

**АНАЛИЗ СХВАТОВ МАНИПУЛЯТОРА  
ДЛЯ ПЕРЕГРУЗКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ГРУЗОВ  
В ШВЕЙНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**ANALYSIS OF MANIPULATOR GRIPS  
FOR OVERLOADING LARGE-SIZED GOODS  
IN THE SEWING INDUSTRY**

*Ж. УСЕНБЕКОВ, Е.С. ТЕМИРБЕКОВ, С.Т. КАИМОВ, Б.А. КАРАСАЕВ, М. КАНДИДАТ  
ZH. USENBEKOV, E.S. TEMIRBEKOV, S.T. KAIMOV, B.A. KARASAEV, M. KANDIDAT*

**(Алматинский технологический университет,  
Казахский национальный университет им. Аль-Фараби,  
Институт механики и машиноведения имени Джолдасбекова, Республика Казахстан)  
(Almaty Technological University,  
Kazakh National University Al-Farabi,  
Institute of Mechanics and Engineering Science named after U.A. Djoldasbekova,  
Republic of Kazakhstan)  
E-mail: zh.usenbekov@mail.ru**

*В работе рассматривается схема схватов манипулятора для перегрузки крупногабаритных грузов в швейной промышленности. Исследуются захваты со стержневой схемой и с гибкими приводами. Приводятся результаты статических расчетов для схвата с пневмоприводом и расчеты на прочность и жесткость для трехфалангового адаптивного схвата. В швейной промышленности для перегрузки крупногабаритных грузов использование роботов-манипуляторов осложняется из-за отсутствия надежных схватов. Чтобы восполнить эту проблему, в статье предлагаются две схемы захвата. Даны некоторые расчеты этих двух схем захвата, разработанных авторами. Привод первого схвата пневматический, второй основан на гибких тяговых элементах.*

*The paper examines the gripper scheme of the manipulator for reloading bulky goods in the garment industry. Grips with a circuit of rods and with cable drives are studied. The results of static calculations for the gripper with pneumatic drive and calculations for strength and rigidity for the three-phalanx adaptive gripper are given.*

*In the garment industry for the reloading of large-sized cargoes, the use of robot manipulators is complicated by the lack of reliable grippers. To fill this problem, two grasping schemes are proposed in this paper. Some calculations of these two grasping schemes developed by the authors are given.*

*The drive of the first gripper is pneumatic, and the second one is based on flexible traction elements.*

**Ключевые слова:** захват, сила, жесткость, схема, модель.

**Keywords:** gripper, strength, rigidity, schema, model.

Наибольшее количество работающих трудится в текстильной и швейной промышленности. К основным видам производств в текстильной промышленности относятся: пря-

дельное, ткацкое, трикотажное и красильно-отделочное. Ручными в этих производствах являются вспомогательные операции: съем готовых изделий и их транспортировка, уста-

новка пустых бобин, разбраковка готовой продукции и ее упаковка. В швейной промышленности подготовительно-раскройное производство занимает одно из главных мест в процессе изготовления швейных изделий и включает в себя большой комплекс работ, среди которых достаточный объем занимают погрузочные и разгрузочные работы. Существующие средства погрузки и разгрузки не обеспечивают в полной мере требований по ориентированной установке грузов на ра-

бочих позициях. Выполнение этих операций средствами робототехники позволит не только повысить производительность, но и взять на себя выполнение работ по ориентации. Однако перегрузка грузов с использованием роботов-манипуляторов осложняется из-за отсутствия надежных схватов. Для решения этой проблемы в работе приводятся расчеты двух схем схватов, разработанных авторами [1].

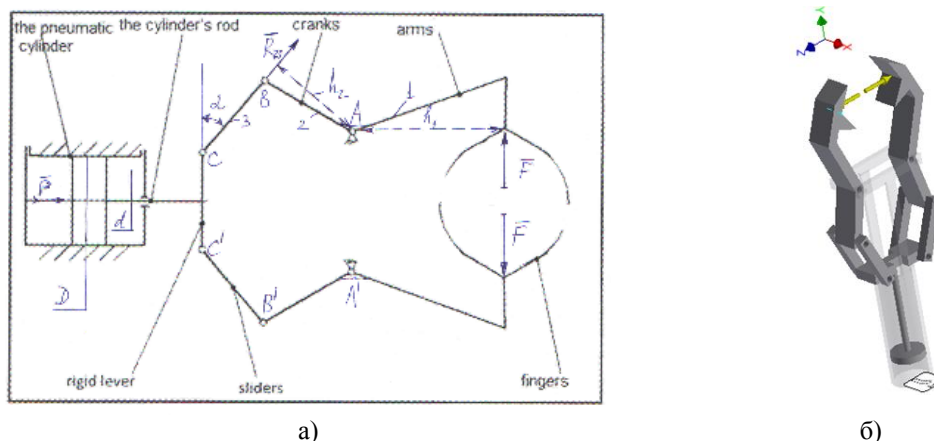


Рис. 1

Расчет схвата с пневмоприводом (рис. 1 – схема схвата с пневмоприводом: а) – схема механизма и б) – 3D-модель схвата). Соотношение между усилием в приводе и силой зажатия детали схватом (рис. 1-а) определяется из условий статического равновесия сил  $\sum F_i = 0$  и моментов  $\sum M_{Ai} = 0$  для верхней симметричной ветви С-В-А:

