УДК 621.313

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОДЪЁМНОГО УСИЛИЯ ДОМКРАТА

DETERMINATION OF THE LIFTING FORCE OF THE JACK

Попов Сергей Анатольевич
кандидат технических наук,
доцент,
Кубанский государственный технологический университет
sa_popov@indbox.ru

Дускаев Роман Ринатович
студент,
Кубанский государственный технологический университет
romanduskaev@yandex.ru

Аннотация. Статья посвящена определению подъёмного усилия домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса. Разработанная конструкция подъемника, отличается повышенной грузоподъемностью, достигаемой за счет дополнительного увеличения крутящего момента передаваемого на гайку электропривода домкрата за счет встроенной двухступенчатой передачи, понижающей частоту вращения, но одновременно увеличивающей вращающий момент, передаваемый от ротора к гайке. Данная конструкция позволит осуществлять плавный подъем и опускание груза при его повышенной грузоподъемности и точной фиксации исполнительного органа электропривода, что дает возможность применять его для работы в сложных климатических условиях.

Ключевые слова: двухступенчатая передача, гайка+винт, самотормозящий винтовой домкрат, аксиальный электродвигатель, крутящий момент, подъёмное усилие.

Popov Sergey Anatolyevich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Kuban State Technological University
sa_popov@indbox.ru

Duskaev Roman Rinatovich
Student,
Kuban State Technological University
romanduskaev@yandex.ru

Annotation. The article is devoted to the definition of the lifting force of a jack for cargo operations at enterprises of the oil and gas complex. The developed design of the lift is characterized by an increased load capacity, achieved by an additional increase in the torque transmitted to the nut of the electric drive of the jack due to the built-in two-stage transmission, which reduces the speed of rotation, but at the same time increases the torque transmitted from the rotor to the nut. This design will allow for smooth lifting and lowering of the load with its increased load capacity and precise fixation of the actuator, which makes it possible to use it to work in difficult climatic conditions.

Keywords: two-stage transmission, nut-screw, self-braking screw jack, axial electric motor, torque, lifting force.

Подъемно-транспортные установки, в частности домкраты [1] – [3], активно применяемые в большинстве производств нефтегазового комплекса [4], [5] , предназначены для подъема грузов на небольшую высоту и нашли широкое применение при монтажных работах-подъемах с фиксацией механизмов.

В конструкции электропривода домкрата применяется двухступенчатая передача гайка – винт с увеличенным крутящим моментом, передаваемым на гайку, а также с компактностью и плавностью хода.

Поступательное перемещение S гайки:

$$S = \frac{\varphi p_p k}{2\pi}, \quad (1)$$

где φ – угол поворота винта; p_p – шаг резьбы; k – число заходов резьбы.

Вращающий момент:

$$M = F_c \frac{d_{\text{ср}}}{2} \tan(\psi + p_c), \quad (2)$$

где $F_c = F_t \tan\alpha$ – сила, приложенная к поступательно движущемуся винту и, соответственно, к поднимаемому грузу, Н; $d_{\text{ср}}$ – средний диаметр резьбы, мм; ψ – угол подъема винтовой линии; p_c – приведенный угол трения скольжения.

Выражение (2) можно записать в виде:

$$M = \frac{F_t \tan\alpha d_{\text{ср}}}{2} \tan(\psi + p_c), \quad (3)$$

где F_t – осевая сила центрального зубчатого колеса и сателлита.

В целях определения параметров аксиального электродвигателя используем выражение для машинной постоянной аксиальных электрических машин:

$$D_{\text{ср}}^2 l_\delta = \frac{6{,}1\cdot 10^5 P'}{\alpha_\delta k_\delta k_{\text{об}} A B_\delta n'}, \quad (4)$$

где $D_{\text{ср}}$ – средний диаметр активной поверхности, м; l_δ – активная длина, м; $P' = P_{\text{эм}}$ – расчетная мощность, кВт; A – линейная нагрузка на среднем диаметре , А/м; B_δ – амплитуда индукции в зазоре, Тл; α_δ – коэффициент уплощения; k_δ – коэффициент формы кривой поля; $k_{\text{об}}$ – обмоточный коэффициент.

