

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра горных машин и комплексов

Составитель  
А. Ю. Захаров

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ**

**Методические указания к практическому занятию  
по дисциплинам «Карьерные транспортные машины  
и оборудование» и «Карьерный транспорт»**

Рекомендовано учебно-методической комиссией  
специальности 21.05.04 Горное дело,  
специализации Горные машины и оборудование  
в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

### Рецензенты

Юрченко В. М. – доцент кафедры горных машин и комплексов

Буялич Г. Д. – доктор технических наук, профессор кафедры горных машин и комплексов, председатель учебно-методической комиссии специальности 21.05.04 горное дело, 21.05.04.09 Горные машины и оборудование

### Захаров Александр Юрьевич

**Определение скорости движения карьерных автосамосвалов:** методические указания к практическим занятиям по дисциплинам «**Карьерные транспортные машины и оборудование**» и «**Карьерный транспорт**» [Электронный ресурс] для студентов специальности 21.05.04 Горное дело, специализаций 21.05.04.09 Горные машины и оборудование и 21.05.04.03 Открытые горные работы, всех форм обучения / сост.: А. Ю. Захаров; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Приводятся методы определения скорости движения карьерных автосамосвалов по тяговым и тормозным характеристикам, а также по условию безопасности. Кроме этого метод определения времени рейса и требуемое количество автосамосвалом для работы на отдельном маршруте.

© КузГТУ, 2019

© Захаров А. Ю.,

составление, 2019

## 1. Определение расчетной скорости движения

Предварительно необходимо сделать обоснование схемы автодорог на рабочих горизонтах, а также конструкции (покрытия) дорог на характерных участках трассы и соответствующее определение основного удельного сопротивления движению  $w_0$  (табл. 1), средневзвешенного уклона  $i_{св}$  и средневзвешенного сопротивления от кривизны (поворотов) дорог  $w_{ксв}$  для каждого характерного участка трассы.

Скорость надо определить по трассе отдельного маршрута (у каждого студента свой вариант) от экскаватора и обратно на каждом характерном участке. Если характерный участок имеет и спуск и подъем, то скорость определяется для того и другого. Причем, если правая часть уравнения (1) или (2) будет положительной, то скорость определяется по тяговой характеристике, если наоборот, то по тормозной соответствующего автосамосвала. Для наиболее трудного участка по торможению определяется безопасная скорость движения.

### Определение скорости движения автосамосвалов по тяговой способности на каждом характерном участке трассы

Скорость определяется по тяговой характеристике автосамосвала с помощью следующего уравнения движения:

$$F_j = (q_T + q_{\phi})(w_{0j} \pm i_{свj} + w_{ксвj}), \quad (1)$$

где  $j$  – порядковый номер характерного участка трассы,  $q_T$  – масса тары, т;  $q_{\phi}$  – фактическая масса груза в кузове, т;  $i_{свj}$  – средневзвешенный уклон дороги, ‰;  $w_{0j}$  – основное удельное сопротивление движению, Н/кН;  $w_{ксвj}$  – средневзвешенное сопротивление движению от криволинейных участков, Н/кН.

В данном сочетании размерностей параметров, входящих в уравнения, сила тяги  $F_j$  имеет размерность кг×1000 аналогично размерности на тяговой характеристике автосамосвалов БелАЗ (рис. 1).

Значение  $F_j$  откладывается на оси ординат и через эту точку проводится линия параллельно оси абсцисс до пересечения с графиком тяговой характеристики. Затем точка пересечения проецируется на ось абсцисс (ось скоростей) (рис. 1).

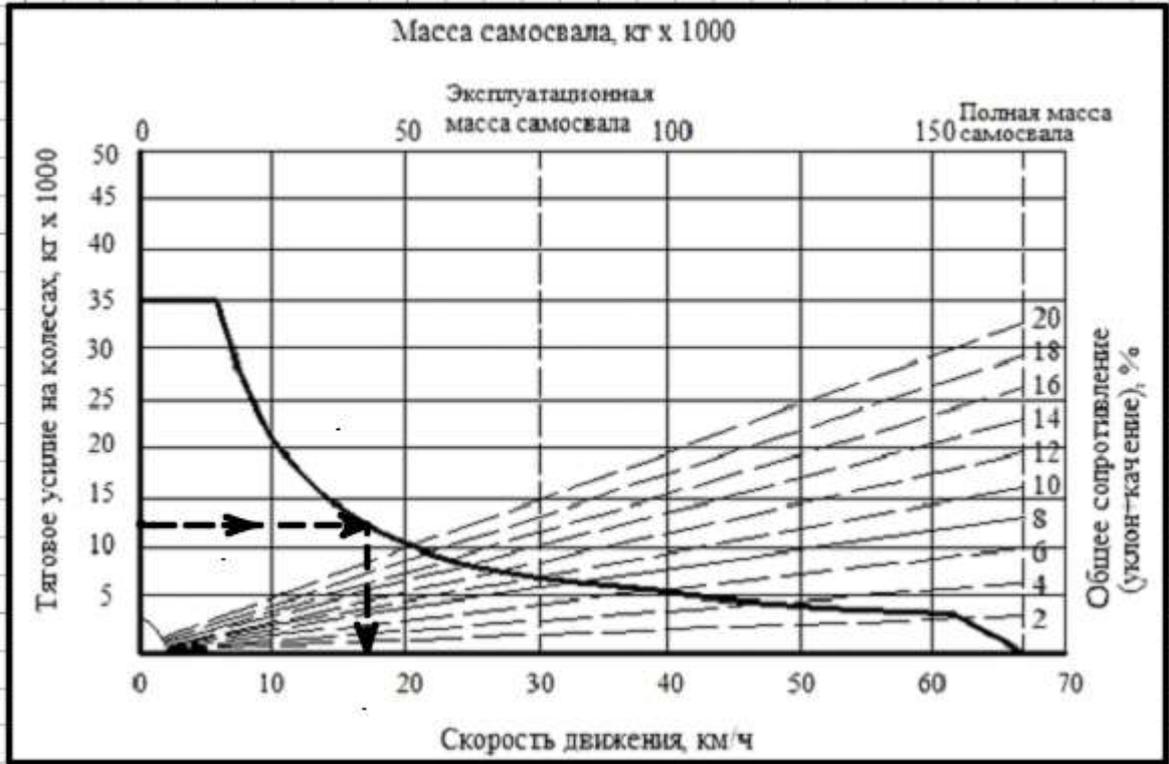


Рис. 1. Тяговая характеристика автосамосвала

Таблица 1

Удельное сопротивление движению  
при различном покрытии дорог

Дороги	Тип покрытия	$w_0$ , Н/кН
Главные откаточные	Бетонное, асфальтобетонное, гудронизированное, брусчатка	15–20
	Гравийное	25–30
	Щебеночное	30–39
Забойные и отвальные дорожные проезды	Грунтовые укатанные проезды в забоях	40–80
	Грунтовые укатанные проезды на отвалах	до 150
	Грунтовые не укатанные проезды	150–300

Сопротивление воздушной среды не учитывается.

Для порожнего режима скорость определяется аналогично грузеному режиму:

$$F_j = q_T (1,25w_{oj} \pm i_{свj} + w_{ксвj}). \quad (2)$$

Определение скорости движения автосамосвала по тяговой характеристике подробно описано в работе [1, с. 56-58].

### Определение скорости движения автосамосвала по тормозной характеристике

Требуемое усилие замедлителя для условий движения по характерному участку трассы транспортирования определяется следующим образом для грузеного автосамосвала:

$$B_j = -(q_T + q_\phi)(w_{oj} - i_{свj} + w_{ксвj}),$$

и для порожнего:

$$B_j = -q_T (1,25w_{oj} - i_{свj} + w_{ксвj}).$$

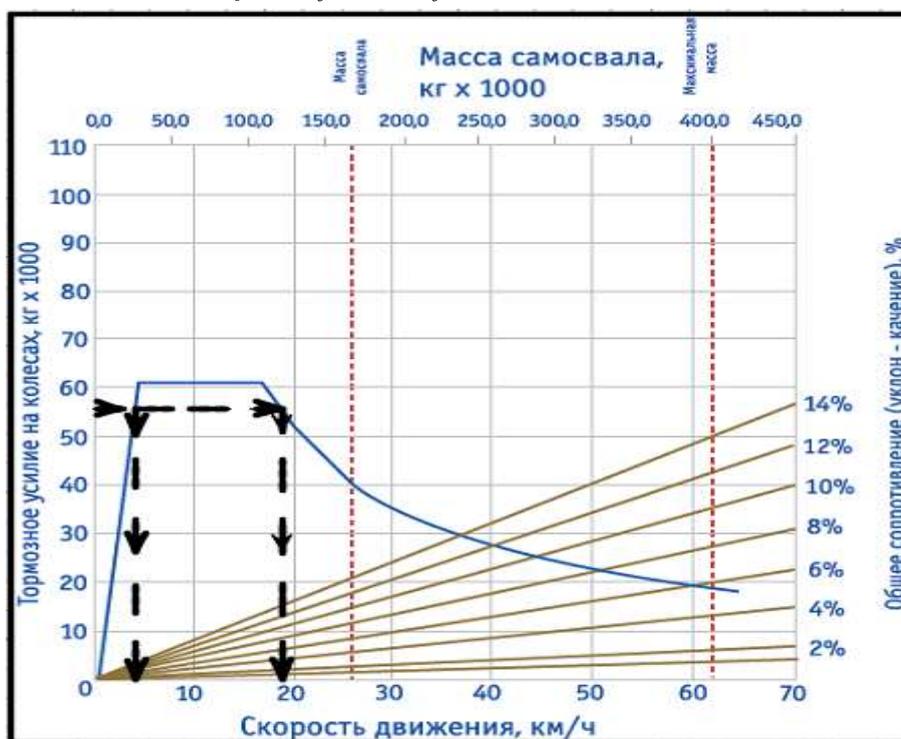


Рис. 2. Тормозная характеристика автосамосвала

После вычисления значения  $V_j$  его откладывают по оси ординат в координатах тормозной характеристики (рис. 2). Затем проводится линия параллельно оси абсцисс до пересечения с графиком тормозной характеристики. Точка пересечения проецируется на ось абсцисс и, соответственно, определяется скорость движения. Если имеется две точки пересечения с графиком тормозной характеристики, то принимается среднее значение скорости между ними.

