

## МЕХАНИЗЪМ ЗА ЗАДВИЖВАНЕ НА ВРАТИ НА АСАНСЬОР, ДВИЖЕЩИ СЕ ПО ЦИЛИНДРИЧНА ПОВЪРХНИНА

Петър ПЕТРОВ

доц. д-р инж. Петър Петров, ВТУ "Т. Каблешков", катедра ПТМС, София  
БЪЛГАРИЯ

**Резюме:** Описана е създадена във ИЗАМЕТ ООД-София оригинална конструкция на механизъм за задвижване на кабинна врата и механизъм за задвижване на шахтна врата на асансьор, движещи се по цилиндрична повърхнина. Предложен е алгоритъм за определяне на скоростите в някои характерни точки на кинематичната схема на механизма за кабинни врати и силите в основните му звена.

**Ключови думи:** асансьор; механизъм за задвижване на кабинна врата на асансьор; механизъм за задвижване на шахтни врати на асансьор.

### ВЪВЕДЕНИЕ

При създаване на архитектурни проекти на съвременни представителни сгради често се прилага асансьорите да имат врати, движещи се не в равнина, а по цилиндрична повърхнина. За производство на такива асансьори фирма ИЗАМЕТ ООД внасяше механизъм за задвижване на вратата на кабината (МЗВК) и механизъм за задвижване на шахтни врати (МЗШВ) на асансьор от испан-ската фирма Fermator.

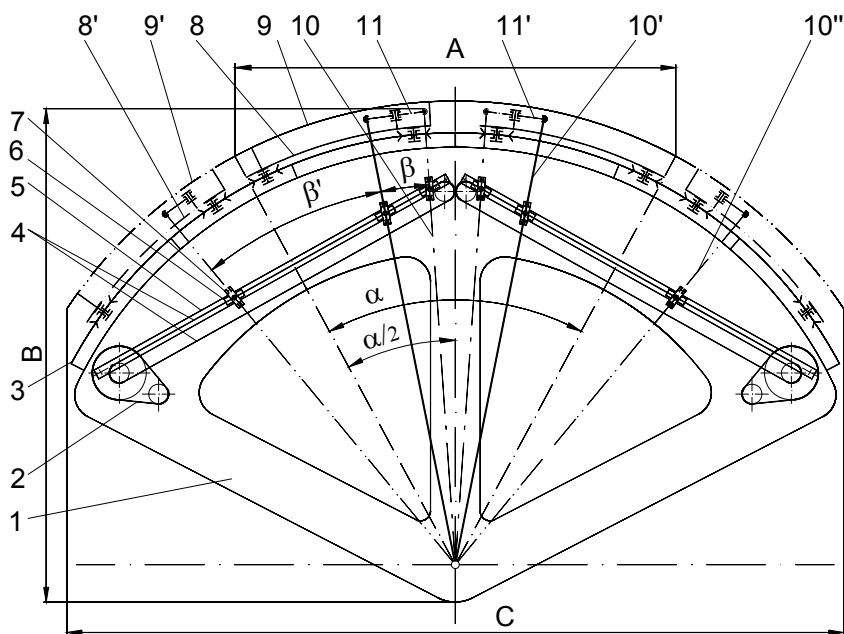
Схемата на МЗКВ\* на Fermator [1] е дадена на фиг.1., където 1 е рама, 2- ремъчен редуктор, 3-релса, 4- зъбен ремък, 5-направляващ профил, 6-плъзгач, 7- плъзгач, 8-носач с ролки, 9- врата, 10- лост с шарнирен ла-гер, 11- ключалка с лост. Вратите 9 се носят от носачите 8, чийто ролки се търкалят по релсата 3.

