7universum.com

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Научный журнал
Издается ежемесячно с декабря 2013 года
Является печатной версией сетевого журнала
Universum: технические науки

Выпуск: 9(90)

Сентябрь 2021

Часть 1

Москва
2021

УДК 62/64+66/69

ББК 3

U55

Главный редактор:

Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук;

Заместитель главного редактора:

Ахмеднабиев Расул Магомедович, канд. техн. наук;

Члены редакционной коллегии:

Горбачевский Евгений Викторович, канд. техн. наук;

Демин Анатолий Владимирович, д-р техн. наук;

Елисеев Дмитрий Викторович, канд. техн. наук;

Звездина Марина Юрьевна, д-р физ.-мат. наук;

Ким Алексей Юрьевич, д-р техн. наук;

Козьминых Владислав Олегович, д-р хим. наук;

Ларионов Максим Викторович, д-р биол. наук;

Манасян Сергей Керопович, д-р техн. наук;

Мажидов Кахрамон Халимович, д-р наук, проф;

Мартышкин Алексей Иванович, канд. техн. наук;

Мерганов Аваз Мирсултанович, канд. техн. наук;

Пайзуллаханов Мухаммад-Султанхан Саидвалиханович, д-р техн. наук;

Серегин Андрей Алексеевич, канд. техн. наук;

Усманов Хайрулла Сайдуллаевич, канд. техн. наук;

Юденков Алексей Витальевич, д-р физ.-мат. наук;

Tengiz Magradze, PhD in Power Engineering and Electrical Engineering.

U55 Universum: технические науки: научный журнал. – № 9(90). Часть 1.

М., Изд. «МЦНО», 2021. – 96 с. – Электрон. версия печ. публ. –

<http://7universum.com/ru/tech/archive/category/990>

ISSN : 2311-5122

DOI: 10.32743/UniTech.2021.90.9-1

Учредитель и издатель: ООО «МЦНО»

ББК 3

© ООО «МЦНО», 2021 г.

Содержание

Безопасность деятельности человека	5
СПОСОБЫ ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ	5
Домуладжанов Ибрагимжон Хаджимухамедович	
Дадакузиев Музаффар Рахномоевич	
Холмирзаев Юсуфали Мухаммадсаидович	
Инженерная геометрия и компьютерная графика	10
К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ ПУНКТОВ УЗБЕКИСТАНА	10
Мирмахмудов Эркин Рахимжанович	
Махаматова Вазира Умиджон кизи	
Кутумова Гуллола Сабировна	
Информатика, вычислительная техника и управление	19
СЧИСЛЕНИЕ ПУТЕВОЙ ДАЛЬНОСТИ САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕЖИМА МГНОВЕННОГО АПОСТЕРИОРНОГО ОЦЕНИВАНИЯ	19
Кикин Игорь Сергеевич	
ЗАЩИТА ПРОПРИЕТАРНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ	28
Плетнев Андрей Владимирович	
Машиностроение и машиноведение	34
ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ В БАРАБАННОМ АППАРАТЕ С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ	34
Ахунбаев Адил Алимович	
НЕИСПРАВНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, И ИХ АНАЛИЗ	39
Ишмурадов Шухрат Улугбердиевич	
Худойбердиев Мухаммад Солих Авлокул угли	
Абдумажидов Рустамжон Бахтиёр угли	
Ашуров Ортик Фозилжонович	
Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы	42
ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР С СОЛНЕЧНОЙ НАКАЧКОЙ НА ОКОЛОЗЕМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОРБИТАХ	42
Кузяков Борис Алексеевич	
МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКОЙ	46
Магруппов Дилшод Талатович	
Радиотехника и связь	49
ПРИНЦИПЫ МНОГОСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ КАНАЛОВ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ	49
Зинкин Сергей Владимирович	
Мурсаев Алексей Николаевич	
ПОСТРОЕНИЕ «SMART» ЭЛЕКТРОСЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	53
Яронова Наталья Валерьевна	
Аметова Алие Айдеровна	
Строительство и архитектура	57
ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛА ИМ. МОСКВЫ В СТАТУСЕ ОБЪЕКТОВ ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ И ЭЛЕМЕНТОВ КУЛЬТУРНОГО КАРКАСА ГОРОДА	57
Долинская Ирина Марковна	
Габараева Сабина Эриковна	
Токарева Ангелина Аркадьевна	
КАРДО И ДЕКУМАНУС В ИСТОРИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКЕ КИЕВА	65
Ерофалов Борис Леонидович	
Слепцов Олег Семёнович	

Транспортное, горное и строительное машиностроение	78
ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА НА ПРОЦЕСС АДСОРБЦИИ ВЕЩЕСТВА	78
Досказиева Гулсин Шариповна	
Имангалиева Гульнар Есеновна	
Тулегенова Олимпиада Шахмуратовна	
Технология продовольственных продуктов	83
ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПОРТУЛАКА ОГОРОДНОГО	83
Муминов Улугбек Одилжонович	
Атаханов Шухратжон Нуриддинович	
Мамаджанов Латифжон	
Мирабдуллаев Нуриддин Хамидулло угли	
Акрамбоев Расулжон	
Тухтабоева Юлдуз	
ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА ТОПИНАМБУРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРГАРИНА	86
Салижанова Шахнозахон Дилмуродовна	
Рузибаев Акбарали Турсунбаевич	
Бурхонова Малика Мирмухиддин кизи	
Хакимова Зулфияхон Азизовна	
Гаипова Шахнозахон Саидазим кизи	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦУКАТОВ	90
Тошпулатов Бунёд Собитхон угли	
Рахмонов Дилшод Ортиқбоевич	
Нишонов Уткирали Рахматиллаевич	
Отаханов Шокиржон Шухратжон угли	
Атаханов Шухратжон Нуриддинович	

БЕЗОПАСНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12282

СПОСОБЫ ОБЖИГА ИЗВЕСТНЯКА НА ПРИРОДНОМ ГАЗЕ**Домуладжанов Ибрагимжон Хаджимухамедович**

канд. техн. наук, доцент
кафедры "Безопасность жизнедеятельности",
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: domuladjanovi@mail.ru

Дадакузиев Музаффар Рахномоевич

ассистент,
кафедры "Безопасность жизнедеятельности",
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана

Холмирзаев Юсуфали Мухаммадсаидович

ассистент
кафедры «Безопасность жизнедеятельности»,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана

METHODS FOR BURNING LIMESTONE ON NATURAL GAS**Ibragimjon Domuladjanov**

Cand of the tech. Sci., Associate Professor
of the Department of Life Safety,
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Muzaffar Dadakuziyev

Assistant, Department of Life Safety
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

Yusufali Xolmirzayev

Assistant chair "Department of Life Safety",
Fergana Polytechnic Institute,
Uzbekistan, Fergana

АННОТАЦИЯ

В статье приведены технологии обжига известняка. Различают следующие виды воздушной извести: -известь негашеную комовую; -известь негашеную молотую; -известь гидратную (пушёнку); -известковое тесто. Теоретически карбонат кальция состоит из 56% CaO и 44% CO₂. Он встречается в виде других минералов – кальцита и арагонита.

Обжиг является основной технологической операцией в производстве воздушной извести. При этом протекает ряд сложных физико-химических процессов, определяющих качество продукта. Приведены расчеты известняка на природном газе.

ABSTRACT

The article describes the technologies for calcining limestone. There are the following types of air lime: -quicklime lump; -ground quicklime; -hydrated lime (fluff); -lime dough. In theory, calcium carbonate is composed of 56% CaO and 44% CO₂. It is found in the form of other minerals - calcite and aragonite.

Roasting is the main technological operation in the production of air lime. At the same time, a number of complex physical and chemical processes take place, which determine the quality of the product. Calculations of limestone using natural gas are presented.

Ключевые слова: природный газ, известняк, обжиг, термическая операция, воздушная, плотность, продукция.
Keywords: natural gas, limestone, roasting, thermal operation, air, density, production

Строительной воздушной известью называется продукт, получаемый из известковых и известково-магнезиальных карбонатных пород обжигом их до возможно полного удаления углекислоты и состоящей преимущественно из окиси кальция.

Содержание примесей глины, кварцевого песка и т.п. в карбонатных породах не должно превышать 6-8%. При большем количестве этих примесей в результате обжига получают гидравлическую известь.

Воздушная известь относится к классу воздушных вяжущих: при обычных температурах и без добавок пуццолановых веществ твердеет лишь в воздушной среде [1-8].

Различают следующие виды воздушной извести:

1) известь негашеную комовую; 2) известь негашеную молотую; 3) известь гидратную (пушёнку); 4) известковое тесто.

Исходными материалами для производства воздушной извести являются многие разновидности известково-магнезиальных карбонатных пород (известняки, мел, доломитизированные известняки, доломиты и др.). Все они относятся к осадочным породам и широко распространены на территории нашей страны.

В состав известняков входит углекислый кальций CaCO_3 и небольшое количество различных примесей (глина, кварцевый песок, доломит, пирит, гипс и др.).

Теоретически карбонат кальция состоит из 56% CaO и 44% CO_2 . Он встречается в виде других минералов – кальцита и арагонита.

Кальцит или известковый шпат кристаллизуется в гексагональной системе. Его кристаллы имеют форму ромбоэдров. Плотность кальцита 2,6-2,8 г/см³; твердость по десятибалльной шкале (шкала Мооса) – 3. Кальцит хорошо растворяется при обычной температуре в слабой соляной кислоте с выделением углекислого газа. Доломит при таких условиях

не разлагается (этим пользуются при определении вида горных пород).

Арагонит – менее распространенный минерал, кристаллизуется в ромбической системе. Его плотность 2,9-3 г/см³; твердость – 3,5-4. При нагревании до температуры 300-400°C арагонит превращается в кальцит, рассыпаясь в порошок.

В доломитизированных известняках в качестве примеси присутствует доломит, представляющий собой двойную углекислую соль кальция и магния $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$. Теоретически доломит состоит из 54,27% CaCO_3 и 45,73% MgCO_3 , или 30,41% CaO , 21,87% MgO и 47,72% CO_2 . Плотность доломита 2,85-2,95 г/см³.

Доломитовые породы почти нацело состоят из минерала доломитом с тем или иным содержанием глинистых, песчаных, железистых и тому подобных примесей.

Чистые известково-магнезиальные породы – белого цвета, однако они часто бывают окрашены примесями окислов железа в желтоватые, красноватые, бурые и тому подобные тона, а углистыми примесями – в серые и даже черные цвета.

Обычно чистые и плотные известняки обжигают при температурах до 1100-1250°C.

Чем больше карбонатная порода содержит примесей доломита, глины, песка и т.п., тем ниже должна быть оптимальная температура обжига (900-1150°C) для получения мягкообожженной извести.

Такая известь хорошо гасится водой и дает тесто с высокими пластичными свойствами.

В таблице 1 приведена примерная классификация известково-магнезиальных горных пород, применяемых для производства воздушной и гидравлической извести, а также их разновидностей.

Таблица 1.

Примерная классификация сырья для производства известковых вяжущих веществ

Сырье	Состав сырья %			Получаемая известь
	CaCO_3	MgCO_3	Глинистые примеси	
Известняк: чистый	95-100	0-3	0-2,5	Маломagneзиальная жирная
обычный	87-95	0-3	3-8	Маломagneзиальная тощая
мергелистый	75-90	0-5	8-25	Гидравлическая
доломитизированный	75-90	5-20	0-8	Магнезиальная
Доломит	55-75	25-45	0-8	Доломитовая
Доломитизированный мергелистый известняк	50-70	5-25	8-30	Магнезиальная гидравлическая

По ГОСТ 5331-63 в зависимости от химического состава карбонатные породы делят на пять классов – А, Б, В, Г, Д (табл. 2).

Таблица 2.

Требования к химическому составу известняков для производства известковых вяжущих

Компоненты	Класс				
	А	Б	В	Г	Д
CaCO ₃ в %, не менее	93	90	85	47	72
MgCO ₃ в %, не более	4	7	7	45	8
Глинистые примеси (SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃) в %, не более	3	3	8	8	20

Для производства воздушной извести применяют следующие виды известково-магнезиальных карбонатных пород: 1) зернисто-кристаллический мраморовидный известняк; 2) плотный кристаллический известняк; 3) землесто-рыхлый известняк или мел;

4) известковый туф; 5) известняк-ракушечник; 6) оолитовый известняк; 7) доломитизированный известняк; 8) доломит.