### Определение безопасной скорости движения

Безопасная скорость определяется для наиболее тяжелого участка трассы по торможению:

$$V_6 \leq \sqrt{\frac{(L_B - L_a)(w_0 \pm i_{св} + 1000\psi)}{3,9(1 + K_{пр})} - \frac{0,035t_{п}(w_0 \pm i_{св} + 1000\psi)}{(1 + K_{пр})}},$$

где  $L_B$  – зона видимости от 30 до 50 м;  $L_a$  – длина автосамосвала (из технических данных);  $k_{пр}$  – коэффициент приведения, учитывает долю массы самосвала, участвующую во вращательном движении, для автосамосвалов с гидромеханической передачей при движении с грузом  $k_{пр} = 0,03-0,01$ ; порожняком  $k_{пр} = 0,085-0,07$ ; с электромеханической передачей соответственно  $k_{пр} = 0,1$  и  $k_{пр} = 0,18$ ;  $t_{п}$  – время реакции водителя автосамосвала и время срабатывания тормозной системы, зависит от типа тормозной системы (изменяется 0,5–2 с);  $\psi$  – коэффициент сцепления колеса с дорогой, при торможении (от 0,2 до 0,7) зависит от покрытия дороги, определяется по табл. 2.

Таблица 2

Значения коэффициента сцепления ( $\psi$ )  
для дорог различного типа и состояния

Дорожное покрытие	При сухом дорожном покрытии	При мокром дорожном покрытии	При загрязненном дорожном покрытии
Постоянные дороги			
Щебеночные с поверхностной обработкой покрытия	0,57–0,75	0,43–0,55	0,4

Дорожное покрытие	При сухом дорожном покрытии	При мокром дорожном покрытии	При загрязненном дорожном покрытии
Асфальтовое покрытие	0,7	0,4	0,25
Асфальтобетонное и бетонное покрытие	0,7	0,45	0,3
Временные дороги			
Забойные и укатанные проезды	0,6	0,4÷0,5	-
Отвальные укатанные проезды	0,4÷0,58	0,2÷0,34	-

За расчетную скорость движения в данном направлении на рассматриваемом характерном участке трассы принимается наименьшая из двух (по тяговой способности или по условию торможения) с учетом рассчитанной безопасной скорости. Кроме этого, необходимо учитывать, что по правилам промышленной безопасности на забойных и отвальных дорогах скорость движения не должна превышать 20 км/ч.

Результаты определения скоростей движения автосамосвала рекомендуется представлять в виде табл. 3.

Таблица 3

## Скорость движения автосамосвала

Характерные участки трассы	Режим движения	$i$	$w_0$	$w_{кв}$	$F, B$	$v_F, v_B$	$v_B$	$v_p$
Забойные на спуск	груз.							
	порож.							
Забойные на подъем	груз.							
	порож.							
Траншейные на спуск	груз.							
	порож.							
Траншейные на подъем	груз.							
	порож.							

В табл. 3 приняты следующие обозначения:  $i$  – уклон характерного участка трассы;  $F, B$  – значение правой части уравнения движения автосамосвала, Н/кН;  $v_F$  – скорость движения, определенная по тяговой характеристике автосамосвала, км/ч;  $v_B$  – предельно безопасная скорость в грузовом и порожнем направлении.

ях,  $v_p$  – расчетная скорость движения, км/ч,  $v_B$  – скорость движения по условию безопасности

## 2. Определение необходимого количества автосамосвалов

### Определение времени рейса автосамосвала

Время рейса  $T_p$  складывается из следующих составляющих:

$$T_p = t_{\Pi} + t_{дв} + t_p + t_{доп},$$

где  $t_{\Pi}$  – время погрузки автомобиля;

$$t_{\Pi} = \frac{t_{\text{ц}}}{60} n,$$

где  $t_{\text{ц}}$  – время цикла экскаватора, с (см. табл. 4);  $n$  – число загружаемых ковшей экскаватора;  $t_{дв}$  – время движения автосамосвала в грузовом и порожнем направлениях, мин:

$$t_{дв} = (\sum t_{гр} + \sum t_{пор}) k_{р.з} = \left( \sum \frac{60l_i}{v_{pi}^{зр}} + \sum \frac{60l_i}{v_{pi}^{пор}} \right) k_{р.з},$$

где  $\sum t_{гр}$ ,  $\sum t_{пор}$  – суммарное время движения автосамосвала, соответственно, в грузовом и порожнем направлениях, мин;  $k_{р.з} = 1,10-1,12$  – коэффициент, учитывающий разгон и замедление автосамосвала при движении);  $l_i$  – длина  $i$ -того участка трассы, км;  $v_{pi}^{зр}$ ,  $v_{pi}^{пор}$  – скорость движения автосамосвала в гружёном и порожнем направлениях по  $i$ -тому участку трассы, км/ч.

$t_p = 0,75-1,00$  – время разгрузки автосамосвала, мин;

$t_{доп}$  – время, затраченное на маневры при подъезде автосамосвала к местам погрузки и разгрузки, мин.

Загрузка:

сквозная	0-0,20
петлевая	0,33-0,42
тупиковая	0,83-1,0
Разгрузка	1,34-1,72

## Определение требуемого числа автосамосвалов

Максимальное число автосамосвалов для работы с экскаватором на конкретном маршруте в случае возможности подъезда к экскаватору двух машин одновременно при равномерном движении автосамосвалов по трассе можно определить:

$$N_p = \frac{T_p}{t_{\Pi}}.$$

В случае возможности подъезда одной машины к экскаватору:

$$N_p = \frac{T_p}{t_{\Pi} + t_M}.$$

Полученное число автосамосвалов округляется до ближайшего большего целого числа.

Таблица 4

### Техническая характеристика карьерных экскаваторов

Модель экскаватора	Показатели		
	Вместимость ковша, м <sup>2</sup>		Паспортная продолжительность рабочего цикла, сек, при угле поворота экскаватора 90°
	Основного	Сменных	
АО «Ижорские заводы» <a href="http://www.omz-izhora.ru/">http://www.omz-izhora.ru/</a>			
ЭКГ-8И	8	10	26
ЭКГ-10	10	8; 12,5	26
ЭКГ-5У	5	8	30
ЭКГ-8Ус	8	12,5	28
ЭКГ-15	15	–	28
ЭКГ-12Ус	12,5	–	32
ЭКГ-8У	8	–	35
АО «УЗТМ» <a href="http://www.uralmash.ru/">http://www.uralmash.ru/</a>			
ЭКГ4Ус	4	3,2÷4,6	29
ЭКГ-5А	4,6–6,3	3,2÷7	23
ЭКГ-5А-УС	4,6	–	29

Модель экскаватора	Показатели		
	Вместимость ковша, м <sup>2</sup>		Паспортная продолжительность рабочего цикла, сек, при угле поворота экскаватора 90°
	Основного	Сменных	
ЭКГ-5В	5	–	23
ЭКГ-5Д	4,6–6,3	–	23
ЭКГ-12	12	12÷16	26
ЭКГ-12В	12	10÷16	28
ЭКГ-18	16–20	–	27
ЭКГ-30	30	20÷42	30
ООО «ИЗ КАРТЭКС» <a href="http://iz-kartex.com/">http://iz-kartex.com/</a>			
ЭКГ-10	10	5÷12,5	26
ЭКГ-8Ус	8	5÷12,5	26
ЭКГ-5У	5	5÷12,5	26
ЭКГ-15	15	8÷18	28
ЭКГ-12Ус	12	8÷18	26
ЭКГ-8У	8	8÷18	28
ЭКГ-12К	12	6,3÷16	26
ЭКГ-10Ус	10	6,3÷16	28
ЭКГ-6,3У	6,3	6,3÷16	38
ЭКГ-18Р	18	16÷26	27
ЭКГ20К	20	18÷28	27
ЭКГ-32Р	32	20÷45	30
ЭКГ-35К	35	20÷45	30
ЭКГ-50	60	54÷77	34
«P&H MINING EQUIPMENT INC» <a href="http://www.phmining.com/">http://www.phmining.com/</a>			
P&H 1900AL	10.7	7.5÷19.1	29
P&H 2300ХРС	18,3–25,5	20.2÷27.8	30
P&H 2800ХРС	26,8–33,6	29.2÷36.6	30
P&H 4100С BOSS	44.3	48.4	30
P&H 4100С	45,9	50,8	30
P&H 4100ХРС	52,8–61,2	58.3÷67.6	32
P&H 4800ХРС	65.7–70,3	72.5÷77.6	34
АО «УЗТМ» <a href="http://www.uralmash.ru/">http://www.uralmash.ru/</a>			
ЭГ-6	6	5	24
ЭГО-4	4	3	22
ЭГО-10	10	8	24
ЭГО-6	6	5	24

