

2. Возрастает энергоёмкость процесса транспортирования, нет просыпания груза, дробления, пыления и потери его качества при транспортировке. Улучшает санитарные условия труда.

3. Недостатком ленточных трубчатых конвейеров является высокая стоимость данных конвейеров.

#### **Список литературы:**

1. Артоболевский И. И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1975. – 640 с.
2. <https://www.krugosvet.ru/enc/konveyery>.
3. 1. Галкин В. И. Особенности эксплуатации трубчатых ленточных конвейеров / В. И. Галкин // Горное оборудование и электромеханика. – 2008. – № 1. – С. 7–12.
4. Hinterholzer S. Again published in Bulk Solids Handling / S. Hinterholzer, F. Kessler, K. Grabner – November, 2001. – P. 43–46.
5. <https://www.3bhungaria.com.ua/conv-ribbon/trubchatiy>
6. <https://mining-media.ru/ru/article/transport/1254-besprosyynye-lentochnye-konveyery>.

УДК 50.03.03

## **СИНТЕЗ ЛИНЕЙНО-КВАДРАТИЧНОГО РЕГУЛЯТОРА ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

**Кусаинова Малика, Еркінбек Жаксылык**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нұр-Сұлтан, Казахстан

**Научный руководитель – Шукирова А.К.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нұр-Сұлтан, Казахстан

**Аннотация:** Данная работа посвящена разработке системы управления беспилотного летательного аппарата.

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, линейно-квадратичный регулятор, система управления.

**Annotation:** This work is devoted to the development of an unmanned aerial vehicle control system.

**Key words:** unmanned aerial vehicle, linear-quadratic regulator, control system.

**Аннотация:** Бұл жұмыс ұшқышсыз ұшу аппаратының басқару жүйесін құруға арналған.

**Түйін сөздер:** ұшқышсыз ұшу аппараты, сызықты-квадраттық регулятор, басқару жүйесі.

За последние несколько лет беспилотные воздушные системы начали широко использоваться для различных гражданских применений. Некоторые из этих систем требуют точного управления и контроля. Поэтому управление беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) привлекло многих исследователей как теории управления, так и аэрокосмической отрасли. Трудно разработать надежный контроллер для таких систем. Это связано с тем, что БПЛА очень чувствительны к управляющим воздействиям [1-4].

Линейно-квадратичный регулятор (LQR) предлагается, чтобы обеспечить надежную стабильность. Идея этого подхода заключается в том, что с LQR в контуре система становится более стабильной и менее чувствительной к возмущающим сигналам.

Основная цель данной статьи состоит в том, чтобы представить более надежную схему контроллера и более интуитивную процедуру настройки усиления. Разработанные контроллеры должны отвечать следующим техническим требованиям [5-8]:

- Контроллер должен добиться стабилизации скорости полета около - 10 м / с. Это на самом деле нормальная скорость;
- Диспетчер должен добиться стабилизации постоянной высоты вокруг нормальной высоты полета, которая составляет - 150 м;
- Контроллер должен обеспечивать регулирование опорного сигнала для высоты и скорости полета;
- Контроллер должен достичь стабилизации, когда существует дисбаланс массы БПЛА в диапазоне от 50 до 300 грамм;
- Контроллер должен достичь стабилизации, когда существует отклонение в положении максимум на 4 см (2 см впереди и 2 см назад от исходного местоположения);

Нестабильность и нелинейность, усложняют разработку надежного контроллера для этого типа БПЛА. Линеаризация модели упростит задачу проектирования контроллера и позволит инженеру по управлению использовать инструменты линейной теории систем. Тем не менее, недостатком использования линейной модели и теории линейного управления является то, что рабочие характеристики не могут быть гарантированы для всех режимов полета. Тем не менее, в случае этого эксперимента, поскольку профиль полета БПЛА несколько ограничен (диапазон скоростей, потолок обслуживания, вес и т. Д.), линейный контроллер может быть разумным решением.

Таким образом, линейные стратегии управления были использованы для контроля продольных и боковых перемещений плоскости. В частности, линейно-квадратичный регулятор (LQR) был использован для стабилизации системы и обеспечения отслеживания высоты, скорости и угла крена.

Линейный квадратичный регулятор (LQR) - это метод, который генерирует статическую матрицу усиления обратной связи «К». Динамика замкнутой системы, образованная с помощью «К», определяется как:

$$\dot{x}(t) = (A - BK)x(t)$$

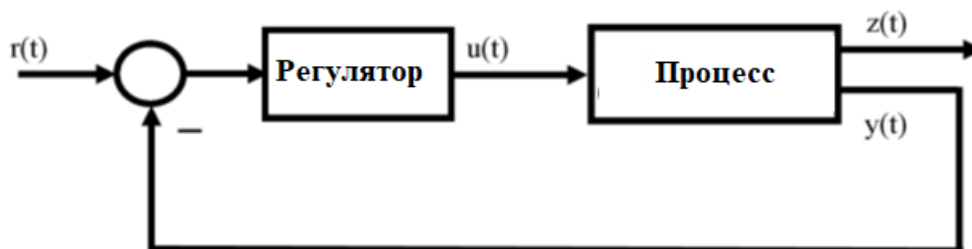


Рисунок 1

На этом рисунке проиллюстрирована система, которой нужно управлять. Модель процесса в пространстве состояний в обобщенной установке на рисунке 1 выглядит следующим образом:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax(t) + Bu(t) \\ y(t) &= C_1x(t) \\ z(t) &= \begin{bmatrix} C_2 & x(t) \\ D & u(t) \end{bmatrix} \end{aligned}$$

