

References

1. Baran A.N. Tekhnologicheskoe deistvie elektricheskogo toka i optimizatsiya ego parametrov pri obrabotke solomy v shchelochnykh sredakh [Technological action of electric current and its parameters optimization treating straw in alkaline conditions]: Abstract of diss. ... cand of Tech Sci. M.: AURIEA, 1984. 24 p.
2. Kazakov E.D. Biokhimiya zerna i khleboproduktov [Biochemistry of crops and bread products]: manual. 3^d edition, revised and enlarged. Spb.: GIOR, 2005. 512 p.
3. Kardashov P.V., Litskevich E.I. Osnovy mekhanizma elektroobrabotki furazhnogo zerna [The foundations of electrotreatment mechanism of feed grains] // Materials from International Scientific and technical Conference dedicated to the 50th Anniversary of agro-energy faculty Belarusian State Agrarian Technical University, 22-23 November 2007 / under the editorship of M.A. Prishchepov. Minsk, 2007. Pp. 235-237.
4. Kardashov P.V., Nikolaenok M.M., Pashinskiy V.A. Elektroobrabotka povyshayet perevarimost' korma [Electrotreatment improves digestibility of feed] // Country mechanic. 2008. Issue 10. Pp. 38-39.
5. Korko V.S. Razrabotka elektrogidrotermicheskogo sposoba obrabotki furazhnogo zerna [Investigation the electro-hydrothermal way of treatment of feed grains]: Abstract of diss. ... cand of Tech Sci. M.: AURIEA, 1984. 24 p.
6. Rodionov S.N. Povyshenie effektivnosti kormleniya tsiplyat-broilerov pri ipol'zovanii kormov, obrabotannykh elektrofizicheskimi metodami [Effectivization of broiler chickens feeding using feeds, treated by electrophysical methods]: Abstract of diss. ... cand of Agr. Sci. Volgograd, 2011. 21 p.
7. Issledovanie biologicheskogo effekta SVCh-izlucheniya pri vozdeistvii na zerna pshenitsy [Research of biological effect of microwave radiation while cultivating wheat crops] / R.N. Nikulin, M.P. Nikulina, E.A. Epifanova, E.V. Glukhova, M.A. Sgibneva // Izvestiya VolgSTU. Ser. "Electronics, measuring technology, radio engineering and communication". Vol. 12. Volgograd, 2015. Issue 11(176). Pp. 52-59.
8. Konstruktsii ustroystv dlya predposevnoy obrabotki semyan davleniem [Mechanisms constructions for preplanting cultivation of seeds by pressure] / V.V. Fomichenko, A.B. Golovanchikov, S.L. Belopukhov, E.E. Nefedjeva // Izv.univ. applied chemistry and biotechnology. 2012. Issue 2. Pp. 128-131.

Received on October 5, 2016

УДК 621(075.8)

ПАВЛОВ АЛЕКСАНДР ЕГОРОВИЧ, канд. физ.-мат. наук, доцент

E-mail: alexpavlov60@mail.ru

СОРОКИН СЕРГЕЙ ВАСИЛЬЕВИЧ, канд. техн. наук, доцент

E-mail: sergsor2011@yandex.ru

ПАВЛОВА ЛАРИСА АЛЕКСАНДРОВНА, доцент

E-mail: krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru

Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

РАСЧЁТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ РОБОТА-УКЛАДЧИКА

Исследование относится к агропромышленному оборудованию, в частности, к укладчикам штучных продуктов в тару, устанавливаемых в роботизированных линиях фасования, укладки и упаковки различных продуктов в тару (коробки, контейнеры). В последние годы наблюдается широкое внедрение автоматизированной укладочной техники, позволяющей исключить монотонный ручной труд. Выполнен кинематический и динамический синтез двухосевого рычажного плоского механизма укладчика штучных пищевых продуктов в торговую тару. Аналитическим методом обоснованы уравнения движения ведущих звеньев (двух ползунов) механизма, которые однозначно задают в координатной форме уравнения движения схвата во время его рабочего и холостого ходов. Скорость и ускорение перемещаемого продукта найдены дифференцированием уравнений движения схвата. Выполнен анализ сил, приложенных к схвату при рабочем ходе. Составлено общее уравнение динамики материальной точки на основе принципа Даламбера-Лагранжа. Таким образом, предложенная методика позволяет рассчитать суммарную мощность двигателей ползунов при транспортировании продукта, заданной

массы, вакуумным схватом в тару. Зная максимальную мощность двух серводвигателей, приводящих укладчик, и введя определенный запас мощности на потери трения в кинематической цепи, можно обоснованно произвести их выбор.

