

**Ежемесячный
научный журнал
№66 / 2021
1 часть**

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н. Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

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

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью
"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 44

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Художник: Венерская Виктория Александровна

Верстка: Коржев Арсений Петрович

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Международные индексы:



СОДЕРЖАНИЕ

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ

Леонов М.Г.

«СТРУКТУРНО-ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ» КАК
ОТРАЖЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ
СЕГМЕНТАЦИИ ТЯНЬ-ШАНЯ.....4

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

Ананян А.С.

ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
АНТИБИОТИКАМИ9

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Нгуен Нгок Хынг, Ву Хоа Тиен,

Нгуен Ви Тхуан, До Ван Фан

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ
НЕОДНОРОДНОСТИ МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В
МАТРИЦЕ ТЕПЛОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ
MPSOC14

Ахмедова Э.Н., Абдулазизова Н.Х.

ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА
ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ
КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ21

Душкин К.Р., Душкин Р.В.,

Фадеева С., Лелекова В.А.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ
«ФУНГУС» ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРИБОВ ПО
ОПИСАНИЮ ИХ ВНЕШНЕГО ВИДА23

Копосов А.А.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА
ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СВЕТОПРОПУСКАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ.....30

Крукович М.Г.,

Федотова А.Д., Казакевич Г.А.

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ34

Митина О.А., Ломовцев П.П.

ПЕРЦЕПТРОН В ЗАДАЧАХ БИНАРНОЙ
КЛАССИФИКАЦИИ.....39

Пен Р.З., Шапиро И.Л., Коркина М.А.

КАТАЛИЗИРУЕМАЯ ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ
ПШЕНИЧНОЙ СОЛОМЫ ПЕРУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ
.....44

Романов А.В.,

Урсегова А.С., Щенятский А.В.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В
ГЕКСАПОДАХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ
СОЕДИНЕНИЙ.....48

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Коптев А.О.

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ
ПРОЧНОСТЬЮ И ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ
ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ».....54

ГЕОЛОГО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЕ

УДК 551.243 (575)

«СТРУКТУРНО-ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ОБРАЗЫ» КАК ОТРАЖЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ТЕКТОНИЧЕСКОЙ СЕГМЕНТАЦИИ ТЯНЬ-ШАНЯ

Леонов Михаил Георгиевич

*Доктор геол.-мин. наук, главный научный сотрудник
ФГБУН Геологический институт РАН
г. Москва*

STRUCTURAL-PHOTOMETRIC IMAGES AS REFLECTION OF THE TIEN SHAN INTEGRAL TECTONIC SEGMENTATION

Leonov Mikhail

Doctor of Science

*Geological institute of the Russian Academy of sciences
Moscow*

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.402

АННОТАЦИЯ

В статье впервые рассмотрена возможность применения структурно-фотометрических образов для характеристики сегментации верхней коры Тянь-Шанского внутриконтинентального орогена. С помощью фильтров программы Adobe Photoshop Pro проведена трансформация геологической карты в систему структурно-фотометрических образов. Такой прием позволил выявить интегральные неоднородности верхней коры территории Киргизского Тянь-Шаня и предложить новый вариант графического отображения тектонической сегментации (делимости) коры региона.

ABSTRACT

The article discusses (first) the possibility of the structural-photometric images application for the Tian Shan intracontinental orogen segmentation. With the help of the Photoshop Pro program, the geological map into a system of graphic images was transformed. This technique allowed to identify the integral structural and morphological heterogeneity of the Kyrgyz Tian Shan upper crust and to create a scheme of the region's morphostructural segmentation.

Ключевые слова: Тянь-Шань, ороген, структура, структурно-морфометрический образ, тектоническая сегментация.

Keywords: Tian Shan, orogen, structure, structural-morphometric image, tectonic segmentation.

«Вы не можете видеть движение (горных масс – М. Леонов)..., как вы видите их структуру... Движение надо воссоздать мысленно... и подсказать его *образом*».

Эмиль Арган [3, стр. 7]

Изучение структурно-вещественной неоднородности (сегментации) земной коры – одно из актуальных направлений геологии, к тому же имеющее значение для оценки особенностей минерализации и геологических рисков [8, 12, 16, 17, 20]. Основным способом представления геологической информации является картографическое изображение в виде линейных (различные типы линий) и площадных (цвет, крап) условных знаков. На этой основе составлены геологические, структурные, тектонические, морфологические и пр. карты и схемы. Одни (например, геологические карты) – отображают (в цвете или в крапе) фактическое распределение горных масс на современном срезе поверхности Земли; другие (например, структурные карты и схемы) содержат информацию о расположении тектонических структур (разломов, складок) и их парагенезов. Третьи (например, карты

тектонические) представляют синтез данных о строении земной коры в виде неких абстракций, смысловое содержание которых определяется той или иной теоретической парадигмой, но не имеет образного выражения.

В той или иной степени эти разновидности геологической картографии несут информацию о неоднородности (сегментации) земной коры, но при этом характеризуют какую либо одну сторону этого явления, в меньшей степени затрагивая и отображая внутреннюю взаимосвязь разнородных явлений и процессов, таких, например, как морфоструктурные (от греч. *μορφή* – форма и лат. *structura* – строение) ансамбли. Согласно [1, 6, 10, 11, 13, 15, 19, 21], это понятие отражает существование форм рельефа земной поверхности, возникших за счет взаимодействия экзогенного и эндогенного факторов при доминировании последнего. Другими словами, суть понятия состоит в фиксации коррелятивной связи между геологическим строением (в комплексном его выражении) отдельных сегментов земной коры и их (этих сегментов) морфологическим обликом. Но приемов репрезентации, отражающей такую взаимосвязь, не существует, хотя интуитивно

допустимо (см. эпиграф), что интегральный смысл той или иной совокупности геологических явлений может быть отражен в графическо-текстовых «образах», выделяющих объекты по определенной совокупности характерных признаков.

Объектом для такого рода построений послужил Тянь-Шань, который представляет собой центральную и юго-западную ветви палеозойского Центрально-Азиатского подвижного пояса или центральный сегмент новейшего Евразийского внутриконтинентального орогена (рис. 1). Тянь-Шань в продольном направлении подразделен на три географических провинции: Западный – Таджикско-Киргизский Тянь-Шань (от меридиана г. Пенджикента до Ферганского разлома), Центральный – Киргизский Тянь-Шань (от

Ферганского разлома до ~ 80° в.д.), Восточный – Китайский Тянь-Шань (восточнее 80° в.д.). В статье рассмотрен сегмент Тянь-Шаня, соответствующий территории Кыргызстана.

По совокупности признаков, но главным образом по времени консолидации коры, этот сегмент горного сооружения подразделен [2, 4, 5, 7, 15,18] на три провинции: Северный Тянь-Шань (байкальско-каледонский), Срединный Тянь-Шань (каледонский, активизированный в герцинское время) и Южный Тянь-Шань (герцинский). Эта сегментация отражает географическое положение сегментов Тянь-Шаня с различным возрастом коры, но практически не несет в себе иной содержательной нагрузки.

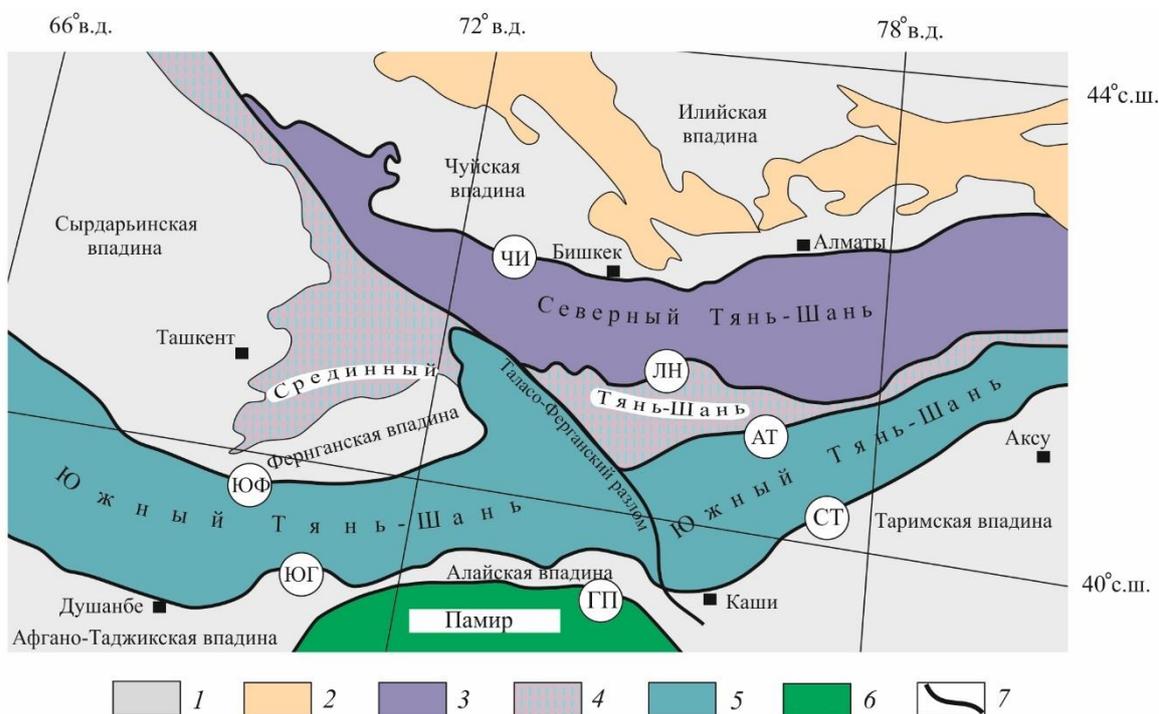


Рисунок 1. Схема тектонической сегментации Тянь-Шаня (с использованием представлений [2, 7]).

1–2 – Сырдарьинский, Казахский и Тарим-Туранский древние континенты: 1 – чехольные комплексы, 2 – выступы докембрийского фундамента; 3–5 – Тянь-Шань: 3 – Северный Тянь-Шань, 4 – Срединный Тянь-Шань; 5 – Южный Тянь-Шань (герцинский покровно-складчатый пояс); 6 – структуры Памира; 7 – главные разломы и тектонические границы: ЧИ – Чуйско-Илийский; ЛН – линия Николаева; АТ – Атбаш-Иныльчекский; СТ – Северо-Таримский; ЮФ – Южно-Ферганский; ЮГ – Южно-Гиссарский.

Fig. 1. Scheme of the Tian Shan tectonic segmentation (using [2, 7]).

1–4 – Kazakhstan-Tianshan Massif: 1 – epiplatform and orogenic basins on the of Syrdaria, Kazakh and Tarim-Turan ancient continents crust; 2 – with the Precambrian continental crust; 3 – with the Pre-Cambrian-Caledonian Continental crust (Northern Tian Shan), 4 – The Precambrian Microcontinent and the Middle-Paleozoic passive margin of the Kazakh Continent (Meddle Tian Shan); 5 – Herzinian mobile belt (South Tian Shan); 6 – Pamir structures; 7 – main fractures end tectonic limits: ЧИ – Chuy-Ilian, ЛН – Nikolaev's line; АТ – Atbashi-Inylchek; СТ – North Tarim; ЮФ – South Fergana; ЮГ – South Gissar.

Для уточнения параметров сегментации (принципов выделения, смыслового содержания, уточнения границ сегментов), на основе эмпирического подбора фильтров программы

Adobe Photoshop CS5, была осуществлена обработка Геологической карты Киргизского Тянь-Шаня [9].

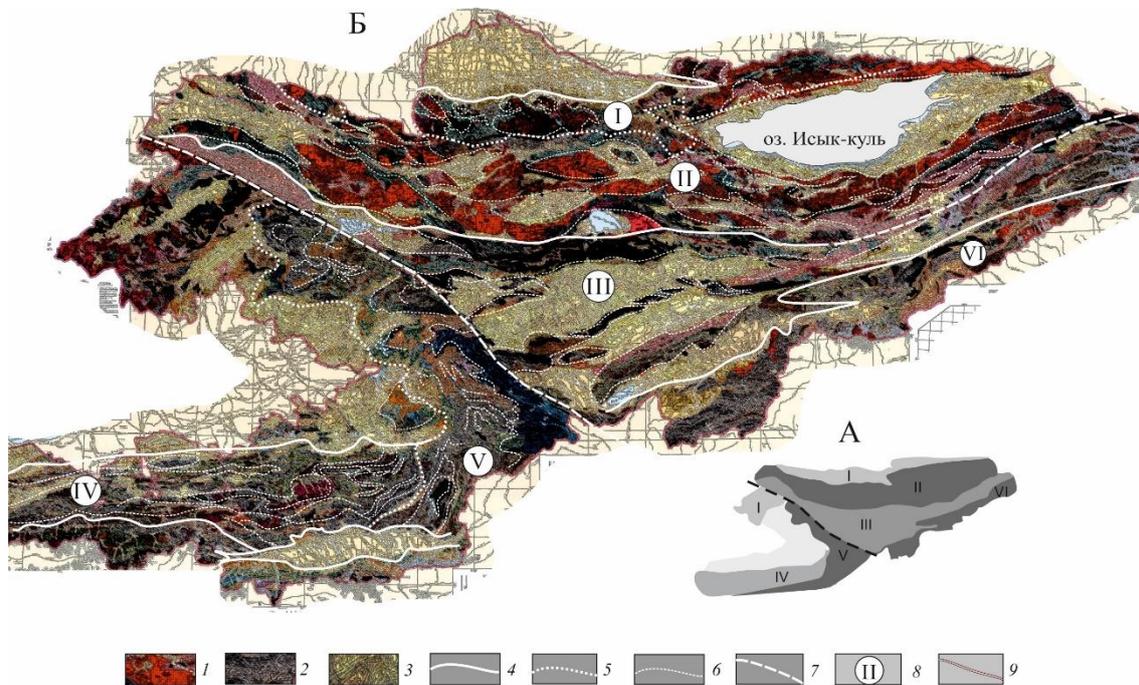


Рисунок 2. Схема структурно-фотометрических образов – отражение интегральной сегментации коры Тянь-Шаня.

Стилизация на основе компьютерной обработки Геологической карты Кыргызской республики [9].
 1–3 – основные породные комплексы: 1 – гранитные массивы, 2 – комплексы каледонско-герцинского фундамента, 3 – комплексы мезозойско-кайнозойского чехла; 4–7 – структурные линии: 4 – тектонические границы морфоструктурных провинций первого ранга; 5 – границы морфоструктурных провинций второго ранга; 6 – структурные линии третьего ранга; 7 – Таласо-Ферганский разлом; 8 – структурно-фотометрические образы и соответствующие им провинции Тянь-Шаня: I – петельчато-блоковый, II – линзовидно-линейный, III – линзовидно-ячеистый, IV – линейный, V – петельчатый, VI – линейно-петельчатый.

Figure 2. Structural-photometric images map are a reflection of the Tian Shan integral I segmentation. Stylization based on the Kyrgyz Geological Map [9] computer processing.

1–3 – major rock complexes: 1 – granite massifs, 2 – Caledonian-Hercinian basement complexes, 3 – Mesozoic-Cenozoic cover complexes; 4–7 – tectonic lines: 4 – morphostructural provinces boundaries of the first rank; 5 – morphostructural provinces boundaries of the second rank; 6 – third-rank structural lines; 7 – Talas-Fergana Fault; 8 – structural-photometric images and their respective Tian Shan provinces: I – looped-block, II – lenticular-linear, III – lenticular-cellular, IV – linear, V – looped, VI – linear-looped.

В результате, геологическая карта была трансформирована в серию структурно-фотометрических образов (СФО) (рис. 2), которые были дополнены сеткой структурных линий. Такой прием позволил конкретизировать и наглядно отобразить в цветовой гамме интегральные вещественно-структурно-мофологические неоднородности верхней коры территории Кыргызского Тянь-Шаня и внести определенные коррективы в схему тектонической делимости коры региона.

С учетом формата статьи, который не позволяет акцентировать внимание на деталях, сформулируем основные положения, вытекающие из анализа полученной картины.

* СФО как продукт трансформации геологической карты по определению являют собой спроецированное на плоскость интегральное отражение многоэтапной геологической эволюции Тянь-Шаня.

* Выделены различные типы структурно-фотометрического изображения (структурно-фотометрические образы), которые

характеризуются определенной цветовой гаммой, стилем структурного рисунка, особенностями пространственного взаимоотношения комплексов фундамента и плитно-орогенного осадочного чехла. Выделено шесть разновидностей СФО первого ранга: петельчато-блоковый, линзовидно-линейный, линзовидно-ячеистый, линейный, петельчатый, линейно-петельчатый.

* СФО характеризуют как обозначенные ранее (см. рис. 1) домены, так и домены, являющиеся составными частями крупных доменов, или, напротив, их объединяющие. Обратимся к примерам.

Северный Тянь-Шань по характеру структурно-фотометрического изображения четко разделен на две провинции. Северная (см. рис. 2 сегмент I) сложена преимущественно вулканогенно-осадочными комплексами палеозоя при ограниченном распространении гранитов (20–30%) и орогенных впадин, которые единичны и не велики по размеру. Провинция представлена петельчато-блоковым стилем инфраструктуры. Южная провинция (см. рис. 2, сегмент II)

интенсивно пропитана интрузиями палеозойских гранитоидов (~ 60–80% от общего объема горных пород), имеет линзовидно-линейный стиль строения и буквально «нашпигована» крупными линзовидными и ромбоэдрическими орогенными впадинами весьма внушительных размеров (Иссык-Кульская, Кочкорская, Сусамырская и др.). Провинция представлена линзовидно-линейным стилем инфраструктуры. Эта закономерность определена указывает на причинную связь фундамента (степень насыщенности гранитами) и тектонической подвижностью коры (дифференциация на области поднятий – хребтов и прогибаний – осадочных бассейнов).

Срединный Тянь-Шань обладает линзовидно-ячеистым структурно-морфометрическим образом (см. рис. 2, сегмент 3). Данному стилю соответствует практически полное отсутствие гранитоидного магматизма и наличие широких впадин, выполненных осадочными комплексами палеогена-квартера и разделенных узкими полосовидными выходами пород палеозойского основания. Структурно-морфометрические характеристики «линзовидно-ячеистого образа» Среднего Тянь-Шаня свойственны, в пределах

Киргизского сегмента, и северной части территории Южного Тянь-Шаня, что, возможно, является свидетельством совмещения разнородных фрагментов коры. Вариантом объяснения этого феномена может быть установленное [2] частично аллохтонное залегание породных масс Южного Тянь-Шаня на структурах Среднего Тянь-Шаня.

В пределах западного (Гиссаро-Алайского) сегмента также выделяется две провинции более высокого ранга: западная и восточная (см. рис. 2, сегменты IV и V). Обе сложены однотипными палеозойскими вулканогенно-осадочными и магматическими породными комплексами и имеют сходную реологию. Тем не менее, западной провинции свойственен линейный структурно-морфометрический стиль, восточной – петельчатый.

Наконец, нужно отметить существенное различие в структурно-морфометрическом выражении территорий Тянь-Шаня, расположенных к западу и к востоку от Таласо-Ферганского разлома, являющегося главным поперечным разделом Тянь-Шаньского орогена [14].

* Структурно-фотометрические образы отражают наличие, роль и характер проявления сдвигового объемного течения в разных СФО провинциях. Так различие СФО Гиссаро-Алайского сегмента обусловлено транспрессионной обстановкой и ламинарным течением горных масс в западной провинции (IV) и обстановкой нагнетания и турбулентного течения горных пород – в восточной (V), а также сосредоточением сдвигового течения в линейных зонах концентрированной деформации. В провинции (II) сдвиговое течение рассредоточено по всему объему горных пород фундамента и отражено в чехле в виде линзовидных кулисно

расположенных впадин. В провинции (III) сдвиговое течение приурочено к узким линзовидно-линейным антиклинальным выступам фундамента, разделяющим широкие внутригорные впадины.

* Использование набора фильтров программы Adobe Photoshop Pro и создания на этой основе системы структурно-фотометрических образов позволило дополнить и конкретизировать схему геологической сегментации новейшего внутриконтинентального орогена Тянь-Шаня и создать спроецированное на плоскость интегральное отражение многоэтапной геологической эволюции региона.

* Опыт обобщения геологической информации в виде структурно-морфометрических образов на примере Тянь-Шаня показал перспективность такого подхода и потенциальную возможность его совершенствования.

Работа выполнена по теме госзадания № 0135-2019-0047 Федерального Государственного бюджетного учреждения науки Геологического института РАН.

Литература:

1. Адаменко О.М. Морфоструктура сибирской платформы // Геоморфология. 1971. № 1. С. 12–21.
2. Алексеев Д.В., Бискэ Ю.С., Ван Бо, Дженчураева А.В. Геологическое строение и эволюция Южного Тянь-Шаня: сопоставление центрального и восточного секторов пояса (трансекты MANAS и Джунгария-Тарим) // Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных ороменов. Тез. докл. 6-го Междунар. симп. Бишкек: НС РАН, 2014. С. 7–10.
3. Арган Э. Тектоника Азии. М.: ОНТИ, 1935. 192 с.
4. Бакиров А.Б., Максумова Р.А., Сакиев К.С. Северотяньшаньский микроконтинент в структуре каледонид Тянь-Шаня // Геодинамика и геоэкология высокогорных регионов в XXI веке / М.Г.Леонов (ред.). Сб. материалов 3-го Междунар. симп. Выпуск 1. Москва-Бишкек, 2006. С. 9–22.
5. Бискэ Ю.С., Конопелько Д.Л., Зельтманн Р. Геодинамика позднепалеозойского магматизма Тянь-Шаня и его обрамления // Геотектоника. 2013. № 4. С. 61–81.
6. Борисевич Д.В. Генетическая интерпретация форм рельефа // Геоморфология. 1970. № 3. С. 15–23.
7. Буртман В.С. Тянь-Шань и Высокая Азия: тектоника и геодинамика в палеозое / ред. Ю.Г. Леонов. М.: ГЕОС, 2006, 215 с.
8. Геодинамика внутриконтинентальных ороменов и геоэкологические проблемы / Ю.Г. Леонов (ред.). Материалы 4-го Международного симп. Москва-Бишкек: НС РАН, 2009. 478 с.
9. Геологическая карта Кыргызской республики масштаба 1:500 000 / Гл. редакторы Б.Т. Турсунгазиев, О.В.Петров. 2008 г.
10. Геологический словарь. Т. 1. М.: Изд-во «Недра», 1973. 488 с.

11. Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А., Живаго А.В. и др. Рельеф Земли (морфоструктура и морфоскульптура) / Отв. ред. И. П. Герасимов, Ю. А. Мещеряков. М.: Изд-во Наука, 1967. 331 с.
12. Дельво Д., Абдрахматов К.Е., Лемзин И.Н., Стром А.Л. Оползни и разрывы Кеминского землетрясения 1911 г. с М 8,2 в Киргизии // Геология и геофизика. 2001. Т. 42. С. 1667–1677.
13. Ласточкин А. Н. Тектонические движения, структуры и морфоструктуры платформенных равнин // Геоморфология. 1976. № 3 С. 15–25.
14. Леонов М.Г. Тектоника консолидированной коры / Ред. Ю.О. Гаврилов. М.: Наука, 2008. 458 с.
15. Макаров В.И., Рыбин А.К., Матюков В.Е., Пушкерев П.Ю., Щербина Ф.А. Особенности глубинной структуры депрессионных областей Центрального Тянь-Шаня // Современные проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. Материалы 5-го Междунар. симп. / Ред. М.Г. Леонов, Н.В. Шаров. Т. 2. Бишкек: НС РАН, 2012. С. 36–45.
16. Максумова Р.А., Дженчураева Р.Д. Тектоническое районирование и металлогения каледонид Тянь-Шаня // Известия НАН КР. 2003. № 4. С. 59–73.
17. Проблемы геодинамики и геоэкологии внутриконтинентальных орогенов. 6-ой Междунар. Симп. Тезисы докладов. Бишкек: НС РАН, 2014. 452 с.
18. Современная геодинамика областей внутриконтинентального горообразования / В.И.Макаров (ред.). М.: Научный мир, 2005. 400 с.
19. Толковый словарь английских геологических терминов / Ред. Дж. А.Джексон. Перевод с англ. Под ред. Н.В. Межеловского. Т. 2. М.: МЦГК «Геокарт», ГЕОС, 2002. 644 с. (Glossary of Geology / Ed. J.A. Jackson. Alexandria, Virginia: Am. Geol. Inst. 1997).
20. Утиров Ч.У. О влиянии латентных продольно-поперечных геологических поднятий мантийного заложения на природно-катастрофические явления // Вестн. Междунар. университета Кыргызстана. 2000. № 4. (12). С. 66–83.
21. Уфимцев Г.Ф., Корженков А.М., Мамыров Э.М. Очерки рельефа и морфотектоники Тянь-Шаня. Новосибирск: «ГЕО», 2009. 130 с.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

ПОДХОДЫ В ИЗУЧЕНИИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АНТИБИОТИКАМИ

Ананян Анаит Севадовна

*Балтийский федеральный университет им. И.Канта
г. Калининград*

APPROACHES TO STUDYING ANTIBIOTIC CONTAMINATION

Ananian Anait

*Immanuel Kant Baltic Federal University,
Kaliningrad*

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.406

АННОТАЦИЯ

Данная работа представляет обзор проблем, связанных с применением антибиотиков в разных областях (медицина, сельское хозяйство) для лечебных и профилактических целей, а также риски, которые могут возникнуть для экологии при поступлении противомикробных препаратов в объекты окружающей среды. Наиболее опасная проблема – это устойчивость патогенов к антибиотикам, что может вызвать другие социальные проблемы – рост заболеваемости, смертность, упад экономики. На данный момент не только в России, но и в мире, именно экологическое направление изучения лекарственных препаратов, в частности антибиотиков, их путь попадания в окружающую среду и опасность, развивается недостаточно и связано это с рядом методических сложностей. Не до конца изучены риски для живой природы и человека, которые могут возникнуть из-за остатков различных лекарственных препаратов, их влияния по отдельности и вместе. Контроль антибиотиков в объектах окружающей среды позволит снизить нагрузку поступления препаратов через сточные воды, разработать дополнительные мероприятия по очистке вод на предприятиях, где активно используются противомикробные средства, а также выявить «горячие точки» в регионах.

ABSTRACT

This work provides an overview of the problems associated with the use of antibiotics in different areas (medicine, agriculture) for therapeutic and prophylactic purposes, as well as the risks that may arise for the environment when antimicrobial drugs enter the environment. The most dangerous problem is the resistance of pathogens to antibiotics, which can cause other social problems - an increase in morbidity, mortality, and economic decline. At the moment, not only in Russia, but also in the world, it is the ecological direction of the study of drugs, in particular antibiotics, their way of entering the environment and danger, is developing insufficiently and this is due to a number of methodological difficulties. The risks to wildlife and humans that may arise from residues of various drugs, their effects separately and together are not fully understood. Control of antibiotics in environmental objects will reduce the load of drugs entering through wastewater, develop additional measures for water purification at enterprises where antimicrobial agents are actively used, and also identify "hot spots" in the regions.

Ключевые слова: антибиотики, экология, животноводство, медицина.

Keywords: antibiotics, ecology, animal husbandry, medicine.

Введение

В последнее время антибиотикорезистентность (устойчивость штамма возбудителей инфекции к антибактериальным препаратам) становится все более актуальной проблемой. Резистентность может возникать различными путями: природная особенность устойчивости микроорганизмов к антибиотикам или случайные мутации, но чаще всего это постепенное накопление свойств устойчивости из-за длительного воздействия антибиотиков. Согласно отчету Всемирной организации здоровья (ВОЗ) 2014 г. (Устойчивость к противомикробным препаратам) человек может столкнуться с тем, что антибиотикорезистентность будет расти быстрее, чем появление новых противомикробных препаратов, к которым патогены ещё не выработали устойчивость. Это приведет к глобальным социальным проблемам: не только современные и сложные медицинские операции, но

даже самые простые хирургические манипуляции будут проводиться с высоким риском возникновения инфекции, повысится смертность и инвалидность, здравоохранение столкнется с тем, что срок нахождения пациентов в больницах увеличится и ресурсов для таких высоких нагрузок будет недостаточно. Новые поколения антибиотиков будут ценным ресурсом, а их стоимость – настолько высока, что использовать их сможет только часть населения, что приведет к социальному неравенству и разделению [10, с. 12-25].

Цель работы – провести анализ информации по вопросу применения антибиотиков в разных отраслях, пути поступления антибиотиков в окружающую среду и развитию экологического мониторинга объектов окружающей среды.

Результаты и их обсуждение

Медицина

Основными источниками поступления антибиотиков в объекты окружающей среды является их применение в медицине, ветеринарии, сельском хозяйстве. Если говорить о медицине, то на данный момент существует тенденция при лечении ряда заболеваний не использовать противомикробные средства, а переходить на альтернативные методы. Эти принципы отражены в рекомендациях ВОЗ (программа СКАТ «Стратегия контроля антимикробной терапии в лечебно-профилактических учреждениях для стран с низким и средним доходом»). В этой программе рассматриваются подходы для решения проблемы широкого использования антибиотиков: например, обучение кадров в рамках новой концепции, внедрение программы на региональных уровнях, оценка эффективности работы структур, создание органов надзора и контроля [8, с. 8-12]. В России эта программа носит рекомендательный характер, но активно внедряется в медицинские учреждения регионов с помощью методических рекомендаций напрямую от региональных департаментов здравоохранения (*Распоряжение от 25 сентября 2017 года №2045-р. Стратегия определяет государственную политику по предупреждению и ограничению распространения устойчивости микроорганизмов к противомикробным препаратам, химическим и биологическим средствам.*) [1, с. 15].

