

УДК 621.350.11

## **ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ МУФТЫ СЦЕПЛЕНИЯ МАЗ 5551**

Студенты гр. 11302213 Волков Н. Н., Шевель К.П.  
*Научные руководители – Василенок В. Д., Бирич В.В.*  
Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

На большинстве автомобилей устанавливают постоянно замкнутые сцепления, т.е. постоянно включенные и выключаемые водителем при начале движения автомобиля, переключении передач и торможении. Постоянно разомкнутые сцепления, выключенные при малой угловой скорости коленчатого вала двигателя и автоматически включающиеся при ее увеличении, применяются сравнительно редко, главным образом при автоматическом управлении. На легковых автомобилях и грузовых автомобилях малой и средней грузоподъемности устанавливают однодисковые, сухие, постоянно замкнутые сцепления. Двухдисковые сцепления в основном применяют для грузовых автомобилей повышенной грузоподъемности (КамАЗ, КрАЗ, МАЗ и т.д.).

По чертежу муфты сцепления автомобиля МАЗ на концах валов 1 (коленчатый вал) и 2 (первичный вал коробки передач) находятся маховик 3 и диски 4, 5, 6, 7 (т.к. сцепление двухдисковое). Диски 4, 5, 6, 7 могут перемещаться вдоль вала 2. Под действием усилия  $Q$  прижимающего диск 4 к маховику, между дисками возникает сила трения  $T = Q \mu$  и момент трения  $M = Q \mu R_{ср}$  передача крутящего момента с вала 1 на вал 2.

Рабочий цикл фрикционной муфты распадается на периоды включения муфты, установившегося движения и выключения.

При включении муфты ведомые массы находятся в состоянии неустановившегося движения и разгоняются до скорости масс ведущей части привода. При установившемся движении муфта действует в качестве постоянного звена, передающего крутящий момент, соответствующий наличию внешних сопротивлений от двигателя к ведомой части привода. При выключении муфты ведомые массы находятся в состоянии неустановившегося движения и совершают выбег до полной остановки.

Значение каждого из этих периодов в работе разных машин не одинаково. Так, при частых повторно-кратковременных включени-

ях, т. е. при динамическом режиме, большое значение приобретают первый и третий периоды. В машинах с большой продолжительностью отдельных операций и редким переключением фрикционных муфт вопросы динамики муфты имеют относительно меньшее значение. Во многих случаях большая часть времени затрачивается на работу при установившемся режиме, когда муфта непрерывно вращается во включенном состоянии.

При включении муфты ведомый вал, получив некоторое ускорение, постепенно приобретает скорость ведущего вала, при этом имеет значение характер приложения осевого усилия  $Q$ , обеспечивающего необходимое удельное давление на поверхностях трения. Оно может возрастать по любому закону от нуля до максимума, что соответственно отразится и на разгоне ведомого вала.

В продолжение всего первого периода ведомый вал вращается медленнее, чем ведущий, и между дисками происходит скольжение. Работа, потребляемая муфтой в этот период времени, тратится на ускорение вращающихся с ведомым валом масс, на нагрев и износ дисков.

В часто включаемых и выключаемых приводах, когда ведомые и ведущие части привода – большие массы, включение муфты связано с некоторым периодом буксования. Работа фения, затрачиваемая при буксовании, превращается в тепло и расходуется на разрушение материала трущихся поверхностей. При этом интенсивность износа поверхностей трущихся пар и поведение фрикционных материалов при повышении температуры не определяются одной лишь величиной удельного давления, а зависят и от других факторов. Акад. Е. А. Чудаков предложил вести расчет муфт сцепления автомобилей на износ и нагрев по удельной работе трения и температуре нагрева. Эта оценка по удельной работе трения особенно важна потому, что при одинаковом удельном давлении и одинаковом типе сцепления износ рабочих поверхностей, очевидно, в очень большой мере зависит от частоты включения и выключения сцепления и от размера тех масс, скорости вращения которых выравняются за весь период включения муфты.

Выбор и расчет основных параметров сцепления. Расчетный момент:

$$M_e = M_{e \max} \beta \quad (1.1)$$

где  $\beta$  – коэффициент запаса сцепления.