На рисунке 1 приведены реакционный аппарат и шахтная печь.

Рисунок 1. Обжиговые печи для получения извести

Обжиг является основной технологической операцией в производстве воздушной извести. При этом протекает ряд сложных физико-химических процессов, определяющих качество продукта.

Целью обжига являются:

- 1) возможно полное разложение (диссоциация) CaCO₃ и MgCO₃-CaCO₃ на CaO, MgO и CO₂;
- 2) получение высококачественного продукта с оптимальной микроструктурой частиц и их пор.

Но эти методы являются дорогостоящими, предлагается простой способ обжига известняка обжиг извести открытым способом (рис.2).

Приводим расчеты расхода топлива для обжига открытым способом.

Физико-химические условия обжига.

Основным технологическим процессом при получении извести является обжиг известняка.

Теплота образования Ca CO₃ их элементов по реакции

Равно 289000 кал/моль.

Процесс диссоциации CaCO₃ происходит как любая реакция разложения с поглощением тепла.

Изменяющие теплосодержание системы ΔH реакции при постоянном давлении в зависимости

от температуры определяется по Закону Кирхгофа, по следующему выражению:

$$\Delta H = \Delta H_{0298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT,$$

где ΔC_p - разность теплоемкостей конечных и начальных продуктов. Температурная зависимость теплоемкостей веществ.

$$C_p \text{CO}_3 = 7 + 7,1 \cdot 10^{-3} T - 1,86 \cdot 10^{-3} T^2$$

$$C_p \text{CaCO}_3 = 14,75 + 18,2 \cdot 10^{-3} T$$

$$C_p \text{CaO} = 11,05 + 1,1 \cdot 10^{-3} T$$

$$\Delta H \text{ при } 298^\circ \text{K} = 45520 \text{ кал.}$$

Вышеуказанные расчеты являются теоретическими, расчет расхода тепла и горючего.

На производстве же используются практические результаты в зависимости от типа печей, типа горючего с учетом потери тепла, а также другие показатели.

Расчет удельного расхода топлива.

Удельный расход топлива зависит от типа печей обжига, типа горючего, от температуры поглощения известняка, его гранулометрического состава и тому подобное.

В данном случае используется печи - типа шахтного, горючим является природный газ (см. рис.2.)

Рисунок 2. Печь обжига извести открытым способом.
 $D_n = 2300$ мм, $D_b = 1850$ мм, $H_n = 1300$ мм, $H_k = 2600$ мм.

Для определения расхода природного газа нам необходимо определить удельный расход топлива, т. е. расход топлива для производства 1,0 тонны извести.

Согласно литературным источникам [1] имеются экспериментальные данные расхода условного топлива 14-20% от веса готовой продукции или расход топлива для такого типа печей (шахтная) составляет 980-1400 ккал/кг.

Теперь необходимо определить теплоотдачу одного кубического метра природного газа.

Согласно [3] теплоотдача природного газа равна 37,3 МДж/м³, т.е. 37300 Кдж/м³

Для перевода Кдж в Ккал используется переводной коэффициент 4,19 (из курса физики), значит:

$$Q_{уд} = 37300 / 4,19 = \underline{8902 \text{ Ккал/м}^3}$$

Если 1 м³ природного газа даёт 8902,1 Ккал теплоты, то для производства 1 кг извести необходимо как минимум:

$$B_{min} = 980 / 8902,7 = \underline{0,11 \text{ м}^3/\text{кг}}$$

Как максимум:

$$B_{max} = 1400 / 8902,1 = \underline{0,157 \text{ м}^3/\text{кг}}$$

То есть, для производства одной тонны извести необходимо:

$$B_{min} = 110 \text{ м}^3/\text{тонна}$$

$$B_{max} = 157,0 \text{ м}^3/\text{тонна} \text{ природного газа.}$$

Эти данные соответствуют данным [4] где таблице 30 указано что, при газообразном топливе для шахтной печи при её производительности до 50 т/сутки, удельный расход условного топлива составляет $B=156,0$ кг/ на тонну, что соответствует нашим расчетам.

Согласно данным, взятым из журнала (ежегодные показатели газового счетчика) расход газа фирмы «Шерзодбек» Д/Х, они в течение шести – семи месяцев выпустили 120 тонн извести.

Для изготовления этого количества продукции необходимо:

$$\Sigma B = 157 \text{ м}^3/\text{тонн} \times 120 = \underline{18840 \text{ м}^3} \text{ природного газа.}$$

Согласно показаниям счетчика из журнала расход газа он составил:

$$\Sigma B_{сч} = 29003 \text{ м}^3/\text{природного газа}$$

Для производства 120 м³ извести в течение 6,0 месяцев перерасход составил.

$$\Delta B = 29003 - 18840 = 10163 \text{ м}^3$$

Потери наверняка связаны с простотой печей, т. е. потери связаны с несовершенной технологией производства.

Список литературы:

1. Ю.М. Бутт. Технология цемента и других вяжущих материалов. М., Стройиздат, 1968.-167 с.
2. Домуладжанов И.Х., Тешабаев А.М., Турдиматов С.С., Абдуллаев А.А. Получение негашеной молотой извести из отходов. Ферганский политехнический институт Научный технический журнал. Фергана, ФерПИ, 2016 год, Том 20 № 2, с. 87-91.

3. Методические указания по определению инвентаризации источников выбросов вредных веществ в атмосферу на предприятиях Министерства местной промышленности Узбекистана. НПО Узместпром, Ташкент, 1985 - 85 с.
4. Домуладжанов И.Х., Домуладжанова Ш.И., Мирзаолимов М.А., Валиев З.А. Состояние почвы Ферганской области. Международная научно-практическая конференция «Проблемы опустынивания: динамика, оценка, решения» 13-14 декабря 2019 года, г. Самарканд. СамГУ, Самарканд, 2019.- с. 55-56.
5. Домуладжанов И.Х., Холмирзаев Ю.М., Домуладжанова Ш.И. Воздействие на окружающую среду автозаправочной станции. Журнал «Universum: технические науки» № 4(73) 25.04.20, №18, М: 2020.- с. 1-4.
6. Текстильный комплекс «ДЭУ Текстайл Компани» и его воздействие на окружающую среду Куштепинского района. Домуладжанов И.Х., Домуладжанова Ш.И., Латипова М.И., Холмирзаев Ю.М. Universum: технические науки: научный журнал. – № 7(76). Часть 1. М., 27.06.20, Изд. «МЦНО», 2020. – с. 30-33.
7. Домуладжанов И.Х., Махмудов С.Ю., Домуладжанова Ш.И. Выбор места строительства промышленного объекта с учетом климатических условий города Куvasая. Журнал «Universum: технические науки» № 4(73) 25.04.20, №6, М: 2020.- с. 15-17.
8. Домуладжанов И.Х., Махмудов С.Ю., Домуладжанова Ш.И., Полвонов Х.М. Нормативы предельно-допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу от Куvasайского подсобного предприятия железобетонных изделий. Журнал «Universum: технические науки» № 4(73) 25.04.20, № 6, М: 2020.- с. 18-25.

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОМЕТРИЯ И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12292

**К ВОПРОСУ ОБ ИЗМЕНЕНИИ ГЕОГРАФИЧЕСКИХ КООРДИНАТ
ПУНКТОВ УЗБЕКИСТАНА****Мирмахмудов Эркин Рахимжанович**

канд. мед. наук,
доц. кафедры Геодезия и геоинформатика, Национальный Университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Махаматова Вазира Умиджон кизи

магистрант кафедры Геодезия и геоинформатика,
Национальный Университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент

Кутумова Гуллола Сабировна

доц. кафедры Маркшейдерское дело и геодезия
Ташкентский Государственный Технический Университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: shohruhhojiyev@gmail.com

**TO THE QUESTION OF CHANGING THE GEOGRAPHICAL COORDINATES
OF THE POINTS OF UZBEKISTAN****Erkin Mirmahmudov**

Candidate of medical sciences,
Associate Professor of Geodesy and Geoinformatics, National University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Vazira Maxamatova

Master of the Department of Geodesy and Geoinformatics,
National University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Gullola Kutumova

Associate Professor of Surveying and Geodesy,
Tashkent State Technical University,
Republic of Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В этой статье говорится об оптических и радиометрических методах наблюдений небесных тел для определения координат пунктов и их изменений. Анализируется роль астрометрических наблюдений звезд при определении изменений географических координат. Описывается методика определения поправки к опорной системы координат на основе позиционных наблюдений внегалактических объектов. Использование геодинимических полигонов в геолого-тектонических районах отмечается в данной работе. Особое внимание уделяется GPS измерениям по международной программе "CATS". С целью исследования деформационных процессов предлагается проводить систематические ГНСС измерения на Ташкентском геодинимическом полигоне. Для метрологического обеспечения навигационных измерений предлагается создать Центрально-Азиатский ГНСС полигон.

ABSTRACT

In this article deals with optical and radiometric methods of observing celestial bodies to determine the coordinates of points and their change. Observations of stars are analyzed astronomical to determine the non-polar change in the axis of rotation of the Earth. A technique for determining the zero point of the reference coordinate system based on positional observations of extragalactic objects is described. The use of geodynamic polygons in geological-tectonic regions is noted in this work. Special attention is paid to GPS measurements according to the international program "CATS". In order

to study deformation processes, it is proposed to carry out systematic GNSS measurements at the Tashkent geodynamic polygon. For metrological support of navigation measurements, it is proposed to create a Central Asian GNSS polygon.

Ключевые слова: тектоника плит, деформации, геодинамический полигон, движение полюса, координаты, GNSS, CATS.

Keywords: plate tectonics, deformations, geodynamic polygon, pole movement, coordinates, GNSS, CATS.

В конце XIX века было доказано, что по астрономическим наблюдениям звезд можно выявить изменения координат пунктов, связанные с неравномерностью оси вращения Земли и перемещением масс внутри планеты. Многолетние меридианные наблюдения геодезических звезд привели к гипотезе об изменчивости географической широты и долготы, вызванные не только прецессионно-нутационными движениями, но и внутренними процессами [1]. Благодаря применению кварцевых, а затем атомных часов, были вычислены величины приливных деформаций, которые оказывают воздействие на направленные ускорения силы тяжести и параметры вращения

Земли. Такие деформационные процессы, конечно же, непосредственно приводят к изменениям координат пунктов геодезической сети. Необходимость повышения точности координат пунктов и определения геодезических постоянных связаны с новыми комплексами, создаваемыми на базе ГНСС и спутниковой альтиметрии. Достоверные результаты изменений координат можно получить на геодинамических полигонах, расположенных в различных геолого-тектонических регионах (рис. 1). Это дает возможность сравнить не только внутренние деформации, но и другие геоморфологические изменения [2].

Рисунок 1. Схема тектонических разломов

Например, для изучения горизонтальных смещений применяются высокоточные триангуляционные измерения, по результатам уравнивания можно уверенно определить смещение центра знака и репера. Многократные повторные нивелирования I и II класса на Ташкентском геодинамическом полигоне привели к тому, что имеется корреляция между изменениями скоростей вертикальных движений и деформациями земной коры [3]. Обычно, измерения выполняются классическими инструментами и приборами, на обработку которых требуется значительное время и большой объем вычислительных машин. В связи с этим, были начаты поиски путей оптимизации наблюдений и решений системы дифференциальных уравнений поправок к координатам геодинамических сетей.

С прогрессом современной техники, как лазерная локация ИСЗ, доплеровские наблюдения спутников, радио интерферометрические наблюдения внегалактических радиоисточников, ГНСС измерения, повысилась точность определения положений, что позволила интерпретировать не только модель геоида, но и зафиксировать незначительные изменения тектонических плит [4]. Поскольку часть территории

Центральной Азии находится на стыке трех глобальных и двух локальных плит (рис.2), то возникает проблема определения величин подвижек этих участков.