която се носи от рамата 1. Ключалката 11 отключва и заключва носача с ролки 8 към рамата 1. Лостът 10 е свързан с лоста на ключалката 11 със сферичен шарнирен лагер. Ремъчният редуктор 2 задвижва зъбния ремък

4, а той тегли оста на шарнирно свързаните плъзгачи 6 и 7, като плъзгачът 7 поема задвижването от ремъка 4, предава го на лоста 10 и съвместява кръговото движение на лоста 10 с линейното движение на ремъка 4, а плъзгачът 6 осигурява линейното движение на ремъка 4. При движение отваряне лостът 10 изминава ход на ъгъл  $\beta + \beta'$ . При изминаване на ъгъл  $\beta$  лостът на ключалката 11 се завърта, с което се отключва носът 8 от рамата 1 и лостът на ключалката 11 и лостът 10 заемат положение съответно от 10 до 10'. При изминаване ход на ъгъл  $\beta$  носът 8 се премества с вратата 9 в позиции съответно 8' и 9', а лостът 10 от положение 10' достига положение 10'', т.е. изпълнява се същинското отваряне на вратата. МЗВК е комплектован с два еднакви огледални механизма и за това вратите се отварят на раз-мер А. Недостатъци на то-зи механизъм са: Големи га-баритни размери по дължи-на С и по ширина В; Голяма собствена маса; Висока цена, поради внос и свързано-то с това затруднено сер-визно обслужване и ремонт.

Схемите на МЗВК и МЗ-ШВ на [2,3 и 4] са по-сложни от тази на Fermator и са съобразени с техните технологичните възможности.

\* -синтезирането на кинематичната схема, изработването и изпитването на МЗВК и МЗШВ, се извърши с участие на Илия Златанов, собственик и управител на ИЗАМЕТ ООД- София.



Фиг.1

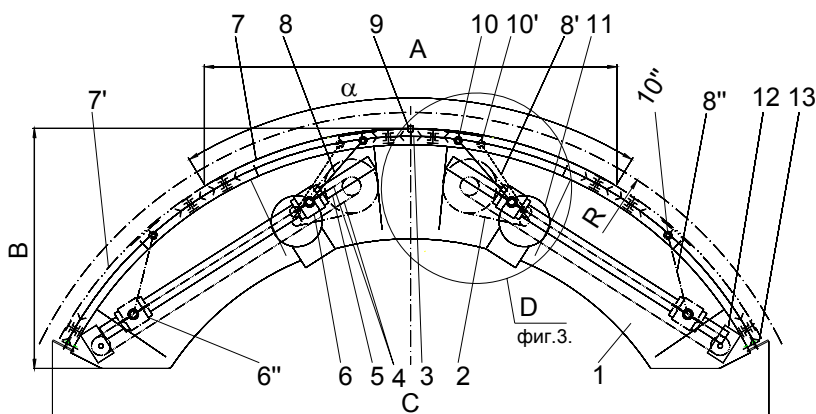
Целта на разработката беше да се създаде конструкция на МЗВК и МЗШВ на асансьор, предназначени за движение по цилиндрична повърхнина, които да са максимално унифицирани с произвежданите от фирмата такива за равнинно движение на вратите, да са произведими с технологията на фирмата, да имат по-малки габаритни размери, маса, кинематичната им схема да бъде оригинална и да имат ниска себестойност.

При разработване на вариантите беше прието да се използват произвежданите за равнинно движение носачи на вратите и ключалките за заключването им към рамата, като се

огънат на съответния радиус, да се заимстват без изменение ремъчния редуктор, електродвигателите и електронната система за управление.

### УСТРОЙСТВО НА МЗВК

На фиг.2 е дадена кинематичната схема на разработения МЗВК. На нея са означени както следва: 1- рама на МЗВК, 2-ремъчен редуктор, 3- носеща релса, 4- зъбен ремък, 5- направляваща релса, 6- плъзгач, 7- носач с ролки, 8-прът, 9-ограничител, 10-ключалка, 11- електродвигател, 12- опора, 13- ограничител, 14- обича, 15- задвижващо ремъчно зъбно колело.



Фиг.2.

