

ИЗПЪЛНИТЕЛЕН МЕХАНИЗЪМ ЗА СПИРАЧКА ЗА ПАРКИРАНЕ С ЕЛЕКТРИЧЕСКО УПРАВЛЕНИЕ

Б. Апостолов, Б.Трайков

b.apostolov@saab.bg, btraykov@tu-sofia.bg

Технически Университет-София, България

Ключови думи: автомобили, спирачка за паркиране с електрическо управление

Резюме: В работата са направени изчисления на основните параметри на изпълнителен механизъм за спирачка за паркиране с електрическо управление, предназначен за вграждане в намиращи се в експлоатация автомобили. Изчислени са стойностите на силата в задвижващите въжета и механичните параметри на задвижващия постоянно токов електродвигател.

В последните години, с развитието на компютърните технологии и масовото им навлизане в автомобила, производителите на автомобили се насочват към напълно нова концепция – автоматизиране на спирачката за паркиране, премахването на лоста за задействането ѝ и преминаване към електрическото ѝ управление. Това е така наречената електрическа спирачка за паркиране. Въвеждането ѝ в масово производство вече е факт и цели не само повишаване на безопасността при движение, а също така и повишаване на комфорта при управление на автомобила. Спирачката за паркиране вече разширява обхвата на своето действие, като вече не се използва само основното ѝ предназначение – да осигурява неподвижното състояние на автомобила, а в комбинация с много други функции води до цялостно повишаване на активната безопасност.

В съвременните автомобили спирачката за паркиране е изпълнена като самостоятелно задвижване, което задейства спирачните механизми на основната спирачна уредба или е изпълнена напълно самостоятелно.

Конструктивните схеми, по които са изпълнени навлезлите в последните години спирачки за паркиране с електронно управление основно са две и всяка от тях има своите предимства и недостатъци, в сравнение с другата:

- ◆ Спирачка за паркиране с директно действие, при която изпълнителния механизъм въздейства директно върху колесния спирачен цилиндър на задните колела;

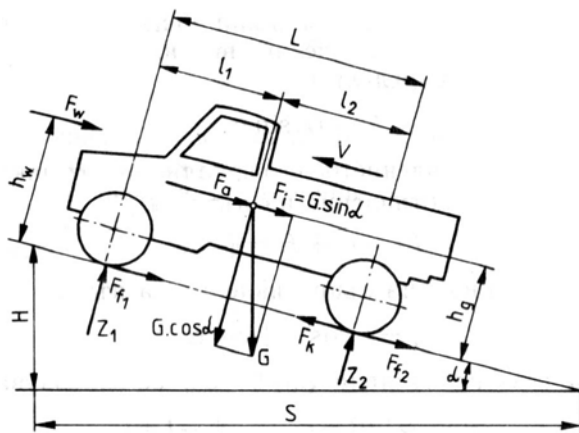
♦ Спирачка за паркиране с общ изпълнителен механизъм, при който ЕБУ управлява електромотор, който посредством изпълнителния механизъм обтяга жилата на спирачния механизъм.

Въпреки различията в конструкцията, управлението на тези два типа електрически спирачни уредби за паркиране е много сходно.

При първата конструктивна схема е необходим специален спирачен цилиндър, който да осигурява както хидравлично задействане от основната спирачна уредба, така и механично задействане от изпълнителния механизъм на спирачката за паркиране. Това е трудно за реализиране при автомобилите, намиращи се в експлоатация, защото би се наложило смяна на целия спирачен механизъм. Именно затова вграждането на такава конструкция се прилага изключително в етапа на проектиране нови модели автомобили.

При втората конструктивна схема изпълнителният механизъм на спирачката за паркиране е отделен като по този механизъм лесно може да бъде монтиран в по-стари автомобили, като с това управлението на спирачката за паркиране се автоматизира. Именно това е причината за избора на втората конструктивна схема, която е използвана за разработване на електрическата спирачка за паркиране.

По-долу е предложен начин за изчисление на силата във въжето на спирачката за паркиране, което е основа за по-нататъшни якостни изчисления на отделни елементи от изпълнителния механизъм. За това изчисление се изхожда от силите, които действат на превозно средство.



Фиг. 1

На фиг.1 е показана схема на силите действащи на автомобила при движение по наклонен път. Съпротивителните сили са съпротивителна сила от търкаляне F_f , съпротивление от наклона F_i и съпротивление на въздушната среда F_w .