Модель экскаватора	Показатели		
	Вместимость ковша, м <sup>2</sup>		Паспортная продолжительность рабочего цикла, сек, при угле поворота экскаватора 90°
	Основного	Сменных	
ЭГ-15	15	12	26
ЭГО-8	8	6	26
ЭГ-20	20	16	28
ЭГО-14	14	10	28
«KOMATSU» <a href="http://www.komatsu.ru/">http://www.komatsu.ru/</a>			
PC2000-8	12	11	26
PC750-7	4,5	5	23
PC1250-7	6,5	7	24
PC-3000-6	15	–	26
PC-4000	22	–	27
PC8000-6	38	–	29
«Hitachi C.M.» <a href="http://www.hitachicm.ru/">http://www.hitachicm.ru/</a>			
EX1200	6,5	6.7	23
EX1900	11	12	26
EX3600	21	23	28
EX5500	27	29	30
<b>EX2600-6</b>	15.0	16.5	27
<b>ZX870-5G</b>	2.90	4.50	22
<b>ZX670-5G</b>	2.50	3.50	22
<b>EX8000-6</b>	40.0	–	30
«Liebherr» <a href="http://www.liebherr.com/en/deu/about-liebherr/liebherr-worldwide/russian-federation/liebherr-in-the-russian-federation.html">http://www.liebherr.com/en/deu/about-liebherr/liebherr-worldwide/russian-federation/liebherr-in-the-russian-federation.html</a>			
R984C	7	–	23
R994C	13,5	–	26
R995	26,5	–	28
R996C	36	–	29
R9100	7	–	27
R 9150	8.3	–	27
R 9250	15	–	28
R 9350	18	–	28
R 9400	22	–	29
R 9800R	42	–	30
«Terex O&K» <a href="http://www.terexrus.ru/ru/">http://www.terexrus.ru/ru/</a>			
RH 40-E	7	6,9÷12,9	24
RH 90-C	10	9,2÷21,2	25

Модель экскаватора	Показатели		
	Вместимость ковша, м <sup>2</sup>		Паспортная продолжительность рабочего цикла, сек, при угле поворота экскаватора 90°
	Основного	Сменных	
RH 120-E	16,5	14,2÷22,2	26
RH 200-E	26	24,5÷39,9	28
RH 400	45	46÷39,9	30
«Caterpillar» <a href="http://www.caterpillar.com/">http://www.caterpillar.com/</a>			
365C FS	4	2,5÷4,5	22
385C FS	5,7	3,5÷6	22
6020B	12	–	27
6030/6030 FS	16.5	17	27
6040/6040 FS	22	–	28
6050/6050 FS	26	28	28
6090 FS	52	–	30

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

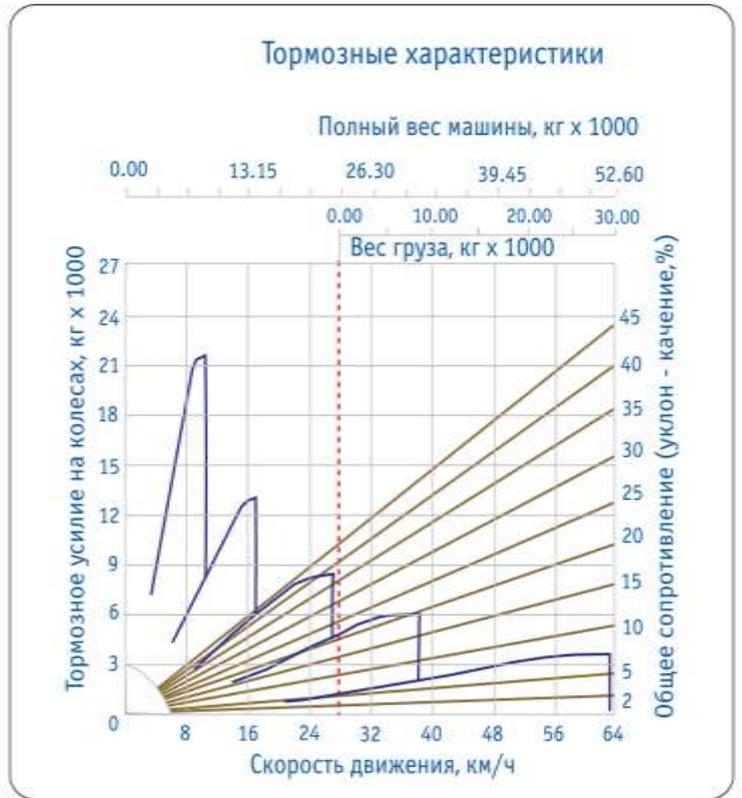
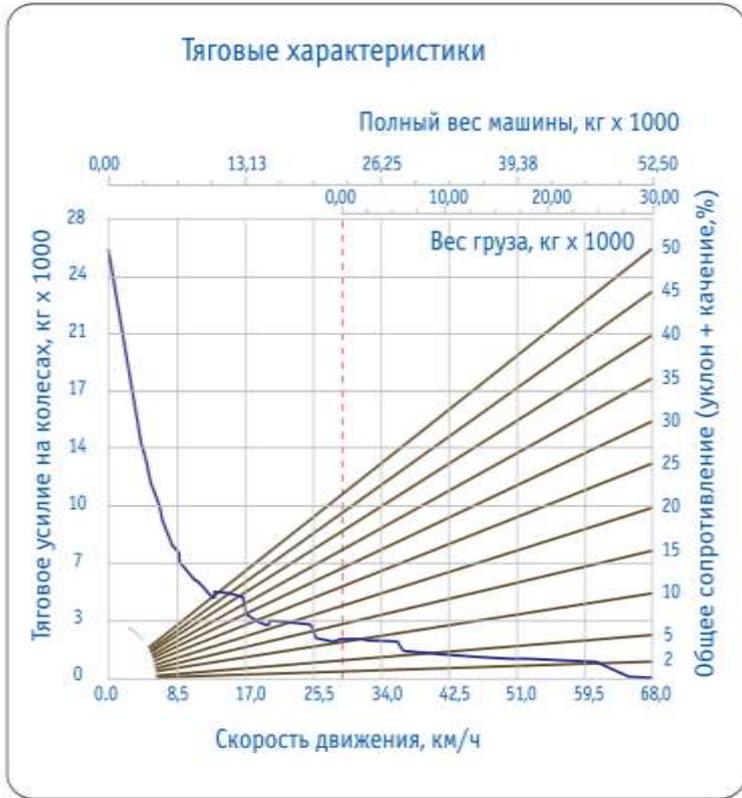
1. Захаров А. Ю. Основы расчета карьерного транспорта: учебное пособие / А. Ю. Захаров; КузГТУ.– Кемерово, 2012. – 110 с.

<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90819&type=utchposob:common>

ПРИЛОЖЕНИЕ

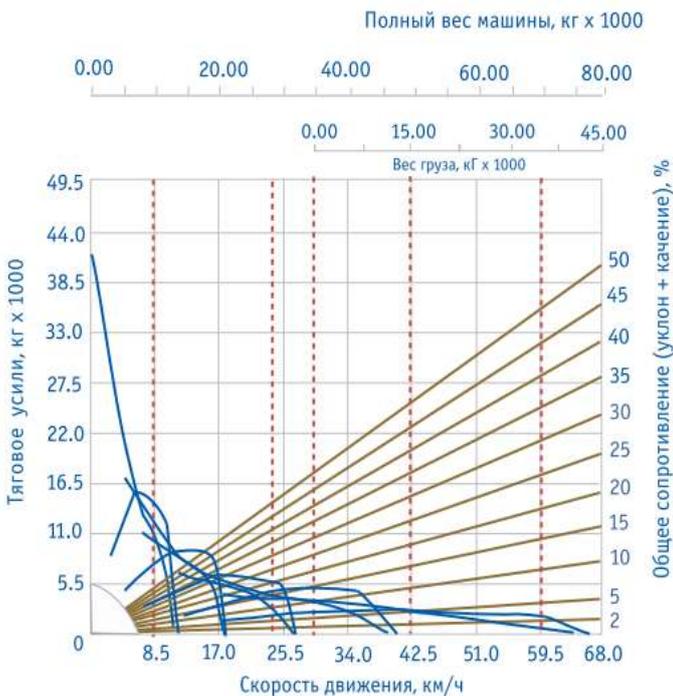
Тяговые и тормозные характеристики карьерных автосамосвалов