С другой стороны, существует такая проблема, как неосознанное использование населением антибиотиков и самолечение. Например, при респираторных вирусных инфекциях часто люди без назначения врача обращаются к противомикробным препаратам, тогда как они неэффективны и необходима группа противовирусных препаратов. Особенно эта тенденция усугубилась в 2020 г. и связана она с вирусной пандемией – COVID-19, когда Министерство здравоохранения РФ включил в список лекарств, рекомендованных при лечении коронавируса, ряд антибиотиков (азитромицин, амоксициллин, кларитромицин, левофлоксацин, моксифлоксацин) и спрос на антибиотики в целом вырос, вызвав весной 2020 г. дефицит на эти лекарственные средства. Опираясь на косвенные показатели потребления препаратов, эффективно сократить назначение и самолечение антибиотиков позволяют национальные информационно-просветительские кампании. Успешным примером такого подхода являются Бельгия и Франция, в которых показатели по применению антибиотиков были одни из самых высоких в Европе, но благодаря ряду мероприятий по распространению информации об опасности бесконтрольного применения противомикробных средств показатели уменьшились [14, с. 3].

На данный момент в России большинство системных антибиотиков являются рецептурными (в основном инъекционные и пероральные формы выпуска), но некоторые продаются без рецепта –

это «устаревшие» виды: хлорамфеникол, тетрациклин, эритромицин, сульфацил-натрий (очень токсичный), сульфаниамид, полимиксин, гентамицин – все они, как правило, продаются в виде гелей, мазей, кремов и применяются как офтальмологические и дерматотропные средства. Если обращаться к статистике по продаже и производству антибиотиков, то в России (по данным совместного исследования «Фармвестник» и аналитической компании AlphaRM) на октябрь 2020 г. продажи выросли на 14% относительно аналогичному периоду 2019 г. Что касается производства антибиотиков в России, то также наблюдается рост: по данным Alto Consulting Group в 2019 г. было произведено 553,5 тонн антибиотиков, что на 46,7% больше относительно 2018 г. Производство в октябре 2020 г. составило 69,8 тонн, что относительно октября 2019 года больше на 11,1% [4, с. 19-21]. Пандемия, рост производства и спроса на антибиотики, безрецептурные противомикробные препараты – всё это увеличивает объём попадания антибиотиков в объекты окружающей среды.

Сельское хозяйство

Другая отрасль, в которой широко используются антибиотики – это сельское хозяйство, в особенности, животноводство. Во-первых, в промышленном масштабе большое количество животных содержится, как правило, на малых площадях, что повышает риск возникновения и распространения различных инфекций. Во-вторых, технологический процесс выращивания и содержания животных предполагает лекарственную обработку, а противогрибковая профилактика необходима при транспортировке животных. В России наиболее распространёнными антибиотиками в сельском хозяйстве, в частности, животноводстве, являются «устаревшие» формы (тетрациклины, пенициллины, хлорамфеникол). Причины их повсеместного применения: относительно невысокая стоимость и доступность на рынке, в медицинской практике при лечении людей они уже не являются популярными, тогда как большинство инфекций на производствах ими можно остановить. Ещё существует практика применения кормовых антибиотиков, в качестве стимуляторов роста. Они широко применяются в свиноводстве и птицеводстве, и помимо того, что стимулируют рост, также повышают иммунитет и способствуют уменьшению объемов корма (снижают расход протеина). У птиц повышается продуктивность (яйценоскость), а для рогатого скота за счет увеличения скорости роста молодняка, снижаются кормовые затраты и, в конечном итоге, производство молока становится более выгодным. В США широко применяются моноклин, ласалоцид, лайдломицин, а хлорамфеникол запрещён.

Отдельно следует рассмотреть применение антибиотиков в аквакультуре. При активном промышленном разведении рыб и беспозвоночных существует тенденция ухудшения

гидрохимического режима и загрязнения водного объекта продуктами жизнедеятельности и кормом, что создает благоприятную среду для патогенных микроорганизмов. Для того чтобы можно было сохранить искусственно выведенную культуру и предотвратить вспышки распространения инфекций используют противомикробные средства. Практически во всех странах, которые развивают аквакультуру, самый распространённый антибиотик – окситетрацилин [4, с. 216-223].

По данным Росстата тенденция производства кормовых антибиотиков в России за последние 5 лет снижается: в 2016 г. было изготовлено 111 тонн, тогда как в 2018 г. 26,5 тонн [6, с. 65]. Применяя антибиотики даже в небольшом количестве, они в малых дозах попадают в конечную продукцию (мясо и молоко) и далее распространяются не только на местный рынок, но и экспортируются в другие страны и, возвращаясь к проблеме устойчивости, резистентность бактериальных популяций распространяется во всём мире – проблема не имеет географических границ.

Отказ от кормовых антибиотиков может повлечь за собой социальные проблемы иного характера – это продовольственный дефицит в мире. Изменение технологий, переход на альтернативные способы ведения хозяйств – процедура долгая и затратная, требующая некоторой подготовленности экономики и уверенных инструментов, так как в первую очередь будет отражаться на цене готового продукта, а это большой риск, особенно для стран с низким и средним доходом. В 2018 г. Росстандартом была зарегистрирована и активно внедряется регионами система добровольной сертификации «Система контроля антимикробных препаратов – СКМП» (рег. № РОСС RU.31847.04АМП0 от 20.02.2018), которая предполагает ряд общехозяйственных и ветеринарно-санитарных мероприятий, направленных на снижение использования антибиотиков в сельском хозяйстве. Производства могут присоединиться к этой программе и, если их продукция не превышает предельно-допустимые концентрации (ПДК) по антибиотикам, то производитель получает сертификаты на продукцию, вносится в специальный реестр и получает право официально на своей продукции ставить маркировку «без антибиотиков», что повышает репутацию предприятия.

На данный момент в сельском хозяйстве практически нет альтернативы противомикробным препаратам, поэтому напрямую через продукты питания человек регулярно будет получать малые дозы антибиотиков, угнетая при этом иммунную систему. Само производство антибиотиков (в том числе кормовых) и использование их на с/х предприятиях провоцируют постоянное поступление лекарственных препаратов в объекты окружающей среды через отходы и сточные воды.

Экология

Другое направление, связанное с изучением антибиотиков, это экологический мониторинг. В России, как и в остальном мире, определение и

мониторинг содержания лекарственных веществ в объектах окружающей среды только зарождается ввиду недостаточной изученности поведения этих соединений в природной среде и влияния на их устойчивость различных факторов, так и сложности лабораторного анализа. В этом вопросе 2017 г. стал решающим: сразу несколько международных организаций: ООН (Организация объединённых наций) и ХЕЛКОМ (Хельсинская комиссия) подняли вопрос о новом направлении изучения загрязнений – загрязнение лекарственными препаратами, в частности антибиотиками, тогда эти соединения официально были признаны новыми загрязняющими веществами. Например, исследования 2015-2017 гг. ХЕЛКОМ совместно с ЮНЕСКО показали, что существует загрязнение Балтийского моря остатками фармацевтических препаратов, и выделили новое приоритетное направление в изучении загрязнений органическими соединениями (Отчет HELCOM, 2017). Опасность заключается в том, что биомасса воспринимает лекарственные препараты, в частности антибиотики, за источник углерода, а это может привести к ряду последствий: токсическое действие на гидробиоту, формирование устойчивости патогенных микроорганизмов, ингибирование способности гидробиоты производить детоксикацию загрязняющих органических соединений. Следует также учитывать, что вместе с антибиотиками в окружающую среду попадают и антибиотикоустойчивые бактерии, которые продолжают размножаться, передавая и распространяя свою резистентность. Особенно это касается загрязнённых водных объектов (через стоки и отходы населения и предприятий), в которых устойчивость к противомикробным препаратам широко распространяется среди морских позвоночных, и они могут стать главными резервуарами антибиотикоустойчивых бактерий в Мировом океане [11, с. 31].

Достаточно много открытых методических вопросов: отсутствует общий методический подход, связанный как с отбором, хранением, транспортировкой подготовкой проб, так и с методами анализа, обработкой полученных данных. Для определения антибиотиков в объектах окружающей среды в России на государственном уровне нет таких нормативных документов, как, например, для продуктов питания. Это связано с тем, что количества, которые могут обнаруживаться, малы, и при пробоподготовке необходимо прибегать к способам концентрирования. Кроме того, для определения лекарственных препаратов необходимы современные и чувствительные методы анализа, например, метод высокоэффективной жидкостной хроматографии или масс-спектрометрия, а они дорогостоящие и малодоступные, что замедляет разработку и внедрение методик. Также отсутствуют ПДК даже для самых распространенных антибиотиков в воде водных

объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.

Комплексный подход при мониторинге антибиотиков должен учитывать назначение водного объекта, его гидрохимический режим, потенциальные источники загрязнения и т.д. На примере тетрациклиновой группы, как на наиболее популярной группе антибиотиков в сельском хозяйстве и применяемой в медицинской практике в России, можно рассмотреть, как совокупность факторов будет влиять на полученный результат. По своей природе тетрациклины обладают амфотерными свойствами, что позволяет им реагировать с органическими и неорганическими кислотами, щелочными и щелочноземельными металлами, а также они как комплексообразователи создают нерастворимые соединения с катионами многовалентных металлов. Этот фактор необходимо учитывать при отборе/хранении/транспортировке проб. Например, для подавления процесса комплексообразования и увеличения срока хранения проб, иногда добавляют раствор ЭДТА (этилдiamинететрауксусной кислоты), особенно это актуально в тех случаях, когда расстояние от места отбора до лаборатории значительное и необходимо продолжительное время для доставки проб. Солёность также может влиять на концентрации, если определять количественно. Согласно справочным данным тетрациклины в сухом виде устойчивы, но ситуация резко меняется, когда антибиотики находятся в виде раствора: устойчивость тетрациклинов в растворе будет зависеть в первую очередь от температуры и pH. Они наиболее устойчивы и активны в кислых средах, в щелочной среде активность и устойчивость резко снижается (при $t=22-25^{\circ}\text{C}$ устойчивость тетрациклина при pH 2,5 – 12 дней, 7 – 3 дня, 8,5 – 12 часов), так же с повышением температуры устойчивость снижается (при pH=7 устойчивость тетрациклина при $t=22-25^{\circ}\text{C}$ – 3 дня, а при $t=37^{\circ}\text{C}$ – 24 часа [3, с. 416]. Из всех тетрациклинов хлортетрациклин наиболее лабилен. Эти справочные данные указаны для чистых веществ в водных растворах в лабораторных условиях. Но объекты окружающей среды, в том числе природная вода, это многокомпонентные, сложные системы. Поэтому при долгосрочном мониторинге такие показатели, как температура, pH и солёность должны быть базовыми и замеряться при пробоотборе. Например, если есть задача выявить корреляцию между концентрациями антибиотиков в сточных и природных водах и эпидемиологической ситуацией, то такой феномен как «сезонность респираторных инфекций» попадает на холодное время года, и увеличение концентраций может быть связано не только с заболеваемостью, но и с тем, что соединения более устойчивы при пониженных температурах. Следовательно, при разработке предложений по мониторингу антибиотиков в природной воде, необходимо учитывать физико-химические свойства

соединений, гидрологические условия конкретных водоёмов, сезон, удалённость потенциальных источников загрязнения. Также следует обратить внимание и на мониторинговую сеть пробоотбора: существуют «горячие» точки, например, вблизи с/х предприятий, стоки больницы, неочищенные городские стоки

Уменьшению нагрузки поступления загрязняющих веществ может помочь внедрение методов очистки вод (озонирование, обработка ультрафиолетом, персульфатное окисление, применение сорбентов) на фармацевтических заводах и предприятиях с активным использованием антибиотиков, а также улучшение городских очистных сооружений [2, с. 36-38; 5, с. 171].

Заключение

Антибиотики являются неотъемлемой и важной частью современного мира и на данный момент противомикробная терапия является ведущей в медицине и сельском хозяйстве. Но и риски активного применения антибиотиков высоки, что может привести к ряду социальных и экологических проблем. Поэтому современные подходы в этом вопросе и решение проблем должны быть комплексными: медицина нацелена на разработку альтернативных методов лечения ряда заболеваний и создание новых противомикробных препаратов, чтобы у человечества в случае пандемий и вспышек заболеваний был «запасной вариант»; сельское хозяйство должно быть направлено на уменьшение антибиотиков на предприятиях, разработке новых технологических подходов, а производитель должен быть заинтересован в том, чтобы его продукция была без антибиотиков. Касаясь экологии, то можно выделить ряд рекомендаций:

- доработка аналитических методов анализа, стремление к единству методик определения лекарственных препаратов (в том числе и метаболитов);
- улучшение подхода к ведению статистических данных в регионах по обороту лекарственных препаратов в различных отраслях;
- информационно-просветительские кампании среди населения об опасности неосознанного применения антибиотиков;
- внедрение на предприятия методов очистки вод и улучшение городских очистных сооружений;
- экотоксикологические исследования не только по отдельным видам антибиотиков и метаболитам, а оценка токсичности в сумме лекарств;
- внедрение практики экологического мониторинга лекарственных средств, например, в районах с/х предприятий.

Работа была выполнена в рамках повышения конкурентоспособности 5-100 на 2016-2020 годы.

Литература:

- 1) Белобородов В.Б. [и др.] Программа СКАТ (Стратегия Контроля Антимикробной Терапии) при оказании стационарной медицинской помощи.

Методические рекомендации для лечебно-профилактических учреждений Москвы // Consilium Medicum. 2017. — №7-1. 2021.

2) Долина Л.Ф., Савина О.П. Очистка вод от остатков лекарственных препаратов // Наука и прогресс транспорта. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта. 2018. — №3 (75).

3) Навашин С. М., Фомина И. П. Справочник по антибиотикам. М.: Медицина, 1974, 416 с.

4) Нечаева Ю. ОБЗОР ПРОДАЖ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ ПРЕПАРАТОВ ПО ИТОГАМ 9 МЕСЯЦЕВ 2020 ГОДА // Ремедиум. 2020. — №10.

5) Сазыкин, И. С. Роль очистных сооружений сточных вод в распространении генов резистентности к антибиотикам / И. С. Сазыкин // Утилизация отходов производства и потребления: инновационные подходы и технологии: Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Киров, 04 декабря 2019 года. — Киров: Вятский государственный университет, 2019. — С. 171-176.

6) Сельское хозяйство в России. 2019: Стат.сб./Росстат – С 29 М., 2019. – 91 с.

7) Синопальников А.И. Антибиотики и внебольничные инфекции нижних дыхательных путей. Кому? Какой? // КМАХ. 2019. — №1.

8) Стратегия контроля антимикробной терапии в лечебно-профилактических учреждениях для

стран с низким и средним уровнем дохода. Практическое пособие ВОЗ [Antimicrobial stewardship programmes in health-care facilities in low- and middle-income countries. A WHO practical toolkit]. Женева: Всемирная организация здравоохранения, 2020.

9) Шульгина Л.В. [и др.] Антибиотики в объектах аквакультуры и их экологическая значимость. Обзор // Известия ТИНРО. 2015.

10) Antimicrobial resistance: global report on surveillance // World Health Organization, 2014.

11) Moore M., Rose J.M. Occurrence and patterns of antibiotic resistance invertebrates off the Northeastern United States coast // FEMS Microbiology Ecology. 2009. — Mar;67(3):421-31.

12) Ocan M., Obuku E.A., Bwanga F., Akena D., Richard S., Ogwal-Okeng J., et al. Household antimicrobial self-medication: a systematic review and meta-analysis of the burden, risk factors and outcomes in developing countries. BMC Public Health, 2015. — 08 1;15(1):742.

13) Swedish work on containment of antibiotic resistance – Tools, methods and experiences — Stockholm: Public Health Agency of Sweden, 2014. — P. 16—17, 121—128

14) Tao W., Ivanovska V., Schweickert B. Proxy indicators for antibiotic consumption; surveillance needed to control antimicrobial resistance. Bulletin of the World Health Organization // World Health Organization, 2019.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА КОРРЕКЦИИ НЕОДНОРОДНОСТИ МАТРИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В МАТРИЦЕ ТЕПЛОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ MPSOC

Нгуен Нгок Хынг

Аспирант

Бу Хоа Тиен

к.т.н, Доцент

Нгуен Ви Тхуан

к.т.н

До Ван Фан

к.т.н

Технический Университет им. Ле-Куй-Дона.

Вьетнам

IMPLEMENTING NON-UNIFORMITY CORRECTION ALGORITHM FOR INFRARED FOCAL PLANE ARRAY BASED ON MPSOC.

АННОТАЦИЯ

Неидентичная реакция матричных элементов в матрице тепловых изображений цифрово-оптической камеры при идентичном входном воздействии существенно влияет на качество полученных изображений. Алгоритм коррекции неоднородности матричных элементов в масштабе реального времени оказывается актуально необходимым. С целью реализации данного алгоритма одновременно с другими алгоритмами обработки изображений, работа предлагает вариант реализации алгоритма для получения качественных изображений. Вариант реализации основан на известной технологии MPSoC, сочетающей вычислительно встроенную технологию с FPGA технологией. Технология MPSoC позволяет одновременно осуществлять ряд вычислительных задач с высокой скоростью вычисления, что обеспечивает требование о реальном времени и эффективности обработки изображений в технических системах.

ABSTRACT

Non-Uniformity Responding of Infrared Focal Plane Array significantly effects on image quality. Non-Uniformity Correction algorithm executed in an embedded system with real time requiring is necessary. In order to implement this algorithm work with other image processing, this paper concentrates on method to actualize multiple executings based on MPSoC technology. This is a combination between embedded system and FPGA. Therefore, it has ability of processing simultaneously actions on hardware that compiled by software. Experimental result of NUC algorithm presents real time and accuracy performances.

Ключевые слова: неоднородность матричных элементов; матрица тепловых изображений; технология MPSoC; технология FPGA.

Key words: Infrared Focal Plane Array, Non-uniformity Correction, MPSoC.

Постановка задачи

В настоящее время цифрово-тепловые камеры находят все более широкое применение в технических системах различной социальной области, они служат наблюдению объектов в ночном или слабоосвещенном условии. Составными основными элементами цифрово-тепловой камеры являются матрица тепло-чувствительных элементов, оптическая система (ОС) и электронная плата (ЭП) предварительной обработки изображений. Матрицы тепло-чувствительных элементов (Infrared Focal Plane Array – IFPA) в настоящее время производимы по разным технологиям. Распространенной из них являются малогабаритная матрица (Microbolometer IFPA) без системы охлаждения. Однако такая матрица имеет ряд существенных недостатков, связанных с нестабильной реакцией каждой пиксели матрицы при одном и том же освещении через ОС и с плаванием однородности матричных элементов (МЭ) под действием температуры среды. Эти недостатки приводят к появлению, так называемых,

«мертвых пикселей» и в дальнейшем к ухудшению качества изображений. Нестабильность реакции МЭ под стабильным входным воздействием называется неоднородностью.

Ставится задача изучения, которая решает вопрос фиксирования и коррекции неоднородности каждого МЭ программно-алгоритмическим способом при работе цифрово-тепловой камеры.

Изучая многочисленные мировые работы, связанные с данным вопросом в последнее время, отметим, что алгоритм NUC (Non-uniformity Correction) может быть реализован по двум направлениям:

Первое – предлагается использовать эталонно-абсолютный черный ящик (ЭАЧЯ) для калибровки однородности МЭ [1,2]. Преимуществами такого способа являются простотой алгоритма коррекции неоднородности каждой пиксели, повышение точности и скорости обработки изображений, чем самым удовлетворяет требованию обработки изображений в реальном времени. Однако, недостатки первого способа заключаются в

необходимости наличия калибратора (ЭАЧЯ) перед каждой подготовкой камеры к работе и в неустранимом плавании однородности МЭ при изменении температуре среды.

Второе – оно основано на статистике полученных изображениях, т.е. осуществляется математическая статистика характерных изменений однородности МЭ в изображениях и с помощью алгоритмов Neural Network или GA корректируется их неоднородность прямо при работе камеры (онлайн коррекция). Однако, существенной недостаткой второго способа является невыполнение требования обработки изображений в реальном времени из-за достаточно большого времени вычисления в этих алгоритмах. Кроме того, онлайн коррекции неоднородности МЭ не отстраняет явление остаточности и ухудшения контрастности изображения при остановке объекта наблюдения в автоматических следящих системах [7]. Причины возникновения перечисленных недостатков алгоритмов NUC в основном состоят в отсутствии эталонных изображений. Вместо их, используются различные цифровые фильтры в определении желаемой однородности для любой пиксели на основе вычисления средней однородности соседних пикселей.

Научная практика доказывает, что многие ученые мира тратят достаточно большое время на устранение этих недостатков, но вопрос еще не решается полностью. Одни результаты изучения улучшают качества изображения, но усложняют алгоритмы обработки, что не удовлетворяет требованию о реальном времени. Другие результаты достигают и качества и реального времени, но автоматически расширяют материальную часть технической системы, что неприемлемо для систем, ограниченных по габаритам. В таком случае рекомендуется применение первого способа.

По некоторым изучениям, чтобы решать вопрос о реальном времени и ограничении габаритов технической системы, коррекция неоднородности МЭ осуществляется одновременно программным и аппаратным путем на основе FPGA технологии [1,7]. Необходимо отметить, что FPGA технология тоже имеет некоторые недостатки, касающиеся к ограничению аппаратных ресурсов. Например, ограничение объема внутренней памяти при достаточно большой программе обработки изображений.

С целью устранения недостатков FPGA технологии, данная работа рекомендует применять MPSoC технологию, которая сочетает вычислительно-встроенную технологию с FPGA технологией. Такая технология имеет ряд

достоинств, как гибридность перехода из программной работы к аппаратной и обратно, так и высокая скорость вычисления с малой внутренней памяти. Видимо, что MPSoC технология отвечает почти все требования вопроса обработки изображений в реальном времени, даже и требование о малогабаритности технической системы.

Исходя из вышего анализа, в данной работе поставлена задача изучения возможности реализации алгоритма коррекции неоднородности МЭ матрицы тепловых изображений на основе применения MPSoC технологии в технических системах с ограничением габаритов, работающих в реальном времени.

Решение задачи

1. Алгоритм коррекции неоднородности МЭ

Некорректированная однородность пикселей (МЭ) в матрице тепловых изображений (FPA) описывается линейным выражением [2]:

$$y_k^{(i,j)} = a_k^{(i,j)} x_k^{(i,j)} + b_k^{(i,j)} \quad (1)$$

Где: $y_k^{(i,j)}$ - реакция пиксели с координатами (i,j) матрицы в момент k , соответствующая входному воздействию $x_k^{(i,j)}$.

Целью алгоритма NUC является нахождение текущего $a_k^{(i,j)}$ усиления и компенсированной доли $b_k^{(i,j)}$ в каждой пиксели, чтобы корректировать их реакцию наилучшим образом. Это нахождение выражается следующей формулой

$$x_{NUCK}^{(i,j)} = Gain^{(i,j)} y_k^{(i,j)} + Offset^{(i,j)} \quad (2)$$

При этом, коэффициенты $Gain^{(i,j)} = 1/a^{(i,j)}$ и $Offset^{(i,j)} = -b^{(i,j)}/a^{(i,j)}$ фиксированно определены при онлайн коррекции или с помощью ЭАЧЯ.

Довольно простой и эффективный метод определения коэффициентов $(Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)})$ предпочитают использование не менее двух опорных точек, сгенерированных ЭАЧЯом, чтобы получить соответствующую выходную реакцию. После того, применяют алгоритм линейной регрессии, чтобы найти коэффициенты $(Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)})$.

Алгоритм NUC проходит 3 шага:

1^й шаг: для каждой пиксели матрицы теплового изображения в двух эталонно-опорных температурах (T1, T2) осуществляется взятие весовых пробов реакции и их усреднение, как показано на рис.1.

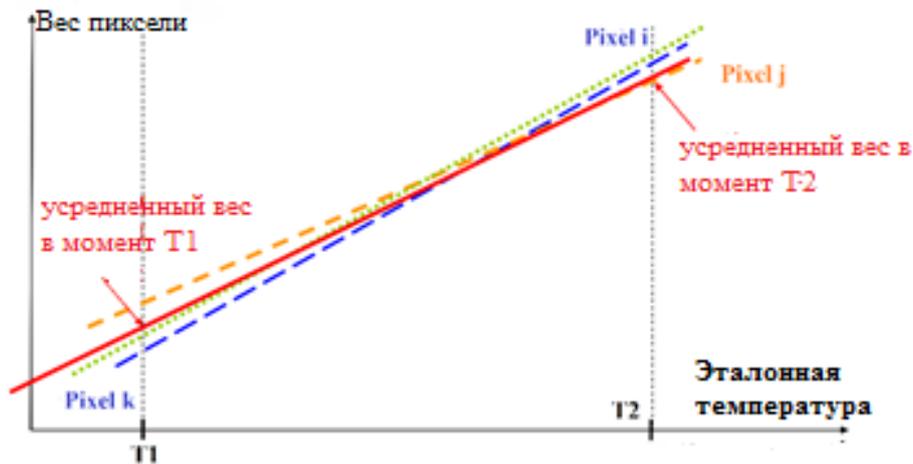


Рис.1. Определение усреднённого веса реакции МЭ

2^й шаг: осуществляется регулирование веса для каждой пиксели с соответствующим коэффициентом усиления $Gain^{(i,j)}$, определенным алгоритмом линейной регрессии с помощью

усредненной весовой характеристики в 1-ом шаге. Отрегулированный вес пиксели имеет линейный характер, как показан на рис.2.

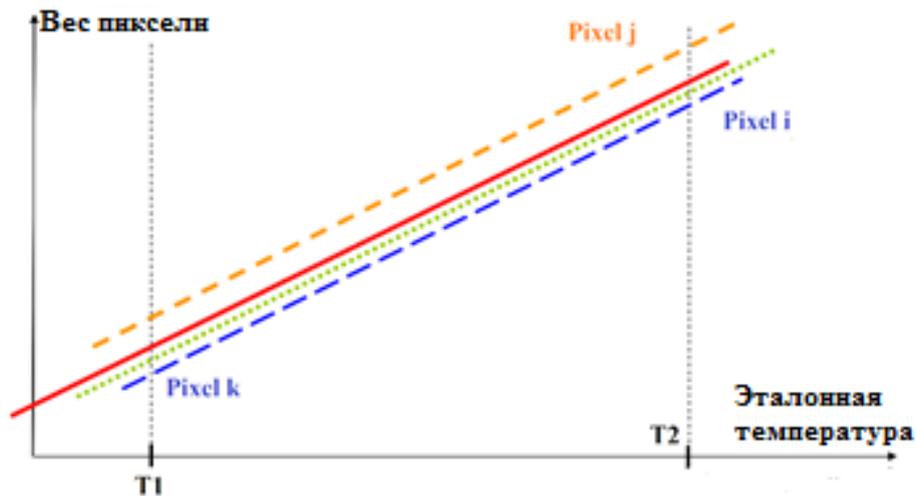


Рис.2. Регулирование веса реакции МЭ коэффициентом усиления.

3^й шаг: осуществляется регулирование веса по компенсирующей доли $Offset^{(i,j)}$, определенной с помощью алгоритма линейной регрессии.

Компенсационная характеристика имеет вид, показанный на рис.3.

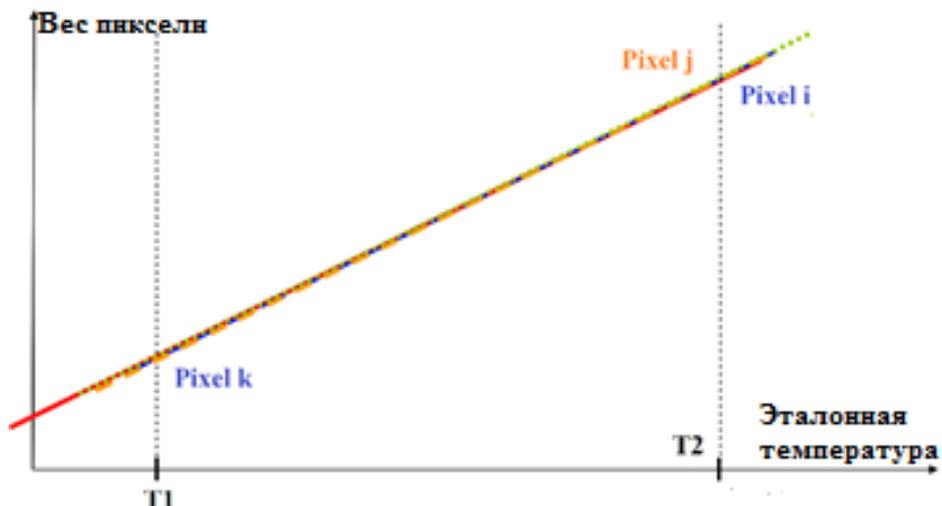


Рис.3. Регулирование веса реакции МЭ компенсационной долей.

После трех шагов регулирования все пиксели матрицы тепловых изображений будут иметь сравнительно идентичную реакцию перед одной и той же входным воздействием. Первый шаг должен быть выполнен перед подготовкой тепловой камеры к работе, с помощью ЭВМ. Второй и третий шаги будут осуществлены в процессе работы камеры с помощью специального вычислителя, работающего на основе MPSoC технологии.

2. Реализация алгоритма коррекции неоднородности пиксели по MPSoC

Для того, чтобы обеспечить требования о реальном времени при обработке и адаптивности тепловых изображений с разными видео стандартами, технология MPSoC одновременно выполняет: распределение потоков данных по разным алгоритмам приема и обработки изображений; вычисление по алгоритмам. Структурная схема реализации технологии MPSoC приведена на рис.4.