Съпротивителната сила от търкаляне на предните колела F_{f_1} е равна на:

$$(1) \quad F_{f_1} = Z_1 \cdot f, N,$$

а тази на задните колела F_{f_2} е равна на:

$$(2) \quad F_{f_2} = Z_2 \cdot f, N,$$

След сумиране на двете сили се получава:

$$(3) \quad F_f = f \cdot (Z_1 + Z_2) = f \cdot G \cdot \cos \alpha, \text{ N},$$

където, Z_1, Z_2 са вертикалните натоварвания на предните и задните колела, N;

f - коефициент на съпротивление при търкаляне, - ;

G - пълно тегло на автомобила, N.

Коефициентът на съпротивление при търкаляне зависи от вида и състоянието на пътя и от материала и налягането на въздуха в пневматичните гуми. Стойности за този коефициент са дадени в таблица 1 [].

Таблица 1

Вид и състояние на пътя	f
Асфалт:	
Сух и чист	0,012 ÷ 0,020
Мокър	-
Заснежен	-
Заледен	-
Паваж:	
Сух	0,03 ÷ 0,04
Мокър	-
Земен път:	
Сух	0,03 ÷ 0,05
Кален	0,05 ÷ 0,15

При движение на колесната машина по наклон успоредната на пътя компонента от теглото представлява силата на съпротивление от наклона, която се определя от израза:

$$(4) \quad F_i = G \cdot \sin \alpha, \text{ N}$$

Сумата от съпротивлението от търкаляне и от наклона представлява общото съпротивление на пътя F_{ψ} :

$$(5) \quad F_{\psi} = f \cdot G \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha, \text{ N}$$

Поради това, че автомобилът е в покой въздушното съпротивление и инерционни сили не се отчитат.

Според изискванията на Наредба I 45/200 г автомобилът трябва да запазва неподвижно състояние на наклон от 16%. При представяне на наклона от проценти в градуси се получава:

$$(6) \quad \alpha[\%] = 100 \cdot \operatorname{tg} \alpha [^\circ]$$

$$(7) \quad \alpha [^\circ] = \operatorname{arctg} \frac{\alpha[\%]}{100} = \operatorname{arctg} \frac{16}{100} = 9,09^\circ$$

Минимално необходимият спирачен момент $M_{c,\min}$, при който автомобилът ще запази неподвижното си състояние е:

$$(8) \quad M_{c,\min} = G \cdot h_d \cdot \sin \alpha - F_{\psi} \cdot r_c, \text{ Nm},$$

където, h_d е височината на центъра на тежест на автомобила, m;
 r_c - статичният радиус на колелото, m.

$$(9) \quad r_c = 0,5 \cdot d + k_2 \cdot B, \text{ m}$$

където, d е вътрешният диаметър на гумата, m;

k_2 - коефициент, отчитащ налягането в пневматичната гума, -. За леки автомобили $k_2 = 0,86 \div 0,87$;

B - широчина на профила на гумата, m.

Широчината на гумата се приема приблизително равна на височината на профила H . ($B \approx H$).

При прилагане на конструктивна схема на спирачка за паркиране с общ изпълнителен механизъм, лоста за задействане на спирачката при конвенционален спирачен механизъм се заменя с изпълнителния механизъм на електрическата спирачка за паркиране. При това колесните спирачни механизми се запазват. За изчисляването на минималния необходим спирачен момент са приемат примерни изходни данни за лек автомобил и базата на тези данни са определени геометрични и конструктивни параметри на колесния спирачен механизъм барабанен тип. Избран е барабанен тип спирачен механизъм (фиг.2), поради най-широкото му разпространение в спирачките за паркиране. Избра се неблагоприятно съчетаване на параметри, а именно автомобил с пълна маса $m = 2000 \text{ kg}$, $h_d = 500 \text{ mm}$, гуми с размер 195/60 R15.