Рисунок 2. Схема расположения территории Центральной Азии

Естественно, учет параметров тектонических сдвигов существенно оказывает влияние на точность

вычисления геоцентрических координат, которые выражаются формулой

$$\vec{R}(t_0) = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (N+H)\cos B\cos L \\ (N+H)\cos B\sin L \\ [N(1-e^2)+H]\sin B \end{bmatrix} \quad (1)$$

где a , e – большая полуось и эксцентриситет ($a = 6378137.000$ м, $e^2 = 0.00669438$), B, L – широта и долгота, H – ортометрическая или нормальная высота, N – радиус кривизны эллипсоида в первом вертикале, который имеет вид

$$N = \frac{a}{\sqrt{1-e^2\sin^2\varphi}}. \quad (2)$$

Следовательно, изменения координат можно представить частными производными радиуса вектора по переменным B, L, H , где дифференциалы к проекциям осей X, Y, Z это разность величин между двумя эпохами [5]

$$d\vec{R} = \frac{\partial \vec{R}}{\partial B} dB + \frac{\partial \vec{R}}{\partial L} dL + \frac{\partial \vec{R}}{\partial H} dH. \quad (3)$$

При выполнении научно-практических задач оперировать мгновенными координатами (X, Y, Z), изменяющимися во времени, неудобно, т.к. не изучены причины изменений координат этих пунктов. Их нужно редуцировать на определенную эпоху и эллипсоид, а пользоваться ими до тех пор, пока не возникнет необходимость перехода к координатам другой эпохи. Текущий геоцентрический радиус-вектор пункта может быть представлен выражением [6]

$$\vec{R}(t) = \vec{R}_0 + \dot{\vec{R}}_0(t - t_0) + \sum_i \Delta_i \vec{R}(t), \quad (4)$$

где $\vec{R}_0$ – положение в эпоху t_0 , $\dot{\vec{R}}_0$ – скорость в эпоху t_0 , $\Delta_i \vec{R}(t)$ – параметры смещения, вычисляемые по формулам теории приливов. Другие параметры, связываемые с Землей, в том числе и коэффициенты разложения геопотенциала в ряд по сферическим гармоникам привязаны к земной опорной системе координат. Если для некоторой станции скорость $\dot{\vec{R}}_0$ в ITRF еще не определена из наблюдений, то она должна определяться как сумма скоростей:

$$\dot{\vec{R}}_0 = \dot{\vec{R}}_{plate} + \dot{\vec{R}}_r \quad (5)$$

где $\dot{\vec{R}}_{plate}$ – горизонтальная скорость, вычисляемая по модели движения тектонических плит NNNUVEL1A, а $\dot{\vec{R}}_r$ – остаточная скорость.

Методы наблюдений

Первые работы по определению географической широты пункта и ее изменения выполнены сотрудниками Ташкентской астрономической обсерватории (ТАО) на основе вычислений зенитных расстояний близ полюсных звезд в 1890-1900. Профессором Померанцевым И.И. (1897) получены разности между астрономическими и геодезическими координатами для территории Ферганской долины, по результатам которых была разработана фигура геоида указанного района. Позже, в 1948 предложена идея о регистрации дрейфа материков на основе долготных определений, но эта идея осталась на теоретическом уровне из-за низкой точности пассажных и меридианных инструментов [7-9].

Одним из авторов данной статьи была предпринята попытка определения скорости изменения мгновенного полюса на основе результатов 5 международных широтных станций. Общее уравнение разности мгновенной и средней широты имеет вид

$$\varphi - \varphi_0 = x \cos \lambda + y \sin \lambda + z, \quad (6)$$

где φ , φ_0 – мгновенное и вычисленное значение широты; x, y – координаты небесного эфемеридного полюса, определенного с помощью теории прецессии и нутации, λ – долгота станции, z – зет-член.

Интерполированием или экстраполированием можно достичь такого момента, чтобы средняя эпоха наблюдений была одинаковой для всех пяти станций МСДП. Уравнение для вычисления координат полюса можно записать следующим образом

$$x = -0.4359\Delta\varphi_M + 0.1227\Delta\varphi_K + 0.4483\Delta\varphi_C + 0.1232\Delta\varphi_G - 0.2583\Delta\varphi_U,$$

$$y = -0.2636\Delta\varphi_M - 0.3133\Delta\varphi_K - 0.0172\Delta\varphi_C + 0.3382\Delta\varphi_G + 0.2559\Delta\varphi_U, \quad (7)$$

$$z = +0.2305\Delta\varphi_M + 0.2007\Delta\varphi_K - 0.1755\Delta\varphi_C + 0.1850\Delta\varphi_G - 0.2082\Delta\varphi_U,$$

где индексы M, K, C, G, U обозначают названия станций.

В результате анализа большого массива широтных данных скорость движения полюса составила 2.5 см в год.

Наиболее детальные исследования изменчивости параметров ориентации Земли были произведены Астрономической обсерваторией г. Братиславы (Словакия) на основе всех классических широтных наблюдений с 1899 по 1973 [10]. Результаты, полученные разными обсерваториями, включая результаты Китабской широтной станции (Узбекистан) на интервале с 1930 по 1978, были использованы для окончательного вычисления скорости пункта. Несмотря на трудоемкую работу, полученные результаты международной службы движения полюса и международного бюро времени представляют уникальный банк данных для дальнейших исследований фигуры Земли (рис. 3).

Рисунок 3. Движение полюса различными методами

Появление высокоточных лазерных дальномеров сократило время обработки измерений, а также дало основание к уточнению геометрических и физических параметров эллипсоида Земли.

С 1979 по 2003 г. на измерительном комплексе Майданак (Узбекистан) произведены непрерывные наблюдения геодезических и геофизических спутников ЛАГЕОС, ТОРЕХ/Poseidon, ERS1,2 с помощью системы измерения дальности. Основная трудность лазерных измерений - это установка точного положения ИСЗ по азимуту и высоте на датчике визирования, которая зависит не только от цены деления лимбов, но и от эфемеридных положений объекта. В результате появляются систематические ошибки,

обусловленные не корректностью метода наблюдений ИСЗ. Для определения систематических ошибок были произведены лазерные наблюдения 2GPS и 2GLONASS, на которых установлены угловые отражатели [11]. Регулярные измерения расстояний до космических объектов позволили оценить влияние притяжения Земли и атмосферы на траекторию движения спутника, используя модели Земли, представляющие собой нормированных коэффициентов C_{nm} , S_{nm} разложения геопотенциала по сферическим функциям. Высота геоида ζ в точке со сферическими координатами r , φ , λ может быть вычислена по формуле

$$\zeta = \frac{GM}{r\gamma} \left[1 + \sum_{n=2}^{n_{max}} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r} \right)^n \bar{P}_{nm}(\sin \varphi) (\bar{C}_{nm} \cos m\lambda + \bar{S}_{nm} \sin m\lambda) \right], \quad (8)$$

где a – большая полуось, $\bar{C}_{nm}$, $\bar{S}_{nm}$ – нормализованные гармонические коэффициенты, λ , φ – долгота и широта, GM – гравитационный параметр Земли, $\bar{P}_{nm}(\sin \varphi)$ – нормализованные присоединенные функции Лежандра.

Из оптических методов только лазерные измерения используются при исследовании геодинамических процессов и определения параметров общеземного эллипсоида. Но наземные геодезические измерения на пунктах геодезической сети не утратили своего значения, т.к. разработка высокоточных геодезических инструментов, электронных тахеометров, лазерных сканеров привела к необходимости исследовать координаты пунктов на предмет стабильности. Хотя классические методы дают основания для исследования деформации земной коры, но их слабое место - невозможность иметь непрерывные данные о ходе процесса. Они считаются надежным способом распознавания вековых сдвигов поверхности, а проводить частые повторные геодезические измерения

настолько трудно, что фактически можно узнать лишь осредненную картину событий, происшедших за длительный период наблюдений.

В 1980-2003 гг. аэрогеодезическим предприятием Узбекистана выполнены линейно-угловые измерения геодезических пунктов Ташкентского геодинамического полигона [12]. По результатам повторного нивелирования определены скорости пунктов в пределах 3.24 см/год. Чтобы определить движение микроплиты, надо иметь данные не менее трех циклов высотных измерений, где разность между двумя циклами будет соответствовать общей тенденции движения. Однако этот метод нивелирования позволяет исследовать только вертикальную составляющую, а для горизонтальных смещений должны быть использованы методы триангуляции и трилатерации.

Разработка высокоточных электронных тахеометров стали универсальными и мобильными, можно автоматически производить отсчет по кругам и одновременно измерить расстояние до пункта, где установлен отражатель (рис.4).

Рисунок 4. Измерение расстояний между пунктами

Такой принцип дает возможность определять координаты, наклонное расстояние и превышение методом тригонометрического нивелирования. Если же рассматривать смещение геодезической сети, то здесь придется учесть всю процедуру редукции расстояния, углов и координат на эллипсоид по принципу Лежандра. Для исследования кинематических параметров наиболее оптимальным является оценка точности независимых параметров геодезической сети. Обычно по геофизическим и геологическим измерениям находят зоны, которые наиболее чувствительны к деформациям и тектоническим действиям, где организуются геодезические построения в виде четырехугольника [13]. На этих локальных участках выполняются высокоточные линейно-угловые измерения. При этом две стороны этой фигуры должны быть расположены на разных блоках или вершинах, примерно параллельно направлению разлома. Например, для геодинамического полигона “Таваксай” можно использовать несколько четырехугольников, пункты которых расположены на вершинах холмов, где проходит Каржатауский разлом (рис.5).

Рисунок 5. Схема геодезического четырехугольника

Таким образом, геодезический метод определения деформации плит является наиболее эффективным и экономичным по сравнению с другими методами. Но самой сложной и трудоемкой в этом методе является геометрическое нивелирование рельефа холмистой местности.

В 1995 году создана международная программа “Геодинамика”, которая объединила радиотелескопы евразийской части Земли в единую радиоинтерметрическую сеть с целью определения движения литосферных плит. В качестве реперных точек были использованы квазары и активные ядра галактик, с помощью которых можно отследить местоположение телескопа с высокой точностью. Для того чтобы обрабатывать современные данные, необходимо использовать несколько релятивистских систем отсчета. Например, в 1998 году международная небесная опорная система отсчета (ICRF) была реализована на основе высокоточных экваториальных координат 608 внегалактических радиоисточников. В результате регулярных наблюдений этих объектов была произведена оценка точности инерциальной системы отсчета.

Астрономический институт АН РУ также участвовал в наблюдениях радиооптических астрономических источников с помощью двойного астрографа Цейсса в Китабе (рис.6).

Рисунок 6. ДАЦ в Китабе

Было получено несколько снимков с изображениями радиоисточников по программе “ROAS”, организованной Главной астрономической обсерваторией (Пулково, Россия). Один из авторов данной статьи активно принимал участие в наблюдениях этих объектов и вычислениях экваториальных координат относительно фундаментального каталога звезд AGK3[14]. Полученные изображения радиоисточников на астропластинках размером 30х30см хранятся

в стеклянной библиотеке АИ АН РУз. и могут быть обработаны на основе высокоточных звездных каталогов. Помимо этого, Астрономический институт участвовал в уточнении нуля-пункта фундаментального каталога звезд и координатного обеспечения астрометрического спутника “Hipparcos”. По результатам позиционных измерений выявлено колебание нуля пункта фундаментального каталога звезд FK-5, PPM (рис.7).

Рисунок 7. Поправки нуля пункта инерциальной системы координат

Поскольку измерения производятся с Земли в системе ITRF, то вычисленные положения наблюдателя и объекта необходимо перевести в систему BRF.

Изменение точки пересечения экватора и эклиптики можно выразить через поправки элементов орбит небесного тела

$$\begin{aligned}
 (\Delta\alpha_e)_p &= \frac{\partial\alpha}{\partial\Omega}\Delta\Omega + \frac{\partial\alpha}{\partial i}\Delta i + \frac{\partial\alpha}{\partial a}\Delta a + \frac{\partial\alpha}{\partial e}\Delta e + \frac{\partial\alpha}{\partial\omega}\Delta\omega + \frac{\partial\alpha}{\partial M_0}\Delta M_0, \\
 (\Delta\delta_e)_p &= \frac{\partial\delta}{\partial\Omega}\Delta\Omega + \frac{\partial\delta}{\partial i}\Delta i + \frac{\partial\delta}{\partial a}\Delta a + \frac{\partial\delta}{\partial e}\Delta e + \frac{\partial\delta}{\partial\omega}\Delta\omega + \frac{\partial\delta}{\partial M_0}\Delta M_0,
 \end{aligned}
 \tag{9}$$

Использование наблюдений различных космических объектов даст наиболее точную величину поправки к каталогу звезд [15].