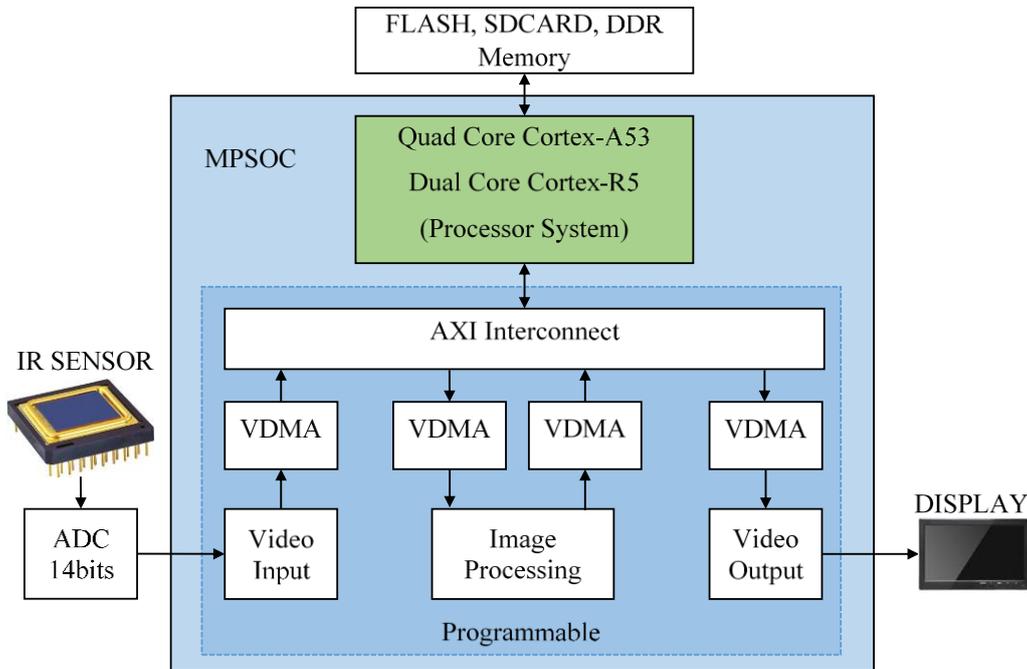


Рис.4

В блоке «Video Input», данные разных видеостандартов преобразуются в нужный формат перед тем, как они будут переданы в блоке «VDMA» (Video Direct Memory Access) и сохранены в операционной памяти «DDR». Последующая обработка может быть осуществлена в микропроцессорах «PS» (Processor System) или ускорена в аппаратном блоке «PL» (Programmable Logic).

Коэффициенты $(Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)})$ будут записаны в памяти FLASH и копированы в «DDR» при осуществлении алгоритма NUC. Результаты обработки передаются последовательно в блоки «VDMA», «Video Input» и «Display».

Алгоритм NUC, реализованный по технологии MPSoC и выражению (2), описывается следующими программными кодами:

//Чтение $(Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)})$, записать в Flash и копировать в RAM.

//Паралельно вычислить на аппаратной основе ПЛИТА (FPGA)

```
#pragma HLS PIPELINE
#pragma HLS LOOP_TRIPCOUNT min=1
max=409600
```

For i = 0 to Height-1

For j = 0 to Width-1

$$Pixel_Temp[i * Height + j] = Gain[i * Height + j] * Pixel_In[i * Height + j] + Pixel_NUC[i * Height + j] + Offset[i * Height + j]$$

Выполнение алгоритма NUC для всех пикселей матрицы тепловых изображений должно быть повторно циклическим ($Width * Height$). Например, если размер матрицы составляет 640x480 пикселей, то нужно 307.200 повторных циклов вычисления. Если все вычисления осуществляются одновременно, то требуется довольно большой ресурс блока «PL», что не выполнимо в одной интегральной схеме (IC). Поэтому в данной работе предлагается применять алгоритм PIPELINE с рациональным распределением блока «PL» по вычисленным функциям.

Структурная схема решения алгоритма NUC приведена на рис.5, по которой все повторные циклы вычисления делятся на N параллельные циклы. В каждом параллельном цикле, вычисление NUC осуществляется по PIPELINE алгоритму (рис.6). Для обеспечения возможности параллельного доступа, данные пикселей и их коэффициенты $Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)}$ скопируются с памяти «DDR» в независимую операционную память «блок RAM». Отсюда микропроцессоры

выполняют необходимые логические операции одновременно.

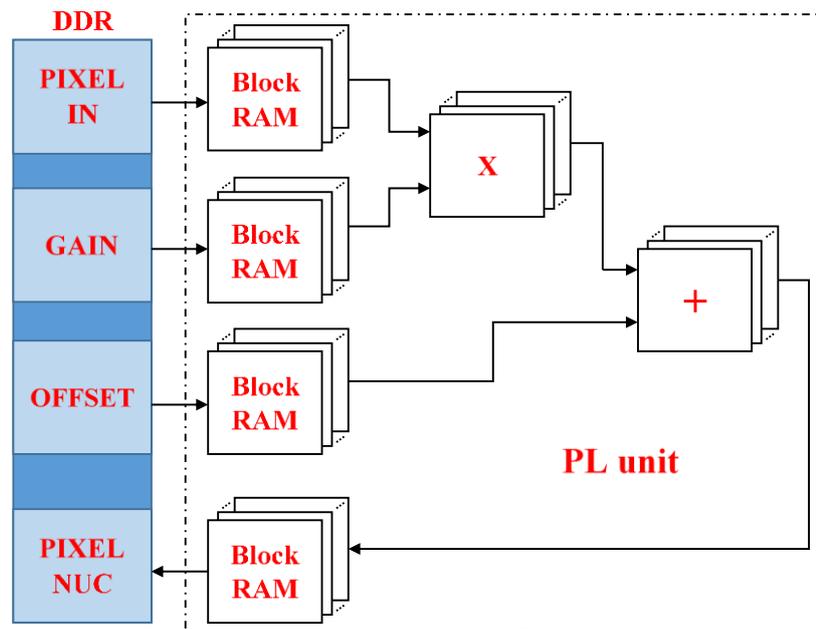


Рис.5. Структурная схема реализации алгоритма NUC на основе MPSoC

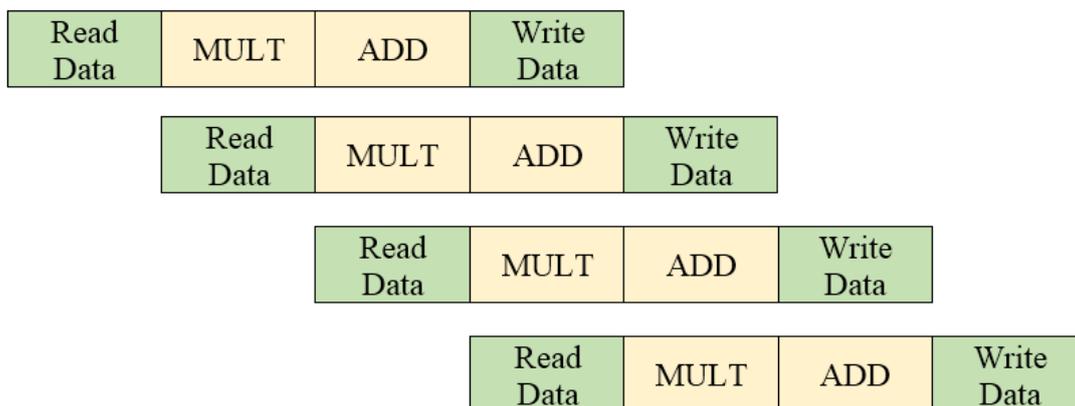


Рис.6. Логика алгоритма вычисления PIPELINE

Достоинством предлагаемого метода обработки является достаточно высокая скорость вычисления при экономии материальных ресурсов системы. Недостаток метода заключается в затруднении реализации сложных математических алгоритмов с объемным входным потоком данных.

Несмотря на этот недостаток, для алгоритма NUC, предлагаемого использовать в данной работе, сформированный комбинированный метод полностью отвечает вопрос реализации. Число N рекомендуется выбирать экспериментально с учетом аппаратных ресурсов технической системы и требуемой скорости решения задач.

На следующем примере, выбрано оптимальное число $N=16$, с помощью которого алгоритм NUC полностью осуществляется параллельно на основании FPGA и MPSoC технологии. Скорость обработки изображений существенно увеличивается, обеспечивая требование о реальное время и ограничении габаритов устройства.

3. Эксперименты и результаты

В эксперименте были использованы: матрица тепловых изображений PICO640-GEN2 фирмы ULIS (France); плата MPSoC UltraScale+ ZU4EV-1E фирмы XILINX в цели вычисления алгоритма NUC. Характеристики и параметры этих устройств приведены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Параметры матрицы тепловых изображения PICO640-GEN2.

Наименование	Значение	Наименование	Значение
Разрешение	640×480	Размер пиксели	17μm × 17μm
Полоса пропускания	LWIR(8-14)μm	Частота съемки	60Hz (1 output)
NEDT(30Hz,F/1,300K)	< 50mK	Операц. температура	- 40°C ÷ +85°C

Таблица 2

Технические параметры модули MPSoC.

Наименование	Значение	Наименование	Значение
Module	UltraScale+ ZU4EV-1E	Processor	Quad-Core ARM Cortex-A53
RAM	2GB DDR4 SDRAM		Dual-core ARM Cortex-R5
e.MMC	8GByte	Graphics Processor	Mali-400 MP2
FLASH	128 MByte	Logic Cells	192K+
Block RAM	128(blocks) ; 4.5Mb	DSP Slices	728
Flip-Flops	175K+	LUTs	87K+

Тепло-чувствительная матрица PICO640-GEN2 установлена перед ЭАЧЯом, имеющим шаговое изменение температуры на 1 градус в диапазоне от 30 до 55 градусов. Полученные

данные на выходе пикселей, находящихся в окне размером (50x50) приведены на рис.7. Заметим, что реакции пикселей от одной и той же теплового воздействия оказываются разными.

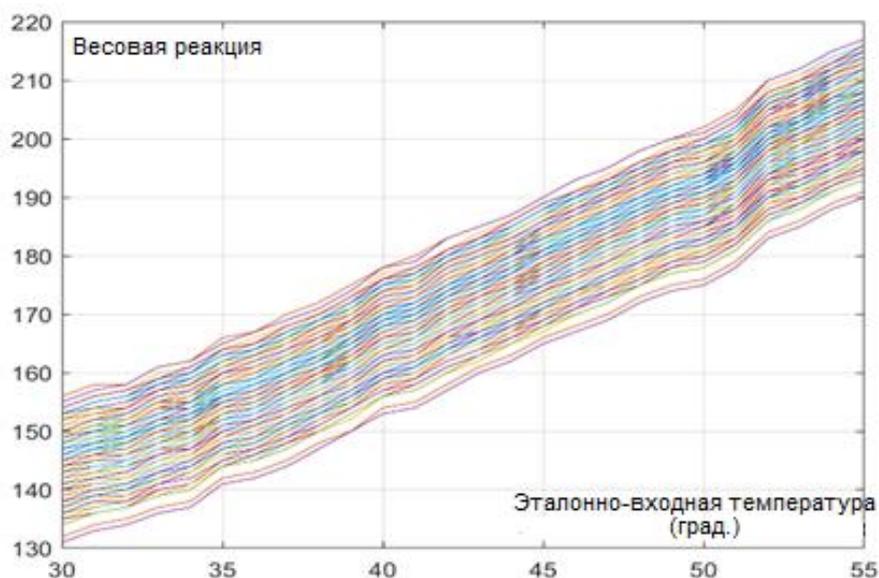


Рис.7. Реакции пикселей матрицы PICO640-GEN2 от тепловых воздействий

После получения данных о реакции пикселей от эталонно-входного воздействия осуществляется алгоритм линейной регрессии для каждой пиксели, чтобы найти коэффициенты усиления $a_k^{(i,j)}$ и компенсационные доли $b_k^{(i,j)}$ по выражению (1). На рис.8 показан результат вычисления линейной

регрессии для одной пиксели. Далее вычисляются коэффициенты усиления и компенсации $(Gain^{(i,j)}, Offset^{(i,j)})$ по (2), чтобы корректировать неоднородность пикселей в тепло-чувствительной матрице.

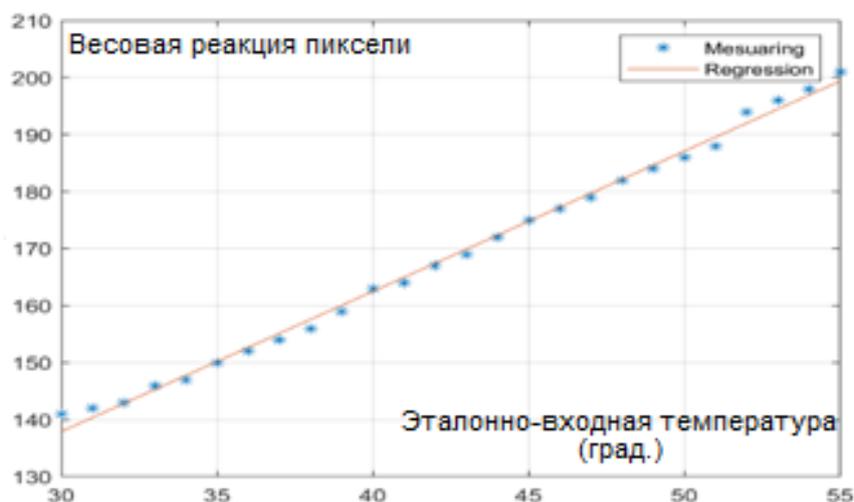


Рис.8. Результаты вычисления линейной регрессии для одной пиксели

Результаты обработки изображения, сравнимые в случаях отсутствия и наличия

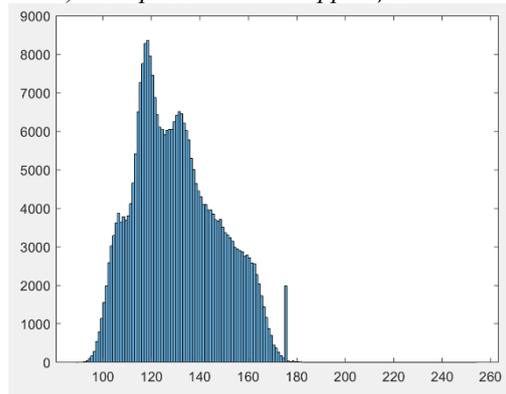
алгоритма коррекции неоднородности по MPSoC технологии показаны на рис 9.



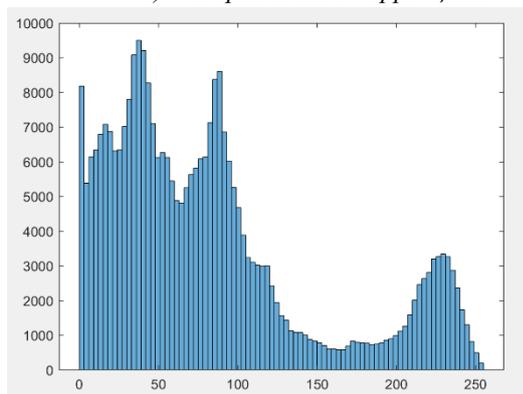
а) Изображения без коррекции



б) Изображения с коррекцией



в) Гистограмма изображения без коррекции



г) Гистограмма изображения с коррекцией

Рис.9. Результаты коррекции неоднородности пикселей

Анализируя результатов коррекции, заметим:

- Изображение, скорректированное по алгоритму NUC на основе MPSoC технологии, имеет гораздо лучшее качество по сравнению с изображением без коррекции (рис.9а,б).

- Сравнение гистограмм (рис.9в,г) показывает, что изображение после коррекции имеет существенно высокую контрастность относительно контрастности изображения без коррекции. Это связано с тем, что пиксели изображения после коррекции занимают полностью цифровой

диапазон от 0 до 255, а в изображении без коррекции пиксели занимают только от 50 до 180.

Таблица 3 показывает аппаратные ресурсы, занимаемые алгоритмом NUC, который реализован на основе MPSoC UltraScale+ ZU4EV-1E. Время вычисления алгоритма NUC в «PL» блоке уменьшается в 13 раз по сравнению с вычислением в встроенном микропроцессоре ARM Cortex-A53. Время вычисления в «PL» блоке составляет 2,67мсек, а время программного вычисления в MPSoC составляет 34,35мсек.

Таблица 3.

Аппаратные ресурсы, занимаемые алгоритмом NUC на UltraScale+ ZU4EV-1E основе

Resource	Used	Total	% Utilization
DSP	12	728	1.65
BRAM	32	128	25
LUT	17386	87840	19.79
FF	23289	175680	13.26

Видно, что алгоритм NUC занимает незначительную материальную часть MPSoC (максимально 25% по табл.3). Основную оперативную память для обработки изображения сыграет DDRAM большим объемом. Эта память позволяет предельно уменьшать объем Block RAM в FPGA части.

Проводя сравнение с работами [1,5,7] по ресурсным и временным затратам при осуществлении алгоритма NUC на основе чистой FPGA, пришли к выводу, что предлагаемый метод коррекции неоднородности пикселей матрицы тепловых изображений в данной работе имеет ряд

отличительных достоинств, как показано в таблице 4.

Таблица 4.

Сравнение результатов решения алгоритма NUC.

Авторы в работе	Использованная технология	Разрешение IRFPA	Frame rate
Kong Lingbin [1]	FPGA	320×240	~60 fps
Rodolfo Redlich [5]	FPGA	720×480	~30 fps
Rong Shenghui [7]	FPGA	256×256	~180 fps
Мы	MPSoC	640×480	~370 fps

Заключение

В заключении можно отметить некоторое отличительное положение в данной работе.

Первое: работа предлагает решать задачу коррекции неоднородности каждой пиксели (МЭ) матрицы тепловых изображений по NUC алгоритму на аппаратной основе MPSoC вместо FPGA. Теоретические и практические результаты показывают ряд преимуществ новой разработки по сравнению с предшествующими. Эффективности предлагаемой разработки заключаются в заметном увеличении быстродействия процесса обработки и качества изображений, и в рациональном использовании ресурсов технической системы при ограничении её габаритов.

Второе: успешное решение NUC алгоритма на основе MPSoC в данной работе позволяет аналогично применять такую разработку в решении ряд других специальных технических задач, как задача компенсации влияния температуры окружающей среды на работу тепловой камеры, так и задача автоматического регулирования усиления во видео приемном тракте.

Литература

1. Kong, L., et al. IRFPA real-time nonuniformity correction using the FPGA technology.

in Sixth International Conference on Material Science and Material Properties for Infrared Optoelectronics. 2003. International Society for Optics and Photonics.

2. Zhou, H., et al., Solution for the nonuniformity correction of infrared focal plane arrays. Applied Optics, 2005. 44(15): p. 2928-2932.

3. Fan, F., et al., A scene based nonuniformity correction algorithm for line scanning infrared image. Optical Review, 2014. 21(6): p. 778-786.

4. Lv, B., et al., Statistical scene-based non-uniformity correction method with interframe registration. Sensors, 2019. 19(24): p. 5395.

5. Redlich, R., G. Carvajal, and M. Figueroa. An fpga-based real-time nonuniformity correction system for infrared focal plane arrays. in ASAP 2011-22nd IEEE International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors. 2011. IEEE.

6. Redlich, R., et al., Embedded nonuniformity correction in infrared focal plane arrays using the Constant Range algorithm. Infrared Physics & Technology, 2015. 69: p. 164-173.

7. Rong, S., et al., An improved non-uniformity correction algorithm and its hardware implementation on FPGA. Infrared Physics & Technology, 2017. 85: p. 410-420.

ЭФФЕКТИВНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРЕДПРИЯТИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ КОНДИТЕРСКИХ ИЗДЕЛИЙ

Ахмедова Эсмירה Нариман гызы
доктор философии по математике
Абдулазизова Нурлана Хаким гызы
магистрант
Западно-Каспийский Университет,
Баку, Азербайджан

EFFECTIVE ORGANIZATION OF PRODUCTION AT THE CONFECTIONERY PRODUCTION ENTERPRISE

Akhmedova Esmira Nariman qizi
Doctor of Philosophy in Mathematics
Abdulazizova Nurlana Hakim qizi
Master student
Western Caspian University,
Baku, Azerbaijan

АННОТАЦИЯ

Рассматривается задача эффективной организации производства на предприятии по производству кондитерских изделий. Построена экономико-математическая модель задачи и применен симплекс-метод к решению задачи. Определены оптимальный план, доход и максимальные расходы сырья.

ABSTRACT

The problem of effective organization of production at the enterprise for the production of confectionery products is considered. The economic and mathematical model of the problem is constructed and the simplex method is applied to the solution of the problem. The optimal plan, revenue, and maximum raw material costs have been determined.

Ключевые слова: производство кондитерских изделий; расходы сырья; математическая модель; симплекс-метод; оптимальный план

Key words: confectionery production; raw material costs; mathematical model; simplex method; optimal plan

При изучении экономических процессов наиболее часто встречаются задачи по оптимизации плана выпуска продукции, по оптимизации распределения разнообразных производственных заданий, задачи по оптимизации использования материальных и других видов производственных ресурсов, от решения которых зависит принятие управленческих решений [2, с. 283]. Процессы производства разного рода изучаются методами системного анализа, с целью повышения их эффективности. Для эффективного управления такими процессами очень важно создавать программные инструменты,

обеспечивающие оптимальную организацию таких процессов.

Рассмотрим следующую задачу:

Для производства пяти видов изделия на кондитерской фабрике используют три вида основного сырья. Требуется определить план по производству кондитерских изделий, позволяющий максимально использовать все имеющиеся ресурсы, и рассчитать полученную при этом доход. Нормы расхода по каждому виду сырья на производство 1 кг кондитерского изделия каждого вида, общий объем запаса каждого вида сырья, доход от реализации 1 кг продукции по каждому виду приведены в таблице 1.

Таблица 1

Нормы расхода запасов на кондитерские изделия, общий объем запаса для каждого вида сырья, доход от реализации 1 кг изделия

Виды запасов сырья	Нормы расхода запасов на кондитерские изделия [кг]					Объем запасов [кг]
	I	II	III	IV	V	
A	0,9	0,7	0,6	0,6	0,8	760
B	-	0,5	0,4	0,2	0,2	340
C	0,1	-	-	0,2	-	210
Доход от реализации 1 кг продукта [AZN]	2,8	3,4	3	3,6	3,2	-

Построим экономико-математическую модель задачи:

Обозначим объем запасов сырья трех типов через a_i ($i = \overline{1,3}$). Нормы расхода запаса сырья i на кондитерское изделие j обозначим через b_{ij} ($i = \overline{1,3}, j = \overline{1,5}$). Обозначим доход от реализации 1 кг кондитерского изделия вида j через c_j ($j = \overline{1,5}$). Обозначим объем производства изделия вида j через x_j ($j = \overline{1,5}$). Тогда расходы по сырьям составят

$$(0,9x_1 + 0,7x_2 + 0,6x_3 + 0,6x_4 + 0,8x_5) \text{ кг},$$

$$(0,5x_2 + 0,4x_3 + 0,2x_4 + 0,2x_5) \text{ кг},$$

$$(0,1x_1 + 0,2x_4) \text{ кг}$$

соответственно. Таким образом, имеем систему неравенств:

$$\begin{cases} 0,9x_1 + 0,7x_2 + 0,6x_3 + 0,6x_4 + 0,8x_5 \leq 760, \\ 0,5x_2 + 0,4x_3 + 0,2x_4 + 0,2x_5 \leq 340, \\ 0,1x_1 + 0,2x_4 \leq 210. \end{cases}$$

Общие расходы сырья, связанные производством кондитерских изделий всех типов, будут выражаться функцией с пятью неизвестными — она является целевой функцией задачи и ищется ее максимальное значение:

$$P(x) = x_1 + 1,2x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max.$$

Объем кондитерской продукции не может быть отрицательным. Поэтому $x_j \geq 0, j = \overline{1,5}$. Находя оптимальное решение $x = (x_1 \ x_2 \ x_3 \ x_4 \ x_5)$ задачи сможем вычислить доход D от производства продукции по формуле $D = \sum_{j=1}^5 c_j x_j$.

Таким образом, экономико-математическую модель рассматриваемой задачи можно сформулировать следующим образом:

Целевая функция

$$P(x) = x_1 + 1,2x_2 + x_3 + x_4 + x_5 \rightarrow \max, (1)$$

условия ограничения

$$\begin{cases} 0,9x_1 + 0,7x_2 + 0,6x_3 + 0,6x_4 + 0,8x_5 \leq 760, \\ 0,5x_2 + 0,4x_3 + 0,2x_4 + 0,2x_5 \leq 340, \\ 0,1x_1 + 0,2x_4 \leq 210 \end{cases} \quad (2)$$

условия неотрицательности неизвестных

$$x_j \geq 0, j = \overline{1,5}, \quad (3)$$

$$D = \sum_{j=1}^5 c_j x_j. \quad (4)$$

Введем переменные $x_6 > 0, x_7 > 0, x_8 > 0$, и запишем условия ограничения (2) в виде:

$$\begin{cases} 0,9x_1 + 0,7x_2 + 0,6x_3 + 0,6x_4 + 0,8x_5 + x_6 = 760, \\ 0,5x_2 + 0,4x_3 + 0,2x_4 + 0,2x_5 + x_7 = 340, \\ 0,1x_1 + 0,2x_4 + x_8 = 210. \end{cases} \quad (5)$$

В таблице 2 показаны полученные методом Гаусса-Жордана данные, соответствующие оптимальному решению задачи (1)-(5).

Задача (1)-(4) является задачей линейного программирования [1, с. 101]. К ее решению может быть применен симплекс метод.

Таблица 2

Данные, соответствующие оптимальному плану задачи (1)-(5)

Базис	A	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8
x_4	887,5	2,81	0	0,125	1	1,625	3,125	-4,375	0
x_2	325	-1,125	1	0,75	0	-0,25	-1,25	3,75	0
x_8	32,5	-0,46	0	-0,025	0	-0,325	-0,625	0,875	1
P	1277,5	0,46	0	0,025	0	0,325	1,625	0,125	0

Оптимальное решение задачи имеет следующий вид:

$$x_1 = 0; x_2 = 325; x_3 = 0; x_4 = 887,5; x_5 = 0;$$

$$P(x) = 1 \cdot 0 + 1,2 \cdot 325 + 1 \cdot 0 + 1 \cdot 887,5 + 1 \cdot 0 = 1277,5.$$

Вычислив доход от производства продукции по формуле (4) получаем:

$$D = 2,8 \cdot 0 + 3,4 \cdot 325 + 3 \cdot 0 + 3,6 \cdot 887,5 + 3,2 \cdot 0 = 4300AZN.$$

Таким образом, по плану производства кондитерской продукции $x_1 = 0, x_2 = 325, x_3 = 0, x_4 = 887,5, x_5 = 0$ будет расходован 1277,5кг кондитерского сырья, при этом общий доход от продажа продукции составят 4300AZN.

Разработана программа в соответствии с алгоритмом решения задачи в среде C#, которая позволяет определить оптимальное решение при любых корректно заданных данных. Разработанная программа при условиях рассматриваемой задачи позволяет принять оптимальное решение об организации производства кондитерской продукции.

Литература:

1. Васильев Ф.П. Численные методы решения экстремальных задач. 2-е изд., переработ. и доп. — М.: Наука, 1988, 552 с.
2. Коробов П.Н. Математическое программирование и моделирование экономических процессов. Санкт-Петербург, 2002, 364 с.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ «ФУНГУС» ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ГРИБОВ ПО ОПИСАНИЮ ИХ ВНЕШНЕГО ВИДА

Душкин Кирилл Романович

Аналитик

Агентство Искусственного Интеллекта, г. Москва

Душкин Роман Викторович

Директор по науке и технологиям

Агентство Искусственного Интеллекта, г. Москва

Фадеева Сандра

Главный аналитик

Агентство Искусственного Интеллекта, г. Москва

Лелекова Василиса Алексеевна

Аналитик

Агентство Искусственного Интеллекта, г. Москва

DECISION SUPPORT SYSTEM «FUNGUS» FOR RECOGNITION OF MUSHROOMS BASED ON DESCRIPTIONS OF THEIR APPEARANCE**Dushkin Kirill**

Analyst

Artificial Intelligence Agency, Moscow

Dushkin Roman

Director of Science and Technology

Artificial Intelligence Agency, Moscow

Fadeeva Sandra

Chief Analyst

Artificial Intelligence Agency, Moscow

Lelekova Vasilisa

Analyst

Artificial Intelligence Agency, Moscow

АННОТАЦИЯ

В этой работе представлена методика разработки системы поддержки принятия решений и внедрению чат-бота «Фунгус» для определения грибов по описанию их внешнего вида. Система «Фунгус» повышает уровень знаний в области микологии и помогает при сборе или покупке грибов. В настоящей статье показана актуальность внедрения системы поддержки принятия решений для обучающих целей и метод её разработки на примере системы распознавания грибов «Фунгус».

ABSTRACT

This paper presents a methodology of developing a decision support system and implementing a chatbot «Fungus» to identify mushrooms by description of their appearance. «Fungus» increases the level of knowledge in the field of mycology and helps in gathering or purchasing mushrooms. This article shows the relevance of implementing a decision support system for training purposes and the method of its development on the example of the mushroom recognition system «Fungus».

Ключевые слова: искусственный интеллект, распознавание образов, дерево решений, искусственная нейронная сеть, обработка естественного языка, диагностика, чат-бот, диалоговый интерфейс, объяснимый искусственный интеллект, микология.

Keywords: artificial intelligence, pattern recognition, decision tree, artificial neural network, natural language processing, diagnostics, chatbot, dialog interface, explicable artificial intelligence, mycology.

