

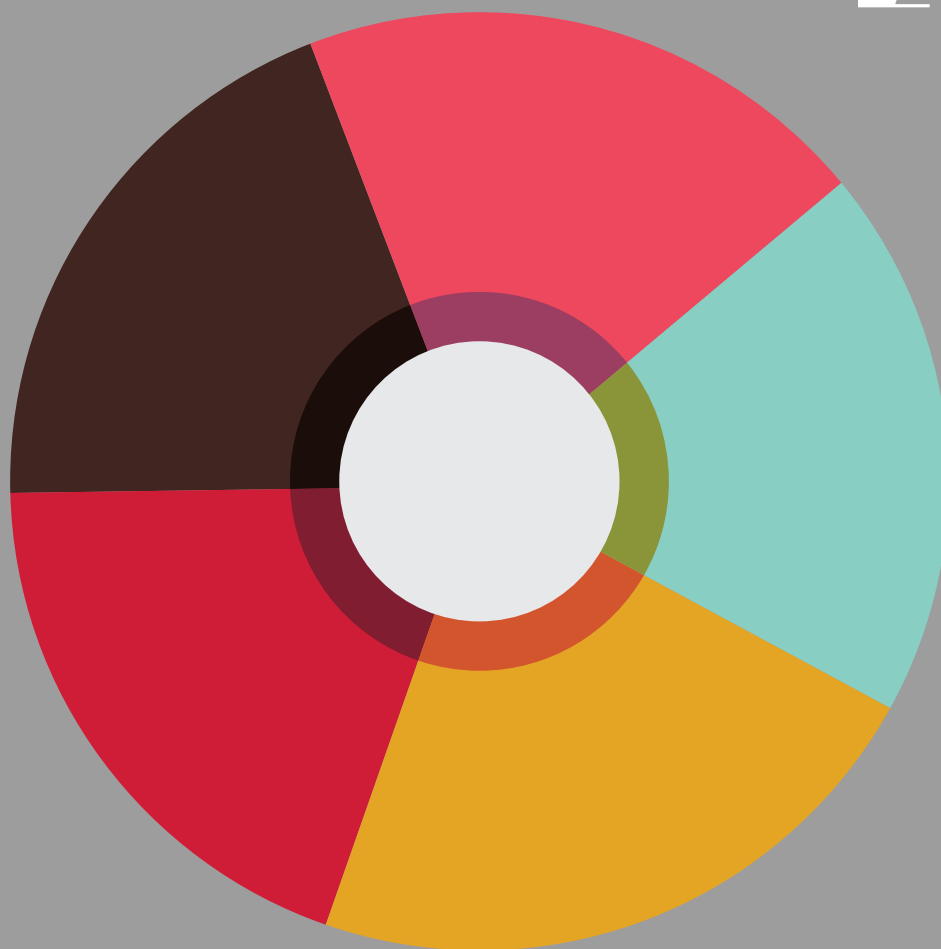
MIST

Современные инновации,
системы и технологии

ISSN 2782-2818

2022

2(3)



MIST

MODERN INNOVATIONS, SYSTEMS AND
TECHNOLOGIES

www.oajmist.com



MIST

Современные инновации,
системы и технологии

Выходит с 2021 года

Главный редактор

И.В. Ковалев, д-р техн. наук, профессор

Редакционная коллегия

С.П. Друкаренко, канд. техн. наук, профессор

А.А. Ступина, д-р техн. наук, профессор

Е.Н. Головенкин, д-р техн. наук, профессор

Н.А. Тестоедов, член-корр. РАН

А.С. Дулесов, д-р техн. наук, доцент

В.И. Пантелеев, д-р техн. наук, профессор

Ю.А. Шурыгин, д-р техн. наук, профессор

А.И. Легалов, д-р техн. наук, профессор

С.В. Ченцов, д-р техн. наук, профессор

Ю.В. Гуляев, академик РАН

И.Н. Карцан, д-р техн. наук, доцент

О.Я. Кравец, д-р техн. наук, профессор

В.В. Хартов, д-р техн. наук, доцент

В.В. Шайдуров, член-корр. РАН

А.А. Колташев, д-р техн. наук, доцент

О.А. Антамошкин, д-р техн. наук, доцент

А.А. Ворошилова, канд. филос. наук, доцент

А.С. Кузнецов, канд. техн. наук, доцент

В.С. Тынченко, канд. техн. наук, доцент

М.В. Сарамуд, канд. техн. наук, доцент

О журнале

Журнал «Современные инновации, системы и технологии» издается редакцией ООО «СНЦ ДНIT».



СНЦ ДНIT

Сибирский научный центр

Редакция проводит полную редакционную обработку статей, а также размещает научные статьи в международных и российских базах цитирования и в открытых репозиториях с целью повышения доступности научных публикаций.



eLIBRARY.RU – одна из крупнейших российских электронных библиотек научных публикаций, которая обладает огромными возможностями поиска и получения информации.



CrossRef – это международный реестр научно-информационных материалов на основе технологии DOI. CrossRef использует технологию открытых стандартов системы DOI и является также официальным регистрационным агентством DOI для образовательных и профессиональных научных публикаций.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Необходимую информацию о журнале и полный список опубликованных статей, а также аннотации к ним Вы найдете на нашем сайте www.oajmist.com

Издательство и редакция:

ООО "Сибирский научный центр ДНIT" (ООО "СНЦ ДНIT")

660049, Красноярск, ул. Урицкого, 61, офис 101

Телефон: 8 (391) 227-84-84

E-mail: krasnio@bk.ru

www.oajmist.com

Дизайн обложки Е.А. Борисова

Электронная версия: ISSN 2782-2818.

Журнал выходит четыре раза в год.

Подписано в печать 30.09.2022 г.

Цена свободная.

16+

About journal

The journal «Modern Innovations, Systems and Technologies» is published by the editorial offices of LLC «SSC DNIT».



SSC DNIT
Siberian Scientific Centre

The editorial office carries out full editorial processing of articles, as well as places scientific articles in international and Russian citation bases and in open repositories in order to increase the availability of scientific publications.



eLIBRARY.RU – is one of the largest Russian electronic libraries of scientific publications, which has enormous search and information retrieval capabilities.



CrossRef – is an international register of scientific and informational materials based on DOI technology. CrossRef uses the open standards technology of the DOI system and is also the official DOI registration agency for educational and professional scientific publications.

Articles submitted to the Editorial board are reviewed. The authors of the publications are responsible for the accuracy of the information in the articles. The opinion of the editorial board may not coincide with the opinion of the authors. When reprinting, a link to the journal is required. Materials are published in the author's edition.

The necessary information about the journal and a complete list of published articles, as well as abstracts to them, can be found on our website www.oajmist.com

Publisher and Editorial office:

"Siberian Scientific Center DNIT" (Ltd. "SSC DNIT")
61, Uritskogo Street, Krasnoyarsk, 660049, Russia
Tel: +7 (391) 227-84-84
E-mail: krasnio@bk.ru
www.oajmist.com

Cover design by E.A. Borisova

ISSN 2782-2818 (Online)

Ed. No. 30 (September, 2022)

16+

Chief Editor

I Kovalev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Editorial Board

S Drukarenko, Doctor of Technical Sciences, Professor

A Stupina, Doctor of Technical Sciences, Professor

E Golovenkin, Doctor of Technical Sciences, Professor

N Testoyedov,

Corresponding member of the Russian Academy of Sciences

A Dulesov, Doctor of Technical Sciences, Ass. Prof.

V Panteleev, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yu Shurygin, Doctor of Technical Sciences, Professor

A Legalov, Doctor of Technical Sciences, Professor

S Chentsov, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yu Gulyaev, Academician of the Russian Academy of Sciences

I Kartsan, Doctor of Technical Sciences, Ass. Prof.

O Kravets, Doctor of Technical Sciences, Professor

V Hartov, Doctor of Technical Sciences, Ass. Prof.

V Shaidurov, Corresponding member of the Russian Academy of Sciences

A Koltashev, Doctor of Technical Sciences, Ass. Prof.

O Antamoshkin, Doctor of Technical Sciences, Ass. Prof.

A Voroshilova, PhD, Associate Professor

A Kuznecov, PhD, Associate Professor

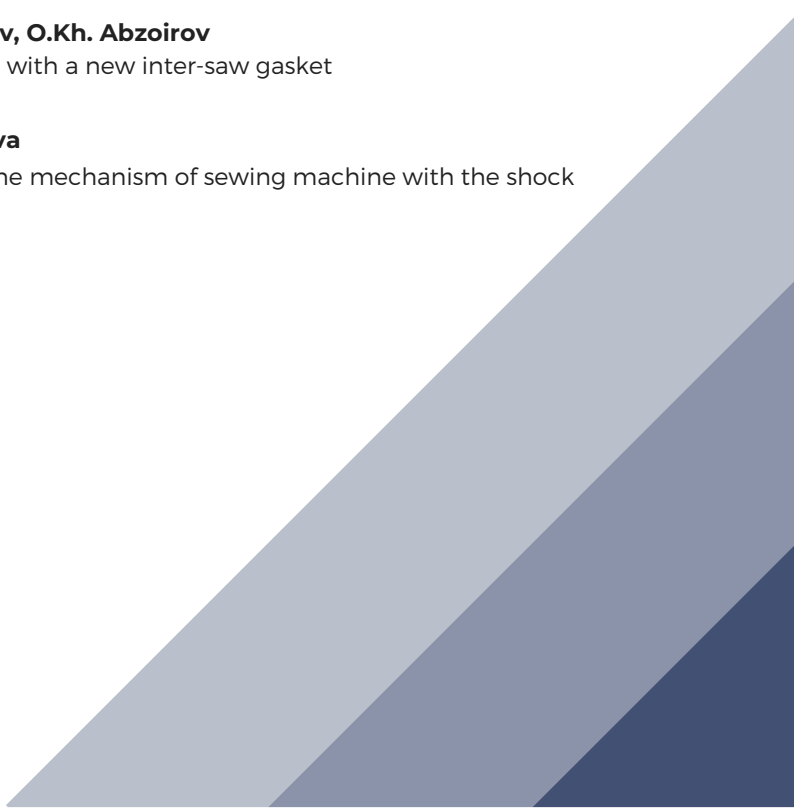
V Tynchenko, PhD, Associate Professor

M Saramud, PhD, Associate Professor

Содержание

- 0101** **А.Т. Тисецкий, Д.И. Ковалев, Т.П. Мансурова**
Обзор методов сегментации и обнаружения объектов на изображении в реальном времени для предотвращения аварийных ситуаций РЖД
- 0117** **Д. В. Лунев, С. К. Полетыкин, Д. О. Кудрявцев**
Нейроинтерфейсы: обзор технологий и современные решения
- 0127** **Д. В. Грузенкин, Д. О. Шаварин**
Метод блоков восстановления для повышения надежности программного обеспечения: сравнение с мультиверсионным программированием
- 0139** **И.Н. Баранов**
Обзор и сравнительный анализ BPMN-систем для роботизации бизнес-процессов
- 0201** **М.Т. Ходжиев, А. Джураев, А.К. Ашуров**
Динамика агрегата машины с фрезерным механизмом разборщика бунтов хлопка
- 0211** **Д.Х.Кадилова, Ф.У.Нигматова, Н.Д.Эргашева, Р.Э.Дехканова**
Особенности конструирования женской одежды для женщин старшего возраста
- 0301** **И. Н. Карцан, Д.К. Цапик, Д. Г. Кузнецов**
Моделирование тонкопленочной печатной катушки индуктивности для УКВ радиоприемника
- 0312** **Islam Md Jahidul, OmarFaruq**
Further exploration of deep aggregation for shadow detection
- 0401** **Д. М. Мухаммадиев, Ф.Х. Ибрагимов, О.Х. Абзоиров**
Анализ работоспособности линтерной машины с новой конструкцией междупильной прокладки
- 0410** **А. Джураев, М.А. Мансурова, Г. Турсунова**
Результаты экспериментальных исследований механизма швейной машины с амортизирующей рейкой для перемещения материала

Content

- 0101** **A.T.Tisetsky, D.I. Kovalev, T.P. Mansurova**
Study of methods of segmentation and detection of objects in the image in real time to prevent accidents of Russian Railways
- 0117** **D.V. Lunev, S.K. Poletykin, D.O. Kudryavtsev**
Brain-computer interfaces: technology overview and modern solutions
- 0127** **D. V. Gruzenkin, D. O. Shavarin**
Recovery blocks method to improve software reliability: comparison with N-version programming
- 0139** **I.N. Baranov**
Review and comparative analysis of BPMN-systems for robotization of business processes
- 0201** **M.T. Xodjiev, A. Djuraev, A.K. Ashurov**
Dynamics of the machine aggregate with a milling mechanism of the cotton bundle disassembler
- 0211** **D.X. Qodirova, F.U. Nigmatova, N.D. Ergasheva, R.E. Dehkanova**
Features of designing women's dresses for older women
- 0301** **Igor Kartsan, Dmitry Tsapik, Dmitry Kuznetsov**
Modeling a thin film printed inductance coil for a VHF radio receiver
- 0312** **Islam Md Jahidul, Omar Faruq**
Further exploration of deep aggregation for shadow detection
- 0401** **D. M. Mukhammadiev, F. Kh. Ibragimov, O.Kh. Abzoirov**
Performance analysis of a linter machine with a new inter-saw gasket
- 0410** **A. Djuraev, M.A. Mansurova, G. Tursunova**
The results of experimental research of the mechanism of sewing machine with the shock absorbing rack for material movement
- 

УДК: 004.582

EDN: [CCORPV](https://ccorpv.com)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0101-0116>



Обзор методов сегментации и обнаружения объектов на изображении в реальном времени для предотвращения аварийных ситуаций РЖД

А.Т. Тисецкий¹, Д.И. Ковалев^{2,3}, Т.П. Мансурова³

¹*Сибирский федеральный университет, Красноярск, Российская Федерация*

²*Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Российская Федерация*

³*Красноярский краевой Дом науки и техники РосСНИО, Красноярск, Российская Федерация*

Аннотация. С развитием железнодорожной индустрии, информатизации общества и автоматизации многих технологических процессов, появляется возможность создания аппаратно-программных комплексов автоматического управления, диагностики и безопасности движения локомотивов. Одной из важнейших систем данного комплекса является система обнаружения объектов на железнодорожных путях, разрывов железнодорожного полотна и его поворотов. Подобная система может быть разработана в виде камеры, установленной на локомотиве, и систем обработки информации, находящихся на борту каждого подвижного состава, или в виде глобальной системы, осуществляющей удаленную обработку информации с нескольких локомотивов. Независимо от реализации системы существует необходимость создания блока обнаружения объектов на изображениях, приходящих с камер. Для реализации данного блока необходимо выделять железнодорожную полосу на изображении и детектировать объекты в режиме реального времени. Для выделения полосы используются методы сегментации. В статье приведены алгоритмы нескольких из них и выбран наиболее предпочтительный вариант. Задача обнаружения объектов в видеопотоке в режиме реального времени решается при помощи сверточных нейронных сетей. В статье приведены краткие описания нескольких сетей, проанализированы результаты работы описанных нейронных сетей и выбрана сеть, наиболее подходящая для решения поставленной задачи.

Ключевые слова: железная дорога, обнаружение объектов, компьютерное зрение, сегментация изображения, разработка приложения, математическая модель, автоматизация процесса.

Для цитирования: Тисецкий, А., Ковалев, Д., & Мансурова, Т. (2022). Обзор методов сегментации и обнаружения объектов на изображении в реальном времени для предотвращения аварийных ситуаций РЖД. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0101–0116. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0101-0116>

Study of methods of segmentation and detection of objects in the image in real time to prevent accidents of Russian Railways

A.T. Tisetsky¹, D.I. Kovalev^{2, 3}, T.P. Mansurova³

¹*Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

²*Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russian Federation*

³*Krasnoyarsk Science and Technology City Hall, Krasnoyarsk, Russian Federation*

Abstract. With the development of the railway industry, the informatization of society and the automation of many technological processes, it becomes possible to create a complex of automatic control, diagnostics and safety of locomotive traffic. One of the most important systems of this complex is the system for detecting objects on the railway tracks, breaks in the railway track and its turns. Such a system can be designed as a locomotive-mounted camera and information processing systems on board each rolling stock, or as a global system that performs remote processing of information from several locomotives. Regardless of the implementation of the system, there is a need to create a block for detecting objects in images coming from cameras. To implement this block, it is necessary to select a railway lane in the image and detect objects in real time. Segmentation methods are used to select a band. The article presents the algorithms of several of them and chooses the most preferred option. The task of detecting objects in a video stream in real time is solved using convolutional neural networks. The article provides brief descriptions of several networks, analyzes the results of the described neural networks, and selects the network that is most suitable for solving the problem.

Keywords: railroad, object detection, computer vision, image segmentation, application development, mathematical model, process automation.

For citation: Tisetsky, A., Kovalev, D., & Mansurova, T. (2022). Study of methods of segmentation and detection of objects in the image in real time to prevent accidents of Russian Railways. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0101–0116. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0101-0116>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день индустрия железнодорожных перевозок все еще остается довольно важной и связанной со многими сферами современной жизни. Помимо удобства, предоставляемого этой индустрией, имеет место большое количество инцидентов, связанных с ней. Один из таких – это аварийные ситуации, связанные с нахождением посторонних объектов на пути движущегося состава. Как правило, такие инциденты происходят там, где железнодорожная полоса проходит в местах, находящихся рядом с другими возможными потоками транспорта, а также в местах, где полосу может пересекать человек. То есть, самые распространенные места – это пересечения с дорожным полотном, железнодорожные станции, иные часто посещаемые людьми маршруты, находящиеся вблизи от железной дороги. Инциденты на

железнодорожных путях имеют множество негативных последствий, начиная от изменений расписания движения транспорта, задержек, проблем с логистикой, авариями транспорта, заканчивая реальными человеческими жертвами.

Правительства и железнодорожные компании по всему миру уделяют большое внимание безопасности на железных дорогах. По статистике – это приводит к уменьшению инцидентов, однако до полного их устранения еще очень далеко.

Долгосрочная программа развития (ДПР) ОАО «Российские железные дороги» разработана и синхронизирована с положениями Государственных программ Российской Федерации. К основным задачам данной программы относятся: обновление парка подвижного состава, в том числе тягового, с учётом заключения с его производителями контрактов жизненного цикла; развитие инфраструктуры для обеспечения перспективных объёмов перевозок и повышение производственной эффективности; обеспечение необходимого уровня безопасности движения и экологической безопасности; переход на «цифровую железную дорогу». Данные планы позволяют задуматься о возможности создания системы автоматического управления, диагностики и безопасности движения локомотива [1].

Для создания подобной системы необходима подсистема безопасности, которая позволит обнаруживать посторонние объекты на пути следования железнодорожного состава, а также разрывы самого железнодорожного полотна не только для быстрой остановки состава во избежание аварий, но также для обеспечения оперативного реагирования для устранения источников аварийных ситуаций.

Можно выделить две основных задачи при реализации подсистемы безопасности:

- 1) необходимо четко выделять границы железнодорожного полотна;
- 2) определять объекты, находящиеся на изображении.

Для решения первой задачи подходят методы сегментации изображения, а системы обнаружения объектов на видео в реальном времени позволяют решить вторую задачу. Сегментация изображений и построение систем понимания изображений в реальном времени являются ключевыми элементами в информатизации и автоматизации многих отраслей, в том числе и для отрасли железнодорожных перевозок. Таким образом, актуальной задачей является анализ и выбор соответствующих моделей и систем.

В данной работе проводится обзор нескольких методов сегментации изображения, а также рассматривается несколько нейронных сетей, реализующих

модели обнаружения объектов в реальном времени. В результате анализа осуществляется выбор наиболее подходящих сетей для решения поставленных задач.

МЕТОДЫ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Прежде всего определим, что сегментация изображения — это процесс разделения цифрового изображения на несколько сегментов. Цель сегментации заключается в упрощении и/или изменении представления изображения, чтобы его было проще и легче анализировать [2]. Сегментация используется для выделения отдельных объектов на изображении.

Сегментация с использованием кластеризации

Одним из методов сегментации изображения является метод кластеризации – к-средних. Данный метод используется, чтобы разделить изображение на определенное количество – к-кластеров.

Алгоритм метода к-средних:

1. Случайным образом или по каким-либо правилам выбрать к-центров кластеров;
2. Оценить «расстояние» от каждого пикселя до центров кластеров и отнести каждый пиксель к ближайшему из кластеров;
3. Далее пересчитать центры кластеров таким образом, чтобы они оказались в центре масс кластера;
4. Повторять пункты 2 и 3, пока на 3 пункте центры кластеров не окажутся в новых центрах масс.

Поскольку кластеризация происходит на изображении, то центры кластеров обладают показателями цвета, расположения по осям, иногда яркости и т.д. Следовательно, в качестве «расстояния» берется сумма квадратов разностей показателей центра и пикселя. Поскольку цвет, расстояние и яркость могут иметь разную размерность, перед расчётом следует нормализовать данные показатели.

Недостатком данного метода является сильная зависимость от начального расположения центров и их количества, вследствие чего сегментация может пройти неудачно или выделить лишние сегменты в рамках одного объекта. Также отсутствует возможность сегментации разноцветных объектов.

К преимуществам можно отнести простоту реализации алгоритма и скорость его выполнения.

Метод выделения границ

Методы выделения границ позволяют определять границы объектов за счет перепада в яркости цвета на изображении. Одним из таких методов является оператор Кэнни – это многоступенчатый алгоритм, предназначенный для выявления границ объектов.

Прежде всего для данного метода необходимо преобразовать изображения в чёрно-белый вид. Это можно осуществить путем использования различных фильтров, таких как YUV, HSL, HSV и др.

Следующим шагом является сглаживание изображения для устранения шумов. Данный процесс возможно осуществить путем применения фильтра Гаусса [3]. Чаще всего этот процесс реализуют за счет маски Гауссианы с размером 5 и $\sigma = 1.4$ (рисунок 1).

	2	4	5	4	2
	4	9	12	9	4
$\frac{1}{115}$	5	12	15	12	5
$\sigma=1.4$	4	9	12	9	4
	2	4	5	4	2

Рисунок 1. Маска Гауссианы.

Следующим шагом является поиск градиентов на изображении. Данный шаг очень часто реализуют при помощи оператора Собеля, который основывается на применении фильтров к изображению (рисунок 2).

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

G_x

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

G_y

Рисунок 2. Фильтры Собеля.

При помощи данных фильтров мы находим величину и направление градиента в каждом пикселе. При этом направление градиентов округляется таким образом, чтобы оно было равно 0°, 45°, 90°, 135°.

Затем объявляются пиксели границ, данными пикселями становятся пиксели с локальным максимумом. Они определяются в зависимости от направления и величины градиента таким образом, чтобы в заданном направлении градиента его величина у данного пикселя была больше, чем у соседних.

Основным недостатком данного метода является его сильная зависимость от шума, как правило, необходима правильная предобработка начального изображения. Также данный метод может оставлять рваные края при выделении границ.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ

На сегодняшний день лучших результатов по сегментации изображений достигают при помощи нейронных сетей. При решении данной задачи чаще всего используют полносверточные нейронные сети.

Полносверточные нейронные сети – это такие сверточные нейронные сети, в которых используются только слои свертки. На выходе данной сети возможно получение изображения, что позволяет данные сети использовать для сегментации изображения.

Сверточная нейронная сеть – специальная архитектура искусственных нейронных сетей, предложенная Яном Лекуном в 1988 году [4] и нацеленная на эффективное распознавание образов. Сверточная нейронная сеть состоит из чередующихся сверточных слоёв и субдискретизирующих слоёв. Структура сети – однонаправленная (без обратных связей), принципиально многослойная. Для обучения используются

стандартные методы, чаще всего метод обратного распространения ошибки. Функция активации нейронов – любая, по выбору исследователя.

Суть сверточных слоев заключается в процессе свертки. Свертка – это операция, в ходе которой ядро свертки (матрица – фильтр) перемещается по входной матрице, после чего результат матричного умножения участков входной матрицы и ядра свертки записывается в новую матрицу (карту признаков) (рисунок 3).

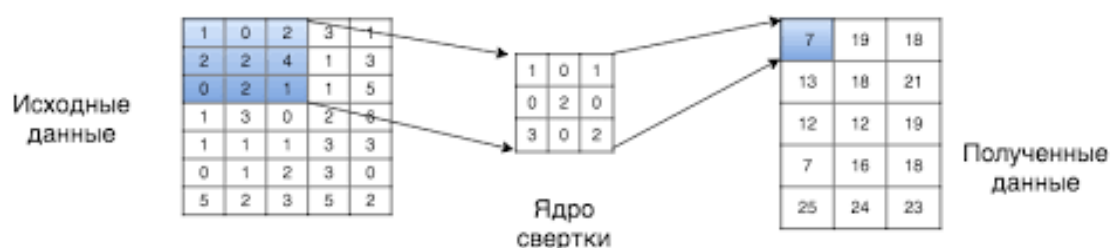


Рисунок 3. Процесс свертки.

Количество ядер совпадает с количеством каналов входного изображения. Так, если на вход сверточному слою подаётся RGB изображение, то сверточный слой будет содержать в себе 1 фильтр глубины 3 (рисунок 4).

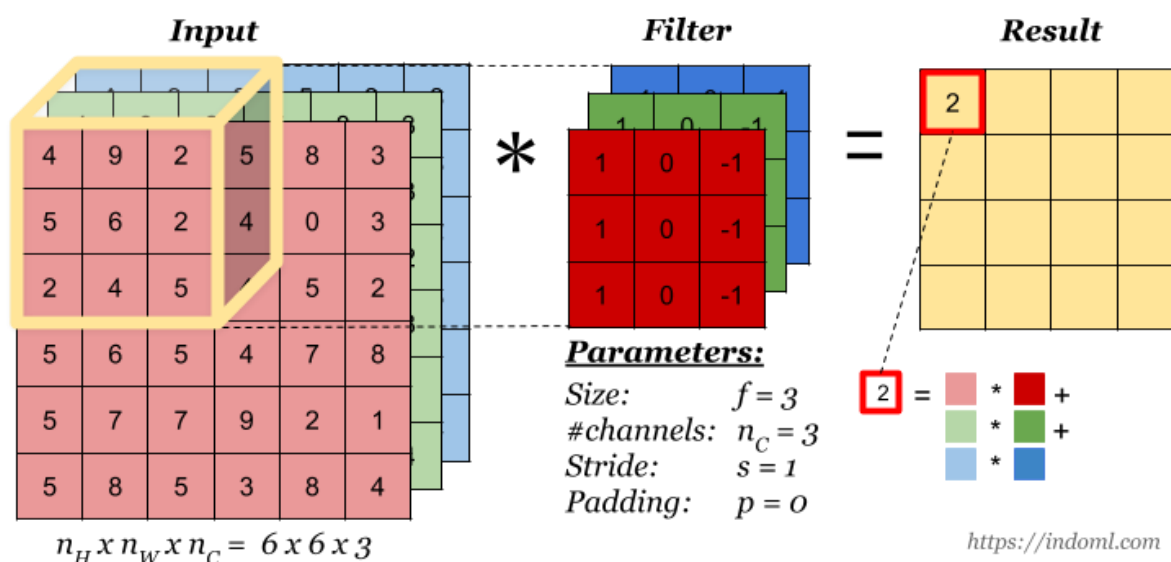


Рисунок 4. Свертка трехканального изображения.

На каждом сверточном слое может быть несколько фильтров, глубина которых должна быть равна количеству входных каналов. В итоге, после сверточного слоя

получаем матрицы на нескольких каналах, количество которых будет равно количеству фильтров.

Помимо слоев свертки в полносверточной сети также присутствуют слои транспонированной свертки. На данных слоях происходит процесс, когда каждый элемент входных данных перемножается на фильтр, в итоге получается несколько матриц размерностью равные ядру, они помещаются в результирующую матрицу так, что при пересечении значений складываются (рисунок 5).

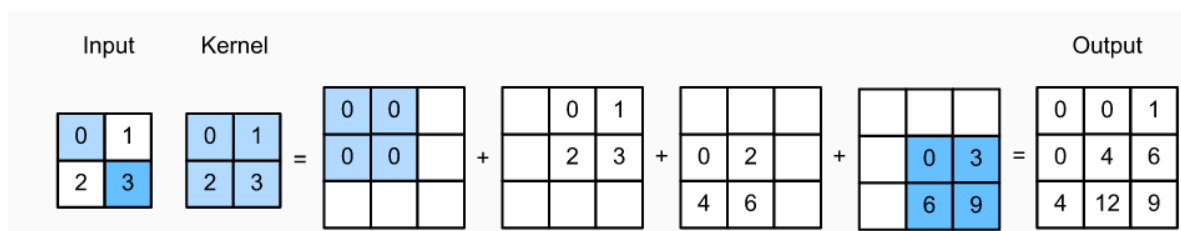


Рисунок 5. Транспонированная свертка.

Помимо слоя свертки, в сети участвует слой подвыборки (пулинга), который представляет собой нелинейное уплотнение карты признаков, при этом группа пикселей (обычно размера 2×2) уплотняется до одного пикселя, проходя нелинейное преобразование. Наиболее употребительна при этом функция максимума [5] (рисунок 6).

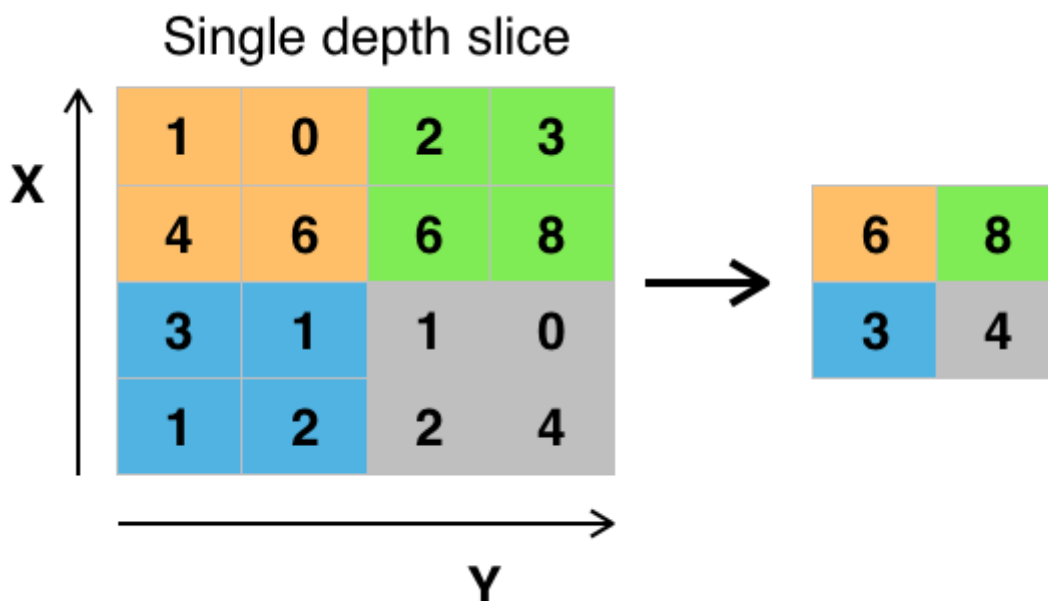


Рисунок 6. Процесс пулинга.

На сегодняшний день одной из лучших сегментирующих нейронных сетей признана сеть U-Net. Данная нейронная сеть в своей структуре помимо всех перечисленных выше слоев, чтобы получить более точные результаты, на каждом шаге после транспонированного слоя использует пропускные соединения, объединяя выходные данные транспонированных сверточных слоев с картами функций из сверточных слоев на тех же уровнях. После каждой конкатенации мы снова применяем две последовательные регулярные свертки, чтобы модель могла научиться собирать более точный результат (рисунок 7) [6].

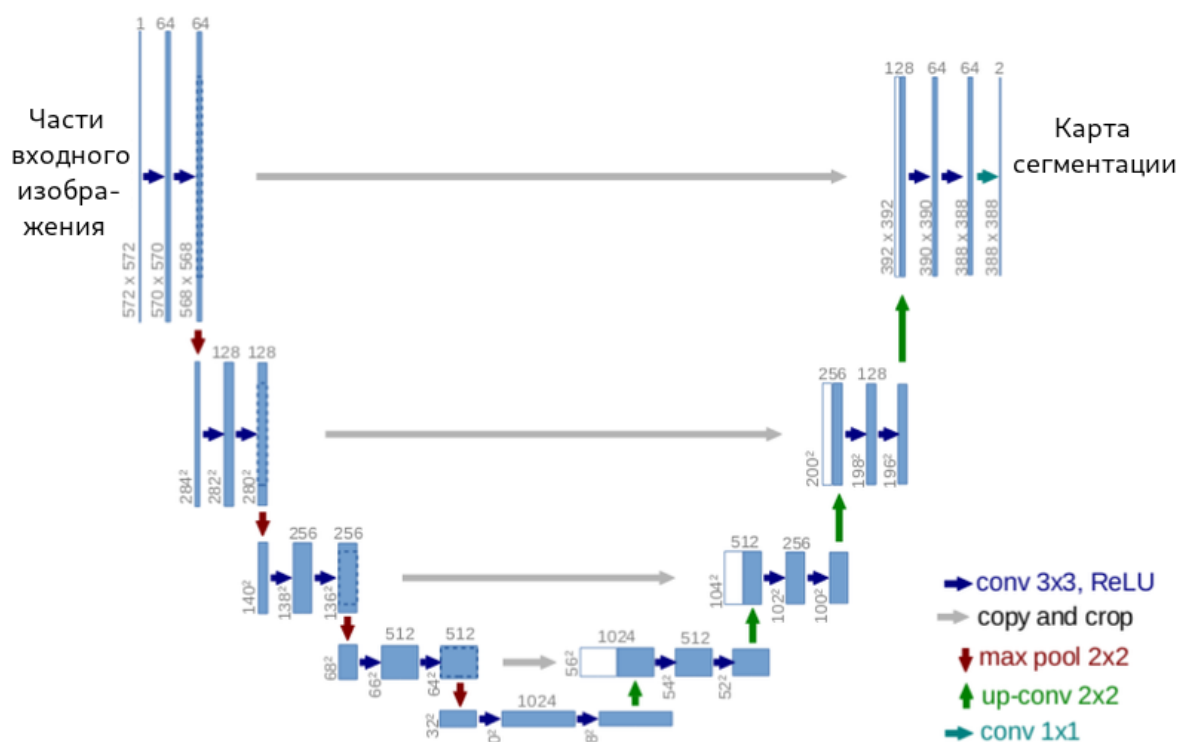


Рисунок 7. U-Net.

Выбор метода

Проанализировав различные методы сегментации, был сделан вывод, что наиболее подходящим для решения поставленной задачи методом является метод, основанный на применении нейронных сетей для сегментации. Поскольку основным объектом, который необходимо исследовать, является железнодорожное полотно. Соответственно, чтобы выделять границы и определять разрывы на полотне, необходимо

постоянно четко определять границы железнодорожного полотна и следить за разрывами на них, остальные же объекты на изображении в анализе не нуждаются, если они не пересекают железнодорожное полотно.