$$-\frac{P}{2} + R_{23} \sin \alpha = 0,$$

или

$$R_{23} = \frac{P}{2 \sin \alpha} = 0$$

и

$$Fh_1 - R_{23}h_2 = 0,$$

или

$$P = 2 \frac{Fh_1}{h_2} \sin \alpha .$$

В схеме 1 и 2 составляют одно жесткое звено;  $R_{23}$  – реакция в шарнире В;  $\alpha$  – угол меж-

ду штоком и звеном 3 в шарнире С;  $h_1, h_2$  – плечи моментов сил  $F, R_{23}$ .

Проведены прочностные расчеты схвата (рис. 1-б) моделированием на Autodesk Inventor. Нагрузка на губы схвата условно была принята равной 400 Н. В результате прочностных расчетов на ЭВМ получены картины распределения напряжений, коэффициентов запаса прочности, деформаций, контактных давлений.

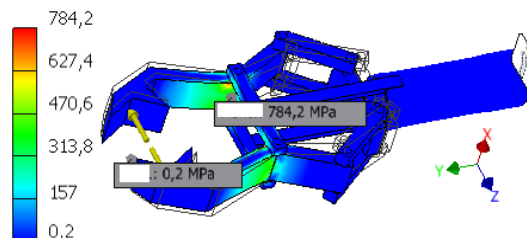


Рис. 2

На рис. 2 показано распределение приведенных напряжений по Мизесу. Слева на рисунке расположена цветовая шкала со значе-

ниями напряжений. Напряжения даются на рисунке в мегапаскалях (МПа), причем максимальное равно 784,2 МПа, и оно возникает в окрестности точки модели, соответствующей точке А схемы схвата (рис. 1-а).

На рис. 3 даны картины распределения коэффициентов запаса прочности, показывающих – во сколько раз предел прочности превышает приведенные напряжения по Мизесу в точках модели. Слева на рисунке расположена цветовая шкала со значениями

коэффициентов запаса прочности. Коэффициент запаса прочности – это безразмерная величина.