Введение

В настоящее время сфера искусственного интеллекта сильно развита по всему миру. И, естественно, интерес к ней только растёт с каждым годом. Нейронные сети применяются повсеместно, как в программах для широкого круга пользователей, так и в узкоспециализированных целях.

По определению, чат-бот представляет собой программу по имитации диалога с человеком для решения определённых задач [1]. Одной из таких задач является распознавание класса объектов по их характеристикам. Некоторые чат-боты используют сложные системы обработки естественного языка, однако, существуют и более простые системы, такие как сканирование ключевых слов на входе, а затем выбор ответа, совпадающего с большинством ключевых слов или формулировок из базы данных [2]. Система распознавания грибов «Фунгус» базируется на мессенджере Telegram, поддерживающем создание чат-ботов, поскольку он является одним из самых распространённых в России по данным пресс-службы «Мегафон» [3].

Тем не менее, сама система распознавания грибов «Фунгус», в силу методики разработки, по большей части представляет из себя систему поддержки принятия решений (СППР), реализованную при помощи чат-бота.

Системы поддержки принятия решений – это компьютерные системы, которые, путём сбора и анализа большого объёма информации могут влиять на процесс принятия решения человеком [4]. СППР решает две основные задачи: выбор наилучшего решения, то есть оптимизация, и упорядочение возможных решений, то есть ранжирование. В этой работе используется так называемая активная СППР — система, которая непосредственно участвует в разработке правильного решения.

Основной целью настоящей работы является разработка системы поддержки принятия решений, реализованной в виде чат-бота в мессенджере Telegram, которая будет максимально удобной для пользователя, а также сможет определить гриб и дать информацию о нём на основе его словесного описания. Для её достижения необходимо решить ряд задач: изучить источники знаний о грибах, разработать базу данных, создать на её основе дерево решений, непосредственно реализовать СППР в виде чат-бота по распознаванию грибов, а также расширить функциональность системы возможностью распознавания объекта по фотографии.

Материалы и методы

Извлечение знаний из источников знаний второго рода — создание поля знаний из структурированных (реляционных баз данных,

XML) и неструктурированных (тексты, документы, изображения) источников данных [5]. Из источников знаний необходимо выделить набор характеристик, по которым можно различить объекты. Каждый из объектов должен входить в какое-либо множество характеристик таким образом, чтобы его можно было однозначно и последовательно определить по ним. В итоговом формате полученное поле знаний представляет из себя машинно-интерпретируемую матрицу, способную к преобразованию в дерево решений.

Формализация знаний в продукционную модель и деревья решений. В теории машинного обучения дерево решений — это средство поддержки принятия решений для прогнозных моделей. Суть его работы заключается в разбиении множества данных на непересекающиеся классы, которые также подвергаются разбиению по каким-либо критериям [6]. Эта модель считается крайне эффективной из-за высокой точности решения многих задач, а также высокого уровня интерпретируемости этих решений. Освоенные деревья решений «знания» напрямую формируются в иерархическую структуру, которая хранит и представляет знания в понятном даже для неспециалистов виде [7].

Обработка естественного языка на базе нейросетевого подхода. Метод используется для обработки и «понимания» естественного языка системой поддержки принятия. Обработка естественного языка (Natural Language Processing, NLP) — термин, относящийся к различным способам вычислительной обработки человеческих языков. Сюда входят как алгоритмы, принимающие на входе созданный человеком текст, так и алгоритмы, порождающие тексты, которые выглядят как естественные [8].

Фреймворк DialogFlow для разговорных агентов — диалоговая система или разговорный агент (conversational agent, CA), предназначенный для общения с человеком, разработанная на базе нейросети Google TensorFlow [9]. Диалоговые системы используют один или несколько способов коммуникации как на входном, так и на выходном канале. Наборы компонентов, входящих в диалоговую систему и распределение их функциональности разнятся от системы к системе. Основным элементом любой диалоговой системы является менеджер диалогов, который представляет из себя компонент, организующий стратегию ведения диалога. Обычно, цикл деятельности текстовой диалоговой системы представлен следующими стадиями:

- текст анализируется единицей понимания естественного языка (Natural language understanding unit, NLU), которая может включать идентификацию собственного имени, маркировку части речи, синтаксический и семантический анализаторы;

- семантическая информация анализируется диалоговым менеджером, который ведет историю и состояние диалога и управляет общим потоком разговора.

Мессенджер Telegram для чат-ботов. Чат-боты включены в мессенджер Telegram как сторонние приложения. Пользователи могут взаимодействовать с чат-ботами, отправляя им сообщения, команды и встроенные запросы. По сути, чат-боты — это интерфейсы программ с прописанными алгоритмами вопрос-ответ. Взаимодействовать с ними можно двумя способами:

1. отправлением сообщения или команды чат-ботам, открывая с ними чат или добавляя их в группы;

2. отправлением запроса непосредственно из поля ввода, набрав идентификатор бота (в формате @username) и запрос.

Сообщения, команды и запросы, отправляемые пользователями, передаются программному обеспечению, работающему на специальном сервере через простой HTTPS-интерфейс.

Язык разметки ответов чат-ботов на базе языка программирования JSON. JsonML, язык разметки JSON — это текстовый формат обмена данными, используемый для сопоставления языков XML (Extensible Markup Language) и JSON (JavaScript Object Notation). Он преобразует XML-фрагмент в структуру данных языка JSON для использования в средах JavaScript, например, веб-браузерах. Это позволяет взаимодействовать с XML-данными без синтаксического анализатора языка XML. Таким образом, при получении браузером строки JSON, информация декодируется и сразу выводится на страницу, открытую пользователем.

Google Cloud Vision API. Application programming interface — программный интерфейс приложения, интерфейс прикладного программирования. Платформа Google Cloud Vision обладает мощными моделями машинного обучения, предварительно обученными с помощью REST (Representational State Transfer — архитектуры программного обеспечения для распределённых систем) и RPC API (Remote Procedure Call — передачи управления, процедур и данных внутри программы). С помощью платформы Google Cloud Vision можно распознавать объекты, печатный или рукописный текст. Изображения, попадающие в среду, помечаются характерными для них метками и распределяются по категориям.

Google Translate. Веб-служба компании Google, автоматически переводящая текст на необходимый язык посредством статистического машинного перевода. В настоящей работе используется для автоматического перевода меток, полученных через Google Cloud Vision на русский язык.

Результаты и их обсуждение

В первую очередь были изучены справочники по микологии [10]. На их основе было сформировано поле знаний из основных характеристик грибов. Далее была составлена база

данных, на основе которых сделано дерево решений, представленное на рис. 1.

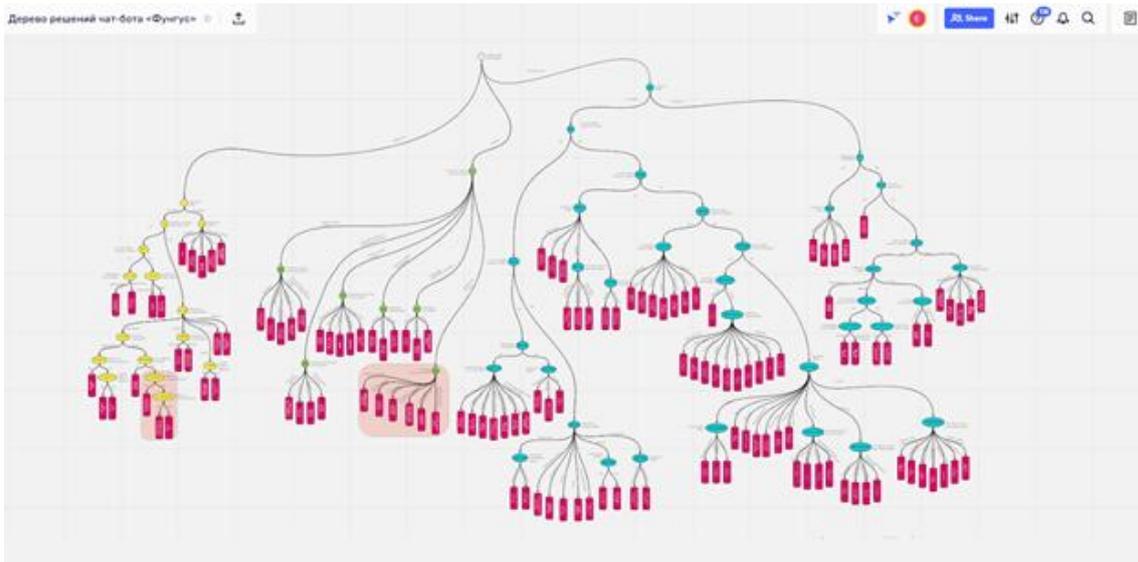


Рисунок 1. Дерево решений.

Для более полного понимания работы дерева решений на рис. 2 представлен фрагмент ветви решений. Посредством последовательных

вопросов и ответов «да/нет», по дереву можно определить более видов 150 грибов.

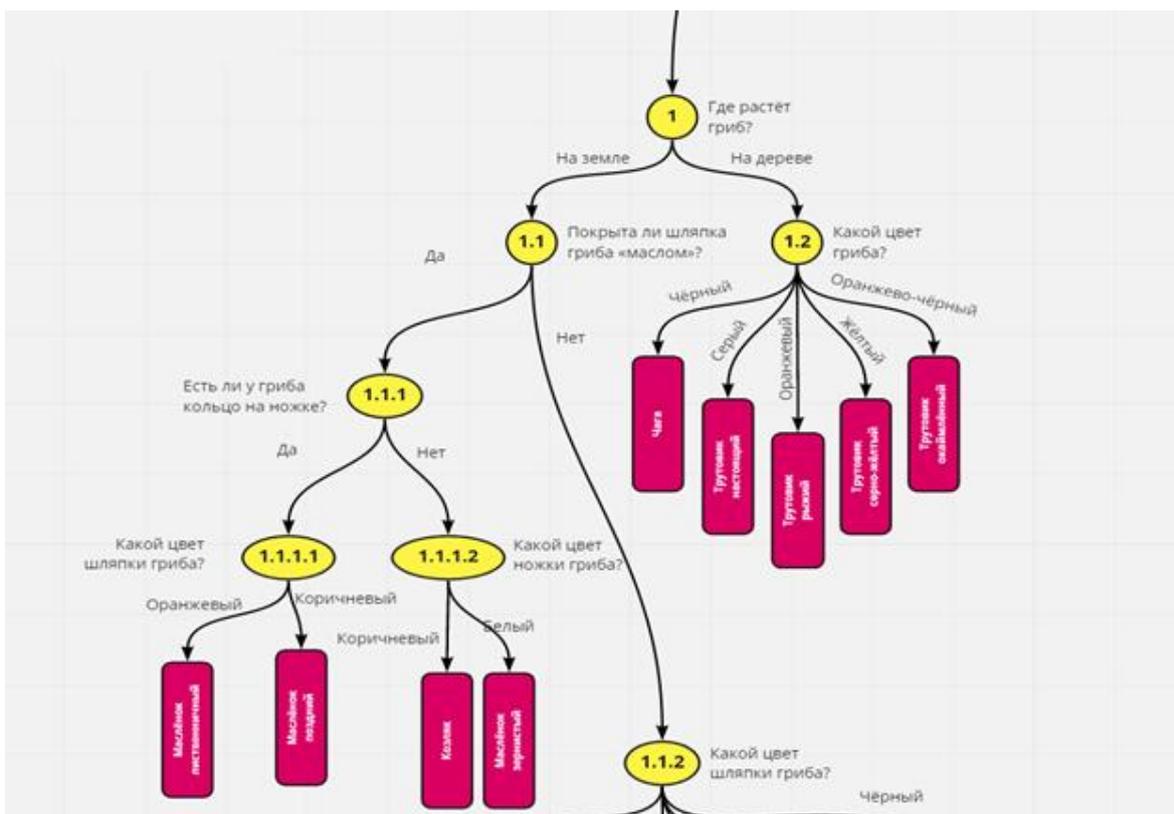


Рисунок 2. Пример ветви дерева решений.

После создания основного «механизма» работы СППР необходимо определить место размещения интерфейса, с которым будет взаимодействовать пользователь. При этом важно учитывать следующие ограничения, возникающие при создании чат-ботов и СППР:

- База данных фиксирована и ограничена, поэтому при генерации выходных данных СППР может потерпеть неудачу при работе с несохраненным запросом.
- Эффективность самой СППР сильно зависит от её способности обрабатывать

естественный язык и порождать тексты, которые выглядят как естественные.

- Чат-боты не могут одновременно отвечать на несколько вопросов одному пользователю, следовательно, возможности общения ограничены.

- Для обучения СППР требуется большое количество данных, полученных из непосредственного разговора с человеком.

- Некоторые пользователи, в силу возраста или иных причин, могут испытывать затруднения при взаимодействии с новыми технологиями.

Поэтому, в силу простоты и удобства интерфейса, а также самой возможности реализации СППР в виде чат-бота, для размещения системы распознавания грибов «Фунгус» был выбран мессенджер Telegram.

После создания интерфейса СППР в мессенджере, к системе было подключено специальное программное обеспечение (СПО) Web-hook, разработанное на языке программирования Go и расположенное на Google Cloud Platform. Это СПО необходимо, чтобы СППР могла определить, поступает от пользователя картинка или текст. Для процесса интерпретации текста к системе был подключен фреймворк DialogFlow. СППР может обучаться на наборе данных, который содержит интенции (категории), паттерны (шаблоны) и ответы, используя специальную рекуррентную нейронную сеть глубокого обучения (Long short-term memory,

LSTM). Нейронная сеть LSTM используется, чтобы классифицировать, к какой категории относится сообщение пользователя, а затем предоставить ответ из списка ответов.

В настоящей работе набором данных для СППР «Фунгус» послужило составленное дерево решений, имплементированное в интенции агента на платформе DialogFlow.

В случае, если пользователем отправлено изображение, авторским коллективом было решено провести экспериментальную интеграцию с решениями Google Cloud View и Google Translator с системой. Платформа Google Cloud View необходима для распознавания гриба на изображении и придания ему конкретных меток, например «гриб» или «боровик». Метки передаются на СПО Web-hook, откуда они поступают в программное средство Google Translator, переводятся и возвращаются обратно в Web-hook. СПО обрабатывает их и оформляет в один из шаблонных ответов пользователю.

Основная аудитория пользователей СППР «Фунгус» не будет сильно заинтересована в простых «машинных» ответах. Поэтому, в системе реализованы элементы объяснимого искусственного интеллекта (Explainable artificial intelligence, XAI) [11], облегчающие понимание ответа массовым пользователем.

На рис. 3 представлена схема общей архитектуры СППР «Фунгус».

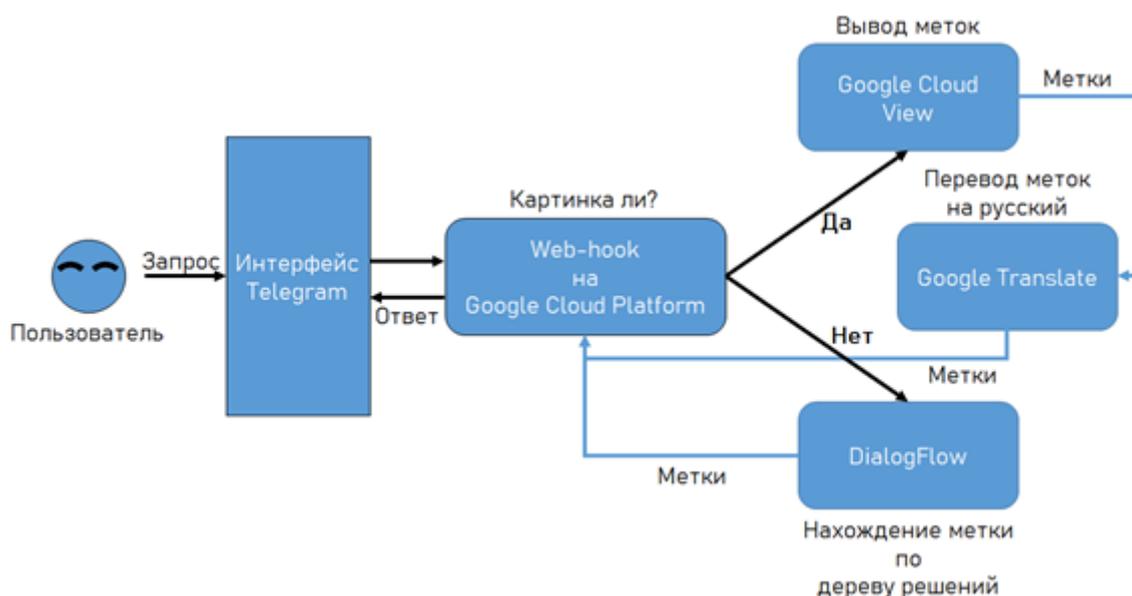


Рисунок 3. Общая архитектура системы поддержки принятия решений «Фунгус»

Обобщая всё вышесказанное, итоговые функции системы поддержки принятия решений «Фунгус» можно представить тремя пунктами:

1. Распознавание грибов по описанию их внешнего вида на основе вопросов, включённых в дерево решений и предоставление ссылки на основную статью про гриб в Википедии.

2. Объяснение результатов распознавания гриба при помощи дерева решений.

3. Распознавание гриба по изображению. Чат-бот «Фунгус» доступен в мессенджере Telegram по идентификатору — @Mushrom_Bot или по ссылке https://t.me/Mushrom_Bot. Пример работы СППР «Фунгус» приведён на рис. 4.

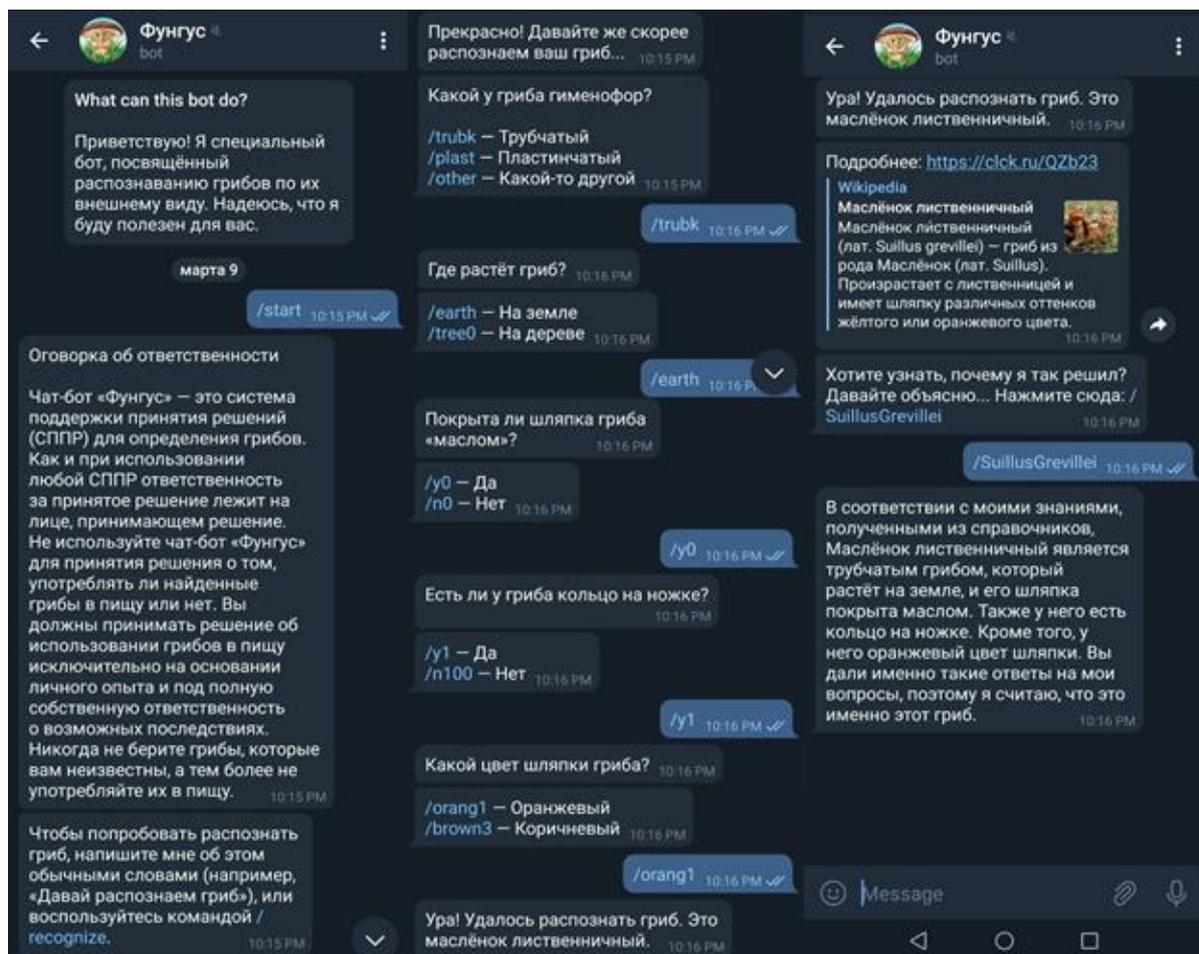


Рисунок 4. Пример диалога с чат-ботом «Фунгус» в мессенджере Telegram

Актуальность проекта «Фунгус» обусловлена не только популярностью мессенджеров и чат-ботов, но и стремлением людей к безопасному познанию окружающего мира. Опираясь на исследование, представленное Брандзеком и Фольстедом в 2017 году, можно конкретизировать причины, по которым люди хотят взаимодействовать с чат-ботами. Согласно ему, основными факторами, мотивирующими людей использовать чат-ботов, являются [12]:

1. Эффективность. Большинство респондентов прокомментировало удобство и быстроту чат-ботов как источников информации.
2. Досуг. Этот пункт касается развлекательной ценности чат-ботов и интереса их использования. Некоторые респонденты сообщили о том, что используют чат-ботов, когда им скучно или нужно «убить время».
3. Социальность. Использование чат-ботов в социальных целях или для общения. Как правило, чат-боты рассматриваются как имеющее человечность средство взаимодействия, которое имеет социальную ценность. Некоторые респонденты используют чат-боты для улучшения навыков социального взаимодействия с другими людьми.

Касательно безопасности, по данным Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в Российской Федерации ежегодно регистрируется

порядка одной тысячи пострадавших от отравления грибами, около тридцати случаев заканчивается летальными исходами [13]. Отравление грибами относится к состоянию острой интоксикации и часто приводит к смертельным последствиям из-за различных токсинов, содержащихся в грибах, которые не следует употреблять в пищу. Все токсичные грибы вызывают симптомы отравления, значительно различающиеся от типа грибов. Как правило, грибы, которые вызывают симптомы рано (в течение 2 часов), менее опасны, чем те, которые вызывают симптомы позже (обычно через 6 часов) [14].

Основной причиной пищевых отравлений грибами является неумение распознавать и отличать ядовитые грибы от съедобных. Чтобы избежать такой ошибки, которая может стать фатальной, необходимо хорошо изучить общие признаки грибов и знать характерные отличия ядовитых видов. СППР «Фунгус» нацелен на повышение уровня знаний в этой области и гораздо удобнее в использовании, чем бумажный справочник.

Практическая значимость проекта «Фунгус» заключается в двух основных моментах:

- Система не требует особых навыков и понятна основному множеству пользователей, поскольку доступна через чат-бот в мессенджере на любом персональном устройстве.

• Представленная методика разработки СППР может быть использована для создания схожих СППР по распознаванию природных объектов различных видов по их свойствам, что может быть адаптировано и внедрено в учебные процессы в качестве междисциплинарных проектов.

Заключение

В настоящем проекте авторским коллективом была создана полностью функционирующая система поддержки принятия решений по распознаванию грибов. В процессе работы был представлен метод создания СППР, достигнуты основные цели проекта в виде подробного дерева решений по распознаванию грибов, интегрирования чат-бота в целостную систему СППР, возможности распознавания гриба по изображению, а также внедрению элементов объяснимого искусственного интеллекта.

В дальнейшем возможно пополнение базы данных СППР, её развитие на основе информации, полученной от непосредственных пользователей и, следовательно, самообучение системы с помощью диалогового фреймворка DialogFlow.

Литература:

1. Михайлов В. А., Михайлов С. В. Особенности развития информационно-коммуникативной среды современного общества // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы теории коммуникации». СПб., 2004. С. 34-52.
2. Messina Chris. 2016 will be the year of conversational commerce // A Medium Corporation. URL: <https://goo.su/4jr5> (дата обращения: 07.03.2021).
3. Мобильные операторы назвали самые популярные у россиян мессенджеры. URL: <https://tass.ru/ekonomika/10544793> (дата обращения: 07.03.2021).
4. Раджабов К.Я. Учебное пособие дисциплины «Системы поддержки принятия решений» для направления подготовки Бизнес-информатика, профиль «Электронный бизнес». – Махачкала: ДГУНХ, 2019 г. С. 17-24.
5. Структурированные и неструктурированные данные: сравнение и

объяснение // Асу-аналитика. URL: <https://clck.ru/TrLVW> (дата обращения: 22.03.2021).

6. В. В. Воронина, А. В. Михеев, Н. Г. Ярушкина, К. В. Святлов Теория и практика машинного обучения: учебное пособие. Ульяновск : УлГТУ, 2017. С 52-56.

7. Ураев Д. А. Классификация и методы создания чат-бот приложений — М.: International scientific review, 2019. — 30 с.

8. Гольдберг Й. Нейросетевые методы в обработке естественного языка // пер. с англ. А. А. Слинкина. М.: ДМК Пресс, 2019. 282 с.

9. Абади М., Бархэм П., Чен Д., Чен Ж., Дэвис Э., Дин Дж., Дэвин М., Гемават С., Ирвинг Дж., Исард М., Кудлур М., Левенберг Дж., Монга Р., Мур Ш., Мюррэй Д. Дж., Штейнер Б., Такер П., Васудеван В., Варден П., Вик М., Ю Ю., Ченг К., Google Brain TensorFlow: Система для крупномасштабного машинного обучения. Machine Learning Proceedings of the 12th USENIX Symposium on OSDI. Саванна, Джорджия, США, 2016. 21 с.

10. Вишневский М. В. Грибы. Определитель грибов русских лесов и полей. — М.: Эксмо-Пресс, 2014 г.

11. Арийета А.Б., Диаз-Родригез Н., Дель Сера Х., Беннетот А., Табик С., Барбадо А., Гарсия С., Гил-Лопез С., Молина Д., Бенджамин Р., Шатила Р., Геррера Ф., Объяснимый искусственный интеллект (ХАИ): Концепции, классификации, возможности и проблемы на пути к ответственному искусственному интеллекту. TECNALIA, Испания, 2019. 72 с.

12. Brandtzaeg P. B., Folstad A. Why people use chatbots? / The 4th International Conference on Internet Science, November 2017. Lecture Notes in Computer Science. — URL: <https://btfir.cc/dmz> (дата обращения: 09.03.2021).

13. Методические материалы Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека в Российской Федерации. — URL: <https://goo.su/4Jr> (дата обращения: 07.03.2021).

14. Гаврюченков Д. В., Лемещенко Е. Ю. Массовые отравления грибами. — М.: Медицинская сестра. Профессия: теория и практика, 2015. — С. 48-49.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СВЕТОПРОПУСКАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Копосов Александр Александрович

Аспирант,

Санкт-Петербургского Политехнического университета Петра Великого,

Санкт-Петербург

MODERN TECHNOLOGIES OF BUILDING CONSTRUCTION USING LIGHT TRANSMISSIONING STRUCTURES

Koposov Aleksander Aleksandrovich

Graduate student,

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

АННОТАЦИЯ

Технологии возведения малоэтажных зданий различного назначения в массовом современном строительстве определяются их конструктивно-технологическими и объемно-планировочными решениями, функциональным назначением, условиями строительства, а также требованиями по обеспечению энергосберегающих зданий.

На сегодняшний день, основная доля строящихся в России зданий относятся к классу, так называемых не энергоэффективных сооружений, с использованием относительно теплопроводных материалов и наружных ограждений. Особое внимание ученых, занимающихся проблемами энергоэффективности зданий, направлено на наружные ограждения, через которые в течение отопительного периода теряется от 20% до 40% тепловой энергии в зависимости от этажности и конструктивных особенностей сооружения. В России и за рубежом проводятся интенсивные и многочисленные исследования, которые направлены на изыскание легких и энергоэкономичных ограждающих конструкций. Основные показатели таких конструкций сводятся к небольшой трудоемкости возведения, ремонтпригодность и долговечность.

ABSTARCT

Technologies for the construction of low-rise buildings for various purposes in mass modern construction are determined by their structural, technological and space-planning solutions, functional purpose, construction conditions, as well as requirements for ensuring energy-efficient buildings.

To date, the bulk of buildings under construction in Russia belong to the class of so-called non-energy efficient structures, using relatively heat-conducting materials and external fences. Special attention of scientists dealing with the problems of energy efficiency of buildings is directed to external fences, through which, during the heating period, from 20% to 40% of thermal energy is lost, depending on the number of storeys and design features of the structure. Intensive and numerous studies are carried out in Russia and abroad, which are aimed at finding light and energy-efficient enclosing structures. The main indicators of such structures are reduced to a small laboriousness of construction, maintainability and durability.

Ключевые слова: энергоэффективное строительство, быстровозводимые дома, скоростной монтаж, стекло, металлоконструкции, фасадные системы, ограждающие конструкции.

Keywords: energy-efficient construction, prefabricated buildings, high-speed installation, glass, metal structures, facade systems, enclosing constructs.

