

POSSIBILITY OF LIMITING THE LOAD CAPACITY OF ELECTRIC HOISTS¹⁰

Assoc. Prof. Toni Uzunov, PhD

Department of Repair, Reliability, Mechanisms, Machines, Logistics and Chemical Technologies

“Angel Kanchev” Univesity of Ruse

Phone: +359 82 888 239

E-mail: tuzunov@uni-ruse.bg

Abstract: *The present work shows the structure and the work principle of lifting capacity restrictor. The restrictor is build in a reducer of an electric hoist's lifting mechanism and consist parallel working friction safety clutch and unidirectional roller clutch with blocking mechanism. That construction turn out when the load is bigger than the admissible, it does not decrease the real safety factor of break stopping and does not admit uncontrollable lowering of load when the load is lifted and outweigh the admissible load.*

Keywords: *electric hoist, lifting capacity restrictor*

ВЪВЕДЕНИЕ

Ежедневно конструкциите на крановете са предмет на груба употреба и небрежност. Често дори и 100% претоварване не би довело до някаква непосредствена опасност. Така или иначе, разрушаването (износването) на стоманеното въже ще се увеличи значително като резултат от претоварването.

Проучванията по време на експлоатация на крановете показват, че падането на товарите се дължи основно на 2 причини: разрушаване на въжето или на динамични натоварвания над допустимите (Uzunov, T. 2021^b). Предотвратяването на тези причини би намалило падането на товарите с 90%.

Претоварване се забелязва при следните случаи:

- Вдигане на товари с тегло над максимално допустимото - често се случва поради незнание за собственото тегло на самия товар. Претоварването увеличава износването на стоманеното въже и е възможно да стане непосредствена заплаха (Nikolov M., & I. Todorov. 2016);

- Закачане на товара - случва се когато товарът се закачи на нещо или когато се е залепил;
- Блоков удар - в случаите, в които огарничителя на височината на вдигане се повреди или друга причина доведе до пренавиване, при което ролковия блок с куката се удари в основния подемен механизъм;

- Рязко повдигане - подемният или ходовият механизъм е достигнал определена скорост преди товарът да е вдигнат. Поради кинетичната енергия на движещия се или въртящ се механизъм се причинява претоварване на крановите елементи (Uzunov, T. 2021^a).

Предназначението на ограничителя на товароподемност е да осигури управление на подемния механизъм със система за изключване, командвана от самия товар, която трябва да сработи и предотврати вдигането на товар с тегло по-голямо от номиналното.

В действащите нормативни документи главните изисквания, които се предявяват към ограничителя на товароподемност са (Rachev, D. 1980):

- той трябва да сработва при превишаване на товароподемността Q_F с не-повече от 10%;

¹⁰ Докладът е представен на научната сесия на секция „Ремонт и надеждност“ на 28 октомври 2022 г. с оригинално заглавие на български език: ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ОГРАНИЧАВАНЕ ТОВАРОПОДЕМНОСТТА НА ЕЛЕКТРОТЕЛФЕРИ

- ограничителя на товароподемност на кранове с две или повече характеристики (скорости) трябва да действа при работа на крана в съответствие с всичките му характеристики;

- при задействане на ограничителя, товара не трябва да се повдига на повече от 50mm от опорната повърхнина.

Задачата за създаване на надеждни ограничители е усложнена не само от технически, но и от икономически изисквания, тъй като е недопустимо използването на ограничител с висока себестойност, като се има предвид относително ниските цени на серийно произвежданите електротелфери.

Известни са ограничители на товароподемност, представляващи триещ предпазен съединител, който се поставя на един от валовите на редуктора на подемния механизъм.

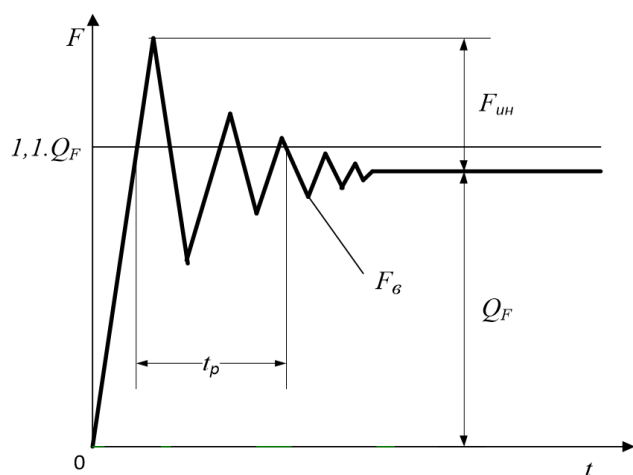
Характерно за работата на тези ограничители е че в процеса на ускоряване на товара те приплъзват, в резултат на което времето за ускоряване се увеличава и действащите инерционни сили в гъвкавия елемент намаляват. С това се намалява и динамичното натоварване на елементите на електротелфера и металната конструкция (Uzunov, T. 2022), (Uzunov, T., & I. Todorov. 2021).