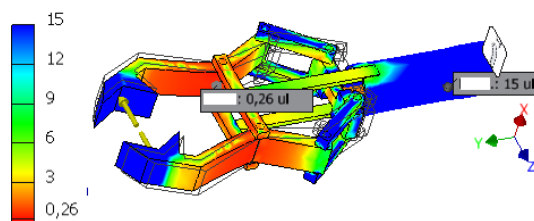


Рис. 3

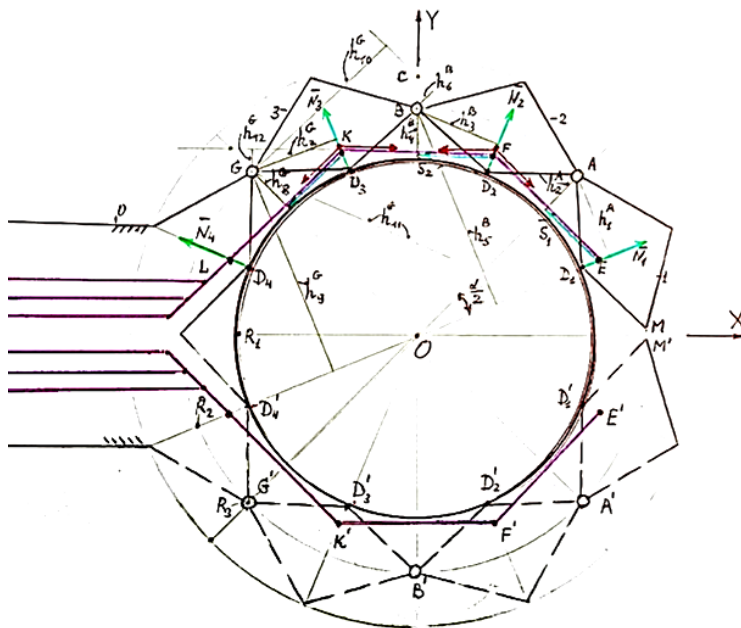


Рис. 4

*Расчет трехфалангового адаптивного схвата.* Приближенная модель такого схвата была предложена авторами в работе [2]. Плоская модель адаптивного схвата приведена на рис. 4. Фаланги схвата представляют собой четырехугольники, симметричные относительно радиальной линии. Верхние точки этих четырехугольников лежат на радиальной линии, на расстоянии  $R_3$  от точки  $O$ . Шарниры  $G$ ,  $B$  и  $A$  расположены на окружности радиуса  $R_2$ . Дуги  $\overset{\frown}{GB}$ ,  $\overset{\frown}{BA}$ ,  $\overset{\frown}{AM}$  опираются на центральные углы  $\alpha$ . Радиусы окружностей связаны соотношением:  $R_3 > R_2 > R_1$ . Губки схвата расположены в точках  $D_1, D_2, D_3, D_4$  верхней симметричной ветви  $G-B-A-M$  схвата и в точках  $D'_1, D'_2, D'_3, D'_4$  нижней симметричной ветви  $G'-B'-A'-M'$  схвата. Из условия некасания гибкого тягового эле-

мента (ГТЭ) к окружности груза цилиндрической формы имеем  $(R_1 + a)\cos(\alpha/2) > R_1$ , или  $a > R_1/\cos(\alpha/2) - R_1$ , где  $\alpha$  – центральный угол (рис.4). Пусть  $\alpha = 45^\circ$ , тогда охват груза тремя фалангами пальца был достаточным для полуокружности. Найдем внутреннее усилие  $\bar{N}_1$ , которое возникает в "губе" 1 (точка  $D_1$ ). Из условия равновесия моментов сил  $\sum M_{Ai} = 0$  получим:

$$N_1 h_1^A - S_1 h_2^A = 0,$$

или

$$N_1 = \frac{S_1 h_2^A}{h_1^A}.$$

Здесь  $h_1^A$  – плечо момента усилия  $\vec{N}_1$  относительно точки А;  $h_2^A$  – плечо момента усилия  $\vec{S}_1$  ( $\vec{S}_1$  – внешнее усилие от ГТЭ-1).

Причем  $h_1^A = R_2 \sin(\frac{\alpha}{2})$ ,  $h_2^A = R_2 - (R_1 + a) \cos(\frac{\alpha}{2})$ .

Найдем внутреннее усилие  $\vec{N}_2$ , которое возникает в зубе 2 (точка  $D_2$ ). Рассмотрим условие равновесия моментов сил  $\sum M_{Bi} = 0$ .

От закрепленной в точке Е гибкой связи в точке F возникают две реакции, равные по величине  $S_1$ . Они направлены: одна от F к Е,

вторая от F к К. Их сумма равна  $S_F = 2S_1 \sin(\frac{\alpha}{2})$

и она направлена от точки F к точке О. Она создает момент, прижимающий фалангу 2 к грузу. Из условия равновесия имеем:

$$N_2 h_3^B - S_2 h_4^B + S_1 h_6^B + N_1 h_5^B - S_F h_3^B = 0.$$

Здесь  $\vec{S}_2$  – внешнее усилие от ГТЭ-2;  $h_3^B = h_1^A$ ,  $h_4^B = h_2^A$ ;  $h_5^B$  – плечо момента усилия  $\vec{N}_1$ ;

$h_6^B = R_2 \sin(3\frac{\alpha}{2})$ . Найдем  $h_6^B$  – плечо момента

усилия  $\vec{S}_1$  относительно точки В. Найдем координаты точек Е, F, С:

$$X_E = (R_1 + a) \cos(\frac{\alpha}{2}), \quad Y_E = (R_1 + a) \sin(\frac{\alpha}{2}),$$

$$X_F = (R_1 + a) \cos(3\frac{\alpha}{2}), \quad Y_F = (R_1 + a) \sin(3\frac{\alpha}{2}),$$

$$X_C = 0, \quad Y_C = Y_E - \frac{X_E(Y_F - Y_E)}{X_F - X_E}.$$

$$\angle OCE = 180^\circ - 90^\circ - 2\frac{\alpha}{2} = 45^\circ.$$

$$N_3 h_7^G - S_3 h_8^G + S_1 h_{10}^G + N_1 h_9^G + S_2 h_{12}^G + N_2 h_{11}^G - S_{K1} h_7^G - S_{K2} h_7^G = 0,$$

где  $\vec{S}_3$  – внешнее усилие от ГТЭ-3,  $h_7^G = h_3^B = h_1^A$ ,  $h_{12}^G = h_6^B$ ,  $h_8^G = h_4^B = h_2^A$ ,  $h_{11}^G = h_5^B = h_1^A$ ,  $h_9^G = h_2^A$ . Найдем  $h_{10}^G$  как кратчайшее расстояние от точки G до линии, проходящей через точки Е и F в системе коор-

Дина  $BC = Y_C - R_2$ , тогда  $h_6^B = BC \sin(\angle OCE)$ .

