого графика сопоставляют динамические факторы по тяге  $D$  и сцеплению  $D_{сц}$  с целью определения возможности буксования ведущих колес при различных нагрузках на автомобиль.

Для построения графика контроля буксования сначала рассчитывают динамические факторы по сцеплению при разных нагрузках на автомобиль.

При этом используют следующие выражения:

$$D_{0\text{сц}} = \frac{G_{02}}{G_0} \varphi_x; \quad D_{a\text{сц}} = \frac{G_{a2}}{G_a} \varphi_x, \quad (3.23)$$

где  $D_{0\text{сц}}$ ,  $D_{a\text{сц}}$  - динамический фактор по сцеплению соответственно снаряженного автомобиля и автомобиля с полной нагрузкой;

$G_0$ ,  $G_a$  - вес соответственно снаряженного и полностью груженого автомобиля;  $G_{02}$ ,  $G_{a2}$  - вес, приходящийся на ведущие колеса соответственно снаряженного и полностью груженого автомобиля;

$\varphi_x$  - коэффициент продольного сцепления ( $\varphi_x =$

Последовательно подставляя значения коэффициента сцепления  $\varphi_x$  в выражения (3.23), определяют динамические факторы по сцеплению  $D_{осц}$  и  $D_{а.сц}$ .

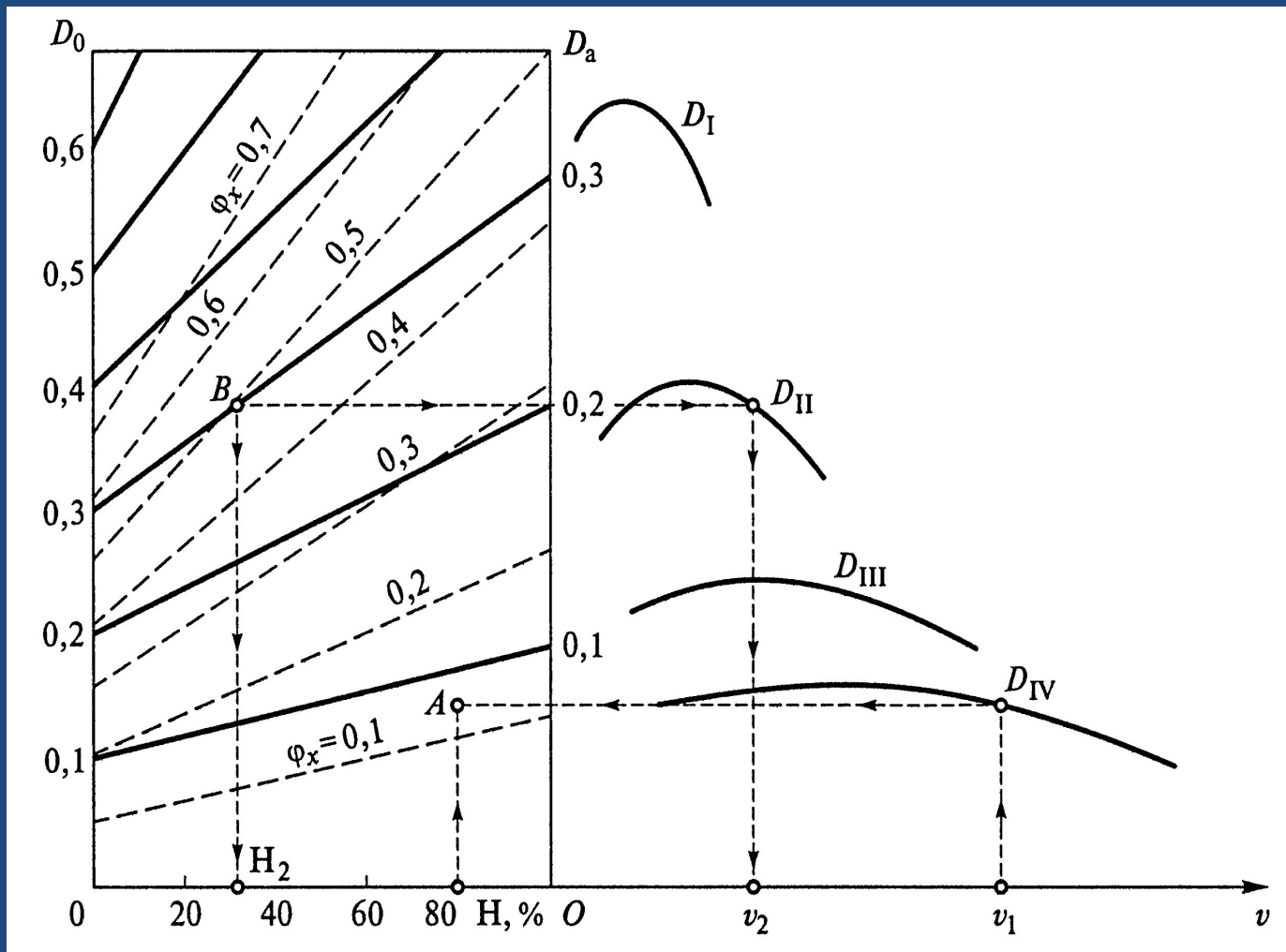
Найденные значения динамических факторов по сцеплению откладывают на вертикалях  $D_0$  и  $D_a$  номограммы нагрузок в том же масштабе, что и динамические факторы по тяге, и их одинаковые значения соединяют штриховыми линиями, над которыми указывают соответствующие значения  $\varphi_x$