Достичь данных результатов возможно, используя для обучения размеченные данные, на которых будут четко выделены границы железной дороги на изображении, а также изображения, на которых железная дорога будет пересекаться с объектом.

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕО В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Существующие архитектуры свёрточных нейронных сетей для обнаружения объектов на изображениях можно разделить на две категории: одноэтапные и двухэтапные. Двухэтапные нейросетевые алгоритмы обнаружения объектов на изображении включают в себя следующие два этапа.

Первый этап заключается в поиске подозрительных зон на изображении, т. е. зон, возможно содержащих интересующие нас объекты. Данный этап может выполняться без использования нейронных сетей с помощью информации о контрасте, по ключевым точкам или перебирая все возможные положения объекта с помощью процедуры селективного поиска. Однако зоны, полученные вышеперечисленными методами, зачастую имеют очень низкое качество в том смысле, что много областей либо содержат слишком большое количество фона, либо содержат только небольшую часть объекта, либо содержат более одного объекта. Поэтому более предпочтительно на данном этапе использовать свёрточные нейронные сети, не содержащие полносвязных слоев [7].

Второй этап заключается в классификации зон, найденных на первом этапе. На данном этапе для классификации всегда используются обычные свёрточные искусственные нейронные сети.

Одноэтапные нейросетевые алгоритмы обнаружения объектов на изображении не включают в себя стадию поиска подозрительных зон на изображении, а сразу нацелены на обнаружение объектов. Преимуществом данного вида алгоритмов является их простота и относительно высокая скорость работы, а среди их недостатков можно отметить более низкую точность обнаружения объектов по сравнению с двухэтапными алгоритмами, а также меньшую гибкость алгоритма [7].

В данной работе будут рассмотрены некоторые популярные нейронные сети.

CenterNet

CenterNet – нейронная сеть, использующая подход, основанный на ключевых точках, для обнаружения объектов. Она рассматривает центр прямоугольника выделения объекта, как сам объект, а также, как ключевую точку, а затем использует этот предсказанный центр для нахождения координат и смещений ограничивающего объект прямоугольника.

Изначально на вход подается изображение, оно проходит предобработку для выделения признаков с помощью одной из 4 сетей на выбор: ResNet18, ResNet101, Deep Layer Aggregation Networks (DLA), Stacked Hourglass Networks. После субдискретизации с заданным шагом, при помощи слоев сети, генерируется тепловая карта для всех классов, на ней отображены ключевые точки входного изображения. Следующие слои определяют размеры и расположение прямоугольных областей для обнаруженных точек. И чтобы избежать ошибок дискретизации после субдискретизации, определяются локальные смещения для полученных точек [8].

Single Shot Multibox Detector

Метод Single Shot Detector (SSD) используется для описания архитектур, в которых используется одна сверточная нейронная сеть (feedforward convolutional network) для непосредственного предсказания расположения областей и их классов, без применения второго этапа классификации. В этом методе на выходе нейронной сети формируются несколько тысяч прогнозов для возможных регионов расположения объектов разной формы на разных масштабах, затем с помощью подавления *немаксимумов* (Non-Maximum Suppression) происходит выбор нескольких наиболее вероятных областей. Такая единая структура, одновременно с учетом различных масштабов изображения обеспечивает методу SSD наиболее высокие показатели по скорости и качеству обнаружения объектов по сравнению с остальными современными подходами [9].

RetinaNet

Архитектура свёрточной нейронной сети RetinaNet состоит из 4 основных частей, каждая из которых имеет своё назначение:

- 1) Backbone – основная (базовая) сеть, служащая для извлечения признаков из поступающего на вход изображения. Данная часть сети является вариативной и в её основу могут входить классификационные нейросети, такие как ResNet, VGG, EfficientNet и другие;
- 2) Feature Pyramid Net (FPN) – свёрточная нейронная сеть, построенная в виде пирамиды, служащая для объединения достоинств карт признаков нижних и верхних уровней сети, первые имеют высокое разрешение, но низкую семантическую, обобщающую способность; вторые — наоборот;
- 3) Classification Subnet – подсеть, извлекающая из FPN информацию о классах объектов, решая задачу классификации;
- 4) Regression Subnet – подсеть, извлекающая из FPN информацию о координатах объектов на изображении, решая задачу регрессии [10].

YOLOv4

Архитектура свёрточной нейронной сети YOLOv4 состоит из 3 основных частей, каждая из которых имеет своё назначение:

а) Backbone, с помощью которого можно повысить точность, спроектировать более глубокую свёрточную нейронную сеть и увеличить сложность модели. В архитектуре YOLOv4 используется CSPDarknet53 в качестве блока Backbone.

б) Neck, основной целью данного блока является добавление дополнительных слоев между блоком Backbone и блоком Head, чтобы получить «более богатую» пространственную и семантическую информацию. В архитектуре YOLOv4 используются PAN и SPP в качестве блока Neck.

в) Head реализует процесс, такой же, как и в архитектуре YOLOv3 – свёрточная нейронная сеть определяет координаты bounding-boxes (x, y, w, h) вместе с оценкой достоверности для класса. Цель состоит в том, чтобы разделить изображение на сетку, состоящую из нескольких ячеек, а затем для каждой ячейки предсказать вероятность наличия объекта с помощью anchor-boxes. На выходе получается вектор с координатами bounding-boxes и классами вероятностей [11].

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Для сравнения эффективности работы данных нейронных сетей было принято решение использовать данные о прохождении MS COCO набора данных для каждой из

сетей, проведенные на GPU с архитектурой Pascal: Titan X (Pascal), Titan Xp, GTX 1080 Ti, Tesla P100 GPU. В качестве метрик были выбраны: скорость работы нейронной сети в кадрах в секунду (fps) и AP – это среднее значение для нескольких IoU (минимальное IoU для рассмотрения положительного совпадения). AP @ [.5: .95] соответствует среднему AP для IoU от 0,5 до 0,95 с размером шага 0,05. Для соревнования COCO AP – это среднее значение по 10 уровням IoU по 80 категориям (AP @ [. 50: .05: .95]: от 0,5 до 0,95 с размером шага 0,05). Здесь IoU измеряет перекрытие между двумя областями. Это используется для определения процента перекрытия предсказанной областью нахождения объекта его реальной области нахождения. Для некоторых наборов данных для IoU предопределяется некий порог (например, 0,5), и это используется для классификации предсказания. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры работы нейронных сетей.

Метод	Backbone	Size	FPS	AP	AP ₅₀	AP ₇₅	AP _s	AP _m	AP _l
CenterNet	Hourglass-104	512x512	7.8	45.1	63.9	49.3	26.6	47.1	57.7
CenterNet	DLA-34	512x512	28	41.6	60.3	45.1	21.5	43.9	56.0
SSD	VGG-16	512x512	22	28.8	48.5	30.3	10.9	31.8	43.5
RetinaNet	ResNet-50	-	10.8	37.1	56.9	40.0	20.1	40.1	48.0
YOLOv4	CSPDarknet-53	512x512	43	43.0	64.9	46.5	24.3	46.1	55.2

На основе полученных данных можно сделать вывод о том, что самой быстрой и второй по точности является нейронная сеть YOLOv4. Следовательно, это наиболее подходящая для наших целей нейронная сеть. Однако не стоит забывать об одном ее недостатке, она обладает наибольшим количеством признаков для обучения, это приводит к необходимости использовать наборы данных больших размеров при обучении, при этом данная проблема слегка упрощается, если использовать различные методы аугментации данных, такие как повороты, размытие изображения, мозаика и др.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы были исследованы и изучены методы сегментации изображений и выбран наилучший метод, соответствующий задаче – выделение железнодорожной полосы на изображении путем его сегментирования. Лучшим методом

было признано использование нейронных сетей для сегментации, поскольку они позволяют выделять заранее обученные объекты на всем изображении.

Также проведен обзор сверточных нейронных сетей, предназначенных для обнаружения объектов в видео потоке в реальном времени. Были изучены алгоритмы работы нескольких из них. После изучения алгоритмов были проанализированы результаты тестов на наборе данных MS COCO. На основе этих тестов была составлена таблица, в которой приведены результаты теста, соответствующие запуску на GPU с архитектурой Pascal для каждой нейронной сети. Изучив полученную таблицу, была выбрана архитектура сверточной нейронной сети, как наиболее подходящая для обнаружения объектов на изображении в реальном времени.

Целью дальнейших исследований является программная реализация приведенных в работе алгоритмов для решения задачи обнаружения объектов на пути следования подвижного состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Распоряжение Правительства РФ № 466-р от 19.03.2019 г. Долгосрочная программа развития ОАО «РЖД» до 2025 года.
- [2] Koheri Arai, Ali Ridho Barakbah. *Heirarchical K-means: An algorithm for Centroid initialization for K-means*. Saga University, 2007.
- [3] Удалов Т.А. *Программный комплекс для выделения треков частиц на растровых изображениях видеопотока по набору геометрических примитивов: магистерская диссертация по направлению подготовки: 09.04.01 - Микропроцессорные системы*. Барнаул, 2016.
- [4] LeCun Y. et al. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition, *Neural computation*, 1989, 1(4-q), 541-551.
- [5] *Банковская система: устойчивость и перспективы развития: сборник научных статей десятой международной научно-практической конференции по вопросам банковской экономики*. УО «Полесский государственный университет», г. Пинск 25 октября 2019 г. Министерство образования Республики Беларусь [и др.]; редкол.: К.К. Шебеко [и др.]. Пинск: ПолесГУ, 2019, 321, 326 с.
- [6] Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, *Computer Science Department and BIOS Centre for Biological Signalling Studies*, University of Freiburg, Germany.

- [7] Бондаренко В.А., Павлова В.А., Тупиков В.А., Холод Н.Г. Алгоритм нейросетевого распознавания надводных объектов в реальном времени, *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*, 2021, 1, 19-33. EDN LBWTUH.
- [8] Zhou X., Wang D., Krähenbühl P. "Objects as points," 2019. arXiv:1904.07850. [URL]. Доступ: <http://arxiv.org/abs/1904.07850>
- [9] Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, and Alexander C Berg. SSD: Single shot multibox detector. *In Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2016, 21-37.
- [10] Jiaqi Wang, Kai Chen, Shuo Yang, Chen Change Loy, and Dahua Lin. Region proposal by guided anchoring. *In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, 2965-2974.
- [11] Bochkovskiy Alexey, Wang Chien-Yao, Liao HongYuan Mark. YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.

REFERENCES

- [1] Decree of the Government of the Russian Federation No. 466-r dated March 19, 2019. Long-term development program of Russian Railways until 2025.
- [2] Koheri Arai, Ali Ridho Barakbah. *Heirarchical K-means: An algorithm for Centroid initialization for K-means*. Saga University, 2007.
- [3] Udalov T.A. *A software package for extracting particle tracks on bitmap images of a video stream by a set of geometric primitives: master's thesis in the direction of preparation: 09.04.01 - Microprocessor systems*. Barnaul, 2016.
- [4] LeCun Y. et al. Backpropagation applied to handwritten zip code recognition, *Neural computation*, 1989, 1(4.-q), 541-551.
- [5] *Banking system: sustainability and development prospects: a collection of scientific articles of the tenth international scientific and practical conference on banking economics*. EE "Polesye State University", Pinsk October 25, 2019 Ministry of Education of the Republic of Belarus [and others]; editorial board: K.K. Shebeko [i dr.]. Pinsk: PolesGU, 2019, 321, 326.
- [6] Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, *Computer Science Department and BIOS Centre for Biological Signalling Studies*. University of Freiburg, Germany.
- [7] Bondarenko V.A., Pavlova V.A., Tupikov V.A., Kholod N.G. Algorithm for neural network recognition of surface objects in real time, *Proceedings of the Tula State University*.

Technical Sciences, 2021, 1, 19-33. EDN LBWTUH.

[8] Zhou X., Wang D., Krähenbühl P. “*Objects as points*,” 2019, arXiv:1904.07850. [URL].
Доступ: <http://arxiv.org/abs/1904.07850>.

[9] Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, and Alexander C Berg. SSD: Single shot multibox detector. In *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*, 2016, 21-37.

[10] Jiaqi Wang, Kai Chen, Shuo Yang, Chen Change Loy, and Dahua Lin. Region proposal by guided anchoring. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2019, 2965-2974.

[11] Bochkovskiy Alexey, Wang Chien-Yao, Liao HongYuan Mark. YOLOv4: Optimal speed and accuracy of object detection. arXiv preprint arXiv:2004.10934, 2020.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Тисецкий Артем Тимофеевич, магистрант кафедры информатики, Институт космических и информационных технологий Сибирского федерального университета, Красноярск, Российская Федерация
E-mail: tat500@mail.com

Tisetsky Artem T., Master student of the Department of Informatics, Institute of Space and Information Technologies, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation
E-mail: tat500@mail.com

Ковалев Дмитрий Игоревич, аспирант кафедры информационных технологий и математического обеспечения информационных систем, Красноярский государственный аграрный университет, Российская Федерация
E-mail: grimm7jow@gmail.com

Kovalev Dmitry I., Postgraduate Student, Department of Information Technologies and Software for Information Systems, Krasnoyarsk State Agrarian University, Russian Federation
E-mail: grimm7jow@gmail.com

Мансурова Тамара Павловна, научный сотрудник Красноярского краевого Дома науки и техники Российского Союза научных и инженерных общественных объединений, Российская Федерация
E-mail: mansurovatp@mail.ru

Mansurova Tamara P., Researcher of the Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Public Associations, Russian Federation
E-mail: mansurovatp@mail.ru

Статья поступила в редакцию 07.06.2022; одобрена после рецензирования 07.07.2022; принята к публикации 12.07.2022.

The article was submitted 07.06.2022; approved after reviewing 07.07.2022; accepted for publication 12.07.2022.

УДК: 57.08:004.5

EDN: [VYXIA](https://www.edn.net/vvyxia)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0117-0126>



Нейроинтерфейсы: обзор технологий и современные решения

Д. В. Лунев, С. К. Полетыкин, Д. О. Кудрявцев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», Красноярск, Россия

Аннотация. Цель данного исследования - дать обзор современного состояния технологий нейроинтерфейсов и сопоставить между собой различные современные их реализации, выделив их преимущества и особенности. В статье рассмотрена сущность понятия «нейроинтерфейс», его назначение, анализируются устройства для данной технологии и принципы, лежащие в основе их функционирования, а также классификация по различным признакам. Приведены примеры областей деятельности, в которых данная технология применяется в данный момент, либо потенциально может быть применена в будущем. Кроме того, представлены и проанализированы наиболее часто используемые современные решения с целью выявления наиболее перспективного с точки зрения функционала и удобства повседневного использования варианта. Установлено, что наиболее широким функционалом при комфортном повседневном ношении обладает Emotiv Eroc. Также был сделан вывод о том, что области применения, в которых решения на основе нейроинтерфейсов на данный момент показывают наилучшие результаты – это медицинская диагностика и дистанционное управление электронными устройствами, о чем свидетельствует большое количество проектов, задействующих нейроинтерфейсы в данной области и большое количество статей, им посвященных.

Ключевые слова: нейроинтерфейс, интерфейс мозг-компьютер, нейротехнологии, нейронауки.

Научный руководитель: Попов Анатолий Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры ИУС Сибирского государственного университета науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева.

Для цитирования: Лунев, Д. В., Полетыкин, С. К. & Кудрявцев, Д. О. (2022). Нейроинтерфейсы: обзор технологий и современные решения. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0117–0126. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0117-0126>

Brain-computer interfaces: technology overview and modern solutions

D.V. Lunev, S.K. Poletykin, D.O. Kudryavtsev

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev",
Krasnoyarsk, Russia*

Abstract. The purpose of this study is to provide an overview of the current state of neural interface technology and to compare their various modern implementations with each other, highlighting their advantages and features. The article considers the essence of the concept of "neural interface", its purpose, disassembled the structure of this technology and the principles underlying it, as well as classification according to various criteria. Examples of areas of activity in which this technology is currently used or can potentially be applied in the future are given. In addition, the most commonly used modern solutions are collected and analyzed in order to identify the most promising option in terms of functionality and convenience of everyday use. It has been established that the Emotiv Epoc neural interface has the widest functionality with comfortable everyday wear. It was also concluded that the areas of application in which solutions based on neural interfaces currently show the best results are medical diagnostics and remote control of electronic devices, as evidenced by the large number of projects involving neural interfaces in this area and a large number of articles, dedicated to them.

Keywords: neurointerface, brain-computer interface, neurotechnologies, neuroscience.

Scientific supervisor: Anatoly A. Popov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the ICS Department of the Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev.

For citation: Lunev, D.V., Poletykin, S.K. & Kudryavtsev, D.O. (2022). Brain-computer interfaces: technology overview and modern solutions. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0117–0126. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0117-0126>

ВВЕДЕНИЕ

Нейроинтерфейс, также называемый «нейрокомпьютерным интерфейсом» (сокращенно НКИ) либо «интерфейсом 'мозг-компьютер'» представляет из себя технологию, обеспечивающую прямое взаимодействие между мозгом человека и электронным устройством, чаще ЭВМ либо роботом [1]. В основе данной технологии чаще лежит метод электроэнцефалографии, заключающийся в считывании биоэлектрической активности головного мозга с поверхности кожи головы при помощи электродов. Этот метод позволяет регистрировать малейшие изменения активности мозга с точностью, недоступной иным методам исследования, и потому активно применяется в медицине. Однако, помимо этого, данный метод также позволяет с

определенной точностью отслеживать мыслительную деятельность человека. Принцип действия состоит в считывании активности головного мозга, преобразование паттернов этой активности в соответствующие им команды, позволяющие управлять устройствами, к которым подключен нейроинтерфейс. Таким образом, к примеру, управляются нейропротезы - намерение согнуть руку, поступающее от мозга, улавливается нейроинтерфейсом, преобразуется в соответствующую команду, после чего передается в микроконтроллер протеза, который, преобразуя эту команду в последовательность конкретных действий, сгибает искусственную руку [2].

В данный момент нейроинтерфейсы широко используются в дистанционном управлении роботами и иной сложной техникой. Подробнее их использование в данной области раскрыто в работах [3, 4]. Помимо этого, существуют решения на их основе в области медицины [5-8], например, для лечения синдрома дефицита внимания с гиперактивностью (СДВГ) [9]. Кроме того, в последнее время расширяется сфера использования НКИ в индустрии развлечений, чаще - совместно с технологиями виртуальной реальности.

В разработке находятся методы обратной связи - технологии, позволяющие преобразовывать внешние команды в электрический сигнал, передающийся по нервной системе - так, уже представлен имплант, позволяющий передавать электрические сигналы к мышцам ног, позволяя людям с поврежденным спинным мозгом вновь ходить, управляя своими действиями с помощью планшета.

Вполне вероятно, что в дальнейшем, с развитием этих технологий, нейроинтерфейсы прочно войдут в нашу жизнь, возможно даже, заняв в нашей жизни ту нишу, которую сейчас занимают смартфоны [10].

Общая схема работы интерфейса такова - электроды считывают сигналы мозга, которые в дальнейшем обрабатываются микроконтроллером НКИ - производится очистка от шумов и артефактов, которые могут быть вызваны как внешними факторами, так и самим устройством, после чего производится обработка полученного сигнала в целях установления, какой команде он соответствует - для этой задачи зачастую используют искусственные нейронные сети, которые обладают хорошими способностями к обработке данных и адаптации.

Обработка обычно проводится уже на внешнем устройстве согласно заранее написанной программе, хотя некоторые - узкоспециализированные, берут эту функцию на себя. После чего выявленная команда подается на управляемое устройство, где и

обрабатывается в соответствии с его спецификой. Принципы работы НКИ описаны с опорой на работу [10].

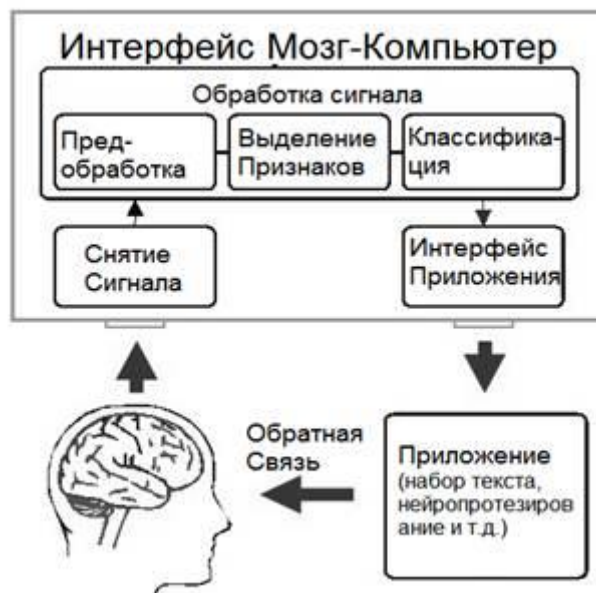


Рисунок 1. Принцип работы НКИ.

Figure 1. Principles of BCI working.

В связи с частым использованием в обработке сигнала нейросетей и иных обучаемых алгоритмов, а также с тем фактом, что у разных людей активность мозга в той или иной степени различается, использование подобных устройств зачастую требует длительных тренировок, продолжительность которых зависит от количества воспринимаемых НКИ команд. В процессе этих тренировок программа нейроинтерфейса учится наиболее правильно интерпретировать команды конкретного пользователя.

ХОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Среди современных нейроинтерфейсов, несмотря на относительно недавнее начало активной работы в этой области, уже имеется немалый перечень технических решений, активно задействующих эту технологию.

Из наиболее многообещающих стоит выделить продукт компании Neuralink. НКИ инвазивного типа, находящийся на данный момент в стадии тестирования и недоступный широкой общественности. По заявлениям разработчиков, в первую очередь данный продукт будет использоваться в медицине, однако также позволит

усилием мысли управлять техническими устройствами, в первую очередь, смартфонами и компьютерами.

Одним из наиболее многообещающих и доступных на данный момент вариантов являются гарнитуры Emotiv, в частности, серия Ерос, среди основных достоинств которой - большое количество электродов, позволяющих регистрировать большее количество данных, открытый SDK, позволяющий создавать собственные приложения, и возможность беспроводного подключения через Bluetooth. Более подробно он представлен в работе [2].

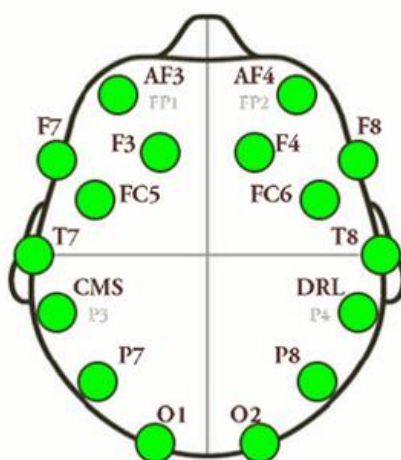


Рисунок 2. Схема расположения электродов Emotiv Ерос.

Figure 2. Electrodes location in Emotiv Epos.

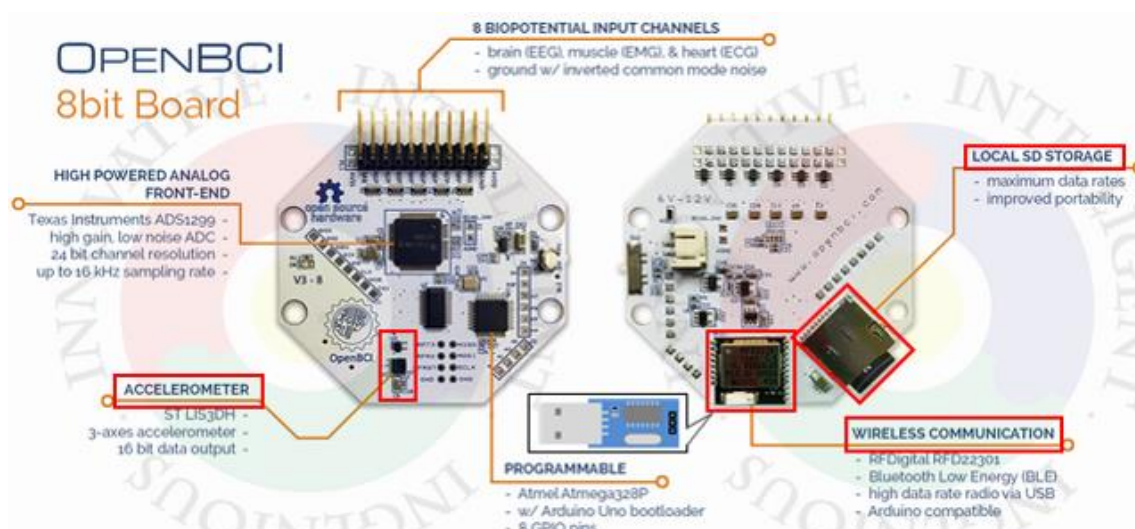


Рисунок 3. Устройство одной из плат OpenBCI для разработки НКИ.

Figure 3. The device of one of the OpenBCI boards for the development of BCI.

Также стоит выделить OpenBCI – фонд, занимающийся разработкой открытого программного и аппаратного обеспечения, относящегося к нейроинтерфейсам. Их продукция, скорее, детали для самостоятельной сборки и программирования НКИ, поэтому конкретные характеристики выделить трудно. Все зависит от разработчика, проектирующего конкретную гарнитуру.

Помимо представленных и подобных им решений существуют также более узкоспециализированные упрощенные продукты на основе НКИ, в основном - в индустрии развлечений. Хорошим примером может являться Mindball – настольная игра, в которой два участника при помощи нейроинтерфейса, управляющего магнитами под игровым столом пытаются загнать небольшой мяч в ворота противника.



Рисунок 4. Mindball.

Figure 4. Mindball.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе проведенной исследовательской работы была проанализирована основная информация и характеристики наиболее универсальных НКИ, созданных за последнее

время. Выделены были такие параметры, как количество датчиков, наличие открытых инструментов разработчика и др. Данные представлены в таблице 1. Часть данных представлена также в работе [4].

Таблица 1. Сравнение нейроинтерфейсов.

Table 1. Comparison of neural interfaces.

Название	Производитель	Цена (руб.)	Датчики	Отслеживание	ПО	Особенности	Bluetooth
Neural Impulse Actuator	OCZ Technology	6000	3	Два вида мозговых волн (альфа и бета), сокращения лицевых мышц и движения глаз.	Да	Предназначен в первую очередь для компьютерных игр. Довольно дешев. Не производится в настоящее время.	Нет
Emotiv Insight	Emotiv Systems	18500	5	Пять видов ЭЭГ волн.	Да	Компактный вариант, удобное ПО для разработки приложений.	Да
Emotiv EPOC	Emotiv Systems	55000	14	Пять видов ЭЭГ волн, 6 метрик.	Да	Компактный вариант, есть специальный графический пакет для анализа и обработки данных.	Да
OpenBCI	OpenBCI Project	96500	8	Различное количество ЭЭГ волн, также ЭКГ и ЭМГ8.	Да	Открытый исходный код.	Да

ВЫВОДЫ

В результате проведенной работы был сделан вывод, что технология нейрокомпьютерного интерфейса имеет значительный потенциал для дальнейшего

развития и применения во многих сферах жизни, а именно: в медицине, дистанционном управлении техникой и иных областях. В частности, в медицинской отрасли данная технология может использоваться для постоянного мониторинга мозговой активности в диагностических целях. Дистанционное же управление техникой при помощи НКИ поможет снизить риск травм при работе в опасных средах. Помимо этого, данная технология может упростить взаимодействие с электронными устройствами, так как при работе с помощью беспроводного НКИ отсутствует необходимость в физическом контакте с прибором. Наиболее перспективной реализацией на данный момент является Emotiv Epos, обладающая большим количеством каналов, универсальностью и открытостью для разработчиков. Не исключено также, что в дальнейшем появятся не менее, а, возможно, и более функциональные решения.

В дальнейшем планируется сосредоточить усилия на изучении самого процесса обработки сигналов мозга. В частности, предполагается обратить внимание на применение для решения данной задачи искусственных нейронных сетей и иных алгоритмов машинного обучения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Речкунов С.Н., Принц А.В., Селезнев В.А., Голод С.В., Соотс Р.А., Иванов А.И., Ратушняк А.С., Принц В.Я. Нейроинтерфейсы: обзор, разработка, *Вавиловский журнал генетики и селекции*, 2014, 18(4/3), 1077-1089.
- [2] Немчанинов А.В., Шеренков М.А., Алексеев Е.Д., Решетников А.Г. Разработка когнитивного нейроинтерфейса для управления роботизированной рукой – протезом, *Системный анализ в науке и образовании*, 2016, 4, 46-56.
- [3] Лобода Ю.О., Функ А.В., Гасымов З.А., Рачкован О.А. Управление мехатронными системами нейроинтерфейсом, *Электронные средства и системы управления. Материалы докладов международной научно-практической конференции*, 2017, 1-2, 143-146.
- [4] Лобода Ю.О., Функ А.В., Гасымов З.А. Использование нейроинтерфейса brainlink lite для создания системы управления мехатронными устройствами, *Гуманитарная информатика*, 2017, 12, 23-31.
- [5] Wolpaw J.R., McFarland D.J., Neat G.W., Forneris C.A. An EEG-based brain-computer interface for cursor control, *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1991, 78(3), 252-259.

- [6] Тычков А.Ю., Чураков П.П., Кривоногов Л.Ю. Автоматизированная система обработки и анализа электрокардиосигналов в условиях интенсивных помех различного вида, *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки*, 2011, 1, 117-125.
- [7] Митрохин А.С. Применение беспроводных сенсорных сетей в медицинских распределенных информационных системах, *Труды международного симпозиума Надежность и качество*, 2012, 2, 292-293.
- [8] Тычков А.Ю., Горячев Н.В., Кочегаров И.И. Протоколы связи для беспроводного нейроинтерфейса, *Труды международного симпозиума Надежность и качество*, 2018, 2, 366-368.
- [9] Резниченко Н.С., Шилов С.Н. Использование нейросетевой системы для диагностики синдрома дефицита внимания с гиперактивностью, *Журнал медико-биологических исследований*, 2014, 1, 48-54.
- [10] Развин И.В., Шилenco А.С., Тимофеев А.В., Хенерина Е.О. Разработка нейроинтерфейса для повседневного использования, *Молодежная научно-практическая конференция «Исследования молодых ученых – вклад в инновационное развитие России»*, Астрахань, 2015, 212-213.

REFERENCES

- [1] Rechkunov S.N., Princ A.V., Seleznev V.A., Golod S.V., Soots R.A., Ivanov A.I., Ratushnyak A.S., Princ V.Ya. Nejrointerfejsy: obzor, razrabotka, *Vavilovskij zhurnal genetiki i selekcii*, 2014, 18(4/3), 1077-1089.
- [2] Nemchaninov A.V., Sherenkov M.A., Alekseev E.D., Reshetnikov A.G. Razrabotka kognitivnogo nejrointerfejsa dlya upravleniya robotizirovannoj rukoj – protezom, *Sistemnyj analiz v nauke i obrazovanii*, 2016, 4, 46-56.
- [3] Loboda Yu.O., Funk A.V., Gasymov Z.A., Rachkovan O.A. Upravlenie mekhatronnymi sistemami nejrointerfejsom, *Elektronnye sredstva i sistemy upravleniya. Materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*, 2017, 1-2, 143-146.
- [4] Loboda Yu.O., Funk A.V., Gasymov Z.A. Ispol'zovanie nejrointerfejsa brainlink lite dlya sozdaniya sistemy upravleniya mekhatronnymi ustrojstvami, *Gumanitarnaya informatika*, 2017, 12, 23-31.
- [5] Wolpaw J.R., McFarland D.J., Neat G.W., Forneris C.A. An EEG-based brain-computer interface for cursor control, *Electroencephalography & Clinical Neurophysiology*, 1991, 78(3),

252-259.

[6] Tychkov A.Yu., CHurakov P.P., Krivonogov L.Yu. Avtomatizirovannaya sistema obrabotki i analiza elektrokardiosignalov v usloviyah intensivnyh pomekh razlichnogo vida, *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tekhnicheskie nauki*, 2011, 1, 117-125.

[7] Mitrohin A.S. Primenenie besprovodnyh sensoryh setej v medicinskih raspredelennyh informacionnyh sistemah, *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo*, 2012, 2, 292-293.

[8] Tychkov A.YU., Goryachev N.V., Kochegarov I.I. Protokoly svyazi dlya besprovodnogo nejrointerfejsa, *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma Nadezhnost' i kachestvo*, 2018, 2, 366-368.

[9] Reznichenko N.S., Shilov S.N. Ispol'zovanie nejrosetevoj sistemy dlya diagnostiki sindroma deficita vnimaniya s giperaktivnost'yu, *Zhurnal mediko-biologicheskikh issledovanij*, 2014, 1, 48-54.

[10] Razvin I.V., Shilenko A.S., Timofeev A.V., Henerina E.O. Razrabotka nejrointerfejsa dlya povsednevnogo ispol'zovaniya, *Molodezhnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Issledovaniya molodyh uchenykh – vklad v innovacionnoe razvitie Rossii»*, Astrahan', 2015, 212-213.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Лунев Дмитрий Владимирович,
студент СибГУ им. М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Российская Федерация
e-mail: DmitryLun@yandex.ru

Dmitriy Vladimirovich Lunev,
Student, Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology, Krasnoyarsk,
Russian Federation

Полетыкин Семен Константинович,
студент СибГУ им. М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Российская Федерация
e-mail: mr.poletykin@gmail.com

Semyon Konstantinovich Poletykin,
Student, Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology, Krasnoyarsk,
Russian Federation

Кудрявцев Давид Олегович,
студент СибГУ им. М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Российская Федерация
e-mail: david27007@mail.ru

David Olegovich Kudryavtsev,
Student, Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology, Krasnoyarsk,
Russian Federation

Статья поступила в редакцию 24.06.2022; одобрена после рецензирования 12.07.2022; принята к публикации 09.08.2022.

The article was submitted 24.06.2022; approved after reviewing 12.07.2022; accepted for publication 09.08.2022.

УДК: 004.582

EDN: [ITIQTБ](https://www.edn.net/ITIQTБ)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0127-0138>



Метод блоков восстановления для повышения надежности программного обеспечения: сравнение с мультиверсионным программированием

Д. В. Грузенкин, Д. О. Шаварин

Сибирский Федеральный Университет, г. Красноярск, Россия

Аннотация. На сегодняшний день вычислительные машины применяются в каждой сфере деятельности человека (от научно-исследовательской деятельности и до сферы обслуживания). В данной статье раскрыта тема возрастания актуальности надежности программного обеспечения в связи важностью сохранения надежной и отказоустойчивой работы программного обеспечения в критически важных для человека отраслях науки и техники. В работе описаны такие способы повышения надёжности программного обеспечения и его защиты от влияния ошибок, как метод блоков восстановления и методы, основанные на избыточности, в частности, мультиверсионное программирование. Описан принцип работы, и приведена схема метода блоков восстановления. Проведено сравнение метода мультиверсионного программирования и метода блоков восстановления с последующим теоретическим анализом достоинств и недостатков метода блоков восстановления. Представлены результаты проведения эксперимента по сравнению этих двух подходов.