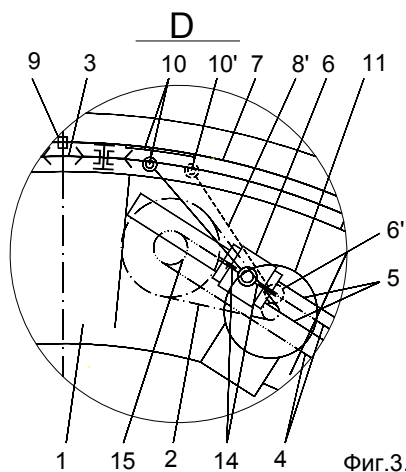
Носещата релса 3 е закрепена чрез разглобями връзки към рамата 1. При двустранно отваряне механизмите са два броя и се монти-

рат на една рама. Ремъчният редуктор 2 и електродвигателят 11 се носят от специална кутия, закрепена към рамата 1. Тази кутия слу-

жи и за едната опора на направляващата релса 5. Ремъчният редуктор 2 носи задвижващото ремъчно зъбно колело 15 на зъбния ремък 4. Втората опора 12 носи направляващата релса 5 и свободната ролка на зъбния ремък 4, и е свързана към рамата 1 с разглобяема връзка. Прътът 8 е свързан шарнирно към ключалката 10 и двустранно шарнирно към основата на плъзгача 6. На един от шарнирите (горния), сръзваци пръта 8 с основата на плъзгача 6, шарнирно е закрепена обица 14, към която са свързани краищата на ремъка 4.

### ДЕЙСТВИЕ НА МЗВК

Валът на електродвигателя 11 задвижва ремъчния редуктор 2, който чрез задвижващото ремъчно зъбно колело 15 задвижва зъбния ремък 4. Ремъкът 4, чрез обицата 14, през шарнира, тегли плъзгача 6, който чрез шарнирите си при отваряне тегли (а при затваряне тика) пръта 8. Прътът 8 чрез шарнирна връзка тегли (тика) ключалката 10. При отваряне ключалката 10 изминава път от два интервала-от  $10' \div 10''$ -отключване и от  $10'' \div 10'''$ -отваряне на вратата. В интервала  $10' \div 10''$  се извършва отключване на носача 7 от рамата на МЗВК, задвижване на механизма за отключване на шахтните врати (отбивачи) и ключалките на шахтните врати, прътът 8 от положение 8 заема положение 8', плъзгачът 6 заема положение 6' (за да няма претрупване, на фиг.3. плъзгачът 6' е даден само с оста на шарнира).



В интервала  $10'' \div 10'''$ - ключалката от положение  $10''$  до положение  $10'''$  тегли (тика) носача с ролки 7, който задвижва вратата на кабината, МЗШВ и шахтните врати. През целия ход на ключалката (от  $10''$  до  $10'''$  и обратно) плъзгачът 6 се плъзга по

направляващата релса 5, а прътът 8 предава теглещата (тикащата) сила на шарнирите на плъзгача 6 на ключалката 10 и компенсира разликата от линейното движение на плъзгача 6 и движението по крива на ключалката 10 и носача с ролки 7. Крайните положения на носача 7 се фиксират от ограничителите 9 и 13 и се следят от преобразуватели, които подават команда към импулсния регулатор, управляващ електродвигателя 11, за промяна на режима му на работа. За намаляване силата на триене в конструкцията между плъзгача 6 и направляващата релса 5 е предвидено гресиране на плъзгачата връзка.

Чрез вариране с номиналния радиус  $R$  (виж фиг.2.) се постига създаване на фамилия МЗВК и МЗШВ. Чрез изместване положението на ограничителя 13 по носещата релса 3 на разстояние  $\pm \delta$  се постига промяна на отвора на вратата на размер  $A \pm \Delta$ , с което се намалява номенклатурата на произвежданите МЗВК и МЗШВ с един номинален радиус  $R$ .

Механизмът за задвижване на шахтни врати по цилиндрична повърхнина е същият, както този за равнинно движещи се шахтни врати, произвеждан от ИЗАМЕТ ООД, с тази разлика, че е огънат на съответния радиус.

### КИНЕМАТИЧЕН АНАЛИЗ НА МЗВК

Ъгловата скорост  $\omega_{11}$  [ $s^{-1}$ ] на електродвигателя 11 се регулира чрез промяна основно на напрежението  $U$  и честотата  $f$  на тока, с който се захранва.

Ъгловата скорост  $\omega_{15}$  на задвижващото ремъчно зъбно колело 15 се определя по формулата:

$$\omega_{15} = \omega_{11} \cdot i_2^{-1} \quad [s^{-1}] \quad (1),$$

където  $i_2$  е предавателно отношение на ремъчния рудуктор 2.

