

ISSN 2220-3699

**СИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА**

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

*ПОСВЯЩАЕТСЯ 90-ЛЕТИЮ
СИБИРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ИНДУСТРИАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА*

**НОВОКУЗНЕЦК
25-26 НОЯБРЯ 2020 г.**

УДК 621.34.001.2 (0758)

А 18

Автоматизированный электропривод и промышленная электроника: Труды Девятой Всероссийской научно-практической конференции / Под общей редакцией В.Ю. Островляничика, В.А.Кубарева. — Новокузнецк: изд-во СибГИУ, 2020 г. — 216 с., ил.

ISSN 2220-3699

Сборник содержит труды IX Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 90-летию СибГИУ. В докладах представлены результаты научных исследований и практических приложений по проектированию, созданию математических моделей, теоретических основ энергосберегающего автоматизированного электропривода с традиционным и микропроцессорным управлением, решению проблем электроснабжения электрических установок и учета электрической энергии. Рассматриваются решения, ориентированные на применение в производстве и учебном процессе.

Сборник предназначен для научных работников, инженерно-технических работников предприятий, преподавателей вузов, аспирантов и студентов.

Под общей редакцией: д.т.н., проф. Островляничика В.Ю.
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

ISSN 2220-3699

© Сибирский государственный
индустриальный университет, 2020

ПЕРЧАТКА – КОНТРОЛЛЕР С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ

И. В. Присяжнюк, Д.Е. Модзелевский

*Сибирский государственный индустриальный университет,
г. Новокузнецк*

В статье рассматривается принцип работы перчатки – контроллера с обратной связью, делается расчёт пневмопривода, предлагается использование технологии оптического трекинга на основе нейросетевого распознавания жестов.

Ключевые слова: контроллер с обратной связью, распознавание жестов, оптический трекинг, пневмопривод, формула Лапласа.

Разработка устройств-контроллеров для взаимодействия с виртуальным окружением является одной составляющей средств реализации виртуальной реальности, активно развивающихся в настоящее время. Средства взаимодействия пользователя за счет тактильных ощущений позволяют увеличить глубину погружения в виртуальную реальность и усиливают эффективность ее применения.

Перчатка-контроллер представляет собой систему, позволяющую на основании данных отслеживания жестов и положения руки управлять виртуальной проекцией руки или других виртуальных указателей, а также обеспечивает обратную тактильную и механическую связь при взаимодействии с виртуальными объектами. Данная технология находит применение в сфере развлечения, обучения, космонавтики, в системах умного дома, как средство ввода информации [1,2]. Функциональная схема рассматриваемого в статье контроллера представлена на рисунке 1.