Ключевые слова: надежность программного обеспечения, метод блоков восстановления, N-версионное программирование, мультиверсионное программирование.

Для цитирования: Грузенкин, Д., & Шаварин, Д. (2022). Применение метода блоков восстановления для повышения надежности программного обеспечения. Сравнение с мультиверсионным программированием. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0127–0138. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0127-0138>

Recovery blocks method to improve software reliability: comparison with N-version programming

D. V. Gruzenkin, D. O. Shavarin

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russian Federation

Abstract. Today, computers are used in every kind of human activity (from scientific research to the service sector). This article covers the topic of software reliability increasing in connection with the importance of maintaining reliable and fault-tolerant software operations in critically important fields of science and technology for humans. The paper describes such methods of software reliability improving and protecting it from the errors influence, such as the method of recovery blocks and N-version programming approach. The constructive principle is described, and a diagram of the method of recovery blocks is given. A comparison of the N-version programming method and the recovery blocks method was carried out, followed by a theoretical analysis of the advantages and disadvantages of the method of recovery blocks. The results of the experiment comparing these two approaches are presented.

Keywords: software reliability, recovery blocks method, N-version programming, multiversion programming.

For citation: Gruzenkin, D., & Shavarin, D. (2022). Application of recovery blocks method to improve software reliability. Comparison with N-version programming. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0127–0138. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0127-0138>

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день вычислительные машины являются распространенной частью нашего быта. Во многих сферах деятельности человека требуется высококачественное программное обеспечение (ПО) систем управления. Такое ПО может использоваться, например, в транспортной сфере, медицине, энергетической отрасли, финансовой и банковской сферах, космической и научно-исследовательской отраслях [1,2,3], причём список сфер, где применяются программные системы управления не ограничен лишь приведёнными выше пунктами. Однако существуют такие сферы человеческой жизнедеятельности, как, например, атомная энергетика или космические полёты, где надёжность ПО важна критически, поскольку полезный эффект от его работы за всё время использования может быть несоизмеримо мал по сравнению с негативными последствиями, ставшими результатом ошибки в этом программном обеспечении. Именно поэтому на сегодняшний день существует множество подходов и методов для повышения надёжности программного обеспечения, а само повышение надёжности является актуальной задачей.

При безотказной работе аппаратной части причиной нарушения работы различного рода информационных систем могут служить конфликты между исходными данными и их обработчиком, то есть обработчик может некорректно обработать поступившие ему данные, особенно, если сами данные были некорректны [4]. Поэтому повышение надёжности зачастую происходит путем усовершенствования программной части, хотя и валидности данных также уделяется большое внимание.

Любое программное решение должно обладать тремя ключевыми особенностями, для того чтобы считаться допустимым:

- Уметь диагностировать ошибку до того, как будет нанесен непоправимый уровень повреждений.
- Уметь отбросить ложную информацию, возникшую в результате ошибки, и вернуть систему в функционирующий режим работы.
- Уметь продолжить работу, ожидая, что последующая работа будет выполнена [5].

Существует множество способов повышения надёжности программного обеспечения и его защиты от влияния ошибок, главным образом все эти механизмы используют тот или иной вид избыточности (временная, информационная или программная) [6]. Судя по количеству публикаций и активности авторов [7,8], на данный момент одним из популярных методов повышения надёжности ПО являются мультиверсионное программирование, основанное на программной избыточности [9].

Однако методу блоков восстановления уделяется, по мнению авторов, незаслуженно меньше внимания в научной литературе, хотя и его эффективность также остаётся достаточно высокой. Поэтому в данной работе рассматривается именно метод блоков восстановления для повышения надёжности ПО, а также сравниваются результаты его работы с классическим для мультиверсионного ПО алгоритмом голосования абсолютным большинством [10, 11].

ОПИСАНИЕ МЕТОДА БЛОКОВ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Метод блоков восстановления был предложен в 1974 году Джеймсом Хорнингом для возможности исправления ошибок и автоматизированного восстановления функциональности программы [12].

Суть метода блоков восстановления заключается в том, что для каждого программного компонента задаётся тест, проверяющий корректность его работы после каждого запуска. В случае возникновения ошибки или отказа одного из компонентов ПО, поочерёдно запускаются другие компоненты, функционально эквивалентные данному, то есть, каждый модуль содержит несколько версий, блоков, выполняющих одну функцию, но реализованных по-разному, каждый следующий блок запускается, если предыдущий не справился. Таким образом, отказ ПО с реализованным методом блоков

восстановления возможен в случаях, если тест какого-либо блока даст сбой и пропустит ошибку или если закончатся блоки с алгоритмами.

Более наглядно упрощённая схема работы блоков восстановления представлена на рисунке 1.

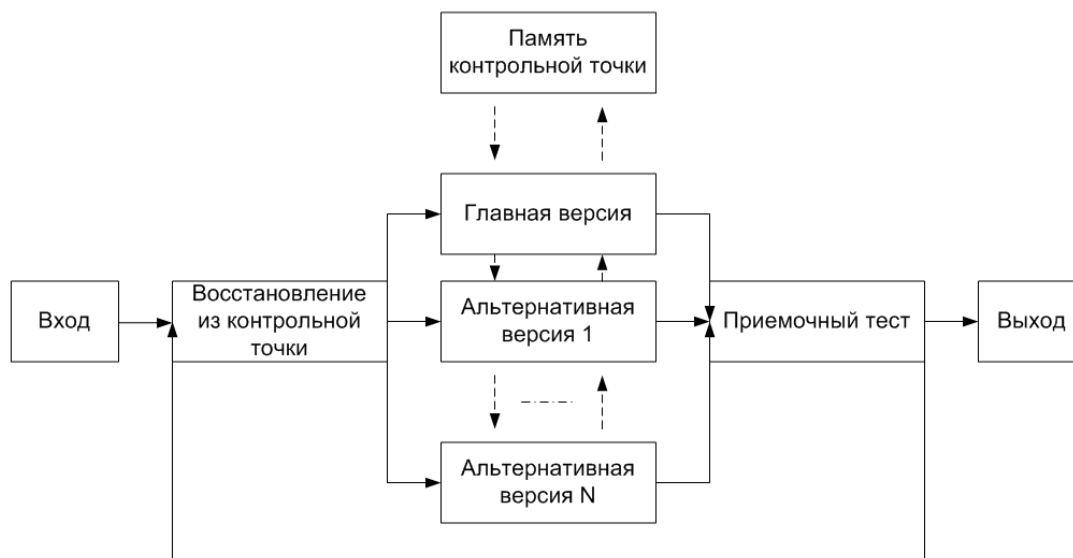


Рисунок 1. Модель блоков восстановления.

Figure 1. Recovery block model.

Как видно на схеме, данные подаются на вход, производится их запоминание на контрольной точке и последующая обработка на главной версии алгоритма, первым способом. Над итогом вычислений проводится тест и, в случае успешного прохождения теста передается на выход, но в случае, если тест не пройден, данные восстанавливаются на контрольной точке и проходят обработку на альтернативной версии алгоритма. Снова проводится тест и, по его результатам, данные либо подаются на выход, либо снова идут на контрольную точку.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для проведения эксперимента, который смог бы показать эффективность подхода блоков восстановления, была создана база данных, состоящая из набора таблиц, код создания которых приведён в листинге 1.

Листинг 1. Структура базы данных для эксперимента.

```

CREATE TABLE module (
    "id" integer primary key autoincrement not null,
    "name" varchar(255) not null,

```



```
"round_to" integer not null,  
"min_out_val" real not null,  
"max_out_val" real null);  
CREATE TABLE version (  
    "id" integer primary key autoincrement not null,  
    "name" varchar(255) not null,  
    "reliability" real not null,  
    "module" integer null,  
    foreign key ("module") references module(id))  
CREATE TABLE experiment_data (  
    "id" integer primary key autoincrement not null,  
    version_id integer not null,  
    version_name varchar(255),  
    version_reliability real not null,  
    version_answer real not null,  
    correct_answer real not null,  
    module_id integer not null,  
    module_name varchar(255),  
    module_iteration_num int not null,  
    experiment_name varchar(31) not null,  
    foreign key ("version_id") references version(id),  
    foreign key ("module_id") references module(id));
```

Для проведения эксперимента были сгенерированы тестовые данные, которые имитировали работу двух мультиверсионных модулей, состоящих из 3 и 5 мультиверсий. Соотнесение версий с их априорными надёжностями (вероятностями безотказной работы) приведено ниже:

1. V1 – 0.99;
2. V2 – 0.98;
3. V3 – 0.87;
4. V4 – 0.999;
5. V5 – 0.8.

В модуль, состоящий из 5 версий, входят все перечисленные выше версии, а в модуль, состоящий из 3 версий – только первые 3.

Поскольку тематика данной статьи не затрагивает вопрос получения корректных данных от мультиверсий, то и запрос, позволивший сгенерировать тестовые данные для этого эксперимента в статье, не приводится.

Для проверки гипотезы о не худшей эффективности блоков восстановления по сравнению с мультиверсионным подходом было проведено 2 эксперимента, в ходе которых были сгенерированы данные, выдаваемые описанными выше модулями. Эти данные имитируют реальную работу модулей, определяя, какой ответ будет выдан каждой мультиверсией, при этом определяется и верный ответ для каждой итерации. Каждый из модулей был запущен 1000 раз. В итоге для каждой итерации определялся верный ответ, который будет принят за ответ всего модуля, с помощью двух указанных выше подходов.

SQL-код, реализующий алгоритм голосования абсолютным большинством в контексте мультиверсионной парадигмы, и код, реализующий работу блоков восстановления, приведены в листингах 2 и 3, соответственно.

Листинг 2. Код алгоритма голосования абсолютным большинством.

```
-- Голосование абсолютным большинством
select *, count(module_id) over() whole_answers_count, sum(is_correct_module_answer)
over() whole_correct_answers, count(module_answers) over (PARTITION BY
experiment_name) experiment_answers_count, sum(is_correct_module_answer) over
(PARTITION BY experiment_name) experiment_correct_answers
from (select distinct module_id, module_iteration_num, experiment_name, version_answer,
correct_answer, version_answer_num, module_answers , case when
CAST(max_version_answer_num as REAL) > CAST(module_answers as real) / cast(2
as real) then 1 else 0 end is_correct_module_answer
from (select *, max(version_answer_num) over (partition by experiment_name,
module_iteration_num) max_version_answer_num
from (select id, version_id, version_reliability, version_answer, correct_answer,
module_id, module_iteration_num, experiment_name, row_number()
over (PARTITION BY experiment_name, module_iteration_num,
version_answer) version_answer_num, count (version_answer) over
(partition by experiment_name, module_iteration_num)
module_answers
from experiment_data
```

```
        where experiment_name in ('M3_I1000', 'M5_I1000')
    ) t
) tt
where max_version_answer_num = version_answer_num
) ttt;
```

Листинг 2. Код алгоритма реализации подхода блоков восстановления.

-- Блоки восстановления

```
select *, count(module_id) over() whole_answers_count, sum(is_correct_module_answer)
over() whole_correct_answers
, count(version_answer) over (PARTITION BY experiment_name)
experiment_answers_count, sum(is_correct_module_answer) over (PARTITION BY
experiment_name) experiment_correct_answers
from (select *, min(tt.version_id) over (PARTITION BY experiment_name,
module_iteration_num) min_correct_version_id, abs(version_answer - correct_answer)
< 0.00000001 is_correct_module_answer
from (select *,
t.version_reliability > t.test_pass_probability test_passed
from (select id, version_name, version_id, round(cast(version_reliability * 1000
as INTEGER)) version_reliability, version_answer, correct_answer,
module_id, module_iteration_num, experiment_name,
round(cast(abs(random()) % 1000) as INTEGER)) test_pass_probability
from experiment_data
where experiment_name in ('M3_I1000', 'M5_I1000')
) t
) tt
where tt.test_passed = 1
) ttt
where ttt.version_id = min_correct_version_id;
```

Стоит отметить, что в коде, реализующем работу блоков восстановления, для имитации прохождения версией проверки после её исполнения используется априорное значение надёжности версии – генерируется случайное число, значение которого сравнивается со значением надёжности версии, если оно не превышает значения

надёжности, то тест считается пройденным, иначе, выход мультиверсии помечается как ошибочный вне зависимости от того, выдала версия правильный ответ или нет.

В качестве СУБД для проведения эксперимента была выбрана SQLite по причине своей легковесности, возможности быстрого развёртывания и переносимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В результате проведённого выше эксперимента были получены данные, которые отражают количество успешно определённых верных ответов из общего количества обработанных групп ответов (итераций запуска мультиверсий).

Алгоритм голосования абсолютным большинством в эксперименте из 1000 итераций модуля, состоящего из 3 мультиверсий, определил корректно верное решение в 999 случаях, а для модуля, состоящего из 5 версий на выборке той же размерности – в 997 случаях. Итого, из 2000 обработанных итераций алгоритм голосования абсолютным большинством верно определил правильный ответ в 1996 случаях.

Подход повышения надёжности, использующий блоки восстановления показал себя следующим образом: в 996 случаях из 1000 при обработке данных модуля, состоящего из 3 версий, были выданы корректные результаты, а при обработке выборки аналогичного объема, представляющей собой результаты работы модуля, состоящего из 5 мультиверсий, корректно правильный ответ был определён в 997 случаях. Общим итогом работы данного алгоритма можно считать верное определение правильного ответа в 1993 случаях из 2000.

ОБСУЖДЕНИЕ

Из проведённого эксперимента видно, что результат работы алгоритма блоков восстановления сопоставим с результатом алгоритма голосования абсолютным большинством. При этом результат прохождения версией теста определялся случайным образом, а не реальным тестом, что также вероятно снизило показатель количества верных выходов модуля при использовании блоков восстановления.

Также стоит отметить, что при использовании мультиверсионного подхода версии зачастую выполняются параллельно, что может служить причиной взаимного влияния их друг на друга и, соответственно, возникновения взаимозависимых сбоев [13]. Поэтому монопольное исполнение одной версии в один момент времени, как при

использовании блоков восстановления, в данном контексте является наиболее предпочтительным.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Метод блоков восстановления позволяет значительно сократить количество используемых ресурсов при выполнении программы по сравнению с мультиверсионным подходом, поскольку если все тесты были пройдены успешно у первой версии, использование альтернативных алгоритмов не потребуется. Однако в случае нахождения ошибки временные издержки могут превышать таковые при использовании, например, метода мультиверсионного программирования.

Также, как уже было отмечено выше, последовательное выполнение блоков позволяет сократить количество используемых вычислительных мощностей, потребляемых в единицу времени, а также снизить вероятность возникновения взаимозависимых ошибок в исполняемых версиях за счёт отсутствия разделения ими общих ресурсов.

Другой сильной стороной метода блоков восстановления, в отличие от того же метода мультиверсионного программирования, является тот факт, что блокам восстановления не требуется программная разработка по единой спецификации, поскольку тесты для каждого блока пишутся индивидуально, что обеспечивает большую экономическую эффективность данного подхода. Кроме того, зачастую к алгоритмам голосования мультиверсионной среды исполнения предъявляются более жесткие требования, чем к приемочному тесту для блока восстановления [10].

Теоретический анализ метода блоков восстановления, а также проведённый эксперимент, показали, что данный подход обладает значительным количеством преимуществ по сравнению с другими подходами повышения надёжности ПО. Несмотря на то, что публикаций по данной тематике на сегодняшний день выходит относительно мало, по мнению авторов, данный метод имеет хорошие перспективы для дальнейшего развития и применения его для решения практических задач.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1] Ковалев И. и др. К вопросу формирования блочно-модульной структуры системы управления беспилотных летательных объектов. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. 2021; 1 (3): 48-64.

- [2] Бурмистрова Н. И., Кошечкин К. А., Преферанская Н. Г. Оценка результатов внедрения информационной системы управления хроматографическим оборудованием в испытательном центре экспертного учреждения в сфере обращения лекарственных средств. Фармацевтическое дело и технология лекарств. 2021; 1: 42-53.
- [3] Durmus M. S. et al. Modular fault diagnosis in fixed-block railway signaling systems. IFAC-PapersOnLine. 2016; 49 (3): 459-464.
- [4] Липаев В. В. Надежность программного обеспечения (обзор концепций). Автоматика и телемеханика. 1986; 10: 5-31.
- [5] Anderson T., Kerr R. Recovery blocks in action: A system supporting high reliability. Reliable Computer Systems. Springer, Berlin, Heidelberg; 1985. 80-101.
- [6] Чигринев М. И., Огородников А. А. Модели и методы повышения надежности программного обеспечения. Проблемы, перспективы и направления инновационного развития науки: Сборник статей по итогам Международной научно-практической конференции. Омск, 24 ноября. 2017; 196.
- [7] Ковалев Д. И., Мансурова Т. П., Туев Е. В. Многоатрибутивный анализ отказоустойчивой программной архитектуры систем мониторинга траектории полета воздушных судов. «Модернизация, инновации, прогресс: передовые технологии в материаловедении, машиностроении и автоматизации - MIP: ENGINEERING-IV-2022»: сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции (Красноярск, 28-30 апреля 2022 г.). Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники. 2022; 57-63.
- [8] Штарик Е., Штарик А., Царев Р. Мультиверсионное программное обеспечение. Алгоритмы голосования и оценка надёжности. Litres. 2022.
- [9] Chen L., Avizienis A. N-version programming: A fault-tolerance approach to reliability of software operation. Proc. 8th IEEE Int. Symp. on Fault-Tolerant Computing (FTCS-8). 1978; 1: 3-9.
- [10] Грузенкин Д. В., Новиков О. С., Суханова А. В. Мультиверсионное ПО и блоки восстановления – два способа защиты от ошибок. Новая наука: от идеи к результату. 2016; 11-2: 72-75.
- [11] Черниговский А. С. Сравнение мультиверсионного программирования и блоков восстановления. Системный анализ, управление и программная инженерия. 2016: 74.
- [12] Horning J. J. et al. A program structure for error detection and recovery //Conference on Operating Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 1974. 171-187.

[13] Gruzenkin D. V., Chernigovskiy A. S., Tsarev R. Y. N-version software module requirements to grant the software execution fault-tolerance. Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software. Springer, Cham, 2017. 293-303.

REFERENCES

- [1] Kovalev I. i dr. K voprosu formirovaniya blochno-modul'noj struktury sistemy upravleniya bespilotnyh letatel'nyh ob"ektov. Sovremennye innovacii, sistemy i tekhnologii - Modern Innovations, Systems and Technologies. 2021; 1 (3): 48-64.
- [2] Burmistrova N. I., Koshechkin K. A., Preferanskaja N. G. Ocenka rezul'tatov vnedrenija informacionnoj sistemy upravlenija hromatograficheskim oborudovaniem v ispytatel'nom centre jekspertnogo uchrezhdenija v sfere obrashhenija lekarstvennyh sredstv. Farmaceuticheskoe delo i tehnologija lekarstv. 2021; 1: 42-53.
- [3] Durmus M. S. et al. Modular fault diagnosis in fixed-block railway signaling systems. IFAC-PapersOnLine. 2016; 49 3: 459-464.
- [4] Lipaev V. V. Nadezhnost' programmnoho obespechenija (obzor koncepcij). Avtomatika i telemekhanika. 1986; 10: 5-31.
- [5] Anderson T., Kerr R. Recovery blocks in action: A system supporting high reliability. Reliable Computer Systems. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1985; 80-101.
- [6] Chigrinev M. I., Ogorodnikov A. A. Modeli i metody povyshenija nadezhnosti programmnoho obespechenija. Problemy, perspektivy i napravlenija innovacionnogo razvitiya nauki: Sbornik statej po itogam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii (Omsk, 24 nojabrja), 2017; 196.
- [7] Kovalev D. I., Mansurova T. P., Tuev E. V. Mnogoatributivnyj analiz otkazoustojchivoj programmnoj arhitektury sistem monitoringa traektorii poleta vozdushnyh sudov. «Modernizaciya, innovacii, progress: peredovye tekhnologii v materialovedenii, mashinostroenii i avtomatizacii- MIP: ENGINEERING-IV-2022»: sbornik nauchnyh statej po materialam IV Mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii (Krasnoyarsk, 28-30 aprelya 2022 g.). – Krasnoyarsk: Krasnoyarskij kraevoj Dom nauki i tekhniki, 2022; 57-63.
- [8] Shtarik E., Shtarik A., Carev R. Mul'tiversionnoe programmnoe obespechenie. Algoritmy golosovaniya i ocenka nadjozhnosti. Litres, 2022.
- [9] Chen L., Avizienis A. N-version programming: A fault-tolerance approach to reliability of software operation. Proc. 8th IEEE Int. Symp. on Fault-Tolerant Computing (FTCS-8). 1978; 1: 3-9.

- [10] Gruzenkin D. V., Novikov O. S., Suhanova A. V. Mul'tiversonnoe PO i bloki vosstanovlenija–dva sposoba zashhity ot oshibok. Novaja nauka: Ot idei k rezul'tatu. 2016; 11-2: 72-75.
- [11] Chernigovskij A. S. Sravnenie mul'tiversionnogo programmirovaniya i blokov vosstanovlenija. Sistemnyj analiz, upravlenie i programmaja inzhenerija. 2016; 74.
- [12] Horning J. J. et al. A program structure for error detection and recovery //Conference on Operating Systems. Springer, Berlin, Heidelberg, 1974; 171-187.
- [13] Gruzenkin D. V., Chernigovskiy A. S., Tsarev R. Y. N-version software module requirements to grant the software execution fault-tolerance. Proceedings of the Computational Methods in Systems and Software. Springer, Cham, 2017; 293-303.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Денис Владимирович Грузенкин, старший преподаватель кафедры информатики института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета
e-mail: gruzenkin.denis@good-look.su

Denis V. Gruzenkin, senior teacher at Informatics department of School of space and information technologies of Siberian Federal University
e-mail: gruzenkin.denis@good-look.su

Данил Олегович Шаварин, студент 2 курса института космических и информационных технологий Сибирского федерального университета

Danil O. Shavarin, 2-nd year student at School of space and information technologies of Siberian Federal University

Статья поступила в редакцию 18.06.2022; одобрена после рецензирования 23.08.2022; принята к публикации 23.08.2022.

The article was submitted 18.06.2022; approved after reviewing 23.08.2022; accepted for publication 23.08.2022.

УДК: 658.5.011, 65.011.56

EDN: [WHVCSU](https://www.edn.net/WHVCSU)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0139-0149>



Обзор и сравнительный анализ BPMN-систем для роботизации бизнес-процессов

И. Н. Баранов

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

Аннотация. Цель данной статьи – дать обзор современных программ, с помощью которых возможно реализовать методы RPA технологий. Представлен сравнительный анализ программного обеспечения, в рамках которого можно реализовать работу по автоматизации и роботизации бизнес-процессов предприятия. Рассмотрены преимущества, недостатки и возможности конкретного программного обеспечения (Automation Anywhere, Blue prism, UiPath и ELMA). Automation Anywhere представлено одним из лидеров в данной области, в частности, благодаря своему обширному маркетплейсу. Blue prism отличается масштабом реализации, заявлено о тысячах ботов, использованных компаниями. UiPath – наиболее простое и современное ПО, разработчики сделали акцент на интуитивно понятный интерфейс и функционал. ELMA – российская разработка с низким порогом для входа в работу, обладает высоким потенциалом. Все перечисленное ПО является отличным вариантом для работы в области роботизации, но необходимо четко понимать поставленные цели для того, чтобы определить, какое же ПО лучше всего использовать в рамках того или иного вида деятельности.

Ключевые слова: обзор, сравнительный анализ, RPA, роботизация, программное обеспечение.

Научный руководитель: Жукова Марина Николаевна, кандидат технических наук, доцент, СибГУ им. М.Ф. Решетнева.

Для цитирования: Баранов, И. (2022). Обзор и сравнительный анализ BPMN-систем для роботизации бизнес-процессов. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0139-0149. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0139-0149>

Review and comparative analysis of BPMN-systems for robotization of business processes

I. N. Baranov

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, Russia

Abstract. The purpose of this article is to give an overview of modern programs in which it is possible to implement the methods of RPA technologies. This article provides a comparative analysis of software within which it is possible to implement work on automation and robotization of enterprise business processes. The advantages, disadvantages and capabilities of specific software (Automation Anywhere, Blue prism, UiPath and ELMA) are considered. Automation Anywhere is represented by one of the leaders in this field, in particular due to its extensive marketplace. Blue prism is notable for its scale, claiming thousands of bots used by companies. UiPath is the most simple and modern software, the developers have focused on an intuitive interface and functionality. ELMA is a Russian development with a low entry threshold and has great potential. All of the above software is an excellent option for working in the field of robotics, but you need to clearly understand your goals in order to determine which software is best to use as part of a particular activity.

Keywords: review, comparative analysis, RPA, robotization, software.

Scientific supervisor: Marina N. Zhukova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Reshetnev Siberian State University of Science and Technology.

For citation: Baranov I.N. (2022). Review and comparative analysis of BPMN-systems for robotization of business processes. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0139–0149. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0139-0149>

ВВЕДЕНИЕ

В текущий момент времени в литературе имеется достаточное количество определений и понятий того, что же такое RPA (Robot Process Automation). В основном под RPA подразумевается автоматизация процессов деятельности предприятия при помощи программных роботов. Сами определения различаются в зависимости от интересов автора, а также могут включать в себя особенности технологии RPA, бизнес-выгоды, которые можно достичь с помощью этой технологии и инструментов.

Однако, главное и принципиальное – это то, что отличает RPA от всех других средств автоматизации. Данная технология основана на имитации действий человека при его работе с различными системами, приложениями или источниками информации. Именно из-за этой особенности данная технология подходит для автоматизации регулярных и монотонных задач, которые вынуждено выполнять большинство пользователей. Также данная технология не требует радикальных изменений в текущих процессах и дорогостоящих доработок в действующих системах.

Эти две особенности вызывают большой интерес к технологии RPA и этот интерес только увеличивается. Многочисленные аналитические работы ведущих

мировых консалтинговых компаний говорят о том, что этот интерес является одним из стратегических направлений автоматизации бизнес-процессов во всем мире.

В России внедрение технологии RPA происходит в основном в крупных компаниях, способных аккумулировать финансовые ресурсы и направлять их на развитие корпоративных цифровых технологий.

На данный момент направление технологии RPA актуально, огромное количество авторов работают именно в этой области, стремясь показать, насколько просто и удобно работать с данной технологией. В рамках данной работы были проанализирован ряд статей, темы которых затрагивали RPA тем или иным способом.

Цель данной статьи – провести обзор и сравнительный анализ программного обеспечения (ПО), используемого для работы в области роботизации бизнес-процессов.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

Automation Anywhere

Automation Anywhere – мировой лидер в области роботизированной автоматизации процессов. Предоставляет пользователям возможность самостоятельно автоматизировать бизнес-процессы с помощью программных роботов, которые являются цифровыми «работниками». Они выполняют те задачи, которые можно назвать повторяющимися и ручными. Эта автоматизация приводит к повышению производительности, улучшению качества обслуживания, также увеличивая показатель вовлеченности сотрудников [1]. Интерфейс программы Automation Anywhere представлен на рисунке 1.

Представленная американская компания предлагает своим клиентам сетевую и облачную платформу интеллектуальной автоматизации, сочетающую в себе RPA, искусственный интеллект, машинное обучение и аналитику. Платформа позволяет быстро начать и в дальнейшем расширить автоматизацию процессов.

На данный момент компания имеет офисы более чем в 40 странах, глобальную сеть из 1200 партнеров, более 1,7 миллиона роботов, которые поддерживают во всех отраслях производства огромное количество компаний.

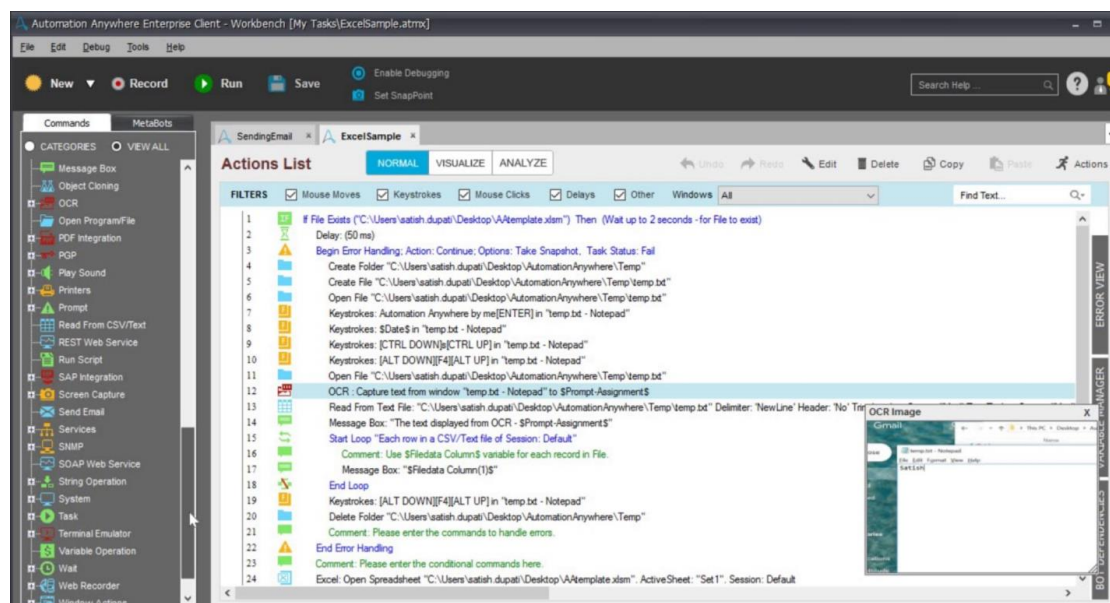


Рисунок 1. Интерфейс программы Automation Anywhere.

Figure 1. Automouse Anywhere interface.

Однако следует отметить, что изначально данное ПО имеет ключевой недостаток – с данным ПО может работать человек, которые уже является программистом или обладает существенными навыками в этой области деятельности.

Задачи, которыми могут управлять решения данного ПО [2]:

- основанные на машинном обучении рекомендации по кросс-продажам;
- автоматический запуск рекламных кампаний с повышенной эффективностью;
- обновление базы данных клиентов;
- построение финансовых отчетов;
- автоматический отбор персонала;
- управление IT-инфраструктурой и многое другое.

Организация разработала свой маркетплейс готовых решений, который в настоящее время считается крупнейшим в мире. В данном маркетплейсе можно найти отдельных роботов, программы и другие разработки для автоматизации процессов. В магазине можно найти ботов, работающих с самыми популярными программами.

Самыми популярными готовыми решениями являются такие, как:

- преобразование в CSV таблиц, извлеченных из PDF;
- парсинг информации из интернета;
- синхронизация разных источников с БД SQL;
- обработка почтовой рекламы;

- сравнение документов;
- создание сводных таблиц в автоматическом режиме;
- конвертация.

Имеет свой RPA-as-a-Service, с помощью которой можно запускать RPA-ботов в несколько кликов.

Имеется возможность управления алгоритмами с любого устройства через web-браузер. Данный браузер обладает функцией разделения прав, а также финансово доступнее в использовании.

BluePrism

BluePrism – это британская корпорация по разработке программного обеспечения. Компания первой разработала ПО для корпоративной роботизированной автоматизации процессов (RPA), которое предоставляет программируемых роботов для автоматизации процессов [3]. Интерфейс BluePrism представлен на рисунке 2.

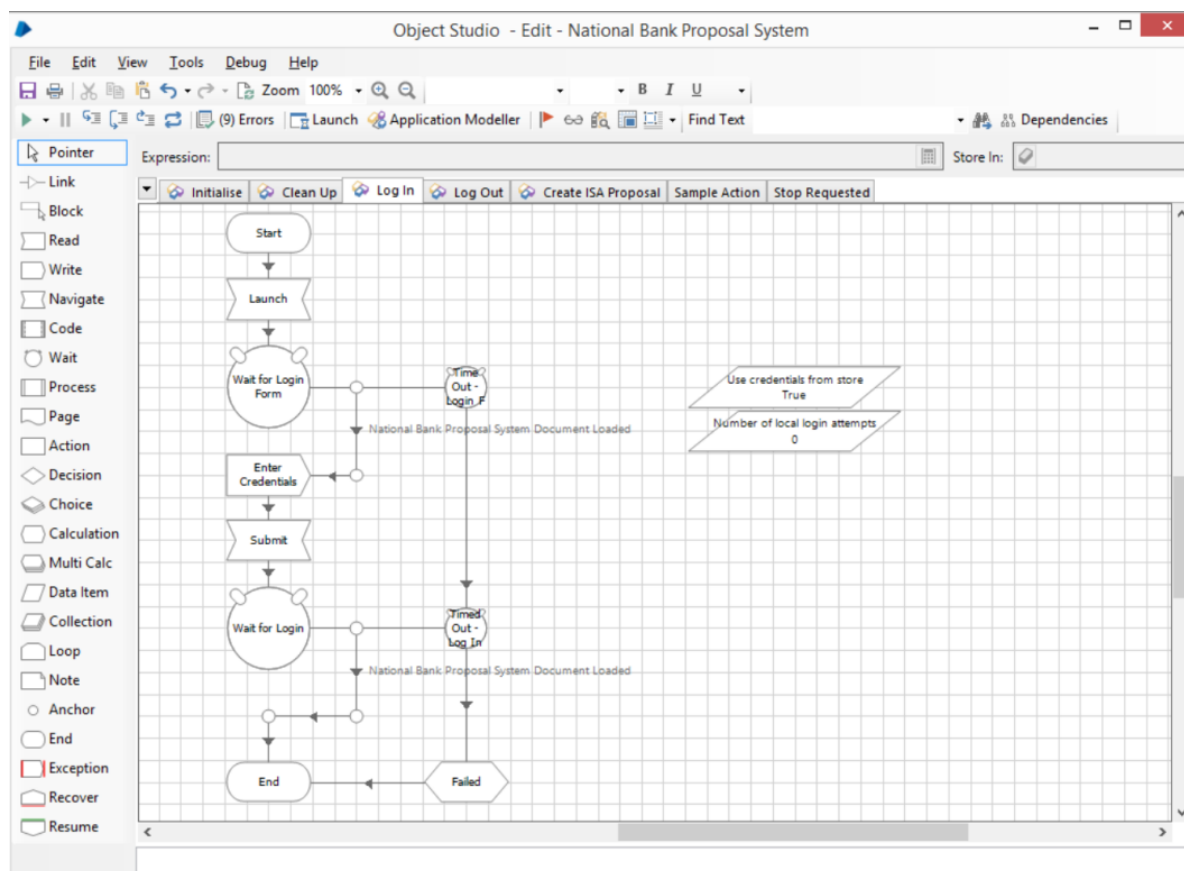


Рисунок 2. Интерфейс BluePrism.