Запуск навигационных спутников системы “Navstar” привели к более эффективному способу определения координат пунктов. Появилась возможность более точно и оперативно определять скорости смещения не только пунктов, но и целых регионов,

что побудило международным организациям организовать различные миссии по изучению гравитационного поля и тектоники плит. Одной из таких миссий была программа по изучению деформации Центрально-Азиатского региона CATS, организованной центром изучения Земли г. Потсдам, Германия[16]. Целью программы было определение величин вертикальных и горизонтальных перемещений микро плит ЦА на интервале с 1992 по 1998 (Таб. 1).

Таблица 1.

Отклонение координат пунктов CATS сети между циклами

Станция	$\Delta X_{(1994-92)}$	$\Delta Y_{(1994-92)}$	$\Delta Z_{(1994-92)}$	$\Delta R_{(1994-92)}$
djan	-0.0257	0.0345	0.0346	0.098
kitb	-0.0692	-0.0213	-0.0056	0.076
okto	-0.0595	-0.0054	-0.0024	0.061
dena	-0.0455	0.0184	0.0143	0.046
sanz	-0.0769	-0.0419	-0.0435	0.098
circ	-0.0519	-0.0263	-0.0173	0.061
alma	-0.0512	0.0041	0.0033	0.051
sary	-0.0462	-0.0176	0.0026	0.049
mada	-0.0589	0.0195	0.0050	0.063

Из таблицы 1 видно, что на таком коротком интервале времени, как 2 года, величина скорости достигает 4 см в год. Значение скаляра результирующего вектора вычислено в предположении о линейности тренда, т.е. был использован кинематический характер движения. На основе разностей координат

между циклами была построена гистограмма, где по горизонтальной оси приведены условные обозначения пунктов, а по вертикальной оси – величина вычисленной скорости (рис.8).

Рисунок 8. Годовое смещение координат пунктов CATS сети

Из рисунка 8 видно, что координаты всех станции CATS сети подвержены изменению с течением времени, что говорит о тектонических сдвигах между плитами и локальных деформационных процессах. Так как с момента установки пунктов CATS прошло более 20 лет, то вопросов сохранности и устойчивости этих пунктов является своевременным. Из 80 пунктов этой сети, установленных на территории Центральной Азии, 11 установлены на территории Узбекистана. Рекогносцировка некоторых пунктов с помощью мобильного навигатора показала, что приведенные координаты соответствуют системе координат WGS84[17].

Современные геодезические инструменты и приемники глобальной навигационной спутниковой системы внедрены во все области производства. Отсутствие метрологической службы Узбекистана приводит к определенным трудностям при уравнивании геодезических сетей обширных территорий, а также при проведении необходимой регулярной полевой калибровки геодезических инструментов. В [18] предложен четырехугольный ГНСС полигон Центральной Азии, который будет основным местом метрологического обеспечения современных геодезических приборов. Но, для исследования локального перемещения наиболее оптимальным и достоверным способом является создание геодинимических полигонов в окрестности разломов или построение специальных пунктов в сейсмоактивной зоне. Учитывая это, целесообразно организовать глобальный геодинимический полигон ЦА для тестирования современных спутниковых приемников. Действующие GPS сети являются локальными и не связаны между собой, а государственная геодезическая сеть не уточнялась и не корректировалась в течение 20-30 лет. Возникает задача о повышении точности координат пунктов геодезических сетей и модификации ГНСС сети. Наиболее оперативным способом является создание полигона, состоящего из четырехугольника, вершинами которого могут быть международные IGS станции Китаба и Бишкека, а также пункты CATS Кизилсу и Коктола (рис.9).

Рисунок 9. Схема ГНСС полигона ЦА

В Узбекистане имеются три постоянно действующих спутниковых станций (IGS, IDS, CHAMP), одна станция лазерной локации (SLR) на горе “Майданак” и 50 ГНСС станций, работающие в реальном времени. На территории Киргизии также установлена одна международная IGS станция в г. Бишкек. Помимо этого, на территории ЦА построены высокоточные GPS пункты по международной программе CATS. Несмотря на мощный скачок ГНСС, оптические методы не утратили своего значения, но предпочтение отдается радиоизмерениям космических тел из-за всепогодности и оперативности. Поэтому в 2018 году вновь обращено внимание на наземный радиотехнический комплекс “Суффа”, расположенный в районе Заамин, Джизакской области (Узбекистан), где сейчас ведутся проектно-монтажные работы. Недалеко от обсерватории “Майданак” на горе “Санглок”, расположенной в Таджикистане, ведутся работы по мониторингу космических тел в оперативном режиме (рис.10). Такая же измерительная система “Сарышаген” была сооружена вблизи озера Балхаш, Казахстан.

Рисунок 10. Центры наблюдений космических тел в ЦА

Геометрическая конфигурация измерительных систем ЦА позволит более точно произвести привязку геодезических измерений, выполненных топогеодезическими организациями. Взаимосвязь ГНСС пунктов, станций лазерной локации и радиотехнической обсерватории “Суффа” создает предпосылки к разработке единой системы координат, которая будет иметь научно-практическую значимость, охватывающая все отрасли народного хозяйства вплоть до межреспубликанских проектов. На начальном этапе проектирования следует произвести предварительный расчет точности координат вершин и внутренних углов полигона, используя географические координаты указанных обсерваторий (Таб.2).

Таблица 2.

Координаты пунктов наблюдений за космическими объектами

Названия	L	B	H(м)	Республика
Майданак	66°56'35.76"	38°41'08.24"	2731	Узбекистан
Суффа	68°26'50.70"	39°37'25.87"	2338	Узбекистан
Санглок	69°13'26.14"	38°17'06.88"	2079	Таджикистан
Сарышаген	73°31'05.00"	45°50'33.10"	358	Казахстан

Для реализации вышеуказанных предложений необходимо привлечь зарубежных специалистов к международному проекту и оснастить ЦА ГНСС полигон современными компьютерными технологиями и программными обеспечениями. Первым шагом такой реализации был договор о научно-техническом сотрудничестве между Национальным университетом Узбекистана и лабораторией геодезического анализа Земли и космического пространства (Ковильян, Португалия).

Заключение

Использование оптических и радиотехнических измерений даст весомый вклад при исследовании пространственных движений микроплит на коротком и длительном интервалах времени. Установление связи между современными вертикальными движениями земной коры и тектоническими движениями прошлых геологических периодов раскроет закономерности изменения земной коры. Благодаря применению навигационных приемников появилась возможность вносить коррективы в систему координат (рис. 12). Такие уточнения довольно редки, поскольку система координат должна быть довольно жесткой.

Рисунок 12. Схема эллипсоидов

Из выше описанного можно сделать вывод, что использование астрономических, геодезических, геофизических и ГНСС измерений приведет к точному анализу геодинамических перемещений отдельных участков, хотя уже много лет в Узбекистане функционируют центры, отделы и факультеты по исследованию геодинамических процессов, которые решают отраслевые задачи в силу своих технических возможностей. Геодезические методы не утратили своего значения и, в перспективе, могут быть использованы как основной способ анализа локальных сдвигов в окрестности строящихся гидросооружений и карьеров. В будущем должна быть разработана региональная система отслеживания геодинамических явлений с помощью высокоточных геодезических и астрономических наблюдений.

Список литературы:

1. Мубораков Х., Мирмахмудов Э., Камилов Б. Современное состояние геодезических работ на ташкентском геодинамическом полигоне// Universum: технические науки: электрон. научн. журн. Москва, 2020. №5(74). С. 56-59.

2. Altiner Y. Analytical surface deformation theory for detection of the Earth's crust movements. Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. 1999. - 102с.
3. Khojiev S.T., Nuraliev O.U., Berdiyarov B.T., Matkarimov S.T., Akramov O'.A. Some thermodynamic aspects of the reduction of magnetite in the presence of carbon // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.*, Часть 3, 3(84), 2021. Р. 60-64. DOI - 10.32743/UniTech.2021.84.3-4
4. Vondrak J. Calculation of the new series of the Earth orientation parameters in the Hipparcos reference frame // *Bulletin of the Astronomical Institute of Czechoslovakia*. –1991, Vol.42. – № 5 – PP. 283-294.
5. Мирмахмудов Э.Р. Ниязов В.Р., Тошонов Б., Махаматова В. Анализ метода трилатерации для локальных изменений координат пунктов на геодинимическом полигоне “Таваксай” // *Научный журнал: 7 Universum*. Москва, 2021. №6 (87). 28-31.
6. Frike W., Kopff A. Fourth Fundamental Catalogue (FK4). Veroff. Astronomishen Rechen- Institute. Heidelberg. 1963, № 10 – 144 p.
7. Reighber Ch., Angermann D., Michel G., Klotz J., Galas R. & the CATS-Team. GPS constraints on the distribution of deformation of the Tien Shan, N–Pamirs and behavior of the Tarim /14th Himalaya-Karakorum-Tibet Workshop. Terra Nostra, –1999. –127.
8. Мирмахмудов Э.Р. О необходимости создания ГНСС полигона для республик Центральной Азии // *Вестник науки и образования*. Москва, 2020. № 4 (86). Часть 1. С. 108-111.

ИНФОРМАТИКА, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И УПРАВЛЕНИЕ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12290

**СЧИСЛЕНИЕ ПУТЕВОЙ ДАЛЬНОСТИ САМОЛЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
РЕЖИМА МГНОВЕННОГО АПОСТЕРИОРНОГО ОЦЕНИВАНИЯ****Кикин Игорь Сергеевич**

канд. техн. наук,

начальник лаборатории,

Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем,

РФ, г. Москва

E-mail: kikin@gosniias.ru**AIRPLANE FLIGHT RANGE DEAD RECKONING USING INSTANTANEOUS
A POSTERIORI EVALUATION MODE****Igor Kikin**

Ph. D., head of laboratory,

State Research Institute of Aviation Systems,

Russia, Moscow

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проект № 19-08-00752.***АННОТАЦИЯ**

Представлена новая информационная технология – мгновенное апостериорное оценивание координат состояния объекта управления в приложении к задаче автоматического счисления путевой дальности самолета. При проведении исследований использована имитационная математическая модель продольного канала счисления пути, функционирующего совместно с системой автоматического управления тягой силовой установки в режиме регулятора величины путевой или истинной воздушной скорости. Проведена оценка возможности повышения точности счисления за счет компенсации влияния погрешностей измерений параметров полета. Предлагаемая структура системы регулирования скорости полета самолета обеспечивает эффективную компенсацию влияния погрешностей измерений на точность счисления путевой дальности самолета.

ABSTRACT

A new information technology is presented – instant a posteriori estimation of control object states in application to the problem of automatic reckoning of the aircraft's track range. During the research, a mathematical simulation model of the longitudinal dead reckoning channel was used. The simulated channel functions in conjunction with the automatic control system of the thrust of the power plant in the mode of regulating the value of the track or true airspeed. An assessment of the possibility of increasing the dead reckoning accuracy by compensating for the influence of flight parameters measurement errors was carried out. The proposed structure of aircraft's flight speed control system provides effective compensation for the influence of measurement errors on the accuracy of reckoning the aircraft's track range.

Ключевые слова: мгновенное апостериорное оценивание, счисление пути, путевая дальность, погрешности измерения, накопление погрешностей счисления.

Keywords: instantaneous a posteriori estimation, dead reckoning, path range, measurement errors, accumulation of dead reckoning errors.

Введение

В данной работе представлены результаты исследований практически значимых вариантов применения мгновенного апостериорного оценивания координат состояния объекта управления (МАО) с целью повышения точности автоматического счисления путевой дальности самолета (ПДС).

