
**БАЙЛАНЫС, ЭНЕРГЕТИКА, АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕР
АВТОМАТИКА, ТЕЛЕМЕХАНИКА, СВЯЗЬ, ЭНЕРГЕТИКА,
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ
AUTOMATION, TELEMCHANICS, COMMUNICATIONS, POWER ENGINEERING,
INFORMATION SYSTEMS**

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 119, No.4 (2021) pp.67-74

УДК 62-236.58

DOI 10.52167/1609-1817-2021-119-4-67-74

М.Е. Калекеева , **Ю.Г. Литвинов**
Академия Гражданской авиации, г. Алматы, Казахстан

**РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ИСКУССТВЕННОГО ЗРЕНИЯ С ТРЕМЯ
СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ**

Аннотация. В настоящее время беспилотные летательные аппараты все больше применяются для решения задач мониторинга различного рода объектов и территорий. Возможность беспилотных транспортных средств манипулировать или переносить окружающие предметы значительно расширяет типы миссий и области применения, усиливая возможности оператора при выполнении грязных, опасных или монотонных операций, таких как: сбор образцов почвы, выполнение технического обслуживания на мосту или на фасаде здания, очистка завалов в опасной зоне. В таких задачах БЛА должен быть способен манипулировать в своей окружающей среде, в том числе устранять препятствия, которые блокируют передвижение к целевой точке. Однако в настоящее время манипуляторами оснащены только наземные роботизированные транспортные средства.

В данной статье рассматривается разработка прототипа искусственного зрения с тремя степенями свободы для стабилизации, а также для выявления объекта и фокусировки на нем, которая будет использоваться в беспилотных летательных аппаратах.

Ключевые слова: искусственное зрение, интеллектуальные системы, беспилотные летательные аппараты, дрон-манипулятор.

Введение. Создание роботов непрерывно ставит вопросы, ответы на которые можно найти только в ходе нейрофизиологических и психофизиологических экспериментов. Роботы должны обладать гораздо более совершенными системами движения, восприятия и анализа чем существующие сегодня. В последние десятилетия низкое качество развития интеллектуальных систем было главным фактором, ограничивающим область применения роботов в производственных цехах.

Для построения системы от одной до трех степеней свободы была собрана модель конструкции сортировочного робота. В качестве тестирования данной системы с искусственным зрением будет разработан конвейерный механизм (Рисунок 1).