Figure 2. BluePrism interface.

Главной особенностью ПО считается высокий уровень масштабируемости. Сама организация упоминает о том, что ряд компаний используют тысячи роботов, которые принадлежат BluePrism, а также о том, что большое количество компаний использует сотни роботов.

Данное ПО имеет такую особенность, как концепция «все включено». Компания решила не разделять оркестратора, робота и студию. Вместо этого имеется единая лицензия («Цифровой сотрудник»), которая позволяет работать с роботами в режиме 24\7 и круглый год. Роботам можно поручить любые задачи и процессы, которые они будут выполнять круглосуточно [4].

При этом есть существенная оговорка о том, что если бизнесу необходимы именно 2 цифровых сотрудника, то нужно купить две лицензии. При этом студии и оркестраторы масштабируются автоматически, и дополнительно платить за это не потребуется.

UiPath

UiPath – это платформа PRA, представляющая собой интеллектуальную многозадачную систему для создания роботов, автоматизирующих бизнес-процессы [4]. Интерфейс UiPath представлен на рисунке 3.

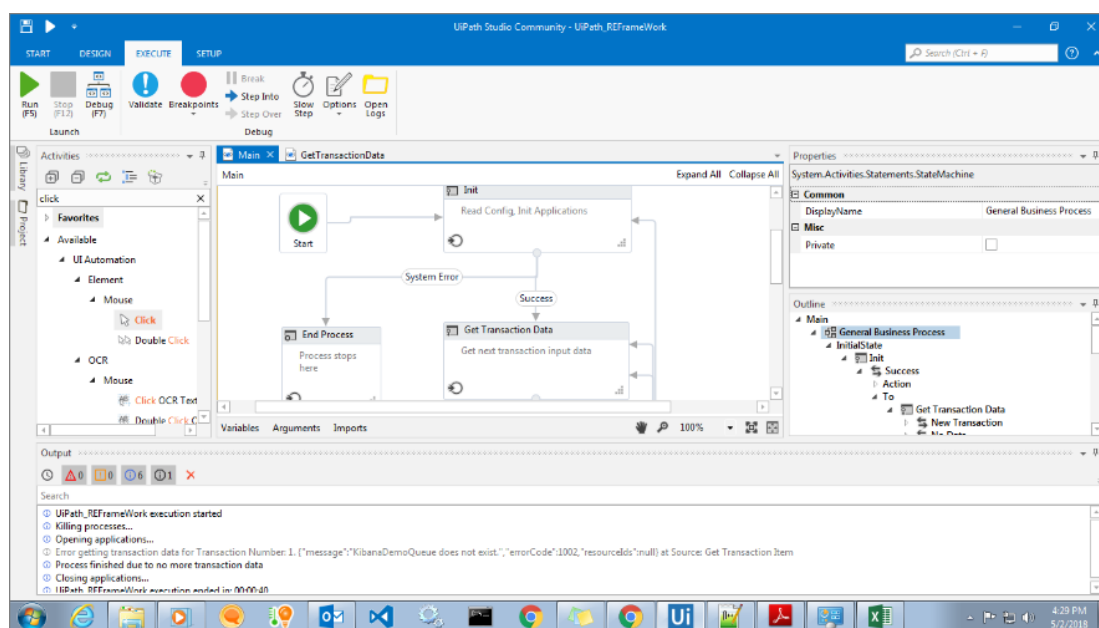


Рисунок 3. Интерфейс UiPath.

Figure 3. UiPath interface.

Основным отличием является имитация действий человека при взаимодействии с другими приложениями.

Обладает огромной популярностью среди разработчиков RPA. В основном благодаря таким особенностям как [5]:

- современный, интуитивный интерфейс;
- наличие огромной библиотеки действий;
- высокий уровень безопасности;
- универсальность функции поиска;
- встроенный рекордер для хранения данных.

Данное решения представлено в России, присутствуют российские партнеры и имеется свой учебный курс (но лишь часть на русском языке) [6].

В целом ПО похоже на Visual Studio, которое является удобным и привычным для большинства разработчиков.

Решение UiPath, как и любая RPA-система, состоит из трех элементов – это студия, оркестратор и робот.

В качестве линейки продуктов UiPath выделяют:

- UiPathStudio – необходима для разработки уникальных RPA-ботов на основе алгоритмов действий в бизнес-процессах компаний. Используются интуитивные методы работы, не требующие углубленных навыков программирования, а также инструментарий записей действий, Drag&Drop виджеты, различные шаблоны;
- UiPathUnattendedrobot – применяется для оптимизации проведения объемных операций. Запускается через определенные промежутки времени и работает по алгоритму самостоятельно;
- UiPathOrchestrator – инструмент централизованного управления и контроля совместных действий роботов, мониторинга результатов их выполнения, анализа логов работы и управления доступом сотрудников.

ELMA

Является очень популярной в России системой роботизации, которая обладает низким порогом для входа. Позволяет моделировать процессы, не имея какого-либо специального опыта или образования. Роботы, разработанные в данной системе, могут оптимизировать рутину и работу любого уровня. Имеет интеграцию с BPMS [7].

Возможности и преимущества ELMA [8]:

- роботы, разработанные в данной системе, могут использовать технологию компьютерного зрения, благодаря которой можно научить робота ориентироваться в любом интерфейсе;
- подход данного ПО позволяет работать в любой среде, нет необходимости устанавливать дополнительные плагины, система работает везде одинаково;
- очень просто создавать универсальные решения;
- для работы с документами имеются готовые действия, с помощью которых можно разобрать тот или иной документ по определенным шаблонам;
- на базе ELMA RPA можно строить фермы ботов, которые будут выполнять всю рутинную работу в организации. Оркестрация фермы ботов, выполнение задач по расписанию, бесшовная работа с BPMS – все это позволяет роботизировать процессы и бороться с рутинной работой в любых корпоративных масштабах;
- в любой момент любое решение можно модифицировать, новая версия будет оперативно масштабирована на всю организацию. Также всегда можно «откатиться» к предыдущей версии при помощи архива изменений процесса;
- имеется возможность автоматизировать цепочки задач;
- система обладает полным набором действий, позволяющим роботу выполнить произвольный код;
- простой доступ к контексту процесса;
- подключение внешних библиотек;
- не требует регулярных платежей, все версии системы распространяются по бессрочной лицензии.

Таблица 1. Сравнение программ.

Table 1. Comparison of programs.

Особенности ПО	BluePrism	AutomationAnywhere	UI Path	ELMA
Производитель	Британская корпорация	Американская компания	Американский разработчик	Отечественный разработчик

Стоимость	Полностью платная лицензия	Платная лицензия, с возможностью покупки конкретных роботов	Имеется ограниченная бесплатная версия	Имеется ограниченная бесплатная версия
Необходимый уровень	Средний уровень	Почти программист	Любой новичок	Любой новичок
С чем можно работать в данном ПО	Работа с самыми обычными рутинными процессами	Работа с шифрованием, звуком, SAP и распознавание текста с экрана	Работа с шифрованием, с большой библиотекой действий	Работа с БП, с внешним кодом на C#, автоматизацией цепочек задач
Что входит в ПО	Имеет свой оркестратор, роботов и студию, но не разделяет их на отдельные лицензии	Имеет маркетплейс готовых отдельных роботов, облачную платформу, а также web-среду	Свои студия, оркестратор и робот	Имеет свой оркестратор и студию
Задачи, которыми можно управлять	Построение отчетов, автоматизация рутинных процессов	Кросс-продажи, обновление БД, построение финансовых отчетов, отбор персонала, управление инфраструктурой	Автоматизация задач любого уровня	Автоматизация и оптимизация задач любого уровня, работа с БП

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведя анализ (см. таблицу 1), можно сделать вывод о том, что рассмотренное ПО имеет много схожих аспектов, если рассматривать его с точки зрения работы с технологией RPA и в целом с автоматизацией. Разработчику или предпринимателю необходимо чётко понимать, для каких целей ему необходимо ПО и в зависимости от этого уже делать выбор в сторону того, которое в наибольшей степени подходит для прикладной области применения.

Сравнительный анализ показал, что российское программное обеспечение, представленное системой роботизации ELMA, способно конкурировать с зарубежным программным обеспечением, следовательно, можно смело говорить о том, что российские разработчики в полной мере участвуют в развитии современных технологий в области роботизации бизнес-процессов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Обзор AutomationAnywhere [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://soft.mydiv.net/win/download-Automation-Anywhere.html>
- [2] Сидоров А.В. Роботизация бизнес-процессов как инструмент повышения производительности труда сотрудников. Журнал «Хроноэкономика». 2019; 4 (17): 63-68.
- [3] Программа BluePrism [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rparussia.ru/rpa-solutions/blue-prism/>
- [4] Тимербаев Р.Р. Автоматизация бизнес-процессов с использованием технологии RPA. E-Scio. 2019; 12: 443-453.
- [5] Николаева Г.Л., Тухбатов Р. Р. Цифровые помощники как инструмент оптимизации взаимодействия экономических агентов. Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2020; 16 (1): 246-257. DOI 10.25559/ SITITO.16.202001.246-257
- [6] Программа UiPath [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.uipath.com>
- [7] Краткое и справочное руководство по ELMA RPA [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://elma365.com/ru/help/get-trial.html>
- [8] Павлович Т.В., Громов Н.Д., Приходько Н.А. BPMS-решения: сравнение имеющихся систем. Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral". 2021; 4. <https://e-integral.ru/rubriki/tehnicheskie-nauki/integral-4-2021-36>

REFERENCES

- [1] Obzor AutomationAnywhere [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://soft.mydiv.net/win/download-Automation-Anywhere.html>
- [2] Sidorov A.V. Robotizacija biznes-processov kak instrument povyshenija proizvoditel'nosti truda sotrudnikov. Zhurnal «Hronojekonomika». 2019; 4 (17): 63-68.
- [3] Programma BluePrism [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://rparussia.ru/rpa-solutions/blue-prism/>
- [4] Timerbaev R.R. Avtomatizacija biznes-processov s ispol'zovaniem tehnologii RPA // E-Scio. 2019; 12: 443-453.
- [5] Nikolaeva, G.L., Tuhbatov R.R. Cifrovye pomoshhniki kak instrument optimizacii vzaimodejstvija jekonomicheskikh agentov. Sovremennye informacionnye tehnologii i IT-obrazovanie. 2020; 16 (1): 246-257. DOI 10.25559/ SITITO.16.202001.246-257
- [6] Programma UiPath [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://www.uipath.com>
- [7] Kratkoe i spravocnoe rukovodstvo po ELMA RPA [Jelektronnyj resurs] – Rezhim dostupa: <https://elma365.com/ru/help/get-trial.html>
- [8] Pavlovich T.V., Gromov N.D., Prihod'ko N.A. BPMS-reshenija: sravnenie imejushhihsja sistem // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tehnologij "Integral". 2021; 4. <https://e-integral.ru/rubriki/tehnicheckie-nauki/integral-4-2021-36>

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Баранов Иван Николаевич,
студент СибГУ им. М.Ф. Решетнева,
Красноярск, Российская Федерация
E-mail: grom6116@gmail.com

Ivan N. Baranov,
Student, Reshetnev Siberian State University
of Science and Technology, Krasnoyarsk,
Russian Federation

Статья поступила в редакцию 29.08.2022; одобрена после рецензирования 06.09.2022; принята к публикации 07.09.2022.

The article was submitted 29.08.2022; approved after reviewing 06.09.2022; accepted for publication 07.09.2022.

УДК 677.021

 EDN: [CEWPBD](https://www.oajmist.com)

 DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0201-0210>


Динамика агрегата машины с фрезерным механизмом разборщика бунтов хлопка

М.Т. Ходжиев¹, А. Джураев², А.К. Ашуров³

¹Гулистанский государственный университет, Гулистан, Узбекистан

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

³Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

Аннотация. В статье рассматривается вопрос динамики агрегата машины, которая включает в себя разборщик бунтов хлопка, с учетом механической характеристики электрического двигателя, технологического сопротивления и момента сил трения. Определен закон движения фрезы. Показана зависимость коэффициента вращательного момента резиновой втулки, установленной на фрезерных головках, от вибрационного значения угловых скоростей вращающегося приводного барабана, угловой скорости приводного ротора и крутящего момента. По результатам анализа графиков связи были рекомендованы оптимальные значения параметров.

Ключевые слова: разборщик бунтов хлопка, фреза, колосник, машинный агрегат, упругая втулка, технологическое сопротивление, прочность, момент инерции, угловая скорость, покрытие, производительность, эффективность очистки.

Для цитирования: Ходжиев, М.Т., Джураев, А., & Ашуров, А.К. (2022). Динамика агрегата машины с фрезерным механизмом разборщика бунтов хлопка. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0201–0210. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0201-0210>

Dynamics of the machine aggregate with a milling mechanism of the cotton bundle disassembler

M.T. Xodjiev¹, A. Djuraev², A.K. Ashurov³

¹Gulistan State University, Gulistan, Uzbekistan

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

³Bukhara Engineering Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan

Abstract. The article covers the dynamics of the machine aggregate with a milling mechanism of the cotton bundle disassembler, taking into account the mechanical characteristics of the electric drive,

technological resistance and torque of friction forces. The law of motion of the milling machine is defined. The dependence of the torque coefficient of the rubber bushing mounted on the milling heads on the vibrational value of the angular velocities of the rotating drive drum, the angular velocity of the drive rotor and torque is shown. Optimal values of the parameters according to the analysis of the connection graphs were recommended.

Keywords: cotton bundle disassembler, milling machine, peg, machine aggregate, flexible bushing, technological resistance, rigidity, moment of inertia, angular speed, coverage, productivity, cleaning efficiency.

For citation: Xodjiev, M., Djuraev, A., & Ashurov, A. (2022). Dynamics of the machine aggregate with a milling mechanism of the cotton bundle disassembler. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0201–0210. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0201-0210>

INTRODUCTION

As we know, the main working body of the cotton bundle disassembler machine is a peg or milling drum, which has a number of design solutions [1, 2]. Nevertheless, the separation of the cotton pieces from the bundle was mainly done from the top down. In this case, the cotton pieces are not well hung with pegs, the incidence of spillage is high. Therefore, a method of separating the cotton pieces from the bottom up was recommended. In this case, the cotton pieces are separated in one plane without spilling and passed through a tube in the air stream [3].

The advantage of the recommended milling drum is that it is made of composite, mounted on the milling cutter shaft by means of flexible rubber bushings. In this case, the rotational motion of the milling drum is due to the deformation of the rubber bushing [4]. Because of these rotational movements, the milling drum intensively separates the cotton pieces from the peg, shaking it. This means that along with the increase in productivity, the efficiency of partial cleaning will also increase.

CALCULATION SCHEME AND MATHEMATICAL MODEL OF THE MACHINE AGGREGATE

The milling drum receives motion through an electric drive, a transmission shaft, a conical gear reducer. The calculation scheme is shown in Fig. 1. In the scheme, the milling drum was considered as one whole without being divided into two. However, the rubber bushing was taken into account.

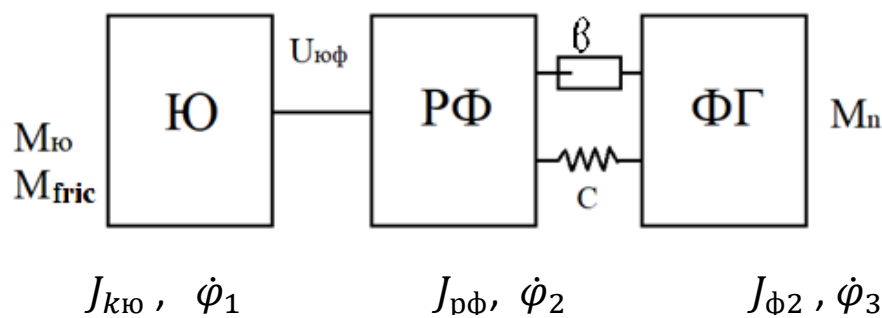


Figure 1. Calculation scheme of the machine aggregate.

In order to obtain the mathematical model of a cotton bundle disassembler machine aggregate, we calculate using Lagrange's second-order equation [5,6].

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial q_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{q}_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial q_i} = Q(q_i) \quad (1)$$

where T , Π are the kinetic and potential energies of the system, Φ is the dissipative function of the relay, $Q(q_i)$ are the external forces; q_i is generalized coordinate.

System kinetic and potential energies are [6,7]:

$$T = \frac{1}{2} J_{k\text{Ю}} \dot{\varphi}_1^2 + \frac{1}{2} J_{p\text{Ф}} \dot{\varphi}_2^2 + \frac{1}{2} J_{\text{Ф}2} \dot{\varphi}_3^2$$

$$\Pi = \frac{1}{2} C(\varphi_2 - U_{23}\varphi_3) \quad (2)$$

where $\dot{\varphi}_1$, $\dot{\varphi}_2$, $\dot{\varphi}_3$ are the angular speeds of the electric drive shaft, the gearbox output shaft and the drum shaft and the milling headset, respectively, C is the coefficient of rotation of the rubber bushing; U_{23} is transmission ratio.

The dissipative function of the relay is [8]:

$$\Phi = \frac{1}{2} b(\dot{\varphi}_2 - U_{23}\dot{\varphi}_3)^2 \quad (3)$$

where b is the dissipation coefficient of rotation of the rubber bushing.

Correspondingly, we create a mathematical model representing the motion of a three-mass machine aggregate by determining the additions of the Lagrange equation for each generalized coordinate [8,9]:

$$\frac{\omega_{0-\varphi_1}}{\omega_0} = \frac{S_K}{2M_K} M_g + \frac{1}{2\omega_c M_H} \dot{M}g$$

$$J_{k\text{Ю}} \ddot{\varphi}_1 = M_{\text{Ю}} - U_{\text{ЮФ}} M_{\text{ЮФ}} - M_{\text{fric}}$$

$$J_{p\text{Ф}} \ddot{\varphi}_2 = M_{\text{ЮФ}} - C(\varphi_2 - U_{23}\varphi_3) - b(\dot{\varphi}_2 - U_{23}\dot{\varphi}_3)$$

$$J_{\text{ФГ}} \ddot{\varphi}_3 = U_{23} * C(\varphi_2 - U_{23}\varphi_3) + U_{23}b(\dot{\varphi}_2 - U_{23}\dot{\varphi}_3) - (M_1 + M_0 S_k \omega t \pm \delta \overline{M_1}) \quad (4)$$

where M_1 , M_0 , $\delta\overline{M}_1$ are constant and variable random components of technological resistance; $M_{\text{ю}\phi}$ is driving torque interacting between the drive and reducer output shaft, M_{fric} is the moment of resistance of frictional forces.

NUMERICAL SOLUTION OF THE PROBLEM AND ANALYSIS OF RESULTS

The solution of the system of differential equations (4) representing the motion of the machine aggregate, including the milling drum drive of the cotton bundle disassembler, was carried out using the Runge-Kutta program [5,10], considering the following initial calculated values of parameters

$$J_{\text{кю}} = 1,52 \text{ kgm}^2$$

$$J_{\text{ю}\phi} = 5,25 \text{ kgm}^2$$

$$J_{\phi\Gamma} = 1,69 \text{ kgm}^2$$

$$U_{\text{ю}\phi} = 6,83 \text{ kgm}^2$$

$$\dot{\phi}_1 = 157 \text{ s}^{-1}$$

$$n_{\text{ю}} = 1500 \text{ rpm}^{-1}$$

$$M_{\text{fric}} = 8,17 \text{ N}$$

$$M_1 = (20 \div 25) \text{ N}$$

$$M_0 = (2,1 \div 2,5) \text{ N}$$

$$\delta M_1 = (0,1 \div 0,12) M_1$$

$$C = (450 \div 500) \text{ Nm/rad}$$

$$\beta = (6,2 \div 7,5) \text{ Nms/rad}$$

Based on the solution of the problem, the laws of motion of the working bodies of the machine unit were determined. Fig. 2 shows the laws of variation of the angular speed of the rotor of the electric drive rotor and the torque in it, as well as the torque on the output shaft of the reducer.

The analysis of the obtained laws shows that the average start-up time of the machine unit is $(0.2 \div 0.25) \text{ s}$, while the stopping period is $(0.18 \div 0.2) \text{ s}$. The difference in this is mainly explained by the fact that the moments of resistance forces accelerate the stopping. Considering that the technological resistance was in the process of breaking the cotton gin, it was found that the average value of $\dot{\phi}_1$ was around 153 s^{-1} , the loading value was around $M_{\text{ю}} = (31 \div 35) \text{ Nm}$, and the loading of $M_{\phi\Gamma}$ was around $(68 \div 75) \text{ Nm}$.

Figure 3 shows the laws of variation of angular speeds $\dot{\phi}_1$ $\dot{\phi}_3$ and torques on the shafts $M_{\text{ю}}$ $M_{\phi\Gamma}$ of the drive and milling headset.

Because result of processing the obtained laws of motion and loads, graphs of the interrelationships of machine unit parameters were constructed. In particular, Figure 4 shows

graphs related to the technological resistance of the milling drum, the oscillation coverage of the angular speeds of the drive rotor and the changes in the torque. When analyzing the graphs, the angular speed oscillation coverage of the electric drive shaft when the moment of resistance from the raw cotton obtained increases from $0.42 \cdot 10^2 \text{ N}$ to $3.8 \cdot 10^2 \text{ N}$ is $2.18 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ to $5.2 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ increases the angular speed coverage of the milling headset from $1.51 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$ to $3.6 \cdot 10^{-1} \text{ s}^{-1}$. Correspondingly, as the torque values on the electric drive increase from $0.04 \cdot 10^2 \text{ Nm}$ to $0.12 \cdot 10^2 \text{ Nm}$, the load on the milling headset increases from $0.09 \cdot 10^2 \text{ Nm}$ to $0.32 \cdot 10^2 \text{ Nm}$ in a nonlinear connection (Fig. 4, 4-graph). It is known that the speed of the milling cutter is much higher than the rotational motion, which allows intensive separation of cotton from the mill.

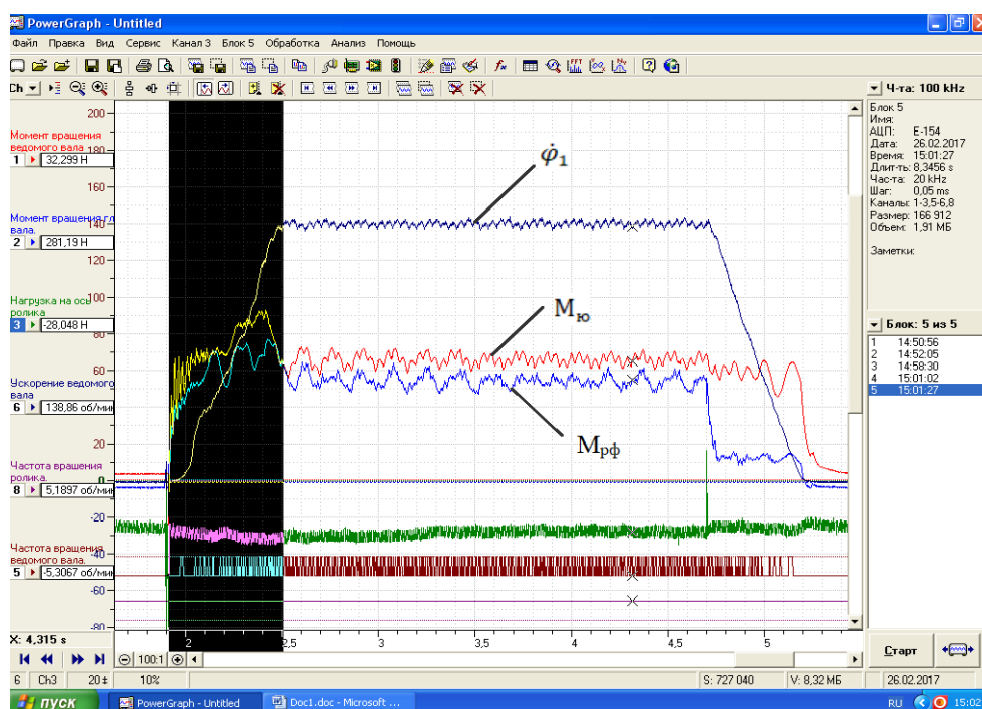


Figure 2. Laws describing the output to stable motion, stable motion period and stopping processes of the machine aggregate, including the mechanism of the milling drum of the cotton bundle disassembler.

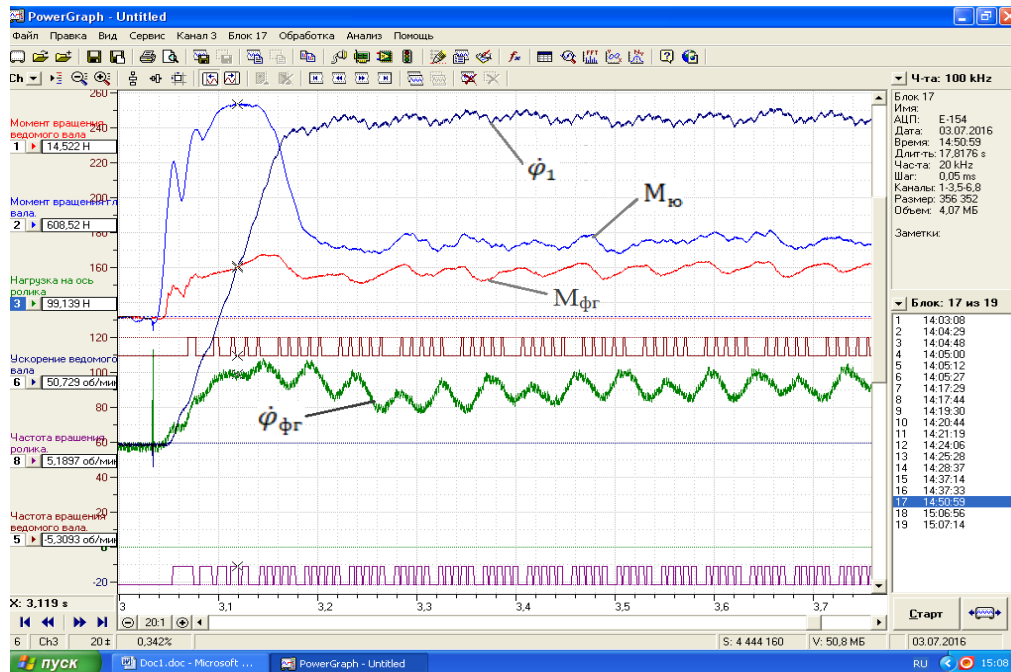


Figure 3. The laws of change of angular speeds and torques of the drive and milling headset.

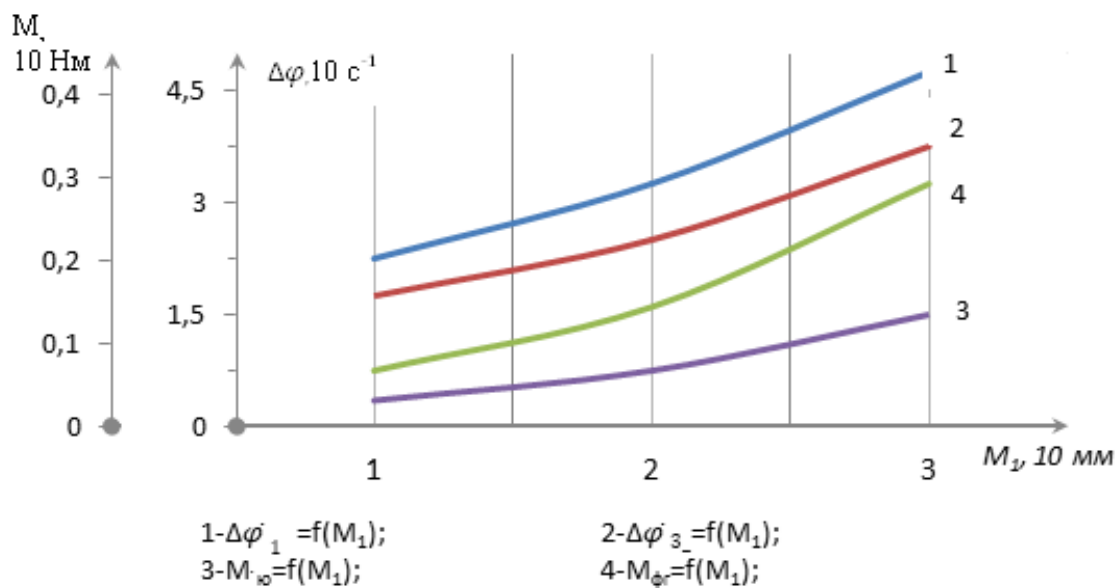


Figure 4. Graphs of technological resistance dependence of changes in the vibration coverage of angular speeds and torque moments of the spinning mill drum and the drive rotor.

Fig. 5 shows the dependence of the rotational torque coefficient of the rubber bushing mounted on the milling heads on the vibrating coverage of the angular velocities of the rotary drive drum, the angular speed of the drive rotor, and the torque. When the average torque coefficient of the rubber bushing on the milling drum increases from $1.0 \cdot 10^2$ Nm/rad to $6.00 \cdot 10^2$ Nm/rad, the oscillation coverage of the angular speed of the milling headset is $2.61 \cdot 10^{-1}$ s to

$0.64 \cdot 10^{-1}$. If it decreases in a nonlinear pattern up to 1, it can be seen that the values of $\Delta\dot{\varphi}_1$ decrease in a nonlinear pattern from $4.4 \cdot 10^{-1}$ to $1.58 \cdot 10^{-1}$ (Fig. 5, graph 1). It should be noted that if the torque on the drive shaft increases from $0.052 \cdot 10^2$ Nm to $0.18 \cdot 10^2$ Nm, the torque on the milling headset increases from $0.12 \cdot 10^2$ Nm to $0.33 \cdot 10^2$ Nm in a non-linear connection.

It is recommended that the rubber bushing average rotational coefficient of rotation be less than $(4.0 \div 5.0)$ Nm/rad to ensure that the speed vibration coverage $(0.6 \div 1.6)$ is in the range of 10^{-1} .

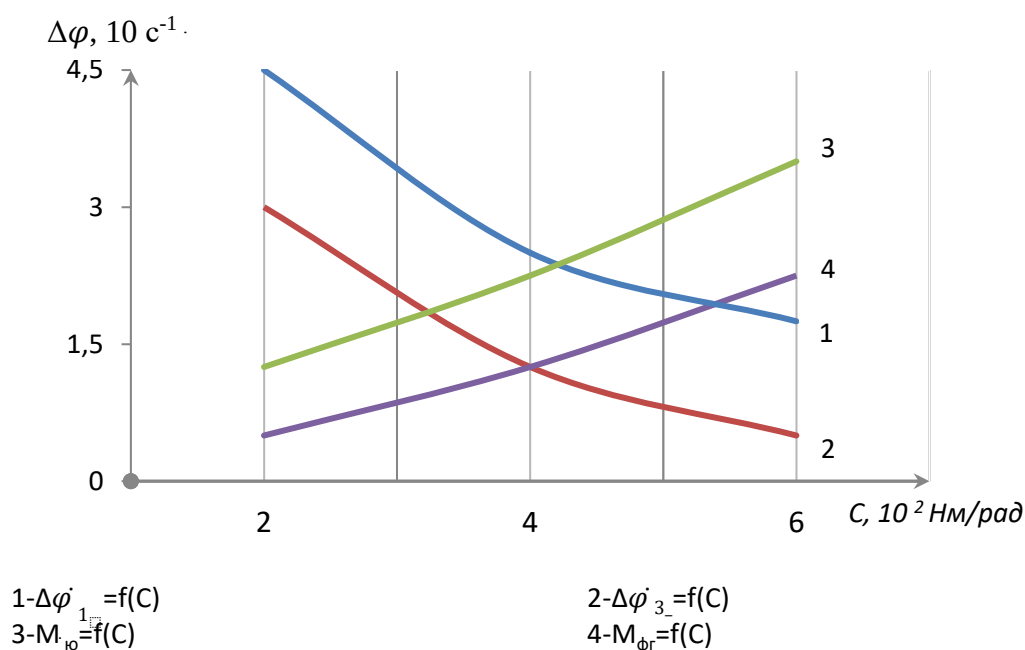


Figure 5. Graphs of the dependence of the coefficient of rotation of the rubber bushing on which the milling heads are mounted on the rotating torque, the vibration coverage of the angular speeds of the drive rotor and the torque moments of the milling cutter.

It should be noted that by increasing the weight of the rotating mass or the moment of inertia, it is possible to make its rotation smooth [10-12]. Fig. 6 shows graphs of the vibration coverage of the angular speeds of the spinning mill drum and the drive rotor depending on the change in their moment of inertia. When the moment of inertia of the cutter headset increases from $1.2 \cdot 10^{-2}$ to $5.0 \cdot 10^{-2}$ m², when the coverage of the rotational oscillation speed of its angular speed is $M_{\text{шшк}} = 5.0$ Nm, the values of $\Delta\dot{\varphi}_3$ decreases from $1.52 \cdot 10^{-1}$ to $0.26 \cdot 10^{-1}$, while $M_{\text{шшк}} = 9.0$ Nm, the angular speed coverage of the milling headset decreases in a nonlinear pattern from $2.25 \cdot 10^{-1}$ to $0.61 \cdot 10^{-1}$. Correspondingly, the values of $\Delta\dot{\varphi}_1$ on the electric drive shaft decrease in a nonlinear pattern from $4.6 \cdot 10^{-1}$ to $2.28 \cdot 10^{-1}$ (Fig. 6, graph 1, 2). However,

an excessive moment of inertia increases the loading torque and increases the power consumption. Therefore, the recommended values are: $J_{\text{ю}} \leq (2.0 \div 2.5) \text{ kgm}^2$; $J_{\text{фр}} \leq (2.4 \div 3.5) \text{ kgm}^2$.