Недостатък на тези ограничители е намаляването на действителния коефициент на сигурност на спиране на спирачката, тъй като триещият предпазни съединител се настройва да приплъзне при възникване на момент превишаващ номиналния 1,1 пъти, а спирачката в зависимост от режима на работа на подемния механизъм трябва да реализира спирачен момент от 1,5 до 2,5 пъти по-голям от момента на номиналния товар.

Друг недостатък на този тип ограничители на товароподемността е, че при вдигнат товар в случай на донатоварване на подемния механизъм с товар превишаващ допустимия, ще възникне самопроизволно спускане на товара, вследствие приплъзването на триещия предпазен съединител.

Съществуват и ограничители на товароподемността, при които силата в гъвкавия елемент F_g с помощта на датчик се преобразува в сигнал, който се приема, преработва и сравнява в изключващ блок.

При тези ограничители в кинематичната верига между товара и електродвигателя няма триещ елемент, с което се избягват недостатъците на горе споменатия тип ограничител на товароподемността.



Фиг. 1. Сила в гъвкавия елемент в процес на ускоряване на товара

Характерно за работата на тези ограничители е, че в следствие инерционните сили $F_{ин}$ възникващи в процеса на ускоряване на товара, силата в гъвкавия елемент е значително по-голяма от нивото на сработване $1,1.Q_F$, показано на фиг. 1.

За избягване реагирането на датчика, предизвикано от инерционната сила $F_{ин}$, задействането на системата за изключване на електродвигателя се забавя с време за реагиране $t_p \leq 2,5s$ (фиг.1), за което силата в гъвкавия елемент ще стане $F_g \leq 1,1.Q_F$.

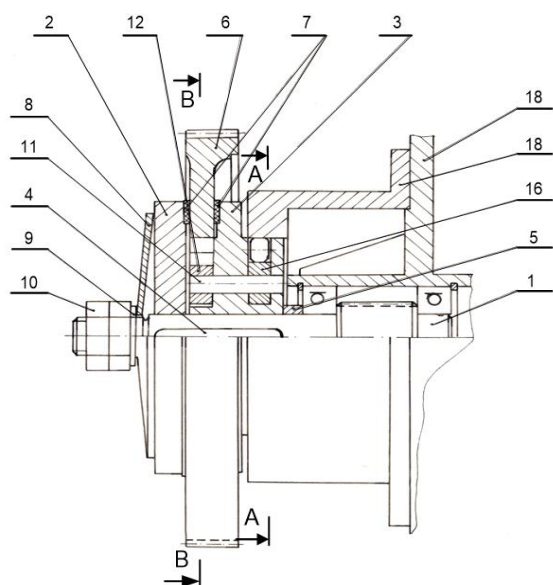
Недостатък на тези ограничители, е че в случаите на вдигане на товар по-голям от $1,1.Q_F$, това забавяне ще позволи вдигане на товара от пода, при което елементите на електротелфера и металната конструкция, на която той е монтиран ще се натоварват със сили по-големи от допустимите, с всички последствия от това.

Целта на работата е да се създаде ограничител на товароподемността, който да обедини положителните качества на споменатите по-горе. А именно да не разрешава вдигане на товар по-голям от допустимия, да не намалява регламентирания коефициент на сигурност на спиране на спирачката и да не допуска самопроизволно спускане на товара при донатоварване на вдигнат товар превишаващ допустимия.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Устройство на ограничител на товароподемността

Задачата е решена, като се предлага конструкция на ограничител на товароподемността, състоящ се от поставени върху вал на редуктор за подемен механизъм на електротелфер паралелно действащи триещ предпазен съединител и ролков еднопосочен съединител, с блокиращо устройство.