Таблица 1.1 — Технические характеристики:

Исходные данные			
Наименование параметра	Обозначение	Значение	Размерность
Тип автомобиля	-	самосвал	-
Колесная формула	-	4X2	-
Полная масса	$m_a$	16230	кг
Модель двигателя	-	ЯМЗ-236М2	-
Максимальная мощность	$P_{e\ max}$	132	кВт
Максимальный крутящий момент двигателя	$M_{e\ max}$	667	Нм
Передаточные числа коробки передач	$M_{e\ max}$	5,20	-
	$M_{e\ max}$	2,90	
Передаточное число главной передачи	$M_{e\ max}$	7,14	-
Радиус колеса	$M_{e\ max}$	487	мм

Согласно ГОСТ 1786-95 коэффициент запаса выбирается в зависимости от крутящего момента двигателя по таблице 1.2:

По таблице принимаем  $\beta = 2,35$ . Расчётный момент рассчитываем по формуле (1.1)

$$M_e = 667 \cdot 2,35 = 1568 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Таблица 1.2.

Максимальный крутящий момент двигателя ( $M_{e\ max}$ )	Коэффициент запаса сцепления ( $\beta$ ) не менее
100...280	1.75
280...700	2.35
700...1600	2.50

Исходя из максимального момента двигателя максимальных оборотов, выбираем по ГОСТ 12238-76 накладки:

Наружный диаметр:  $D = 400$  мм.

Внутренний диаметр:  $d = 240$  мм

Толщина накладок:  $\delta = 5$  мм.

Определяем нажимное усилие:

$$Q_H = \frac{M_e}{\mu i R_{\text{ср}}} \quad (1.2)$$

где  $R_{\text{ср}} = \frac{D+d}{4} = \frac{400+240}{4} = 160$  мм – средний радиус трения;

$i$  – число поверхностей трения,  $i = i \cdot n_{\text{в.д.}} = 4$ , где  $n_{\text{в.д.}} = 2$  число ведомых дисков (т.к. сцепление двухдисковое).

$\mu$  – коэффициент трения, принимаем  $\mu = 0,27$ .

Нажимное усилие рассчитываем по формуле (1,2):

$$Q_H = \frac{1568}{0,27 * 4 * 0,16} = 9074 \text{ Н}$$

Проводим проверку по удельному давлению на фрикционную накладку:

$$q = \frac{4Q_H}{\pi(D^2 - d^2)} = \frac{4 \cdot 9074}{3,14 \cdot (0,4^2 - 0,24^2)} = 112,9 \text{ кПа}$$

По рекомендациям значение  $q$  не должно превышать 300 кПа. Полученное значение соответствует данному ограничению.

### Определение удельной работы буксования

Таблица 2.1.

Исходные данные	
Макс. крутящий момент двигателя	$M_{e \text{ max}} = 667 \text{ Н}$
Максимальные обороты	$n_{e \text{ max}} = 2100 \text{ об/мин}$
Коэффициент запаса	$\beta = 2,35$
Размеры накладок	$D = 400 \text{ мм}; d = 240 \text{ мм}; \delta = 5 \text{ мм}$
Коэффициент трения	$\mu = 0,27$
Полная масса автомобиля	$m_a = 16230 \text{ кг}$
Передаточное число главной передачи	$U_0 = 7,14$
Передаточное число коробки передач	$U_1 = 5,20 \quad U_2 = 2,90$
Радиус качения	$R_0 = 0,487 \text{ м}$

Момент сопротивления движению автомобиля, приведенный к

первичному валу коробки передач определяется по формуле:

$$M_{\psi} = \frac{\psi m_a g R_0}{U_{кп} U_0} \quad (2.1)$$

Приведенный момент инерции автомобиля:

$$I_a = m_a \delta' \left( \frac{R_0}{U_{кп} U_0} \right)^2 \quad (2.2)$$

Где  $\delta'$  - коэффициент учета вращающихся масс автомобиля,  $\delta' = 1,05$ .

Расчетная скорость вращения коленчатого вала двигателя:

$$\omega_0 = \frac{\pi}{30} n_{e \max} \quad (2.3)$$

Работа буксования:

$$A_{\text{б}} = 0.5 I_a \omega_0^2 \frac{M_{e \max}}{M_{e \max} - M_{\psi}} \quad (2.4)$$

Площадь поверхности трения:

$$F_{\mu} = F_H Z = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} Z \quad (2.5)$$

где  $F_H$  – площадь накладки;

z- число поверхностей трения ( $z = 4$ ).