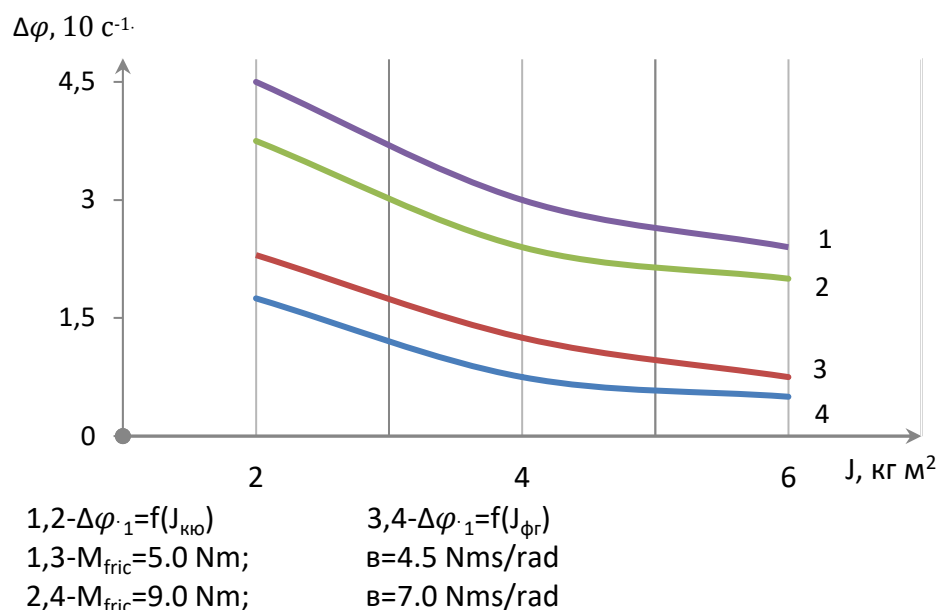


Figure 6. Graphs of the dependence of the vibration coverage of the angular speeds of the spinning mill drum and the drive rotor on the change in their moments of inertia.

THE RESULTS OF THE PROPOSED TEST OF THE CONSTRUCTION OF THE DRUM WITH A MILLING CUTTER, FLEXIBLE SHOCK ABSORBER OF THE RECOMMENDED COTTON BUNDLE DISASSEMBLER

Analysis of the comparative test results shows that when using the recommended cotton bundle disassembler milling drum, the productivity can be increased by 1.9 t/h compared to the existing working body. Cotton cleaning has also improved. At the same time, it was found that for every 10 kg of raw cotton (up to 4÷5) the number of pieces with up to 24% more fiber than the existing design, i.e. improved cotton cleaning. As a result, it was found that the cleaning efficiency of cotton increased by 5.9%. It was also noted that due to the use of a rubber shock absorber in the proposed design, the damage to the seeds because of the soft impact was reduced by 0.08÷0.09% after the UXK unit. The efficiency of cleaning cotton after the cleaning unit

was found to be 88.0% when using the recommended construction, and 79.5% when using the series construction. This means that the use of the recommended working drum in the cotton bundle disassembler machine leads to high efficiency.

Table 1. Comparative test results.

No.	Name of the parameters	In existing cotton bundle disassembler	In proposed cotton bundle disassembler
1.	Initial contamination of cotton, %	3.4	3.4
2.	Cotton moisture, %	8.5	8.5
3.	Productivity, t / h	10.5	12.4
4.	Efficiency of cotton cleaning, %	7.9	13.8
5.	Efficiency of cotton cleaning after UXK aggregate, %	79.5	88.0
6.	Seed damage, %	1.4	1.32
7.	Degree of shredding of cotton (percentage of pieces of up to 5 fibrous seeds in 10 kg of raw cotton), %	85	61

CONCLUSIONS

The efficient design of a milling drum of the cotton bundle disassembler is recommended. Based on the theoretical research, the laws of motion and loads of the drive and milling headset were determined, and the optimal parameters were recommended. Based on the test results, recommendations for implementation are given.

REFERENCES

- [1] Miroshnichenko G.I. *Fundamentals of designing machines for the primary processing of cotton*. Moscow: Mashinostroyenie, 1972.
- [2] Zikriyoev Y. et al. *Primary processing of cotton*. Tashkent, 2002.
- [3] *Working body of the cotton bundle disassembler*, 30.07.2020. No. IAP 06267.
- [4] *Working body of the cotton bundle disassembler*, 12.11.2021. No. IAP 06635.
- [5] Djuraev A. et al. *Theory of mechanisms and machines*. T.: Ukituvchi, 2001. 596 p.
- [6] Mansurova, M.A. Influence of parameters of elastic elements on vibrations of a lever with a sewing machine, *Scientific and technical journal of FerPI*, 2016, 20(1), 41-45.
- [7] Rajabov, O.I., Kurbonov F.A., Abrorov A.S., Gafurova M.Z. Selection of the circumferential speed of the spiked cylinders of raw from small trash, *Journal of Physics: Conference Series*, 2021, 1889(4), 042056.

- [8] Maksudov.R., Djurayev A., Shuxratov Sh. Improvement of the design and justification of the parameters of the cleaning zone of fibrous material from large, *Research in Engineering and Technology (IJNET)*, 2018, 11(12), 951-963.
- [9] Djurayev A. *Dynamics of working mechanisms of cotton-processing machines*. T.: Fan, 1987. 168 p.
- [10] Djurayev A., Sayitqulov S.O. Research on improving the working bodies of the machine for cleaning cotton from waste, *EPRA International Journal of Research and Development*, 2021, 6(3), 1-5.
- [11] Sailov R.A., Veliev F.A. Determination of the drying rate in the components of raw cotton in the layers of the bundle over time, *Almanac of modern science and education*, 2011, 12(55), 58-61.
- [12] Abbazov I. et al. Effective Cleaning of cotton waste produced at cotton cleaning factories, *American Journal ASCIT Communications*, 2018, 5(2), 22–28.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ходжиев Мухсин Таджиевич, ректор
Гулистанского государственного
университета, д.т.н., профессор, Гулистан,
Узбекистан

Xodjiev Mukhsin T., Rector of Gulistan State
University, Doctor of Technical Sciences,
Professor, Gulistan, Uzbekistan

Джураев Анвар Джураевич, профессор,
Ташкентский институт текстильной и легкой
промышленности, Ташкент, Узбекистан

Djuraev Anvar Ju., Professor, Tashkent
Institute of Textile and Light Industry,
Tashkent, Uzbekistan

Ашуров Асроржон Комилович, докторант,
Бухарский инженерно-технологический
институт, Бухара, Узбекистан

Ashurov Asrorzhon K., doctoral student,
Bukhara Institute of Engineering and
Technology, Bukhara, Uzbekistan

Статья поступила в редакцию 20.06.2022; одобрена после рецензирования 11.07.2022; принята к публикации 12.07.2022.

The article was submitted 20.06.2022; approved after reviewing 11.07.2022; accepted for publication 12.07.2022.

УДК: 687.016.5

 EDN: [MMOQRS](https://www.oajmist.com)

 DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0211-0221>


Особенности конструирования женской одежды для женщин старшего возраста

Д. Х. Кадилова¹, Ф. У. Нигматова², Н. Д. Эргашева², Р. Э. Дехканова²

¹Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

²Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного исследования промышленных методов конструирования женской одежды больших размеров для женщин пожилого возраста. Предложены рациональные параметры базовой конструкции женского платья полуприлегающего силуэта. В целях обеспечения объективной оценки качества разработанных конструкций проведена комплексная оценка качества посадки макетов.

Ключевые слова: пожилой, женщина, рынок, одежда, группа, телосложение, изделие, фигура, конструирование, лопатка, ягодица, параметр, платье, прибавка, оценка, качество, макет.

Для цитирования: Кадилова, Д. Х., Нигматова, Ф. У., Эргашева, Н. Д., & Дехканова, Р. Э. (2022). Особенности конструирования женской одежды для женщин старшего возраста. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0211–0221. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0211-0221>

Features of designing women's dresses for older women

D. X. Qodirova¹, F. U. Nigmatova², N. D. Ergasheva², R. E. Dehkanova²

¹Bukhara Engineering Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The article presents the results of a comprehensive study of industrial methods for designing plus size women's clothing for older women. Rational parameters of the basic design of a semi-adjacent silhouette women's dress are proposed. In order to provide an objective assessment of the quality of the developed structures, a comprehensive assessment of the quality of landing layouts was carried out.

Keywords: elderly, woman, market, clothes, groups, physique, products, figure, design, abdomen, shoulder blades, buttocks, parameter, dress, increase, evaluation, quality, layout.

For citation: Qodirova, D. X., Nigmatova, F. U., Ergasheva, N. D., & Dekhanova, R. E. (2022). Features of designing women's dresses for older women. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0211–0221. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0211-0221>

ВВЕДЕНИЕ

В новом тысячелетии женщины старшего и пожилого возраста активно участвуют во всех процессах социальных, экономических и межличностных отношений в современном обществе. Исследования социологов и ученых-демографов показывают о возросшей доли этой группы людей в структуре населения, повышении их активности в социально-экономической жизни страны. Улучшение качества жизни, интенсивное развитие медицины, совершенствование санитарного надзора и экономическое благополучие способствуют повышению среднего возраста пожилых людей, что требует от общества тщательнее подходить к вопросу их социальной адаптации и формированию комфортной социальной среды жизнедеятельности для интеграции в современное общество. Определенная часть этой группы населения сегодня обладает ценными профессиональными компетенциями, востребованными в общественных, научных, медицинских, проектно-конструкторских организациях, где необходимо сохранение и передача накопленного опыта, умелое использование человеческого потенциала пожилых людей. Рост интеграции людей старшего возраста в экономическую и общественную жизнь рассматривается как необходимость и обязывает общество реализовывать практики поведения, ориентированные на сохранение и поддержание достигнутого уровня благосостояния в пожилом возрасте [1]. Для пожилых людей быть социально значимым и востребованным является необходимым условием их активного долголетия. Многие страны рассматривают активное долголетие как цель социально-экономической политики в сложившихся социально-демографических условиях.

Проблема проектирования позитивного имиджа пожилого человека посредством предложения качественной и удобной одежды помогает им развивать и укреплять успех в профессиональных и межличностных отношениях [2]. С точки зрения исследователей и аналитиков рынка, женщины старшего возраста (те, которые приближаются к границам пенсионного возраста) и пожилые представляют интерес для производителей одежды, так как обладают достаточной покупательной способностью [3]. Неограниченный выбор одежды позволяет потребителю предъявлять высокие требования к качеству одежды, соответствию модели параметрам его индивидуальной фигуры. Однако, производители одежды редко учитывают потребности этой группы

потребителей при формировании промышленных коллекций. Проведенные нами маркетинговые исследования показали практическое отсутствие данных об антропологических данных телосложения пожилых женщин [4]. Выше сказанное также относится к внешнему виду и художественному оформлению моделей, качеству посадки изделия на фигуре потребителей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ рынка товаров для взрослого населения отечественного производства показал, что ассортимент продукции, как правило, представлен изделиями первой и второй полнотных групп типоразмеров. Это обычно изделия с обхватом груди с 88...по 104 размеры [5] средней полнотной группы; очень мало изделий, спроектированных с учетом особенностей телосложения пожилых людей. Для женщин старшего возраста большой полноты и нетипового телосложения производители предлагают универсальные конструкции одежды свободных силуэтов, широкие и безразмерные изделия, используют элементы, позволяющие изменить размер изделия, так как в условиях массового производства невозможно изготовить одежду, полностью соответствующую размерам потребителя данной группы. При проектировании соразмерных изделий модных форм идеальной посадки можно добиться, как правило, только при индивидуальном изготовлении, но при этом стоимость изделия будет очень высокой.

Решением вопроса может быть выпуск изделий малыми партиями и рациональными ассортиментными сериями в гибких мелкосерийных потоках [6,7]. Одним из критериев и условий производства моделей рациональными сериями - минимальные сроки подготовки конструкторской документации и быстрый их запуск в производство, что невозможно без применения отработанных типовых базовых конструкций (БК) одежды. БК должна иметь идеальное статическое и динамическое соответствие (удобство в динамике) фигурам потребителей типового телосложения. В работе БК для пожилых женщин разрабатывались на примере плечевых изделий разной объемно-силуэтной формы, а именно на примере платья полуприлегающего силуэта.

Проектирование БК платья включало следующие этапы: определение требований пожилых женщин к изделию; выбор и определение исходных данных для построения БК; выбор методики конструирования; анализ методик конструирования, изготовление макетов внешней формы; оценка статического и динамического соответствия разработанных конструкций.

При выборе исходных данных для построения БК плечевых изделий для пожилых женщин большого размера столкнулись с проблемой отсутствия типовых и стандартных значений измерений тела фигуры, так как фигура пожилых женщин отличается от типовой особенностями телосложения [8-9]. Такая фигура обычно полная с увеличенным выступом живота или выступом ягодиц, боковых поверхностей бедра. К ним относятся также явно выраженные изменения в контурах фигур со стороны спины, передней части и боков, отчасти связанные с излишним жиротложением в области груди, талии и бедер. С возрастом уменьшается двигательная активность пожилых, усиливается метаболизм, что приводит к излишнему ожирению и увеличению размеров нижней части тела, особенно в области бедер, по сравнению с верхней в области плеч и груди.

Практика конструирования одежды для женщин старшего возраста показала, что существуют типы фигур, не отраженные в стандартах, а также фигуры внутри одного размера и одной полнотной группы, отличающиеся друг от друга особенностями телосложения [5]. Отсюда следует, что для конструирования БК необходимы дополнительные данные об особенностях телосложения фигур, главным образом параметры выступа грудных желез, живота, лопаток, ягодиц и т.д. Следовательно, необходимо совершенствовать методы проектирования одежды, основанные на разработке и исследовании конструкций одежды, адаптированных для пожилых женщин.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В Бухарском инженерно-технологическом институте было проведено комплексное исследование особенностей телосложения фигур женщин пожилого возраста больших размеров и конструирования одежды для них. Были реализованы три различных метода конструирования женского платья полуприлегающего силуэта: методика МГУДТ [10], методика Мюллер и сын (М. Мюллер и сын) [11] и Единая методика конструирования одежды ЦОТЩЛ [12]. В нашем исследовании размерные признаки женской фигуры были выбраны в соответствии с методиками конструирования. Все конструкции построены на размер 164-126-130. Значения размерных признаков определены по результатам антропометрических исследований фигур пожилых женщин [5], а величины конструктивных прибавок на свободное облегание к полуобхвату груди, талии и бедер выбирали с учетом возможности выполнения человеком бытовых движений. Для параметризации чертежей были

использованы 15 параметров конструкции, которые могут оказывать влияние на объемно-силуэтную форму изделий. Таблица 1 содержит значения параметров по трем анализируемым методикам конструирования.

Таблица 1. Величина конструктивных отрезков на чертеже базовой конструкции женского платья полуприлегающего силуэта, см, размер 164-126-130.

Table 1. The size of the constructive segments in the drawing of the basic design of a semi-adjacent silhouette women's dress, cm, size 164-126-130.

№	Конструктивный параметр	Методика конструирования		
		МГУДТ [10]	“М.Мюллер и сын” [11]	ЕМКО ЦОТШЛ [12]
1	Ширина спинки в самом узком месте	22,5	23	23
2	Ширина переда в самом узком месте	29,5	31,5	27,5
3	Ширина проймы	15,5	14,5	14,5
4	Ширина изделия на уровне глубины проймы	52	54,5	50,5
5	Ширина изделия по линии талии	63,5	60	59,5
7	Ширина изделия по линии бедер	70,5	69,5	69
9	Ширина плеча	13	13	13
10	Длина спинки до талии	43	45	46
11	Длина спинки до уровня нижней точки проймы (Дсп.пр)	26	26	25,5
12	Расстояние между концами вытачек на выпуклость груди	24	26	24
13	Ширина рукава под проймой (вверху)	44	44	44
14	Ширина рукава (внизу)	30	30	30
15	Длина рукава	54	54	54

По результатам параметрических исследований различных методов конструирования применительно к одежде для женщин пожилого возраста были изготовлены макеты платьев и проведена оценка качества их посадки на фигуре типового телосложения. Оценка качества посадки изготовленных макетов проведена по методике Кобляковой [9], разработанной в МГУДТ по пятибалльной шкале путем трехкратного опроса специалистов (экспертов). В соответствии с данной методикой

образец, имеющий идеальную посадку на фигуре, оценивается 5 баллами. В зависимости от качества, баллы могут быть снижены.

Таблица 2. Оценка качества конструкций макетов женского платья по методике МГУДТ (фрагмент).

Table 2. Evaluation of the quality of designs of female dress models of the MGUDT method (fragment).

Индекс фактора	Единичный показатель качества посадки конструкции	Коэффициент весомости, m_i	Единичный показатель макетов конструкции, баллы, МГУДТ							
			Эксперты, n							
			1	2	3	4	5	6	7	8
X1	Отсутствие наклонных свободных складок на спинке от проймы или баковых швов	0,184	4	4	4	3	3	4	5	4
X2	Отклонение от вертикали боковых швов	0,109	5	5	5	5	3	3	4	4
X3	Горизонтальность положения низа изделия	0,09	4	5	4	4	4	5	5	4
X4	Свободные складки на полочке	0,035	5	5	5	5	4	5	5	5
X5	Напряженные складки на полочке	0,017	5	5	5	5	5	5	5	5
X6	Отсутствие горизонтальных свободных складок в верхней и средней части спинки	0,146	5	5	5	5	4	4	5	5
X7	Отсутствие излишнего отставания воротника от шеи сзади и сбоку	0,072	5	5	5	4	5	5	5	5
X8	Отсутствие излишнего прилегания воротника сзади к шее	0,053	5	5	5	4	4	5	5	4
X9	Отвесность положения рукава	0,164	4	4	4	3	3	4	4	4
X10	Напряженные складки на спинке	0,127	5	5	5	5	4	5	4	4
Комплекс оценка, $P_{ст}$										
По формуле (1)-			4,76	4,78	4,67	4,22	3,93	4,74	4,64	4,37
По формуле (2)-			4,39	4,60	4,51	3,97	3,76	4,21	4,31	4,23

Распределение баллов пятибалльной шкалы в зависимости от степени проявления дефектов (числового значения) по четырем ведущим показателям качества посадки для женского платья приведено в таблице 2.

Анализ результатов экспертной оценки макетов и промышленных конструкций женского платья позволил выявить то, что значительное увеличение раствора верхней вытачки полочки в БК больших размеров приводит к увеличению угла наклона плечевого среза полочки (к горизонтали) и существенному уменьшению длины проймы. Поэтому для обеспечения свободы движений рук необходимо, во-первых, расширить пройму за счет перераспределения общей величины прибавки к полуобхвату груди между основными участками конструкции, во-вторых, увеличить часть этой прибавки к ширине спинки. Экспериментально установлено, что для проектирования объемной формы полочки с учетом выступа живота в изделиях больших размеров целесообразно вводить вытачку на выпуклость живота.

В целях обеспечения надежности и достоверности результатов провели оценку статического соответствия макетов исследуемых конструкций платья размерам и форме фигуры типового телосложения. Оценка качества макетов платья проводилась в два этапа [9]: сначала по единичным показателям качества, потом по комплексным. В качестве единичных показателей качества использованы [13]: X_1 - отсутствие наклонных свободных складок на спинке от проймы или боковых швов; X_2 - отклонение от вертикали боковых швов; X_3 - горизонтальность положения низа изделия; X_4 - свободные складки на полочке; X_5 - напряженные складки на полочке; X_6 - отсутствие горизонтальных свободных складок в верхней и средней части спинки; X_7 - отсутствие излишнего отставания воротника от шеи сзади и сбоку; X_8 - отсутствие излишнего прилегания воротника сзади к шее; X_9 - отвесность положения рукава; X_{10} - напряженные складки на спинке.

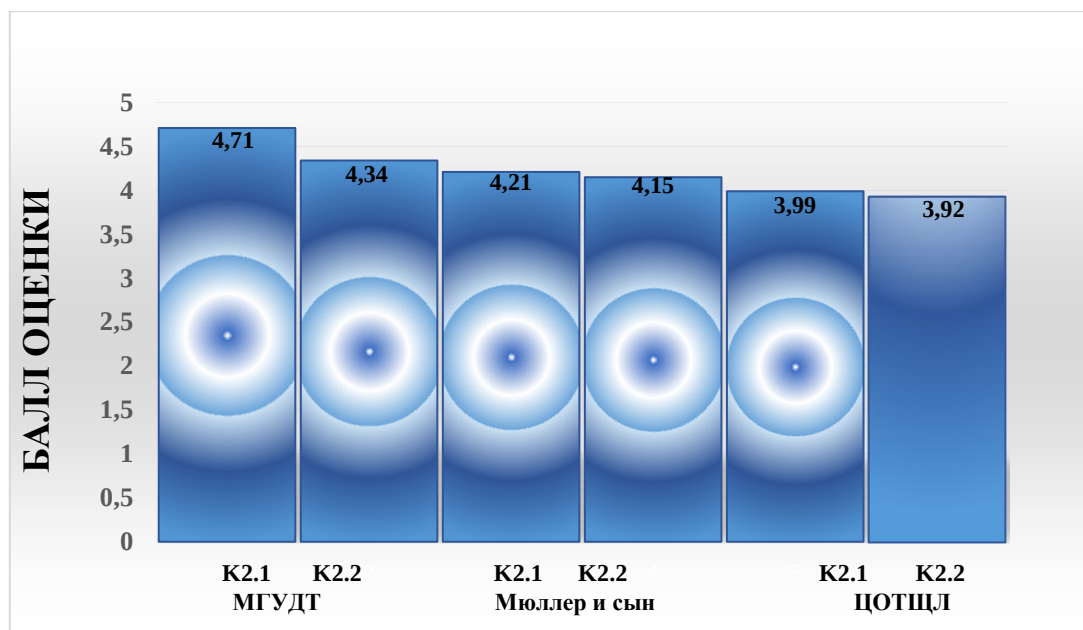
Комплексный показатель качества посадки моделей рассчитывался по следующим формулам [9]:

$$P_{CT} = \sqrt[n]{P_1 P_2 \dots P_n}, \quad (1)$$

$$P_{CT} = \prod_{i=1}^n P_i^{m_i} \quad \text{при} \quad \sum_{i=1}^n m_i = 1, \quad (2)$$

где P_{CT} - комплексная оценка качества посадки макета, баллы; P_i - оценка i -го единичного показателя качества посадки, баллы; n - число показателей; m_i - коэффициент весомости i -го показателя, рассчитанный пропорциональным методом.

На рисунке 1 в виде диаграммы показаны результаты расчета среднего значения комплексного показателя оценки макетов исследуемых конструкций платья по различным методикам.



Рисунке 1. Сравнительная диаграмма комплексной оценки качества посадки макетов женского платья по значению $P_{ст}$.

Figure 1. Comparative diagram of a comprehensive assessment of the quality of fit of women's dress models according to the PCT value.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показали расчеты, значения $P_{ст}$ по формуле (1) и (2) и сравнительная диаграмма конструкции платьев по трем методикам имеют высокий уровень статистической совместимости ($P_{ст} \geq 4$ балла), а лучшее качество посадки на фигуре имела конструкция, построенная по методике МГУДТ. Полученные базовые конструкции использованы в качестве параметрической информации для проектирования изделий при автоматизированном проектировании изделий в 2D и 3D САПР.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Щанина Е.В. Практики поведения пожилых людей, направленные на повышение своего благосостояния, в современном российском обществе. Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. 2021; 2 (162): 138-161. DOI: 10.14515 /monitoring. 2021.2.1702

- [2] Крайг Грэйс. Психология развития. Основы морфологии и биомеханики человека: Учебн. пособие /Л.П. Питер; 2000.
- [3] Баландина Е.А. Современные исследования социальных проблем. 2011; 3: 38-45.
- [4] Кадилова Д.Х., Нигматова Ф.У., Абдукаримова И., Гулямова К.Х. Исследование удовлетворенности женщин старшего возраста ассортиментом одежды. Материалы международной научно-практической конференции «Современные концепции обеспечения качества продукции хлопчатобумажной, текстильной и легкой промышленности». 2021; 2.
- [5] Кадилова Д.Х., Нигматова Ф.У. Антропологические особенности телосложения женщин пожилого возраста. Текстильный журнал Узбекистана. Ташкент. 2022; 1.
- [6] Моисеева Н.С. Системное проектирование гибких потоков в швейной промышленности: Монография, МГУДТ. 2003. 240.
- [7] Шершнева Л.П., Сунаева С.Г. Проектирование швейных изделий в САПР: учеб. пособие. ИД «Форум». М; 2018. 286.
- [8] Новосельцева Т.В. Разработка технологии адресного проектирования одежды для пожилых женщин: дис... к.т.н.: 05.19.04. М.; 2004. 208.
- [9] Коблякова Е.Б. Основы проектирования рациональных размеров и формы одежды. Легкая и пищевая промышленность. М.; 1984. 208.
- [10] Мартынова А.И., Андреева Е.Г. Конструктивное моделирование одежды: учеб. Пособие. МГАЛП. М.; 2002. 216.
- [11] Коллектив авторов. Сборник «Ателье-2004». «М.Мюллер и Сын». Техника кроя; 2004.
- [12] Единый метод конструирования женской одежды, изготавливаемой по индивидуальным заказам населения. Основы конструирования плечевых изделий. Часть I. ЦОТШЛ. М.; 1982. 87.
- [13] Эргашева Н.Д. Разработка методов художественного проектирования меховой одежды с использованием маломощных технологий: автореф....д.ф.т.н (PhD). Ташкент; 2021. 43.

REFERENCES

- [1] Shchanina E.V. Praktiki povedeniya pozhilyh lyudej, napravlennye na povyshenie svoego blagosostoyaniya, v sovremennom rossijskom obshchestve. Monitoring obshchestvennogo mneniya: ekonomicheskie i social'nye peremeny. 2021; 2 (162): 138-161. DOI: 10.14515 /monitoring. 2021.2.1702

- [2] Krajg Grejs. Psihologiya razvitiya. Osnovy morfologii i biomekhaniki cheloveka: Uchebn. posobie /L.P. Piter; 2000.
- [3] Balandina E.A. Sovremennye issledovaniya social'nyh problem. 2011; 3: 38-45.
- [4] Kadirova D.H., Nigmatova F.U., Abdukarimova I., Gulyamova K.H. Issledovanie udovletvorennosti zhenshchin starshego vozrasta assortimentom odezhdyy. Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Sovremennye koncepcii obespecheniya kachestva produktsii hlopkhatobumazhnoj, tekstil'noj i legkoj promyshlennosti». 2021; 2.
- [5] Kadirova D.H., Nigmatova F.U. Antropologicheskie osobennosti teloslozheniya zhenshchin pozhilogo vozrasta. Tekstil'nyy zhurnal Uzbekistana. Tashkent. 2022; 1.
- [6] Mokeeva N.S. Sistemnoe proektirovanie gibkikh potokov v shvejnoj promyshlennosti: Monografiya, MGUDT. 2003. 240.
- [7] SHershneva L.P., Sunaeva S.G. Proektirovanie shvejnykh izdeliy v SAPR: ucheb. posobie. ID «Forum». M; 2018. 286.
- [8] Novosel'ceva T.V. Razrabotka tekhnologii adresnogo proektirovaniya odezhdyy dlya pozhilykh zhenshchin: dis... k.t.n.: 05.19.04. M.; 2004. 208.
- [9] Koblyakova E.B. Osnovy proektirovaniya racional'nykh razmerov i formy odezhdyy. Legkaya i pishchevaya promyshlennost'. M.; 1984. 208.
- [10] Martynova A.I., Andreeva E.G. Konstruktivnoe modelirovanie odezhdyy: ucheb. Posobie. MGALP. M.; 2002. 216.
- [11] Kollektiv avtorov. Sbornik «Atel'e-2004». "M.Myuller i Syn". Tekhnika kroya; 2004.
- [12] Edinyj metod konstruirovaniya zhenskoj odezhdyy, izgotovlyaemoj po individual'nykh zakazam naseleniya. Osnovy konstruirovaniya plechevykh izdeliy. Chast' I. COTSHL. M.; 1982. 87.
- [13] Ergasheva N.D. Razrabotka metodov hudozhestvennogo proektirovaniya mekhovoj odezhdyy s ispol'zovaniem maloemkikh tekhnologiy: avtoref....d.f.t.n (PhD). Tashkent; 2021. 43.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Кадилова Дилноза Хайридиновна,
докторант, Бухарский инженерно-
технологический институт, Бухара,
Узбекистан

Qodirova Dilnoza Khairiddinovna, doctoral
student, Bukhara Institute of Engineering and
Technology, Bukhara, Uzbekistan

Нигматова Фатима Усмановна, профессор,
Ташкентский институт текстильной и легкой
промышленности, Ташкент, Узбекистан

Nigmatova Fatima Usmanovna,
professor, Tashkent Institute of Textile and
Light Industry, Tashkent, Uzbekistan

Эргашева Нигора Джурахановна,
преподаватель, Ташкентский институт
текстильной и легкой промышленности,
Ташкент, Узбекистан

Ergasheva Nigora Dzhurakhanovna, lecturer,
Tashkent Institute of Textile and Light Industry,
Tashkent, Uzbekistan

Дехканова Раъно Эркинбаевна,
преподаватель, Ташкентский институт
текстильной и легкой промышленности,
Ташкент, Узбекистан

Dehkanova Rano Erkinbaевна,
lecturer, Tashkent Institute of Textile and Light
Industry, Tashkent, Uzbekistan

*Статья поступила в редакцию 05.08.2022; одобрена после рецензирования 22.08.2022; принята
к публикации 23.08.2022.*

*The article was submitted 05.08.2022; approved after reviewing 22.08.2022; accepted for publication
23.08.2022.*

УДК: 519.876.5

EDN: [WAE LRU](https://waelru.ru)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0301-0311>



Моделирование тонкопленочной печатной катушки индуктивности для УКВ радиоприемника

И. Н. Карцан¹, Д. К. Цапик², Д. Г. Кузнецов³

¹Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия

²ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия

³ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. При разработке и моделировании индукторов единственными практическими вариантами являются проволочные соединения и плоские геометрические формы. Несмотря на то, что проволочные соединения позволяют достичь высокого коэффициента качества, их значения индуктивности ограничены и могут быть довольно чувствительны к колебаниям. Плоские спиральные индукторы имеют ограниченные значения, но обладают индуктивностью, которая хорошо определяется в широком диапазоне вариаций процесса. Рассмотрено прикладное применение программы Ansoft Maxwell при моделировании тонкопленочной печатной катушки для УКВ радиоприемника с перспективой использования на стационарной научно-исследовательской платформе, расположенной в прибрежной зоне Черного моря в акватории Голубого залива на расстоянии ~ 450 м от берега. Работа в дальнейшем направлена на использование программного продукта для полного цикла моделирования минимизированной элементной базы приемо-передающего оборудования.

Ключевые слова: радиоприемник, ультракоротковолновые волны, программа Ansoft Maxwell, плоская печатная катушка индуктивности, интегральная схема.

Благодарности: Работа выполнена в рамках государственного задания по теме № 0555-2021-0005.

Для цитирования: Карцан, И. Н., Цапик, Д. К. & Кузнецов, Д. Г. (2022). Моделирование тонкопленочной печатной катушки индуктивности для УКВ радиоприемника. *Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0301–0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0301-0311>

Modeling a thin film printed inductance coil for a VHF radio receiver

Igor Kartsan¹, Dmitry Tsapik², Dmitry Kuznetsov³

¹*Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia*

²*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia*

³*Federal State Educational Institution of Higher Education "Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping" Saint-Petersburg, Russia*

Abstract. When designing and modeling inductors, the only practical options are wire connections and flat geometric shapes, although, wire connections allow to achieve a high-quality factor, their inductance values are limited and can be quite sensitive to variations, flat spiral inductors have limited values, but have inductance, which is well defined in a wide range of process variations. The application of the program Ansoft Maxwell in the simulation of a thin-film printed coil for VHF radio receiver in the perspective of use on a stationary research platform located in the coastal zone of the Black Sea in the Blue Bay at a distance of ~ 450 m from the shore. Work in the future is aimed at using the software product for the full cycle of modeling the minimized element base of the receiving and transmitting equipment.

Keywords: radio receiver, ultrashort waves, Ansoft Maxwell software, flat printed inductance coil, integrated circuit.

Acknowledgements: This study was supported by the Russian Federation State Task No 0555-2021-0005.

For citation: Kartsan, I., Tsapik, D. & Kuznetsov, D. (2022). Modeling a thin film printed inductance coil for a VHF radio receiver. *Modern Innovations, Systems and Technologies*, 2(3), 0301–0311. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0301-0311>

ВВЕДЕНИЕ

Все радиочастотные цепи используют индуктивность (L) и емкость (C) для резонансных емкостей при выборе частот. Кроме того, индуктивность может использоваться в схеме дегенерации источника для обеспечения резистивного входного импеданса в усилителях с общим источником, в качестве дросселя для высоких частот и т.д. С другой стороны, емкость часто используется в качестве блокировки пути постоянного тока (DC), для уменьшения колебаний источника питания и т.д.

В настоящее время возрастающий спрос на недорогие радиочастотные интегральные схемы вызвал огромный интерес к пассивным компонентам на кристалле [1-3]. Сегодня существует несколько вариантов интегральных резисторов и конденсаторов и большинство из них легко моделируются. Значительные усилия были также направлены на разработку и моделирование индукторов, единственными

практическими вариантами которых являются проволочные соединения и плоская спиральная геометрия. Хотя проволочные соединения позволяют достичь высокого коэффициента качества, их значения индуктивности ограничены и могут быть довольно чувствительны к колебаниям. С другой стороны, плоские спиральные индукторы имеют ограниченные значения, но обладают индуктивностью, которая хорошо определяется в широком диапазоне вариаций процесса. Таким образом, плоские спиральные индукторы стали важными элементами блоков коммуникационных схем, таких как генераторы, управляемые напряжением, маломощные усилители, смесители и фильтры промежуточной частоты.

Реализация индуктивности в технологии интегральных схем (ИС) обычно использует тот же принцип, что и в дискретных элементах схемы, т.е. использование металлических проводов в качестве витков в индукторах. Но в отличие от структуры соленоида, витки в ИС не могут быть уложены друг на друга прямолинейно. Вместо этого они располагаются в виде плоских спиралей, в которых магнитная связь между витками не такая сильная, как в уложенных проводах. Кроме того, спиральные индукторы на кристалле строятся на кремниевой подложке с потерями. Все эти изменения структуры и влияние окружающей среды делают моделирование спиральных индукторов совершенно отличным от моделирования классических индукторов.

Моделирование конденсаторов на кристалле относительно просто по сравнению с моделированием индукторов. Но есть и некоторые особые вопросы, требующие внимания. Например, паразитная емкость между пластиной (пластинами) конденсатора и землей подложки.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В начале работы определимся со схемой радиоприёмника, который в перспективе будет установлен на стационарной научно-исследовательской платформе, расположенной в прибрежной зоне Черного моря в акватории Голубого залива на расстоянии ~ 450 м от берега. Поскольку радиовещание в диапазоне ультракоротких волн (УКВ) на сегодняшний день выполняется исключительно с помощью частотно-модулированных (ЧМ) сигналов, преобразовать его в звуковую частоту с помощью прямого усиления «практически» невозможно.

Трюки с простыми детекторами амплитудно-модулированного (АМ) сигнала в природе ЧМ не работают. Традиционные схемы прямого преобразования на смесителях,

совмещенные с гетеродином, отошли на второй план, уступив схемам гетеродина с различными цепями стабилизации и компенсации.