При решении задач по оценке тягово-скоростных свойств автомобиля из четырех параметров - скорости автомобиля  $v$ , нагрузки на автомобиль  $N$ , коэффициентов сопротивления дороги  $\Psi$  и сцепления колес с дорогой  $\varphi_x$  - можно определить два любых параметра по двум другим заданным. При этом найденные значения коэффициента сопротивления дороги  $\Psi$  будут максимально возможными, а значения коэффициента сцепления  $\varphi_x$  - минимально необходимыми для движения автомобиля при различных нагрузках.

Рассмотрим примеры решения задач.

Пример 1. Известны скорость автомобиля  $v_1$  и нагрузка  $N_1$  (80 %). Необходимо определить максимальное сопротивление дороги, преодолеваемое автомобилем и характеризуемое коэффициентом  $\Psi_1$ , а также минимальный коэффициент сцепления  $\varphi_{x1}$ , необходимый для движения без буксования. Из точки  $v_1$ , расположенной на оси абсцисс динамической характеристики, проведем вертикаль до пересечения с кривой динамического фактора по тяге.





\_\_\_\_\_ - динамический фактор по тяге при разных нагрузках; - - - - динамический фактор по сцеплению при разных коэффициентах продольного сцепления

Еще одну вертикальную линию направим вверх из точки  $N_1$ , находящейся на оси абсцисс номограммы нагрузок.