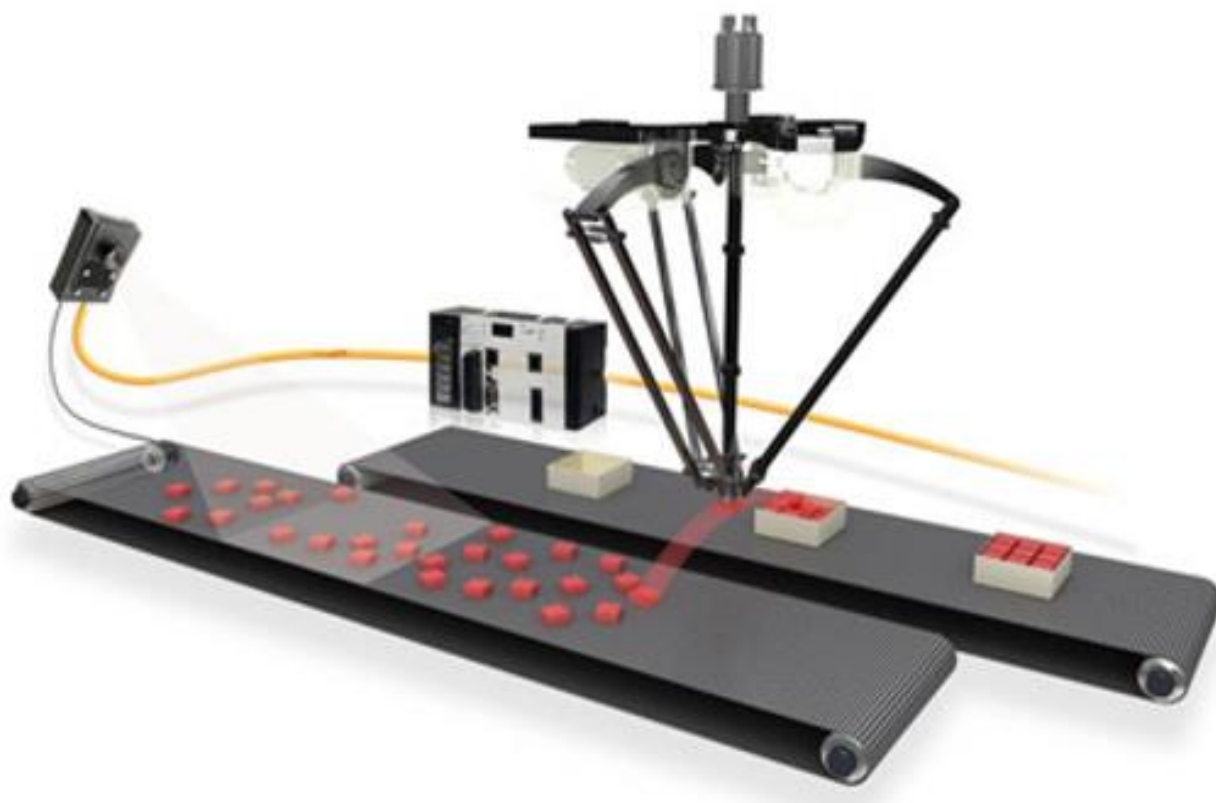


Рисунок 1 – Модель робототехнической системы с искусственным зрением

Методы и исследования. В качестве прототипа манипулятора был выбран вид параллельного робота – дельта-робот (Рисунок 2).

Манипулятор состоит из нижеперечисленных элементов [1]. Две платформы: неподвижно закреплённое верхнее основание (1) и небольшая подвижная платформа (8), соединённые тремя рычагами. Каждый рычаг состоит из двух частей: верхнее плечо (4) жёстко соединено с двигателем (3), расположенным на верхнем основании, а нижнее представляет собой параллелограмм (5), в углах которого установлены так называемые универсальные шарниры (6, 7), которые позволяют углам изменяться. Каждый параллелограмм соединён с верхним рычагом шарниром (12) таким образом, чтобы его верхняя сторона всегда оставалась перпендикулярной своему рычагу и параллельной плоскости верхнего основания. Благодаря этому подвижная платформа робота, прикрепленная к нижним сторонам параллелограммов, также будет всегда параллельной верхнему основанию. Можно управлять положением платформы, изменяя угол поворота верхних рычагов относительно основания робота при помощи двигателей.

В центре нижней платформы (8) крепится так называемый рабочий орган робота (9). Это может быть манипулятор, захватывающее устройство. Дополнительно может использоваться ещё один двигатель (10), который обеспечивает вращение рабочего органа через штангу (11).

Главным преимуществом данных роботов является скорость: тяжёлые двигатели размещены на неподвижном основании, движутся только рычаги и нижняя платформа, которые стараются изготавливать из лёгких композитных материалов, уменьшая тем самым их инерцию.

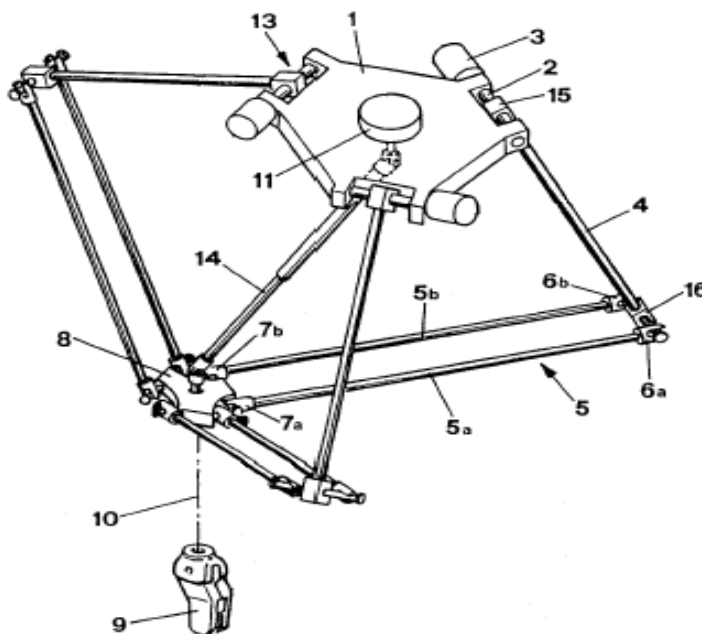


Рисунок 2 – Вид манипулятора дельта-робота

Расчет кинематики манипулятор.