Скоростта на движение на плъзгача 6 се определя по формулата:

$$V_6 = \omega_{15} \cdot r_{15} \quad [m/s] \quad (2),$$

където  $r_{15}$  [ $m$ ] е радиус на задвижващото ремъчно зъбно колело 15.

Абсолютната скорост  $\overline{V}_{10}$  на движение на шарнира между пръта 8 и ключалката 10 се определя с векторното уравнение:

$$\vec{V}_{10} = \vec{V}_6 + \vec{V}_{6-10} \quad (3),$$

където  $\vec{V}_{10-6}$  е относителната скорост на ключалката 10 около плъзгача 6. Тук скоростта  $\vec{V}_{10}$  е  $\perp$  (перпендикулярна) на радиуса на траекторията на движение на носача 10 към моментния център на ротация, скоростта  $\vec{V}_6$  е известна по големина от (2) и има направление по оста на направляващата релса 5, а скоростта  $\vec{V}_{6-10}$  е  $\perp$  на оста, свързваща пръта 8 с плъзгача 6 и ключалката 10 (заедно с носача с ролки 7). Уравнение 3 е решимо, защото има две неизвестни- големините на скоростите  $\vec{V}_{10}$  и  $\vec{V}_{6-10}$ . То може да се реши графично или аналитично. За целта трябва да се разчертае плана на положението на звена 6, 8 и 10 и се отчетат ъглите между тях. Достатъчно точна графика за скоростта  $\vec{V}_{10}$  се получава за повече от десет точки (плана на положението на звената 6,8 и 10), като максималната ѝ стойност се получава за точката максимално отдалечена от оста на направляващата релса 5. Построяват се графиките  $V = V(x)$  скорост като функция на положението на вратата  $x$ :

$$V_6 = V_6(x) \quad (4) \quad \text{и} \quad V_{10} = V_{10}(x) \quad (5),$$

$$\text{като} \quad 0 \leq x \leq A/2 \quad (6),$$

където  $A$  е отвор на вратата-виж фиг.2.

### СИЛОВ АНАЛИЗ НА МЗВК

Схема на действащите сили върху съответните звена при отваряне и затваряне на врата са дадени на фигури 4 и 5. Числата като индекс на силите са номерата на съответните звена, описани в устройството на МЗВК от фигури 2 и 3.

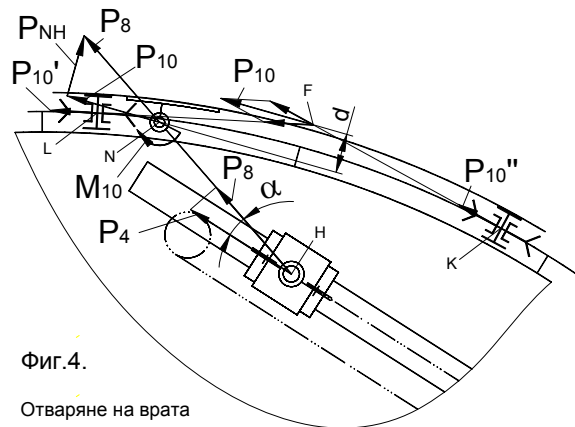
Носачът с ролки 7 има две двойки ролки, като за всяка двойка една се търкаля по носещата релса 3 отгоре и една отдолу. Горните ролки носят теглото на вратите с носачите и съпротивителните сили  $P_{10}'$  и  $P_{10}''$  от търкалянето на ролките по носещата релса 3. Направленията на силите  $P_{10}'$  и  $P_{10}''$

