

СИЛИ В ПОВДИГАТЕЛНИЯ ЦИЛИНДЪР И ВЕРИГИТЕ НА ПОЛИСПАСТА НА ПОВДИГАТЕЛНА УРЕДБА НА КАРИ

Петър Петров

ВТУ „Тодор Каблешков” – София, ул. Гео Милев” № 158
БЪЛГАРИЯ

Резюме: Получени са зависимости за силите в повдигателния цилиндър и във веригите на полиспастите на осем най-често употребявани схеми на повдигателни уредби за кари. Получените изрази могат да се употребяват при извършване на конструктивни изчисления и проверки на нови конструкции повдигателни уредби за кари, при извършване на силов анализ на образци на конкурентни производители и при изпитване на машини и повдигателни уредби, а така също и при настройване на изпитвателна апаратура.
Ключови думи: Повдигателна уредба, повдигателен цилиндър, полиспасти, верига.

В литературните източници [1,2] е дадена методика с пример за извършване на силов анализ на схема на **повдигателна уредба (ПУ)**.

Целта и задачата на разработката е да се определят силите в **повдигателния цилиндър (ПЦ)** и във веригите на **полиспасти (ПП)** на осем масово вгражданите в карите ПУ.

Определянето на силите в носещите и водещите ролки на подвижните рамки, както и в ролките, носещи страничните сили, силите в шийките за наклонящите цилиндри и опорните шийки трябва да се извърши [1], като се отчете влиянието на: Товара Q ; Собственото тегло G_{PO} на **работния орган (РО)**, теглото на **вертикалната количка (ВК)**- G_{BK} ; теглото на подвижните рамки с пореден номер $i = 1, 2, 3, 4$; наклона на УП напред на ъгъл α (назад β) и странично на

ъгъл γ ; височината на повдигане H ; страничното изнасяне U_C на товара чрез сменно работно съоръжение (вличен изравнител); поемане на товара от работното сменно съоръжение на разстояние до челото на виличния рог по-голямо от C , наличието на инерционните сили.

Теглото на товара Q е навно на:

$$(1) \quad Q = g \cdot m_Q;$$

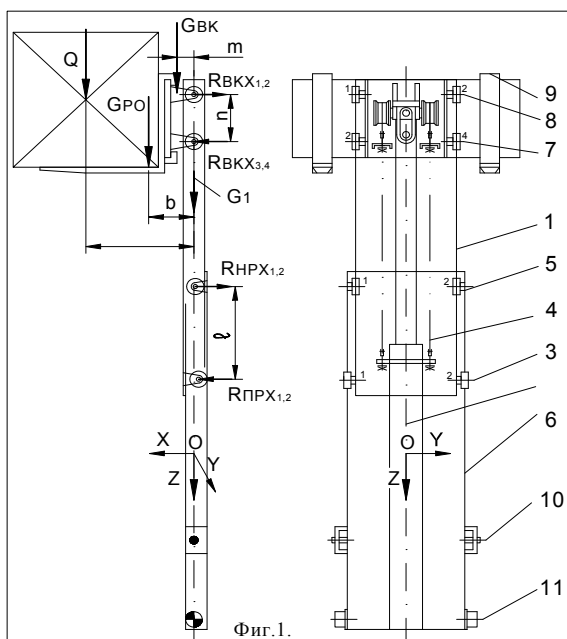
Теглото на РО G_{PO} е равно на:

$$(2) \quad G_{PO} = g \cdot m_{PO};$$

Теглото ВК G_{BK} е равно на:

$$(3) \quad G_{BK} = g \cdot m_{BK};$$

В тези формули е означено: с $g = 9,81 m/s^2$ е земното ускорение, а с m_Q , m_{PO} и m_{BK} - съответно масата на товара Q , масата на РО и масата на ВК .



На фиг. 1. е дадена схема на двойно телескопична ПУ с вертикална неподвижна рамка 6 без страничен наклон $\angle \gamma = 0^\circ$, без странично изнасяне $V_C = 0$, без отчитане инерционите сили. Тук: Q е тегло на товара; G_{PO} -тегло на РО; G_{BK} - тегло на ВК; G_1 -тегло на подвижна рамка 1; a -рамо на действие на товара Q до вертикалната ос на УП (ВОУП); b - рамо на действие на теглото G_{PO} на работния орган до ВОУП; m -рамо на действие на теглото G_{BK} до ВОУП; n -рамо на действие на опорните реакции на вертикалната количка; l, l_{\min} – рамо на действие на опорните реакции в направляващите и водещите ролки на подвижната и неподвижната рамка (ПР),(НР), $R_{BKX1,2,3,4}$ -опорна реакция ролките на вертикалната количка по ос X съответно в ролка 1,2,3и4, $R_{HPX1,2}$ -опорни реакции по ос X в направляващите ролки 1 и 2 на неподвижната рамка; $R_{ПPX1,2}$ -опорни реакции по ос X в направляващите ролки на подвижната рамка.