Для построения прототипа необходимо решить кинематическую задачу. В первой ситуации известна позиция, в которую необходимо переместить манипулятор робота. Для этого требуется определить величины углов, на которые нужно повернуть двигатели, связанные с рычагами робота, чтобы установить его в правильное положение для захвата. Процедура определения этих углов называется обратной кинематической задачей [2].

Неподвижное основание робота и его движущую платформу можно представить в виде равносторонних треугольников: на рисунке 3 они закрашены зелёным и розовым цветами соответственно. Углы поворота рычагов робота относительно плоскости основания (они же – углы поворота моторов) обозначены как θ_1 , θ_2 и θ_3 , а координаты точки E_0 , расположенной в центре подвижной платформы и в которой в реальной жизни будет закреплён манипулятор робота – как (x_0, y_0, z_0) .

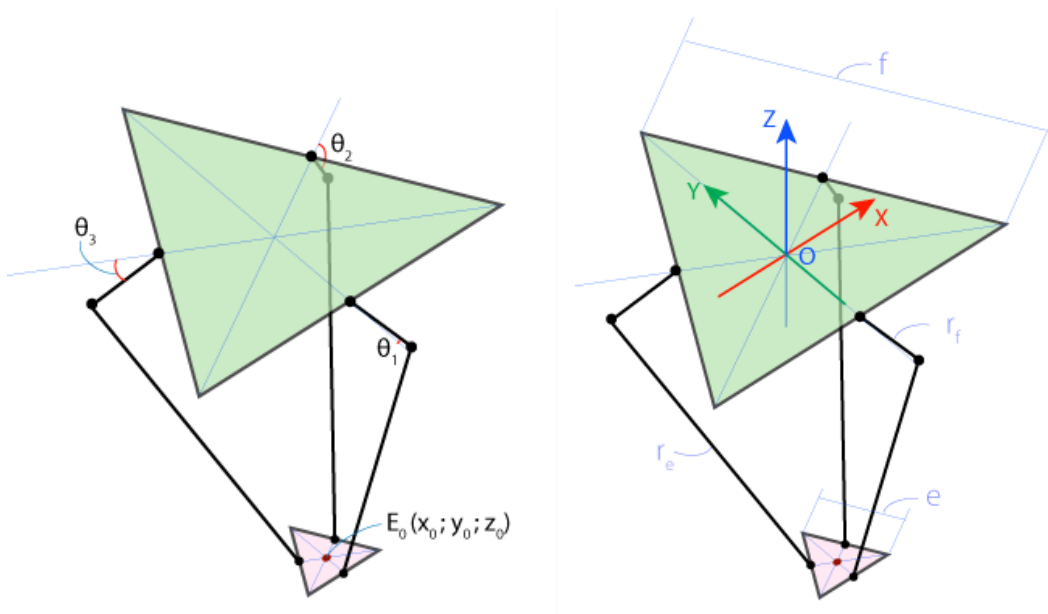


Рисунок 3 – Ключевые параметры

Для формулировки задач введены две функции:

1) $f_{inverse}(x_0, y_0, z_0) \rightarrow (\theta_1, \theta_2, \theta_3)$ для решения обратной кинематической задачи.

2) $f_{forward}(\theta_1, \theta_2, \theta_3) \rightarrow (x_0, y_0, z_0)$ для решения прямой кинематической задачи.

Таким образом, разработка манипулятора проводилась в 4 стадии:

- расчет необходимых параметров для построения передаточной функции эталонной модели математической модели адаптивного фильтра;
- кинематический расчет построения манипулятора;
- разработка конструкции манипулятора с искусственным зрением;
- использование математической модели адаптивного фильтра для манипулятора с 2-мя степенями свободы.

Моделирование прототипа манипулятора в САПР.