БелАЗ-7540

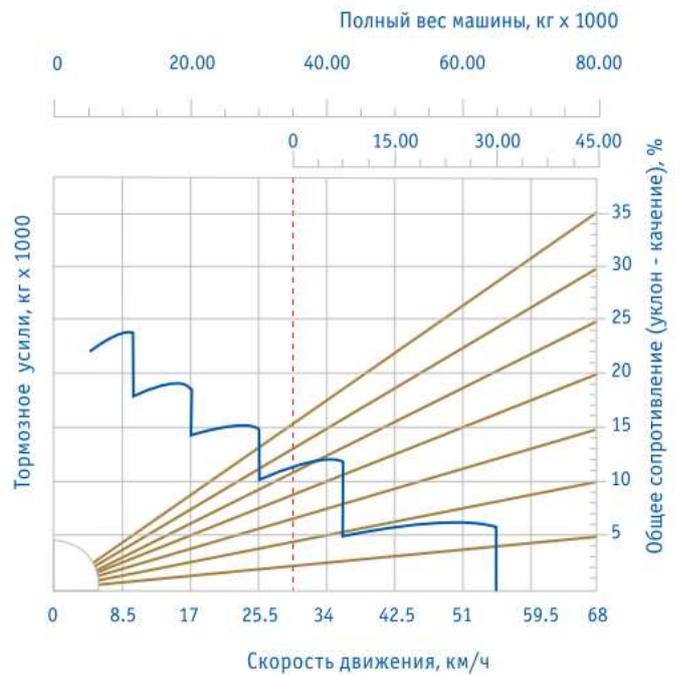


БелАЗ-7545

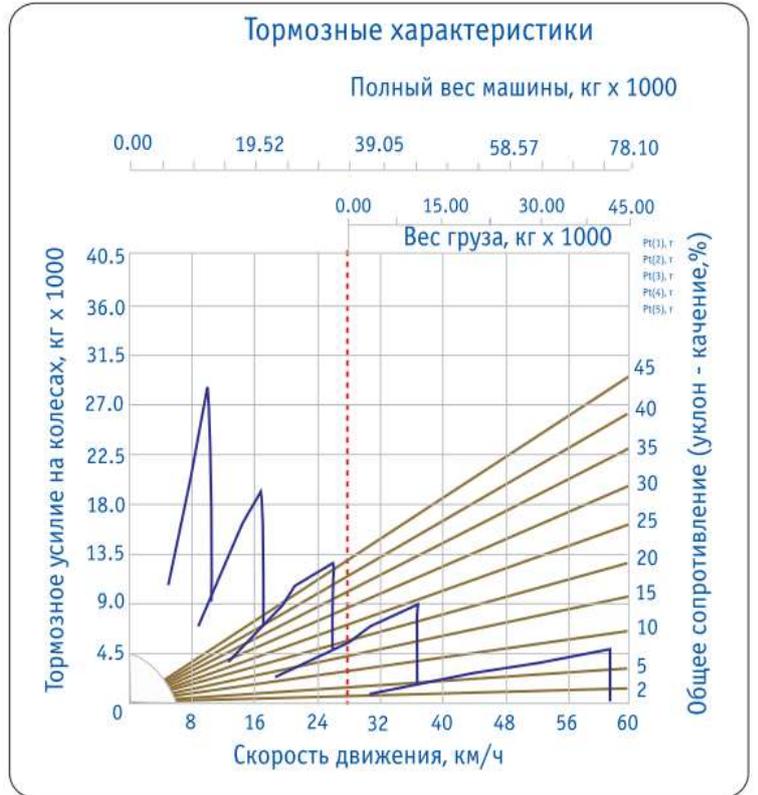
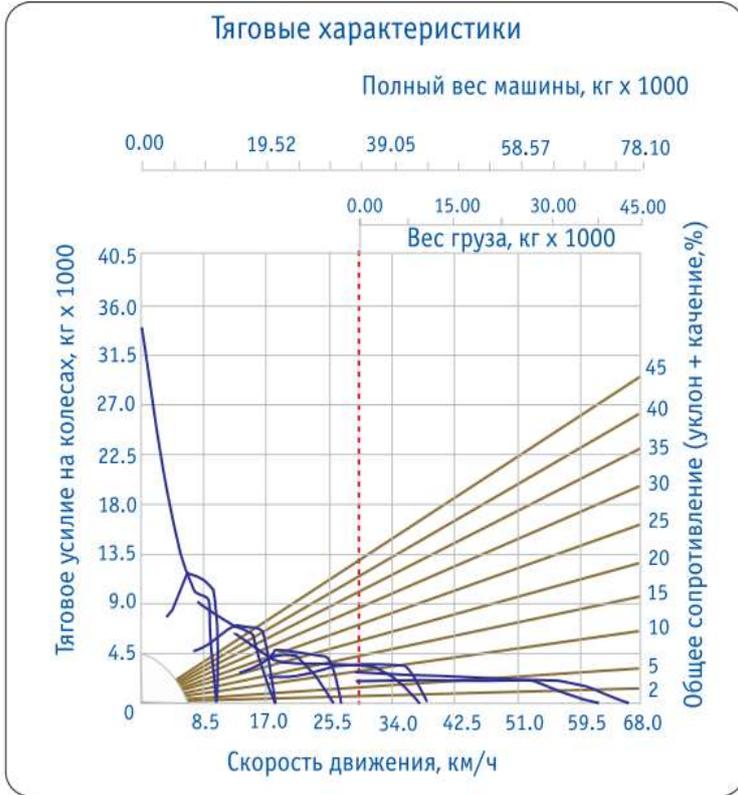
Тяговые характеристики с гидротрансформатором



Тормозные характеристики

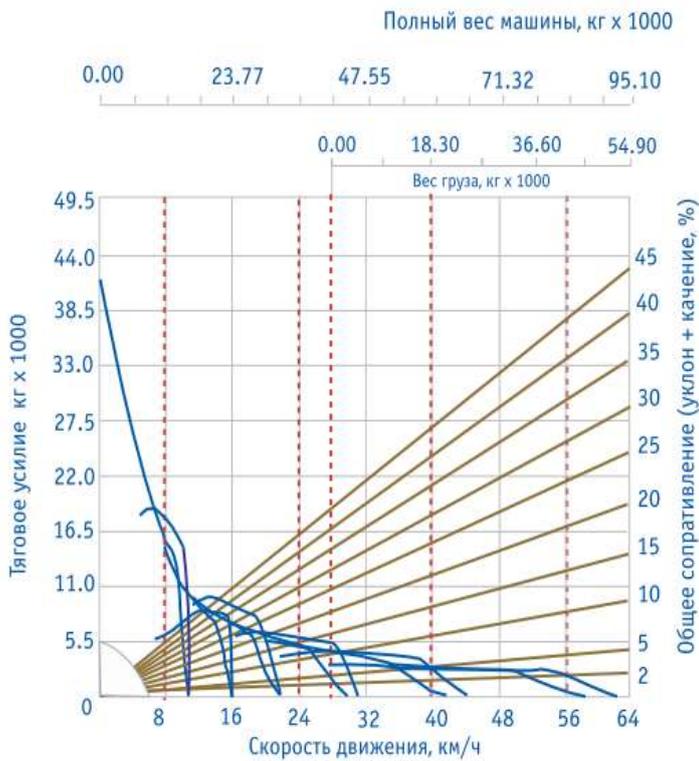


БелАЗ-7547

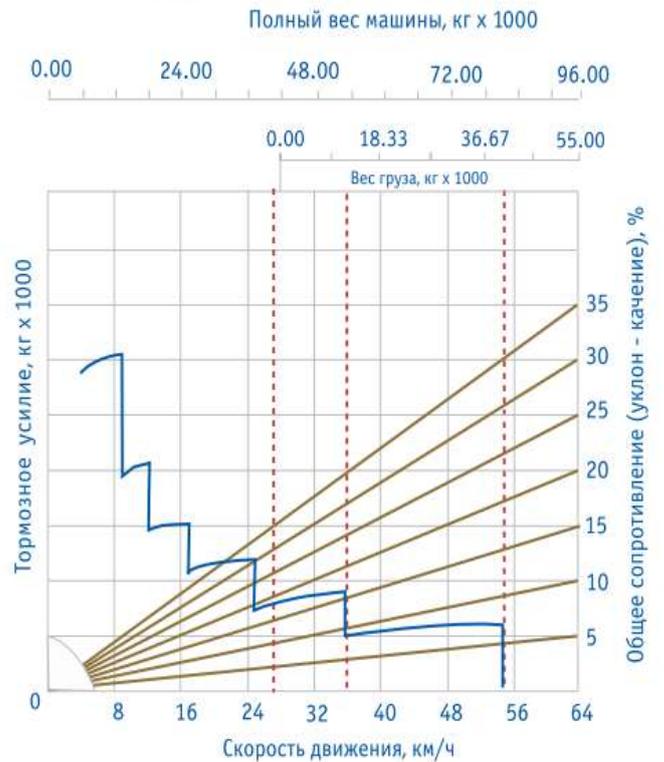


БелАЗ-7555

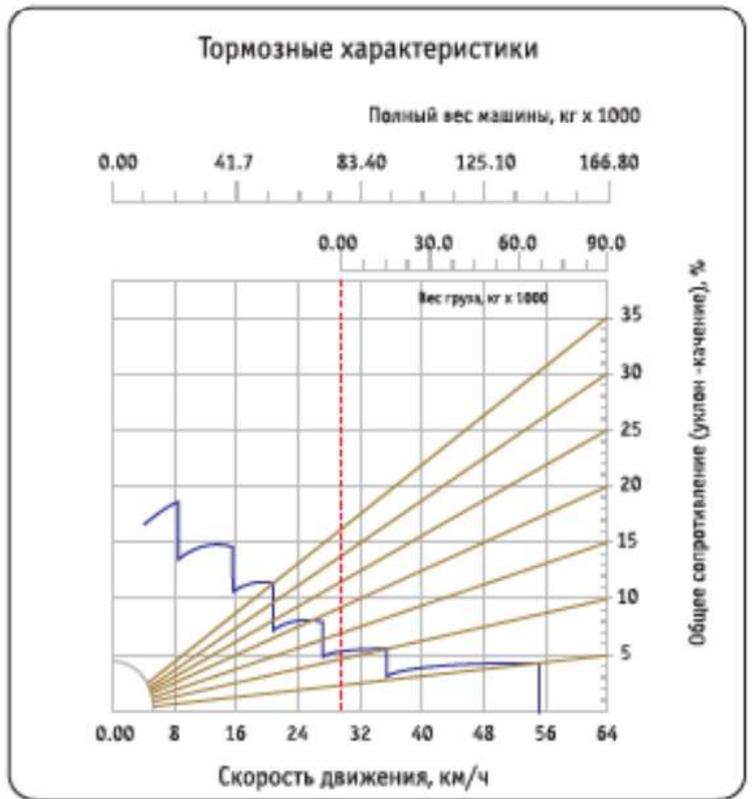
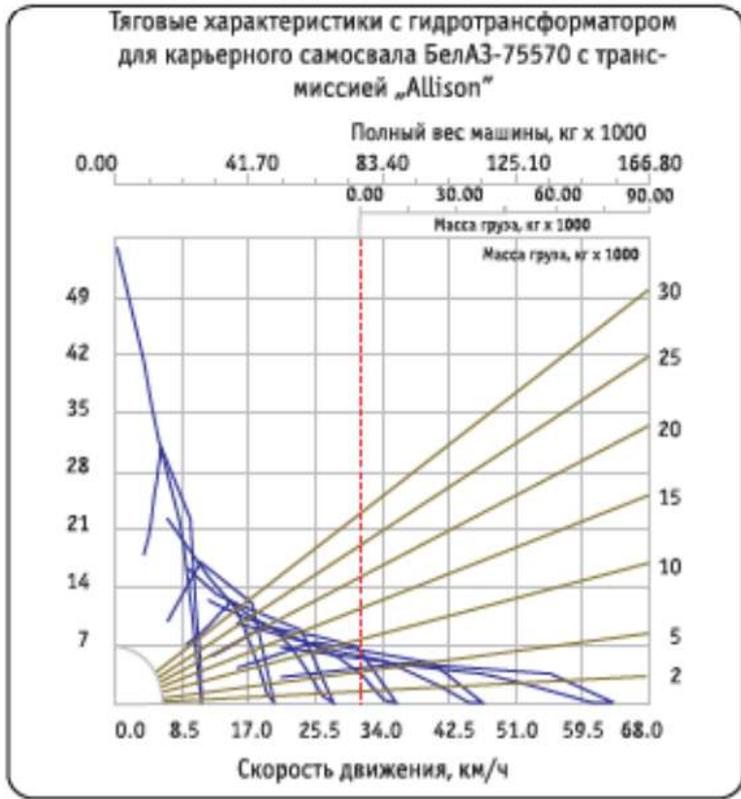
Тяговые характеристики с гидротрансформатором