Удельная работа буксования:

$$a = \frac{A_{\text{б}}}{F_{\mu}} \quad (2.6)$$

Проверку на удельную работу буксования проводим для шести режимов:

- трогание на первой передаче при  $\psi = 0,02$
- трогание на первой передаче при  $\psi = 0,1$
- трогание на второй передаче при  $\psi = 0,16$
- трогание на второй передаче при  $\psi = 0,02$
- трогание на второй передаче при  $\psi = 0,1$
- трогание на второй передаче при  $\psi = 0,16$

Для всех случаев рассчитываем момент сопротивления по формуле (2.1):

$$M_{1 \psi (\psi=0.02)} = \frac{0.02 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{5.20 \cdot 7.14} = 41.7 \text{ Нм}$$

$$M_{1 \psi (\psi=0.1)} = \frac{0.1 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{5.20 \cdot 7.14} = 208.6 \text{ Нм}$$

$$M_{1 \psi (\psi=0.16)} = \frac{0.16 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{5.20 \cdot 7.14} = 333.8 \text{ Нм}$$

$$M_{2 \psi (\psi=0.02)} = \frac{0.02 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{2.90 \cdot 7.14} = 74.8 \text{ Нм}$$

$$M_{2 \psi (\psi=0.1)} = \frac{0.1 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{2.90 \cdot 7.14} = 374.1 \text{ Нм}$$

$$M_{2 \psi (\psi=0.16)} = \frac{0.16 \cdot 16230 \cdot 9.8 \cdot 0.487}{2.90 \cdot 7.14} = 598.5 \text{ Нм}$$

Приведенный момент инерции автомобиля рассчитываем по формуле (2.2):

$$I_{1a} = 16230 \cdot 1.05 \cdot \left(\frac{0.487}{5.20 \cdot 7.14}\right)^2 = 2.93 \text{ кгм}^2$$

$$I_{2a} = 16230 \cdot 1.05 \cdot \left(\frac{0.487}{2.90 \cdot 7.14}\right)^2 = 9.427 \text{ кгм}^2$$

Расчетную скорость вращения коленчатого вала двигателя находим по формуле ( 2.3 ) :

$$\omega_0 = \frac{3.14}{30} 2100 = 219.8 \text{ с}^{-1}$$

Работа буксования определяется по формуле (2.4):

$$A_{61 (\psi=0.02)} = 0.5 \cdot 2.93 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 208.6} = 75497 \text{ Дж}$$

$$A_{61 (\psi=0.1)} = 0.5 \cdot 2.93 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 208.6} = 102985.1 \text{ Дж}$$

$$A_{61 (\psi=0.16)} = 0.5 \cdot 2.93 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 333.8} = 141687.7 \text{ Дж}$$

$$A_{62 (\psi=0.02)} = 0.5 \cdot 9.427 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 74.8} = 256481.7 \text{ Дж}$$

$$A_{62 (\psi=0.1)} = 0.5 \cdot 9.427 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 374.1} = 518567.6 \text{ Дж}$$

$$A_{62 (\psi=0.16)} = 0.5 \cdot 9.427 \cdot 219.8^2 \frac{667}{667 - 598.5} = 2217349.5 \text{ Дж}$$

Площадь поверхности трения определяется по формуле (2.5):

$$F_{\mu} = \frac{3.14 \cdot (400^2 - 240^2)}{4} = 321536 \text{ мм}^2$$

Удельная работа буксования определяется по формуле (2.6):

$$a_{1 (\psi=0.02)} = \frac{75497}{321536 * 10^{-6}} = 0.235 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

$$a_{1 (\psi=0.1)} = \frac{102985.1}{321536 * 10^{-6}} = 0.320 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

$$a_{1 (\psi=0.16)} = \frac{141681.7}{321536 * 10^{-6}} = 0.441 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

$$a_{2 (\psi=0.02)} = \frac{256481.7}{321536 * 10^{-6}} = 0.798 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

$$a_{2 (\psi=0.1)} = \frac{518567.6}{321536 * 10^{-6}} = 1.613 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

$$a_{2 (\psi=0.16)} = \frac{2217349.5}{321536 * 10^{-6}} = 6.896 \cdot 10^6 \frac{\text{Нм}}{\text{м}^2}$$