от двете двойки ролки на носача 7 се пресичат в точка  $F$  (виж фиг.4 и 5), където се събират векторно, а върху носача с ролки 7 и ключалката 10 действат силата  $P_{10}$  и момента  $M_{10}$ :

$$\vec{P}_{10} = \vec{P}_{10}' + \vec{P}_{10}'' \quad (7)$$

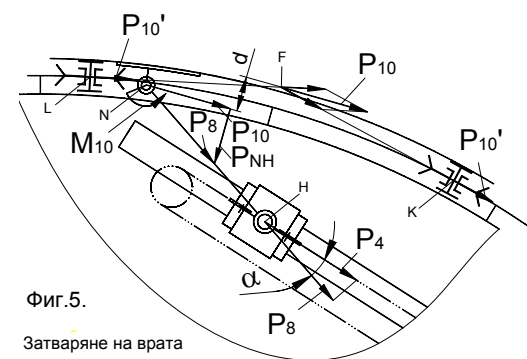
$$M_{10} = P_{10} \cdot d \quad (8)$$

Моментът  $M_{10}$  зависи от рамото  $d$ , големината на което зависи от радиуса на носещата релса 3 и разстоянието  $LK$  между ролките по хорда (виж фиг.4 и 5).



Фиг.4.  
Отваряне на врата

Горните и долните ролки поемат и инерционните сили от движението на вратите, както и реакциите от действието на момента  $M_{10}$ .



Фиг.5.  
Затваряне на врата

Силите  $P_{10}'$  и  $P_{10}''$  са функция на:

- ◆ нормалните и странични опорни реакции в ролките, породени от теглото на вратите, инерционните сили и момента  $M_{10}$ ;
- ◆ съпротивителната сила за задвижване на на МЗШВ;
- ◆ радиуса на огъване на носещата релса 3;

◆ коэффициента на съпротивление на търкаляне  $w$  на ролките на носача 7 по носещата релса 3;

Едно първо приближение за определяне на силите  $P_{10}'$  и  $P_{10}''$  е с отчитане само на нормалните и странични опорни реакции в ролките на носача 7 и коэффициента  $w$ .

$$P_{10}' = R_{10}' \cdot w \quad (9) \quad P_{10}'' = R_{10}'' \cdot w \quad (10)$$

Тук  $R_{10}'$  или  $R_{10}''$  е сума от абсолютните стойности на нормалните реакции в една двойка ролки на носача 7.

$$w = \frac{2 \cdot w' + \mu \cdot d}{D} \cdot \beta \quad (11),$$

където:  $w'$  е коэффициент на триене при търкаляне на ролката по носещата релса 3;  $\mu$  - коэффициент на триене при търкаляне на лагер-  $\mu = 0,015$ ;  $\beta$  - коэффициент, отчитащ триенето в страничните бордове и зависи от  $R-1,1 \leq \beta \leq 1,7$ ;  $D$  - диаметър на търкаляне на ролката;  $d$  - диаметър на шийката на лагера.

Прътът 8 се натоварва със силата  $P_8$ , която се определя с векторното уравнение:

$$\vec{P}_8 = \vec{P}_{10} + \vec{P}_{NH} \quad (12),$$

където  $\vec{P}_8 \parallel NH$  ( $\parallel$ -успоредна),  $\vec{P}_{10}$  е известна по големина и посока от (7), а  $\vec{P}_{NH} \perp NH$ .

Силата, която натоварва на огъване направляващата релса 5, се определя по формулата:

$$P_5 = P_8 \cdot \cos \alpha \quad (13).$$

Опорните реакции в опорите на направляващата релса 5 са функция на положението на плъзгача 6 и се определят с метода *линия на влияние*.

Триещата сила, породена от движението на плъзгача 6 по направляващата релса 5, се поема от опора 12 и се определя по формулата:

$$P_{5T} = f \cdot P_5 \quad (14)$$

Тук  $f$  е коэффициентът на триене при плъзгане.

Зъбният ремък 4 тегли плъзгача 6 със силата  $P_4$ , която се определя по формулата:

$$P_4 = \frac{P_8}{\cos \alpha} + P_{5T} = P_8 \frac{1 + f \cdot \cos^2 \alpha}{\cos \alpha} \quad (15).$$

Моментът  $M_{15}$ , натоварващ ремъчното зъбно колело 15, се определя по формулата:

$$M_{15} = (P_5 + P_{5T}) \cdot r_{15} \cdot \eta_4^{-1} \quad (16),$$

където  $\eta_4$  е коэффициент на полезно действие на механизма на зъбния ремък 4.

Моментът, натоварващ електродвигателя 11, се определя по формулата:

$$M_{11} = \frac{M_{15}}{\eta_2} \quad (17),$$

където  $\eta_2$  е коэффициент на полезно действие на ремъчния редуктор 2.