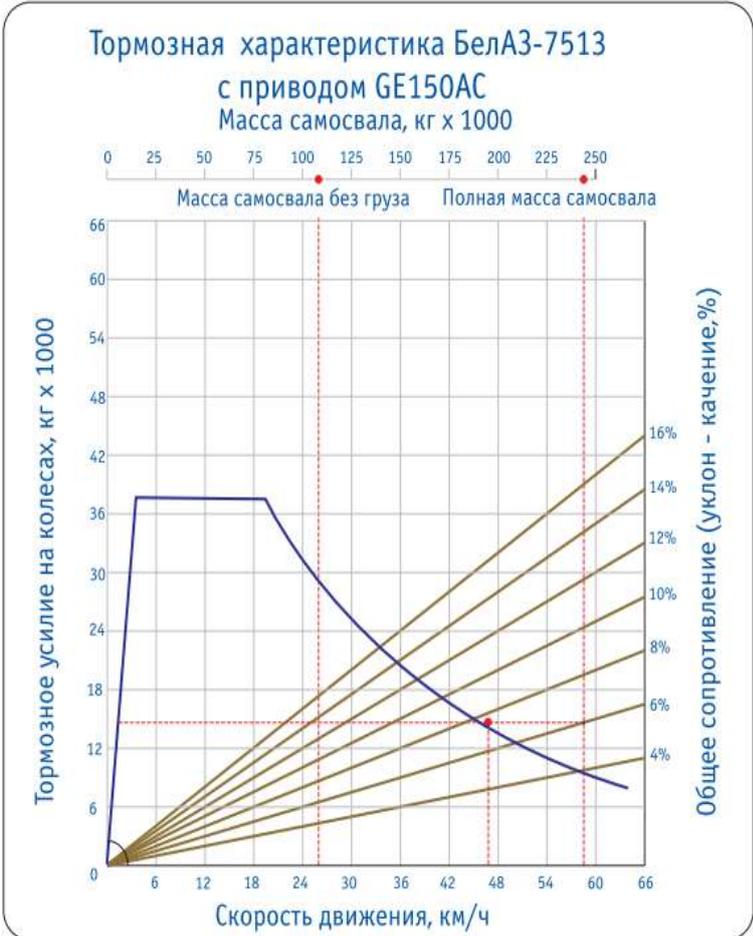
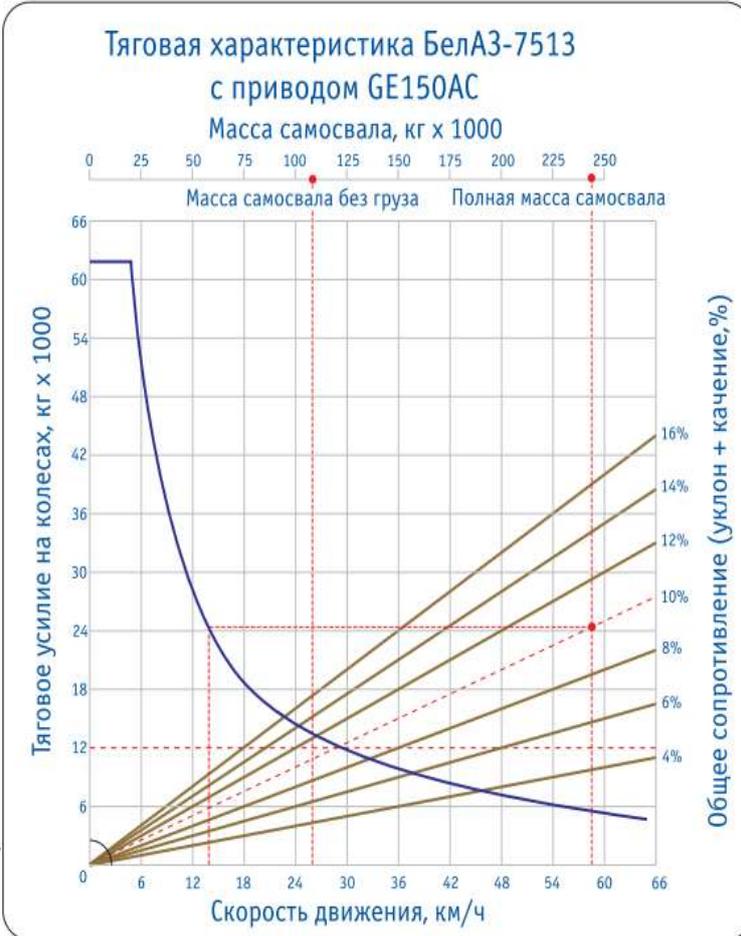
Тормозные характеристики



