

управления для программирования микропроцессорной системы Atmega UNO с использованием языка C++. Программа позволяет настроить размеры области исследования, количество точек измерения, расстояние между точками, время измерения, скорость перемещения датчика. В соответствии с исходными данными датчик перемещается последовательно по контрольным точкам слева на право, сверху в низ. При достижении заданной позиции срабатывает соленоид, датчик прижимается к материалу, происходит измерение. По окончании измерения соленоид отключается, датчик поднимается под действием пружины и перемещается к следующей контрольной точке.

Критерием качества выбрана относительная диэлектрическая проницаемость

$$\epsilon_0 = C_{и}/C_0, \quad (1)$$

где  $C_{и}$  – рабочая емкость конденсатора, прижатого к исследуемому материалу, пФ;  
 $C_0$  – рабочая емкость конденсатора в воздухе, пФ.

Предложена гипотеза о том, что прочность полимерных материалов пропорциональна значению относительной диэлектрической проницаемости вдоль оси деформации.

В качестве объекта исследования использовался искусственная кожа ПВХ на тканевой основе марки У: толщина 1,2 мм, удлинение при разрыве не менее 13 % в продольном направлении, удлинение при разрыве не менее 18 % в поперечном направлении, жесткость 0,24-0,64 Н, ширина 86 см, разрывная нагрузка продольное направление не менее 1177 Н, поперечное направление не менее 784. В ходе эксперимента исследования 10 образцов размерами 135\*135 мм. На рисунке 3 приведены результаты исследования образца материала. Установлено, что область, имеющая самую низкую прочность, имеет координаты (15, 72) и соответствует области с низкой диэлектрической проницаемостью.

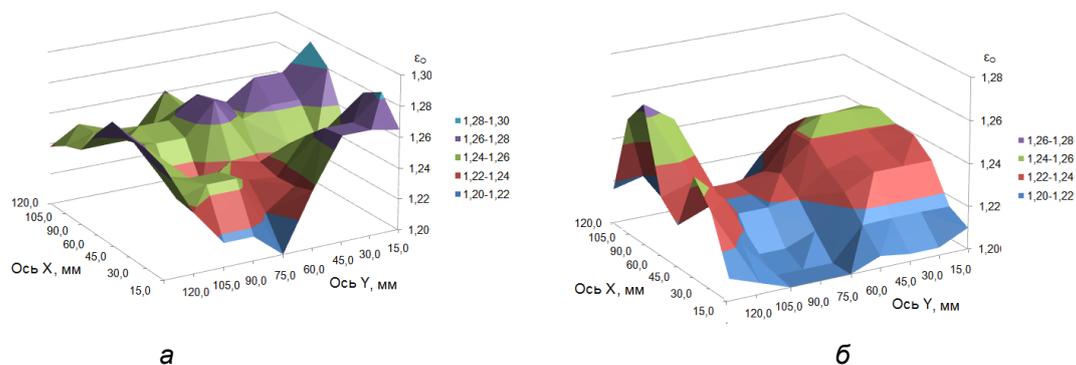


Рисунок 3 – Результаты измерения относительной диэлектрической проницаемости:  
 а – относительной диэлектрической проницаемости вдоль оси деформации;  
 б – относительной диэлектрической проницаемости поперек оси деформации

В результате проведения эксперимента установлено, что у 8 образцов из 10 участки с низкой прочностью имеют более низкую диэлектрическую проницаемость. Экспериментально измеренная разрывная нагрузка составила  $184,8 \pm 14,3$  Н. Отклонение между прогнозируемыми и экспериментально полученными зонами разрушения материала не превышают 10 мм. Следовательно, гипотезу о том, что прочность полимерных материалов пропорциональна значению относительной диэлектрической проницаемости вдоль оси деформации, можно считать верной. Предложенная методика позволяет оценить прочностные характеристики искусственных кож.

УДК 681.5

## ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ МАНИПУЛЯТОРА

*Плавинский А.Ю., студ., Байдаков И.О., студ., Новиков Ю.В., к.т.н., доц.,  
 Куксевич В.Ф., стар.преп.*

*Витебский государственный технологический университет,  
 г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. Конструкции малогабаритного манипулятора с перемещением

захватывающего устройства в заданном координатном диапазоне, с требуемой точностью позиционирования рабочего органа и автоматический захват изделия. Схват с рабочим органом на подвижном основании с поступательным и вращательным движением. Рабочий орган с захватным механизмом и двумя захватными рычагами. Система управления обеспечивает позиционирование рабочего органа и автоматический захват изделия.