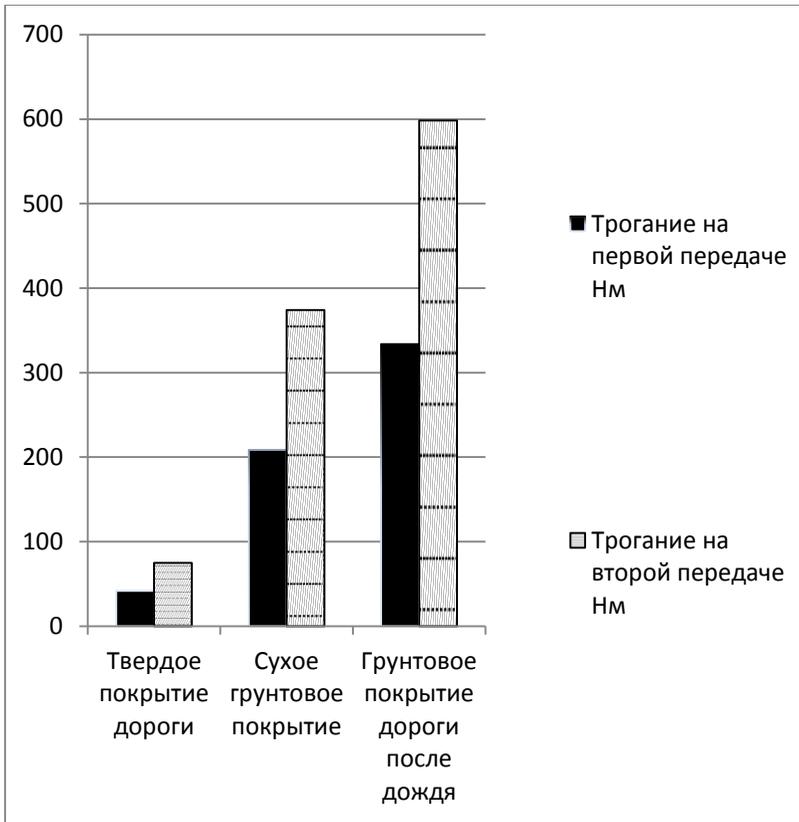
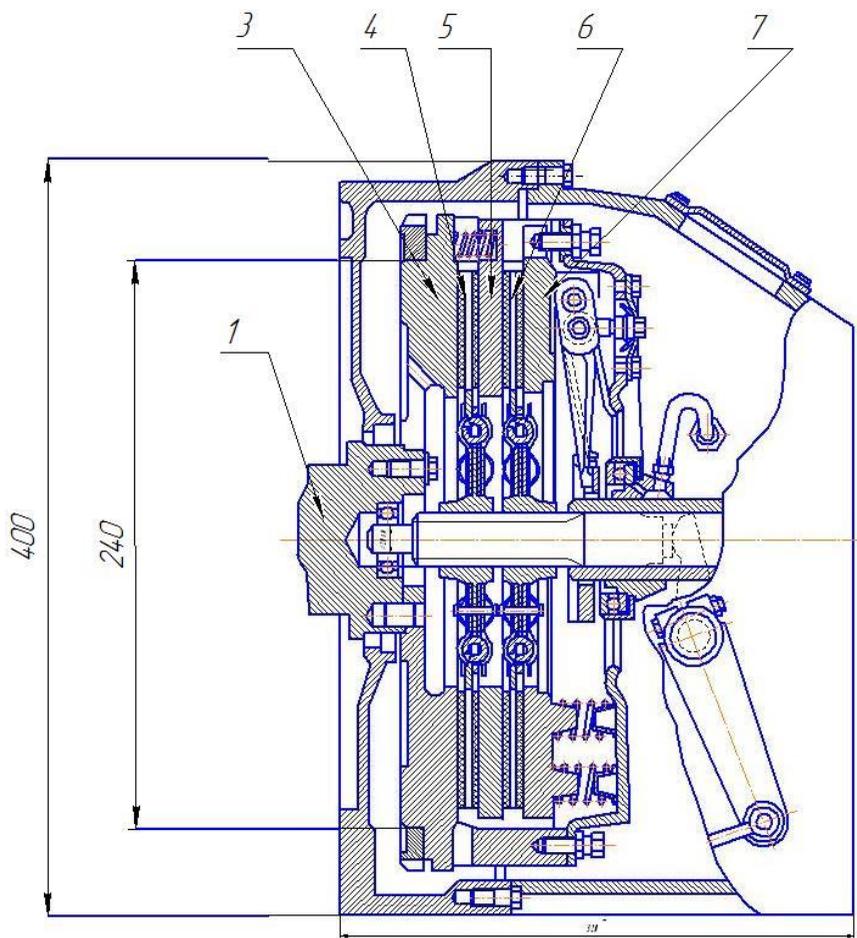


Рисунок 1. Момент сопротивления создаваемый дорожным покрытием в момент начала движения автомобиля



Рисунок 2. Работа буксования сцепления при начале движения автомобиля





*Литература*

1. Чудаков, Е. А. Теория автомобиля / Е. А. Чудаков. – М.: Машгиз, 1950.