В программе системы автоматического проектирования (в 3D) FreeCad были смоделированы каркасные элементы прототипа манипулятора Delta-робот (рисунки 4 – 8).

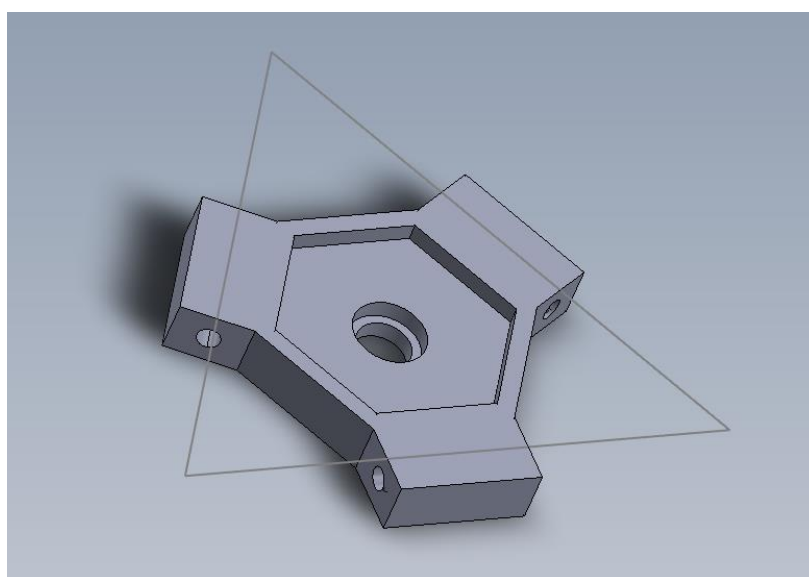


Рисунок 4 – 3D модель элемента «Карета» нижней платформы

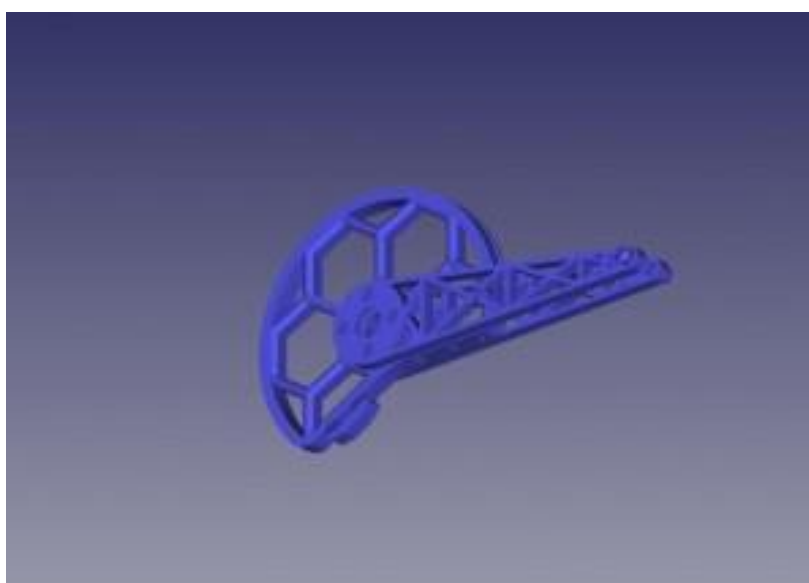


Рисунок 5 – 3D модель рычажной системы

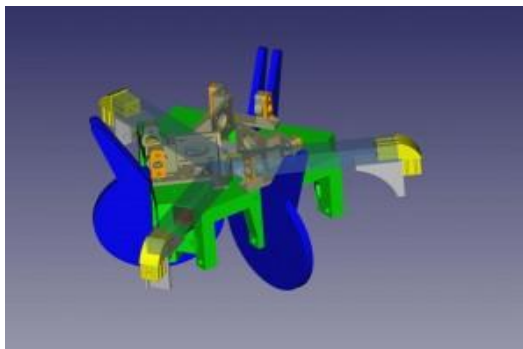


Рисунок 6 – 3D модель верхней платформы (вид сбоку)