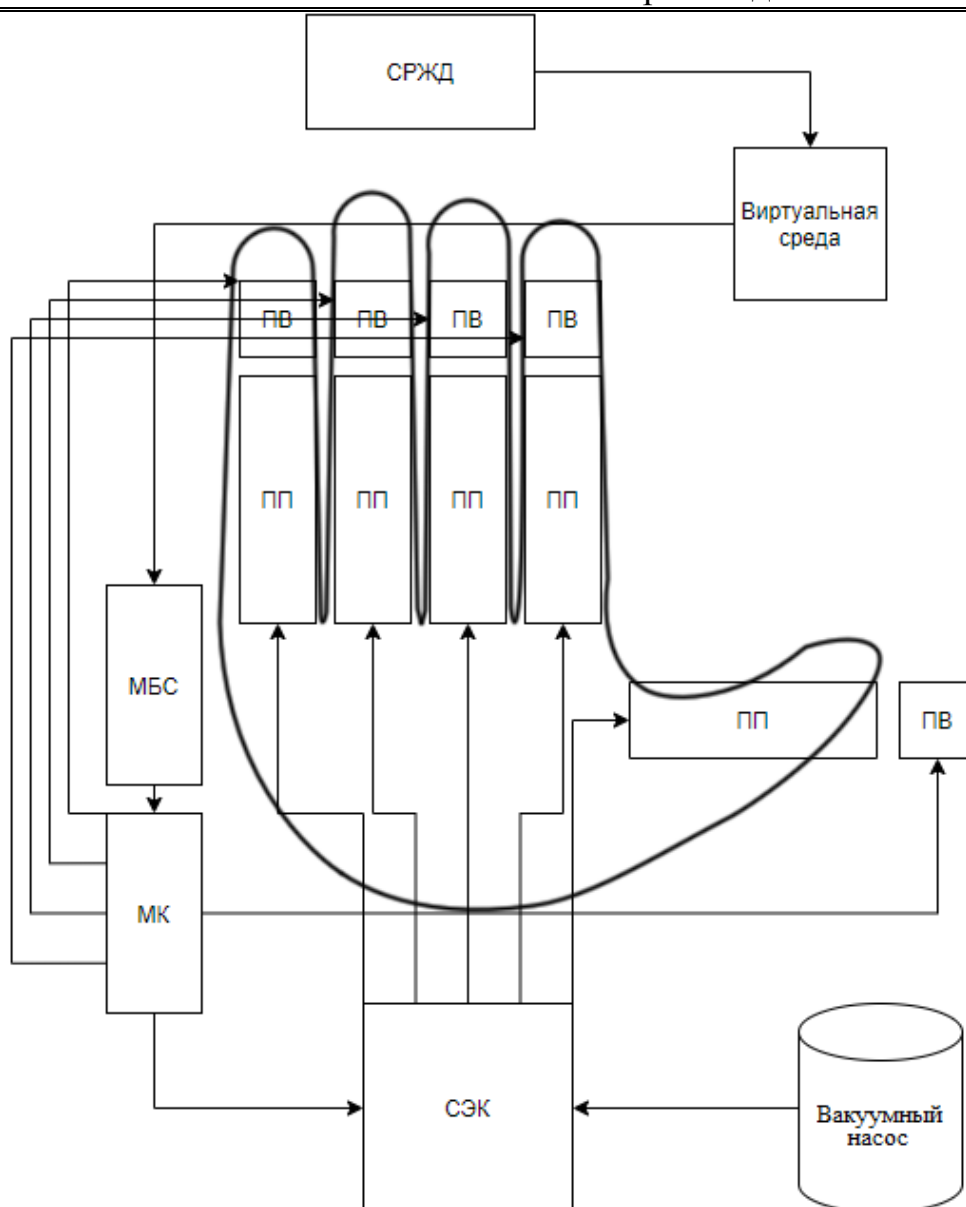


Рисунок 1 – Функциональная схема перчатки-контроллера

На рисунке 1 приняты следующие условные обозначения: СРЖД – система распознавания жестов и движений; ПВ – пьезоэлектрический вибратор; ПП – пневматический привод; МБС – модуль беспроводной связи; МК – микроконтроллер; СЭК – система электрических клапанов.

Приведенная на рисунке 1 схема работает в соответствии с следующим алгоритмом:

1) Система распознавания жестов и движений определяет текущее положение руки в целом, и пальцев в частности, полученные данные используются для построения трёхмерной

(далее 3D) проекции руки или другого виртуального контроллера в виртуальной среде;

2) При перемещении руки или пальца(цев) их 3D проекция руки также переместится в виртуальной среде, в случае столкновения проекции с другим 3D объектом, система распознавания жестов и движений передаст массив данных (количество соприкосновений, длительность, характер) на модуль беспроводной связи при помощи технологии bluetooth;

3) Микроконтроллер на основании полученного массива данных подает сигнал на пьезоэлектрический вибратор(ы) закрепленные на соответствующих месту контакта 3D проекции с 3D объектом, части руки, а также подает импульс на соответствующие электрический клапаны;

4) При подаче сигнала на электрический клапаны они переходят в открытое состояние, благодаря чему из соответствующих пневматических приводов откачивается воздух приводя их в движение и создавая обратную связь;

5) В случае если рука и её 3D проекция прекратит движение в направлении объекта, клапан вакуумопровода будет закрыт, прекратив движение пневматического привода;

6) Если контакт 3D проекции руки и 3D объекта будет прерван, будет подан сигнал на клапан для переключения его в режим поступления воздуха, что сделает возможным обратное движение пневматического привода.