Ключевые слова: укладчик, кинематика вакуумного схвата, общее уравнение динамики материальной точки, расчёт мощности.

Введение. Современное состояние управляющих и информационно-измерительных средств позволяет создавать роботизированные комплексы из технологического и транспортного оборудования. Наиболее рациональными для роботизации оказались операции на выходах технологических процессов, например, укладка продуктов различного ассортимента в тару [1, 2]. Данный плоский механизм (рис. 1) предназначен для захвата, переноса и укладки продукта, подаваемого транспортёром I, в тару (коробку, подложку), находящуюся на транспортёре II упаковочной машины.

Цель исследований – нахождение формулы для расчёта мощности двигателей, обеспечивающих рассматриваемый технологический процесс и анализ графика мощности.

Результаты и обсуждение. Рассмотрим принципиальную схему и технические характеристики данного укладчика. Введём систему координат Oxy : ось Ox направим по горизонтали вправо параллельно перемещению ползунов, ось Oy – вертикально вверх. Центр схвата M в начальный момент находится в начале координат O . По условию задачи длины шатунов равны $AC = CB = l = 0,5$ м, так что образовавшийся треугольник ΔABC – равнобедренный. Длина выходного звена $AM = L = 1,3$ м, начальный угол его наклона к горизонтальной оси $\varphi_0 = \pi / 3$.

Максимальное перемещение центра схвата по горизонтальной оси $\Delta x_M = 0,8$ м, максимально допустимый подъём центра схвата от горизонтали $\Delta y_M = 0,25$ м. Равноделённый цикл одной операции укладки, состоящий из времени рабочего хода и времени холостого хода механизма, составляет $T = t_{px} + t_{xx} = 2$ с.

Уравнения движения точки M имеют вид:

$$x_M(t) = \left(\Delta x_A \left(1 - \frac{L}{2l} \right) + \frac{L}{2l} C \right) \sin^2 \left(\frac{\pi t}{T} \right) + D \frac{L}{2l} \sin^2 \left(\frac{2\pi t}{T} \right); \quad (1)$$

$$y_M(t) = L \sin \varphi_0 - \frac{L}{2l} \sqrt{4l^2 - \left[2l \cos \varphi_0 + (C - \Delta x_A) \sin^2 \left(\frac{\pi t}{T} \right) + D \sin^2 \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right]^2}. \quad (2)$$

Три параметра модели были найдены в работе [2]:

$$\Delta x_A = \Delta x_M - \left(\sqrt{L^2 - (L \sin \varphi_0 - h)^2} - L \cos \varphi_0 \right);$$

$$C = \Delta x_M - \frac{L - 2l}{L} \left(\sqrt{L^2 - (L \sin \varphi_0 - h)^2} - L \cos \varphi_0 \right);$$

$$D = \frac{C}{4} - \frac{L - 2l}{4L} \Delta x_A.$$

Скорость точки M получаем, дифференцируя по времени уравнения движения (1), (2):

$$v_{Mx} = \frac{\pi}{T} \left(\Delta x_A \left(1 - \frac{L}{2l} \right) + \frac{L}{2l} C + \frac{2L}{l} D \cos \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right); \quad (3)$$

$$v_{My} = \frac{\pi L}{2lT} \cdot \frac{\left(2l \cos \varphi_0 + (C - \Delta x_A) \sin^2 \left(\frac{\pi t}{T} \right) + D \sin^2 \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right) \left(C - \Delta x_A + 4D \cos \frac{2\pi t}{T} \right)}{\sqrt{4l^2 - \left[2l \cos \varphi_0 + (C - \Delta x_A) \sin^2 \left(\frac{\pi t}{T} \right) + D \sin^2 \left(\frac{2\pi t}{T} \right) \right]^2}} \sin \left(\frac{2\pi t}{T} \right).$$

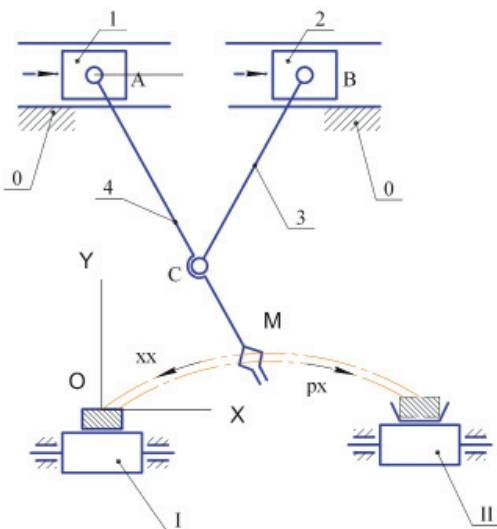


Рис. 1. Плоский механизм укладчика

Для найденных параметров, взяв для определённости высоту подъёма продукта $h = 0$, построим графики проекций скорости точки как функции времени (рис. 2).