**Ключевые слова:** конструкция, манипулятор, захватывающее устройство, рабочий орган, захват, робот, схват, устройство позиционирования, система управления, захватный механизм.

В настоящее время известно много конструкций роботизированных манипуляторов [1, 2, 3]. Поставлена задача разработки оптимальной конструкции малогабаритного манипулятора с возможностью перемещения захватывающего устройства в заданном координатном диапазоне, с необходимостью обеспечить точность позиционирования рабочего органа в рабочих плоскостях и автоматический захват изделия с одновременной блокировкой его в захвате.

Выполнен предварительный обзор аналогов роботизированных манипуляторов по известным патентам. Схемы содержат схват с рабочим органом, установленную на подвижном основании с возможностью ее поступательного и вращательного движения, устройство позиционирования, систему управления манипулятором [1, 2]. Рабочий орган выполняется в виде автоматического схвата, представляющего собой головную часть с захватным механизмом и двумя захватными рычагами с приводом. Интерес представляет конструкция с верхний двухплечим рычагом, шарнирно установленным на корпусе схвата и кинематически связанная с приводом, нижний одноплечевой рычаг шарнирно закреплен на корпусе привода. Система управления интерактивная, что позволяет обеспечить позиционирование рабочего органа в различных плоскостях и автоматический захват изделия с одновременной блокировкой его в захвате при аварийных ситуациях [3].

Недостаток известного манипулятора состоит в том, что он обеспечивает позиционирование рабочего органа только в одной плоскости, не позволяет получать непрерывную визуальную информацию о месте работы с нескольких ракурсов. В состав конструкции входят обзорные телевизионные установки, которые располагаются на правом и левом консольных кронштейнах опорно-поворотного устройства, и несмотря на наличие индивидуальных приводов наведения, обзор окружающего пространства оказывается затруднен

Разработана кинематическая конструкция, спроектированы шарнирные соединения и установочные детали.

Выполнен предварительный расчет скоростей и ускорений рабочего органа. Расчетная схема представлена на рисунке 1. На рисунке обозначено:  $O$  – шарнир крепления стрелы к стойке;  $A$  – поворотный шарнир;  $B$  – расположение центра тяжести рабочего органа;  $\theta$ ,  $\varphi$ ,  $\gamma$  – углы положения звеньев в градусах.

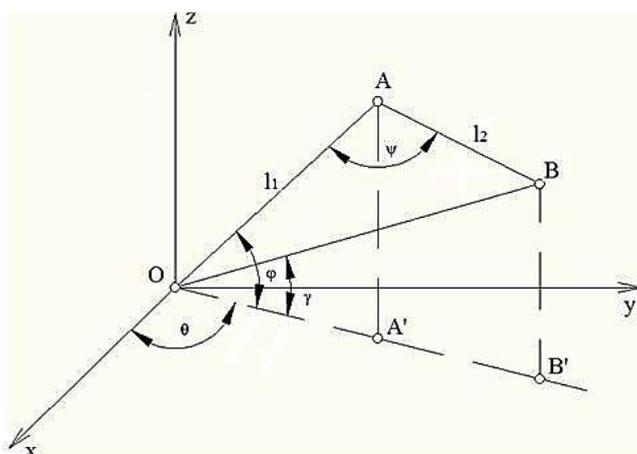


Рисунок 1 – Расчётная схема

Исследуем изменение переменных величин, являющихся функциями по времени:  $\theta = f_1(t)$ ,  $\gamma = f_2(t)$ , точке  $B$  (рис. 1). Параметрические уравнения движения точки  $B$  в декартовой системе координат представляют собой зависимости:

$$X_B(t) = OB \cdot \cos \theta \cdot \cos \gamma, \quad (1)$$

$$Y_B(t) = OB \cdot \sin \theta \cdot \cos \gamma, \quad (2)$$

$$Z_B(t) = OB \cdot \sin \gamma + H, \quad (3)$$

где высота  $H$  – высота стойки. В предварительном расчете ее значение принимаем равным 0.