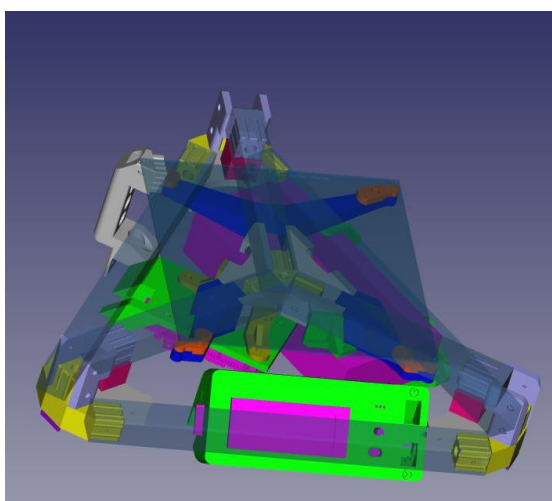


Рисунок 7 – 3D модель нижнего основания (вид спереди)

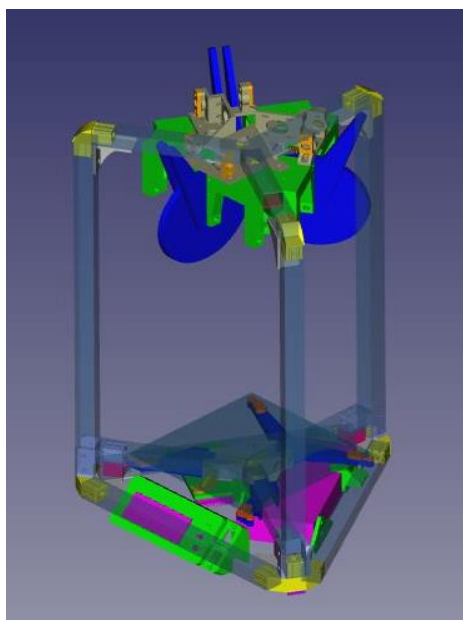


Рисунок 8 – 3D модель Дельта-робота (вид сбоку)

Удалось добиться хорошего качества печатных моделей с помощью настройки печати. На рисунках 9 и 10 показаны элементы дрона-манипулятора.

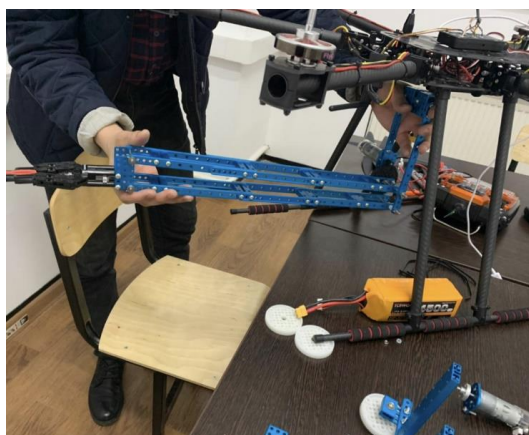


Рисунок 9 – Дрон- манипулятор (вид спереди)

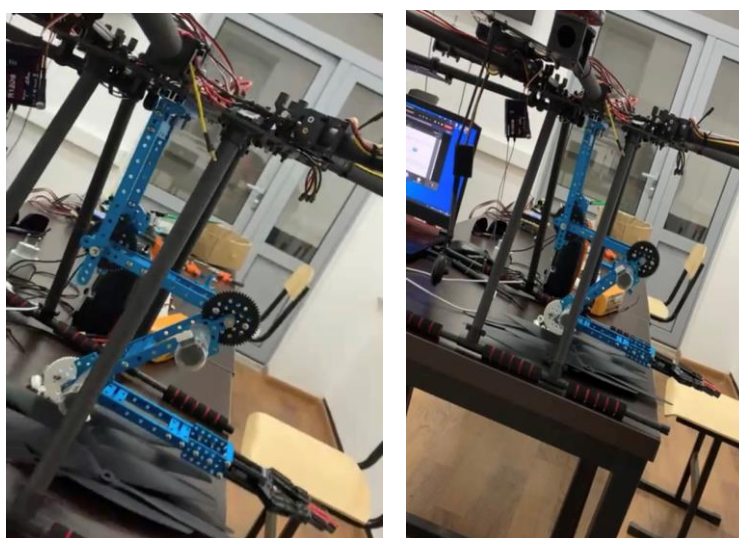


Рисунок 10 – Дрон- манипулятор (вид сбоку)

Заклучение

Разработан и построен прототип искусственного зрения с тремя степенями свободы для стабилизации и фокусировки картинки, используя математическую модель адаптивного фильтра. Результатом является найденное оптимальное решение для применения в разрабатываемом прототипе искусственного глаза.