Сили в повдигателния цилиндър (ПЦ) – общи положения.

За да се определи силата в ПЦ се изхожда от мощността, развивана от него:

$$(3) \quad P_{Ц} \cdot V_{Ц} = \sum_{i=1}^{i=n} G_i \cdot V_i + \sum_{j=1}^{j=m} F_j \cdot V_{Pj};$$

Където: $P_{Ц}$ е аксиалната сила в ПЦ; $V_{Ц}$ е скорост на буталото на ПЦ; G_i -тегло на маса с пореден номер i ; V_i -скорост на повдигане на маса с пореден номер i ; F_j - съпротивителна сила от триене при търкаляне между опорни ролки с пореден номер j ; V_{Pj} - относителна скорост между двете “триещи“ се звена, едното носи оста опорните ролки, а второто е звеното, по което се търкалят опорните ролки.

От тук силата в ПЦ:

$$(4) \quad P_{Ц} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} G_i \cdot V_i + \sum_{j=1}^{j=m} F_j \cdot V_{Pj}}{V_{Ц}} = \sum_{i=1}^{i=n} G_i \cdot k_i + \sum_{j=1}^{j=m} F_j \cdot k_{Pj}; [1]$$

тук: (5) $\frac{V_i}{V_{Ц}} = k_i; [1]$ е предавателно

отношение (ПО) на звеното с пореден номер i ;

$$(6) \quad k_{Pj} = \frac{V_{Pj}}{V_{Ц}}; [1] \text{ е ПО на ролка с}$$

пореден номер j .

$$(7) \quad F_i = R_j \cdot w; [1] \text{ е силата на}$$

триене в четирите ролки носещи подвижно звено с номер i ; Тук R_j е сума от абсолютните стойности на реакциите в четирите ролки, с които се води звеното с номер i , а w е коефициентът на съпротивление при търкаляне на ролката комплект:

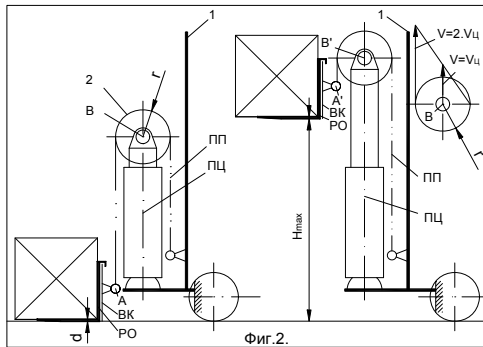
$$(8) \quad w = \frac{2 \cdot w' + \mu \cdot d}{D} \cdot \beta [1,2,3],$$

Където: w' е коефициентът триене при търкаляне на ролка по носещата повърхнина; μ - коефициент на триене при търкаляне на лагер; β - коефициентът, отчитащ триенето в страничните ролки [1]; D - диаметърът на търкаляне на ролката; d - диаметърът на шийката на лагера.

За определяне на силата в повдигателния цилиндър се прилага израза (4), който израз се адаптира към кокретната кинематична схема, като се използват стойностите на ПО k_i и k_{Pj} . Ако T_{BK} е сила на триене в ролките на ВК; T_{P1} е силата на триене в ролките на подвижна мачта с номер $i = 1$; T_{P2} -силата на

триене в ролките на подвижна мачта с номер $i = 2$; G_{BK} - тегло на ВК; G_{PO} - теглото на работния орган; Q - теглото на товара; G_1 - теглото на мачта с номер $i = 1$; G_2 - теглото на мачта с номер $i = 2$; Използват се и резултатите от кинематичния анализ на съответната кинематична схема [4].

Сила в ПЦ и в една верига на ПУ с една рамка - фиг.2.