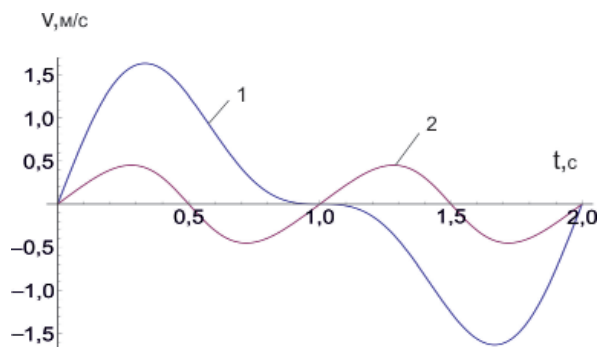


Рис. 2. Проекция скорости точки M : 1 – на ось Ox ; 2 – на ось Oy

Вычислим проекции ускорения точки, дифференцируя по времени соответствующие проекции скорости точки. Графики показаны на рисунке 3.

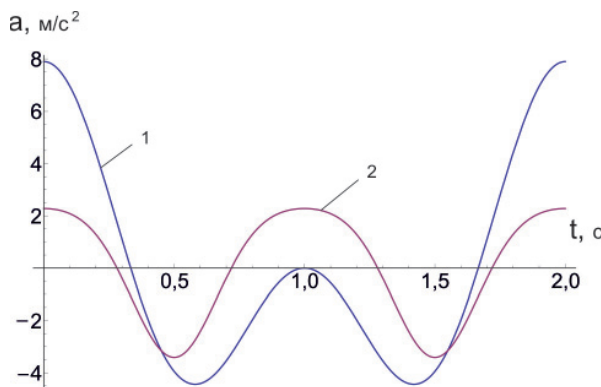


Рис. 3. Проекция ускорения точки М:
1 – на ось Oх; 2 – на ось Oу

Рассчитаем мощность сил, действующих на схват с перемещаемым продуктом. Согласно принципу Даламбера-Лагранжа [3, 4] для материальной точки получаем общее уравнение динамики [5, 6]:

$$\delta A_{\Phi} + \delta A_G + \delta A_R = 0. \quad (4)$$

Сумма элементарных работ, приложенных к точке силы тяжести δA_G , силы тяги δA_R и динамической силы инерции δA_{Φ} , на любом возможном перемещении точки равна нулю. Поделив обе части равенства (4) на приращение времени, получаем формулу, связывающую мощности силы тяжести P_G , силы тяги P_R и силы инерции P_{Φ} :

$$P_{\Phi} + P_G + P_R = 0. \quad (5)$$

Мощность силы тяжести найти нетрудно:

$$P_G = \frac{\delta A_G}{dt} = -mgv_{My}, \quad (6)$$

где v_{My} – проекция скорости точки на ось Oу (3); m – общая масса схвата и продукта.

Мощность динамической силы схвата получим из равенства (6), продифференцировав кинетическую энергию точки по времени. Тогда получаем искомое выражение для мощности:

$$P_R(t) = m(v_{Mx}a_{Mx} + v_{My}a_{My}) + mgv_{My}. \quad (7)$$

Согласно полученной формуле мощность суммарной силы, приложенной к схвату, находится сложением мощностей силы инерции и силы тяжести. Проекция ускорения точки,

входящие в формулу (7), вычисляются дифференцированием проекций скорости точки (3) по времени.

На основе приведённых выше расчётов построим график зависимости полученной мощности силы тяги (7) за время рабочего хода, взяв для определённости общую массу $m = 0,2$ кг (рис. 4).

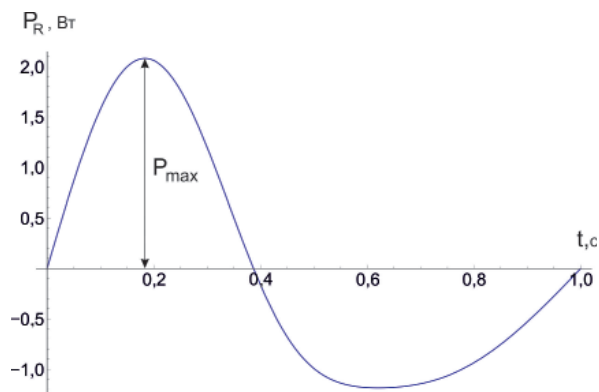


Рис. 4. Мощность суммарной силы

Выводы

Зная максимальную мощность P_{max} (рис. 4) двух серводвигателей, приводящих укладчик в движение и введя определенный запас мощности на потери трения в кинематической цепи, можно обоснованно произвести их выбор.