Для определения необходимости использования в УКВ ЧМ приемниках отдельного гетеродина компания Philips проводила испытания, где представлена зависимость ухода частоты гетеродина от изменения уровня входного сигнала, поступающего в фазово-модулируемый (FM) тракт [2-6].

В СССР использовалась система с так называемым полярно модулированным (ПМ) сигналом. Эта система известна еще как стандарт OIRT (Organization International de Radio diffusion et de Television – Организация радио и телевидения). Благодаря более низкой частоте поднесущей разностного сигнала 31,25 кГц, система УКВ OIRT имеет более узкий спектр комплексного стереосигнала, что теоретически позволяет разместить в УКВ-диапазоне большее число станций и улучшить использование мощности передатчика. В данном стандарте аудио сигнал модулирует поднесущую частоту таким образом, что в случае передачи стереосигнала огибающая положительных полупериодов модулирована сигналом левого стереоканала, а отрицательных – правого. В FM приемнике супергетеродинного типа с однократным преобразованием частоты, представленном на рисунке 1, при трансляции стереофонических программ после частотного детектора сигнал поступает на стереодекодер.

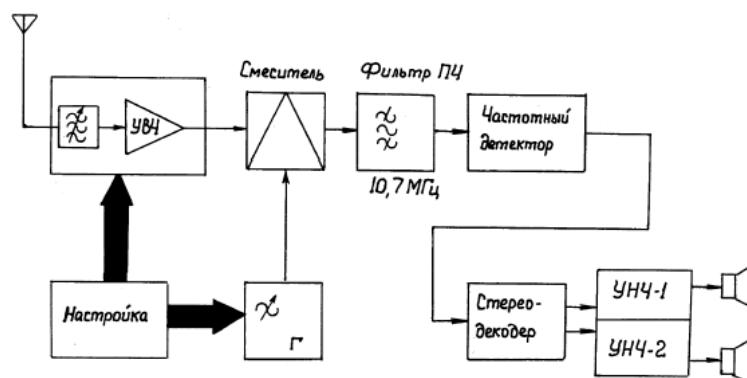


Рисунок 1. Функциональная схема FM приемника супергетеродинного типа с однократным преобразованием частоты.

Figure 1. Functional diagram of FM superheterodyne receiver with single frequency conversion.

В связи с комбинационными помехами, связанными с нелинейностью высокочастотного тракта и рядом сопутствующих проблем, в мире широкое применение получают специализированные интегральные микросхемы [4, 7-10].

метровых и дециметровых волн. Форма исполнения может быть спиралью (как круглой, так и квадратной), а также в форме меандра (рисунок 3).

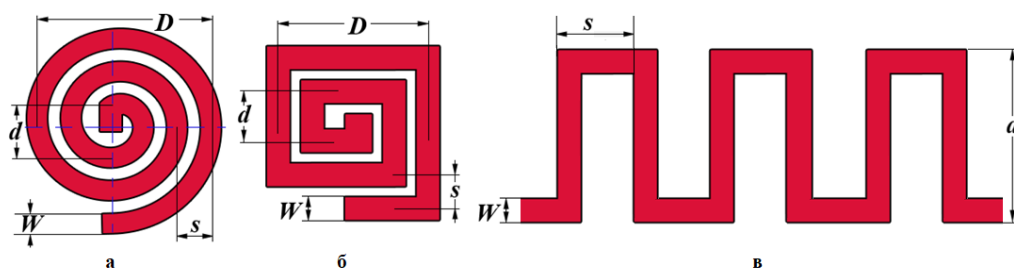


Рисунок 3. Плоские катушки индуктивности: а – круглой формы; б – квадратной формы; в – в форме меандр.

Figure 3. Flat inductor coils: a - circular shape; b - square shape; c - meander shape.

Плоские печатные катушки с круглой и квадратной формой витков рассчитываются по общей эмпирической формуле:

$$L = 0.5\mu_0 N^2 D_{avg} C_1 \left(\ln \left(\frac{C_2}{\varphi} \right) + C_3 \varphi + C_4 \varphi \right) \quad (1)$$

где - L- индуктивность (мкГн); $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ - магнитная постоянная; N - число витков; D_{avg} - средний диаметр катушки (мкм) $D_{avg} = \frac{D+d}{2}$; D - наружный диаметр спирали (мкм); d - внутренний диаметр спирали (мкм); φ - коэффициент заполнения $\varphi = \frac{D-d}{D+d}$; $C_1...C_4$ – постоянные коэффициенты (для плоской квадратной катушки: $C_1=1,27$; $C_2=2,07$; $C_3=0,18$; $C_4=0,13$).

Погрешность расчета индуктивности по формуле (1) не превышает 8%, если промежуток между полосками не более двойной ширины полоски. Вещающую радиостанцию используем с частотой 100 МГц.

Получаем расчётную геометрию колебательного контура с квадратной формой витков: L (индуктивность) - 211 нГн; D (наружный диаметр) - 25 мм; d (внутренний диаметр) - 10 мм; N (число витков) - 3.01; s (шаг намотки) - 2.492 мм.

Моделирование контура проводится в программе Ansoft Maxwell [12-14] (рисунок 4).

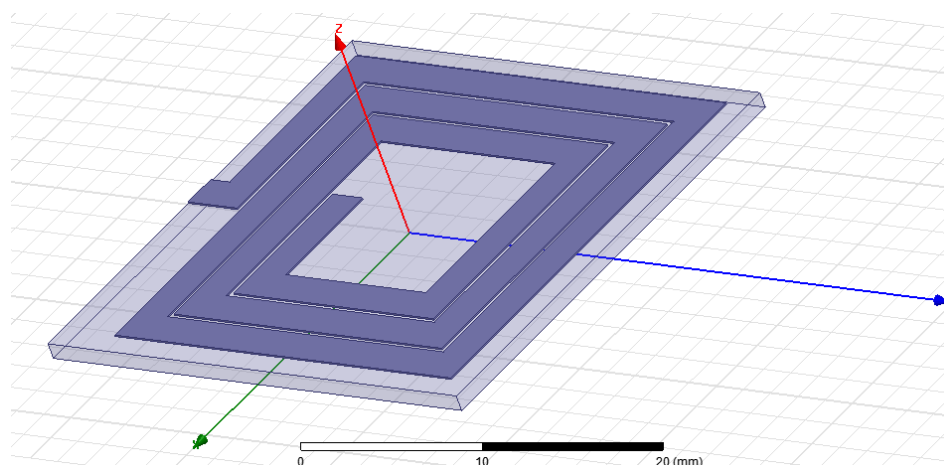


Рисунок 4. Модель плоской квадратной катушки индуктивности в программе Ansoft Maxwell.

Figure 4. Model of a flat square inductor coil in Ansoft Maxwell.

Материал подложки – стеклотекстолит (диэлектрическая проницаемость – 4.4), материал дорожек – медь.

Рассчитанное значение в программе 213 нГн (рисунок 5).

	pitch [mm]	Matrix1.L(term1,term1) [mH] Setup1 : LastAdaptive
1	2.4000	0.000213

Рисунок 5. Программные расчеты.

Figure 5. Software calculations.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При моделировании тонкопленочной печатной катушки для УКВ радиоприемника с использованием программы Ansoft Maxwell получен результат, близкий к расчетному.

Однако рассчитать в программе Ansoft Maxwell параметры в динамике не удалось из-за ошибки, решение которой найти планируется в дальнейших работах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Кульский А.Л. Современные портативные радиоприемники с двойным преобразованием частоты, *Радиоаматор*, 2005, 12, 8–11.
- [2] Озеров И. УКВ приемник. Быть или не быть "кухонному" радио, *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*, 2002, 4, 24–29.

- [3] Карцан И.Н., Горовой Д.С., Новиков А.С. Направления развития контрольно-измерительных систем, *В сборнике: Вопросы контроля хозяйственной деятельности и финансового аудита, национальной безопасности, системного анализа и управления. Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции*, 2020, 330-336.
- [4] Чернушенко А.М., Петров Б.В., Малорацкий Л.Г., Меланченко Н.Е., Бальсевич А.С. *Конструирование экранов и СВЧ устройств*. М.: Радио и связь, 1990. 353 с.
- [5] Артюхова М.А. Выбор модели эксплуатационной интенсивности отказов интегральных микросхем на основе экспертного анализа опыта эксплуатации, *В сборнике: Моделирование и ситуационное управление качеством сложных систем. Вторая Всероссийская научная конференция*, 2021, 211-216.
- [6] Карцан Т.И., Дмитриев Д.Д., Карцан И.Н., Тяпкин В.Н., Самойлов Е.А. Комплексирование ГНСС-приемников и инерциальных датчиков, *Решетневские чтения*, 2015, 1, 232-234.
- [7] Хамидуллина Н.М., Зефилов И.В., Черников П.С. Анализ одиночных эффектов, создаваемых космическим ионизирующим излучением в интегральных микросхемах радиоэлектронной аппаратуры межпланетных космических аппаратов, *Вестник НПО им. С.А. Лавочкина*, 2021, 4(54), 61-68.
- [8] Сафронов А.Л. Перспективные направления развития электронной компонентной базы, применяемой при производстве средств связи, *В сборнике: Приоритетные направления развития инфокоммуникационных технологий, систем связи и оповещения РСЧС и ГО. Сборник трудов XXX Международной научно-практической конференции*, 2020, 25-30.
- [9] Ефименко А.А., Карлангач П.П. Печатные индуктивные элементы и перспективы их использования, *Современные информационные и электронные технологии*, 2014, 2(15), 52-53.
- [10] Жукова Е.С., Карцан И.Н., Ефремова С.В. Особенности защиты от побочных электромагнитных излучений, *Решетневские чтения*, 2010, 2, 550-552.
- [11] Вавилов В.Е., Ематин Е.А., Тарасов Н.Г. Разработка генератора с плоскими проводами и вертикальной намоткой, *Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*, 2019, 2(21), 19-25.
- [12] Карцан И.Н., Ефремова С.В., Горовой Д.С. Оптимизация системы управления на базе процедуры TOPSIS, *В книге: Технологии получения и обработки информации о*

динамических объектах и системах. Сборник тезисов Всероссийской научно-практической конференции, 2020, 178-186.

[13] Карцан Р.В., Жукова Е.С., Карцан И.Н. Универсальное программное обеспечение по типу "Каркас", *Актуальные проблемы авиации и космонавтики*, 2012, 1(8), 356-357.

[14] Гайтов Бх., Автайкин И.Н., Кашин Я.М., Кашин А.Я., Пауков Д.В. Методика расчета трехмерного магнитостатического поля в аксиальных генераторах на базе Ansoft Maxwell, *В книге: Технические и технологические системы. Материалы III международной научной конференции*, 2011, 42-50.

REFERENCES

[1] Kulsky A.L. Modern portable radio receivers with double frequency conversion, *Radioamateur*, 2005, 12, 8-11. (in Russian)

[2] Ozerov I. VHF receiver. To be or not to be "kitchen" radio, *Electronics: Science, Technology, Business*, 2002, 4, 24-29. (in Russian)

[3] Kartsan I.N., Gorovoy D.S., Novikov A.S. The directions of development of control and measurement systems, *In the collection: Issues of control of economic activity and financial audit, national security, system analysis and management. Proceedings of the V All-Russian Scientific and Practical Conference*, 2020, 330-336. (in Russian)

[4] Chernushenko A.M., Petrov B.V., Maloratsky L.G., Melanchenko N.E., Balsevich A.S. *Designing screens and microwave devices*. Moscow: Radio and Communications, 1990. 353 p. (in Russian)

[5] Artyukhova M.A. Choice of a model of operational failure rate of integrated circuits based on expert analysis of operating experience, *In the collection: Modeling and situational quality management of complex systems. Second All-Russian Scientific Conference*, 2021, 211-216. (in Russian)

[6] Kartsan T.I., Dmitriev D.D., Kartsan I.N., Tyapkin V.N., Samoilov E.A. The Complementation of GNSS Receivers and Inertial Sensors, *Reshetnev Readings*, 2015, 1, 232-234. (in Russian)

[7] Khamidullina N.M., Zefirov I.V., Chernikov P.S. Analysis of Single Effects Created by Space Ionizing Radiation in Integrated Circuits of Radioelectronic Equipment of Interplanetary Spacecraft, *Vestnik NPO S.A. Lavochkin*, 2021, 4(54), 61-68. (in Russian)

[8] Safronov A.L. Prospective directions of development of the electronic component base used in the production of communications, *In the collection: Priority directions of development*

of infocommunication technologies, communications and warning systems of RSChS and civil defense. *Proceedings of the XXX International Scientific and Practical Conference*, 2020, 25-30. (in Russian)

[9] Efimenko A.A., Karlangach P.P. Printed inductive elements and prospects for their use, *Modern Information and Electronic Technologies*, 2014, 2(15), 52-53. (in Russian)

[10] Zhukova E.S., Kartsan I.N., Efremova S.V. Features of protection from collateral electromagnetic radiation, *Reshetnev Readings*, 2010, 2, 550-552. (in Russian)

[11] Vavilov V.E., Ematin E.A., Tarasov N.G. Development of generator with flat wires and vertical winding, *Youth Bulletin of Ufa State Aviation Technical University*, 2019, 2(21), 19-25. (in Russian)

[12] Kartsan I.N., Efremova S.V., Gorovoy D.S. Optimization of control system based on TOPSIS procedure, *In book: Technologies of obtaining and processing information about dynamic objects and systems. Collection of abstracts of All-Russian Scientific and Practical Conference*, 2020, 178-186. (in Russian)

[13] Kartsan R.V., Zhukova E.S., Kartsan I.N. Universal software by type "Karkas", *Actual problems of aviation and cosmonautics*, 2012, 1(8), 356-357. (in Russian)

[14] Gaitov B., Avtaykin I.N., Kashin Y.M., Kashin A.Y., Paukov D.V. Method of calculation of three-dimensional magnetic-static field in axial generators based on Ansoft Maxwell, *In book: Technical and technological systems. Proceedings of III International Scientific Conference*, 2011, 42-50. (in Russian)

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Карцан Игорь Николаевич, доктор технических наук, доцент, старший научный сотрудник, Морской гидрофизический институт РАН, г. Севастополь, Россия
e-mail: kartsan2003@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1833-4036

Igor Nikolaevich Kartsan, doctor of technical sciences, associate professor, senior researcher, Marine Hydrophysical Institute, Russian Academy of Sciences, Sevastopol, Russia
e-mail: kartsan2003@mail.ru
ORCID: 0000-0003-1833-4036

Цапик Дмитрий Константинович, студент, ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», г. Симферополь, Россия
e-mail: tsapikdk@cfuv.ru

Dmitry Konstantinovich Tsapik, student, V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Russia
e-mail: tsapikdk@cfuv.ru

Кузнецов Дмитрий Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова», г. Санкт-Петербург, Россия

Dmitry Gennadyevich Kuznetsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Federal State Educational Institution of Higher Education "Admiral Makarov State University of Maritime and

e-mail: KDG779@gmail.com

Inland Shipping" Saint-Petersburg, Russia
e-mail: KDG779@gmail.com

Статья поступила в редакцию 24.06.2022; одобрена после рецензирования 12.07.2022; принята к публикации 09.08.2022.

The article was submitted 24.06.2022; approved after reviewing 12.07.2022; accepted for publication 09.08.2022.

УДК: 004.85

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0312-0330>

EDN: [FFSBLZ](https://www.edn.net/FFSBLZ)



Further exploration of deep aggregation for shadow detection

Islam Md Jahidul^{1,2*}, Omar Faruq^{2,1a}

¹*School of Software Engineering, Northeastern University, No. 195, Chuangxin Road, Hunnan, Liaoning, 110819, Shenyang, P. R. China*

²*School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2 Chongwen Rd, Chongqing, 400065, Nan An Qu, P. R. China*

Abstract. Shadow detection is a fundamental challenge in the field of computer vision. It requires the network to understand the global semantics and local details of the image. All existing methods depend on the aggregation of the features of a multi-stage pre-trained convolution neural network, but in comparison to high-level capabilities, low-level capabilities provide less detection performance. Using low-level features not only increases the complexity of the network but also reduces its time efficiency. In this article, we propose a new shadow detector that only uses high-level features and explores the complementary information between adjacent feature layers. Experiments show that the technique in this paper can accurately detect shadows and perform well compared with the most advanced methods. The detailed experiments performed on three public shadow detection datasets, SUB, UCF, and ISTD, we demonstrate that the suggested method is efficient for detecting any sort of shadow image, which provides the maximum percentage of accuracy and stability.

Keywords: partial decoder module, adjacent feature, shadow detection.

For citation: Jahidul, Islam Md. & Faruq, O. (2022). Further Exploration of Deep Aggregation for Shadow Detection. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0312–0330. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0312-0330>

INTRODUCTION

A shadow is an unseen entity that blocks light from a point of light. Behind a light source, it fills the entire 3-dimensional space. Hand-crafted and deep convolution neural

^aThese authors contributed equally to this work.

networks (CNNs) have recently been used to achieve considerably better results than the prior state-of-the-art for additional durable characteristics than shadow detection [1]. The image with prior and crafted features does not make high-level semanticity successful. Initial shadow detection approaches are mainly models focused predominantly on invariant hypotheses regarding color chromatics or illumination and use artisanship features such as illumination points [2] and others. The assumption model only works well with high-quality as well as well-restrained images. For that reason, shadow regions are identified in consumer photos when consumer photos perform so poorly on complex photos, for that reason, shadow regions are identified in consumer photos. Later, data-driven strategies design certain manual features on annotated data and transmit them into various classifications [3]. Although these strategies achieve improvements in accuracy, they are usually degraded in complex cases in which handcrafted features do not discriminate sufficiently for shadow regions to be found. Various hand-crafted features were used to generate user image suggestions. The initial reviews focused on edge and pixel specifics. For example, Guo et al. [4] measured illuminating features for segmented areas and then assembled a graphic classifier using details from each area and relationships in pairs. And classify them based on indications of texture, gradient, and intensity. Instead of looking at individual pixel-level signals, the researchers looked at region-level signals. Vicente et al. [5] Highly qualified shadow and shadow field classificatory and Markov Random Field (MRF) were used to improve. performance in a parallel context. Many of the methods mentioned above are hand-crafted, making them ineffective in complex scenes. However, picture priors and hand-built features for the removal of high-level semantics are not successful.

More recently, approaches based on deep convolutional neural networks have shown promising results in a variety of visual regions, yielding an accurate map with a high computational cost. For shadow images, CNN can pick up on global spatial settings [6]. Learn more about spatial context and how to increase the efficiency of shadow detection, the analysis and integration of different contexts on multiple scales into the global context on objects and conditions of illumination in the image, and local contexts on data in the shadow type. This leads us to explore shadowy contexts across multiple layers of CNNs, which require shallow sections to reveal local contexts and deep layers. Due to the clear potential for the generalization of deep CNN models, not only image-level grading tasks, but pixel-level grading tasks have

been developed and used [7]. In terms of function, the encoder-decoder models are based on fully convolution networks (FCNs) like semantic images, and edge detection SOD (Salient Object Detection) have greatly improved their performance on pixels [8]. The trend towards mainstream SOD methods, particularly in the past few years, indicates that most work is done inside the decoder scheme. The encoder is a multilevel, deeply-trained image classification model (i.e., ResNeXt-101) [9] Semantic information is used in low-resolution high-level characteristics, while low-level encoding represents spatial precise awareness. Using the combined detection of shadows, we evaluated shadow edge data and built a multi-task CNN for shadow detection, shadow edges of a single image, and other unlabeled datasets. These functions are built into the decoder to create an accurate performance chart. Various decoders [10] have been developed by researchers to combine low and high-level characteristics.

In a deep aggregation approach connected with high-level functioning, low-level attributes play a lesser role in success. When aggregating characteristics from high to low levels, performance appears to be readily saturated. Low-level resolution features that integrate these features with high-level device output improvements. When CNN becomes deep, the functionalities turn from low to high-level. Deep mapping models can only recover details on the spatial map by combining the deeper layer's features [11]. The effect of this mechanism, however, is dependent on map accuracy. Because deeper layer fusion characteristics create a fairly right shadow chart, this map may be used for the direct refinement of characteristics.

The methods above all rely on integrating multi-scale pre-trained neural network functionality, although we find that the advanced characteristics are more important for the effectiveness of shadow detection. To improve the performance and efficiency of shadow identification, we propose a modern, lightweight end-to-end network for shadows that only leverages profound and specialized features. Then, additional information is collected from adjacent layer functions to enhance the efficiency of shadow detection. More specifically, the following are the primary contributions to this paper:

- First, a new, lightweight end-to-end network for shadow detection has been developed, which accepts shadow RGB images as input and produces shadow RGB images as output. maps that detect shadows. It includes a cascaded partial decoder that only uses deep advanced features to enhance time efficiency. It obtains complementary information from adjacent layer features to boost shadow detection performance.

- The results of the experiments on three public data sets suggest that the technique used in this paper is more reliable and efficient.

RELATED WORK

Researchers have developed comprehensive shadow detection algorithms over the last two decades. Early studies investigated a physical model using the variant of illumination as well as invariant assumptions, texture, and strange derivative characteristics to differentiate shadows from a single monochromatic image. For more specific shadow measurements in monochromatic photos by using shadow variance and invariant indicators in a learning-based way that is data-driven [12]. Other models of color information assumptions will only operate well on high quality and accuracy when performing poorly on complex user images. In this case, to meet the demands of multitask learning, we will create a new large-scale dataset that includes picture shadow triplets such as shadow, shadow mask, and shadow-free images. ST-CGAN outperforms various state-of-the-art techniques in terms of both detection and extraction. The scGAN [6] generator must be trained to incorporate the shadow mask into the input scene image to generate an output image that is conditioned on an input image. For global structure and context, the generator of scGAN features a full view of the whole image and doesn't line an area region classifier. To learn more about the spatial environment and to increase the efficiency of shadow detection [13]. Guo et al. measured illuminating features for segmented sections, then build a graphic classifier using data from each region and relationships between pairs of regions that are likely to be made of the same material, and decide whether or not they have identical lighting circumstances. The existence of an encoding area and the limited range of edge capabilities indicates whether the same or different luminescence in the two regions Vicente et al. [14] region categorizer will be identical to each region's shadow probability, which is supported by contextual indications between the neighboring regions.

The relational indications are inserted into the context as feature classifications of the shadow and shadow region using the MRF model to improve performance by using the parallel meaning of the region. Here we speak mostly about deep learning frameworks for detecting shadows: Inspirational CNN approaches were created for shadow detection to obtain deep shadow inference functions from tagged information sets, and they were motivated by the remarkable development of deep learning in many computer vision problems. Deep learning's

effectiveness in computer vision problems has recently increased the popularity of shadow detection approaches [1]. Researchers first considered CNN's mainly as a strong feature extractor and drastically improved its performance with strong, deep characteristics. Khan et al. [15] developed a method to classify picture pixels as shadows or non-shadows through the creation of a 7-layer CNN that extracts deep features from pixels in the image and feeds them into the conditional random field (CRF) model to smooth shadow detection effects. Authors in [16] Shen et al. Shadow edges were retrieved using structured CNNs, and so shadow restoration was handled as an optimization debate. The occurrence of complete convolution networks (FCN) later proposed end-to-end CNN models [17]. As an example, Vicente et al. [18] had previously studied a shadow-level image and used a shadow mask-based patch to coach CNNs. Then, using a conditional generator for the input picture, a shadow detector called scGAN forecasts a shadow mapping. A quick, deep shadow detection grid uses the preceding map's shadows to anticipate the shadow patch masks, then includes the results of non-linear and non-patched dispatches for the overall shadow map prediction. Nowadays, researchers have shown that combining multi-level features increases performance on dense time series forecasting [19]. High-level aspects of CNN include contextual and low-level knowledge. Spatial information is useful in improving object boundaries. This method is used in the course of several works, specifically fragments of the relevant subjects. Integrate multi-level function maps in numerous resolutions at identical times with semantic information and spatial data [20]. Then predict and fuse the shadow map at every resolution to make the ultimate shadow map. [21] retrieves multi-level context-aware features and uses a two-fold gated framework to transport messages between them.

Introduced their shadow-aware distraction module (DS) in each shadow sheet and fuse distraction functions. As the shadow bar grows, the creation of their detection networks requires a tremendous amount of information, and annotations at the pixel level almost have a downside to existing methodologies. Deep models of state-of-the-art shadow detection have primarily emphasized the degree to which global contexts are extracted. But here we introduce the utility of shadow detection's deeply advanced functionality. We propose a replacement, lightweight, end-to-end shade network that uses only proven and advanced functionality to boost shadow detection performance and effectiveness. Then additional information will come from the adjacent functions for shadow detection.

PROPOSED METHOD

We suggest in this paper, an additional exploration of deep aggregation for a unique partial decoder framework.

Overview of the proposed framework's architecture

Our proposed method consists of two parts: the Adjacent Layers Shadow Feature Extraction Module (ALSFEM) and the Shadow Feature Redress Module (SFRM). Figure 1(a) shows the overall architecture: The feature extraction model discards the first three low-level features and then divides them into the attention branch and detection branch, which contain the fourth and fifth layers with the same structure, and are connected to the partial decoder module at the end. Figure 1(b) The current process of the shadow detection system leverages adjacent layer shadow characteristics to fully utilize both the two levels of the global and local contexts. Our network accepts one picture as an input and produces shadow detection as an output. First, it employs CNN to extract features of varying resolutions. The input picture is supplied into the backbone at various sizes to encourage backbone capabilities. The layer of final convolution of output for each field is used for backbone features in the network. Each field takes an image, which is then passed to the E3, E4, and E5 features by the Partial Decoder Module (PDM) [16], which only integrates features from a deeper layer. After initializing the shadow map, we'll go through the proposed holistic attention map(HAM) and then an improved HAM to refine the feature E3. The attention map efficiently eliminates the distractor in the feature and multiplies each feature to come up with an attention map. The shallow layer feature module identifies the deep aggregation layer feature module and accumulates shadow contextual information for the entire image, rather than just one shadow-specific detail inside the local area. Then, utilizing two neighboring feature modules as input for a concentrating module and an SFEM for context feature modification, we construct SFEM to gradually improve the features of each CNN layer. We incorporate SFEM with SFRM, which is then up-sampled using bilinear interpolation, thick relations with dense connectivity were concatenated from top to bottom and routed to a convolutional 1×1 layer to fusion. Finally, we forecast the scoring module based on the features and combine those two scores in a sustained attention layer as well as a sigmoid activation function to obtain the final shadow detection result using the soft binary shadow map.

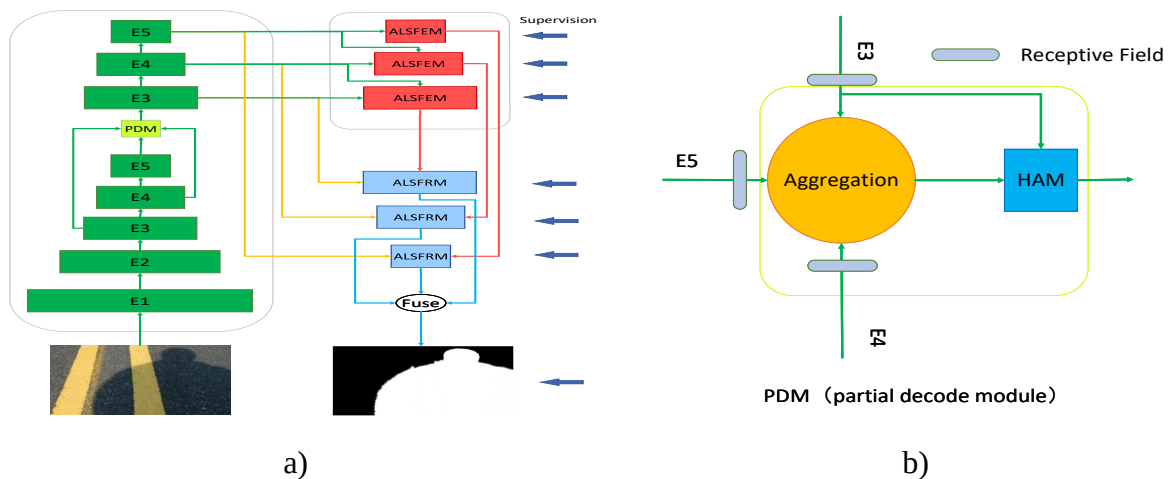


Figure 1. (a) Illustrates the network model architecture proposed in this paper, RGB image as the new input, and output shadow detection results. (b) is the structure of the PDM module, which aggregates deep features.

Partial Decoder Module (PDM)

Figure 1(b) shows that the Partial decoder module uses an improved Receptive Field Block (RFB) module, adds a branch to extend the receptive field, and uses 1×1 convolution to cut back on the quantity of calculation. Create an efficient context unit motivated by RFB. We have added three expanded receptive fields to the first RFB, and our context module has three branches $\{b_m, m = 1, 2, 3\}$. For acceleration, we utilize a 1×1 convolutional layer to reduce the channel number to 32 in each branch. For $\{b_m, m > 1\}$ we add two layers: $(2m - 1) \times (2m - 1)$ Convolutional layer $(2m - 1)$ and 3×3 layers of conversion $(2m - 1)$ dilation. We configure the outcomes of such divisions and use an extra 1×1 fully connected layer to minimize the channel to 32. The original RFB was then given a brief connection. In fact, given the split backbone network characteristics $\{f_i^c, i \in [1, \dots, L], c \in [a, d]\}$ we derive discriminatory features from the context module. Then, to close the gap between multi-level features, employ multiplication operations.

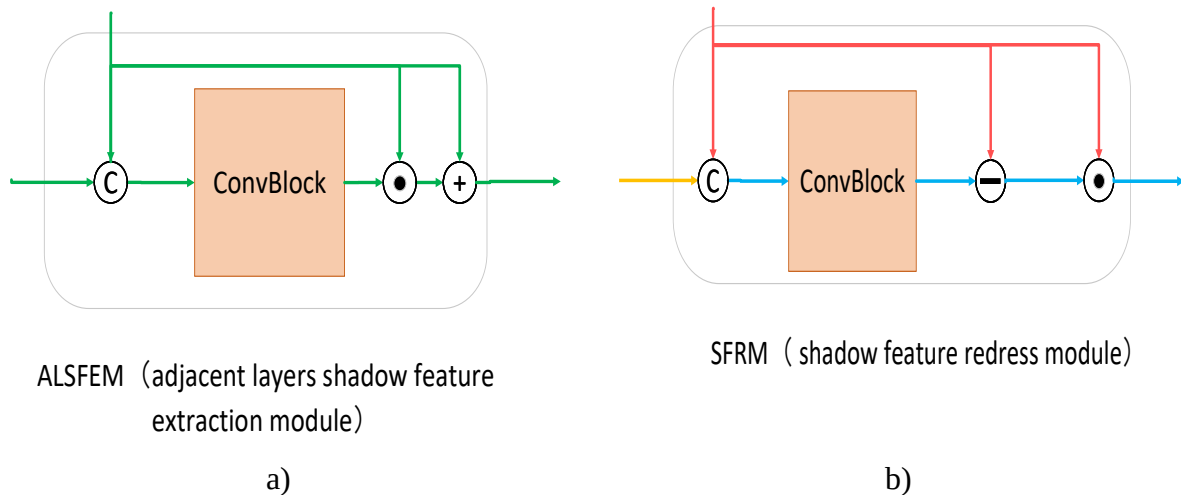


Figure 2. The structure diagram of ALSFEM and SFRM.

We specifically set $(f_L^{c2} = f_L^{c1})$ for the best feature ($i = L$). For features $\{f_i^{c1}, i < L\}$ with all deeper layer characteristics $\{f_i^{c2}\}$:

$$sf_i^{c2} = f_i^{c1} \odot \prod_{k=i+1}^L \text{Conv} \left(\text{Up}(f_k^{c1}) \right), i \in [l, \dots, L1] \quad (1)$$

where $\text{Up}(\cdot)$ is a factor 2^{k-j} upsampling feature while Conv can be a 3×3 convolutional layer.

Finally, we use an up-sampling approach for integrating multi-level functions. We built a provisional converter and used the convolutional layer 3×3 due to the optimized layer ($l=3$, $L=5$) to get a feature map of $\left[\frac{H}{3}, \frac{W}{3}\right]$ size and 64 channels. Get the extracted feature map and scale it to $[H, W]$ using 3×3 layers and 1×1 classification algorithms. In addition, when the aggregation of those works are want to integrate the functions of every branch the proposed framework may want to improve the prevailing deep aggregation model. Whether or not the mathematical formulation of the core network is increased and a decoder is introduced, the computational complexity of the backbone network is still greatly decreased due to the discarding of low-level operations inside the decoder. Furthermore, the proposed framework's cascading optimization technique enhances performance, and studies demonstrate that these two branches outperform the original model.

Adjacent layer shadow feature extraction module

First, we will explain how the ALSFEM works in the following parts. Figure 2(a) Refines the feature module in the adjacent layer. An adjacent layer is used as an input because the global information of the deep layer is richer than that of the shallow layer. So, the deep layer is used to refine the shallow layer. For instance, in Figure 1(b), E5 has richer global information than E4. We use E5 to refine E4 and supplement E4 as global information. The partial decoder module of the attention branch is multiplied by the corresponding elements of the third layer and then input to the detection branch, which is understood by individuals as a similar attention mechanism. For the sake of simplicity, the two branches of the model use the same partial decoder module structure. The difference is that the deeper receptive field is larger, so its global information should be more abundant. Taking them as input, we can obtain the redundant information caused by the dereferencing of the receptive field and use the redundant information to correct the features of the shallow layer. Such collar layer aggregation can better refine the shallow layer features. The two branches are jointly trained, the loss function adopts cross-entropy loss, and the total loss is the sum of the loss function output by the two branches of the partial decoder module. A unified architecture of the full decoder can be represented by: We built our architecture based on ResNeXt-101. It is highly renowned for producing almost state-of-the-art results in picture classification and strong generalization characteristics, as well as being the most often used backbone network in deep shadow detection models. We can abstract characteristics at three levels from the input image of size $H \times W$, which is indicated as, $\{E_i, i = 1, \dots, 5\}$ with output features map size: $\left[\frac{H}{2^{i-1}}, \frac{W}{2^{i-1}}\right]$. The decoder suggested above work as named complete decoders, incorporating all the functionality of the shadow map in Collar layer. Since the features of the shallow layers make a less effective contribution $D_T = g(E_1, E_2, E_3, E_4, E_5)$, where $g(\cdot)$ refers to an aggregation of a multi-level feature. We create a partial decoder that incorporates only the deeper layers. We designed a split communication infrastructure to increase features by utilizing the produced shadow map. As an optimization layer, we set Conv 3×3 and created two branches on the last two convolutional blocks.