Одно из перспективных направлений развития новых технологий автономного навигационного обеспечения полетов – применение принципа МАО для счисления координат места самолета. Ожидаемое снижение темпа накопления погрешностей счисления за счет применения МАО позволит улучшить характеристики навигационных комплексов, благодаря снижению временных, вычислительных и

информационных ресурсов, необходимых для позиционной коррекции процессов счисления. Недостатки систем позиционирования:

- критичность к воздействию помех;
- необходимость больших объемов высокоточной априорной информации.

Принцип МАО позволяет реализовать процесс циклической коррекции систем счисления без внешних источников информации за счет применения новых алгоритмических методов оценивания состояния самолета на базе стандартного набора измерителей параметров полета. Достоинством применения МАО в информационно-управляющих системах счисления пути является возможность высокоточного оценивания путевой скорости самолета с использованием измерителя воздушной скорости. Существенные по уровню компоненты ошибок счисления пути связаны с погрешностями определения угловой ориентации датчиков, измеряющих навигационные элементы движения. В [1] предложена структура одноканальной системы автоматического управления углом поворота платформы на базе датчика угловой скорости, в которой в режиме МАО компенсируется ошибка датчика.

В настоящей работе представлены результаты оптимизации точности счисления ПДС с использованием измерителей путевой и воздушной скорости полета. Имитационные математические модели (ИММ) анализируемых каналов управления и счисления пути соответствуют концепции конструирования САУ, представленной в [2, стр.56]. В ИММ учтены следующие факторы неопределенности измерительной информации и внешних воздействий:

- погрешности измерений путевой, истинной воздушной скорости и динамического давления;
- погрешность априорных данных о коэффициенте лобового сопротивления;
- отклонения статического давления и температуры воздуха от значений, соответствующих международной стандартной атмосфере (МСА);
- ошибки измерений статического давления и температуры;
- возмущающая продольная сила;
- ветровое возмущение.

Указанные факторы представляются случайными числами, которые сохраняют постоянные значения на интервале наблюдения.

Информация о возмущающем воздействии на объект управления, эквивалентном совокупности возмущений, действовавших на интервале наблюдения, позволяет применить имитационный метод оценивания состояния объекта управления [4, стр. 54], обеспечивающий инвариантность оценивания к ошибкам измерений на интервале наблюдения. Важным условием эффективности применения МАО является выполнение требований по точности формирования начальных условий (НУ) по позиционным координатам и по компонентам вектора путевой скорости самолета для модели, используемой в структуре динамического наблюдателя состояния

системы. Если НУ по скорости формируются измерителем, который используется в режиме счисления, то применения МАО неэффективно, что следует из принципа имитационного оценивания, предусматривающего интегрирование уравнений движения объекта управления. Исследование задачи коррекции счисления ПДС в режиме МАО будем проводить исходя из предположения, что для формирования НУ по путевой скорости используется измеритель, погрешностью которого можно пренебречь.

Постановка задачи

Исходные данные.

1) Система дифференциальных уравнений, описывающая движение самолета:

$$\begin{cases} dL/dt = W, \\ dW/dt = m^{-1}(P + X + D), \\ dm/dt = \dot{m}_{y0} \cdot P, \end{cases}$$

где L – текущее значение ПДС, м; W – путевая скорость полета, м/с; m – масса самолета, кг;

P – тяга силовой установки, Н; X – сила лобового сопротивления, Н; D – продольная возмущающая сила, Н; $\dot{m}_{y0}$ – удельный расход топлива, кг/Н·с.

$$\dot{m}_{y0} = \text{const}.$$

$X = -c_x q S$, где c_x – безразмерный аэродинамический коэффициент сопротивления;

S – характерная площадь; q – динамическое давление (скоростной напор), Па.

$q = 0.5 \rho V^2$, где ρ – плотность воздуха, соответствующая эшелону полета, кг/м³.

$$\rho = \frac{p \cdot \mu}{R \cdot T}, \text{ где } p \text{ – статическое давление воздуха}$$

на высоте полета, Па;

μ – молярная масса сухого воздуха ($\mu = 0,0289644$ кг/моль); R – универсальная газовая постоянная ($R = 8,31447$ Дж/(моль) · К); T – температура воздуха на высоте полета, К.

$$p = p_{МСА} + \Delta p_{МСА}, \quad T = T_{МСА} + \Delta T_{МСА},$$

где индексом «МСА» отмечено значение параметра, соответствующее Международной стандартной атмосфере и отклонение Δ фактического значения параметра от стандартного.

V – истинная воздушная скорость самолета, м/с.
 $V = W - U_{ЭКВ}$, где $U_{ЭКВ}$ – скорость эквивалентного ветра, направление которого совпадает с линией пути, а скорость такова, что он создает такую же путевую скорость, как и реальный ветер. В данной работе исследование проводится в предположении отсутствия априорной информации о ветре. В ИММ скорость эквивалентного ветра задается случайным числом, сохраняющим постоянное значение на интервале наблюдения. Положительному значению $U_{ЭКВ}$ соответствует попутный ветер.

2) Модель измерений:

$$W^* = W + \Delta W, \quad q^* = q + \Delta q,$$

$$\rho^* = \frac{p^* \cdot \mu}{R \cdot T^*}, \quad p^* = p + \Delta p,$$

$$T^* = T + \Delta T, \quad V^* = \sqrt{2q^*/\rho^*},$$

$$a^* = 20.047\sqrt{T^*}, \quad M^* = V^*/a^*,$$

где a – скорость звука; M – число Маха; знаком «*» обозначены измеренные значения параметров полета, а символом « Δ » – отклонения измеренных значений от фактических.

3) Коэффициент лобового сопротивления $c_x = c_x^* + \Delta c_x$, где c_x – фактическое значение коэффициента, c_x^* – значение коэффициента лобового сопротивления по априорным данным об аэродинамических характеристиках самолета, Δc_x – погрешность априорных данных.

Диапазоны значений факторов неопределенности измерительной информации и возмущений:

$$\Delta p_{MCA} \in [-0,05 p_{MCA}, +0,05 p_{MCA}], \text{ Па} (H/m^2),$$

$$\Delta p \in [-0,05 p, +0,05 p], \text{ Па};$$

$$\Delta T_{MCA} \in [-0,05 T_{MCA}, +0,05 T_{MCA}], \text{ К};$$

$$\Delta T \in [-0,05 T, +0,05 T], \text{ К}$$

$$U_{ЭКВ} \in [-50, +50], \text{ м/с}; \quad \Delta W \in [-2, +2], \text{ м/с};$$

$$\Delta q \in [-0,05 q, +0,05 q], \text{ Н/м}^2;$$

Требуется решить следующие задачи:

1) Разработка ИММ процессов автоматического счисления ПДС, осуществляющего полет на постоянной высоте эшелона, для вариантов регулирования путевой и воздушной скорости с реализацией режима МАО.

2) Оптимизация точности коррекции каналов счисления ПДС в режиме МАО при измерениях путевой и воздушной скорости самолета.

3) Оценка технической эффективности МАО.

Структура имитационной математической модели для исследования режимов счисления ПДС

Для реализации МАО с целью компенсации влияния ошибок измерения путевой скорости самолета на точность счисления ПДС, в структуру регулятора тяги ИММ введена связь, компенсирующая силу лобового сопротивления. При этом тяга представляется в виде двух слагаемых:

$$P = P_x + F_{yup},$$

где P_x – компонента тяги, компенсирующая силу лобового сопротивления;

F_{yup} – управляющая сила, формируемая регулятором.

Фактически автоматом тяги должны формироваться сигналы на перемещение дроссельных заслонок двигателей. Сигнал для формирования P_x определяется в цепи компенсирующей связи в соответствии с высотнo-скоростными и дроссельными характеристиками двигателей. Погрешность реализации компенсирующей связи учитывается в ИММ наличием возмущающей продольной силы D , которая парировается регулирующей связью, формирующей компоненту тяги F_{yup} . В ИММ использован пропорционально-интегральный регулятор путевой или истинной воздушной скорости вида:

$$F_{yup} = k_{II} \varepsilon + k_{II} \int_0^t \varepsilon(\tau) d\tau,$$

где ε – рассогласование измеренной и заданной регулируемой скорости полета (путевой или воздушной);

k_{II} , k_{II} – коэффициенты пропорциональной и интегральной составляющих сигнала регулятора;

Структурная схема ИММ системы счисления ПДС представлена на рис. 1.

Изменение структуры ИММ, связанное с возможностью применения датчиков путевой и воздушной скорости, а также с необходимостью реализации режимов наблюдения и МАО, осуществляется за счет использования переменных σ и λ , которые подобно логическим переменным принимают значения 0 или 1. Структура ИММ при $\sigma = 1$ соответствует системе счисления пути с измерителем путевой скорости (ССПП), а при $\sigma = 0$ – системе с измерителем воздушной скорости (ССПВ). Аналогично значение переменной λ определяет моделируемый режим системы: наблюдение или МАО. В режиме наблюдения $\lambda = 1$.

Для обозначений параметров состояния и выхода наблюдателя используется знак « $^\circ$ ».

На схеме представлены регистраторы-анализаторы:

РА1 – для формирования и запоминания оценки эквивалентного возмущения, применяемой в режиме МАО;

РА2 – для выходов модели, которые регистрируются и анализируются при каждом прогоне модели (ВЫХ₂ – ВЫХ₆).

ИММ включает в свой состав динамический имитатор реальной системы и динамический наблюдатель, моделирующий процесс функционирования реальной системы. В режиме наблюдения формируются и запоминаются последовательности $F_{yup}\{t_N\}$ и $D_{ЭКВ}\{t_K\}$, отображающие значения соответствующих переменных в дискретные моменты времени, по которым в режиме интерполяции восстанавливаются функции $F_{yup}(t)$ и $D_{ЭКВ}(t)$, необходимые для реализации МАО. При исследовании с применением ИММ процессы дискретизации, запоминания и восстановления указанных функций заменяются повторным прогоном динамического имитатора реальной системы.

Рисунок 1. Структурная схема ИММ системы счисления пути

ВЫХ₁ – выход для формирования эквивалентного возмущения ($D_{экв}$); **ВЫХ₂** – числяемая ПДС (L^*);
ВЫХ₃ – ошибка числяемой ПДС (ΔL^*); **ВЫХ₄** – имитируемая фактическая ПДС (L);
ВЫХ₅ – погрешность оценки ПДС (ΔL^o); **ВЫХ₆** – оценка ПДС в режиме МАО (L^o)

Оценка точности счисления ПДС при реализации мгновенного апостериорного оценивания

Процессы счисления пути с применением МАО исследовались при длительности интервала наблюдения $(t_f - t_o) = 1000 \text{ сек.}$, где t_o , t_f – соответственно моменты начала и конца интервала наблюдения. Начальное значение путевой скорости самолета $W(t_o) = 160 \text{ м/сек.}$ Заданное значение регулируемой скорости полета (путевой или истинной воздушной) $W_{зад} = V_{зад} = 200 \text{ м/с.}$ Установившийся скоростной режим достигается на 400-й секунде интервала наблюдения.

Предварительные исследования, проведенные с использованием разработанной имитационной модели, показали, что основное ограничение точности счисления ПДС связано с погрешностью априорной информации о коэффициенте лобового сопротивления самолета. Если $c_X^* = c_X$, то практически полная компенсация влияния на точность счисления погрешностей измерения параметров полета обеспечивается оценкой эквивалентного возмущения:

$$D_{экв} = -F_{упр}^{\infty}, \quad (1)$$

где $F_{упр}^{\infty}$ – установившееся значение управляющего воздействия регулятора.

При наличии погрешностей априорной информации о c_X использование МАО позволяет обеспечить точность оценивания ПДС по измерениям воздушной скорости выше, чем по измерениям путевой скорости.

Существует значение эквивалентного возмущения $\tilde{D}_{экв}$, при котором погрешность оценивания для момента завершения интервала наблюдения $\Delta L^o(t_f) \cong 0$.

$$\tilde{D}_{экв} = D_{экв} + \Delta D, \quad (2)$$

где ΔD – поправка величины эквивалентного возмущения, обеспечивающего компенсацию ошибок измерений при $c_X^* \neq c_X$.