Като се заместят тези стойности в уравнение (5) се получава:

$$(10) \quad F_{\psi} = 20 \cdot 10^3 \cdot (0,015 \cdot \cos 9,09 + \sin 9,09) = 3,456 \text{ kN}$$

и съответно в уравнение (8):

$$(11) \quad d = 15'' = 15 \cdot 25,4 = 381, \text{ mm}$$

$$(12) \quad r_c = 0,5 \cdot 381 + 0,87 \cdot 195 = 360,15, \text{ mm}$$

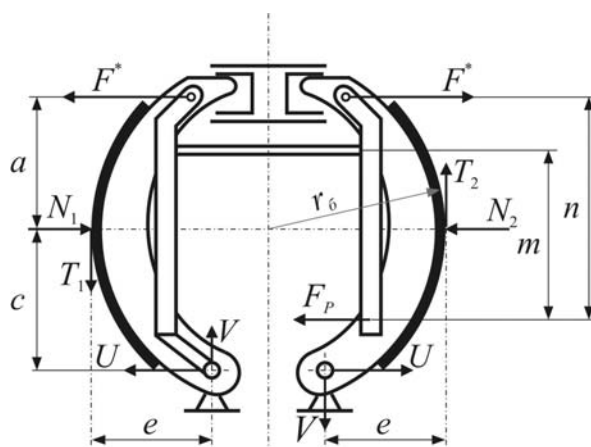
$$(13) \quad M_{c,\min} = 335,7 \text{ Nm}$$

За по-нататъшни изчисления ще се използва коригирана стойност на необходимия спирачния момент M_c , Nm.

$$(14) \quad M_c = K \cdot M_{c,\min}, \text{ Nm}$$

където, K е коефициент на сигурност.

$$(15) \quad M_c = 1,3.335,7 = 436,41 \text{ Nm}$$



Фиг. 2

За да се намери силата, която действа в въжето на спирачката за паркиране F_p трябва да се намери силата F^* , която реализира спирачния момент M_c . Пред вид конструкцията може да се приеме, че оста, по която действа силата F^* , получаваща се от прилагането на спирачката за паркиране, съвпада с оста, по която действа силата F , получаваща се от действието на хидравличния колесен спирачен цилиндър.

От моментните уравнения спрямо неподвижните опори се определят зависимостите:

$$(16) \quad N_1 = \frac{F^*(a+c)}{c-\mu e}, \text{ N}$$

$$(17) \quad N_2 = \frac{F^*(a+c)}{c+\mu e}, \text{ N}$$

където, μ е коефициент на триене между фрикционния материал и материала на барабана.

Сумарният спирачен момент за механизма е:

$$(18) \quad M_c = \mu.r_6.(N_1 + N_2), \text{ Nm}$$

$$(19) \quad M_c = \mu.r_6.(a+c) \left(\frac{F^*}{c-\mu e} + \frac{F^*}{c+\mu e} \right), \text{ Nm}$$

$$(20) \quad M_c = 2.\mu.r_6.F^*(a+c) \frac{c}{c^2 - \mu^2.e^2}, \text{ Nm}$$

От уравнение (20) изразяваме силата F^* и получаваме:

$$(21) \quad F^* = \frac{M_c \cdot (c^2 - \mu^2 \cdot e^2)}{2 \cdot \mu \cdot r_0 \cdot c \cdot (a + c)}, \text{ N}$$

където, r_0 е радиус на барабана, m;

a, c, e - конструктивни параметри, m.

Стойностите на всички конструктивни параметри са показани в таблица 2 и са приети на базата на съществуващи конструкции барабанны спирачни механизми, предназначени за автомобилни гуми с размер 15”.

Таблица 2

Параметър	Стойност	Дименсия
a	95	mm
c	85	mm
e	88	mm
r_0	123	mm
μ	0,45	-
m	120	mm
n	150	mm

Като се заместят тези параметрите от таблица 2 в уравнение (21) се получава:

$$(22) \quad F^* = \frac{436,41 \cdot (0,085^2 - 0,45^2 \cdot 0,088^2)}{2 \cdot 0,45 \cdot 0,123 \cdot 0,085 \cdot (0,095 + 0,085)}, \text{ N}$$

$$(23) \quad F^* = 1457,57, \text{ N}$$

Привеждат се F^* към F_p и се пресмята:

$$(24) \quad F_p \cdot m = F^* \cdot (n - m)$$

където m, n са конструктивни параметри, m.