Получен патент РК на полезную модель.

Kalekeyeva Marina, magistr, Senior lecturer at the Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan; kalekeeva.m@mail.ru

Litvinov Yurii, Ph.D., Associate Professor at the Academy of Civil Aviation Almaty, Kazakhstan; yurii-litvinov@mail.ru

DEVELOPMENT OF A PROTOTYPE OF ARTIFICIAL VISION WITH THREE DEGREES OF FREEDOM

Abstract: Currently, unmanned aerial vehicles are more and more used to solve problems of monitoring various types of objects and territories. The ability of unmanned vehicles to manipulate or carry objects around them greatly expands the types of missions and applications, enhancing the operator's ability to perform dirty, dangerous or monotonous operations, such as collecting soil samples, performing maintenance on a bridge or building facade, clearing debris

in a hazardous zone. In such tasks, the UAV must be able to manipulate its environment, including removing obstacles that block movement to the target point. However, currently only ground robotic vehicles are equipped with manipulators.

This article discusses the development of a prototype of artificial vision with three degrees of freedom for stabilization, as well as for identifying and focusing on an object, which will be used in unmanned aerial vehicles.

Keywords: Artificial vision, intelligent systems, unmanned aerial vehicles, drone manipulators.

Калекеева Марина, магистр, Азаматтық Авиация Академиясының аға оқытушысы Алматы, Қазақстан, kalekeeva.m@mail.ru

Литвинов Юрий, ф-м.ғ.к., Азаматтық Авиация Академиясы қауымдастырылған профессоры, Алматы, Қазақстан, yurii-litvinov@mail.ru

ҮШ ДЕҢГЕЙДІ БОСТАНДЫҚТА ЖАСАНДЫҚ КӨРУДІҢ ПРОТОТИПТІҢ ДАМУЫ

Аңдатпа: Қазіргі уақытта ұшқышсыз ұшу аппараттары әр түрлі объектілер мен аумақтарды бақылау мәселелерін шешу үшін көбірек қолданылады. Ұшқышсыз автокөліктердің айналадағы заттарды басқаруға немесе алып жүруге қабілеттілігі миссиялар мен қосымшалардың түрлерін едәуір кеңейтеді, бұл оператордың топырақ үлгілерін жинау, көпірде немесе ғимараттың қасбетіне техникалық қызмет көрсету, тазалау сияқты лас, қауіпті немесе біркелкі операцияларды орындау мүмкіндігін арттырады. қауіпті аймақтағы қалдықтар. Мұндай тапсырмаларда БҰҚ өз ортасында манипуляция жасай білуі керек, оның ішінде мақсатты нүктеге дейін қозғалысты тежейтін кедергілерді жою. Алайда, қазіргі уақытта тек жердегі роботты машиналар манипуляторлармен жабдықталған.

Бұл мақалада тұрақтандырудың үш дәрежелі еркіндігі бар жасанды көріністің прототипі, сондай -ақ ұшқышсыз ұшу аппараттарында қолданылатын объектіні анықтап, оған назар аудару талқыланады.

Түйінді сөздер: жасанды көру, интеллектуалды жүйелер, ұшқышсыз ұшу аппараттары, ұшқышсыз басқарылатын манипуляторлар.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Уидроу Б., Стирнз С.Д. Адаптивная обработка сигналов / пер. с англ.; под ред. Шахгильдяна В.В. – Москва: Радио и связь, 1989. – 440 с.
- [2] Sayed A.H. Fundamentals of adaptive filtering. / NJ, Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 1168 p.
- [3] Diniz P.S.R. Adaptive filtering algorithms and practical implementation. Third edition. – New York: Springer Science + Business Media, - 2008. – 587 p.
- [4] Ануфриев И., Смирнов А., Смирнова Е. MATLAB 7: Наиболее полное руководство. – С.-Пб.: БХВ Петербург, 2005. – 458 с.
- [5] Джиган В.И. Адаптивные фильтры. Современные средства моделирования и примеры реализации. // Электроника: НТБ, – 2012. – №7. – С.106-125.
- [6] Трэвис Д., Кринг Д. LabVIEW для всех / 4-е изд-е, перераб. и доп. –Москва: ДМК Пресс, - 2011. – 904 с.
- [7] Sigale D. Digital communication systems using SystemVue. // Charles River Media, - 2006. – 350 p.