На рис. 2 иллюстрируется характер процессов изменения во времени погрешности счисления ПДС при полете самолета на заданном эшелоне для трех вариантов режимов счисления:

- 1) по измеренной скорости полета (без режима МАО);
- 2) в режиме МАО в соответствии с (1);
- 3) в режиме МАО в соответствии с (2).

Кривые с номером 1 – оценки фактической погрешности в режиме нормального функционирования. Кривые 2 и 3 – оценки условной погрешности, соответствующие имитации процесса управления скоростью полета самолета при априорно известном $\tilde{D}_{экв}$ или $\tilde{D}_{экв}$. Практически значима величина переменной ΔL^o только в момент t_f , соответствующий моменту коррекции результата счисления в режиме МАО.

Рис. 2А соответствует модели ССПП, рис. 2Б – модели ССПВ. Погрешность априорной информации о коэффициенте c_X определена величиной относительной погрешности $\delta c_X = \left(|\Delta c_X| / c_X \right) \cdot 100, \%$.

Рисунок 2. Графики изменения погрешностей счисления длины пути:

- А. $\Delta q = 900 \text{ Па}$, $D = 500 \text{ Н}$, $U_{\text{экв}} = 50 \text{ м/с}$, $\delta c_X = 6\%$, $D_{\text{экв}} = 1487 \text{ Н}$, $\Delta D_{\text{онм}} = 10.9 \text{ Н}$;
 Б. $\Delta q = 700 \text{ Па}$, $D = 450 \text{ Н}$, $U_{\text{экв}} = 50 \text{ м/с}$, $\delta c_X = 20\%$, $D_{\text{экв}} = 2019 \text{ Н}$, $\Delta D_{\text{онм}} = 49 \text{ Н}$.

Представленные на рис. 2 результаты моделирования иллюстрируют актуальность оптимизации эквивалентного возмущения в системах счисления пути с применением режима МАО. Относительное значение поправки $\frac{\Delta D}{D_{\text{экв}}}$ пропорционально δc_X , независимо от того, измерители путевой или воздушной скорости применяются для счисления ПДС. Относительные значения поправок практически на порядок ниже δc_X .

3. Оптимизация точности счисления ПДС при измерении путевой скорости

В режиме оптимизации реализуется процесс поиска $\tilde{D}_{\text{экв}} = D_{\text{экв}} + \Delta D_{\text{онм}}$, где $\Delta D_{\text{онм}}$ – оптимальная поправка величины эквивалентного возмущения, обеспечивающей в режиме МАО компенсацию ошибок измерений, если $c_X^* = c_X$.

Режим поиска $\Delta D_{\text{онм}}$ осуществляется при начальном значении путевой скорости:

$$W^{\circ}(t_0) = W(t_0) + \Delta W, \quad (3)$$

где ΔW – случайная, сохраняющая постоянное значение на интервале наблюдения, ошибка измерения путевой скорости.

Так имитируется формирование начальной путевой скорости измерителем, применяемым в режиме счисления. Значение $\Delta D_{\text{онм}}$ соответствует нулевому значению интеграла:

$$J_W = \int_{t_0}^{t_f} (W^{\circ}(t) - W^*(t)) dt \quad (4)$$

Нетрудно показать, что при завершении поиска $\Delta D_{\text{онм}}$ достигаются равноточные оценки ПДС, формируемые классическим методом счисления в режиме наблюдения и в режиме МАО.

Завершающий этап оценивания ПДС – имитация процесса управления путевой скоростью полета с полной информацией об условиях реализации процесса в режиме МАО. При этом на возмущающий вход модели наблюдателя подается сформированное в поисковом режиме значение $\tilde{D}_{\text{экв}}$, а начальное значение путевой скорости $W^{\circ}(t_0) = W(t_0)$, что соответствует пренебрежимо малому значению погрешности ее измерения ($\Delta W \cong 0$).

Поскольку результат МАО не может быть использован для корректировки процесса управления в прошлом, характер эволюции погрешности оценки ДП на интервале наблюдения не имеет практического значения. Главный результат оптимизации эквивалентного возмущения – минимизация погрешности оценки ПДС в конечный момент интервала наблюдения.

На завершающем этапе МАО, при имитации рабочего процесса ССПП с полной информацией об условиях функционирования, $J_W \cong \Delta L^{\circ}(t_f) - \Delta L^{\circ}(t_0)$ и погрешность измерения путевой скорости на интервале наблюдения идентифицируется в соответствии с формулой: $\Delta W \cong J_W / (t_f - t_0)$. В последних соотношениях использован знак приближенного равенства, поскольку в режиме поиска $\Delta D_{\text{онм}}$ практически никогда не будет достигаться значение J_W , которое точно равно нулю.

Для вычисления J_W по формуле (4) в режиме МАО, в режиме наблюдения необходима регистрация и запоминание функции $W^*(t)$, помимо регистрации и запоминания управляющего воздействия $F_{упр}(t)$.

На рис. 3 представлены результаты оптимизации точности ССПП для полета самолета на заданном эшелоне. Абсолютная величина относительной

погрешности априорных данных о коэффициенте лобового сопротивления δc_x принималась равной $\pm 10\%$, что соответствует максимальным значениям этого фактора неопределенности, принятым в постановке задачи.

Рисунок 3. Результаты моделирования процессов оптимизации точности ССПП

А. $\Delta W = +2 \text{ м/с}$, $\delta c_x = +10\%$, $U_{эКВ} = -50 \text{ м/с}$, $D_{эКВ} = +631.3 \text{ Н}$, $\Delta D_{онм} = -4.5 \text{ Н}$;

Б. $\Delta W = +2 \text{ м/с}$, $\delta c_x = -10\%$, $U_{эКВ} = -50 \text{ м/с}$, $D_{эКВ} = +1268.7 \text{ Н}$, $\Delta D_{онм} = +9.7 \text{ Н}$;

В. $\Delta W = -2 \text{ м/с}$, $\delta c_x = +10\%$, $U_{эКВ} = +50 \text{ м/с}$, $D_{эКВ} = -1873.9 \text{ Н}$, $\Delta D_{онм} = +24.6 \text{ Н}$.

1 – ΔL^* ; 2 – ΔL° , если $D_{вх} = D_{эКВ}$; 3 – ΔL° , если $D_{вх} = \tilde{D}_{эКВ} = D_{эКВ} + \Delta D_{онм}$.

Рис. 2В иллюстрирует результат оптимизации оценивания в условиях функционирования ССПП, в которых погрешность оценки ПДС, если $D_{вх} = D_{эКВ}$, существенно превышает погрешность счисления в режиме наблюдения. Даже в этом случае алгоритм оптимизации оценивания позволяет достигнуть практически идеальной точности ССПП в момент завершения интервала наблюдения.

4. Оптимизация точности счисления ПДС при измерении воздушной скорости

Прежде чем приступить к построению алгоритмов оптимизации точности МАО в ССПВ, проанализируем влияние факторов неопределенности на процессы управления воздушной скоростью и счисления ПДС в режиме наблюдения и в режиме МАО. Погрешность курсо-воздушного счисления ПДС в режиме штилевой прокладки пути определяется разностью фактической путевой скорости W и измеренной истинной воздушной скорости V^* :

$$\Delta L^* = \int_{t_0}^{t_f} (W(t) - V^*(t)) dt \quad (5)$$

где $V^* = V + \Delta V_H$, ΔV_H – инструментальная погрешность косвенного измерения истинной воздушной

скорости, определяемая погрешностями измерения скоростного напора и плотности воздуха.

$W(t) - V^*(t) = \Delta V_H + U_{эКВ}$. Скорость эквивалентного ветра $U_{эКВ}$ представляет собой методическую погрешность оценивания путевой скорости по измерению воздушной.

$$\Delta V_H = \sqrt{q^*/\rho^*} - \sqrt{q/\rho} = \sqrt{(q + \Delta q)/(\rho + \Delta \rho)} - \sqrt{q/\rho} \quad (6)$$

Эквивалентное возмущение, равное установившемуся значению управляющей силы, определяется соотношением:

$$D_{эКВ} = -F_{упр}^\infty = D + c_x^* \Delta q + \Delta c_x q. \quad (7)$$

Очевидно, что в режиме регулирования воздушной скорости управляющее воздействие в установившемся режиме не зависит от интенсивности ветрового потока $U_{эКВ}$.

Анализ выражения (7) показывает, что при идеально точных априорных данных о коэффициенте лобового сопротивления ($\Delta c_x = 0$) регулятор тяги компенсирует только две компоненты постоянно действующих возмущений: собственно возмущающую силу D и погрешность компенсации силы лобового

сопротивления $\Delta P_X = c_X^* \Delta q$. При этом погрешность косвенного измерения плотности воздуха $\Delta \rho$, которая входит в формулу (6) не влияет на уровень $D_{экр}$. В рассматриваемом случае реализация MAO длины пути при $D_{вх} = D_{экр}$ обеспечивает максимальную точность оценивания.

Если $\Delta c_X \neq 0$, в выражении (7) появляется компонента, зависящая от фактического скоростного напора, которая обуславливает зависимость $D_{экр}$ от всей совокупности факторов неопределенности условий функционирования ССПВ. При этом реализация MAO при $D_{вх} = D_{экр}$ не обеспечивает идеальной компенсации влияния ошибок измерений на оценку ПДС и путевой скорости. Необходимо ограничение Δc_X для достижения заданной точности оценивания.

Перейдем к описанию возможной процедуры оптимизации ССПВ. В качестве критерия оптимальности рассматривался функционал вида:

$$\Phi = \left| \left(J / J_{зад} \right) - 1 \right|, \quad (8)$$

где $J = \int_{t_0}^{t_f} (W^\circ(t) - V^*(t)) dt$ представляет собой

оценку погрешности счисления ДП, определяемую формулой (3). Предположим, что существует некоторая функция $J_{зад} = J_{зад}(D_{экр}, \Delta V, \Lambda_1, \Lambda_2)$, с помощью которой определяется эталонное значение ΔL^* , определяемое формулой (5). Эта функция является аппроксимацией ΔL^* . Главное требование к ней – однозначность по отношению к факторам неопределенности: каждому сочетанию этих факторов должно соответствовать одно значение $J_{зад}$.

Аргументы $J_{зад}$ не являются независимыми: каждый из них практически зависит от всех факторов неопределенности, за исключением $D_{экр}$, не зависящего от интенсивности ветрового потока. Теоретически число аргументов функции $J_{зад}$ должно соответствовать числу факторов неопределенности. Но оно может быть снижено за счет возможности их группового учета. Возможность группового учета факторов определяется возможностью их функционального объединения с целью задания одним случайным числом. При этом один и тот же фактор может входить в несколько групп. Как отмечалось ранее, допустим групповой учет D и Δq . Могут быть сгруппированы также факторы, от которых зависит погрешность косвенного измерения воздушной скорости. Указанная погрешность становится весьма информативным параметром рабочего процесса ССПВ, который отражает влияние совокупности факторов на фактическое значение скоростного

напора. Итак, две группы факторов и два не сгруппированных фактора, Δc_X и $U_{экр}$, определили количество аргументов функции $J_{зад}$.

Значения аргументов ΔV , Λ_1 и Λ_2 функции $J_{зад}$ определяются в результате моделирования наблюдаемого процесса управления в режиме MAO. При этом на возмущающий вход модели объекта управления подается $D_{вх} = D_{экр}$.

ΔV – разность установившегося значения оценки путевой скорости и заданного значения воздушной скорости. $\Delta V = W^\circ(t_f) - V_{зад}$.

$$\Lambda_1 = \int_{t_0}^{t_f} dt \int_{t_0}^t m^{-1} \Delta F_{ynp}(t) dt,$$

где $\Delta F_{ynp}(t)$ – разность сигналов управления скоростью полета, формируемой реальным устройством управления тягой и его моделью, реализованной в наблюдателе. $\Delta F_{ynp}(t) = F_{ynp}(t) - F_{ynp}^\circ(t)$.

$$\Lambda_2 = \int_{t_0}^{t_f} dt \int_{t_0}^t m^{-1} \Delta P_X(t) dt,$$

где $\Delta P_X(t)$ – разность сигналов компенсации силы лобового сопротивления, формируемой реальным устройством управления тягой и его моделью, реализованной в наблюдателе. $\Delta P_X(t) = P_X(t) - P_X^\circ(t)$.