$$(25) \quad F_p = F^* \cdot \frac{n - m}{m}, \text{ N}$$

$$(26) \quad F_p = 1457,57 \cdot \frac{150 - 120}{120} = 364,4, \text{ N}$$

Конструкцията на спирачката за паркиране е с общо въже, следователно сумарната сила във въжето $F_{p,\Sigma}$ ще бъде:

$$(27) \quad F_{p,\Sigma} = 2 \cdot F_p = 2 \cdot 364,4 = 728,79, \text{ N}$$

Редукторът в изпълнителния механизъм осъществява кинематична функция, като превръща въртливото движение на електродвигателя в постъпателно (линейно) движение на рейката. Той е тристепенен. Първата степен е червячна предавка, втората степен цилиндрична зъбна предавка, а третата представлява кинематична връзка зъбно колело – зъбна рейка. Основната роля на червячната и цилиндричната предавки е да самозадържа спирачния механизъм, когато спирачката за паркиране е задействана. Това се дължи на голямото предавателно число и е необходимо, поради факта, че електродвигателят трябва да се изключи при достигане определена спирачна сила, за да не консумира енергия. Единственото предназначение на зъбното колело и зъбната рейка е да превръща въртливото движение на червячното зъбно колело в постъпателно движение на рейката.

При отказ на спирачката за паркиране е предвидено освобождаването ѝ, посредством аксиално отместване на малкото зъбното колело от цилиндричната предавка.

Общото предавателно число на редуктора е $i = 150:1$.

Предавателното число на червячната предавка $i_{\phi} = 84:1$.

Ходът на рейката трябва да осигури пълното задържане на спирачния механизъм. Това става, когато се обере хлабината на въжето и хлабината между фрикционните повърхности и барабана, след което въжето започва да се обтяга. Поради това че спирачката за паркиране е с общо въже хлабината между фрикционните повърхности и барабана (0,25 mm) се сумират. Също така трябва да се осигури и резервен ход на рейката. Поради тези причини приемам общият ход на рейката да е $\delta_{\Sigma} = 10 \text{ mm}$, а активния ѝ ход да е $\delta_a = 6 \text{ mm}$. Определят и следните параметри:

◆ Време за задействане на спирачката за паркиране: $t = 0,2 \text{ s}$

◆ Линейна скорост на рейката:

$$(28) \quad V = \frac{S}{t} = \frac{\delta_a}{t} = \frac{6 \cdot 10^{-3}}{0,2} = 0,03 \text{ m/s}$$

◆ Ъглова скорост на вала на голямото зъбно колело:

$$(29) \quad \omega_{зк} = \frac{2 \cdot V}{d_4} = \frac{2 \cdot 0,03}{0,0675} = 0,889 \text{ rad/s}$$

◆ Честота на въртене на вала на голямото зъбно колело:

$$(30) \quad n_{зк} = \frac{30 \cdot \omega_{зк}}{\pi} = 8,49 \text{ min}^{-1}$$

◆ Честотата на въртене на червяка (честота на въртене на електродвигателя):

$$(31) \quad n_1 = n_{зк} \cdot i = 8,49 \cdot 151,2 = 1283,43 \text{ min}^{-1}$$

Приема се: $n_1 = 1300 \text{ min}^{-1}$

Мощност на вала на червяното зъбно колело P_I :

$$(32) \quad P_I = \frac{P_{II}}{\eta_{чн} \cdot \eta_{мл}^2 \cdot \eta_{зп}^2}, \text{ W},$$

където: $\eta_{чн} = 0,53$ - к.п.д. на червячната предавка;