Из формулы (3) с учетом выражения (4) имеем:

$$\text{М}_{\text{в}} = \frac{1}{2\cdot 6{,}1\cdot 10^5}\alpha_\delta k_\delta k_{\text{об}} A B_\delta n'. \quad (5)$$

Используя выражение (3) и (5), определим подъемную силу передачи к:

$$F_t = \frac{D_{\text{ср}} l_\delta \alpha_\delta k_\delta k_{\text{об}} A B_\delta n'}{6{,}1\cdot 10^5 \tan\alpha d_{\text{ср}} \tan(\psi + p_c)}. \quad (6)$$

Полученное выражение показывает, что расчетное осевое усилие, необходимое для подъема и опускания груза самотормозящегося винтового домкрата с аксиальным электродвигателем, зависит от выбранных электромагнитных нагрузок, объема активных материалов магнитопровода и обратно пропорционально от типа и профиля резьбы, а также силы, возникающей в передаче сателлит – центральное зубчатое колесо, которое неподвижно закреплено на гайке.

Результаты исследования могут быть использованы для оптимизации конструкции винтовых домкратов и повышения их эксплуатационных характеристик.

Список литературы:

1. Попов С.А. Определение зависимости подъемного усилия самотормозящегося винтового домкрата с аксиальным электродвигателем от его параметров / С.А. Попов, П.Ю. Пономарев; Под общ. ред. Т.М. Сигитова // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. сборник статей студентов, магистрантов, аспирантов, молодых ученых и преподавателей. – Пермь : ИП Сигитов Т.М., 2017. – С. 30–31.

2. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата повышенной эффективности / С.А. Попов [и др.] // Материалы I Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и преподавателей, посвященной 60-летию со дня образования Армавирского механико-технологического института (АМТИ) «Современные электротехнические и информационные комплексы и системы» г. Армавир, Россия, 15–16 ноября 2019 г. – Армавир. 2019. – С. 15–19

3. Попов С.А. Разработка конструктивно–интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на береговых объектах / С.А. Попов, В.Е. Нечесов, С.В. Попова // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. – 2019. – Т. 11. – № 5. – С. 920–931.

4. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса / С.А. Попов [и др.] // Материалы IV Международной научно-практической конференции «Булатовские чтения» – Краснодар : Издательский Дом – Юг. – 2020. – 346 с. – С. 327–330.

5. Разработка конструктивно-интегрированного электропривода домкрата для грузовых операций на предприятиях нефтегазового комплекса / С.А. Попов [и др.] // Булатовские чтения. – 2020. – Т. 6. – С. 327–330.

List of references:

1. Popov S.A. Determination of the dependence of the lifting force of a self-braking screw jack with an axial electric motor on its parameters / S.A. Popov, P.Y. Ponomarev; Under the general editorship of T.M. Sigitova // Development of modern science: theoretical and applied aspects. Collection of articles by students, undergraduates, postgraduates, young scientists and teachers. – Perm : IP Sigitov T.M., 2017. – P. 30–31.

2. Development of a structurally integrated electric jack drive with increased efficiency / S.A. Popov [et al.] // Proceedings of the I International Scientific and Practical Conference of Students, postgraduates and teachers dedicated to the 60th anniversary of the Armavir Institute of Mechanics and Technology (AMTI) «Modern electrotechnical and information complexes and systems» Armavir, November 15–16, 2019. – Armavir, 2019. – P. 15–19

3. Popov S.A. Development of a structurally integrated electric jack drive for cargo operations at coastal facilities / S.A. Popov, V.E. Nechesov, S.V. Popova // Vestnik of the Admiral S. O. Makarov State University of the Marine and River Fleet. – 2019. – Vol. 11. – № 5. – P. 920–931

4. Development of a structurally integrated electric jack drive for cargo operations at oil and gas complex enterprises / S.A. Popov [et al.] // Proceedings of the IV International scientific and practical conference «Bulatovskie readings». – Krasnodar : Publishing House – Yug. – 2020. – 346 p. – P. 327–330.

5. Development of a structurally integrated electric jack drive for cargo operations at oil and gas complex enterprises / S.A. Popov [et al.] // Bulatovskie readings. – 2020. – Vol. 6. – P. 327–330.