БелАЗ-7557

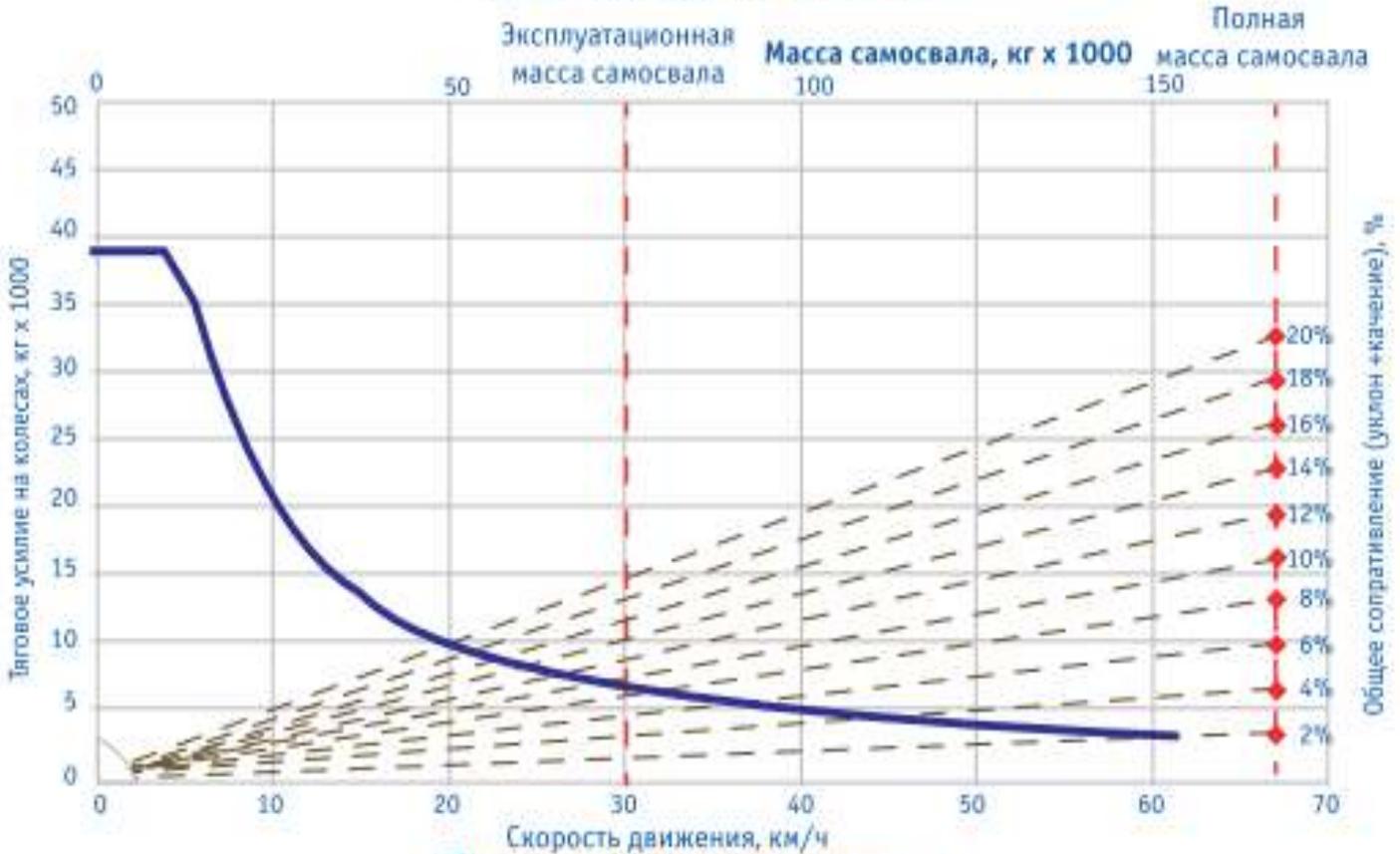


БелАЗ-7513

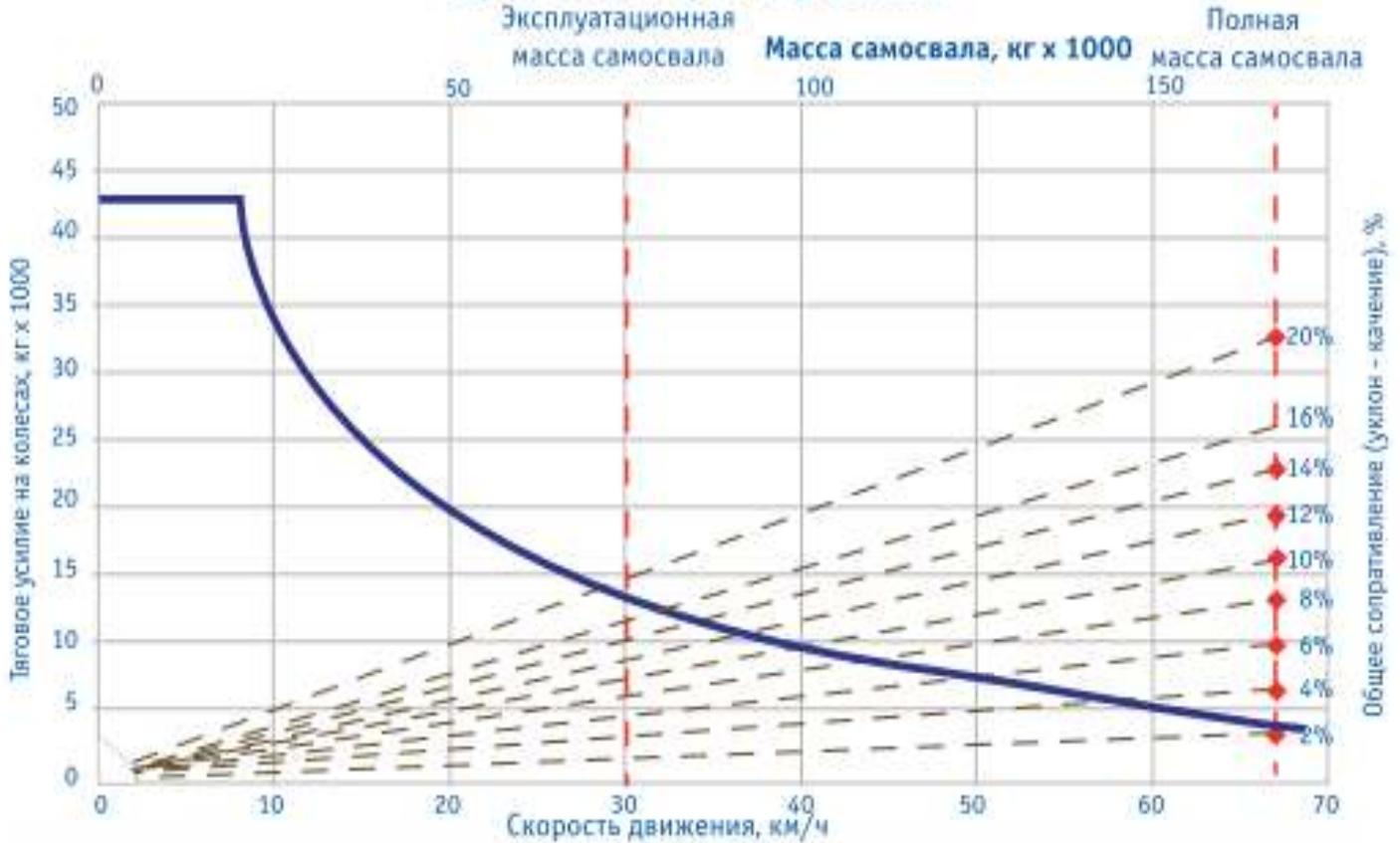


БелАЗ-7558

### Тяговая характеристика

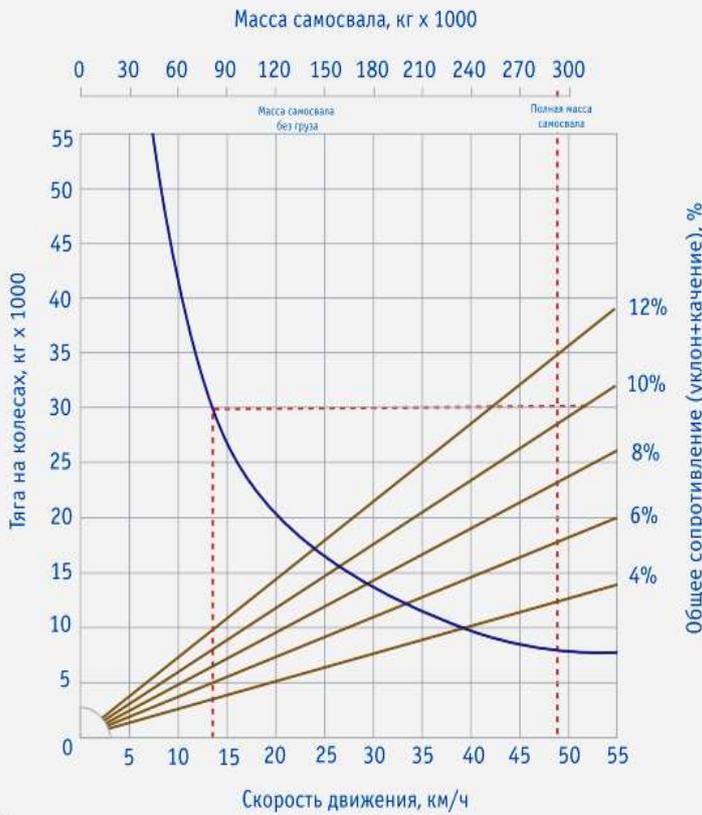


### Тормозная характеристика

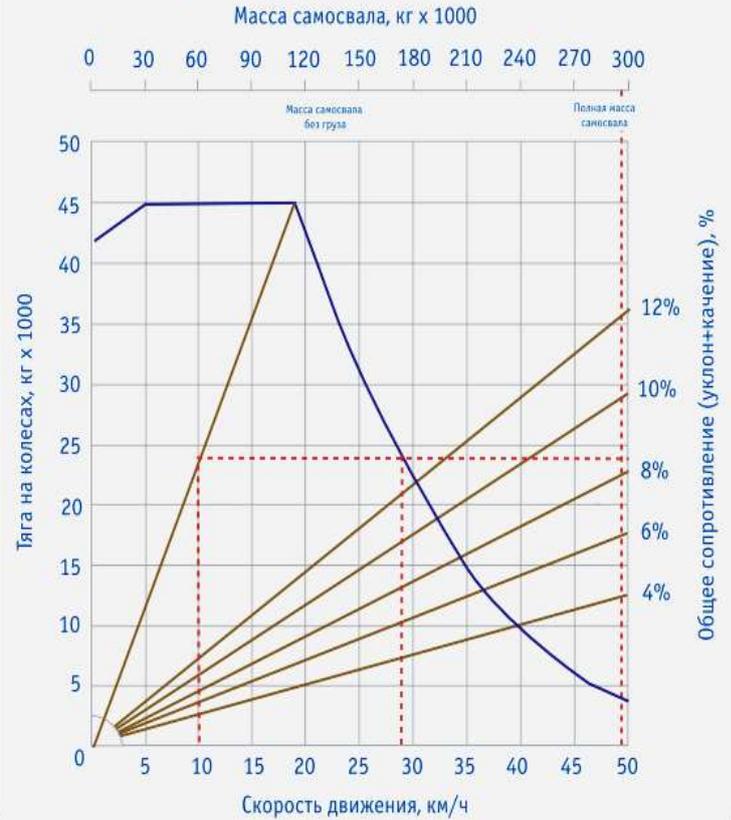


БелАЗ-7517

Тяговая характеристика 75170