Силата в ПЦ се определя от израза:
(9)

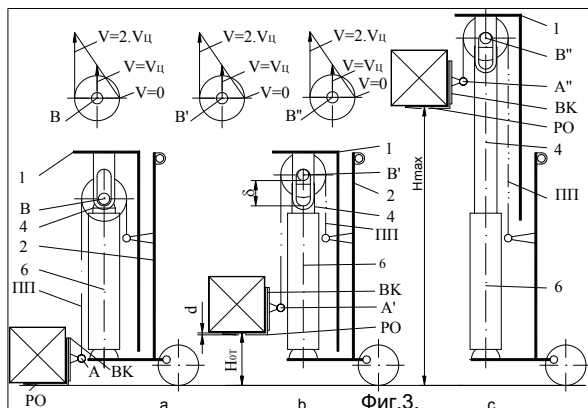
$$P_{Ц} = 2.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 2.T_{BK}.$$

Силата в една верига P_B от ПП се определя от израза:

$$(10) \quad P_B = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK}) + T_{BK}.$$

Тук n е брой на веригите в ПП $n = 1, 2$; а T_{BK} са сили от триене в ролките на ВК.

Сила в ПЦ и в една верига на двойно телескопична ПУ с нормална видимост и транспортен свободен ход-фиг.3.



Силата в ПЦ се определя от израза:

$$(11) \quad P_{Ц} = 2.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 1.G_1 + 1.G_{ППЦ} + 2.T_{BK} + 1.T_{P1},$$

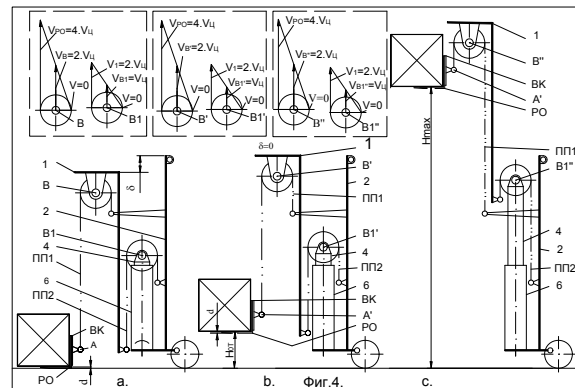
където: G_1 е теглото на рамка 1, T_{P1} - силата от триене в ролките на рамка 1; G_B - теглото на буталото и буталния прът на ПЦ.

Силата в една верига P_B от ПП се определя от израза:

$$(12) \quad P_B = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}),$$

където n е брой на веригите в ПП, $n = 1, 2$.

Сила в ПЦ и една верига на всеки ПП на двойно телескопична ПУ с повишена видимост и работен свободен ход-фиг.4.



Силата в ПЦ във втория му ход е по голяма, защото се повдигат повече маси и се определя от израза:

$$(13) \quad P_{ЦII} = 4.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 2.G_1 + G_B + 2.T_{BK} + 2.T_{P1}.$$

Силата в една верига P_{B1} от полиспасть ПП2 се определя от израза:

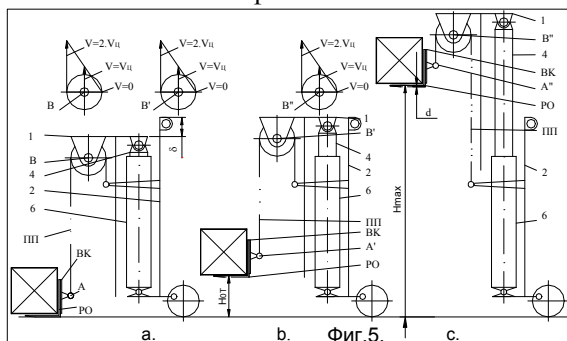
$$(14) \quad P_{B1} = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}).$$

Силата в една верига P_{B2} от полиспасть ПП1 се определя от израза:

$$(15) \quad P_{B2} = \frac{1}{n} [2.(Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}) + 1.G_1 + 2.T_{BK} + 1.T_{P1}].$$

Тук n е броят на веригите в ПП- $n = 1, 2$.

Сила в ПЦ и в една верига на ПП на двойно телескопична ПУ с повишена видимост и транспортен свободен ход - фиг.5.



Силата в ПЦ се определя от израза:

$$(16) \quad P_{Ц} = 2.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 1.G_1 + 1.G_{ПП} + 2.T_{BK} + 1.T_{P1},$$

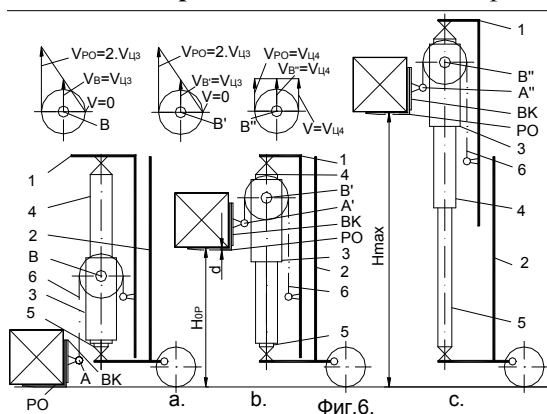
където: G_1 е теглото на рамка 1, T_{P1} - силата от триене в ролките на рамка 1; $G_{ПП}$ - теглото на ПЦ.