For the additional branches, we created a Partial Digital Converter Module to incorporate three-level characteristics specified at $E_i^a = E_i, i = 3, 4, 5$. As a result, the partial decoder is denoted by $D_a = g_a(E_3^a, E_4^a, E_5^a)$ and creates a preliminary shadow map S_i .

Following completion of the planned Holistic Focus Module (HAM). Since the characteristics of the top three layers incorporate a reasonably reliable shadow diagram. Attention maps to features S_h of distraction maps, which E_3 essentially removes. Then we have a E_3^d refined detection function for the branch by multiplying the elemental characteristics and the concerned map: $E_3^d = E_3 \times S_h$. Therefore, the two-tier detection branch characteristics are defined as E_4^d, E_5^d . By constructing another partial decoder $D_d = g_d(E_3^d, E_4^d, E_5^d)$ The suggested model generates the ultimate shadow detection chart, S_d for the detection division. To make it clear, we set $g_a = g_d$. We train the two divisions along with the simple facts. There are no general qualifications for both divisions. Due to S_i , S_d and the associated mark i , complete total L_{total} . The formulation is as follows:

$$L_{total} = L_{ce}(S_i, l \mid \theta_i) + L_{ce}(S_d, l \mid \theta_i) \quad (2)$$

Shadow feature redress module (SFRM)

SFRM uses the output of SFEM Figure.2(b) and CNN's take features (E_3 , E_4 , E_5) as input. Because the global semantic information of features refined by SFEM is richer than E_3 , E_4 , and E_5 they're aggregated to get redundant information (area for detecting errors). To correct redundant information, use E_3 , E_4 , and E_5 . SFRM takes the adjacent features as input and outputs the corrected shadow features. First, it adds the collar layer feature and fed into a Conv-block and so gets the mask through the attention module. The mask image presentation is obtained by subtraction as an input layer to urge the context information and add this redundant information from the input layer to get the corrected shadow feature. SFRM is useful in discriminating between SFEM output and real shadows. This can be thanks to making the network less prone to getting accurate and fast shadows from any shadow images.

ANALYSIS AND EXPERIMENTAL RESULTS

In this section, we first present data sets and assessment parameters for shadow detection before comparing the proposed technique to existing shadow detectors and related works such as shadow deletion, detection, and classification techniques.

The dataset contains metrics for evaluation

Training conditions

We generate constants of a basic deep neural network by ResNeXt-101, It's quite good for ImageNet's photo categorization task, to speed up the training process and reduce the risk of overfitting, as some other function is given to discrete values. The entire network is optimized for 10000 iterations and an 8-batch size using the Stochastic gradient descent (SGD) optimizer with a momentum of 0.9 and weight decay of 5×10^{-4} . We start with a learning rate of 5×10^{-3} and lower it using a 0.9-strength polynomial approach. To train our network on a separate GTX 1080Ti, we scaled all labeled and unlabeled pictures to 320×320 and enrich the base classifier with random diagonal flips.

Datasets

To assess our technique, we utilize three available datasets: ISTD [22], SBU [23], and UCF [11]. The ISTD dataset includes 70 triples of shadow pictures, shadow-free pictures, and shadow maps of which 540 are tested. We have their shadow maps and photographs to estimate shadow detection for all of the evaluation metrics including pixel-by-pixel comments. SBU dataset including 4089 training and 638 assessing photos. The UCF dataset comprises 245 pictures, 110 of which were evaluated. ISTD only has pictures with shadows, but SBU and UCF have both self-shadowed and pictures with shadows in different situations. To demonstrate our model's generalization potential, we trained on the SBU and UCF datasets and tested both. We reorient the algorithm on the training sample for ISTD and then analyze the implementation of this testing data.

Metrics for evaluation

To quantify the performance of shadow detection, we use a balanced error rate (BER):

$$BER = 100 * \left(1 - \frac{1}{2} * \left(\frac{N_{tp}}{N_p} + \frac{N_{tn}}{N_n} \right) \right) \quad (3)$$

where N_p , N_n , N_{tp} , and N_{tn} , represent the recognition accuracy, and shadow, non-shadow, and true negative pixels in the shadow picture, separately. A better shadow accuracy rate is indicated by a lower BER rating.

Method of evaluation for shadow detection

We evaluate our technique with ideal shadow detection methods such as DSDNet [25], DC-DSPF, BDRAR [24], AD-Net [20], DSC [25], ST-CGAN, patched CNN [26], scGAN, and stack-CNN, that use deep learning, and Unary-Pairwise that use hand-crafted features. For a reasonable assessment, we used the author's published outcomes from the publication.

Visual contrast

As shown in the Figure, we use the shadow detection map created by our approach and the most recent method for offering to individuals (Figure).

The figure illustrates this. (3) that our approach can be successful, we give some visual data to qualitatively compare our methods to available methods, as shown in Figure 3. We can see from the top three rows that our technique is more capable of discriminating between actual shadows and non-shadows in terms of shadow appearance than alternative ways. In the last row, for example, our method can accurately detect the shadow areas, while other dominant methods (i.e. DSDNet, for example) appear to mist rack the shadows from barrel-shape cylinders inside the top of the corner. Dark work-like shadows were detected inappropriately in the second row, current ways (e.g. BDRAR). The last two rows display several challenging cases of shadow-detection, anywhere real shadows test like a background visually (potential false negatives). We'll be able to see that our strategy will clear the cases with continued progress, while alternate approaches neglect actual shadow areas. For instance, in the fourth row, all current ways except our methods, the black part at the bottom of the stairs sections as non-shadow (false negative) under the shadow regions, whereas DSDNet, BDRAR, and DSC will struggle to see the non-shadow region between two legs. Our method predicts them accurately in terms of distinction. Finally, as seen in Figure. (3), we would like to discuss the predictions of FP and FN made in our PD module. These findings will shed light on the integration of distraction linguistics, into certain challenging situations and will enable the identification of shadows. For example, our FP predictor estimates that the black part at the bottom of the stairs is a false positive in the prime row, which helps to ensure that the shadow area is correctly discriminated against by our model. In the second section, our FN predictor

works with a high visual resemblance to the adjacent building in the shadow zone. It will make our model simpler to fix possible ambiguities in the shadow area at intervals.

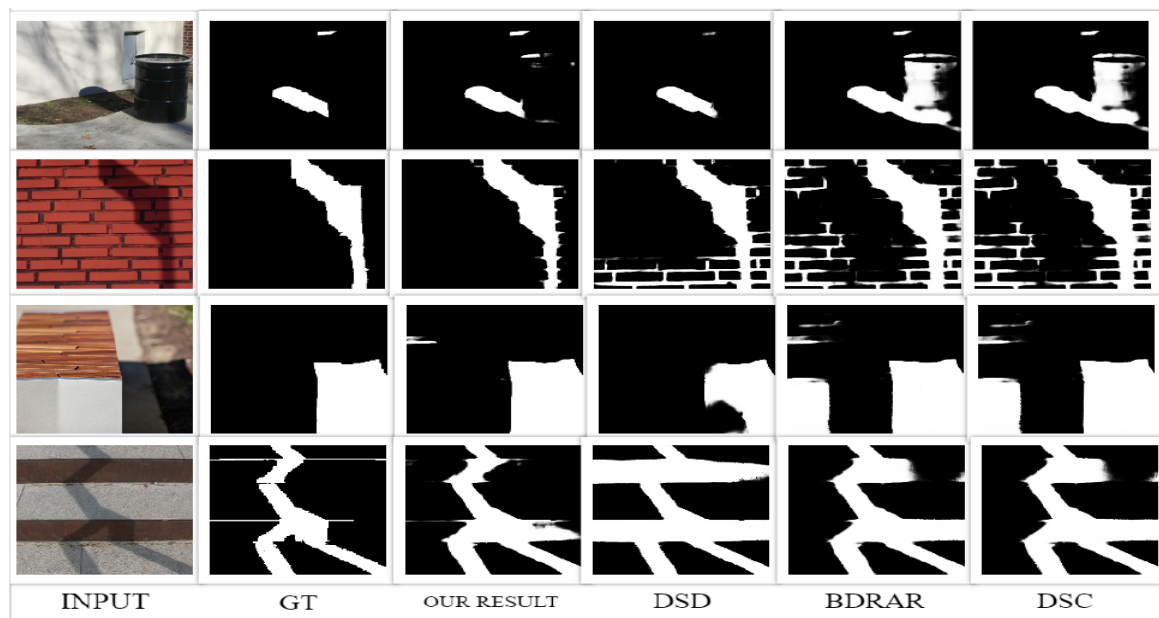


Figure 3. Compares our methods to available methods.

Table 1. Our strategy is realistic, especially in comparison to other methods.

Dataset	ISTD			UCF			SBU		
Method	BER	Shadow	Non-Shadow	BER	Shadow	Non-Shadow	BER	Shadow	Non-Shadow
PSPNet	4.26	4.51	4.02	11.75	0.00	0.00	8.57	0.00	0.00
AADEF	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.77	4.24	3.33
-Net									
GateNet	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.73	3.37	4.10
EGNET	1.85	1.75	1.95	9.20	11.28	7.12	4.49	5.23	2.50
SRM	7.92	13.97	1.86	12.51	21.41	3.60	6.51	10.52	2.50
Amulet	0.00	0.00	0.00	15.17	0.00	0.00	15.13	0.00	0.00
Deshado	0.00	0.00	0.00	8.92	0.00	0.00	6.92	0.00	0.00
wNet									
Patched-CNN	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.56	15.60	7.52
sgGAN	4.70	3.22	6.18	11.50	7.74	15.30	9.10	8.39	9.69
Stacked-CNN	8.60	7.69	9.23	13.0	9.00	17.10	11.0	8.84	12.76
UnaryPa	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.03	36.26	13.80
irwise									
ST-CGAN	3.85	2.14	5.55	11.23	4.94	17.52	8.14	3.75	12.53
DSC	3.42	3.85	3.00	10.54	18.08	3.00	5.59	9.76	1.42
AD-Net	0.00	0.00	0.00	9.25	8.37	10.14	5.37	4.45	6.30
BDRAR	2.59	0.50	4.87	7.81	9.69	5.94	3.64	3.40	3.89
DC-DSPF	0.00	0.00	0.00	7.90	6.50	9.30	4.90	4.70	5.10
DSDNet	2.17	1.36	2.98	7.59	9.74	5.00	3.45	3.33	3.58
Ours	1.96	1.40	2.52	7.52	9.80	5.24	3.26	3.14	3.38

Qualitative contrast

In three data sets, Table 1, our strategy is realistic, especially in comparison to others. The lower the shadow and non-shadow error rates, the more comprehensive and redundant the

shadow detection map is, and the BER is their approximate amount, which determines the performance of the shadow detection map in a neutral way.

The red annotation represents the highest result, and the blue represents the second-highest result. In most circumstances, our technique has the lowest BER score. On ISTD datasets, where identity is more suited, EGNNet works well. Furthermore, in the UCF and SBU data sets, our technique has the lowest BER score, indicating that our method performs better in dealing with varied settings and shadows, not only self- shadows.

Furthermore, the solution based on custom feature identification has a higher BER score than deep learning-based techniques, demonstrating that supervised learning photos may be used to build stronger shadow detection features using deep learning approaches. These models may be re-trained, trained on shadow detection samples, and utilized to identify shadows.

To further compare, we re-train and evaluate a contemporary shadow classification model, a semantic segmentation model, and a shadow removal model on shadow detection datasets using the researchers' codes and change the variables for optimum results.

As demonstrated in Table 1, our technique beats current models in some instances, despite their greater spectral efficiency over some current shadow detectors.

CONCLUSION

This research describes a unique link for detecting single-image shadows. To thoroughly investigate the domestic and global relevant information decoded in various layers of a convolutional neural network (CNN), three strategies are tried to be introduced: partial decoder module (PDM), neighboring layer shadow function extractor unit ALSFEM, and shadow feature repair module SFRM (CNN). By studying the attentiveness strengths to pick an end-to-end approach, the PDM module delivers a unique feature improvement technique for the scenario in the additional layer. The shadow context is aggregated in one direction at multiple levels, thus improving the shadow limits and also removing the non-shadow areas. Experiment results demonstrate that our model can tackle tough and unclear scenarios in the field of shadow detection positively, offering new state-of-the-art SBU, UCF, and ISTD dataset capabilities. But even if our techniques are designed to handle the most complicated concepts, poor shadow images with such a dark background don't fail to indicate, as shown in Figure (3) in the last row.

Finally, we test our network on three datasets and compare it to a variety of state-of-the-art approaches, as well as display our network's accuracy results and BER statistics.

Funding: The author(s) received no financial support for the research, authorship, and/or publication of this article.

Conflicts of interest/Competing interests: currently available research influences us to study shadow detection. We think we can make something better for detecting shadows in still, continuous, and live images. For this research, we collected some existing data sets from the internet and we collected images for the application of our method from the internet also. After analyzing our method we detected shadows accurately. We will continue our research in the future for better shadow-removing systems in computer vision.

Availability of data and material: Internet and some physical sources.

Code availability (software application): We cannot share our custom code. But we wrote our code in Python and simulated it with PyCharm.

Authors' contributions: Successfully detected shadows by this research and compared them with other methods. We proved that our method can identify the best results rather than others.

REFERENCES

- [1] Guanbin Li, Yu Y. Visual saliency based on multiscale deep features. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2015; 5455-5463. doi: 10.1109/CVPR.2015.7299184
- [2] Finlayson Graham D, Drew Mark S, Lu Cheng. Entropy minimization for shadow removal. International Journal of Computer Vision. 2009; 85 (1): 35-57.
- [3] Lalonde J.F., Efros A.A., Narasimhan S.G. Detecting Ground Shadows in Outdoor Consumer Photographs. In: Daniilidis, K., Maragos, P., Paragios, N. (eds) Computer Vision – ECCV 2010. ECCV 2010. Lecture Notes in Computer Science. Springer, Berlin, Heidelberg. 2010; 6312. https://doi.org/10.1007/978-3-642-15552-9_24
- [4] Ruiqi Guo, Qieyun Dai, Derek Hoiem. Paired regions for shadow detection and removal. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence/ 2012; 35(12): 2956-2967.
- [5] Vicente T.F.Y., Hoai M., Samaras D. Leave-One-Out Kernel Optimization for Shadow Detection and Removal. In IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence.

2018; 40 (3): 682-695. doi: 10.1109/TPAMI.2017.2691703

[6] Ding B., Long C., Zhang L., Xiao C. ARGAN: Attentive Recurrent Generative Adversarial Network for Shadow Detection and Removal. IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV). 2019; 10212-10221. doi: 10.1109/ICCV.2019.01031

[7] Hearst Marti A., Dumais Susan T, Osuna Edgar, Platt John, Scholkopf Bernhard. Support vector machines. IEEE Intelligent Systems and their applications. 1998; 13 (4): 18-28.

[8] Liu C., Jia K., Liu P. Fast Intra Coding Algorithm for Depth Map with End-to-End Edge Detection Network. IEEE International Conference on Visual Communications and Image Processing (VCIP). 2020; 379-382. doi: 10.1109/VCIP49819.2020.9301859

[9] Wang Yupei, Zhao Xin, Li Yin, Hu Xuecai, Huang Kaiqi. Densely cascaded shadow detection network via deeply supervised parallel fusion. In Proceedings of the 27th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'18). AAAI Press. 2018; 1007-1013.

[10] Chen S., Fu Y. Progressively Guided Alternate Refinement Network for RGB-D Salient Object Detection. In: Vedaldi, A., Bischof, H., Brox, T., Frahm, JM. (eds) Computer Vision – ECCV 2020. ECCV 2020. Lecture Notes in Computer Science. 2020; 12353. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-58598-3_31

[11] Simonyan Karen, Zisserman Andrew. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. arXiv preprint arXiv. 2014; 1409.1556.

[12] Jiandong Tian, Xiaojun Qi, Liangqiong Qu, Yandong Tang. New spectrum ratio properties and features for shadow detection. Pattern Recognition. 2016; 51: 85-96.

[13] Liangqiong Qu, Jiandong Tian, Shengfeng He, Yandong Tang, Rynson W. H. Lau. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2017; 4067-4075.

[14] Caijuan Shi, Weiming Zhang, Changyu Duan, Houru Chen. A pooling-based feature pyramid network for salient object detection. Image and Vision Computing. 2021; 107: 104099.

[15] Salman Hameed Khan, Mohammed Bennamoun, Ferdous Sohel, Roberto Togneri. Automatic Feature Learning for Robust Shadow Detection. In Proceedings of the 2014 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR '14). IEEE Computer Society, USA. 2014; 1939-1946. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2014.249>

[16] Li Shen, Teck Wee Chua, Karianto Leman. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2015; 2067-2074.

- [17] Weiwei Sun, Ruisheng Wang. Fully convolutional networks for semantic segmentation of very high resolution remotely sensed images combined with dsm. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*. 2018; 15(3): 474-478.
- [18] Hieu Le, Tomas F. Yago Vicente, Vu Nguyen, Minh Hoai, Dimitris Samaras. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. 2018; 662-678.
- [19] Chen L.C., Papandreou G., Kokkinos I., Murphy K., Yuille A.L. DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. 2018; 40 (4): 834-848. doi: 10.1109/TPAMI.2017.2699184
- [20] Zhang L., Dai J., Lu H., He Y., Wang G. A Bi-Directional Message Passing Model for Salient Object Detection. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. 2018; 1741-1750. doi: 10.1109/CVPR.2018.00187
- [21] Zhang P., Wang D., Lu H., Wang H., Ruan X. Amulet: Aggregating Multi-level Convolutional Features for Salient Object Detection. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*. 2017; 202-211. doi: 10.1109/ICCV.2017.31
- [22] Wu Zhe, Su Li. Qingming Huang. *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2019; 3907-3916.
- [23] Wang J., Li X., Yang J. Stacked Conditional Generative Adversarial Networks for Jointly Learning Shadow Detection and Shadow Removal. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 2018; 1788-1797. doi: 10.1109/CVPR.2018.00192
- [24] Mingliang Xu, Jiejie Zhu, Pei Lv, Bing Zhou, Marshall F Tappen, Rongrong Ji. Learning-based shadow recognition and removal from monochromatic natural images. *IEEE Transactions on Image Processing*. 2017; 26(12): 5811-5824.
- [25] Zheng Q., Qiao X., Cao Y., Lau R. W. H. Distraction-Aware Shadow Detection. *IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2019; 5162-5171. doi: 10.1109/CVPR.2019.00531
- [26] Lei Zhu, Zijun Deng, Xiaowei Hu, Chi-Wing Fu, Xuemiao Xu, Jing Qin, Pheng-Ann Heng. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. 2018; 121-136. <https://link.springer.com/conference/eccv>

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Islam Md Jahidul, School of Software Engineering, Northeastern University, No. 195, Chuangxin Road, Hunnan, Liaoning, 110819, Shenyang, P. R. China; School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2 Chongwen Rd, Chongqing, 400065, Nan An Qu, P. R. China
e-mail: jahidulislamneu@gmail.com

Omar Faruq, School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, 2 Chongwen Rd, Chongqing, 400065, Nan An Qu, P. R. China; School of Software Engineering, Northeastern University, No. 195, Chuangxin Road, Hunnan, Liaoning, 110819, Shenyang, P. R. China
e-mail: smomarfaruq@diu.edu.bd

Статья поступила в редакцию 20.09.2022; одобрена после рецензирования 23.09.2022; принята к публикации 26.09.2022.

The article was submitted 20.09.2022; approved after reviewing 23.09.2022; accepted for publication 26.09.2022.

УДК: 621.01

EDN: [CJQURJ](#)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0401-0409>



Анализ работоспособности лентерной машины с новой конструкцией междупильной прокладки

Д. М. Мухаммадиев, Ф. Х. Ибрагимов, О. Х. Абзоиров

*Институт механики и сейсмостойкости сооружений Академии наук Республики
Узбекистан, Ташкент, Узбекистан*

Аннотация. В статье предложена новая конструкция междупильной прокладки, позволяющей снизить массу пильного цилиндра лентерной машины до 1.5 кг. Приведены результаты экспериментальных исследований в производственных условиях новой конструкции модернизированной междупильной прокладки лентерной машины 5ЛП. Установлены основные технологические показатели лентерной машины 5ЛП с новой конструкцией прокладки при лентеровании опушенных семян и пильных дисков. В результате промышленных испытаний стальной прокладки лентерной машины 5ЛП установлено, что стальные прокладки отвечают требованиям технологического процесса лентерования. Кроме того, установлена производительность по семенам хлопка 550 кг/час, потребляемая мощность пильного цилиндра - 10.8 кВт, ожидаемая годовая экономическая эффективность для одной лентерной машины марки 5ЛП составляет 4.312 тыс. сум.

Ключевые слова: анализ, лентерная машина, междупильная прокладка, пильный цилиндр, опытный образец, промышленная испытания, технологический процесс.

Для цитирования: Мухаммадиев, Д. М., Ибрагимов, Ф. Х., & Абзоиров, О. Х. (2022). Анализ работоспособности лентерной машины с новой конструкцией междупильной прокладки. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0401–0409. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0401-0409>

Performance analysis of a linter machine with a new inter-saw gasket

D. M. Mukhammadiev, F. Kh. Ibragimov, O. Kh. Abzoirov

Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. A new design of the inter-saw gasket is proposed in the article; it makes it possible to reduce the weight of the saw cylinder of a linter machine to 1.5 kg. The results of experimental studies (under

production conditions) of a new design of the modernized inter-saw gasket of the 5LP linter machine are presented. The basic technological indices of the 5LP linter machine with a new design of a gasket for linting furry seeds and saw blades were established. As a result of industrial tests of the steel gasket of the 5LP linter machine, it was determined that the steel gaskets meet the requirements of the linting process. In addition, the cotton seeds productivity is 550 kg/h, the power consumption of the saw cylinder is 10.8 kW, and the expected annual economic efficiency for one 5LP linter machine is 4.312 thousand soums.

Keywords: analysis, linter machine, inter-saw gasket, saw cylinder, prototype, industrial testing, technological process.

For citation: Mukhammadiev, D. M., Ibragimov, F. Kh., & Abzoirov, O. Kh. (2022). Performance analysis of a linter machine with a new inter-saw gasket. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0401–0409. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0401-0409>

ВВЕДЕНИЕ

Одной из ключевых задач комплексных мероприятий по дальнейшей реализации Стратегии развития нового Узбекистана на 2022 — 2026 годы, определенных Президентом Республики Узбекистан, является – «Цель 22: Продолжение реализации промышленной политики, направленной на обеспечение стабильности национальной экономики, увеличение доли промышленности в валовом внутреннем продукте и рост объема производства промышленной продукции в 1,4 раза». Увеличение объема производства продукции текстильной промышленности планируется увеличить в два раза [1].

В связи этим основной задачей хлопково-текстильных кластеров является модернизация техники и технологии хлопкоочистительных машин с целью снижения затрат производства. Исходя из этого, разработка и проектирование новой конструкции линтерных машин позволяет решать часть задач, стоящих перед Ассоциацией хлопково-текстильных кластеров Узбекистана [2]: модернизация хлопково-текстильного производства, техническое перевооружение, внедрение высокоэффективных инновационных технологий.

Бесперебойная работа линтерной машины и получение длиноволокнистого линта может быть достигнута при соблюдении режимов эксплуатации и своевременном сервисе деталей и узлов машины. Поэтому в процессе линтерования должны быть использованы машины с высокой надежностью их работы [3, 4].

Практика использования линтерных машин в производственных условиях указывает на необходимость точной сборки пильного цилиндра, и установку

технологических зазоров, при которых достигается надежная работа и получение линта высокого качества.

Допуски при установке пил в межколосниковых зазорах линтерной машины в основном зависят от точности обработки торцевых поверхностей прокладок и от усилия затяжки пильного цилиндра. Серийные прокладки имеют низкий ресурс и точность по толщине. Эти недостатки возникают из-за низкой упругости алюминиевого сплава АК5М2. Кроме того, при затяжке пильного цилиндра торцевые поверхности прокладок деформируются за счет шероховатостей после токарной обработки, что приводит к снижению точности сборки. Поэтому возникает необходимость уменьшить силу затяжки пакета пил и прокладок, чтобы обеспечить точность сборки пильного цилиндра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исходя из вышеуказанных недостатков серийных прокладок, установлена необходимость разработки новой конструкции прокладки для линтерной машины.

В настоящее время на хлопкозаводах Республики Узбекистан применяются линтерные машины марок 5ЛП [5] (рисунок 1).

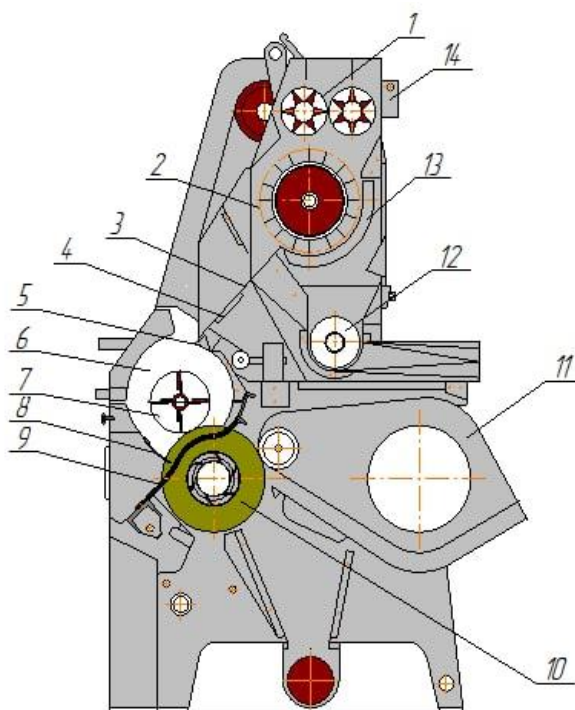


Рисунок 1. Схема линтерной машины марки 5ЛП.

Figure 1. Scheme of a 5LP linter machine. Обозначения: 1 - питающие валики; 2 - разравнивающий барабан; 3 - лоток; 4 - магнитное поле; 5 - клапан плотности; 6 - рабочая камера; 7 - ворошитель; 8 - гребенка; 9 - колосниковая решетка; 10 - пильный цилиндр; 11 - воздушная камера; 12 - шнек; 13 - перфорированная сетка; 14 - груз.

Работа линтерной машины с технологическими зазорами в $2.4^{+0,6}$ мм практически оказывается невозможной из-за неточной сборки колосниковой решетки и пыльного цилиндра (рисунок 2) [5].

Основными недостатками алюминиевых прокладок является использование непрочного цветного металла, неустойчивого к деформациям материала, излишний вес и дороговизна.

Для устранения вышеуказанных недостатков алюминиевых прокладок существуют следующие решения:

- снижение веса алюминиевой прокладки за счет того, что в диске между наружным и внутренним диаметрами выполнены сквозные отверстия;
- обеспечение координации пыльных дисков на пыльном цилиндре за счет того, что во внутреннее отверстие диска установлен второй пояс с отверстиями;
- обеспечение жесткости крепления междупыльных прокладок в пыльном цилиндре за счет того, что во внутренней поверхности диска, на диаметрально противоположной стороне от сварного шва, выполнен выступ в виде прямобоочной шлицы с возможностью захода выступа в отверстие второго пояса и в паз вала пыльного цилиндра [6].

Междупыльная прокладка содержит диск 2 с вырезанными на нем прямоточными выступами 4, 5 по наружному и внутреннему диаметру, а также один внутренний выступ с отверстием под размер вала пыльного цилиндра (рисунок 3). На диск концентрически установлены наружный 1 и внутренний 3 пояса, которые определяют толщину h междупыльной прокладки. По периметру наружного 1 и внутреннего 3 поясов просверлены отверстия на внутреннем поясе 3 для захода внутреннего выступа 4, в которые вставляются прямобоочные выступы для соединения с диском 2. Для снижения массы прокладки выполнены отверстия по окружности диска 2. Сборка междупыльных прокладок на вал пыльного цилиндра осуществляется с заходом выступа 4 диска 2 в паз вала пыльного цилиндра.



Рисунок 2. Пильный цилиндр линтерной машины 5ЛП.

Figure 2. Saw cylinder of a 5LP linter machine.



Рисунок 3. Новая конструкция междупильной прокладки линтерной машины.

Figure 3. New design of the linter saw spacer.

Обозначения: 1- наружный пояс; 2- диск; 3- внутренний пояс; 4- прямоугольные шлицы;
5- прямоугольные выступы.

Проведенные расчеты на прочность междупильной прокладки новой конструкции позволили снизить массу пильного цилиндра линтерной машины до 1.5 кг. Нами были разработаны рабочие чертежи междупильной прокладки, на основе которых был изготовлен её опытный образец (см. рисунок 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для промышленной проверки показателей новой конструкции междупильной прокладки её опытный образец был установлен на линтерной машине 5ЛП на Букинском хлопкоочистительном заводе Ташкентской области.

Таким образом, разработана новая конструкция междупильной прокладки. Произведенные расчеты новой конструкции междупильной прокладки линтерной машины позволили обеспечить запас прочности. Установлены основные технологические показатели линтерной машины 5ЛП с новой конструкцией прокладки при линтеровании опушенных семян (таблицы 1-3) и пильных дисков (рисунок 4).

Таблица 1. Показатели линтерной машины марки 5ЛП.

Table 1. Indicators of a 5LP linter.

№ опыта	Дата	Время, минут	Производительность линтерной машины по семенам, кг		Производительность линтерной машины по ленту, кг/час	
			Серийный	Рекомендуемый	Серийный	Рекомендуемый
1.	01.03.2022	60	501	552	17,54	19,32
2.	01.03.2022	60	502	540	17,57	18,9
3.	01.03.2022	60	498	542	17,43	18,97
4.	01.03.2022	60	499	556	17,47	19,46
5.	01.03.2022	60	500	560	17,5	19,6
Среднее			500	550	17,5	19,25

Таблица 2. Показатели сила тока по фазам электродвигателя пильного цилиндра линтерной машины в амперах.

Table 2. Indicators of the current intensity by phases of the electric motor of the saw cylinder of the linter machine in amperes.

№	Режим работы линтерной машины	Серийный	Рекомендуемый
1.	Без нагрузки и рабочей камеры	11	11
	1-фаза	10	10
	2-фаза	11	12

3-фаза	12	13
2. Без нагрузки и с рабочей камерой	31,6	31,6
1-фаза	31	30
2-фаза	32	32
3-фаза	32	33
3. С нагрузкой и рабочей камерой	41,6	41,6
1-фаза	40	41
2-фаза	43	42
3-фаза	42	42

В ходе проведенных испытаний получены технологические (таблица 1), энергетические (таблица 2) и размерные (таблица 3) показатели междупильной прокладки линтерной машины 5ЛП.

Таблица 3. Размерные показатели пильного цилиндра.

Table 3. Dimensional indicators of the saw cylinder.

№	Точка замера	Нормативный	Серийный	Рекомендуемый
1.	Рабочая длина, мм	1565	1564	1565
2	Количество пильных дисков, штук	160	160	160
3.	Толщина пильных дисков, мм	0,95	0,95	0,95
4.	Количество прокладок, штук	159	159	159
5.	Толщина прокладок, мм	8,75	8,75	8,75



Рисунок 4. Пильные диски после использования в сборе.

Figure 4. Saw blades after use as an assembly.

Обозначения: а – со стальными прокладками, б – с
алюминиевыми прокладками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате промышленных испытаний стальной прокладки линтерной машины 5ЛП установлено, что стальные прокладки отвечают требованиям технологического процесса линтерования. Кроме того, установлена производительность по семенам хлопка 550 кг/час, потребляемая мощность пильного цилиндра - 10.8 кВт, ожидаемая годовая экономическая эффективность для одной линтерной машины марки 5ЛП составляет 4.312 тыс. сум.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Стратегия развития нового Узбекистана на 2022-2026 годы, утвержденная Указом Президента Республики Узбекистан Ш.М. Мирзиёевым от 28 января 2022 года №УП-60. <https://lex.uz/ru/docs/5841077>
- [2] Сайт ассоциации хлопково-текстильных кластеров Узбекистана. <https://uzptk.uz/uyushma/>
- [3] Отраслевые формы полной опушенности семян хлопка-сырца после джинирования. ПДИ 45-2013. “АО Научный центр по хлопковой промышленности”. Ташкент; 2013. 3.
- [4] Зикриёев Э. Первичная обработка хлопка – сырца. Учебное пособие для вузов. Ташкент: Мехнат; 1999. 113.
- [5] Паспорт пильного линтера 5ЛП. Ташкент: ТГСКБ по хлопкоочистке; 1981. 18.
- [6] Мухаммадиев Д.М., Ибрагимов Ф.Х. и др. Патент РУз № IAP 06691. Междупильная прокладка для хлопкоочистительных машин. 29.12.2021. 2021; 3.

REFERENCES

- [1] Strategija razvitija novogo Uzbekistana na 2022-2026 gody, utverzhdannaja Ukazom Prezidenta Respubliki Uzbekistan Sh.M.Mirzijoeyvm ot 28 janvarja 2022 goda №UP-60. <https://leh.uz/ru/docs/5841077>
- [2] Sajt associacii hlopkovo-tekstil'nyh klasterov Uzbekistana. <https://uzptk.uz/ujushma/>
- [3] Otrasleyve normy polnoj opushennosti semjan hloпка-syrca posle dzhinirovaniya. PDI 45-2013. AO «Nauchnyj centr po hlopkovoj promyshlennosti». Tashkent; 2013. 3.

- [4] Zikrijoev Je. Pervichnaja obrabotka hlopka – syrca. Uchebnoe posobie dlja vuzov. Tashkent: Mehnat; 1999. 113.
- [5] Pasport pil'nogo lintera 5LP. Tashkent: TGSKB po hlopkoochistke; 1981. 18.
- [6] Muhammadiev D.M., Ibragimov F.H. i dr. Patent RUz № IAP 06691. Mezhdupil'naja prokladka dlja hlopkoochistitel'nyh mashin. 29.12.2021. 2021; 3.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Давлат Мустафаевич Мухаммадиев,
доктор технических наук, профессор,
главный научный сотрудник института
механики и сейсмостойкости сооружений
Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан
e-mail: davlat_mm@mail.ru

Davlat M. Mukhammadiev, Chief
Researcher of the Institute of Mechanics and
Seismic Stability of Structures of the
Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: davlat_mm@mail.ru

Фарход Хайруллоевич Ибрагимов,
старший научный сотрудник института
механики и сейсмостойкости сооружений
Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан
e-mail: farkhod.ibragimov.1985@mail.ru

Farkhod Kh. Ibragimov, Senior
Researcher, of the Institute of Mechanics and
Seismic Stability of Structures of the
Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan, Tashkent, Uzbekistan
e-mail: farkhod.ibragimov.1985@mail.ru

Ортик Хонимкулович Абзоиров,
младший научный сотрудник института
механики и сейсмостойкости сооружений
Академии наук Республики Узбекистан,
Ташкент, Узбекистан
e-mail: ortiq.abzoirov@gmail.com

Ortik Kh. Abzoirov, Junior Researcher, of
the Institute of Mechanics and Seismic
Stability of Structures of the Academy of
Sciences of the Republic of Uzbekistan,
Tashkent, Uzbekistan
e-mail: ortiq.abzoirov@gmail.com

Статья поступила в редакцию 22.07.2022; одобрена после рецензирования 18.08.2022; принята к публикации 23.08.2022.