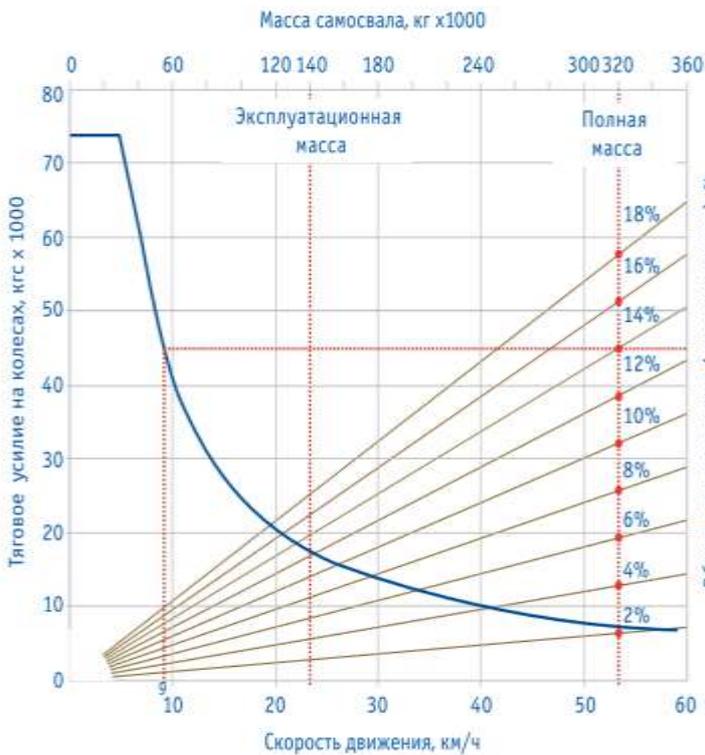


Тормозная характеристика 75170

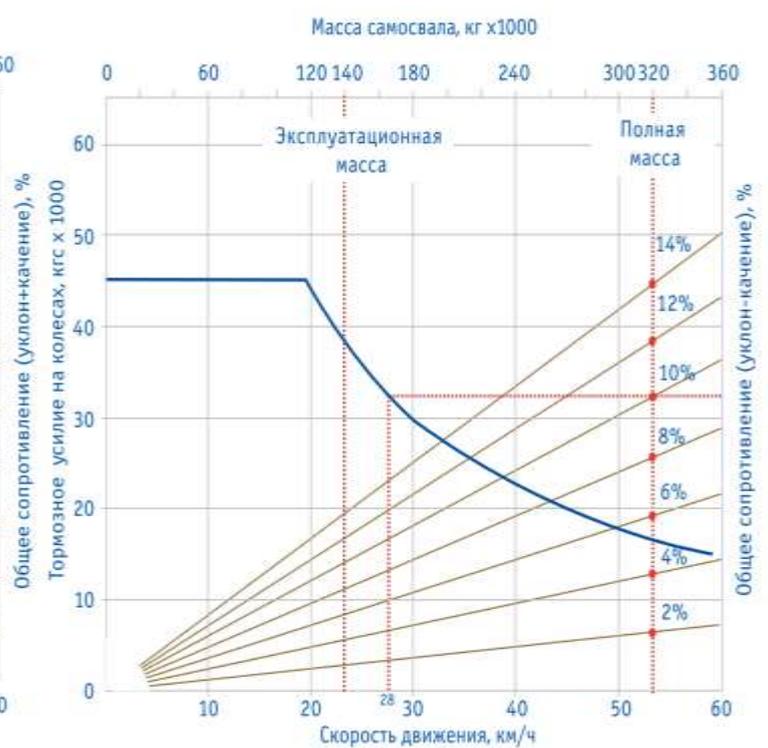


БелАЗ-7518

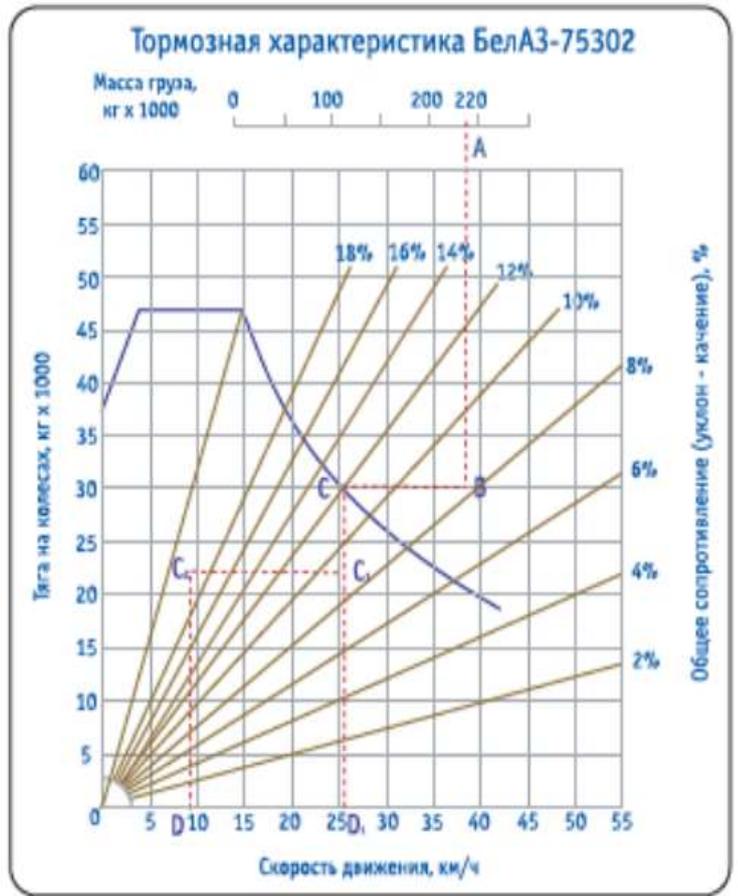
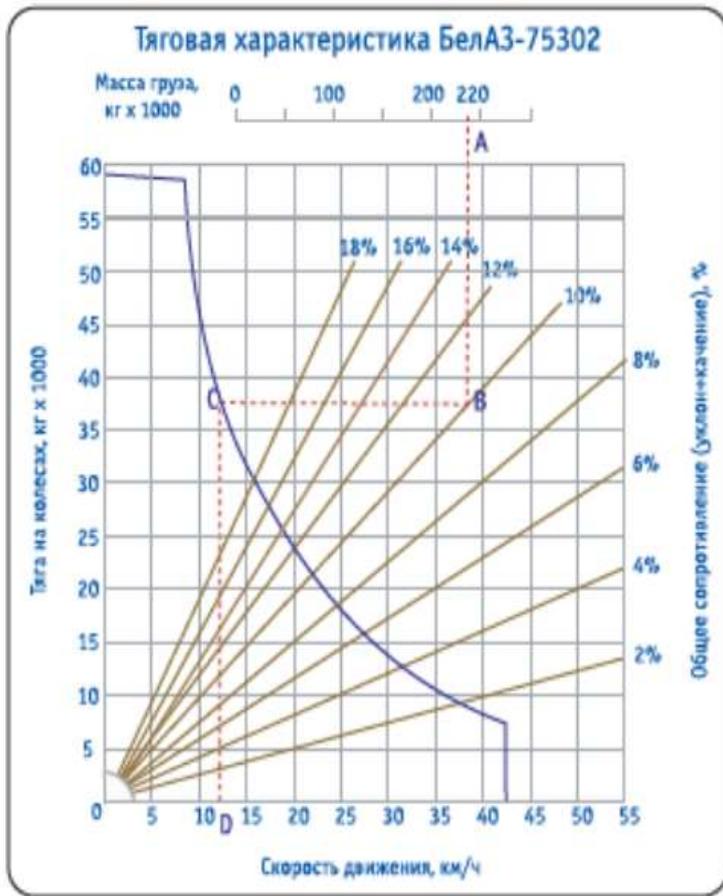
Тяговая характеристика



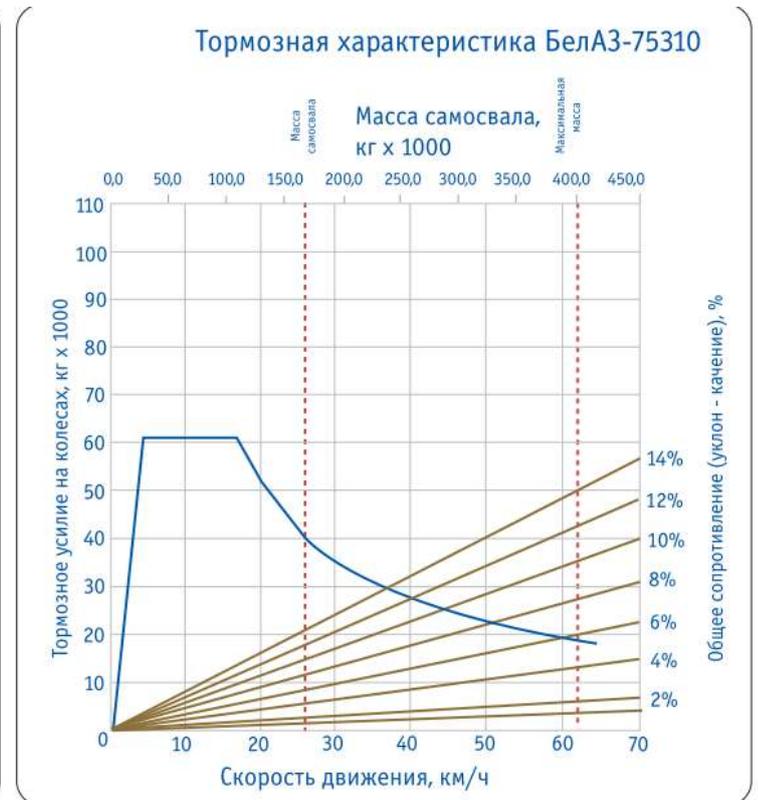
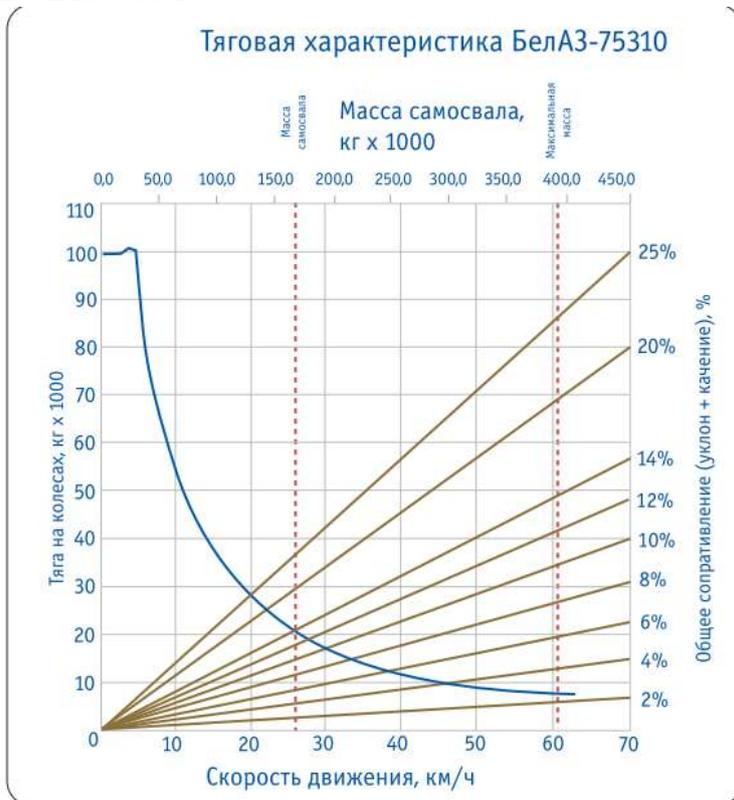
Тормозная характеристика