Для остекления фасада здания используют различные виды конструкций. Прозрачные фасады могут иметь самые различные вариации, но наиболее распространенными на сегодняшний день считаются стоечно-ригельные системы. Основным элементом такой конструкции выступают несущие вертикальные стойки, на которые закрепляются горизонтальные ригели (балки, берущие на себя основную часть нагрузки). За счет такого крепления система и получила свое название. Главный каркас остекления находится с внутренней стороны стены и внешне практически незаметен.

Данный фасад энергоэффективен, прочен, надежен, удобен, и, что самое главное, экономичен в уходе и эксплуатации. Основное преимущество системы заключается в том, что наряду с внешней привлекательностью и максимальной светопропускаемостью, конструкцию обладает

качественной термоизоляцией. Алюминиевые профили могут соединяться между собой в нескольких вариациях, такая маневренность позволяет создавать самые разнообразные дизайнерские решения.

В случаях, когда необходимо дополнить стоечно-ригельный фасад открывающимися элементами, то допускается встраивание любого типа окон и дверей, в том числе и имеющие скрытые створки, то есть которые не видны с внешней стороны строения.

Система относится к наиболее простому варианту остекления фасада зданий, она легко монтируется и отличается сравнительно небольшой стоимостью. Такие системы бывают двух основных типов:

- закрытая система остекления;
- полужакрытая система остекления.

Закрытая стоечно-ригельная система фасадного остекления зданий - это классическая система, которая состоит из внутреннего каркаса из алюминия (стойки и ригели) и внешних профилей-прижимов. Само соединение ригелей и стоек между собой бывает различного плана.

Алюминиевый каркас снабжен специальными резиновыми уплотнителями, которые герметично прижимают стеклопакет и не пропускают холод и уличный шум внутрь помещения. Внешний вид алюминиевого фасадного остекления фасада представляет собой практически сплошное стекло, разделенное узкими горизонтальными и вертикальными планками декоративного назначения. Подобные алюминиевые крыши отлично дополняют композицию и делают ее более гармоничной.

Такая система считается комбинированным типом между классическим стоечно-ригельным остеклением и структурным вариантом. То есть присутствует только один тип декоративных крышек – либо горизонтальные, либо вертикальные планки. Вместо прижимных планок на отсутствующем направлении используются специальные штапики, надежно удерживающие остекление.

С внешней стороны фасад выглядит как единая цельная конструкция. Такого эффекта удалось добиться за счет применения особых маскирующих профилей, стеклопакет окружен практически незаметной рамой, но, в то же время очень прочной. Наличие только горизонтальных или вертикальных планок придает зданию единое направление (в горизонтальной или вертикальной плоскости) и дополнительный объем.

Декоративные крышки, так же как и в предыдущем варианте, могут иметь разнообразные формы и цветовые оттенки. Пространство между маскирующими планками заделывается уплотнителем или герметиком. Такие средства устойчивы к любым погодным условиям и также обеспечивают хорошую звукоизоляцию и

теплоизоляцию. Еще одно преимущество данной системы заключается в том, что монтировать остекление можно изнутри.

Наряду с ригельно-стоечной системой, в современном строительстве применяются и такие типы остекления, как структурное, спайдерное и панорамное остекления. Данные виды относятся к сплошному фасадному остеклению. Именно с помощью него удается добиться светлых, визуально просторных помещений, и особой привлекательности, а также презентабельности экстерьера. Кроме прямых форм, стало возможным создавать изогнутые линии фасадов и граненые фасады. Чтобы понять, в чем заключается достоинство каждого вида, следует более подробно рассмотреть все из перечисленных вариантов сплошного фасадного остекления.

Стеклопакет в такой конструкции соответствует всем требованиям по безопасности. Так, наружное стекло здесь имеет несколько большую толщину, чем внутреннее, кроме того, для данной фасадной системы применяется только закаленное стекло.

В качестве герметизирующего средства используется силиконовые составы, которые не разрушаются под воздействием ультрафиолетового излучения, а также не боятся влаги и температурных колебаний

Основными методами закрепления стеклопакетов в фасадном остеклении считаются:

- двухстороннее крепление (установка крепежей по вертикали и горизонтали, на герметик крепятся только две стороны);
- четырехстороннее крепление (установка крепежей по углам, на герметик монтируются все стороны).

В табл. 1 приведено сравнение трех видов фасадных систем по основным эксплуатационным показателям.

Таблица 1

Технико-экономические показатели фасадных систем

Показатель	Стоечно-ригельные системы	Спайдерные системы	Структурное остекление
Внешняя поверхность	Стекло	Стекло	Стекло
Система изоляции	Стеклопакет	Стеклопакет	5-камерная сердцевина
Высота/ ширина блока, мм	3000/1500	5000/2000	2500/2500
Величина сопротивления теплопередачи (по всему модулю), м ² *°C/Вт	0,57-1,1	0,78-1,5	0,43-1
Величина сопротивления теплопередачи (значение в центре элемента) м ² *°C/Вт	0,42-0,82	0,51-1,1	0,32-0,64
Светопропускание, %	0,65	0,76	0,87
Звукоизоляция	56	60	76
Водонепроницаемость	350	100	400
Герметичность, м3/м2	0,2	0,1	0,3
Допустимая ветровая нагрузка	94	65	80
Предел огнестойкости	E30	EW30	EL30

Панорамным фасадным остеклением называют такой тип остекления, где само стекло располагается от потолка и до пола, то есть во всю высоту помещения. Для такого типа фасадных систем подходят только следующие типы стекол:

- армированные;
- закаленные;
- ламинированные;
- покрытые металлизированной пленкой.

Внешне панорамные фасадные системы выглядят как сплошная стеклянная стена. В многоэтажном строении в качестве внешних стен применяются конструкции из алюминия, а для фасадного остекления балконов и лоджий в панорамном варианте, чаще всего используются профили из ПВХ.

При монтаже панорамного остекления фасада следует учитывать ряд важных факторов, которым должно отвечать стекло:

- отличная стойкость к ветровым и динамическим нагрузкам;
- защита от холода и шума;
- влагонепроницаемость;
- высокая прочность;

- повышенный уровень безопасности;
- долговечность;
- огнезащита.

При возведении панорамных стен из стекла следует выбирать только такой материал, который при разрушении не может причинить вред человеку, то есть осколки не должны иметь острых краев и при этом должны быть достаточно мелкими, чтобы не имели большого веса.

Выбирая конструкцию, наибольшее внимание уделяют жесткости профиля, так как именно от этого показателя зависит срок службы изделия.

В наши дни при необходимости создаются оконные системы, сопротивление теплопередачи которых превышает $2,0 \text{ м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$, то есть по теплотехническим характеристикам близкие к стеновой ограждающей конструкции (для Санкт-Петербурга приведенное сопротивление теплопередачи наружной стены должно быть не менее $3,0\text{-}3,2 \text{ м}^2 \cdot \text{С}/\text{Вт}$).

В табл. 2 представлены технические характеристики современных стекол, используемых в строительстве.

Таблица 2

Технические показатели стекол, используемых в строительстве

Наименование	Плотность, кг/м ³	Масса, кг/м ²	Разрушающее напряжение, МПа	Теплопроводность, Вт/мК	Коэффициент упругости, МПа	Прочность на растяжение, МПа
Листовое стекло	2500	2,5	250	1,00	12	30
Армированное стекло	3200	3,2	632	1,21	32	110
Закаленное стекло	2500	2,5	507	0,93	66	200
Солнцезащитное стекло	2600	2,6	255	1	14	34
Флоат-стекло	2900	2,9	490	0,87	50	140
Селективное стекло	3000	3,0	378	0,91	42	65
Эмалированное стекло	2650	2,6	280	1,03	25	32
Поликарбонат	3500	2,8	700	0,7	65	200
Акриловое стекло	2600	2,6	290	0,98	35	120
Антибликовое стекло	2600	2,6	260	1	14	130
Увиловое стекло	2800	2,8	450	0,95	28	150

Ослабить воздействие солнца можно посредством поглощения или отражения. В первом случае применяются специальные виды окрашенных стекол.

Стекла по технологии triplex соединяются посредством поливинилбутиральной пленки. Собранный комплекс подвергают автоклавной обработке при температуре $140 - 160 \text{ оС}$ и давлении 12 атм . Слоенная структура не только придает триплексу высокую ударопрочность, но и обеспечивает безосколочный характер разрушения. При сильном ударе мелкие осколки не разлетаются, а удерживаются пленкой. Многослойное стекло

производится также методом заливки, при котором зазор между стеклами заполняется специальной полимерной смолой. Под действием ультрафиолетового излучения смола отверждается и прочно скрепляет стекла. Такая технология не требует предварительной подготовки листов. В состав полимерной смеси можно вводить пигменты, что позволяет получать тонированные изделия. Правда, заливной триплекс более подвержен расслоению и, следовательно, менее долговечен, нежели его пленочный «собрат».

Мероприятия по пожаробезопасности являются важной составляющей при

проектировании, строительстве и дальнейшей эксплуатации объектов. Такие задачи необходимо решать еще до ввода в эксплуатацию, с учетом всех требований к огнестойкости ограждающих конструкций из стекла.

В современном строительстве существует четыре основных вида огнестойких стекол:

- закаленное листовое стекло, изготовленное по специальным технологиям;
- многослойные стекла;
- армированное стекло;
- стеклопакеты.

Каждый вид огнестойких стекол имеет свои достоинства и недостатки, также свою область применения. В ограждающей конструкции, разработанной автором используется многослойное стекло, соответственно в диссертации представлено исследование именно этого вида стекла. Такая конструкция включает несколько слоев стекла, в промежутке между которыми располагаются слои из терморазбухающих материалов.

С целью снизить травматизм и ущерб от осколков стекла необходимо использовать самоклеящиеся оконные полимерные пленки. Такие пленки препятствуют разлету осколков, которые могут образовываться при взрывах и пожарах. Толщина полимерных пленок составляет 0,2-2 мм. Для создания безопасного остекления только оконной пленки недостаточно. В данной технологии существует слабое место, а именно область примыкания стекла к креплению, крепления к стальной раме. В табл. 4. представлены основные характеристики межстекольных пленок, которые применяются в строительстве в настоящее время.

Стекло, как строительный материал постепенно приобретает конструкционный статус. Флоат-стекло имеет наиболее оптимальные технико-экономические показатели: плотность стекла 2900 кг/м³, разрушающее напряжение в стекле может достигать 490 МПа, теплопроводность 0,87 Вт/мК, коэффициент упругости 50 Мпа, прочность на растяжение 140 Мпа. В современных условиях остро стоит вопрос о производстве стекла со стабильными, заведомо известными прочностными характеристиками, которые можно включать в нормативные документы, использовать в расчетах.

Эффективные технологии энергосберегающих светопрозрачных конструкций в России развиты не достаточно. Наиболее оптимальными технико-экономическими показателями обладают фасадные системы структурного остекления: система изоляции в таких системах 5-ти камерная сердцевина, величина сопротивления теплопередаче приближена к 1 м²*°с/Вт, предел огнестойкости EL30.

Библиографический список

1. Сычёв С. А. Многофункциональная оптимизация в технологии высокоскоростного модульного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 4 (57). С. 99–104.
2. Sychev S.A. High-tech construction system for high-speed construction of multifunctional prefabricated buildings. / Sychev S.A.// Housing construction, Moscow, No. 3 August 2016, pp. 1-6
3. Sychev S. A. Perspective technologies of construction and reconstruction of buildings / S. A. Sychev, G. M. Badin. - SPb. : Publishing house "Lan", 2017. - 292 p.
4. Viscomi B.V., Michalerya W.D., Lu L.W. Automated construction in the ATLSS integrated building systems // Automation in construction. 1994, no. 3, pp. 35-43.
5. Сычев С.А., Копосов А.А. Конструктивно-технологический анализ современного строительства полносборных зданий из светопрозрачных конструкций // Актуальные проблемы строительства: материалы 70-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства»: в 3-х ч.; СПбГАСУ. – СПб., 2017. – Ч. 2. – С. 54-57
6. Сычев С.А., Копосов А.А. Быстровозводимые энергоэффективные здания и сооружения на основе типовых элементов // Актуальные проблемы строительства: материалы 71-й Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы современного строительства»: в 3-х ч.; СПбГАСУ. – СПб., 2017. – Ч. 3. – С. 27-30.).
7. Копосов А. А. Одноэлементная плоская строительная система высокоскоростного монтажа многоэтажных полносборных зданий // Молодой ученый. — 2018. — №21. — С. 49-51.
8. Сычев С. А., Копосов А. А. Технология возведения быстровозводимых зданий и сооружений на основе одноэлементной плоской строительной системы высокоскоростного монтажа полносборных зданий // Вестник гражданских инженеров. — 2019. — №72. — С. 100-109.
9. Koposov A.A. Comprehensive analysis of modern technologies for the construction of prefabricated building // Process management and science development, Birmingham, UK – 2021. – с.120-126.
10. Koposov A.A. Installation technology of a prefabricated one-piece building // Scientific research of the SCO countries: Synergy and Integration, Beijing, PRC.

ПУТИ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ НАПЛАВЛЕННЫХ СЛОЕВ**Крукович Марат Григорьевич***доктор технических наук, доцент
Российский университет транспорта (МИИТ)
г. Москва***Федотова Анна Дмитриевна***аспирантка
Российский университет транспорта (МИИТ)
г. Москва***Казакевич Григорий Алексеевич***Аспирант
Российский университет транспорта (МИИТ)
г. Москва***WAYS TO OPTIMIZE WEAR RESISTANCE OF LAYERS DEPOSITED BY MELTING****Krukovich Marat Grigorievich***Doctor of Sciences, associate professor
Russian University of Transport (MIIT),
Moscow***Fedotova Anna Dmitrievna***graduate student
Russian University of Transport (MIIT),
Moscow***Kazakevich Grigory Alekseevich***graduate student
Russian University of Transport (MIIT),
Moscow*DOI: [10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.404](https://doi.org/10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.404)**АННОТАЦИЯ**

Проведен анализ технологии получения наплавленных износостойких слоев и отмечены основные недостатки, снижающие эксплуатационные характеристики. Показана возможность научного обоснования для выбора температуры обработки и необходимых концентраций исходных элементов многокомпонентных систем путем расчета эвтектических температур и концентраций, а также путем построения схем многокомпонентных диаграмм состояния сплавов. Выбор оптимальных температур наплавки сплошных или дискретных слоев снижает энергетические затраты и определяет фазовый состав слоев и их эксплуатационные свойства.

ABSTRACT

The analysis of the technology for obtaining deposited by melting wear-resistant layers is carried out and the main disadvantages that reduce the operational characteristics are noted. The possibility of scientific substantiation for the choice of the processing temperature and the required concentrations of the initial elements of multicomponent systems by calculating eutectic temperatures and concentrations, as well as by constructing schema of diagrams of multicomponent systems is shown. The choice of the optimal melting temperatures of continuous or discrete layers reduces energy costs and determines the phase composition of the layers and their operational properties.

Ключевые слова: наплавленные слои; многокомпонентные системы; износостойкость; дивергентная концентрационная сетка; многогранные фигуры; трафарет распределения элементов; поверхность солидус; оптимизация фазового состава.

Key words: deposited layers by melting; multicomponent systems; wear resistance; divergent concentration grid; multifaceted figures; elements distribution stencil; solidus surface; optimization of the phase composition.

Восстановление изношенных размеров деталей и инструментов или их упрочнение методами нанесения сплошных или дискретных слоев с использованием концентрированных источников нагрева (электрической дугой, лазером, токами высокой частоты, электронно-лучевым воздействием) находят широкое применение в технике [1 - 4]. Вместе с тем свойства наплавленных слоев не всегда отвечают требуемым параметрам, к которым относят наличие растягивающих напряжений в отдельных зонах,

недостаточную твердость и снижение свойств подслоя обработанной поверхности. Даже при нанесении специальных многофазных упрочняющих сплошных или дискретных покрытий эти недостатки сохраняются, а к ним добавляется неоднородность фазового состава, которую сложно контролировать. Применяемые методы последующей химико-термической обработки частично решают вопросы исправления вышеупомянутых недостатков, однако во многом они носят эмпирический характер.

Поэтому, целью данной работы является поиск направлений технологических воздействий и теоретическое их обоснование, обеспечивающих решение вопросов оптимизации эксплуатационных характеристик наплавленных слоев. Оптимизация в данном случае заключается в определении минимальной температуры плавления, обеспечивающей снижение энергетических затрат на обработку, и определения фазового состава наплавленных слоев, задающего основы износостойкости и дальнейшего регулирования эксплуатационными свойствами.

Во многих случаях выбор параметров электрофизического воздействия (мощности электрической дуги, временными и электрическими характеристиками воздействия лазера и электронного пучка и т.п.) назначают исходя из опытных данных, вследствие отсутствия теоретических обоснований оптимального выбора содержания компонентов покрытий, их фазового состава и температуры процесса. Исходным технологическим чертежом такого обоснования

для многокомпонентных систем являются диаграммы состояния сплавов.

В этих случаях целесообразно использовать разработанные методы расчета эвтектических температур и концентраций многокомпонентных систем по температурам плавления исходных компонентам [5] и построения схем многокомпонентных ($n > 3$) диаграмм состояния сплавов в традиционных координатах «температура - концентрация» [6].

Сущность метода построения схем многокомпонентных диаграмм состояния состоит в использовании дивергентной концентрационной сетки (Рис. 1). Схемы диаграмм представляют собой трехмерные пространственные фигуры, в основании которых находятся концентрационные n -многогранники с дивергентной концентрационной сеткой [7]. Третьей координатой является температура. Грани пространственной фигуры представляют собой двойные диаграммы сплавов.

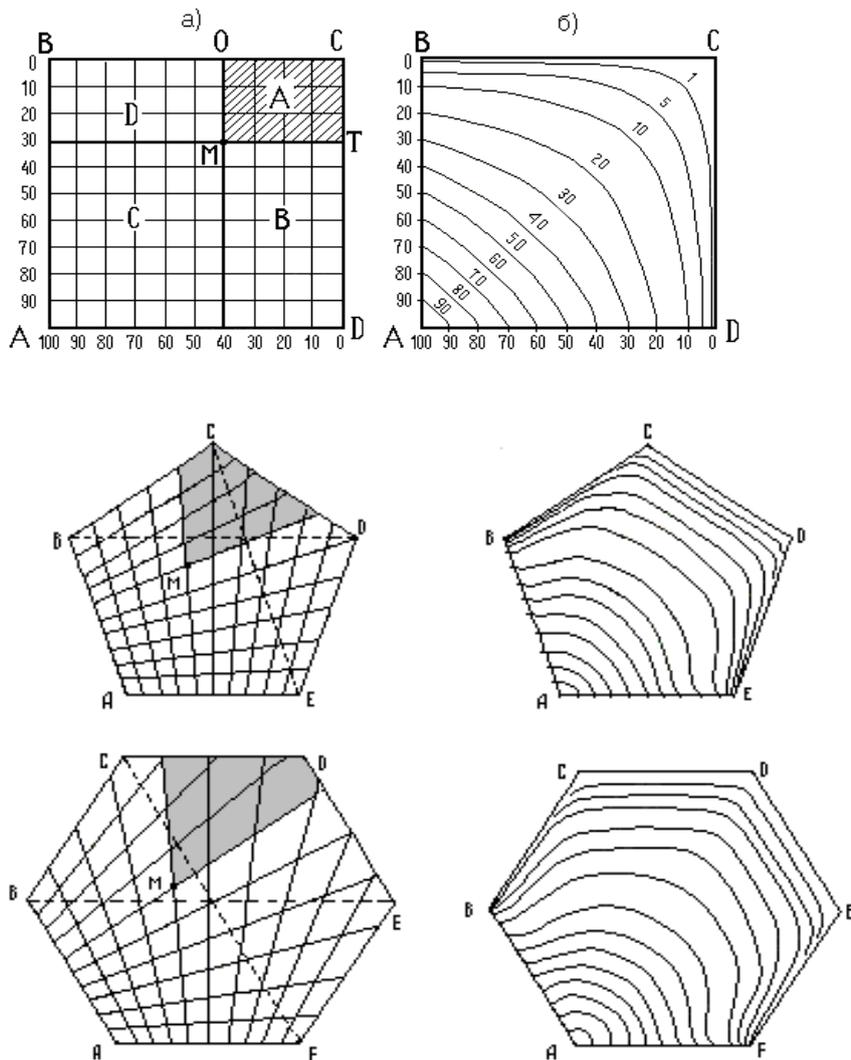


Рис. 1 Основания схем четырехкомпонентной, пятикомпонентной и шестикомпонентной диаграмм состояния (а) и концентрационное распределение компонента А (б) (трафарет распределения для любого элемента).

В частности, содержание компонента A (Рис. 1, а) изменяется от 100% до 0% по сторонам AB и AD . При этом его содержание на остальных сторонах n -угольника соответствует нулевому значению. Следовательно, компонент A по площади концентрационного многоугольника распространяется от двух сторон при $n = 4$ от AB и AD , при $n = 5$ от AB и AE и при $n = 6$ от AB и AF , а по объёму всей диаграммы – от двух соответствующих боковых граней n -угольной призмы. Такая трактовка позволяет сделать вывод, что закономерность распределения каждого компонента системы описывается некоторыми площадями в изотермическом сечении n -угольника, которые могут быть определены по единому для всех систем правилу площадей [8]. Согласно этому правилу суммарное содержание всех элементов в любой точке концентрационного многоугольника соответствует площади этого многоугольника, а содержание конкретного элемента в фигуративной (рассматриваемой) точке соответствует части всей площади, выраженной в процентах. То есть площади фигуры, противоположной вершине искомого элемента и заключенной между линиями координатной сетки, проходящими через эту фигуративную точку, и сторонами многоугольника. Эта площадь выражается в процентах от всей площади многоугольника. Количество элемента A в рассматриваемой точке M для четырехкомпонентной системы соответствует площади квадрата МОСТ (Рис. 1) и составляет 12% ($0,4 \cdot 0,3 \cdot 100\%$). Количество других элементов в этой точке составляет: $B=28\%$ ($0,7 \cdot 0,4 \cdot 100\%$); $C=42\%$ ($0,6 \cdot 0,7 \cdot 100\%$); $D=18\%$ ($0,6 \cdot 0,3 \cdot 100\%$).

Для пяти и шести компонентных систем количество компонента A в точке M соответствует площади заштрихованной области (Рис. 1, а). Эта площадь рассчитывается геометрическим путём, разбивая заштрихованный многоугольник на простые фигуры (например, треугольники). Рассчитанное таким образом распределение компонента A по площади концентрационных многоугольников может быть представлено в виде изоконцентрационных линий, т.е. в виде трафарета, который естественно одинаков для всех элементов каждой системы (Рис. 1, б). Прикладывая трафарет к каждой вершине, определяют содержание элементов в заданной точке.

Угол расхождения (α) каждой координатной линии от предшествующей линии в дивергентной системе рассчитывают по формуле:

$$\alpha = \left(1 - \frac{4}{n}\right) * \frac{180}{c},$$

где n - число компонентов в системе (сторон многоугольника);

c - количество делений равномерной концентрационной шкалы.

Очевидно, что при $n = 4$ угол расхождения равен 0, т.е. для четырехкомпонентной системы концентрационная сетка является прямоугольной и параллельна сторонам квадрата.

Недостатками дивергентной системы координат являются: неравномерное распределение элементов по площади концентрационного многоугольника; отсутствие некоторых сплавов с равным соотношением трёх элементов для $n = 4$, четырёх элементов для $n = 5$ и т.д.

Например, для четырех компонентных сплавов можно использовать четырехкомпонентные диаграммы, примененные для обоснования температурно-концентрационных условий борирования (Рис. 2). Для обработки быстрорежущих сталей обоснование следует проводить с использованием пятикомпонентной диаграммы (Рис. 3) [8].

В соответствии с представленными схемами диаграмм определение температуры плавления конкретного сплава проводят по политермическим разрезам. Например, для никелевого сплава, содержащего ~ 33% Ni, политермический разрез по содержанию бора (Рис. 4) хорошо показывает температурно-концентрационные условия нанесения плавлением защитного покрытия и равновесный фазовый состав слоя, который в конечном итоге определяет износостойкость наплавленного слоя. Количество фаз в равновесном состоянии рассчитывается по политермическим разрезам по правилу отрезков.

Дополнительное повышение износостойкости обеспечивается введением в шихту для наплавки некоторого количества труднорастворимых карбидов или боридов. В частности, для сплавов системы многокомпонентных квазивысокоэнтропийных сплавов (Fe-Cr-W-Mo-V, Ni-Cr-B-Si, Co-Cr-W-Si) [10, 11] с добавкой карбида вольфрама (WC) 5-10 масс. % может быть использована построенная поверхности солидус схемы диаграммы Fe – B – Mn – C – Cr (Рис. 5), либо рассчитаны температуры перехода сплавов в жидкое состояние по описанной методике [5].

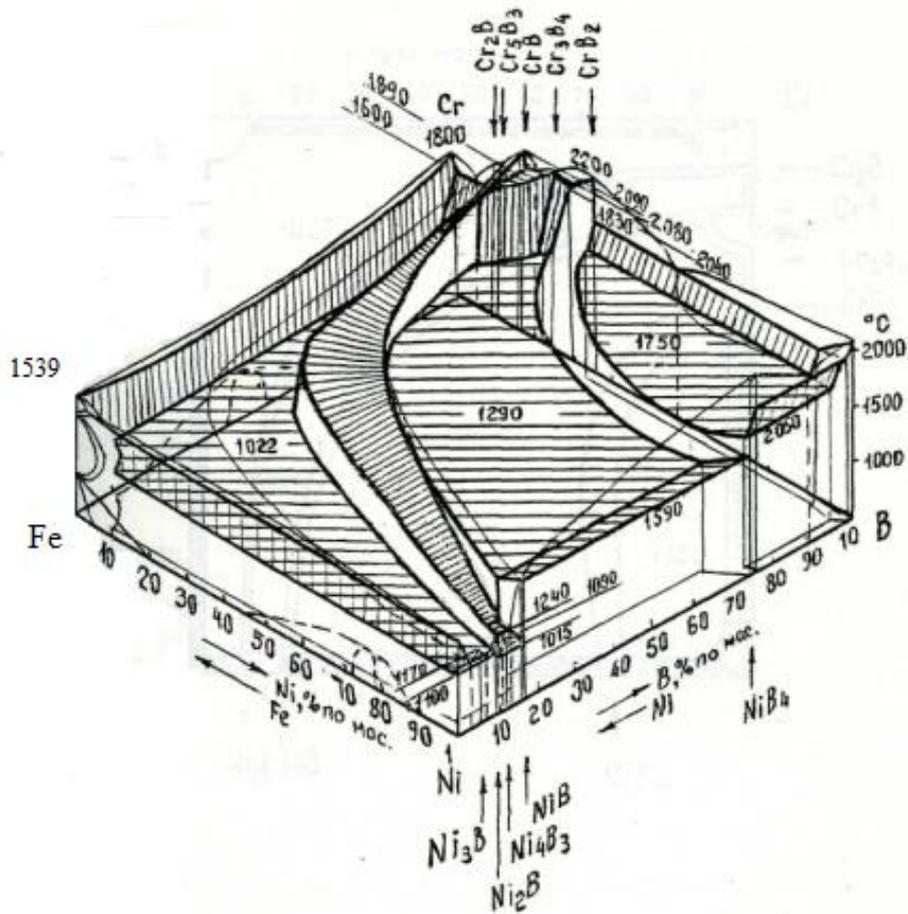


Рис. 2 Рассчитанная поверхность солидус схемы диаграммы состояния Ni-Fe-Cr-B: общий вид сверху.

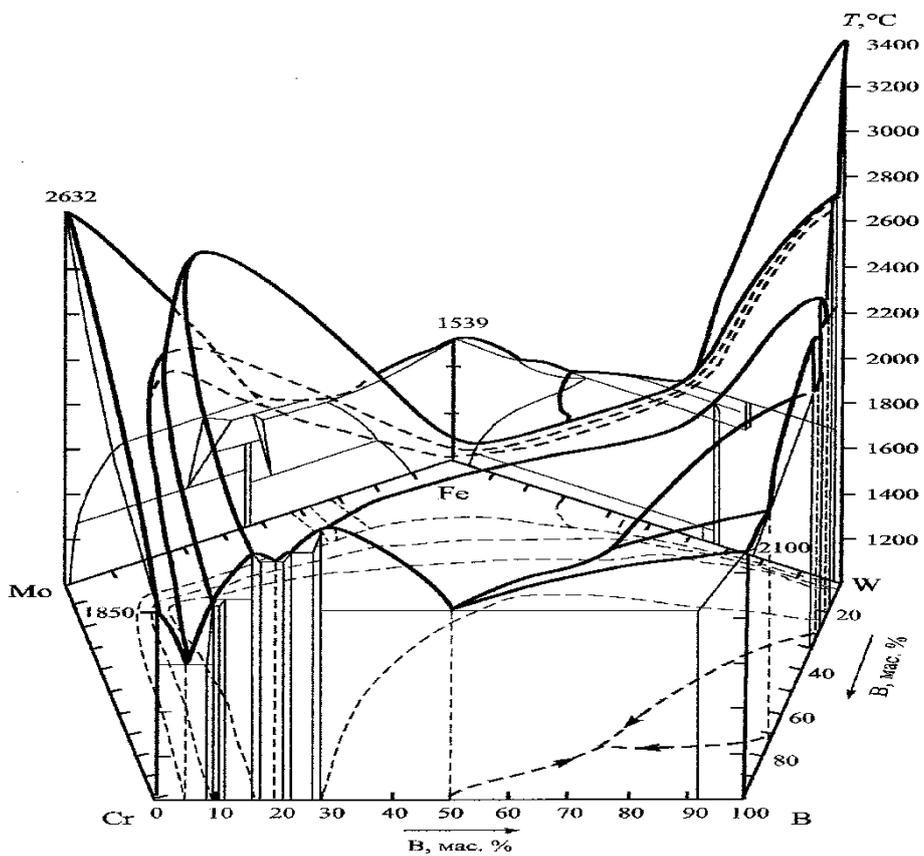


Рис. 3 Схема пяти компонентной диаграммы состояния Cr-Mo-Fe-W-B.