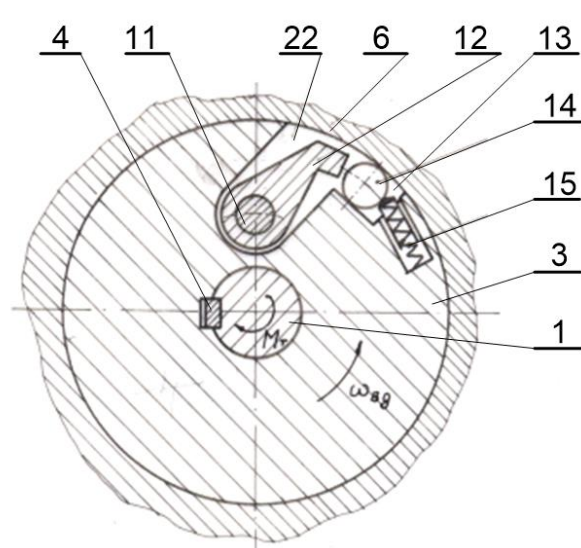
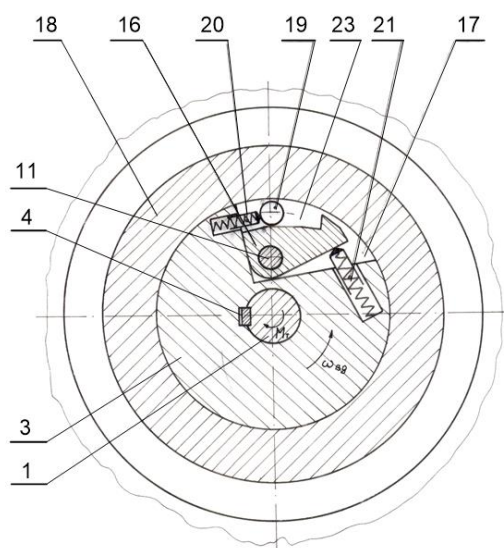


Фиг. 2. Общ вид на ограничител на товароподемността

Елементите на триещият предпазен съединител са следните. На вал 1, от фигури 2 и 3 са поставени притискателен диск 2 и главина 3 неподвижно свързани с вала, посредством шпонка 4. Главината е едностранно ограничена в осово направление посредством втулка 5. Върху цилиндричната част на главината е поставено двигателно зъбно колело 6 с възможност за въртливо движение спрямо главината. На двигателното зъбно колело е оформена дискова част до която се притискат фрикционни дискове 7. Притискането се осъществява чрез притискателния диск, дискова пружина 8, шайба 9, гайка и контрагайка 10 и главината 3.

A-A

B-B



Фиг. 3. Разреси А-А и В-В от фигура 2

Елементите на ролковия еднопосочен съединител (фиг. 2 и фиг. 3) са двигателното зъбно колело 6, главината 3 с изработено в нея първо клиново гнездо 13, първа ролка 14, до която се допира една първа изтласкваща пружина 15 поставена в отвор изработен в главината.

Блокиращото устройство показано на фигури 2 и 3 се състои от главината 3, в която е поставена свободно въртяща се ос 11, на която е закрепена неподвижно ключалка 12. Ключалката е поместена в първо гнездо 22. На същата ос 11 неподвижно е закрепена гърбица 16, която има възможност да се завърта заедно с оста и ключалката 12 в двете посоки.

Гърбицата е поместена във второ гнездо 17, изработено в главината 3. В част от пространството между гърбицата 16 и цилиндричната част на корпуса 18 е оформено второ клиново гнездо 23, в което е поставена втора ролка 19. До ролката се допира втора изтласкваща пружина 20, която притиска ролката към корпуса 18 и гърбицата 16. Трета изтласкваща пружина 21, поставена в отвор в главината се допира до гърбицата 16 и се стреми да я завърти по посока обратно на часовниковата стрелка.

За осигуряване на необходимия коефициент на сигурност на спиране на спирачката триещият предпазен съединител и ролковия еднопосочен съединител в посока на спускане на товара трябва да работят паралелно и да предават момент равен или по-голям от приведения към вала 1 момент на спирачката.

Това се постига, като триещият предпазен съединител се настройва да предава момент равен на приведения момент създаван от допустимия товар, а ролковия еднопосочен съединител е с възможност да предава момент равен или по-голям от разликата между приведения спирачен момент на спирачката и момента на триещия предпазен съединител.

При подемния механизъм момента създаван от товара МТ, приложен върху вала 1 действа винаги в една посока, както е показано на фиг. 3 и фиг. 4. В такъв случай ролковия еднопосочен съединител ще предава въртящия момент и в двете посоки на въртене. За да се избегне този ефект се използва блокиращото устройство, което позволява при вдигане на товар, момента да се предава само от триещия предпазен съединител, а при спускане на товара да се предава едновременно от двата съединителя.

Принцип на действие

Интерес представлява работата на ограничителя на товароподемността при манипулиране на товар по-голям от допустимия.