Библиографический список

1. Pavlov A.Ye., Sorokin S.V., Pavlova L.A. Robotic stacker of piece products. European Science and Technology: 6th International scientific conference. Munich. Germany. 2013. V. 1. Pp. 16-23.
2. Павлов А.Е., Сорокин С.В., Павлова Л.А. Трёхпараметрическая модель роботизированного укладчика штучных продуктов / А.Е. Павлов, С.В. Сорокин, Л.А. Павлова // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2016. № 1. С. 33-37.
3. Лагранж Ж.Л. Аналитическая механика. М.–Л.: ГИТТЛ, 1950.
4. Даламбер Ж.Л. Динамика. М.–Л.: Гостехиздат, 1950.
5. Теоретическая механика: Конспект лекций / А.Е. Павлов, Л.А. Павлова. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Germany. 2013. URL: <http://www.ljubljudkni.ru/>.
6. Павлов А.Е., Павлова Л.А. Динамика твёрдого тела для агроинженеров. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken, Germany, 2014. URL: <http://www.ljubljudkni.ru/>.

Статья поступила 24.10.2016 г.

ENGINE POWER CALCULATION OF STACKER ROBOT

ALEXANDER YE. PAVLOV, PhD (Phys-Math), Associate Professor

E-mail: alexpavlov60@mail.ru

SERGEY V. SOROKIN, PhD Tech Sc., Associate Professor

E-mail: sergsor2011@yandex.ru

LARISA A. PAVLOVA, Associate Professor

E-mail: krasilnikowa.larisa2011@yandex.ru

Russian State Agrarian University-Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev,
Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The research work refers to agroindustrial equipment, particularly to stackers of piece-goods into containers, placed in robotized line of filling, laying and packaging different goods into containers. Large scale use of automated packing equipment is observed during recent years, that helps to eliminate monotonous hand work. Kinematic and dynamic synthesis of two-axial lever planar mechanism of a stacker of piece-goods into commercial packing was executed. Motion equations of driving member in mechanism (two slides) were proved analitically, which set equations of gripper motion in coordinate form during its working stroke and idling. The speed and acceleration of movable product are found by differentiating gripper motion equations. The analysis of power was made, applied to the gripper during working stroke. The general equation of particle was formed by d'Alembert principle. Accordingly, the proposed methodology permits the calculation of total engine power of slides during product moving, specified weight by vacuum gripper into containers. We can choose them reasonably, knowing the maximum speed of two servomotors, moving a stacker, and provide certain power for friction loss in kinematic chain.

Key words: stacker, kinematics of vacuum gripper, general equation of material point dynamics, power calculation.

References

1. Pavlov A.E., Sorokin S.V., Pavlova L.A. Robotic stacker of piece products. European Science and Technology: 6th International scientific conference. Munich. Germany. 2013. V. 1. Pp. 16-23.
2. Pavlov A.E., Sorokin S.V., Pavlova L.A. Trekh-parametricheskaya model' robotizirovannoga ukladchika shtuchnykh produktov [Thee-parameter model of robotic stacker of piece products] / A.E. Pavlov, S.V. Sorokin, L.A. Pavlova // Vestnik of FSBSI HPE "MSAU named after V.P. Goryachkin". 2016. Issue 1 (71). Pp. 33-37.
3. Lagrange J.L. Analiticheskaya mekhanika [Analytical mechanics]. M.–L.: GITTL, 1950.
4. D'Alembert J.L. Dinamika [Dynamics]. M.–L.: Gostekhizdat, 1950.
5. Pavlov A.E., Pavlova L.A. Teoreticheskaya mekhanika: Konspekt lektsiy. [Theoretical Mechanics. Lecture notes]. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrucken. Germany. 2013. URL: <http://www.ljubljuknig.ru/>.
6. Pavlov A.E., Pavlova L.A. Dinamika tverdogo tela dlya agroinzhenerov [Rigid Body Dynamics for Agroengineers]. LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrucken. Germany. 2014. URL: <http://www.ljubljuknigi.ru/>.

Received on October 24, 2016