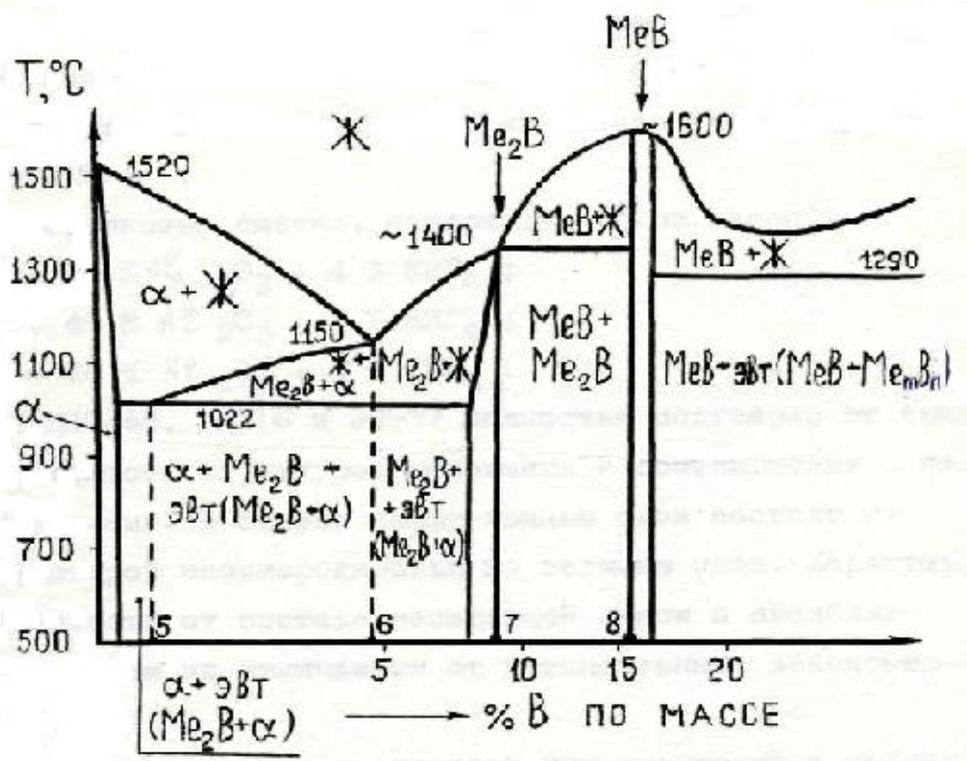


Рис. 4 Политермический разрез схемы четырехкомпонентной диаграммы состояния системы Ni-Fe-Cr-B при 33 % Ni.

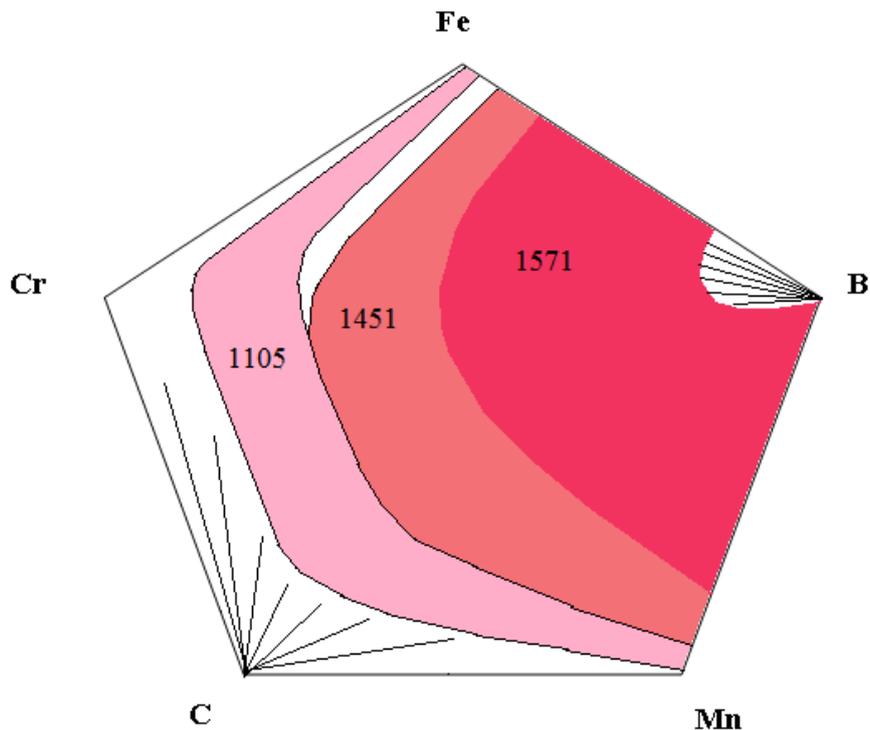


Рис. 5 Поверхность солидус в системе Fe – B – Mn – C – Cr [9].

Рассчитанная поверхность солидус имеет ступенчатый характер. При учете влияния высокого содержания хрома и углерода вид поверхности усложняется. Т.е. добавляется по крайней мере еще одна ступенька и понижаются температуры образования многокомпонентных эвтектик.

Таким образом, проведенный в работе анализ закономерностей формирования

эксплуатационных характеристик показывает целесообразность применения методов расчета эвтектических температур и концентраций в многокомпонентных системах, а также метода построения схем многокомпонентных диаграмм, которые позволяют обосновано назначать минимальные температуры нагрева для наплавки, определять фазовый состав слоев и предопределять их износостойкость.

Список литературы

1. Савельев С.Н. Поверхностное упрочнение деталей, восстановленных нитроцементацией и борированием: диссертация ... кандидата технических наук : 05.16.01. - Курск, 2003. - 138 с.: ил. РГБ ОД, 61 03-5/1827-5.
2. Чудина О.В. Комбинированные методы поверхностного упрочнения сталей с применением лазерного нагрева: теория и технология. М.: МАДИ (ГТУ), 2003. 248 с.
3. Чудина О.В. Моделирование процессов азотирования железной матрицы, дискретно легированной при лазерном нагреве/Упрочняющие технологии и покрытия. 2007. № 4. – С. 24-28.
4. Крукович М.Г., Бирюков В.П., Сизов И.Г. Изменение морфологии боридных слоев путем лазерной и электронно-лучевой обработки// Техника и технологии XXI века. В сб. статей международного научного е-симпозиума. Россия, г. Москва, 29-30 марта 2016 г. – Киров: МЦНИП, 2016. – С. 10 – 20.
5. Крукович М.Г. Расчет эвтектической температуры и концентраций в многокомпонентных системах. МиТОМ, - №10, 2005. – С. 9-17.
6. Крукович М.Г. Построение части поверхности солидус схемы многокомпонентной диаграммы Fe-Cr-Mn-C-B./Новые материалы и технологии. 2019, № 30. С. 50 – 54.
7. Krukovich M.G., Prusakov B.A., Sizov I.G. Plasticity of Boronized Layers/ Springer Series in Materials Science, V. 237. – Springer International Publishing Switzerland 2016. – 364 pp.
8. Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г. Пластичность борированных слоев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 384 с.
9. Krukovich M.G. Technology to Improve the Performance Properties of Heterogeneous Boronized Layers. Materials Performance and Characterization 9. Published ahead of print, 15 May 2020, <https://doi.org/10.1520/MPC20190091>.
10. Jiang P.F., Zhang C.H., Zhang S., Zhang J.B., Chen J., Liu Y. Fabrication and wear behavior of TiC reinforced FeCoCrAlCu-based high entropy alloy coatings by laser surface alloying //Materials Chemistry and Physics. 2020 DOI:10.1016/j.matchemphys.2020.123571.
11. Yanzhou Li et al. Phase assemblage and wear resistance of laser-cladding Al_{0,8}FeCoNiCrCu_{0,5} Six high-entropy alloys on aluminum // Materials Research Express. 2020.DOI:10.1088/2053-1591/aba9f7.

ПЕРЦЕПТРОН В ЗАДАЧАХ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ*Митина Ольга Алексеевна**кандидат пед. наук.,**МИРЭА – Российский технологический университет,**г. Москва**Ломовцев Павел Павлович**студент 2 курса,**МИРЭА – Российский технологический университет,**г. Москва***PERCEPTRON IN BINARY CLASSIFICATION PROBLEMS***Mitina Olga Alekseevna**Candidate of Science**MIREA – Russian Technological University**Moscow**Lomovtsev Pavel Pavlovich**2nd year student**MIREA – Russian Technological University**Moscow***АННОТАЦИЯ**

В настоящее время в России растет объем продукции, производимой предприятиями. Одной из серьезных проблем для российских предприятий является создание системы автоматического определения категории товара, позволяющей обеспечить безошибочную сортировку различных объектов. Очередной товар необходимо отнести к верному классу в зависимости от его характеристик.

Перцептрон – один из наиболее популярных методов решения задачи классификации. Автоматизация процесса разделения товаров по их свойствам облегчит работу сотрудникам сортировочного центра и исключит возможность ошибки вследствие человеческого фактора.

ANNOTATION

Currently, the volume of products manufactured by enterprises is growing in Russia. One of the serious problems for Russian enterprises is the creation of a system for automatic determination of the category of goods, which makes it possible to ensure error-free sorting of various objects. The next product must be attributed to the correct class, depending on its characteristics.

The perceptron is one of the most popular methods for solving the classification problem. Automation of the process of separating goods by their properties will facilitate the work of the employees of the sorting center and eliminate the possibility of errors due to human factors.

Ключевые слова: перцептрон; задачи бинарной классификации; нейронные сети.

Keywords: perceptron; binary classification tasks; neural networks.

Классификация – один из разделов машинного обучения, посвященный решению задачи на множестве объектов (ситуаций), разделённых некоторым образом на классы. Задано конечное множество объектов, для которых известно, к каким классам они относятся. Классовая принадлежность остальных объектов не известна.

Бинарная классификация – разбиение исходного множества объекта на два различных подмножества таким образом, чтобы характеристики объектов отличались друг от друга, но внутри каждого из подмножеств свойства были схожи [1].

Задача бинарной классификации – одна из задач обучения с учителем (англ. Supervised learning). Это означает, что для того, чтобы алгоритм работал правильно, ему нужны объективные данные. На каждом шаге результат работы алгоритма будет сравниваться с уже

существующим единственно верным результатом и если он окажется неверным, необходимо корректировать параметры классификатора до тех пор, пока не получится верный результат.

Задача бинарной классификации требует внимательного подхода к выбору алгоритма, а также к его обучению (корректировки параметров).

Мы будем использовать один из алгоритмов бинарной классификации – перцептрон, который моделирует работу человеческого мозга.

По определению перцептрон – математическая модель восприятия информации головным мозгом, предложенная Фрэнком Розенблаттом в 1957 году. Данный алгоритм стал одной из первых нейросетей в мире [2].

Перцептрон состоит из трёх типов элементов, а именно: поступающие от датчиков сигналы передаются ассоциативным элементам, а затем реагирующим элементам [2].

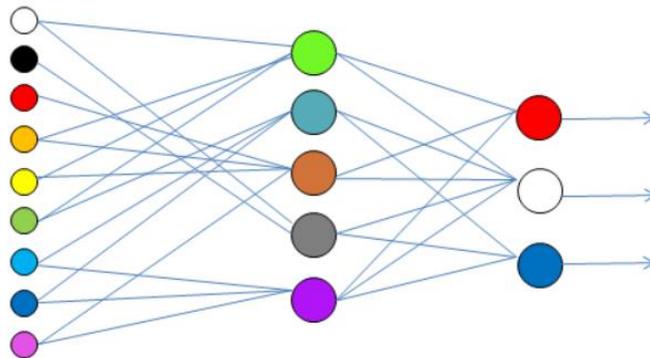


Рисунок 1 Логическое представление перцептрона с тремя уровнями

На рисунке 1 показана логическая схема перцептрона с тремя выходами, которая показывает, каким образом входные данные преобразуются в выходные, проходя обучение через один А-слой.

Алгоритм широко применяется в различных сферах: в медицине, в информационной безопасности, классификации товаров по качеству, в криминальном деле, в задачах распознавания изображений.

Перцептроны позволяют создать набор «ассоциаций» между входными стимулами и необходимой реакцией на выходе. В биологическом плане это соответствует преобразованию, например, зрительной информации в физиологический ответ от двигательных нейронов.

Для оценки качества классификации необходимо рассчитать все необходимые метрики, которые позволят определить, насколько хорошо модель предсказывает класс очередного объекта.

Под метрикой в задачах машинного обучения понимают количественный показатель (в долях),

который показывает ту или иную характеристику классификатора [6].

Метод оценки качества классификации – инструментарий для количественной оценки результатов классификации [3].

Принято выделять две группы методов оценки качества классификации:

- внешние (англ. External) меры основаны на сравнении результата классификации с априори известным разделением на классы;
- внутренние (англ. Internal) меры отображают качество кластеризации только по информации в данных [5].

Мы будем использовать внешнюю меру оценки качества классификации, т. е. по данным с априори известным реальным распределением данных.

В настоящее время специалисты по машинному обучению используют следующие метрики для оценки качества классификации: accuracy, precision, recall, F-мера [6].

Принято считать, что модель должна быть сбалансированной, то есть данные метрики должны

быть не менее 0.7 на тестовом наборе данных – наборе, который модель видит впервые, иначе модель будет плохо классифицировать новые объекты.

Итак, классификация по двум классам, или бинарная классификация, является едва ли не самой распространенной задачей машинного обучения. Рассмотрим пример бинарной классификации на наборе данных, в которых присутствует бинарный признак.

В нашем случае такой столбец описывает наименование цитруса:

- «1» – апельсин;
- «-1» – грейпфрут.

На рисунке 2 представлены данные, на которых будет производиться тестирование, где:

- name – целевой столбец факторного типа данных;
- diameter – диаметр фрукта, числового типа данных;
- weight – вес фрукта, числового типа данных;
- red – оттенок красного у фрукта, числового типа данных;
- green – оттенок зеленого у фрукта, числового типа данных;
- blue – оттенок синего у фрукта, числового типа данных [8].

	name	diameter	weight	red	green	blue
1	1	2.96	86.76	172	85	2
2	1	3.91	88.05	166	78	3
3	1	4.42	95.17	156	81	2
4	1	4.47	95.60	163	81	4
5	1	4.48	95.76	161	72	9
6	1	4.59	95.86	142	100	2
7	1	4.64	97.94	156	85	2
8	1	4.65	98.50	142	74	2
9	1	4.68	100.20	159	90	16
10	1	4.69	100.31	161	76	6

Рисунок 2 Описание тренировочных данных

Для реализации перцептрона будем использовать язык программирования высокого уровня R для статистической обработки данных и работы с графикой, а также свободную программную среду вычислений с открытым исходным кодом в рамках проекта GNU [6].

В настоящее время язык R используется в крупных компаниях для анализа, визуализации данных, а также для сложных математических операций. Преимуществом этого языка программирования является то, что все операции векторизованы, что исключает явное использование циклов в программном коде [7].

Импортировав данные в рабочую среду R, разделим исходные данные на обучающую и валидационную выборку. Обучающая выборка используется собственно для «обучения» той или иной модели, т.е. для построения математических отношений между некоторой переменной-откликом и предикторами, тогда как валидационная выборка служит для получения оценки прогнозных свойств модели на новых данных, т.е. данных, которые не были использованы для обучения модели.

На вход подается матрица признаков объекта и целевой столбец, в котором отражено достоверное распределение предсказываемой переменной. Далее производятся шаги инициализации атрибутов класса «Перцептрон»:

1. Инициализируем вектор весов нулями.
2. Инициализируем bias параметр $b = 0$.
3. В начальный момент времени номер итерации $t = 0$.
4. Задаем шаг обучения learning rate = 0.1
5. Пока t меньше лимита итераций, выполнять:

5.1 Случайно выбираем объект $(x[i], y[i])$ из тренировочной выборки, где $x[i]$ – вектор признаков объекта, $y[i]$ – объективный класс объекта (1 или -1).

5.2 Если знаки результата предсказания перцептрона и $y[i]$ различны, то это означает, что перцептрон дал неверный ответ, а значит необходимо изменить значения весов:

$$\omega[i] = \omega[i] + learningRate * y[i] * \tilde{x}[i] \quad (1)$$

- 5.3 Обновляем счетчик итераций $t = t + 1$.

Таким образом, финальное значение вектора весов позволяют классифицировать новый объект

\vec{x} . Если $(\vec{w}, \vec{x}) > 0$, то мы относим объект к классу +1, в противном случае мы относим объект к классу -1.

Класс будет иметь два метода – fit (обучение) и predict (предсказание).

```
fit = function(X, y){
  while (self$t < self$t_max){
    self$t <- self$t + 1
    idx <- sample(c(1:(length(y))), 1)
    if ((y[idx] * (X[idx, ] %*% self$weights + self$b)) <= 0){
      self$b <- self$b + self$learning_rate * y[idx]
      self$weights <- self$weights + self$learning_rate * y[idx] * X[idx, ]
    }
  }
  print(self)
  return (self)
},
```

Рисунок 3 Реализация алгоритма обучения перцептрона

После того, как перцептрон обучится, его необходимо протестировать, поскольку основное предназначение перцептрона – предсказывать класс очередного объекта по его характеристикам. Реализуем метод предсказания с учетом условия

отнесения объекта к классу: если скалярное произведение признаков на веса больше нуля, то объект относится к классу +1, в противном случае -1.

```
predict = function(X_test){
  classes <- c()
  for (i in c(1:length(X_test[,1]))) {
    if ((X_test[i, ] %*% self$weights) + self$b) >= 0)
      classes[i] <- 1
    else
      classes[i] <- -1
  }
  return (classes)
}
```

Рисунок 4 Реализация метода предсказания перцептрона

Итак, реализован класс «Перцептрон», который можно использовать для решения задачи классификации данных.

Создадим экземпляр класса и обучим его на обучающей выборке для тестирования работы

алгоритма. Подадим в качестве входных данных X_{train} (матрица признаков) и y_{train} (объективные значения целевого столбца).

```
# _____ FITTING MODEL AND TEST IT _____
model <- Perceptron$new(num_features=ncol(X_train), learning_rate=0.1, t_max = 4000)
model$fit(X_train, y_train)
```

Рисунок 5 Создание экземпляра класса и обучение

Предскажем классы объектов из валидационной выборки.

```
predictions <- as.factor(model$predict(X_test))
```

Проверим результаты тестирования, выразив метрики в процентах.

```
> print(paste('Аккуратность вашей модели составила: ', ceiling(score_test * 100), '%'))
[1] "Аккуратность вашей модели составила: 90 %"
> print(paste('Точность вашей модели составила: ', ceiling(precision*100), '%'))
[1] "Точность вашей модели составила: 97 %"
> print(paste('Полнота вашей модели составила:', ceiling(recall*100), '%'))
[1] "Полнота вашей модели составила: 83 %"
> print(paste('F-мера вашей модели составила: ', ceiling(F1_score*100), '%'))
[1] "F-мера вашей модели составила: 90 %"
```

Рисунок 6 Вывод метрик качества классификации

Все необходимые метрики более 70%, следовательно, модель работает правильно.

Далее проверим, соответствует ли предсказанное распределение объективному. Для этого результат необходимо визуализировать.

Создадим датафрейм с двумя признаками: предсказанные значения (predictions) и реальные значения (y_test). Построим гистограмму распределений каждого из признаков и убедимся в том, что они действительно схожи.

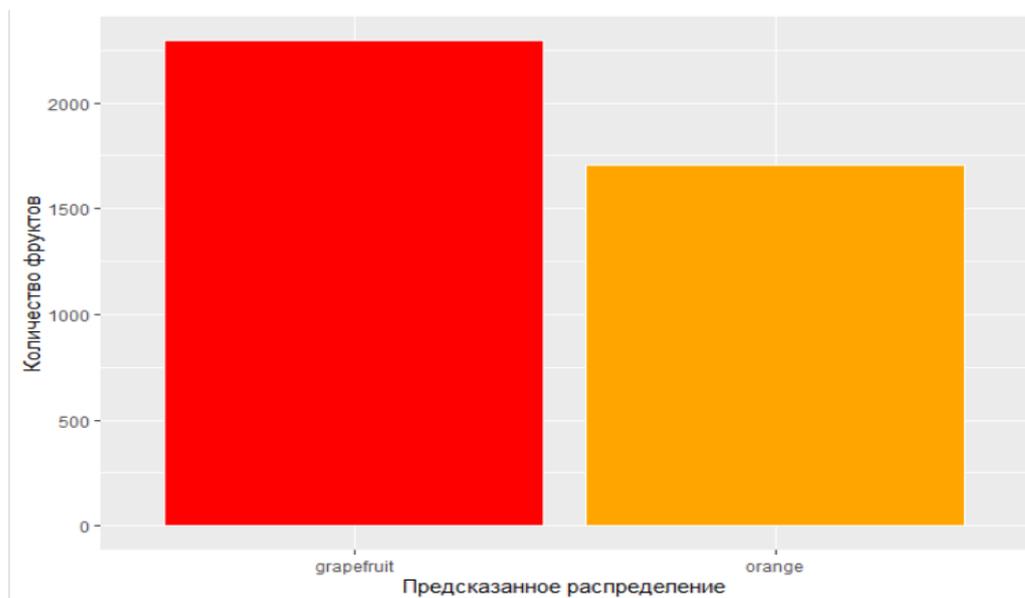


Рисунок 7 Предсказанное распределение объектов по классам

Перцептрон определил грейпфрутов больше, чем апельсинов. Сравним результат с реальным.

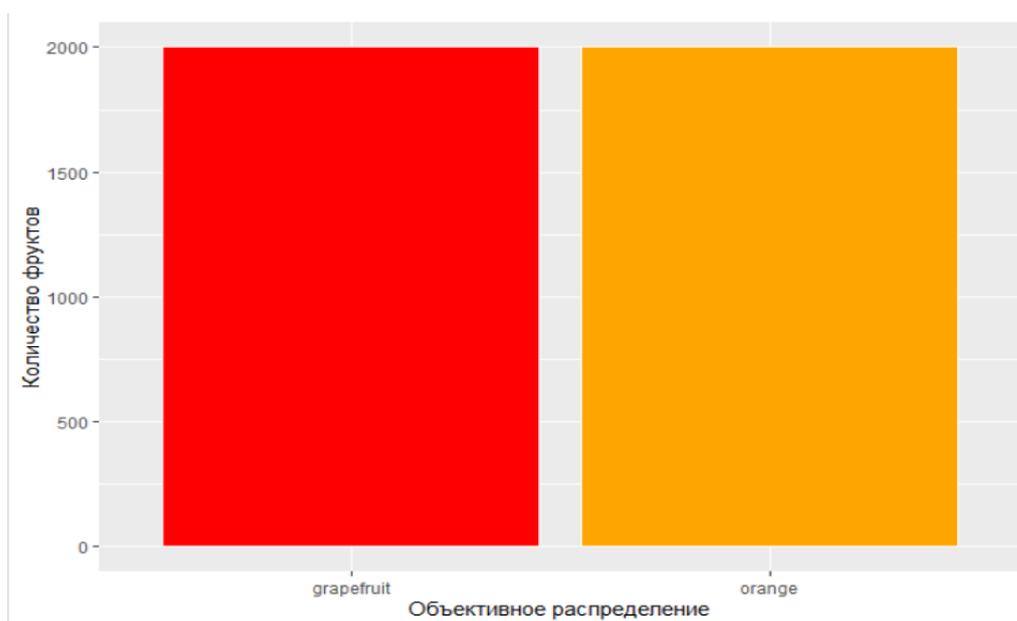


Рисунок 8 Реальное распределение объектов по классам

Таким образом, классификационный анализ цитрусов показал, что перцептрон справляется с задачей бинарной классификации.

Существует большое количество примеров применения алгоритмов классификации, такие как: задачи медицинской диагностики, предсказание месторождений полезных ископаемых, оценка кредитоспособности заемщиков, то есть случаи, где решения принимаются на основании

принадлежности данных к одному из выделенных классов.

Перцептрон – один из наиболее популярных подходов для решения задач бинарной или мульти-классовой классификации.

Благодаря таким технологиям жизнь может стать проще, а принимаемые решения – точнее и дешевле.

Список литературы

1. Горяинова, Е.И. Методы бинарной классификации объектов с номинальными показателями / Е.И. Горяинова // Журнал Новой экономической ассоциации № 2 (14), С. 27–49. – 2017. – С. 35
2. Warren S. McCulloch and Walter Pitts. Логическое исчисление идей, относящихся к нервной активности = A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity // Bulletin of Mathematical Biology. – New York: Springer New York, 1943. – Т. 5, № 4. – С. 115–133.
3. Жуков, Д.А. Анализ критериев классификации при диагностике функционирования технического объекта / Д.А. Жуков // Mathematical modelling. – 2018. – С. 13
4. Роберт Кабаков. R в действии. – ДМК-Пресс, 2018. – 588 с.
5. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. – Москва: Финансы и статистика, 2019 – 571 с.
6. Habr.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/ods/blog/328372/> – Дата доступа: 17.04.2021.
7. Мاستицкий, С.Э. Статистический анализ и визуализация данных с помощью R / С.Э. Мاستицкий. – Москва: 2017. – 172 с.
8. Kaggle.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.kaggle.com/joshmcamads/oranges-vs-grapefruit?select=citrus.csv>. – Дата доступа: 17.04.2021.

**КАТАЛИЗИРУЕМАЯ ДЕЛИГНИФИКАЦИЯ ПШЕНИЧНОЙ СОЛОМЫ
ПЕРУКСУСНОЙ КИСЛОТОЙ**

Пен Роберт Зусевич

*доктор технических наук, профессор
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени М. Ф. Решетнева
г. Красноярск*

Шапиро Ида Львовна

*кандидат технических наук
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени М. Ф. Решетнева
г. Красноярск*

Коркина Милия Александровна

*Старший лаборант
Сибирский государственный университет
науки и технологий имени М. Ф. Решетнева
г. Красноярск*

**DELIGNIFICATION OF THE WHEAT STRAW BY PERACETIC ACID
WITH CATALYTIC AGENTS USE**

Pen Robert

*Doctor of Technical Sciences, Professor
Reshetnev Siberian State of Science and Technology,
Krasnoyarsk*

Shapiro Ida

*Candidate of Technical Sciences
Reshetnev Siberian State of Science and Technology,
Krasnoyarsk*

Korkina Miliya

*Reshetnev Siberian State of Science and Technology,
Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

Изучено влияние небольших количеств серной кислоты, диоксида кремния и сульфата натрия на образование перуксусной кислоты в среде «CH₃COOH – H₂O₂ – H₂O» и на последующую делигнификацию пшеничной соломы полученным раствором окислителей при температуре 90°C. Разбавленная серная кислота эффективно катализирует оба процесса, но снижает выход технической целлюлозы из-за гидролиза легкогидролизуемых полисахаридов. Эффективность гетерогенного катализатора SiO₂ и промотора Na₂SO₄ низкая.

ABSTRACT

Influence of the small quantities by chamois of the sulfuric acid, dioxide silicon and sulfuric sodium on the formation peracetic acids in medium «CH₃COOH – H₂O₂ – H₂O» and on the following delignification wheat straw

got by oxidants solution at the 90 °C was studied. Diluted sulfuric acid is effectively catalyzing both processes, but reduce yield of the technical cellulose because of hydrolysis of slight-hydrolyzing polysaccharides. Efficiency of heterogenous catalyst SiO₂ and promoter Na₂SO₄ is low.

Ключевые слова: катализаторы окисления; кремния диоксид; перуксусная кислота; пшеничная солома; делигнификация соломы

Keywords: catalysts of the oxidation, silicon dioxide, peracetic acid, wheat straw, delignification

Ранее было показано [5,6], что пшеничная солома может быть успешно делигнифицирована водным раствором пероксида водорода и уксусной кислоты с гомогенным катализатором – серной кислотой. В этих условиях в растворе генерируется перуксусная кислота – активный и селективный окислитель лигнина, содержащегося в растительном сырье. Проверкой эффективности использования гетерогенных катализаторов (диоксидов титана и кремния, каолина) и промоторов (сульфата и хлорида натрия, алюмокалиевых квасцов) установлен относительно небольшой положительный эффект в отношении образования перуксусной кислоты только от добавок диоксида кремния и сульфата натрия.

В предлагаемой публикации изложены результаты экспериментов, выполненных с целью уточнения влияния величины добавок серной кислоты, диоксида кремния и сульфата натрия на процессы образования перуксусной кислоты и делигнификации растительного сырья (пшеничной соломы). Диапазон варьирования величины добавок катализаторов и промотора изменен в сторону уменьшения в сравнении с предыдущим исследованием [5].

Варочный раствор готовили так же, как в предыдущих исследованиях [5,6]: смешивали 12 мл ледяной уксусной кислоты, 15,5 мл р-ра пероксида водорода «ч.д.а» (конц.21,8 %); прибавляли разные количества 72-процентной серной кислоты, сульфата натрия и диоксида кремния, согласно плану эксперимента; смесь нагревали при температуре 60°C в течение 4,5 час. при интенсивном перемешивании.

Условия варки измельченной пшеничной соломы: количество соломы 4 г, приготовленного варочного раствора – 26 мл; жидкостный модуль 6, температура 90°C, продолжительность 130 мин. (в термостате, без перемешивания).

Переменные факторы (вид и количество добавок) варьировали в соответствии с планом трехфакторного дисперсионного анализа с двумя опытами («дублями») в группе [4].