При вдигане на товар от пода, до обикането на хлабините в кинематичната верига от товара до ограничителя на товароподемността, момента на триещия предпазен съединител е достатъчно голям и двигателното зъбно колело 6, притискателния диск 2, главината 3 и вала 1 се движат с еднаква ъглова скорост, както е показано на фиг. 3. В този случай втората ролка 19, вследствие силите на триене между нея, гърбицата 16 и цилиндричната част на корпуса 18 се придвижва по повърхнината на контакт с гърбицата, при което гърбицата заедно с оста 11 и ключалката 12 се завъртат по посока на часовниковата стрелка. Завъртането на гърбицата увеличава ъгъла на заклиняване на втората ролка, при което силите на триене между ролката и цилиндричната част на корпуса стават малки и движението на ролката по гърбицата се прекратява. Завъртаната ключалка изтласква първата ролка 14 към широката част на клиновото гнездо 13, при което между ролката и двигателното зъбно колело се получава хлабина и ролковият еднопосочен съединител не може да предава момент.

След обикане на хлабините двигателният момент нараства пропорционално на момента на товара и при достигане на стойност по-голяма от тази за която е настроен триещият предпазен съединител започва приплъзване между двигателното зъбно колело и фрикционните дискове 7, вследствие на което товара не се вдига.

В случаите на донатоварване на висящ товар над допустимия, момента от теглото на товара МТ става по-голям от момента на триещия съединител. Притискателния диск 2 приплъзва по двигателното зъбно колело, намиращо се в покой, при което вала и главината се завъртат по посока на момента от товара. Ролката 19, вследствие силите на триене между нея и корпуса се придвижва към широката част на клиновото гнездо 23. Пружината 21 завърта гърбицата, оста и ключалката обратно на часовниковата стрелка при което ключалката се

отделя от ролката 14, която под действие на силите на триене между нея и главината и зъбното колело се заклинява в гнездото 13 и движението на главината и съответно на товара се преустановява. С това се прекратява самопроизволно спускане на товара.

По същия начин ограничителя на товароподемност действа и при спиране на подемния механизъм с товар равен или близък до номиналния. В този случай относителното завъртане на главината спрямо двигателното зъбно колело и корпуса се предизвиква от възникващите инерционни сили. По този начин се запазва и регламентирания коефициент на сигурност на спиране на спирачката.

В случай на спускане на товар зъбното колело, главината и гърбицата се въртят по посока на момента на товара МТ и аналогично на казаното по-горе ключалката се отделя от ролката 14, която под действие на свитата пружина 15 се притиска и премества към тясната част на клиновото гнездо 13, при което триещият предпазен съединител и ролковия едноръчен съединител ще работят паралелно. С това се осигурява контролирано спускане на товар по-голям от допустимия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложена е една оригинална конструкция на ограничител на товароподемността, който освен основното си предназначение, да не вдига товар по-голям от допустимия, има и следните допълнителни възможности:

- да не допуска самопроизволно спускане на товар превишаващ допустимия;
- да осигурява контролирано спускане на товар по-голям от допустимия;
- да запазва регламентирания коефициент на сигурност на спиране на спирачката;
- да сработва за по-кратко време в сравнение с ограничителя на товароподемността с датчик в гъвкавия елемент.

REFERENCES

Nikolov M., & I. Todorov. (2016), *A research about influence of overlaying speed upon electrical parameters the process during vibrating arc overlaying of worn parts of transportational and agricultural machinery in ashield of argon*. In Agricultural, forest and transport machinery and technologies, No 1, Volume II, pp. 28-34, ISSN 2367-5888.

Rachev, D. (1980). *Electric hoist motors*. Sofia: Technique (*Оригинално заглавие: Рачев Д. 1980. Телферни електродвигатели. София, Техника.*).

Uzunov, T. (2022). *Modeling of dynamic processes when a cone shaped electric hoist motor is established to wor*. Paper presented at the XIX International Scientific Congress Machines. Technologies. Materials, Bulgaria, Vol. 1, pp. 32-34.

Uzunov, T. (2021)^a. *Investigation of the axial movement of the rotor when switching on a conical hoist electric motor*. Paper presented at the IX International Scientific Conference Technics. Technologies. Education. Safety. 07-10.06.2021, vol. 1, pp.11-13, Borovets, Bulgaria.

Uzunov, T. (2021)^b. *Modeling of dynamic processes when starting a electric hoist motor*. Paper presented at the Proceedings of University of Ruse - 2021, volume 60, book 1.1., pp. 69-74.

Uzunov, T., & I. Todorov. (2021). *Theoretical investigation of the dynamic loading of a lifting mechanism*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings Transport, Ecology - Sustainable Development EKO Varna, Vol. 2439, s. 1, pp. 020025-1–020025-6.