Система распознавания жестов и движений основана на совмещении трёх подходов для обеспечения наибольшей точности работы:

1) На основании изображения, получаемого от камеры, система создаёт ограничивающую рамку руки обрезаая получаемое изображение;

2) Обрезанное изображение передаётся в нейросеть для распознавания ключевых 3D точек руки, на основании возвращенных данных 3D проекции присваиваются соответствующие характеристики;

3) На основании меток-маркеров производятся дополнительные уточнения позиции руки в позах, при которых

точность распознавания нейросетью существенно снижается (самооокклюзии двух рук, сочлененные пальцы и т.д.)

Использование точно обрезанного изображения позволяет снизить массив данных необходимых для обработки нейросетью [3], также для снижения ошибок распознавания рекомендуется использовать высококонтрастный цвет материала перчатки. Использование всех этих методов в совокупности позволяет добиться средней точности обнаружения ладоней около 96% и среднее ошибок регрессии размера ладони 13%.

Возможны два варианта программной реализации системы распознавания жестов и движений:

1) Приложение на движке *Unity 3D* с модулем распознавания жестов и движений устанавливается на соответствующее устройство (персональный компьютер, смартфон и т.д.), при помощи камеры устройства модуль получает изображение и обрезает его по ограничивающей рамке, после чего обработанное изображение передаётся на программу-сервер с нейросетью, которая возвращает ключевые 3D точки, после чего модуль строит 3D проекцию и при необходимости отправляет данные о столкновениях на микроконтроллер при помощи технологии Bluetooth;

2) *Standalone* приложение, получающее, обрабатывающее и распознающее изображение с камеры, после чего полученные ключевые 3D точки передаются в 3D приложение как данные с физического контроллера, в случае если приложение позволяет использование контроллеров с обратной связью, то получаемая информация обрабатывается в соответствии с спецификой конкретного приложения, и обработанный массив данных передается на контроллер.

Для осуществления обратной связи используется пневмопривод. Контроль над отдельным пневмоприводом осуществляется при помощи сдвоенных электрических клапанов, представленных на рисунках 2 и 3.

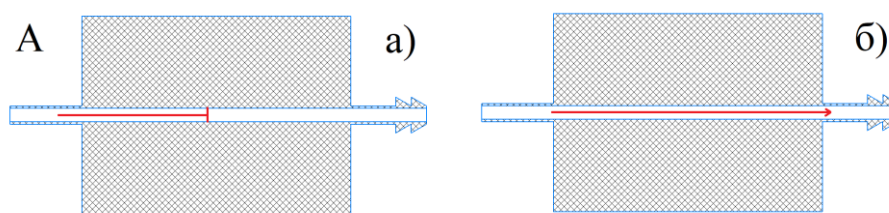


Рисунок 2 – клапан А

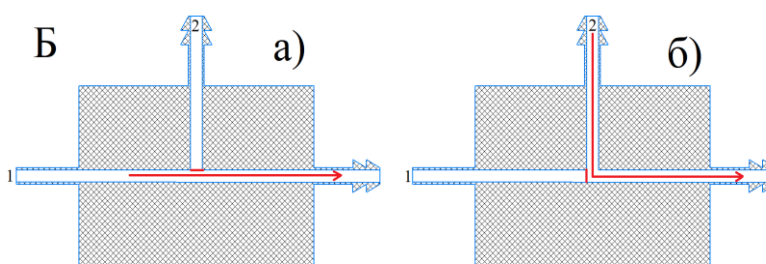


Рисунок 3 – клапан Б

Согласно экспериментальным данным, рассматриваемый пневмопривод способен поднять объект весом в 3 кг в течение 0,2 секунды при использовании вакуума -80 кПа [4]. Для обеспечения бесперебойного функционирования возможен выбор электропневматических клапанов серии КПУ-Л [5].

Вот возможные варианты типичных режимов работы сдвоенных электрических клапанов:

1) Столкновение отсутствует: клапан А закрыт, клапан Б находится в состоянии «а»;

2) Произошло столкновение, проекция руки продолжает движение в направлении 3D объекта: клапан А открыт, клапан Б находится в состоянии «а»;

3) Столкновение произошло, но движение проекции руки в направлении 3D объекта прекратилось: клапан А закрыт, клапан Б находится в состоянии «а»;

4) После столкновения проекция руки удаляется от 3D объекта: клапан А закрыт, клапан Б находится в состоянии «б».