Обозначения и уровни варьирования факторов:

X₁ – количество добавляемой концентрированной серной кислоты на 26 мл реакционной смеси (уровень 1 – без добавления кислоты; уровень 2 – с добавлением 0,1 мл кислоты);

X₂ – количество добавляемого сульфата натрия на 26 мл реакционной смеси (1 – без добавки; 2 – 0,05 г);

X₃ – количество добавляемого диоксида кремния на 26 мл реакционной смеси (1 – без добавки; 2 – 0,1 г).

Результаты опытов (выходные параметры):

Y₁ – концентрация пероксида водорода в варочном растворе, г-моль/дм³;

Y₂ – концентрация перуксусной кислоты в варочном растворе, г-моль/дм³;

Y₃ – выход технической целлюлозы, проценты от массы соломы;

Y₄ – массовая доля лигнина в целлюлозе (сернокислотный по ГОСТ 11960-79), проценты.

Условия и результаты эксперимента приведены в табл. 1, статистические характеристики выходных параметров – в табл. 2.

Таблица 1

План эксперимента (уровни факторов) и результаты опытов

Уровни факторов			Результаты (средние из двух опытов)			
X ₁	X ₂	X ₃	Y ₁ г-моль/дм ³	Y ₂ г-моль/дм ³	Y ₃ %	Y ₄ %
1	1	1	2,63	0,776	59,1	5,74
1	1	2	2,64	0,349	59,3	6,90
1	2	1	2,64	0,318	62,9	6,51
1	2	2	3,18	0,300	63,0	5,60
2	1	1	2,54	0,851	49,1	7,47
2	1	2	2,55	0,799	54,7	7,62
2	2	1	2,65	0,788	52,8	7,48
2	2	2	2,47	0,706	53,6	6,27

Таблица 2

Статистические характеристики выходных параметров

Характеристики выборки	Выходные параметры			
	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄
Число опытов	16	16	16	16
Средние значения	2,66	0,611	56,8	6,69
Стандартные отклонения	0,218	0,242	5,03	0,796
Коэффициенты вариации, %	8,21	39,7	39,7	11,9

Результаты дисперсионного анализа в наглядном виде представлены на рисунках 1-4. Статистическую значимость различий между выходными параметрами Y при разных уровнях факторов X оценивали по критерию «95 % LSD»

Фишера (Fisher's Least Significant Difference – наименьшая значимая разность) – тест, представляющий собой совокупность t-критериев для всех возможных пар сравниваемых уровней факторов [4].

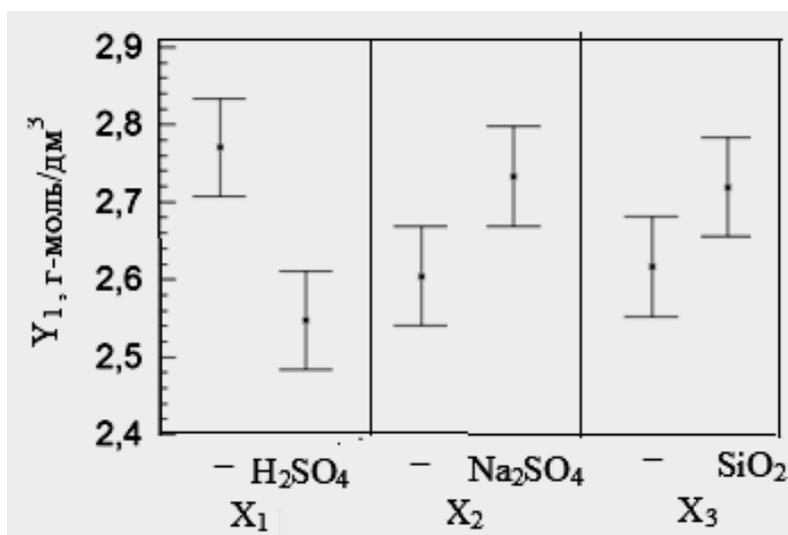


Рисунок 1. Зависимость концентрации остаточного пероксида водорода в варочном растворе от переменных факторов (средние значения и 95-процентные доверительные интервалы)

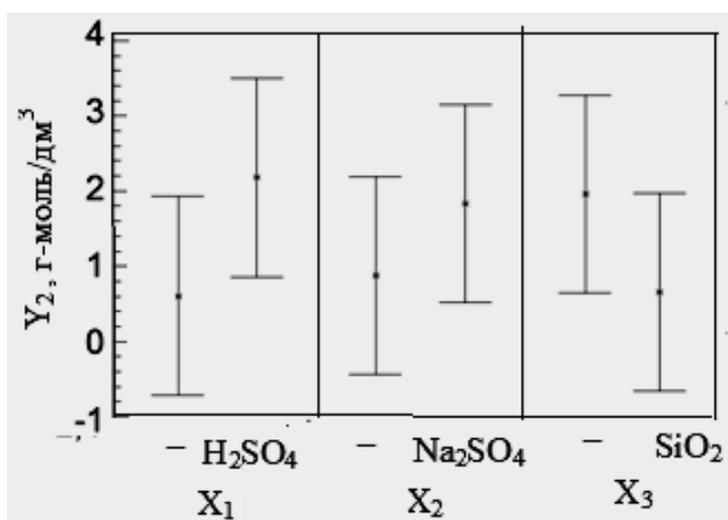


Рисунок 2. Зависимость концентрации образовавшейся перексусной кислоты в варочном растворе от переменных факторов

Как и следовало ожидать на основании предшествующих исследований [5, 6], наиболее эффективным катализатором обсуждаемых процессов является серная кислота. Её присутствие обеспечивает более полное расходование

пероксида водорода (рис. 1) и образование перексусной кислоты (рис. 2). Небольшие добавки сульфата натрия оказывают относительно небольшое, но статистически значимое (с доверительной вероятностью не менее 95 %)

положительное влияние на оба процесса. В присутствии диоксида кремния также наблюдается небольшое увеличение расходования пероксида водорода (рис. 1), но при этом растет доля его потерь на побочные реакции и уменьшается концентрация целевого продукта – перуксусной кислоты (рис. 2).

Влияние серной кислоты на результаты варки неоднозначно. В присутствии кислоты значительно уменьшается выход технической целлюлозы (рис. 3) при одновременном небольшом увеличении массовой доли остаточного лигнина (рис. 4). Этот противоречивый, на первый взгляд, результат имеет логичное объяснение. С одной

стороны, серная кислота при температурах, близких к 100°C , переводит в раствор легкогидролизуемые полисахариды [1, с. 291], содержание которых в пшеничной соломе превышает 28 % [2]. С другой стороны, под действием кислоты происходит инактивация (кислотная конденсация) лигнина, сопровождающаяся снижением его реакционной способности и растворимости; это явление наблюдалось ранее при делигнификации древесины аналогичным способом [3]. Наблюдаемое явление имеет место во всех процессах, связанных с нагреванием древесины в кислой среде, но при более высоких температурах

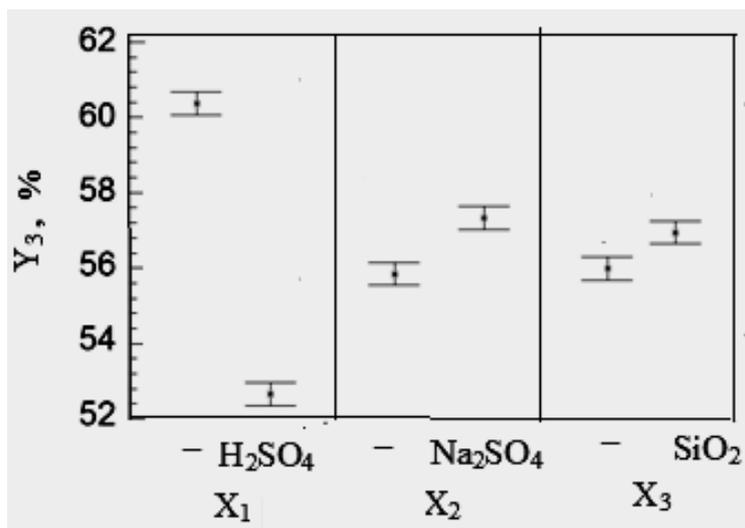


Рисунок 3. Зависимость выхода целлюлозы от переменных факторов

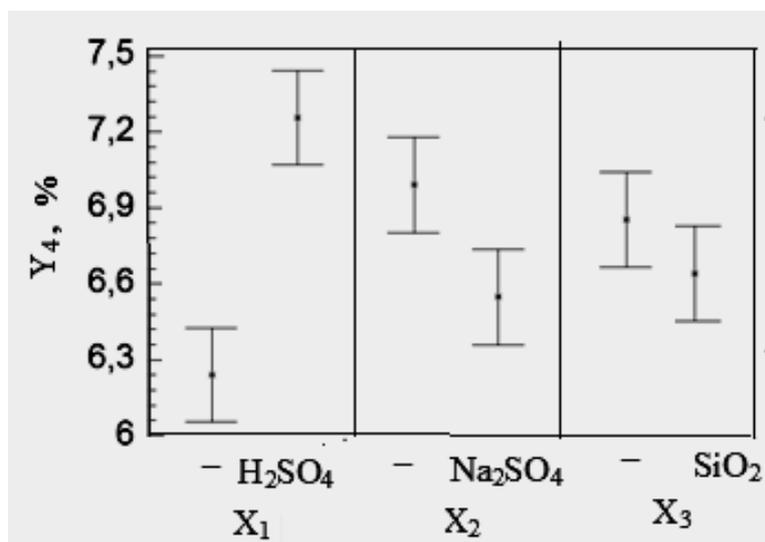


Рисунок 4. Зависимость массовой доли лигнина в целлюлозе от переменных факторов

Присутствие в варочном растворе небольших количеств гетерогенного катализатора (диоксида кремния) и промотора (сульфата натрия) сопровождается небольшим положительным влиянием на результаты варки – увеличением выхода целлюлозы (рис. 3) и уменьшением в ней массовой доли остаточного лигнина (рис. 4).

Резюме. Серная кислота достаточно эффективно катализирует делигнификацию пшеничной соломы перуксусной кислотой, но уменьшает выход технической целлюлозы из-за гидролиза легкогидролизуемых полисахаридов. Эффективность гетерогенного катализатора диоксида кремния и промотора сульфата натрия

относительно мала, их практическое использование представляется неперспективным.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России на выполнение коллективом научной лаборатории «Глубокой переработки растительного сырья» проекта «Технология и оборудование химической переработки биомассы растительного сырья» (номер темы FEFE-2020-0016).

Список литературы

1. Азаров В. И., Буров А. В., Оболенская А. В. Химия древесины и синтетических полимеров. – СПб, 1999. 627 с.
2. Вшивкова И. А., Пен Р. З., Каретникова Н. В., Антонова Г. Ф. Свойства пероксидной целлюлозы из однолетних растений. 2. Динамика превращения полисахаридов в процессе делигнификации пшеничной соломы // Химия растительного сырья, 2013, № 2, с. 31-35.
3. Пен Р. З., Пен В. Р., Леонова М. О., Шапиро И. Л., Каретникова Н. В. Кинетика делигнификации хвойной древесины перуксусной кислотой //

Журнал прикладной химии, 1999, т. 72, вып. 9, с. 1541-1545.

4. Пен Р. З., Пен В. Р. Статистические методы математического моделирования, анализа и оптимизации технологических процессов. – СПб: Лань, 2020. 308 с.

5. Пен Р. З., Шапиро И. Л., Чендылова Л. В., Силин Д. Р. Катализаторы и промоторы окисления уксусной кислоты пероксидом водорода // Естественно-научные и технические исследования как основной фактор развития инновационной среды: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 28 января 2021 г. Белгород: ООО Агентство перспективных научных исследований, 2021, с. 4-8.

6. Pen R. Z., Shapiro I. L., Silin D. R. Delignification of plant raw materials with peroxy compounds // “Scientific research of the SCO countries: synergy and integration”, International Conference (2020, December 8). Beijing, China. 2020. Part 3. Pp. 163-168. (DOI 10.34660/INF 2020 80.57.027)

ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ МОДУЛЕЙ В ГЕКСАПОДАХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРКИ СОЕДИНЕНИЙ

А.В. Романов¹, А.С. Урсегова¹, А.В. Щенятский¹

¹ ФГБОУ ВО «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова», г. Ижевск, Российская Федерация

APPLICATION OF MECHATRONIC MODULES IN HEXAPODS TO AUTOMATION OF JOINTS ASSEMBLING

A.V. Romanov¹, A.S. Ursegova¹, A.V. Shchenyatsky¹

¹ Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Izhevsk, Russian Federation

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.405

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены преимущества применения механизмов с параллельной кинематикой для сборки соединений. Проведен анализ применимости различных типов приводов в гексаподах, выявлены их основные достоинства и недостатки.

Рассмотрены основные особенности построения мехатронных систем с электромеханическими и электрогидравлическими приводами, проведен анализ энергетических переходов в каждом типе привода.

Проведены сравнительные оценки технических характеристик приводов: по нагрузочной способности, точности и быстродействию.

ABSTRACT

The paper deals with the advantages of using mechanisms with parallel kinematics for the assembly of interference fits. The analysis of applicability of various types of actuators in hexapods is carried out, their main advantages and disadvantages are revealed.

The main features of the construction of mechatronic systems with electromechanical and electrohydraulic drives are considered, the analysis of energy transitions in each type of drive is carried out.

Comparative assessments of the technical characteristics of the actuators are carried out: in terms of load capacity, accuracy and speed.

Ключевые слова: параллельная кинематика, сборка, соединение с натягом, привод, переходной процесс

Keywords: parallel kinematics, assembling, interference fit, actuator, transient process

Введение

Сборочные процессы в современном производстве представляют особую сложность. Качественную сборку определяют такие параметры как: точность, прочность, следовательно, для ее

реализации в первую очередь необходимо обеспечение автоматизированной системой высокой точности позиционирования при перемещении, ориентации и базировании деталей, подлежащих сборке, и требуемого усилия [8].

Оптимальным вариантом решения данной задачи является применение механизмов параллельной кинематики, позволяющее добиться выполнения данных критериев на основе ряда свойственных им преимуществ (перед традиционными механизмами) [1,2,5,6]:

1) возможность расположения исполнительных органов на неподвижных либо медленно перемещаемых звеньях;

2) отсутствие изгибных напряжений при использовании кинематических звеньев в виде стержней, работающих на сжатие–растяжение;

3) использование подвижных звеньев с минимальной массой снижает энергетические затраты для перемещения исполнительного органа, что позволяет реализовать сверхвысокие ускорения и скорости перемещения рабочего органа;

4) высокая пространственная жесткость конструкции вследствие применения замкнутой структуры;

5) минимизация нагрузки на кинематические звенья и приводную часть вследствие снижения величин нагрузок;

6) высокая точность, снижение упругих деформаций, повышенная жесткость конструкции, что обеспечивается уменьшением числа

соединений элементов и кинематических звеньев механизмов.

Среди механизмов с параллельной кинематикой широкое применение получили гексаподы, обеспечивающие максимальное число степеней свободы выходного звена. В данной конструкции исполнительный инструмент способен двигаться по сложной траектории за счет движения рабочего стола, на котором он установлен. Движение стола происходит при помощи ступенчатых пар – приводов, шарнирно прикрепленных к столу и основанию. Использование гексаподов в процессе сборки позволит избежать погрешностей при базировании деталей, перекосов, обеспечить максимальную точность соединений, а также ряд других показателей, определяющих качественные соединения.

В мехатронных системах с данной кинематикой широкое применение нашли такие типы приводов как: электромеханический (ЭМ), электрогидравлический (ЭГ), электропневматический (ЭП), электромагнитный (ЭМГ) и т.д [7,9]. Характеристики приводов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Технические характеристики приводов

Тип привода	Точность позиционирования, мм	Развиваемое усилие, кН	Скорость рабочего хода, мм/с
Электромеханический	0,001 и выше	свыше 150	до 100
Электрогидравлический	до 0,001	свыше 150	до 100
Электропневматический	до 0,1	до 70	до 50
Электромагнитный	-	до 15	до 120

В ходе проведенного анализа применяемых в гексаподах приводов выявлены их основные достоинства и недостатки, представленные в таблице 2.

Таблица 2

Особенности приводов

Тип привода	Достоинства	Недостатки
ЭМ	<ul style="list-style-type: none"> - простота управления и автоматизации; - высокий КПД; - низкая чувствительность к изменениям температуры; - высокая жесткость; - наиболее высокие динамические показатели; 	<ul style="list-style-type: none"> - сравнительно невысокая удельная мощность;
ЭГ	<ul style="list-style-type: none"> - возможность получения больших сил и мощностей при малых размерах и весе механизма (высокая удельная мощность); - простота управления и автоматизации; - надежность эксплуатации; - возможность частых и быстрых переключений при реверсивных движениях; 	<ul style="list-style-type: none"> - нагрев рабочей жидкости при работе; - более низкий КПД, чем у электромеханического привода; - зависимость вязкости рабочей жидкости и рабочих параметров привода от температуры окружающей среды (либо дороговизна масел, позволяющих приводу функционировать в условиях низких температур).

Тип привода	Достоинства	Недостатки
	- возможность равномерного распределения усилий при одновременной передаче на несколько приводов;	
ЭП	- относительно невысокая стоимость; - простота и надежность конструкции; - низкая чувствительность к изменениям температуры.	- плохая управляемость; - невысокая нагрузочная способность (до 10 кг, реже – до 20 кг). - низкая жесткость;
ЭМГ	- высокая скорость перемещений рабочего органа; - простота конструкции и управления; - надежность и долгий срок службы; - способность к работе в сложных условиях;	- низкое усилие; - малый ход; - плохая управляемость

На основе анализа таблицы 2 можно сделать следующий вывод: для решения задач, требующих обеспечения больших усилий, целесообразно использовать электрогидравлический привод, поскольку он имеет наилучшее соотношение развиваемой мощности и массогабаритных показателей. К недостаткам данного типа привода относятся невозможность применения в условиях низких температур и высокие стоимостные показатели реализации сервопривода, вследствие применения быстродействующей высокоточной гидроаппаратуры (сервоклапаны, пропорциональные распределители, сервонасосы и т.д.), поэтому перспективным является электромеханический привод, обладающий высоким быстродействием, бесступенчатым регулированием скорости в широком диапазоне, высокой точностью позиционирования выходного звена при меняющихся нагрузках.

Особенности построения мехатронных систем с электромеханическими и электрогидравлическими приводами

Рассмотрим построение мехатронных систем с электромеханическими и электрогидравлическими приводами.

Мехатронная система с электромеханическим приводом включает в себя осевой модуль на базе вентильного электродвигателя [3,9]. Преобразование вращательного движения в поступательное реализуется путем применения прецизионных шарико- (ШВП) либо роликвинтовых (РВП) передач. Оптимальным по критерию нагрузочной способности является применение РВП, обладающих более высокими жесткостными, точностными и динамическими показателями по сравнению с ШВП. Обратная связь реализуется с помощью датчиков положения (энкодеров (инкрементальных, абсолютных), резольверов, измерительных линеек (индуктивных, магнитных)). Структура i -осевой системы на базе электромеханического привода представлена на рисунке 1 (преобразователь движения не представлен).

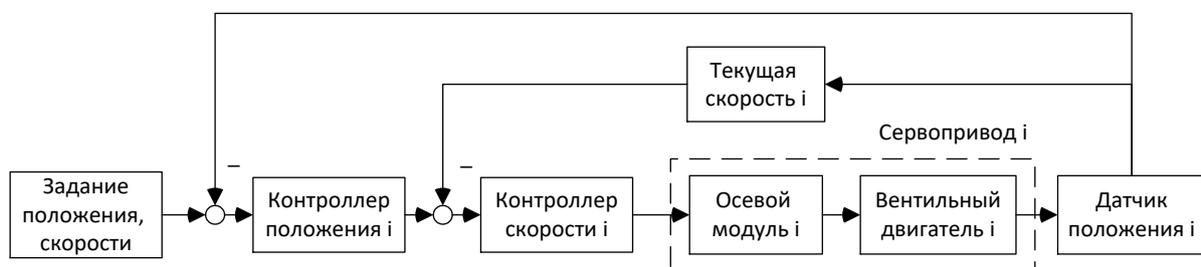


Рисунок 1 – Структурная схема i -осевой мехатронной системы с электромеханическим приводом

Мехатронная система с электрогидравлическим приводом состоит из осевого модуля на базе высокоточного линейного гидродвигателя (гидроцилиндра) [10]. Регулирование скорости поступательного

движения гидроцилиндра обеспечивается управляемым гидравлическим пропорциональным сервоклапаном, изменяющим расход подаваемой в гидроцилиндр рабочей жидкости. Обратная связь по положению штока гидроцилиндра реализуется с

помощью магнитострикционных и потенциометрических датчиков линейного положения. Структурная схема i -осевой системы на базе электрогидравлического привода представлена на рисунке 2.

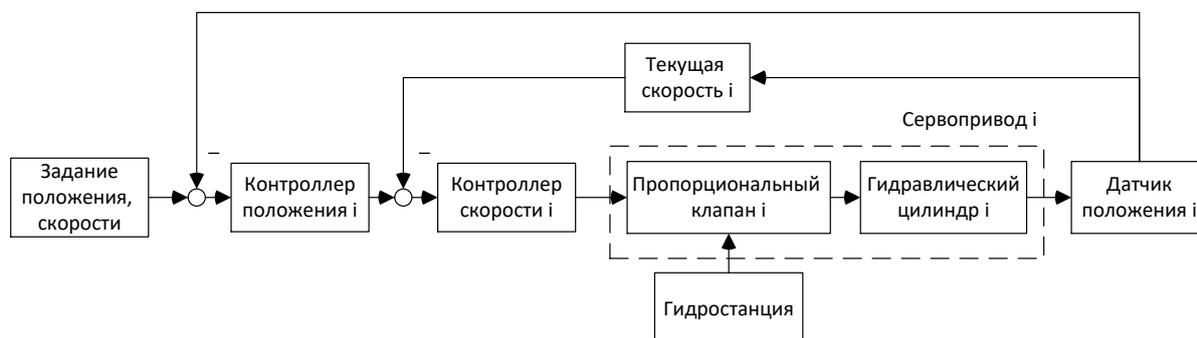


Рисунок 2 – Структурная схема i -осевой мехатронной системы с электрогидравлическим приводом

Анализ структурных схем мехатронных систем с данными типами приводов показал, что реализация системы на базе электрогидравлического привода сложнее вследствие наличия большего переходов преобразования энергии (электрическая \rightarrow гидравлическая \rightarrow механическая) по сравнению с электромеханическим (электрическая \rightarrow механическая).

Сравнительная оценка технических характеристик приводов

По нагрузочной способности

Для оценки нагрузочной способности каждого из приводов рассмотрим случай, когда диаметр штока гидроцилиндра равен диаметру винта РВП (примем диаметр 48 мм). При давлении рабочей жидкости 10 МПа рассматриваемый электрогидравлический привод способен обеспечить грузоподъемность 7377 кг, в то время как максимальная грузоподъемность РВП составляет 2683 кг.

По точности позиционирования

Точность позиционирования прецизионных приводов в большинстве случаев определяется точностью применяемого датчика положения. Допустим, что на приводах установлены одинаковые высокоточные датчики, способные фиксировать перемещения в долях микрометра. Тогда для точности электрогидравлического привода определяющими параметрами будут время срабатывания пропорционального клапана, объемный расход жидкости и ее сжимаемость. Точность позиционирования РВП зависит от

люфтов в передаче.

Для выбранных приводов (с диаметром штока гидроцилиндра и винта РВП 48 мм) при холостом ходе точность позиционирования РВП равна 0,0235 мм, точность позиционирования привода с гидравлическим цилиндром составляет 0,41 мм.

Таким образом, очевидным является факт, что электромеханический привод способен обеспечивать значительно более высокую точность, чем электрогидравлический.

По быстродействию

Для анализа динамических характеристик приводов проведена оценка реакции на ступенчатое воздействие при перемещении нагрузки массой 900 кг на 9,6 мм (один оборот винта РВП для электромеханического привода). Для моделирования использовался программный продукт Matlab/SIMULINK. Переходные характеристики электромеханического и электрогидравлического приводов приведены на рисунках 3,4 соответственно.

Согласно полученной характеристике (рисунок 3) переходной процесс электромеханического привода имеет апериодический характер с минимальным перерегулированием: длительность переходного процесса составляет 170 мс, что является достаточным быстродействием для процесса управления движением при сборке. Перерегулирование не превышает 1,7%, что также удовлетворяет требованиям обеспечения точности позиционирования. Статическая составляющая ошибки регулирования не превышает 0,03%.

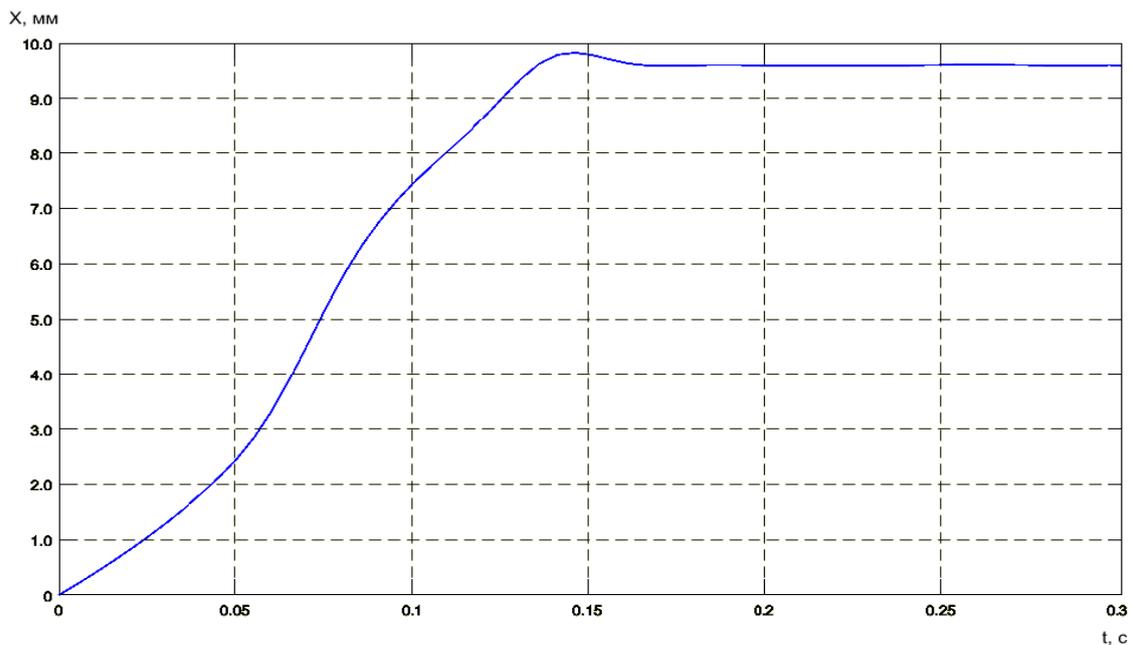


Рисунок 3 – Переходная характеристика электромеханического привода

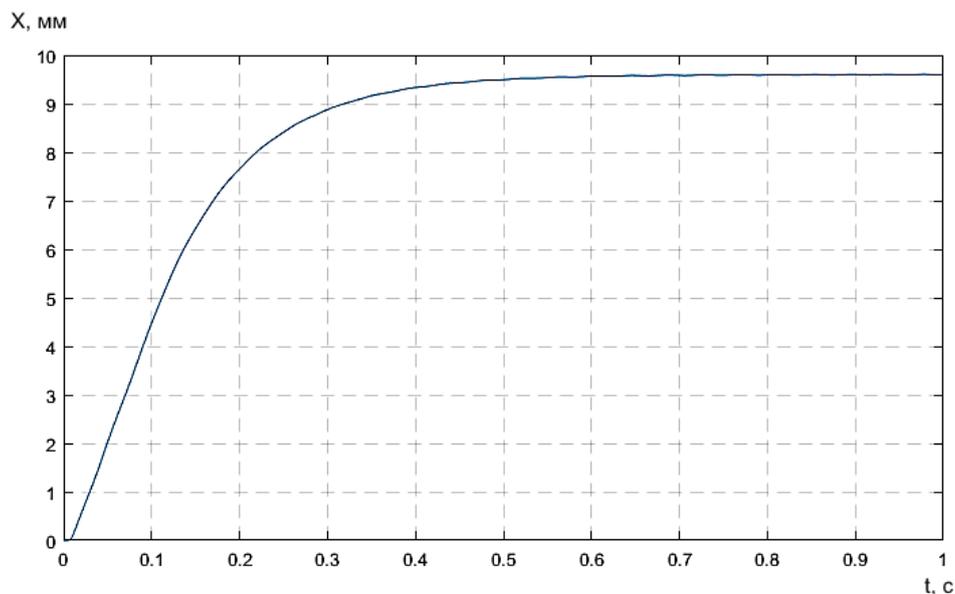


Рисунок 4 – Переходная характеристика электрогидравлического привода

Из графика (рисунок 4) следует, что длительность переходного процесса электрогидравлического привода составляет 0,5 с, следовательно, гидравлический привод уступает в быстродействии РВП. Тем не менее, данное время является удовлетворительным для управления движением в сборочных процессах. Перерегулирование отсутствует. Статическая составляющая ошибки регулирования не превышает 0,03%.

Отсутствие перерегулирования в переходном процессе электрогидравлического привода является показателем его высокой нагрузочной способности.