Значение функции $J_{зад}$ для конкретного сочетания факторов неопределенности процесса управления воздушной скоростью полета может быть вычислено с использованием имитационной модели этого процесса по формуле, которая по форме написания полностью соответствует формуле (5): $J = \int_{t_0}^{t_f} (\tilde{W}(t) - V^*(t)) dt$, где $\tilde{W}(t)$ – полученная в процессе имитации оценка фактической путевой скорости полета.

Очевидно, создание банка данных, обеспечивающего формирование $J_{зад}$, весьма трудоемкая задача, для решения которой потребуются априорная идентификация модели объекта управления. В данной статье приводятся примеры тестового моделирования процессов оптимизации точности ССПВ с использованием MAO.

Более эффективным путем повышения точности ССПВ представляется альтернативное решение, заключающееся в априорной идентификации коэффициента лобового сопротивления с доведением относительной погрешности идентификации до уровня 3 – 5 %.

На рис. 4 представлены результаты моделирования процессов оптимизации точности ССПВ для полета на заданном эшелоне.

Рисунок 4. Результаты моделирования процессов оптимизации точности ССПВ

- А. $\Delta q = +900 \text{ Н/м}^2$; $D = +500 \text{ Н}$; $\delta c_x = +10\%$; $D_{\text{экв}} = -350.6 \text{ Н}$; $\Delta V_H = 3.0 \text{ м/с}$.
 Б. $\Delta q = -900 \text{ Н/м}^2$; $D = -500 \text{ Н}$; $\delta c_x = +10\%$; $D_{\text{экв}} = +1639.4 \text{ Н}$; $\Delta V_H = 17.7 \text{ м/с}$.

На каждом из рисунков представлены три тройки графиков. Каждая тройка содержит графики погрешностей: 1 – счисления ПДС в режиме наблюдения ΔL^* ; 2 – оценки ПДС ΔL^* , если $D_{\text{вх}} = D_{\text{экв}}$; 3 – оценки ПДС ΔL^* , если $\tilde{D}_{\text{экв}} = D_{\text{экв}} + \Delta D_{\text{опт}}$. Каждая тройка кривых имеет буквенные индексы, соответствующие интенсивности ветрового потока: а соответствует $U_{\text{экв}} = 0$; б – $U_{\text{экв}} = 50 \text{ м/с}$; с – $U_{\text{экв}} = -50 \text{ м/с}$. Масштаб рисунков подобран так, чтобы продемонстрировать эффект оптимизации точности МАО. Поэтому кривые, имеющие номер 1 в начале временного интервала режима наблюдения выходят за пределы рисунка, из-за того, что темп накопления ошибок в этом режиме несоизмеримо более высок, чем в режиме МАО.

Диапазоны значений $\Delta D_{\text{опт}}$, сформированных в процессе поиска, обозначаемых далее символом r (от английского «range»), составил:

- для имитационных процессов, представленных на рис. 3А, $r\{\Delta D_{\text{опт}}\} = [3.2 \div -4.3] \text{ Н}$,
- для имитационных процессов, представленных на рис. 3Б, $r\{\Delta D_{\text{опт}}\} = [-17 \div -18.85] \text{ Н}$.

Проведено моделирование процессов наблюдения и МАО для тестового множества факторов неопределенности условий функционирования ССПВ при репрезентативно представленных значениях аргументов функции $J_{\text{зад}}$. Результаты моделирования подтвердили возможность однозначного отображения произвольного сочетания факторов неопределенности значением указанной функции.

Заключение

Метод мгновенного апостериорного оценивания позволяет достигнуть качественно нового уровня точности счисления путевой дальности самолета (ПДС) при использовании существующих измерителей параметров полета. При диапазоне погрешностей априорных данных о коэффициенте лобового сопротивления самолета $\pm 10\%$ для эффективного применения МАО требуется оптимальная оценка эквивалентного возмущения. Указанная оценка формируется алгоритмом оптимальной коррекции эквивалентного возмущения, равного по величине установившемуся значению управляющего воздействия регулятора скорости самолета. Для системы счисления пути на базе измерителя путевой скорости (ССПВ) предложено алгоритмическое решение задачи оптимизации МАО, обеспечивающее минимальное значение погрешности счисления ПДС в момент завершения интервала наблюдения. Для реализации модифицированного алгоритма МАО требуется минимальное увеличение объема информации, формируемой в режиме наблюдения, а именно – регистрация и запоминание последовательности значений измеренной путевой скорости.

Предложен также алгоритмический метод оптимизации МАО для системы счисления ПДС на базе измерителя воздушной скорости (ССПВ). Недостатком метода является необходимость вычисления заданного значения функционала, определяющего погрешность счисления. Для этого требуется:

- существенное расширение объема информации, формируемой и регистрируемой в режиме наблюдения;
- адекватная модель рабочих процессов ССПВ, применение которой позволяет с требуемой точностью в режиме МАО вычислить значение погреш-

ности счисления для произвольного сочетания факторов неопределенности условий функционирования ССПВ;

- реализация дополнительного режима функционирования динамического наблюдателя системы,

который обеспечивает вычисление значений аргументов функции, определяющей заданное значение функционала ошибки счисления.

Для ССПВ целесообразно применить альтернативный метод повышения точности МАО – снижение ошибок априорных данных о коэффициенте лобового сопротивления самолета.

Список литературы:

1. Кикин И.С. Оценивание ошибок измерений в одноканальной системе управления угловым положением платформы на базе датчика угловой скорости // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2019. – Т. 16. – № 10. – С. 32 – 43.
2. Кикин И.С. Имитационный метод апостериорного оценивания состояния управляемого объекта // Труды МИЭА. Навигация и управление летательными аппаратами. – 2020. – № 31(4). С. 46 – 70.

ЗАЩИТА ПРОПРИЕТАРНОГО ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

Плетнев Андрей Владимирович

*директор ТОО «SimCo Soft»,
Руководитель группы разработки ТОО «OneBill»,
Республика Казахстан, г. Алматы
E-mail: apletnev@simcosoft.com*

PROTECTION OF PROPRIETARY SOFTWARE PRODUCT FROM UNAUTHORIZED CHANGES

Andrey Pletnev

*CEO «SimCo Soft» LLP,
Team lead «OneBill» LLP,
Republic of Kazakhstan, Almaty*

АННОТАЦИЯ

Данная статья затрагивает проблемы защиты интеллектуальной собственности разработчиков программного обеспечения, работающих в web-стеке с интерпретируемым backend в коммерческих проектах, и предлагает пути решения этих проблем. В статье даны практические рекомендации по реализации механизмов и методов защиты программных продуктов.

ABSTRACT

This article touches on the problem of intellectual property protection of software developers working in web-stack with the interpreted backend in commercial projects, and offers solutions to these problems. The article provides practical recommendations for the implementation of mechanisms and methods for protecting software products.

Ключевые слова: защита программного кода, web-технологии, криптография, несанкционированный, backend, frontend.

Keywords: protection of program code, web-technologies, cryptography, unauthorized, backend, frontend.

Не для кого не станет откровением, что разработка большинства современных проектов информационных систем ведется в технологическом стеке, ориентированном на использование web-технологий. Преимущества этого пути достаточно очевидны и не являются темой данной статьи. В этой статье я хочу затронуть тему одного несущественного на первый взгляд недостатка web-стека с интерпретируемым backend и предложить свое решение, которое сам неоднократно применял при разработке своих проектов.

Упомянутый выше недостаток – это возможность несанкционированного изменения кода продукта! Любой более-менее искушенный в web-разработке злоумышленник легко откроет сборку Вашего frontend в любом текстовом редакторе и сможет внести нужные ему изменения: надписи на элементах управления и их стили. Более того: при должном навыке такой злоумышленник сможет внести изменения в логику работы Вашего frontend, даже если при сборке вы используете minify и/или uglify плагины. А для замены графики и шрифтов в Вашей frontend-сборке и вовсе не нужны никакие специальные знания. С интерпретируемым backend для такого злоумышленника все

еще проще – весь программный код лежит на сервере в открытом виде. Использование методов обфускации программного кода [5] интерпретируемого backend, также как и использование uglify для frontend, не является панацеей, т.к. попросту потребует от злоумышленника чуть большей усидчивости для достижения своих корыстных целей.

«Постойте, но ведь мой проект опубликован на удаленном хостинге, доступ к файлам которого есть только у меня! Все что тут написано, не имеет никакого смысла!» – с негодованием возразите вы и будете совершенно правы. Указанная проблема обретает смысл в тех случаях, когда:

а) Ваш продукт опубликован на корпоративном сервере в дата-центре предприятия-заказчика в промышленной или предпромышленной эксплуатации и к файлам на этом сервере имеет доступ персонал заказчика – мастера на все руки, доверяя которым у вас нет;

б) Ваш продукт находится на стадии внедрения и вы еще не получили свой гонорар сполна;

с) Вы намерены в дальнейшем заниматься сопровождением и доработкой этого продукта под потребности этого предприятия и получать от этого дополнительный доход. При этом Вы ни коим образом не желаете допускать никого, кроме себя, к выполнению изменений своего продукта;

д) Вы выполнили разработку продукта для компании дистрибьютора программного обеспечения и в вашем с ними договоре указано, что Вы получаете дополнительный гонорар за каждую новую адаптацию своего продукта под нового конечного заказчика и не хотите, чтобы этот дистрибьютор мог делать такие адаптации самостоятельно либо с привлечением третьей стороны;

е) В Вашем продукте применен разработанный Вами уникальный алгоритм, исходным кодом которого Вы не желаете делиться с остальным Миром.

Этот список можно было бы продолжить и далее, но общая мысль, вкладываемая в каждый пункт, будет одна – «Вы с особым трепетом относитесь к неприкосновенности объекта своей интеллектуальной собственности и не желаете нести финансовые потери от несанкционированных изменений и/или кражи Вашего продукта».

Теперь, когда стало понятно, что описанная проблема актуальна для многих разработчиков проприетарных программных продуктов, позвольте представить Вашему вниманию решение, которое я неоднократно и успешно применял в своих разработках. Практическое руководство по решению поставленной задачи, представленное далее в этой статье, состоит из четырех достаточно простых в реализации шагов. Итак, ...

Во-первых: не используйте интерпретируемые языки программирования для разработки backend в коммерческих продуктах. Также не рекомендую использовать такие языки как Java, Kotlin, Scala и C#, так как в свободном доступе существует множество инструментов, позволяющих эффективно декомпилировать сборки, получаемые компиляторами этих языков, обратно в исходный код на этом языке [1][3].

Используйте компилируемые языки такие как C [9], C++ [8] или Go [10] – в настоящее время для этих языков существует множество качественных библиотек для реализации web-сервисов. Компиляторы этих языков дают на выходе самодостаточный исполняемый бинарный файл. Для запуска такого файла на целевом сервере не нужно устанавливать в систему никаких дополнительных фреймворков и сред исполнения. Выполняйте сборку проекта в режиме release, чтобы в Ваш выходной бинарный файл не включалась отладочная информация, облегчающая работу злоумышленника. Декомпиляция полученного бинарного файла возможна, но разбор полученного декомпилятором ассемблерного кода – это весьма трудоемкий процесс, за который вряд ли кто-то возьмется. По трудозатратам это, как минимум, может стать равносильно разработке всего проекта с нуля, потому что полученный дизассемблером код практически

никогда не компилируется обратно в работающий бинарный файл.

Во-вторых: если проект использует реляционную базу данных и для взаимодействия с ней Вы не использовали ORM-библиотеки, исключите из исходного кода своего backend все строки, содержащие SQL-запросы [7]. Просто вынесите все SQL-запросы во внешний файл-словарь в формате «ключ=значение», где «ключ» – уникальное имя запроса, а «значение» – текст SQL-запроса. Для удобства в качестве ключа используйте имя функции, в которой этот SQL-запрос будет использоваться. Полученный файл-словарь зашифруйте, а в код своего сервиса добавьте две функции:

1. LoadSqlDictionary - Вызывается при старте сервиса, открывает зашифрованный файл с SQL-запросами, расшифровывает его содержимое и помещает полученный словарь в память;

2. GetQueryText - Вызывается внутри каждой функции, где необходимо выполнять тот или иной SQL-запрос. В качестве атрибута принимает уникальное имя запроса, а в качестве результата возвращает извлеченный из словаря в памяти текст SQL-запроса, который необходимо выполнить.