Используя известные теоремы геометрии определим из треугольника  $OAB$  значение длины звена  $OB$ :

$$OB = \sqrt{l_1^2 + l_2^2 - 2 \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot \cos \psi}, \quad (4)$$

Используя уравнения (1), (2), (3), определим скорость в точке  $B$ :

$$X'_B = OB \{ (-\sin \theta) \theta' \cos \gamma + \cos \theta (-\sin \gamma) \gamma' \} = -OB \{ \sin \theta \cdot \cos \gamma \cdot \omega_2 + \cos \theta \cdot \sin \gamma \cdot \omega_1 \}, \quad (5)$$

$$Y'_B = OB \{ \cos \theta' \cos \gamma + \sin \theta (-\sin \gamma) \gamma' \} = -OB \{ \cos \theta \cdot \cos \gamma \cdot \omega_2 - \sin \theta \cdot \sin \gamma \cdot \omega_1 \}, \quad (6)$$

$$Z'_B = OB \cdot \cos \gamma \cdot \omega_1, \quad (7)$$

где  $\omega_1 = \left( \frac{d}{dt} \gamma(t) \right)$  – угловая скорость вращения рычага ( $\gamma'$ ) в вертикальной плоскости,

$\omega_2 = \left( \frac{d}{dt} \theta(t) \right)$  – угловая скорость поворота вокруг стойки ( $\theta'$ ). Значение абсолютной скорости в точке  $B$  может быть определено:

$$V_B = OB \sqrt{\cos^2 \gamma (\omega_2^2 + \omega_1^2)}. \quad (8)$$

Определение значения ускорения в точке  $B$ , осуществляем с применением дифференцирования представленных скоростей (5), (6) и (7) по времени.

Ускорение в точке  $B$  относительно осей  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  примет вид:

$$X''_B = OB \{ -\cos \gamma \cdot \cos \theta \cdot \omega_2^2 - \sin \gamma \cdot \cos \theta \cdot \varepsilon_1 + 2 \cdot \sin \gamma \cdot \sin \theta \cdot \omega_1 \cdot \omega_2 - \cos \gamma \cdot \cos \theta \cdot \omega_2^2 - \cos \gamma \cdot \sin \theta \cdot \varepsilon_2 \}, \quad (9)$$

$$Y''_B = OB \{ -\cos \gamma \cdot \sin \theta \cdot \omega_1^2 - \sin \gamma \cdot \sin \theta \cdot \varepsilon_1 - 2 \cdot \sin \gamma \cdot \sin \theta \cdot \omega_1 \cdot \omega_2 - \cos \gamma \cdot \sin \theta \cdot \omega_2^2 + \cos \gamma \cdot \cos \theta \cdot \varepsilon_2 \}, \quad (10)$$

$$Z''_B = -OB \cdot \sin \gamma \cdot \omega_1^2 + OB \cdot \cos \gamma \cdot \varepsilon_1, \quad (11)$$

где  $\varepsilon_1 = \left( \frac{d^2}{dt^2} \gamma(t) \right)$  – угловое ускорение вращения рычага ( $\gamma''$ ) в вертикальной плоскости,

$\varepsilon_2 = \left( \frac{d^2}{dt^2} \theta(t) \right)$  – угловое ускорение поворота вокруг стойки ( $\theta''$ ). Абсолютное ускорение в точке  $B$  можно определить:

$$a_B = \sqrt{OB^2 \left[ \cos^2 \gamma \cdot \omega_2^4 + \omega_1^4 + \varepsilon_2^2 \cdot \cos^2 \gamma + \varepsilon_1^2 + 4 \cdot \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 - \right.} \\ \left. - 2 \cdot \cos^2 \gamma \cdot \omega_1^2 \cdot \omega_2^2 + 2 \cdot \sin \gamma \cdot \varepsilon_1 \cdot \cos \gamma \cdot \omega_2^2 - 4 \cdot \sin \gamma \cdot \omega_1 \cdot \omega_2 \cdot \cos \gamma \cdot \varepsilon_2 \right]}. \quad (12)$$

Предварительный расчет кинематических параметров необходимо использовать при выборе типа электропривода. С учетом массовых характеристик звеньев требуется определить инерционные параметры для предварительного выбора мощности электропривода.

#### Список использованных источников

1. Патент 2364500, Российская Федерация, МПК В25J 5/00. Мобильный робототехнический комплекс [Текст] / Лебедев В. В. и др.; заявитель и патентообладатель ОАО «Ковровский электромеханический завод. - №2007140387/02; заявл. 31.10.07; опубл. 20.08.09.
2. Патент 2241594, Российская Федерация, МПК В25J 5/00. Мобильный робототехнический комплекс [Текст] / Лукьянчиков В. В.; заявитель и патентообладатель Лукьянчиков В. В. – №2003109640/02; заявл. 07.04.03; опубл. 10.12.04.
3. Учебно-тренировочный робототехнический комплекс МРК-25УТ. Руководство по эксплуатации МРК-25УТ.00.00.000РЭ. Предприятие-изготовитель, 2000.
4. Локтионов, А. В. Теоретическая механика, статика и кинематика учебное пособие / А. В. Локтионов, Л. Г. Крыгина ; УО «ВГТУ». – Витебск, 2005. – 171 с.