Заключение

Проведенный анализ существующих приводов, применяемых в мехатронике, показал, что наиболее отвечающими требованиям по

скорости и нагрузочной способности для решения задач сборки с применением манипуляторов с параллельной кинематикой (гексаподов) являются следующие типы приводов: электромеханический на базе вентильных сервоприводов и роликвинтовых передач и электрогидравлический на базе прецизионных гидроцилиндров с пропорциональными сервоклапанами. Электромеханический привод целесообразно применять для сборки ответственных соединений, требующих высокого быстродействия и точностных показателей. В отдельных случаях, для задач, требующих особенно высокой грузоподъемности устройства (за исключением работы в условиях низких температур), следует использовать электрогидравлический привод.

В ходе проведенной сравнительной оценки технических параметров приводов по таким

критериям: как нагрузочная способность, точностные показатели и быстродействие установлено, что наиболее полно критериям точности и быстродействия отвечает электромеханический привод, при этом электрогидравлический привод обладает большей нагрузочной способностью при одинаковых диаметрах штока (электрогидравлический привод) и винта РВП (электромеханический привод).

Список литературы

1. Merlet J.P. Parallel Robots. Solid Mechanics and Applications / J.P. Merlet. – Berlin : Springer, 2006. – 394 p.
2. ORMEC Tech note № 27. Coupling High Performance Servos to Mechanical Loads. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: http://www.ormec.com/LinkClick.aspx?fileticket=A_5dLGalCA%3D&tabid=145&mid=621
3. Sun D. Position synchronization of multiple motion axes with adaptive coupling control //Automatica, vol. 39, no. 6, , 2003, pp. 997-1005.
4. Блинов, Д.С. Планетарные роликвинтовые механизмы. Конструкции, методы расчетов / Под ред. проф. О.А. Ряховского. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 222 с: ил.
5. Глазунов, В.А. Пространственные механизмы параллельной структуры / В. А. Глазунов, А. Ш. Колисков, А. Ф. Крайнев. – М. : Наука, 1991. – 95 с.
6. Кузнецов, Ю.Н. Компоновки станков с механизмами параллельной структуры / Под ред. Ю.Н. Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирский В.С., 2010. – 471 с.
7. Наземцев, А.С. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие. / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко.– М.: ФОРУМ, 2007 – 304 с.
8. Новиков, М.П. Основы технологии сборки машин и механизмов. 5-е изд., испр. / М.П. Новиков. – М.: Машиностроение, 1980. – 592 с, ил.
9. Романов А.В. Автоматизация гидропрессовой сборки соединений с натягом с использованием мехатронного прессы : дис. ... канд. техн. наук: – Романов Александр Васильевич. – Ижевск, 2017. – 178 с.
10. Руппель А.А. Моделирование гидравлических систем в MATLAB: учебное пособие. / А.А. Руппель, А.А. Сагандыков, М.С. Корытов. – Омск: СибАДИ, 2009. – 172с.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

«ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЧНОСТЬЮ И ТЕПЛОВЫМИ РЕЖИМАМИ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

Коптев Александр Олегович

DOI: 10.31618/nas.2413-5291.2021.1.66.403

АННОТАЦИЯ

В данной статье проанализированы теоретические аспекты управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов. Также исследованы условия функционирования гиперзвуковых летательных аппаратов, выявлены проблемные ситуации по их проектированию.

Проведена оценка параметров аэродинамического нагрева поверхностей и прогрева теплозащиты гиперзвуковых летательных аппаратов с оценкой параметров тепловой защиты гиперзвуковых летательных аппаратов и величины теплового потока, подводимого к поверхности, с определением параметров их тепловой защиты с учетом теплофизических характеристик материалов от термических параметров.

ANNOTATION

This article analyzes the theoretical aspects of controlling the strength and thermal modes of hypersonic aircraft. The conditions for the functioning of hypersonic aircraft were also investigated, and problematic situations for their design were identified.

The parameters of aerodynamic heating of surfaces and heating of thermal protection of hypersonic aircraft were estimated with an assessment of the parameters of thermal protection of hypersonic aircraft and the magnitude of the heat flux supplied to the surface, with the determination of the parameters of their thermal protection, taking into account the thermophysical characteristics of materials from thermal parameters.

Ключевые слова: гиперзвуковые летательные аппараты, аэродинамический нагрев, тепловые потоки, теплозащита, термические параметры, тепловая труба, термонапряжение.

Key words: hypersonic aircraft, aerodynamic heating, heat fluxes, heat protection, thermal parameters, heat pipe, thermal stress.

Введение

Несколько последних десятилетий лет в аэрокосмической сфере уделяется немало внимания вопросам, касающимся исследований и разработки гиперзвуковых летательных аппаратов, способных к совершению длительного атмосферного полета. Основным достоинством таких гиперзвуковых летательных аппаратов является возможность управления ими на протяжении всего полета в атмосфере, позволяющая повысить точность полета и приземления.

Немаловажная роль здесь отводится способности тепловых труб к трансформации тепловых потоков от высокого удельного значения к низкому значению с последующей транспортировкой тепла на большие расстояния, что делает тепловые трубы оптимальными элементами тепловой защиты при конструировании гиперзвуковых летательных аппаратов.

Основной проблемой управления прочностью и тепловыми потоками является вопрос, касающийся экспериментального и теоретического исследования механизмов переноса тепла в период старта, переходного и стационарного режимов тепловых труб.

Что требует решения возникающих проблем решения обратной задачи нестационарной теплопроводности, в результате чего в исследовании применялось экспериментальное измерение нестационарных температурных полей с установлением последовательной смены режимов

течения пара, от свободно-молекулярного до переходного режимов.

Все это обуславливает актуальность темы данного исследования, целью которого является рассмотрение теоретических аспектов управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов.

Приведенные проблемы в сфере управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов ведут к решению следующих задач аэродинамического, теплового, прочностного проектирования у гиперзвуковых летательных аппаратов, имеющих ассиметричный корпус.

Следует также отметить еще одну главную проблему – проблему тепловой защиты и, как следствие, прочности для всех гиперзвуковых летательных аппаратов – длительное воздействие аэродинамического нагрева корпуса аппарата.

В связи с этим, в ходе исследования были решены следующие задачи:

— определены тепловые нагрузки, воздействующие на гиперзвуковые летательные аппараты;

— исследованы показатели термонапряжения технических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов;

— определена рациональная толщина и масса каждого слоя термозащиты гиперзвуковых летательных аппаратов;

— выдвинуты предложения по повышению эффективности управления прочностью и

тепловыми режимами гиперзвукового летательного аппарата.

При исследовании использовались методы синтеза и анализа, индукции и дедукции, прогнозирования в области баллистических, аэродинамических законов физики.

Практическая значимость. Результаты исследования оценки параметров управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов можно применить при разработке перспективных космических аппаратов и аэрокосмических систем с учетом их защиты от экстремальных тепловых перегрузок. Исследование также будет актуально при проведении технических семинаров и конференций и студентов технических вузов.

Основная часть

Проведем в данном разделе исследование проблемной ситуации в обеспечении управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов.

Общеизвестно, что условия летательного аппарата при длительном атмосферном полете значительно отличаются от условий функционирования летательных аппаратов баллистического типа, в первую очередь, большей длительностью, полета от 30 минут и больше, высокой гиперзвуковой скоростью - $M > 10$, относительно плотными слоями атмосферы $h = 30..50$ километров [1].

Отталкиваясь от проблемной ситуации управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов исследуем их тепловую защиту.

Так как тепловая защита корпуса гиперзвуковых летательных аппаратов не способна полностью гарантировать неповреждение поверхности аппарата в процессе полета, то наиболее оптимальным будет использование многослойной тепловой защиты [10].

С другой стороны в результате высоких затрат и ряда технических трудностей в основном, упор делается на расчетную часть выяснения степени эффективности управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов.

Рассмотрим основные характеристики тепловых режимов гиперзвуковых летательных аппаратов.

В результате аэродинамического нагрева – происходит переход кинетической энергии относительно движения частиц воздуха вокруг корпуса летательного аппарата в тепловую энергию.

Так как в основном, полет рассматриваемых аппаратов совершается со скоростью звука с последующим торможением в ударной волне возникающей в воздухозаборнике летательного аппарата, то дальнейшее торможение молекул воздуха происходит в пограничном слое с повышением температуры поверхности. Рисунок 1.

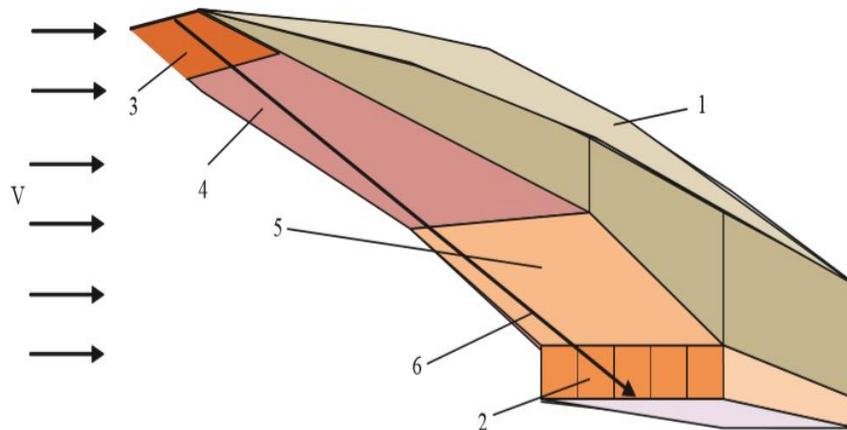


Рисунок 1 – Принципиальная схема воздухозаборника воздушно-реактивного двигателя гиперзвукового летательного аппарата [2]:

1 – корпус гиперзвукового летательного аппарата;

2 – камера сгорания;

3,4,5 – теплопринимающие поверхности, охлаждаемые тепловыми трубами;

6 – направление ударной волны.

Максимальная температура пограничного слоя в данном случае близка к температуре торможения:

$$T_0 = T_n + v^2 / (2c_p), \quad (1)$$

где

T_n – температура набегающего воздуха;

v – скорость полета;

c_p – удельная теплоемкость воздуха при постоянном давлении.

Следует отметить, что выделяют следующие формы аэродинамического нагрева:

— конвективный нагрев;

— радиационный нагрев [2].

Наиболее распространенной является проблема конвективного нагрева.

Сущностью конвективного нагрева является передача тепла из пограничного слоя к корпусу летательного аппарата.

Данный конвективный тепловой поток определяют по формуле:

$$q_k = \alpha_k (T_e - T_w), \quad (2)$$

где

T_e – равновесная температура;

T_w – температура поверхности;

α_k – коэффициент теплоотдачи конвективного теплообмена.

Каждый из показателей имеет свои характерные особенности:

1. Коэффициент теплоотдачи зависит от:

— скорости и высоты полета летательного аппарата;

— формы и размеров гиперзвукового летательного аппарата.

2. Температура торможения практически равна температуре торможения.

3. Зависимость коэффициента α_k определяется режимом течения в пограничном слое, которое может быть турбулентным или ламинарным [9].

В результате торможения нагрев становится более интенсивным. Это связано турбулентными пульсациями скорости в пограничном слое.

Наблюдается рост температуры воздуха вслед за ударной волной в пограничном слое, ведущее к диссоциации и ионизации молекул. При этом образовавшиеся атомы, ионы и электроны диффундируют в более холодную область – к корпусу, что ведет к выделению тепла.

Для снижения данного негативного воздействия проведем анализ по выбору наиболее рациональной формы гиперзвуковых летательных аппаратов с точки зрения выбора оптимальных аэродинамических качеств гиперзвукового летательного аппарата, позволяющих повысить

качество управления прочностью и тепловыми режимами при полете.

При проведении анализа будут учитываться следующие показатели:

— значения баллистического коэффициента B и массы полезного груза m ;

— траектория движения с последующим выбором рациональных траекторий с поправками на максимальный тепловой поток;

— определение тепловых потоков у корпуса гиперзвукового летательного аппарата в атмосфере;

— температурные параметры тепловых труб;

— оценка параметров термостатики, а также внутреннего объема гиперзвуковых летательных аппаратов [3];

— оценка параметров требуемой массы тепловых труб.

Анализ исследования методов управления прочностью и тепловыми режимами основан на методике Рунге-Кутты, метода конечных разностей.

Произведем оценку параметров аэродинамического нагрева поверхности и характеристик прогрева теплозащиты гиперзвуковых летательных аппаратов

Рассмотрим модель движения гиперзвукового летательного аппарата в виде материальной точки, совпадающей с центром массы гиперзвукового летательного аппарата с известными аэродинамическими характеристиками.

Задача состоит в определении параметров движения центра массы летательного аппарата:

— скорости V ,

— угла наклона траектории к плоскости местного горизонта α ;

— высоты h и дальности полета L в функции от времени.

Рассмотрим модель корпуса гиперзвукового летательного аппарата, представленного на рисунке 2 в виде асимметричной конической формы.

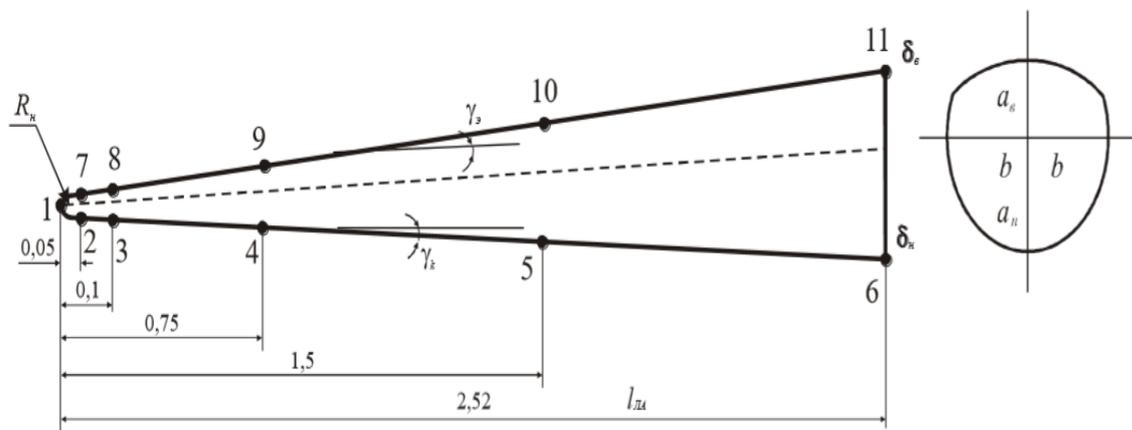


Рисунок 2 – Асимметричный гиперзвуковой летательный аппарат [8].

Если рассматривать аэродинамические и летно-технические характеристики гиперзвуковых

летательных аппаратов, то можно говорить о таких характеристиках, как:

— хорошие несущие свойства;

— хорошая статическая устойчивость, позволяющая снизить до минимума энергетические потери при сохранении высоких маневренных возможностей.

Основные конструктивно-технические характеристики гиперзвуковых летательных аппаратов представлены в таблице 1:

№ Л/А	Форма корпуса гиперзвукового летательного аппарата	Параметры			
		R _{сф} , М	L _{ла} , М	γ _к , град	δ _в , δ _н
1	Осесимметричный круговой конус	0,0315	2,52; 3,96; 4,96	8°45	1/1
2	Ассиметричный круговой конус	0,0315	2,52; 3,96; 4,96	8°45	0,5/1
3	С эллиптической ВП	0,0315	2,52; 3,96; 4,96	8°45	0,3/1

В результате моделирования получаем ряд траекторий, которые бы удовлетворяли указанным ограничениям.

Траектории выбирались по критериям:

— максимального значения плотности транспортного потока в первой нижней точке – траектория 25;

— минимального значения плотности транспортного потока в первой нижней точке – траектория 00;

— максимального значения высоты первой равновесной точки – траектория 25;

— траектория 19 с наличием усредненных параметров.

Таблица 2

Параметры бросания исследуемых траекторий

№ тр.	Скорость бросания, v _к м/с	Угол бросания φ _к , град.	Баллистич. коэфф. ВЧ10 ⁻⁴	Максимальное значение АДК К	Дальность атмосферного полета L _{атм} , км
00	5150	0,0	5,0	3,0	5694,24
19	6000	10,0	10,0	2,5	5724,98
25	6250	10,0	10,0	2,5	6956,57

Для каждой из моделей гиперзвукового летательного аппарата по заданным траекториям,

определим параметры аэродинамического нагрева поверхности летательного аппарата.

Таблица 3

Расчетные точки на поверхности гиперзвукового летательного аппарата

Номер точки	Нижняя, верхняя поверхности					
	1	2(7)	3(8)	4(9)	5(10)	6(11)
Расстояние от носка, м	0	0,05	0,1	0,75	1,5	2,52 (3,96;4,96)

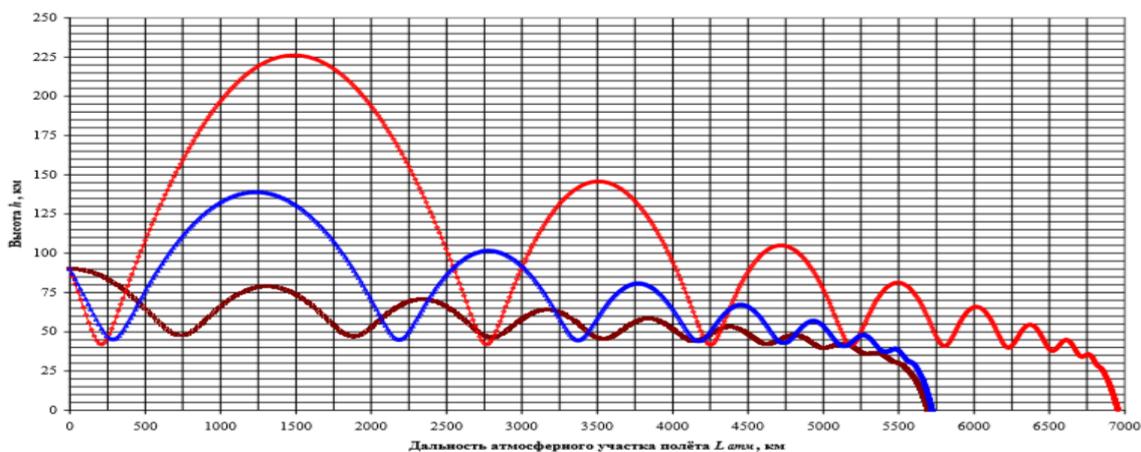


Рисунок 3 – Характерные траектории движения гиперзвукового летательного аппарата

Определим с помощью программного комплекса PLANER тепловые нагрузки на поверхности гиперзвукового летательного аппарата для того, чтобы подтвердить возможности

использования приближенных подходов при теплотехническом проектировании гиперзвуковых летательных аппаратов, на сравнении данных

аэродинамического нагрева, рассчитанных программным способом [4].

На основании полученных с помощью программного обеспечения PLANER, можно

сделать вывод о возможности использования возможных подходов для теплотехнического проектирования поверхности перспективных гиперзвуковых летательных аппаратов. Рисунок 4.

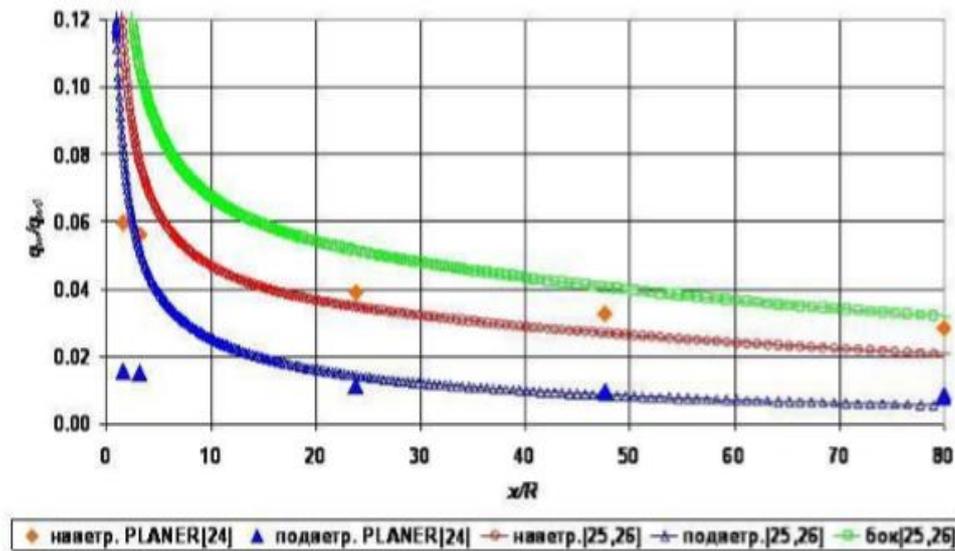


Рисунок 4 – Распределение плотности тепловых потоков вдоль образующих гиперзвукового летательного аппарата

Расчет заключался в следующем:

- определяются параметры температурных полей, возникающих при воздействии тепловых потоков температурных полей, возникающих в конструкции при воздействии тепловых потоков обтекающего газа [7];

- произведен расчет плотности тепловых потоков;

- определены поля температур в корпусе гиперзвукового летательного аппарата;

- при постановке задачи, касающейся теплопроводности конструкции гиперзвукового летательного аппарата, предполагалось, что параметры контрольно-технических характеристик гиперзвукового летательного аппарата заданы, траекторные параметры также определены, и для расчетных точек на поверхности r и s вычислены значения функции.

- тепловой эффект от воздействия внешних средств на корпус гиперзвукового летательного аппарата вычислялся посредством функций плотности мощности излучения и объемного теплового источника;

- в качестве граничного условия на поверхности корпуса гиперзвукового летательного аппарата выступает условие теплообмена с воздухом внутри отсека [5];

- плотность тепловых потоков между внутренней поверхностью корпуса летательного аппарата и воздухом внутри отсека пропорциональна разности температур;

- применение уравнения баланса как основы для вычисления температуры внутри отсека гиперзвукового летательного аппарата.

При решении задачи управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвукового летательного аппарата предполагается, что система термостатики «идеальна» с сохранением постоянной температуры внутри корпуса на всей протяженности полета, равное величине $T_{отс}$.

Условием отсутствия разрушающего воздействия температурного напряжения выступает соотношение:

$$\delta_T(x, T, t) < [\delta_v(x, T, t)], \quad (3)$$

где

$[\delta_v(x, T)]$ - предел прочности материала теплозащиты в точке с координатой x при температуре T

Для того, чтобы найти температурные поля и градиенты температур, используем следующую систему уравнений:

$$C_p(x, T, t) \rho(x, T, t) \frac{dT}{dt} = \frac{d}{dx} q(x, T, t), \quad (4)$$

$$d(x, T, t) \frac{dT}{dt} = \lambda(x, T, t) \frac{dT}{dx}, \quad (5)$$

Начальным условием задачи было принято одинаковое для всех внутренних параметров конструкции значение температуры T_0 в начальный момент времени $t=0$: $T(x_2, 0) = T_0$

При условии нестационарного теплообмена поверхности корпуса гиперзвукового летательного аппарата с воздушными массами относительно системы термостатирования берем следующую формулу:

$$q_{отс}(t) = a[T(l, t) - T_{отс}],$$

где a – коэффициент теплообмена

На основании приведенных данных выбрана была математическая модель процесса нестационарной теплопроводности корпуса гиперзвукового летательного аппарата, представленная в виде системы нелинейных уравнений с граничными условиями третьего рода на внутренней и внешней поверхностях, а также заданными условиями.

На основе приведенных методик в результате определения толщины покрытия теплового

защитного корпуса, была проведена оценка внутреннего объема гиперзвукового летательного аппарата с последующим выводом о возможности размещения внутри герметичного объема гиперзвукового летательного аппарата, всех его систем, которые необходимы для выполнения полета.

Также была проведена оценка оптимальной массы теплозащитного корпуса гиперзвукового летательного аппарата. значения которой приведены в таблице 4.

Таблица 4

Значения требуемой массы теплозащитного покрытия корпуса поверхности гиперзвукового летательного аппарата, траектория 25.

Модель летательного аппарата	Масса теплозащитного покрытия корпуса		
	$l_{ЛА}=2,52$ м	$l_{ЛА}=3,96$ м	$l_{ЛА}=4,96$ м
Летательный аппарат 1	47,15	110,44	171,41
Летательный аппарат 2	38,45	92,74	130,63
Летательный аппарат 3	33,60	81,56	114,91

На основании проведенного исследования, можно сделать следующие выводы:

Приведенная методика оценки параметров управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвукового летательного аппарата позволяет на основе траекторно-баллистических параметров и величины тепловых потоков, подводимых к поверхности определить возможность обеспечения оптимального теплового режима гиперзвуковых летательных аппаратов применительно к движению по заданной траектории. В процессе исследования получены новые данные характеристики распределения тепловых потоков по поверхности летательного аппарата и оптимального температурного режима поверхности летательных аппаратов.

Проведена оценка параметров тепловой защиты боковой поверхности гиперзвукового летательного аппарата с учетом воздействия нестационарных тепловых потоков к поверхности летательного аппарата с учетом зависимости теплофизических характеристик теплозащитных материалов от термобарических параметров с выполнением обязательных условий по соблюдению термонапряжения каждого слоя пакета термозащитного слоя корпуса.

При этом результаты проведенного исследования можно применять на практике в случаях:

— обоснования тактико-технических требований к перспективным гиперзвуковым летательным аппаратам при их автоматизированном проектировании;

— технической разработке гиперзвуковых летательных аппаратов, осуществляющих перелет по заданной траектории;

— оценки определения тепловых потоков, подводимых к поверхности гиперзвуковых летательных аппаратов при полете по заданной траектории.

Заключение

В ходе исследования теоретических аспектов управления прочностью и тепловыми режимами гиперзвуковых летательных аппаратов, было установлено, что наиболее оптимальным будет использование именно жидкометаллических тепловых труб в гиперзвуковых летательных аппаратах, которые имеют удовлетворительную пусковую динамику при их старте с целью управления тепловыми режимами.

В качестве основного условия успешного управления прочностью и стабилизации температурных режимов гиперзвуковых летательных аппаратов предпочтение отдается применению жидкометаллическим тепловым трубам как сверхпроводника тепла. Основной механизм их действия – утилизация тепловых потоков путем транспортировки их в теплообменник для испарения жидкого топлива и нагрева его для увеличения скорости горения топлива в сверхзвуковом потоке, увеличивая тем самым КПД двигателя гиперзвукового летательного аппарата.

Библиографический список

1. Авдуевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике / В.С. Авдуевский - М.: Машиностроение, 2016 - 528 с.
2. Белов С.В. Гиперзвуковая аэродинамика: учебное пособие/ С.В. Белов, Я.В. Кондров, Е.В. Осипов; Министерство науки и образования Российской Федерации, Оренбургский государственный университет - Оренбург: ОГУ, 2018 - 133 с.
3. Бернс В.А., Долгополов А.В., Маринин Д.А. Модальный анализ конструкций // Результаты испытаний их составных частей // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. – 2018. № 1(22). С. 33 – 41.
4. Кириловский С.В. Управление возмущениями гиперзвукового вязкого ударного

слоя с учетом реальных свойств газа : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.05 / С. В. Кириловский. - Новосибирск, 2015. - 19 с.

5. Куранов А.Л. Принципы управления и моделирования тепловой защиты гиперзвукового летательного аппарата : учеб. пособие / А. Л. Куранов, А. В. Корабельников, А. М. Михайлов. - СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2014. - 226 с.

6. Молчанов А.М. Математическое моделирование гиперзвуковых гомогенных и гетерогенных неравновесных течений при наличии сложного радиационно-конвективного теплообмена : [монография] / А. М. Молчанов. - Москва : Изд-во МАИ, 2017. - 159 с.

7. Пашков О.А. Тепло-массообмен на поверхности элементов конструкции гиперзвуковых летательных аппаратов самолетных схем при полете в атмосфере : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 01.04.14 / О. А. Пашков. - М., 2016. - 26 с.

8. Проблемы и перспективы развития двигателестроения : международная научно-техническая конференция, 12-14 сентября 2018 г. : материалы докладов/ Самарский университет, ОДК "Кузнецов" - Самара : Самар. ун-т, 2018. - 333 с.

9. Рыжов А.А. Влияние температурной неоднородности на восприимчивость и устойчивость высокоскоростного пограничного слоя : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.05 / А. А. Рыжов. - Жуковский, 2015. - 22 с.

10. Селезнев Р.К. Расчетно-теоретические исследования газодинамики и горения в камерах прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ПВРД) и гиперзвуковых прямоточных воздушно-реактивных двигателей (ГПВРД) : автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.05 / Р. К. Селезнев. - М., 2017. - 24 с.

11. Научно-технический журнал «Авиационная промышленность», официальный сайт//Режим доступа: <http://apniat.ru/>

ISSN 2413-5291

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ УЧЕНЫХ (НАУ)

Ежемесячный научный журнал

№66 / 2021

1 часть

Редакционный совет

Ответственный редактор – д.ю.н.Чукмаев А.И.
Секретарь конференции – к.ф.н. Варкумова Е.Е.
Редакционная коллегия
Сорновская Н.А.
Кажемаев А.В.
Каверин В.В.
Каримов П.Б.
Свистун А.А.
Селиктарова К.Н.
Артафонов В.Б.
Самиров А.И.
Семипалов С.А.
Новицкая О.С.

Ответственный редактор

Чукмаев Александр Иванович

Доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права.
(Астана, Казахстан)

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

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

Адрес редакции: 620144, г. Екатеринбург, улица Народной Воли, 2, оф. 44

Адрес электронной почты: info@national-science.ru

Адрес веб-сайта: <http://national-science.ru/>

Учредитель и издатель Общество с ограниченной ответственностью
"Евразийское Научное Содружество"

Тираж 1000 экз.

Отпечатано в типографии 620144, г. Екатеринбург,
улица Народной Воли, 2, оф. 4