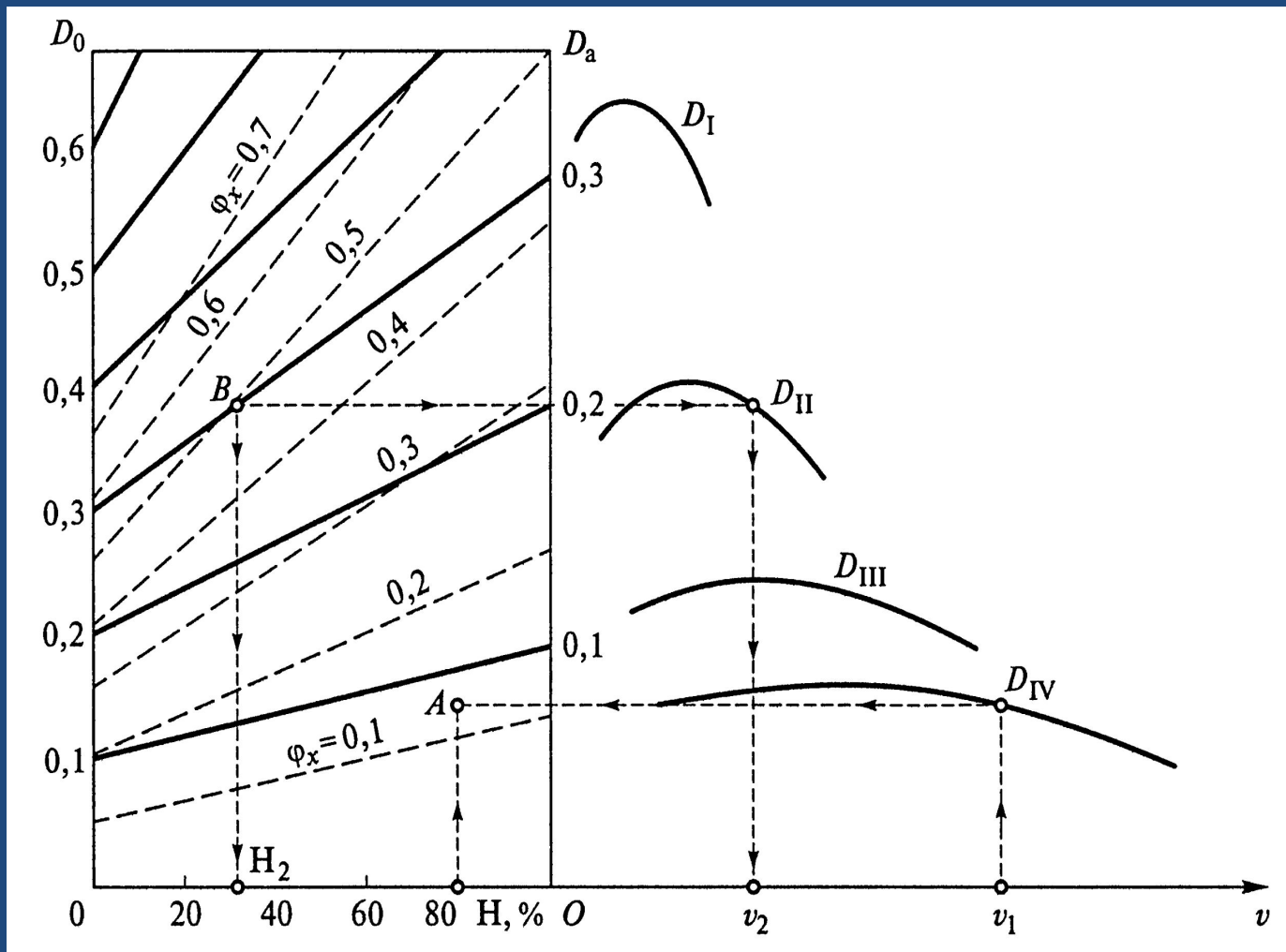
Затем из точки пересечения кривой динамического фактора проведем горизонтальную линию влево до пересечения с вертикалью, проходящей через точку  $N_1$ .

Полученная точка пересечения  $A$  соответствует искомым коэффициентам сопротивления дороги  $\Psi_1$  и сцепления  $\varphi_{x1}$ .

Пример 2. Известны коэффициенты  $\Psi_2$  и  $\varphi_{x2}$ . Необходимо определить скорость движения  $v_2$  и нагрузку на автомобиль  $H_2$ .

На номограмме нагрузок и графике контроля буксования заданным условиям задачи соответствует точка  $B$ . Проведя вправо из точки  $B$  горизонталь до пересечения с кривой динамического фактора и опустив перпендикуляр, найдем искомую скорость  $v_2$ .

Затем, опустив перпендикуляр из точки  $B$  на номограмме нагрузок, определим допустимую нагрузку  $H_2$ .



\_\_\_\_\_ - динамический фактор по тяге при разных нагрузках; - - - - динамический фактор по сцеплению при разных коэффициентах продольного сцепления