Силата в една верига P_B от ПП се определя от израза:

$$(17) \quad P_B = \frac{1}{n}(Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}),$$

където n е брой на веригите в ПП, $n = 1,2$.

Сила в ПЦ и в една верига на ПП на двойно телескопична ПУ с нормална видимост и работен свободен ход - фиг.6.



Силата в ПЦ при втората степен е по-голяма и се определя от израза:

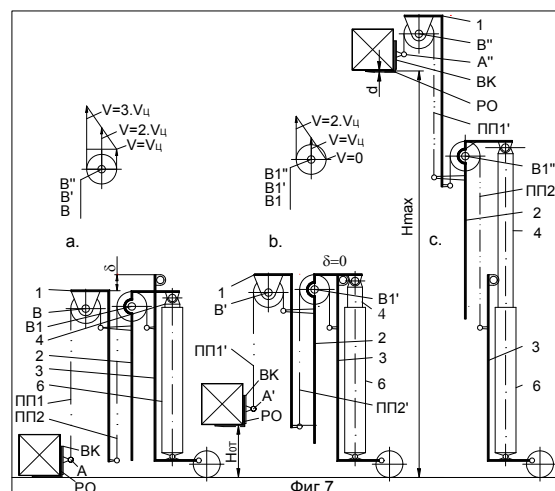
$$(18) \quad P_{ЦII} = 1.(Q + G_{PO} + G_{BK} + G_1 + G_{B3} + G_{B4}) + 1.T_{P1}.$$

Силата в една верига P_B от полиспаста се определя за първия ход на повдигателния цилиндър от израза:

$$(19) \quad P_B = \frac{1}{n}(2.Q + 2.G_{PO} + 2.G_{BK} + 2.T_{BK}).$$

Тук n е брой на веригите в ПП $n = 1,2$.

Сила в ПЦ и в една верига на всеки ПП на тройно телескопична ПУ с нормална видимост и транспортен свободен ход - фиг.7.



Силата в ПЦ се определя от израза:

$$(20) \quad P_{Ц} = 3.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 2.G_1 + 1.G_2 + G_{B4} + 1.T_{BK} + 1.T_{P1} + 1.T_{P2}.$$

Силата в една верига P_{B1} от ПП 4 се определя от израза:

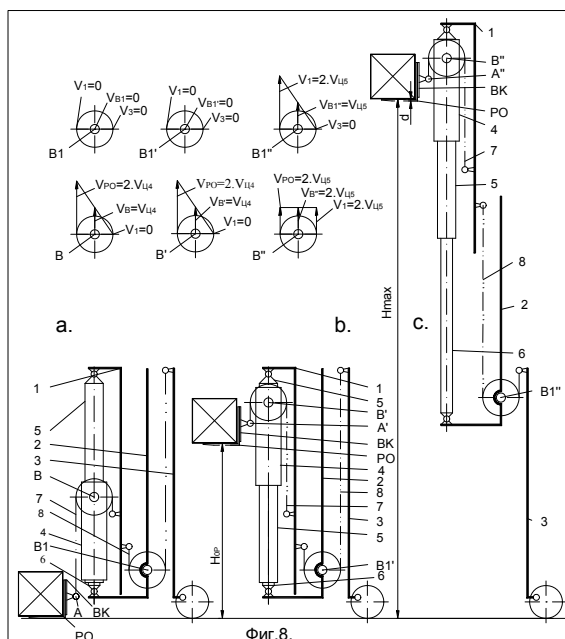
$$(21) \quad P_{B1} = \frac{1}{n}(Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}).$$

Силата в една верига P_{B2} от ПП 5 се определя от израза:

$$(22) \quad P_{B2} = \frac{1}{n}[2.(Q + G_{PO} + G_{BK}) + 2.G_1 + 1.G_2 + 2.T_{BK} + 1.T_{P1} + \frac{1}{2}.T_{P2}].$$

Тук n е брой на веригите в полиспаста $n = 1,2$.

Сила в ПЦ и в една верига на всеки ПП на тройно телескопична ПУ с нормална видимост и работен свободен ход-фиг. 8.