«Задача оптимального управления теперь может быть сформулирована как задача поиска контроллера, который минимизирует функцию стоимости «J», которая выражается следующим образом:

$$J = \int_0^{\infty} \|z(t)\|^2 dt = \int_0^{\infty} (x^T Q x + u^T R u) dt$$

Можно было бы заметить, что J - это энергия выходного сигнала производительности «z». Поэтому мы имеем:

$$\|z(t)\|^2 = \begin{bmatrix} C_2 & x \\ D & u \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} C_2 & x \\ D & u \end{bmatrix} = x^T C_2^T C_2 x + u^T D^T D u$$

До сих пор мы видели, как сформулировать проблему LQR, и представили подход для выбора весовых матриц Q и R. Но первоначальная постановка задачи заключалась в том, чтобы найти матрицу усиления обратной связи «K», которая является оптимальной, когда речь идет об энергии индекса производительности в системе закон управления по отрицательной обратной связи, найденный по LQR-алгоритму, должен минимизировать критерий оптимальности

$$u = -Kx = -R^{-1}B^T P$$

Функция Matlab *lqr* (A; B; Q; R) вычисляет решение уравнения Рикатти, а также возвращает матрицу оптимального усиления «K». В случае этого эксперимента использовались два отдельных сценария Matlab: один для продольного и один для бокового перемещения.

Расчитанные матрицы усиления обратной связи K для продольной и боковой осей приведены ниже:

$$K_{\text{прод}} = \begin{bmatrix} 0.05560 & 0.0331 & -0.7552 & -4.7789 \\ 0.3925 & -0.0375 & 0.0589 & -0.1932 \end{bmatrix}$$

$$K_{\text{бок}} = \begin{bmatrix} -0.0006 & 0.1087 & -0.4669 & 0.4282 \end{bmatrix}$$

Далее приведена процедура разработки линейно-квадратичного регулятора для линейной динамической системы [9-10]:

1. Необходимо описать динамику линейной системы управления с использованием представления в пространстве состояний и определить состояние системы, управляющий сигнал и измеримые выходы;
2. Проанализировать систему, чтобы понять, является ли она управляемой и/или наблюдаемой;
3. Сформировать матрицы Q и R с учетом ограничений доступных сигналов управления;
4. Сформировать алгебраическое уравнение Риккати;
5. Найти матрицу усиления обратной связи «K», и сформировать замкнутую систему.

#### Список литературы:

1. JAPCC Flight Plan for Unmanned Aircraft Systems in NATO (2008 edition), July 2009.
2. Gene F., Powell J. D., Emami N. A. Feedback control of dynamic systems, 6th. New Jersey: Book. 2014.

3. Ogata K. (2010) Modern control engineering, 5th. California: Book.
4. Jiinec T. Stabilization and control of unmanned quadcopter: thesis. Lulea, Lulea University of technology, 2011.
5. ASD Reports. The Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Market 2009-2019. Visiongain, May 2009.
6. Unmanned Aircraft Systems, July 2009.
7. Bouabdallah S. Design and control of quadrotors with application to autonomous flying: thesis. Lausanne, Swiss Federal Institute of Technology, 2007.
8. Papageorgiou Ch., Glover K. Vibration suppression in flight control with dynamic inversion, 2002.
9. Fantoni I., Lozano R., Castillo P. A simple stabilization algorithm for the PVTOL aircraft, 2002.
10. Hamel T., Mahony R., Lozano R. et. al. Dynamic modelling and configuration stabilization for an X4-, 2002.

УДК 004.75

## **РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ТЕХНОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕМЕНТОВ АЭРОДИЗАЙНА И АППЛИКАЦИИ**

**Макушева О.Ю.**

Костанайский Государственный Педагогический Университет  
им. У.Султангазина, г.Костанай, Казахстан

**Научный руководитель: Комиссаров С.В.**

Костанайский Государственный Педагогический Университет  
им. У.Султангазина, г.Костанай, Казахстан

Аннотация: Миссия учителя заключается в том, чтобы помочь учащимся развить свои творческие способности, разработать стратегии и методы на уроках технологии.

Таким образом, результаты представленного исследования показали, что уровень творческих способностей школьников повышается, если в процессе обучения на уроках технологии, будут применяться элементы аэродизайна и аппликации.

Аэродизайн — современное искусство оформления интерьера и экстерьера с использованием воздушных шаров.

Аппликация - это тип изобразительной техники, основанный на сшивании, склеивании и перекрытии форм в различных материалах, взятых в качестве фона.

На уроках технологии с использованием аппликации у детей хорошо развивается глазомер. Большое внимание уделяется дизайну цветовому оформлению, в результате чего у школьников развивается художественный вкус. Цвет очень эмоционально и позитивно влияет на ребенка, он положительно влияет на него. У детей появляется желание создать что-то новое или сделать то, что уже существует.

Качественный анализ результатов диагностического исследования позволяет прийти к выводу, что учащимся нравится применять элементы аэродизайна и аппликации на занятиях, они с интересом и увлеченностью погружаются в выполнение заданий, что благоприятно влияет на развитие их творческих способностей.

Ключевые слова: Методы, Стратегии, Технология, Творчество, Аэродизайн, Аппликация, Исследование

Аннотация: Мұғалімнің міндеті оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамытуға, технология сабақтарында стратегиялар мен әдістерді әзірлеуге көмектесу болып табылады.