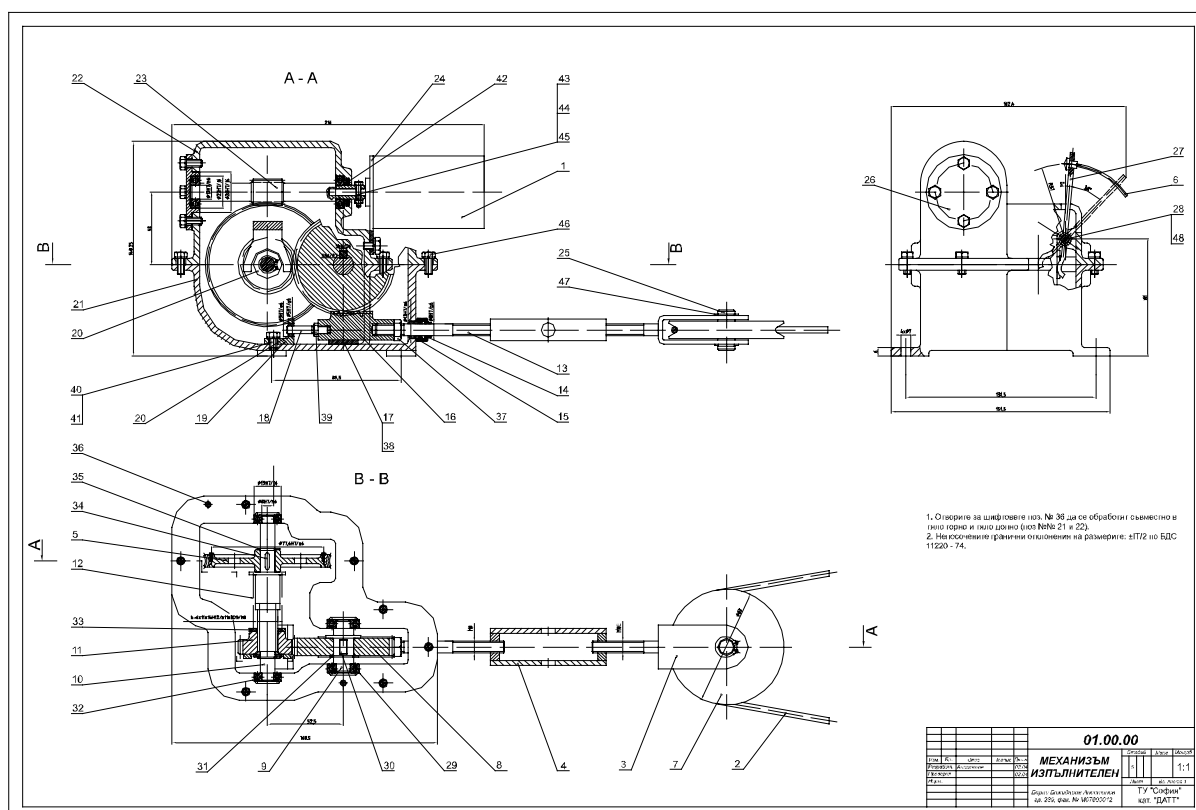
$\eta_{мл} = 0,993$ - к.п.д. на търкалящите лагери;

$\eta_{зн} = 0,99$ - к.п.д. на зъбната предавка.

$$P_I = \frac{P_{II}}{\eta_{чп} \eta_{мл}^2 \eta_{зн}^2} = \frac{21,9}{0,53 \cdot 0,993^2 \cdot 0,99^2} = 42,76 \text{ W}$$

Необходимата мощност на електродвигателя е $P \approx 45 \text{ W}$.

Примерна конструкция на изпълнителния механизъм е показана на фиг.3.



Фиг. 3

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Наредба I-45/2000 на МВР, „Регистрация, отчет, пускане в движение и спиране от движение на МПС”
- [2] Димитров, Й., Автомобилна техника, София, Тракия-М, 2000
- [3] Морчев, Е. П., Проектиране и конструиране на автомобила, София, Техника, 1991
- [4] Семов, Д. С. и др., Автомобили, трактори и кари, София, Техника, 1992
- [5] Николов, Н. Б. и др., Ръководство за конструктивни упражнения по машинни елементи, София, Техника, 1992
- [6] Попов, З. и др., Ръководство за проектиране по машинни елементи, София, Техника, 1988
- [7] Русева, С. Н. и др., ЕСКД Справочник по конструкторска документация, София, Техника, 1988

- [8] Спирачни системи и ABS за леки автомобили, Auto Faber, 1998
- [9] Ценов, Ц. Т. и др., Справочни материали по стандарти в машиностроенето I и II том, София, Техника, 1972.
- [10] Спирачни системи и ABS за леки автомобили, Auto Faber, 1998
- [11] Фирмена документация Lancia
- [12] Фирмена документация Ford

ELECTRICAL PARKING BRAKE ACTUATOR

B. Apostolov, B. Traykov

Technical University – Sofia, Bulgaria

***Key words:** vehicle, electrical parking brake, actuator.*

***Abstract:** In this paper are made calculations of main parameters of the parking brake actuator which suited for vehicles in operation. There are also definite calculations of the forces of parking brakes cable, mechanical parameters of actuator and DC motor.*