Силата в ПЦ се определя за втория му ход с израза:

$$(23) \quad P_{ЦП} = 2 \cdot (Q + G_{PO} + G_{BK} + G_1 + G_{B4} + G_{B5}) + 1 \cdot G_1 + G_{B6} + 1 \cdot T_{P1} + 1 \cdot T_{P2}.$$

Силата в една верига P_{B1} от ПП4 се определя с израза:

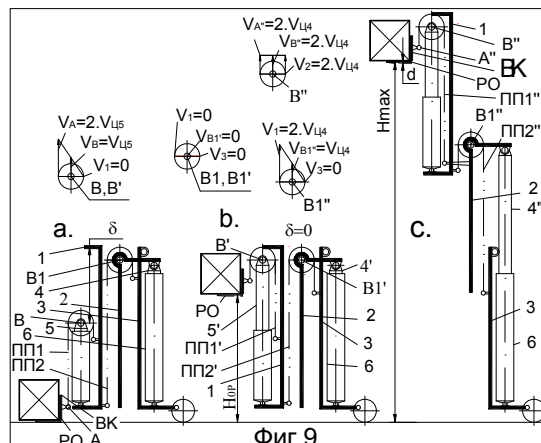
$$(24) \quad P_{B1} = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}).$$

Силата в една верига P_{B2} от ПП5 се определя с израза:

$$(25) \quad P_{B2} = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + \frac{G_1 + G_2 + G_{ЦЦ} + T_{P1} + T_{P2}}{2}).$$

Тук n е брой на веригите в ПП $n = 1, 2$.

Сила в ПЦ и в една верига на всеки ПП на тройно телескопична ПУ с повишена видимост и работен свободен ход-фиг. 9.



Работен свободен ход.

Силата в първия ПЦ се определя за втория му ход от израза:

$$(26) \quad P_{Ц1} = 2 \cdot (Q + G_{PO} + G_{BK} + G_{БЦЦ5}) + 1 \cdot G_{БЦЦ5} + 2 \cdot T_{P1},$$

където: $G_{БЦЦ5}$ и $G_{ВЦЦ5}$ са теглото съответно на буталото с буталния прът на ПЦ5 и на външния цилиндър на ПЦ5.

Силата в една верига P_{B1} от ПП1 се определя от израза:

$$(27) \quad P_{B1} = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + T_{BK}).$$

Ход повдигане:

$$(28) \quad P_{Ц2} = 2 \cdot (Q + G_{PO} + G_{BK} + G_1 + G_{ЦЦ5}) + G_2 + G_{B4} + G_{Ц6} + 2 \cdot T_{P1} + T_{P2},$$

където: $G_{ЦЦ5}$ е теглото на ПЦ5; G_{B4} -теглото на буталото и буталния прът на втория ПЦ; $G_{Ц6}$ -теглотона външния цилиндър 6.

Силата в една верига P_{B2} от ПП2 се определя от израза:

$$(29) \quad P_{B2} = \frac{1}{n} (Q + G_{PO} + G_{BK} + G_1 + G_{ЦЦ5} + T_{P1}).$$

Тук n е брой на веригите в ПП $n = 1, 2$.

Резултати: Изведени са изрази за силите в ПЩ и във веригите на ПП на осем масово употребявани схеми на ПУ за кари.

Изводи: Получените изрази могат да се употребяват при извършване на конструктивни изчисления и проверки на нови конструкции ПУ за кари, при извършване на силов анализ на образци на конкурентни производители и при извършване на изпитване на машини и ПУ и при настройване на изпитвателна апаратура, при изучаване на повдигателните уредби.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Георгиев Г. Д. “Проектиране, конструиране и изчисляване на кара” София – ТЕХНИКА- 1980 г.
- [2] Оракалиев Д. и к-в. „Електрокари” – София – ТЕХНИКА - 1974 г.
- [3] Дивизиев В. „Основи на товароподемните машини”-София - ТЕХНИКА - 1986 г.
- [4] Петров П. И. „Кинематичен анализ на повдигателни уредби на кари”, Научна конференция 2009 г. ВТУ „Т.Каблешков”, София, 2009 г.

FORCES IN HOISTING CYLINDER AND IN PULLEY BLOCK CHAINS OF AN INDUSTRIAL TRUCK LIFTING GEAR

Petar Petrov

Todor Kableshkov Higher School of Transport, 158 Geo Milev Street, Sofia
BULGARIA

Key words: *Lifting gear, hoisting cylinder, pulley block, chain*

Abstract: *Expressions have been worked out as to forces in hoisting cylinder and in pulley blocks' chains in case of eight frequently used charts describing industrial trucks' lifting gear. Derived expressions can be implemented in design calculations and checks of new types of industrial trucks' lifting gear, in forces analysis of competitive producers' samples and tests of machines and lifting gear, in tuning of testing equipment.*