Пневматический привод представляет из себя вакуумный пакет, складываемый гармошкой и вложенный в него сжимаемый каркас. Вакуумный пакет имеет отверстие для соединения его с системой электрических клапанов при помощи вакуумопровода. Изображение пневмопривода в действии представлено на рисунке

4. Упрощенная механическая модель пневмопривода представлена на рисунке 5.

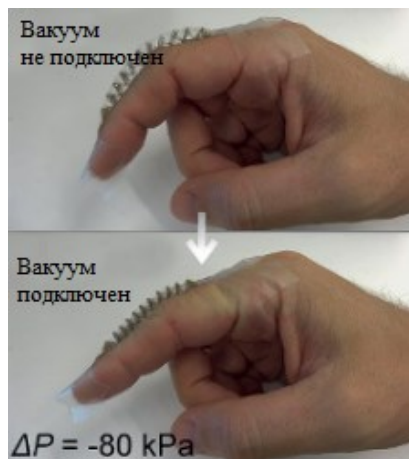


Рисунок 4 – Изображение пневмопривода в действии

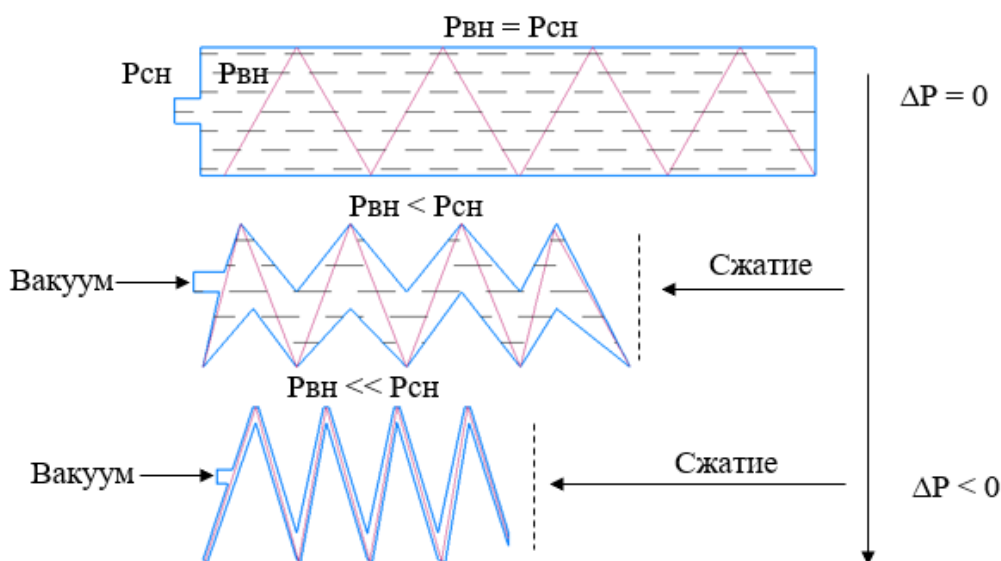


Рисунок 5 – Механическая модель пневмопривода

На представленной в рисунке 5 модели сжимаемый внутренний каркас абстрагируется как пружина сжатия, пакет моделируется как безмассовая, гибкая, не растягивающаяся мембрана. Если внутреннее давление ниже, чем давление снаружи, то мембрана будет деформироваться вовнутрь, обжимая каркас и заставляя его сжиматься. Выходная сила равняется сумме горизонтальных сил натяжения T_x от мембраны и движущей силы сжатия каркаса под действием вакуума возникающей на площади

поперечного сечения привода, когда существует разность давлений ΔP

$$F_{\text{вых}} = 2T_x + F_{\text{вак}}. \quad (1)$$

Сила $F_{\text{вак}}$ в этой модели рассчитывается как

$$F_{\text{вак}} = P \times A = PHW, \quad (2)$$

где A – площадь поперечного сечения привода, а W и H – ширина и высота привода. Сила T_x является горизонтальной частью силы натяжения мембраны привода T , её можно рассчитать следующим образом

$$T_x = T \cos \beta. \quad (3)$$

Сила натяжения T может быть оценена на основе закона Лапласа следующим образом

$$T = P \times R \times W, \quad (4)$$

и её угол к горизонтальному направлению равен

$$\beta = \cos^{-1} \left(\frac{L}{R} \right), \quad (5)$$

где R – радиус кривизны обшивки в точке контакта, L – длина привода соответственно [4].