- [8] Anderson S.R. Adaptive Cancellation of Self-Generated Sensory Signals in a Whisking Robot // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2010. – Vol. 26(6). – P. 1065-1076.
- [9] Anderson S.R., Wilson E. Simulink Adaptive Filter Code_TDLs / Simulinkblock and Matlab scripts. - London, UK: Technical report, 2011. – 315 p.
- [10] Dean P. An adaptive filter model of cerebellar zone C3 as a basis for safe // *Neural Networks*. – November 2013. – Vol. 47. – P. 134-149.
- [11] Brain T.H.U. Adaptive Filter Models of the Cerebellum: Fact or Fiction // *ELSC-ICNC Seminar Paul Dean*. – 2011. – Vol. 14. – P. 187-196.
- [12] Lenz A. An adaptive gaze stabilization controller inspired by the vestibulo-ocular reflex // *Bioinspiration & biomimetics*. – 2008. – Vol.8. – P. 415-422.

REFERENCES

- [1] Uidrou B., Stirnz S.D. Adaptivnaja obrabotka signalov / per. s angl.; pod red. Shahgil'djana V.V. – Moskva: Radio i svjaz', 1989. – 440 c.
- [2] Sayed A.H. Fundamentals of adaptive filtering. / NJ, Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2003. – 1168 p.
- [3] Diniz P.S.R. Adaptive filtering algorithms and practical implementation. Third edition. – New York: Springer Science + Business Media, - 2008. – 587 p.
- [4] Anufriev I., Smirnov A., Smirnova E. MATLAB 7: Naibolee polnoe rukovodstvo. – S.-Pb.: BHV Peterburg, 2005. – 458 s.
- [5] Dzhigan V.I. Adaptivnye fil'try. Sovremennye sredstva modelirovaniya i primery realizacii. // *Elektronika: NTB*, – 2012. – №7. – S.106-125.
- [6] Trjevis D., Kring D. LabVIEW dlja vseh / 4-e izd-e, pererab. i dop. – Moskva: DMK Press, - 2011. – 904 s.
- [7] Sigale D. Digital communication systems using SystemVue. // Charles River Media, - 2006. – 350 p.
- [8] Anderson S.R. Adaptive Cancellation of Self-Generated Sensory Signals in a Whisking Robot // *IEEE Transactions on Robotics*. – 2010. – Vol. 26(6). – R. 1065-1076.
- [9] Anderson S.R., Wilson E. Simulink Adaptive Filter Code_TDLs / Simulinkblock and Matlab scripts. - London, UK: Technical report, 2011. – 315 r.
- [10] Dean P. An adaptive filter model of cerebellar zone C3 as a basis for safe // *Neural Networks*. – November 2013. – Vol. 47. – P. 134-149.
- [11] Brain T.H.U. Adaptive Filter Models of the Cerebellum: Fact or Fiction // *ELSC-ICNC Seminar Paul Dean*. – 2011. – Vol. 14. – P. 187-196.
- [12] Lenz A. An adaptive gaze stabilization controller inspired by the vestibulo-ocular reflex // *Bioinspiration & biomimetics*. – 2008. – Vol.8. – P. 415-422.

The Bulletin of Kazakh Academy of Transport and Communications named after M. Tynyshpayev, ISSN 1609-1817, DOI 10.52167/1609-1817, Vol. 119, No.4 (2021) pp.74-82

UDC 681.2-5

DOI 10.52167/1609-1817-2021-119-4-74-82

N. A Ayapbergen¹, I. V Kazanina¹, A. R. Fazylova³, N.T Zhetenbayev¹ 

University of Power Engineering and Telecommunications
named Gumarbek Daukeyev
²Satbayev University