БелАЗ-7530

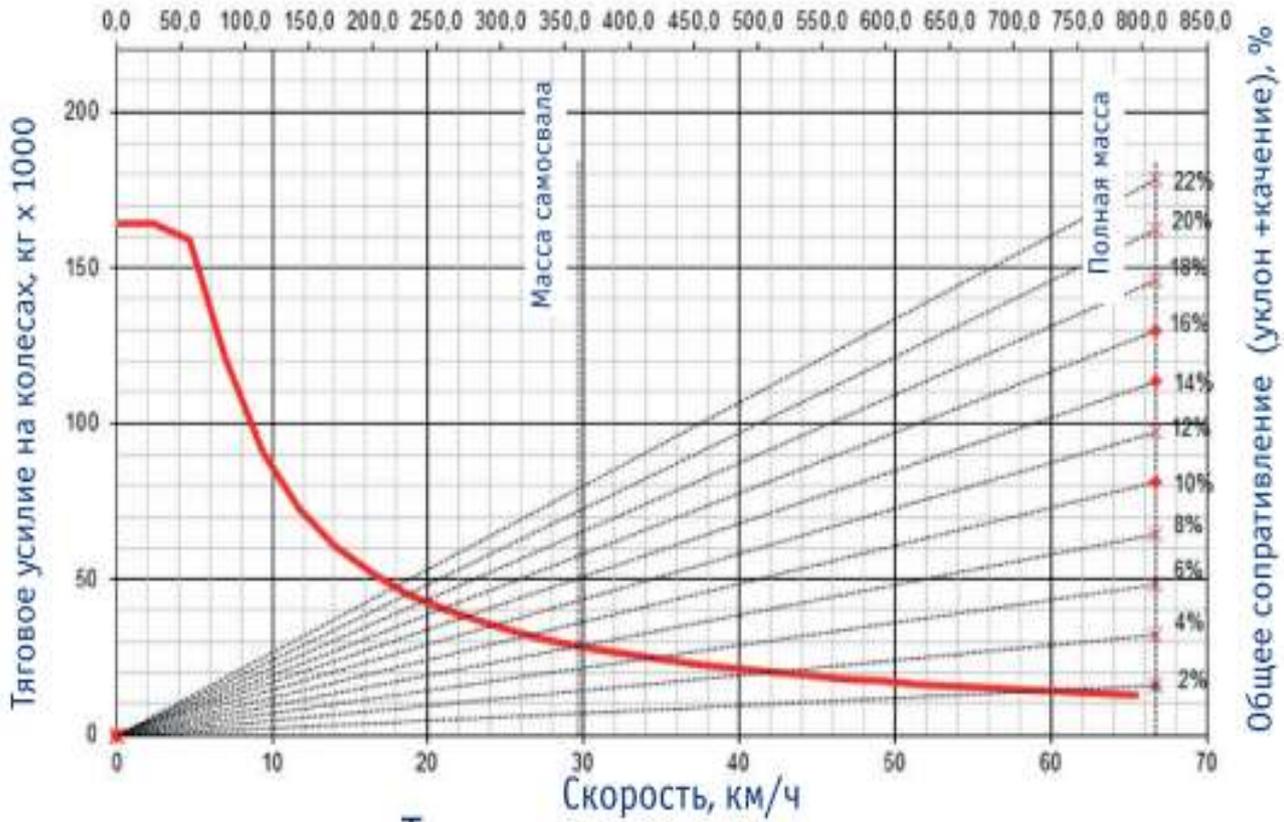


БелАЗ-7531



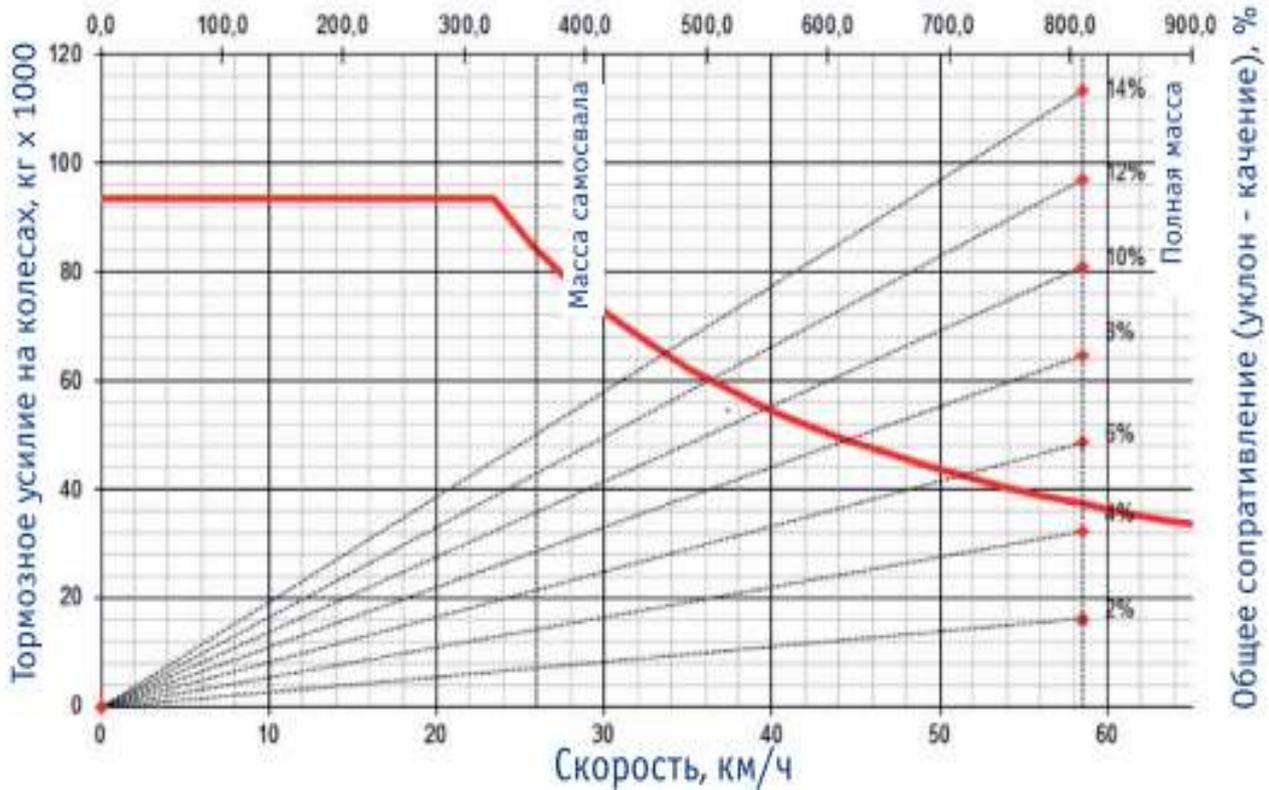
БелАЗ-7571

Масса самосвала, кг x 1000



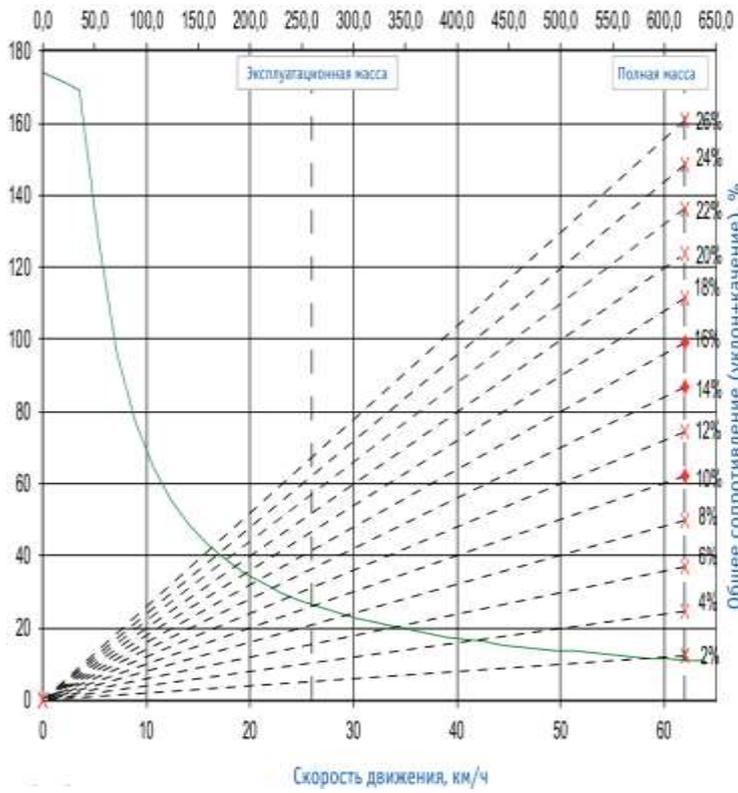
Тормозная характеристика

Масса самосвала, кг x 1000



БелАЗ-7560

Тяговая характеристика



Тормозная характеристика