Рассматриваемый в статье продукт имеет ряд технологических преимуществ по сравнению с имеющимися на рынке аналогичными изделиями. Так использование пневмоприводов вместо механических приводов, позволяет перенести основную часть весовой нагрузки с предплечья, на подставку, тем самым облегчая движения пользователя и уменьшая его усталость во время использования контроллера. Использование оптического трекинга вместо магнитного, радиочастотного или инерциального, позволяет избежать затрат на приобретение системы трекинга и уменьшает общую массу изделия.

Библиографический список

1. От перчаток для NASA до виртуальных игр: все о компании Sfera.one // newslab.ru URL: <https://newslab.ru/article/856731> (дата обращения: 14.11.2020).
2. Системы виртуальной, дополненной и смешанной реальности / А.А. Смолин, Д.Д. Жданов, И.С. Потемин, А.В.

Меженин, В.А. Богатырев, СПб.: Университет ИТМО, 2018. – С. 32.

3. On-Device, Real-Time Hand Tracking with MediaPipe [Электронный ресурс] // Google AI Blog: официальный блог. URL: <https://ai.googleblog.com/2019/08/on-device-real-time-hand-tracking-with.html> (дата обращения: 10.11.2020)

4. Shuguang Li, Daniel M. Vogt, Daniela Rus, and Robert J. Wood (2017) SI Appendix for Fluid-driven origami-inspired artificial muscles. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 114(50). – С. 3, 4, 8.

5. Вакуумная техника: Справочник / К.Е. Демихов, Ю.В. Панфилов, Н.К. Никулин, А.Б. Цейтлин и др.; под ред. К.Е. Демихов. 3-е изд., переработанное и дополненное. М.: МАШИНОСТРОЕНИЕ, 2009. – С. 180.

УДК621.317.38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ УЧЕТА РАСХОДА
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ НА ПРОМЫШЛЕННОМ
ПРЕДПРИЯТИИ

С. Ю. Романюк, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов
*Сибирский государственный индустриальный университет
г. Новокузнецк*

Аннотация: Выполнен анализ существующих методов расчета энергозатрат, используемых для формирования программы энергосбережения на металлургическом предприятии. Рассмотрен предлагаемый запатентованный способ совершенствования имеющихся систем учета электроэнергии.

Ключевые слова: электроэнергия, энергосбережение, условно-переменные, условно-постоянные, расходы, методика.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПРЕЦЕДЕНТОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОГРАММЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕДСТОЯЩЕЙ ПЛАВКОЙ СТАЛИ Р.С. Койнов, С.М. Кулаков, Е.Н. Тараборина.....	100
РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ МИНИ-ТЭЦ В MATLAB О. В. Кончакова, В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова	108
ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СПРОСОМ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ С. О. Корнева, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов.....	117
СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННОГО СБОРА ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА Д.Е. Коровин, М.В. Ляховец	127
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ Костык А. В., В. А. Кузнецов, Е. С. Кузнецова.	130
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ И УЧЕТА РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРОИЗВОДСТВЕ НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ С. А. Кузьмин, Е. С. Кузнецова, В. А. Кузнецов.	136
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДРОБИЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ МАШИНОЙ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ А.Г. Никитин, К.В. Тагильцев-Галета, К.А. Чайников	145
ПЕРЧАТКА – КОНТРОЛЛЕР С ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ И. В. Присяжнюк, Д.Е. Модзелевский.....	151

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД И ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭЛЕКТРОНИКА

***ТРУДЫ ДЕВЯТОЙ ВСЕРОССИЙСКОЙ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ***

25-26 НОЯБРЯ 2020 г.

Под. общ. ред.: д.т.н., проф. Островляничка В.Ю.,
к.т.н., доц. Кубарева В.А.

Техническая редакция: Поползин И. Ю.

Компьютерная верстка:
Поползин И. Ю.

Подписано в печать 03.12.2020

Формат 60x84 1/16

Бумага писчая

Печать цифровая

Тираж 50 экз.

Усл. печ. л. 12,56

Уч.-изд. л. 12,97

Заказ №226 _____

Сибирский государственный индустриальный университет
654007, г. Новокузнецк, ул. Кирова, 42
Издательский центр СибГИУ