При этом сила  $\vec{N}_2$  равна:

$$N_2 = \frac{1}{h_3^B} (S_2 h_4^B - S_1 h_6^B - N_1 h_5^B + S_F h_3^B).$$

Усилие  $N_1$  должно быть не меньше или равно усилию в зубе 1, то есть  $N_2 \geq N_1$ .

Чтобы зуб 2 с не меньшим усилием давил на груз, найдем внутреннее усилие  $\vec{N}_3$ , которое возникает в зубе 3 (точка  $D_3$ ). Рассмотрим условие равновесия моментов сил  $\sum M_{Gi} = 0$ .

От закрепленной в точке Е гибкой связи в точке F возникают две реакции, равные по величине  $S_1$ . Они направлены: одна от F к Е, вторая – от F к К. Их сумма равна  $S_F = 2S_1 \sin(\frac{\alpha}{2})$ , и она направлена от

точки F к точке О. От закрепленной в точке Е гибкой связи в точке К возникают две реакции, равные по величине  $S_1$ . Они направлены: одна от К к F, вторая – от К к L. Их

сумма равна  $S_{K1} = 2S_1 \sin(\frac{\alpha}{2})$ , и она направле-

на от точки К к точке О. От закрепленной в точке F гибкой связи в точке К возникают две реакции, равные по величине  $S_2$  и направленные – одна от К к F, вторая – от

К к L. Их сумма равна  $S_{K2} = 2S_2 \sin(\frac{\alpha}{2})$ , и она

направлена от точки К к точке О. Она создает момент, прижимающий фалангу 1 к грузу. Из условия равновесия получим:

динат XOY:

$$h_{10}^G = \left| \frac{A_0 X_G + B_0 Y_G + C_0}{\sqrt{A_0^2 + B_0^2}} \right|.$$

Тогда усилия  $\vec{N}_3$ :

$$N_3 = \frac{1}{h_7^G} (S_3 h_8^G - S_1 h_{10}^G - N_1 h_9^G - S_2 h_{12}^G - N_2 h_{11}^G + S_{K1} h_7^G + S_{K2} h_7^G).$$

В зубе  $D_4$ , лежащем на плитке-основании  $O$ , из условия равновесия усилий для верхней симметричной части сечения груза имеем:

$$-\bar{N}_1 - \bar{N}_2 - \bar{N}_3 - \bar{N}_4 = 0,$$

или

$$\bar{N}_4 = -\bar{N}_1 - \bar{N}_2 - \bar{N}_3.$$

Аналогично для нижней ветви схвата будут им равными по величине и зеркально симметричными по направлению относительно оси  $OX$ . Получили картину статических усилий в плоской модели схвата.

## ВЫВОДЫ

Проведено моделирование двух схватов манипулятора робота при перегрузке грузов. Программой "Autodesk Inventor" проведены прочностные расчеты стержневого схвата. Для рассматриваемых схватов приводятся некоторые результаты: по определению зависимостей между усилиями привода и усилиями захвата груза; статические расчеты для плоских моделей схватов; построены трехмерные 3D-модели; проведен расчет на прочность и жесткость стержневого схвата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Temirbekov Y., Kaiym T., Kaimov S.* The modeling of the theoretical and mathematical system and specifically the stochastic processes of the dynamical system an innovative mechanism for grasping of the robot for overloading the highly radioactive firm waste of fuel element from the secondary container into the main container // *News of The Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.* – 2(422), 2017. P. 412...417.

2. *Temirbekov Y., Kaiym T., Kaimov S.* Mathematical and Computer Modeling of Movement of The Executive Mechanism of the Adaptive Multipurpose Operating Part of Earth-moving and Construction Machine // *Institute of Research and Journals IRAJ: The IRES 10 th International conference, Czech Republic.* – Prague, 2015. P. 196...199.

## REFERENCES

1. *Temirbekov Y., Kaiym T., Kaimov S.* The modeling of the theoretical and mathematical system and specifically the stochastic processes of the dynamical system an innovative mechanism for grasping of the robot for overloading the highly radioactive firm waste of fuel element from the secondary container into the main container // *News of The Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.* – 2(422), 2017. P. 412...417.

2. *Temirbekov Y., Kaiym T., Kaimov S.* Mathematical and Computer Modeling of Movement of The Executive Mechanism of the Adaptive Multipurpose Operating Part of Earth-moving and Construction Machine // *Institute of Research and Journals IRAJ: The IRES 10 th International conference, Czech Republic.* – Prague, 2015. P. 196...199.

Рекомендована Ученым советом. Поступила 02.10.18.