Силите се определят по графичен или аналитичен начин, за всички разчертани положения за определяне на скоростите. Строи се графика за изменение на всяка сила във функция от изминатия път  $x$  и се определя нейната максимална стойност. С получените стойности на силите се извършват яkastни изчисления на съответните детайли и техните връзки.

## ИЗРАБОТВАНЕ И ИЗПИТВАНЕ НА ОБРАЗЕЦ

Изработването на образците на МЗВК и МЗШВ се извърши през февруари 2006 г. в условията на фирма ИЗАМЕТ ООД-София, като бяха кооперирани само операциите по огъване.

Изпитването на образца на МЗВК се проведе във фирмата в условията на нормална температура и влажност и повишена запрашеност, в периода март-август 2006 г. при скорост 180 цикъла отваряне-затваряне в час.

Първите 20 дни движението на МЗВК се извършваше без товар. Забеляза се, че нивото на шум е високо и основен негов източник е плъзгащата връзка между плъзгача 6 и направляващата релса 5, която беше изпълнена със сачмен лагер за линейно движение. Подмяната на лагера с такъв от

различни производители (български, германски, шведски, китайски, японски) не доведе до спадане на нивото на шума. При се сачмания лагер за линейно движение да бъде заменен с плъзгач лагер (втулка от пласмас-РВС), с което нивото на шума спадна качествено. След това беше моделирано теглото на вратите и съпротивлението на шахтните врати. При тези условия и извършени 100 000 цикъла с товар беше микрометрирана плъзгачата повърхнина на плъзгача 6. Измененията на размерите и геометрията бяха в рамките на допустимите норми и не се налагаше подмяна плъзгачата двоица. При извършване на 170 000 цикъла изпитването беше спряно. За целия период на изпитване откази не бяха регистрирани. В случай, че трябва още да се намали нивото генерирания от МЗВК и МЗШВ шум, всички контактни и шарнирни връзки в конструкциите им трябва да се заменят с подходящи металогумени тампони и шарнири.

#### РЕЗУЛТАТИ

◆ Синтезирана е оригинална кинематична схема на механизъм за задвижване на вратите на кабината и механизъм за задвижване на шахтните врати на асансьор, движещи се по цилиндрична повърхнина.

◆ На базата на синтезираната кинематична схема е създадена и изпитана конструкция на механизъм за задвижване на вратите на кабината и механизъм за задвижване на

шахтните врати на асансьор, движещи се по цилиндрична повърхнина.

◆ Предложен е алгоритъм за определяне на скоростите в някои характерни точки на кинематичната схема на механизъм за задвижване на вратите на кабината на асансьор, движещи се по цилиндрична повърхнина, и на силите в основните му звена.

#### ИЗВОДИ

Със създадената собствена оригинална конструкция фирма ИЗАМЕТ ООД- София има възможност да произвежда механизъм за задвижване на вратите на кабината и механизъм за задвижване на шахтните врати на асансьор, движещи по цилиндрична повърхнина, да спре да купува такива от внос и да ги предлага на вътрешния и външния пазар.

#### ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Проспекти и конструкция на фирма "Fermator"-Испания.
- [2] Проспекти на фирма "Kone"-Финландия.
- [3] Проспекти на фирма "Prizma"-Италия.
- [4] Проспекти на фирма "Otis".
- [5] Артоболевский И. И. "Теория механизмов и машин"- Москва-Наука-1965 г.

## MECHANISM FOR MOTION OF LIFT DOORS, MOVING ON CYLINDER SURFACE

**Petar Petrov**

*associate professor PhD eng. Petar Petrov-VTU "T. Kableshkov"-Sofia*  
**BULGARIA**

**Abstract:** *In this article is described original construction created in IZAMET Ltd – Sofia for mechanism for motion of cabin's lift doors and mechanism for motion of lift shaft doors moving on cylinder surface. Algorithm is supposed for defining speeds in some typical points from kinematical scheme of mechanism for motion of cabin's lift doors and forces in its main links.*

**Keywords:** *lift; mechanism for motion of cabin lift doors; mechanism for motion of lift shaft doors.*