The article was submitted 22.07.2022; approved after reviewing 18.08.2022; accepted for publication 23.08.2022.

УДК: 677.21

EDN: [YNKRJV](https://www.edn.net/YNKRJV)

DOI: <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0410-0423>


Результаты экспериментальных исследований механизма швейной машины с амортизирующей рейкой для перемещения материала

А. Джураев¹, М. А. Мансурова¹, Г. Турсунова²

¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Ташкент, Узбекистан

²Бухарский инженерно-технологический институт, Бухара, Узбекистан

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального исследования механизма швейной машины для проталкивания материала с рекомендуемой амортизирующей планкой. Целью проведения эксперимента являлось создание качественных строчек и повышение производительности в результате применения в швейной машине рекомендуемого механизма проталкивания материала с кинематическими парами с гибкими элементами. В работе определены и решены задачи, обеспечивающие достижение поставленной цели. Представлена методика проведения экспериментальных исследований. Получены нагрузки на главный вал, на валы коромысел проталкивающего механизма, законы сдвига составной реечной зубчатой гарнитуры по вертикальным и горизонтальным осям. На основании выполненного анализа были рекомендованы оптимальные значения параметров.

Ключевые слова: Швейная машина, проталкивающий механизм, рейка, амортизатор, вал, крутящий момент, сдвиг, колебание, тензодатчик.

Для цитирования: Джураев, А., Мансурова, М. А. & Турсунова, Г. (2022). Результаты экспериментальных исследований механизма швейной машины с амортизирующей рейкой для перемещения материала. Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0410–0423. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0410-0423>

The results of experimental research of the mechanism of sewing machine with the shock absorbing rack for material movement

A. Djuraev¹, M. A. Mansurova¹, G. Tursunova²

¹*Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Tashkent, Uzbekistan*

²*Bukhara Engineering Technological Institute, Bukhara, Uzbekistan*

Abstract. The article presents the results of an experimental study of the mechanism of the sewing machine for pushing through the material with the recommended shock-absorbing bar. The purpose of the experiment was to create high-quality stitches and increase productivity as a result of using the recommended material pushing mechanism with kinematic pairs with flexible elements in the sewing machine. The work defines and solves the tasks that ensure the achievement of the goal. The methodology for conducting experimental studies is presented. The loads on the main shaft, on the rocker shafts of the pushing mechanism, the laws of shift of the composite rack tooth set along the vertical and horizontal axes have been obtained. Based on the performed analysis, optimal parameter values were recommended.

Keywords: Sewing machine, push mechanism, rail, shock absorber, shaft, torque, shear, oscillation, load cell.

For citation: Djuraev, A., Mansurova, M. A. & Tursunova, G. (2022). The results of experimental research of the mechanism of sewing machine with the shock absorbing rack for material movement. Modern Innovations, Systems and Technologies, 2(3), 0410–0423. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2022-2-3-0410-0423>

ВВЕДЕНИЕ

К пошиву материалов с различными характеристиками на действующих швейных машинах предъявляется ряд требований, которые в основном зависят от следующих конструктивных параметров и свойств материала [1-3]:

- натяжение нити;
- режим пошива;
- размеры шва;
- конструктивные особенности иглы и челнока, а также механизмов проталкивания материала;
- характеристики материалов и ряд других условий.

Среди указанных требований особое значение имеет механизм проталкивания материала, так как он определяет качество строчек, которые могут работать синхронно с проталкивающим и толчковым механизмами, участвующими в проталкивании материала, а также может привести к негативным последствиям, таким как обрыв нити, пропуск строчки, несоответствие натяжения нити и отсутствие смятия ткани [3-5].

В предлагаемом механизме проталкивания материала, в отличие от существующих конструкций, поверхность взаимного контакта рейки и материала в процессе проталкивания является большой и обеспечивает равномерность шага ряда

строчек. При этом важным является выбор жёсткости резиновых втулок в кинематических парах, являющихся основными элементами. Поэтому необходимо контролировать закон движения рейки, натяжение нити, частоту вращения главного вала и нагрузку [6, 7].

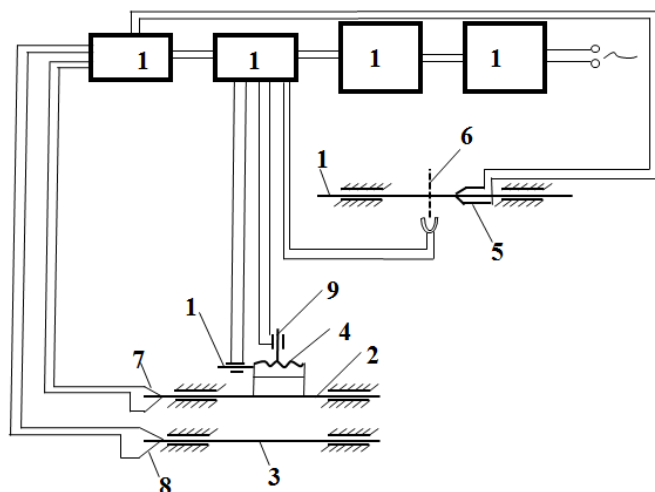
В эксперименте был исследован ряд параметров, направленных на обеспечение качества строчек, и обоснованы оптимальные параметры. Основной целью проведения эксперимента является создание качественных строчек и повышение производительности в результате применения в швейной машине рекомендуемого механизма проталкивания материала с кинематическими парами с гибкими элементами. Для достижения поставленной цели в экспериментальных исследованиях были определены следующие задачи: определение законов изменения крутящего момента и угловой скорости главного вала и ведущего вала механизма проталкивания материала швейной машины с использованием предлагаемого механизма проталкивания материала; определение закона нагрузки валов механизма коромысел механизма проталкивания материала; определение законов изменения вертикальных и горизонтальных перемещений составной рейки; рекомендации оптимальных значений параметров механизма проталкивания материала на основе полных факторных экспериментальных исследований.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно электротензометрической схемы (рисунок 1) крутящего момента на главном валу 1 швейной машины «YAMATA» с установленным механизмом проталкивания материала с рекомендуемыми составными кинематическими парами, определены законы изменения частоты вращения через тензодатчики 5 с помощью датчика холла 6.

Соответственно нагрузки на валы 2 и 3 механизма проталкивания материала измеряются тензодатчиками 7 и 8. Также законы движения составной рейки 4 по вертикальной и горизонтальной осям реализуются датчиками перемещения 9 и 10. Сигнал с тензодатчиков, установленных на валах, передается на усилитель 11 по полумостовому способу. Исходящие с усилителя сигналы передаются на цифровой преобразователь 12 LTR-154, а затем записываются на цифровой осциллограф 14 и распечатываются на бумажном носителе.

Сигналы, представляющие собой горизонтальные и вертикальные смещения датчика холла 6 и составной рейки 4 соответственно, напрямую передаются на цифровой электронный преобразователь 12, цифровой выпрямитель 13 и цифровой осциллограф ЭВМ 14 [8-11].



1 - главный вал; 2, 3 - валы коромысел; 4 - рейка; датчик холла; 5, 7, 8 - тензорезисторы; 9, 10 - датчики измерения вертикальных и горизонтальных перемещений рейки; 11 - тензометрический усилитель; 12 - преобразователь LTR-154; 13 - цифровой выпрямитель; 14 - цифровой осциллограф ЭВМ.

Рисунок 1. Электротензометрическая схема швейной машины с рекомендуемым механизмом проталкивания материала.

Figure 1. Electrostrain diagram of a sewing machine with the recommended material pushing mechanism.

На рисунке 2 показаны электротензометрические датчики прототипа швейной машины (а) и общий схематический вид машины (б).



а



б

Рисунок 2. Вид электротензометрических датчиков прототипа швейной машины (а) и общий схематический вид машины (б).

Figure 2. View of the electrostrain sensors of the sewing machine prototype (а) and the general schematic view of the machine (б).

На рисунке 3 показан вид установки составной рейки механизма перемещения материала.

В ходе экспериментов в кинематических парах предлагаемого механизма проталкивания материала использовались следующие марки резины: 1318, 1874, 810-6874РП13-46 [12, 13]. В таблице 1 представлены физико-механические показатели выбранных марок резины.



а



б

Рисунок 3. Цифровой выпрямитель LTR-154 (а) и рычаг (шатун) составной рейки (б).

Figure 3. Digital rectifier LTR-154 (a) and the lever (connecting rod) of the composite rail (b).

Таблица 1. Физико-механические показатели выбранных марок резины.

№	Марка резины	Жёсткость по Шору	Условное растяжение	Относительный разрыв при растяжении	Плотность	Жёсткость при растяжении 10^3 Н/м
1	7ИРП 31-46	70^{+5}_{-5}	30,9	700	715	3,55
2	1847	40^{+5}_{-5}	14,2	505	810	3,8
3	1338	75^{+5}_{-5}	12,2	315	425	1,31
4	НО-68	56^{+5}_{-5}	15,4	425	705	2,8

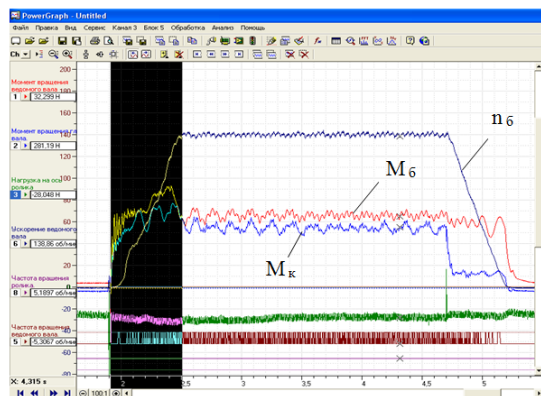
В экспериментальных исследованиях прототипа швейной машины при высоких частотах вращения ($5000 \div 6000$ об/мин) главного вала циклически деформируются резиновые элементы в кинематических парах механизма проталкивания материала и в амортизаторе составной рейки. В данном случае подходит резина марки НО-68 с соответствующим коэффициентом жёсткости амортизатора, равным $(12 \div 1,6) \cdot 10^3 \text{ Н/м}$.

Осциллограммы, отображающие закономерности изменения параметров рекомендуемого механизма проталкивания материала швейной машины, были получены на компьютере через соответствующие цифровые преобразователи и усилители [14-17]. Полученные осциллограммы были обработаны, построены графики параметров и определены рекомендуемые значения.

РЕЗУЛЬТАТЫ И АНАЛИЗ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПРОВЕДЕННЫХ НА ПРОТОТИПЕ ШВЕЙНОЙ МАШИНЫ

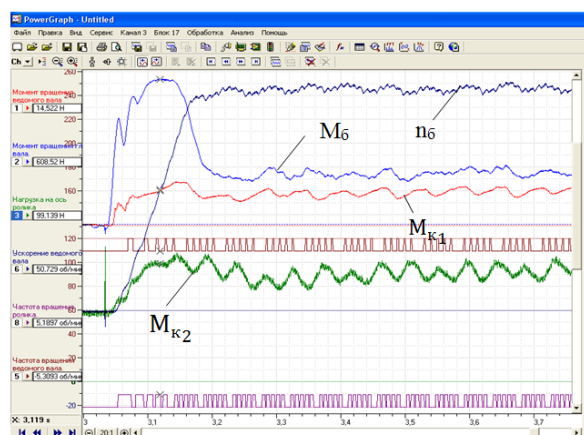
На основе экспериментальных исследований по осциллограммам, полученным по электротензометрической схеме, были определены частоты вращения главного вала, крутящий момент, нагрузки на вал коромысел механизма проталкивания материала, законы вертикального и горизонтального перемещения составной рейки швейной машины [18]. В частности, на рисунке 4 показаны законы, представляющие нагрузки на главный вал и валы механизма проталкивания материала швейной машины. На рисунке 4 а) показаны частота вращения главного вала n_6 , крутящий момент M_6 и крутящий момент M_k на валу коромысла механизма проталкивания материала, т.е. устойчивые циклы движения и остановки M_k .

Анализ осциллограмм показал, что время запуска системы до устойчивого движения находится в диапазоне $(0,018 \div 0,023)$ секунд, а время остановки в диапазоне $(0,02 \div 0,03)$ с. Это значит, что время остановки системы на $(0,04 \div 0,06)$ с больше, чем время устойчивого движения. Основная причина этого связана с инерционной характеристикой системы и гашением колебаний. При обработке осциллограмм были получены графики последовательного соединения.



а

а- переходные процессы системы (запуск и остановка);

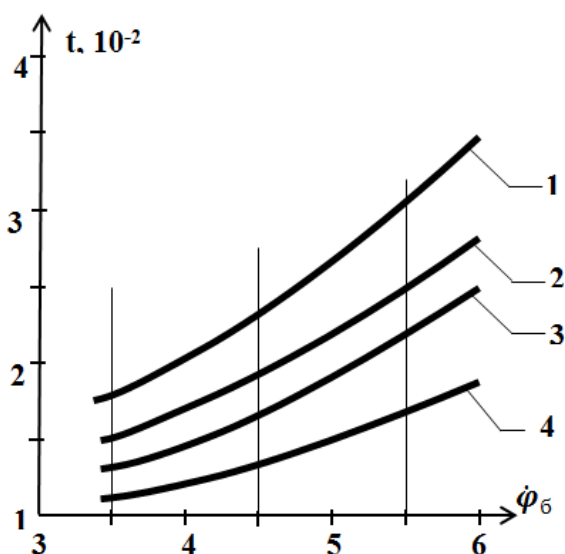


б- период устойчивого движения

б

Рисунок 4. Закономерности изменения частоты вращения главного вала швейной машины, крутящего момента и нагрузок на валы коромысел механизма проталкивания материала.

Figure 4. Patterns of change in the frequency of rotation of the main shaft of the sewing machine, torque and loads on the rocker shafts of the material pushing mechanism.



1, 2 - $t = f(\phi_b)$ - в существующем механизме проталкивания материала;
3, 4 - $t = f(\phi_b)$ - в рекомендуемом механизме проталкивания материала;
1, 3 - время остановки в устойчивом движении;
2, 4 - время запуска в устойчивое движение
 $h_3 = 270 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

Рисунок 5. Графики зависимости времени запуска в устойчивое движение и остановки главного вала и механизмов от угловой скорости главного вала швейной машины.

Figure 5. Graphs of the dependence of the time to start in steady motion and stop the main shaft and mechanisms from the angular velocity of the main shaft of the sewing machine.

В частности, на рисунке 5 приведены графики зависимости времени запуска в устойчивое движение и времени остановки главного вала и механизмов движения от угловой скорости главного вала.

Согласно анализу графиков, при увеличении угловой скорости главного вала с $3,5 \cdot 10^2 \text{с}^{-1}$ до $5,5 \cdot 10^2 \text{с}^{-1}$ при использовании существующего механизма проталкивания материала, время запуска системы до устойчивого движения увеличивается нелинейно с 0,0061 с до 0,0025 с, а время остановки уменьшается с 0,02 с до 0,031 с.

Соответственно, при использовании существующего механизма проталкивания материала, время запуска системы до устойчивого движения увеличивается нелинейно с 0,0042 с до 0,0051 с, а время остановки уменьшается с 0,0149 с до 0,021 с. Таким образом, при использовании предлагаемого механизма проталкивания материала время переходных процессов сокращается до $(1,2 \div 1,4)$ раз за счет потери, особенно в переходных процессах, высокочастотных колебаний из-за наличия в нем резиновых амортизаторов.

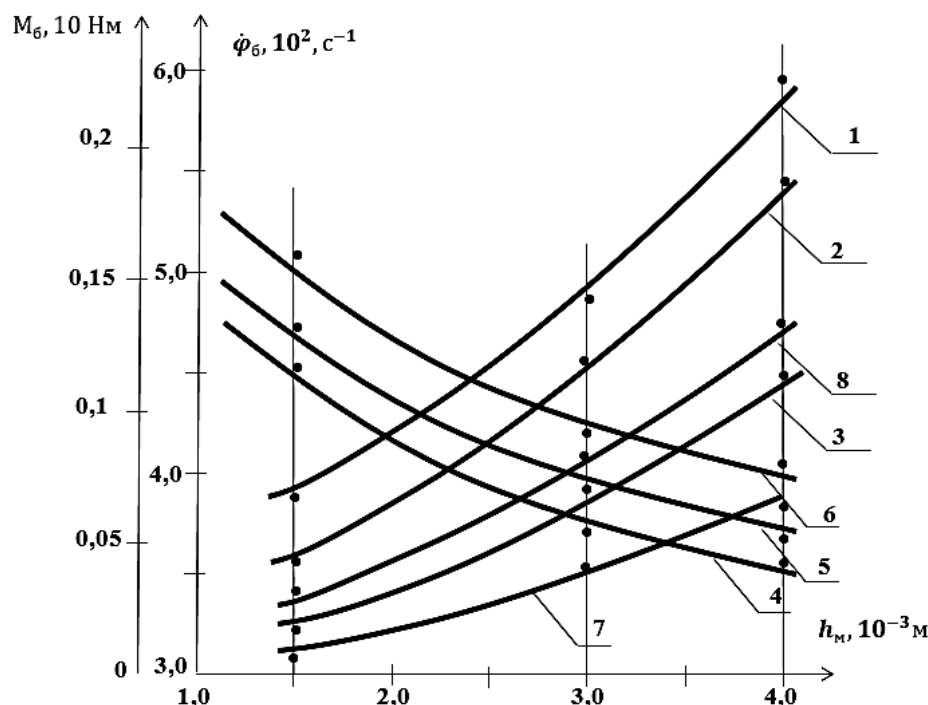
На рисунке 6 представлены графики крутящего момента и угловых скоростей на главном валу швейной машины, а также изменения нагрузки на валу коромысла механизма проталкивания материала в зависимости от толщины прошиваемого материала.

При увеличении толщины сшиваемых материалов с $1,5 \cdot 10^{-3} \text{м}$ до $4,0 \cdot 10^{-3} \text{м}$ крутящий момент на главном валу швейной машины при имеющемся проталкивающим механизме увеличивается в нелинейном отношении от 1,21 Нм до 2,42 Нм, а нагрузка на вал коромысла увеличивается с 0,53 Нм до 0,124 Нм. Соответственно значения $\dot{\phi}_6$ уменьшаются с $44,2 \text{с}^{-1}$ до $38,1 \text{с}^{-1}$. Нагрузки на валы при использовании механизма проталкивания материала с резиновыми амортизаторами значительно снижаются.

В частности, при изготовлении амортизатора из резины 1338 с высокой жёсткостью, значения M_6 увеличиваются с 0,565 Нм до 1,18 Нм, а при использовании резины НО-68 его значения увеличиваются нелинейно с 0,36 Нм до 1,34 Нм. Соответственно, уменьшается угловая скорость главного вала с $48,2 \text{с}^{-1}$ до $42,4 \text{с}^{-1}$ при использовании резины НО-68.

Также, нагрузка на вал коромысла механизма проталкивания увеличивается нелинейно с 0,021 Нм до 0,051 Нм. Основная причина этого заключается в том, что резиновые амортизаторы уменьшают колебания в предлагаемом механизме проталкивания материала. Поэтому для снижения нагрузки на главный вал и вал коромысла, для обеспечения высокой скорости шитья целесообразно использование

резины НО-68 для амортизаторов, используемых в реечной и кинематической парах механизма проталкивания материала.



1, 2, 3 - $M_6 = f(h_m)$; 4, 5, 6 - $\dot{\varphi}_6 = f(h_m)$; 7, 8 - $M_k = f(h_m)$; 1, 4, 7 - при имеющемся механизме проталкивания материала; 2, 3, 5, 6, 7 - при предлагаемом механизме проталкивания материала; 2, 5 - резина марки 1338; 3, 6, 7 - резина марки НО-68.

Рисунок 6. Графики зависимости изменений крутящего момента и угловых скоростей на главном валу швейной машины и нагрузки на вал коромысла механизма проталкивания материала от толщины сшиваемого материала.

Figure 6. Graphs of the dependence of changes in torque and angular speeds on the main shaft of the sewing machine and the load on the rocker shaft of the material pushing mechanism on the thickness of the material being sewn.

На рисунке 7 представлены законы крутящего момента на главном валу, валах коромысла механизма проталкивания, смещения реечной зубчатой гарнитуры по вертикальной и горизонтальной осям в швейной машине с предлагаемым механизмом проталкивания материала.

На основании анализа полученных осциллограмм можно отметить, что с увеличением жёсткости резиновых амортизаторов в предлагаемом механизме проталкивания материала увеличиваются значения моментов M_6 , M_{k1} , M_{k2} , но уменьшаются значения смещения реек по осям. Соответственно увеличение толщины

сшиваемых материалов увеличивает сопротивление и приводит к увеличению значений M_6 , M_{K1} , M_{K2} . Соответственно увеличиваются и значения X и Y в траектории движения реек.

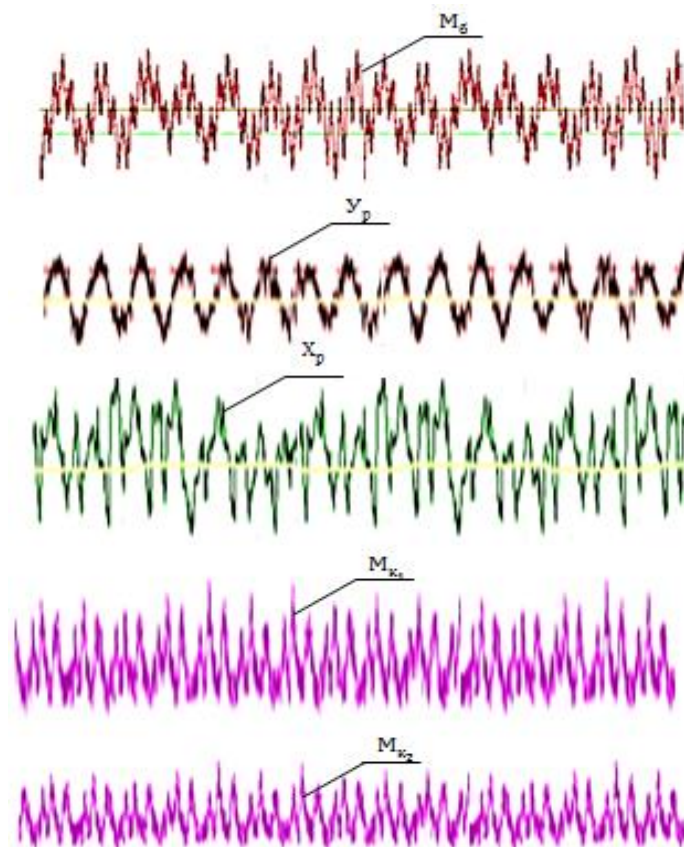


Рисунок 7. Законы крутящего момента на главном валу, валах коромысла механизма проталкивания, смещения реечной зубчатой гарнитуры по вертикальной и горизонтальной осям в машине с предлагаемым механизмом проталкивания материала.

Figure 7. The laws of torque on the main shaft, the rocker shafts of the pushing mechanism, the displacement of the rack gear set along the vertical and horizontal axes in the machine with the proposed material pushing mechanism.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе экспериментальных исследований модернизированной швейной машины с предложенным механизма проталкивания материала с гибким элементом определены нагрузки на главный вал, валы коромысел механизма проталкивания и законы смещения реечной зубчатой гарнитуры. Следует отметить, что в предлагаемом механизме проталкивания материала, в отличие от существующих конструкций,

поверхность взаимного контакта рейки и материала в процессе проталкивания является большой и обеспечивает равномерность шага ряда строчек.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Козлов В.П. Устройство для механизации и автоматизации швейных машин. М.: ЦНИИТЭИЛегпищемаш; 1967. 41.
- [2] Бабажанов С.Х., Дустова Ф.Х.. Исследование механизмов перемещения ткани на универсальных швейных машинах фирмы Toyota. Научно-технический вестник Брянского государственного университета. 2017; 2: 5-10.
- [3] Умарова М. Механизм перемещения материала и его характеристики. Интерактивная наука. 2017; 21: 86-90. doi:10.21661/r-464908
- [4] Мансури Дилрабо Сайдулло, Шухратзода Ганчина. Экспериментальные исследования натяжного устройства с резиновыми амортизаторами в швейной машине. Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral». 2021; 4.
- [5] Бодяло Н.Н., Ульянова Н.В. Определение условий качественного соединения трикотажных полотен на универсальных швейных машинах. Вестник Витебского государственного технологического университета. 2019; 2 (37): 12-20. doi:10.24411/2079-7958-2019-13702
- [6] Харжевский В. А. Метод определения положения шатунных точек для проектирования рычажных прямолинейно направляющих механизмов. Вестник Гомельского государственного технического университета им. П.О. Сухого. 2015; 1, 4 (63): 7-13.
- [7] Бакирова Назгуль Асанкановна. Анализ кинематики основных механизмов краеобметочной машины. Academy. 2018; 1 (28): 29-36.
- [8] Сафронова И.В. Технические методы и средства измерений в швейной промышленности. М.: Легкая и пищевая промышленность; 1983. 229.
- [9] Немец И. Практическое применение тензорезисторов. М.: Энергия; 1970. 144.
- [10] Кирюха Владимир Витальевич. Контроль и измерение деформаций с использованием магнитоупругих и тензорезисторных преобразователей. Научные труды Дальрыбвтуза. 2016; 37: 53-60.
- [11] Баринов Илья. Полупроводниковые тензорезистивные датчики давления на основе КНД-структуры. Компоненты и Технологии. 2009; 94: 12-15.
- [12] Роганов Л.Л., Карнаух С.Г. Расчет пружин, рессор и пружинных амортизаторов

Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию по деталям машин для студентов механических специальностей. Краматорск: ДГМА; 2000. 112.

[13] Пономарев С.Д., Андреева Л.Е. Расчет упругих элементов машин и приборов. М.: Машиностроение; 1980. 326. ил.-(Б-ка расчетчика). А.Джураев и др. Теория механизмов и машин. Изд. Г.Гуляма. Ташкент; 2004. 592.

[14] Раевский Н.П. Датчики механических параметров машин. М. изд.; 1999. 226.

[15] Горячев Владимир Яковлевич, Бростилова Татьяна Юрьевна, Кисляков Сергей Вячеславович. "Датчики механических величин на базе фазовращателей с бегущим магнитным полем". Надежность и качество сложных систем. 2017; 1 (17): 59-69.

[16] Мэнли Р. Анализ и обработка записей колебаний. М.: Машиностроение; 1974. 368.

[17] Васильев В.И. и др. Справочные таблицы по деталям машин [Текст]. М.: Машиностроение; 1965. 3/1: 420-422.

[18] Межецкий Г.Д., Загребин Г.Г., Решетник Н.Н.. под общ. Ред. Г.Д. Межецкого, Г.Г. Загребина. Соппротивление материалов: Учебник. М.; 2016. 5-е изд. 432с.

REFERENCES

[1] Kozlov V.P. Ustroistvo dlia mekhanizatsii i avtomatizatsii shveinykh mashin. М.: TSNIITEILegpishchemash; 1967. 41.

[2] Babazhanov S.KH., Dustova F.KH. Issledovanie mekhanizmov peremeshcheniia tkani na universalnykh shveinykh mashinakh firmy Toyoda Nauchno-tekhnicheskii. Vestnik Brianskogo gosudarstvennogo universiteta. 2017; 2: 5-10.

[3] Umarova M. Mekhanizm peremeshcheniia materiala i ego kharakteristiki. Interaktivnaia nauka. 2017; 21: 86-90. doi 10 21661 r-464908

[4] Mansuri Dilrabo Saidullo, SHukhratzoda Ganchina. Eksperimentalnye issledovaniia natiazhnogo ustroistva s rezinovymi amortizatorami v shveinoi mashine. Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh nauk i tekhnologii Integral. 2021; 4.

[5] Bodialo N.N., Ulianova N.V. Opredelenie uslovii kachestvennogo soedineniia trikotazhnykh poloten na universalnykh shveinykh mashinakh. Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. 2019; 2 (37): 12-20. doi 10 24411 2079-7958-2019-13702

[6] KHarzhevskii V.A. Metod opredeleniia polozheniia shatunnykh toчек dlia proektirovaniia rychnykh priamolineino napravliaiushchikh mekhanizmov. Vestnik Gomelskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im P O Sukhogo. 2015; 1, 4 (63):

7-13.

- [7] Bakirova Nazgul Asankanovna. Analiz kinematiki osnovnykh mekhanizmov kraeobmetochnoi mashiny Academy. 2018; 1 (28): 29-36.
- [8] Safronova I.V. Tekhnicheskie metody i sredstva izmerenii v shveinoi promyshlennosti. M.: Legkaia i pishchevaia promyshlennost; 1983. 229.
- [9] Nemets I. Prakticheskoe primeneniye tenzorezistorov. M.: Energiia; 1970. 144.
- [10] Kiriukha Vladimir Vitalevich. Kontrol i izmerenie deformatsii s ispolzovaniem magnitoupругikh i tenzorezistornykh preobrazovatelei. Nauchnye trudy Dalrybvvtuza. 2016; 37: 53-60.
- [11] Barinov Ilia. Poluprovodnikovye tenzorezistivnye datchiki davleniia na osnove KND-struktury. Komponenty i Tekhnologii. 2009; 94: 12-15.
- [12] Roganov L.L., Karnaukh S.G. Raschet pruzhin resor i pruzhinnykh amortizatorov Uchebnoe posobie k kursovomu i diplomnomu proektirovaniu po detaliam mashin dlia studentov mekhanicheskikh spetsialnostei. Kramatorsk: DGMA; 2000. 112.
- [13] Ponomarev S.D., Andreeva L.E. Raschet uprugikh elementov mashin i priborov. M.: Mashinostroenie; 1980. 326. il – (B-ka raschetchika). A Dzhuraev i dr Teoriia mekhanizmov i mashin Izd G Guliam. Tashkent; 2004. 592.
- [14] Raevskii N.P. Datchiki mekhanicheskikh parametrov mashin. M.: izd; 1999. 226.
- [15] Goriachev Vladimir Iakovlevich, Brostilova Tatiana Iurevna, Kisliakov Sergei Viacheslavovich. Datchiki mekhanicheskikh velichin na baze fazovrashchatelei s begushchim magnitnym polem. Nadezhnost i kachestvo slozhnykh sistem. 2017; 1 (17): 59-69.
- [16] Menli R. Analiz i obrabotka zapisei kolebanii. M.: Mashinostroenie; 1974. 368.
- [17] Vasilev V.I. i dr. Spravochnye tablitsy po detaliam mashin [Tekst]. M.: Mashinostroenie; 1965. 3/1: 420-422.
- [18] Mezhetskii G.D., Zagrebin G.G., Reshetnik N.N. pod obshch Red G.D. Mezhetskogo, G.G. Zagrebina. Soprotivlenie materialov: Uchebnik. M.; 2016. 5-e izd. 432.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Джураев Анвар Джураевич, профессор,
Ташкентский институт текстильной и легкой
промышленности, Ташкент, Узбекистан

Anvar Ju. Djuraev, Professor, Tashkent
Institute of Textile and Light Industry,
Tashkent, Uzbekistan

Мансурова Муниса Анваровна, профессор,
Ташкентский институт текстильной и легкой
промышленности, Ташкент, Узбекистан

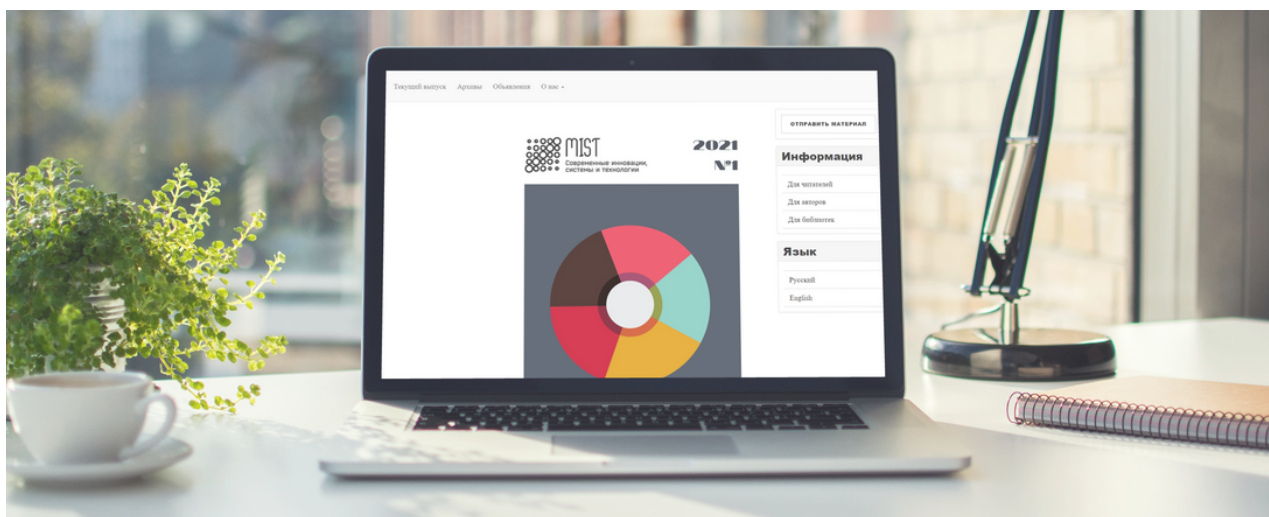
Munisa A. Mansurova, Professor, Tashkent
Institute of Textile and Light Industry,
Tashkent, Uzbekistan

Турсунова Гулбахор Шарофовна,
докторант,
Бухарский инженерно-технологический
институт, Бухара, Узбекистан

Gulbakhor Sh. Tursunova, doctoral student,
Bukhara Institute of Engineering and
Technology, Bukhara, Uzbekistan

*Статья поступила в редакцию 06.09.2022; одобрена после рецензирования 23.09.2022; принята
к публикации 26.09.2022.*

*The article was submitted 06.09.2022; approved after reviewing 23.09.2022; accepted for publication
26.09.2022.*



Тематика журнала

Управление, вычислительная техника и информатика

Науки о Земле, химия и химическая технология

Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь

Машиностроение, металлургия и материаловедение

Транспорт, авиационная и ракетно-космическая техника

Проблемы флота и кораблестроения

Физика, математика и механика

Разработка месторождений твердых полезных ископаемых, проблемы нефти и газа.

Энергетика, электрификация и энергетическое машиностроение

Строительство и архитектура

Инженерные агропромышленные науки и лесное хозяйство

Прикладные вопросы и задачи применения систем и технологий