Данная мера призвана скрыть от злоумышленника все тексты Ваших SQL-запросов, так как значения всех строковых констант из Ваших исходных кодов при компиляции проекта попадают в бинарный файл в неизменном виде и могут быть легко прочитаны в любом текстовом редакторе, который позволяет открывать бинарные файлы. Кроме того, это позволит немного снизить размер бинарного файла, избавив его содержимое от констант с длинными строками.

Для создания и редактирования зашифрованного файла с SQL-запросами в процессе работы над проектом Вам понадобится написать небольшую программу, назовем ее **SQLEncryptor**. Пишите ее криптографическую часть на том-же языке программирования, на котором пишете свой backend, т.к. необходимо, чтобы библиотека или модуль криптографии у обоих проектов были общими. Функции **SQLEncryptor** должны включать:

1. Создание нового и открытие существующего зашифрованного файла с SQL-запросами;

2. Загрузка списка имен запросов и отображение их на форме пользовательского интерфейса (см. пример функции LoadSqlDictionary выше);

3. Добавление новых SQL-запросов с сохранением данных в словарь в памяти;

4. Загрузка текста SQL-запроса из словаря в памяти в поле редактирования при выборе его имени из списка имен запросов (см. пример функции GetQueryText выше) и сохранение изменений обратно в словарь в памяти;

5. Шифрование содержимого словаря в памяти и сохранение результата в файл.

На рисунке 1 представлен примерный вид пользовательского интерфейса **SQLEncryptor**.

Рисунок 1. «Пользовательский интерфейс SQLEncryptor»

В-третьих: Зашифруйте сборку Вашего frontend! На этом шаге остановимся подробнее.

Известно, что любая сборка frontend состоит из множества файлов, разложенных сборщиком по

нескольким каталогам [2][11]. Как правило структура файлов в сборке frontend выглядит так, как показано на рисунке 2.

Рисунок 2. «Структура Frontend»

Чтобы зашифровать frontend, Вам понадобится написать еще одну программу – назовем ее **FrontendEncryptor**. Как и в случае с **SQLEncryptor**, пишите **FrontendEncryptor** на том-же языке программирования, на котором пишите свой backend. Удобнее будет, если **FrontendEncryptor** будет консольным приложением.

Идея состоит в том, чтобы зашифровать все файлы frontend и последовательно поместить их в один общий «**файл данных**». Также **FrontendEncryptor** должен создавать еще один вспомогательный «**индексный файл**». Этот файл необходим для хранения логической структуры каталога dist и данных о местоположении каждого из файлов сборки в **файле**

данных. Содержимое **индексного файла** также должно быть зашифровано.

Можно было бы обойтись и без **индексного файла** и **файла данных**, а просто зашифровать каждый файл в отдельности с сохранением его имени и расположения в структуре каталога dist. Такой подход, конечно же, немного упростит реализацию **FrontendEncryptor** и механизма работы с зашифрованным frontend на backend'е, но усложнит регулярно выполняемый процесс обновления Вашего продукта на серверах заказчика. Ведь куда проще выполнить замену всего пары файлов вместо нескольких десятков, потому как сборщики frontend, при выполнении сборки проекта, всегда пересоздают заново все содержимое каталога dist. Имена всех файлов изменяются от сборки к сборке и, перед копированием новой версии на сервер, всегда нужно будет сначала удалить на сервере все файлы старой версии. Кроме того, способ, который предлагается в этой статье, позволяет скрыть структуру Вашей сборки frontend.

Итак, перейдем к описанию алгоритма работы **FrontendEncryptor**:

1. При запуске **FrontendEncryptor** принимает два параметра командной строки:

- путь до каталога dist, содержащего файлы сборки frontend, которые нужно зашифровать;
- путь до каталога, в который будут записаны зашифрованные выходные **индексный файл** и **файл данных**.

2. Используя рекурсию для прохода по всему содержимому каталога сборки frontend на всю его глубину, нужно сформировать список всех ее файлов и контрольных сумм для каждого из них. Формируемый список представляет собой массив, каждый элемент которого является структурой следующего вида:

- Path – строка. Записываем сюда путь до файла относительно каталога dist;

- Hash – строка. Записываем сюда контрольную сумму файла;

- Offset – целое. Указатель на начало зашифрованного файла в **файле данных**. Смещение в байтах относительно начала **файла данных**. Пока записываем сюда 0;

- Size – целое. Размер в байтах зашифрованного файла в **файле данных**. Пока записываем сюда 0;

3. Создаем **файл данных** в каталоге, путь к которому **FrontendEncryptor** получил при запуске во втором параметре командной строки и открываем его на запись;

4. Проходя прямым циклом по полученному списку, на каждой итерации с каждым элементом этого списка выполняем следующее:

- Получаем значение Path из структуры очередного элемента списка и открываем исходный файл по полученному пути;

- В поле Offset записываем текущий на данной итерации размер **файла данных** в байтах плюс 1.

- Зашифровываем содержимое открытого исходного файла. Результат шифрования записываем в конец **файла данных**;

- В поле Size записываем размер блока байт, полученного в результате шифрования исходного файла;

- Закрываем исходный файл.

5. Полученный таким образом массив структур шифруем и сохраняем результат в **индексный файл** в каталог, путь к которому **FrontendEncryptor** получил при запуске во втором параметре командной строки. В Таблице 1 наглядно показывается, как выглядит фрагмент заполненного таким образом массива структур;

6. Закрываем **файл данных** и завершаем работу **FrontendEncryptor**.

Таблица 1.

Структура индекса

Path	Hash	Offset	Size
css/app.4274622d.css	A162FF6747BD3414F9FB	1	137478
css/chunk-1fc29f6e.71f72053.css	BF288C2ABD0637134BF23	137479	92612
css/chunk-412ef3bc.bdaaff37c.css	9D0BDC6D806A976AC097	230092	32561
img/6-small.9cb47a98.png	D0414BF07B10EC1F1A5C	262654	8022
img/9-small.30df7a62.png	1D144415CB57C87ADD26	270676	9106
js/app.8d1e09da.js	DCD32F3E7368607767B0	279783	1082954
index.html	9C177B846722DBAE51B7	1362738	2301

Выбирайте алгоритмы шифрования и хеширования на свое усмотрение, но помните, что чем сложнее алгоритм, тем больше вычислительных мощностей сервера он потребует для своей работы [4][6] и, как следствие, будет больше замедлять работу Вашего backend. Данное обстоятельство следует учесть при разработке высоконагруженных систем.

Скомпилированный и готовый к использованию **FrontendEncryptor** необходимо поместить в системный каталог с программами или в любой каталог,

путь к которому зарегистрирован в переменной окружения PATH, чтобы **FrontendEncryptor** можно было запускать из командной строки, находясь в любом каталоге.

Для автоматизации запуска **FrontendEncryptor** понадобится написать простой файл сценария командной строки, в котором:

1. выполняется запуск **FrontendEncryptor** с передачей ему параметров командной строки: путь к

каталогу dist и путь к каталогу для вывода зашифрованных файлов;

2. выполняются команды копирования зашифрованных файлов в каталог с проектом Вашего backend или в каталог репозитория, из которого выполняется обновление тестовой, либо производственной среды (по желанию).

Полученный файл сценария командной строки необходимо поместить в корневой каталог с проектом Вашего frontend. Если Вы работаете в Unix-подобной системе, то в атрибутах этого файла необходимо установить атрибут «Исполняемый». В сценарий работы сборщика frontend необходимо добавить обработчик события, срабатывающего по успешному завершению процесса сборки проекта в режиме *build for production*, который будет запускать наш файл сценария командной строки, запускающий **FrontendEncryptor** и другие необходимые команды. Чтобы узнать, как добавлять обработчики событий в сценарий сборщика Вашего frontend, обратитесь к документации по используемому Вами JS-фреймворку.

Еще один важный момент: если в Вашем frontend используется локальный роутер, не используйте нигде в его маршрутах символ точки. Далее станет понятно, для чего это нужно.

В-четвертых: Доработайте код Вашего backend для работы с зашифрованным frontend! Здесь все достаточно просто – как и в случае со словарем SQL-запросов, описанном выше, добавьте пару функций в свой код:

1. LoadFrontendIndex – Вызывается при старте сервиса, открывает зашифрованный **индексный файл**, расшифровывает его содержимое и сохраняет результат в памяти в виде массива структур;

2. GetFrontendFile – Принимает в качестве параметра строку, содержащую путь до запрашиваемого файла. Выполняет поиск по полю Path в массиве структур в памяти и, в случае нахождения подходящего элемента, получает оттуда значение полей **Hash**, **Offset** и **Size**. Открывает **файл данных**, перемещается на **Offset** байт от начала файла и читает с этой позиции **Size** байт. Расшифровывает полученный фрагмент **файла данных**, вычисляет контрольную сумму от расшифрованного результата и сравнивает ее с **Hash**. Если контрольные суммы равны, то GetFrontendFile возвращает расшифрованный фрагмент

файла данных, как содержимое запрошенного файла в виде байтового массива, иначе возвращает ошибку. В случае, когда поиск по массиву структур в памяти не дал результат, GetFrontendFile также возвращает ошибку.

Для сборок frontend, использующих локальный роутер, следует учесть один нюанс в реализации функции GetFrontendFile: если путь до запрашиваемого файла не содержит символ точки, то это не файл, который необходимо извлечь и расшифровать из **файла данных**, а локальный маршрут frontend, для которого нужно извлечь и расшифровать файл index.html. Это необходимо для того, чтобы пользователь Вашего frontend, находясь на любой их страниц системы (в любой позиции роутера) не получал ошибку 404 при обновлении страницы или при прямом переходе по ссылке на такую страницу из вне.

Функцию GetFrontendFile следует вызывать внутри функции-обработчика http-запросов роутера Вашего backend, обрабатывающего запросы на получение файлов frontend. Путь к файлу, который передается как параметр функции GetFrontendFile, следует брать из контекста http-запроса (как правило – это поле path). В большинстве библиотек, предназначенных для реализации web-сервисов, указатель на http-контекст передается в функцию-обработчик http-запросов роутера как параметр. Возвращаемый функцией GetFrontendFile байтовый массив данных следует передавать обратно в http-контекст (как правило – это поле Response). В реализации вашего frontend я рекомендую предусмотреть страницы для отображения ошибок, которые необходимо будет возвращать в Response в случаях, когда GetFrontendFile возвращает ошибку. В самом простом случае можно просто возвращать ResponseCode 404 или 500 в зависимости от типа ошибки.

Следуя приведенным в этой статье нехитрым инструкциям, Вы сможете надежно защитить свои программные продукты от несанкционированных изменений и предотвратить потенциальные финансовые потери, жертвуя, всего лишь, незначительной потерей производительности на стороне сервера. Описанные меры могут быть применены как в совокупности, так и по-отдельности в разных комбинациях – используйте свою фантазию, улучшайте описанные методы по своему усмотрению. Удачи!

Список литературы:

1. Декомпиляция Java приложений / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/176825/> (дата обращения: 03.08.2021).
2. Чиннатамби К. Изучаем React. 2-е издание. – М.: Издательство «Бомбора», 2019.
3. Stanislav Sidristij. Как работает декомпиляция в .Net или Java на примере .Net / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/company/clrium/blog/244095/> (дата обращения: 03.08.2021).
4. Денис Голуб. Криптоалгоритмы. Классификация с точки зрения количества ключей / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/336578/> (дата обращения: 05.08.2021).
5. Обфускация как метод защиты программного обеспечения / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/533954/> (дата обращения: 08.08.2021).
6. Максим Белов. Основы и способы информационной безопасности в 2017 году / [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: <https://habr.com/ru/post/344294/> (дата обращения: 07.08.2021).

7. Новиков Б.А., Горшкова Е.А. Основы технологий баз данных. – М.: ДМК Пресс, 2019.
8. Бьярне Страуструп. Программирование: принципы и практика использования C++. – М.: ИД «Вильямс», 2011.
9. Брайан У. Керниган, Деннис М. Ритчи. Язык программирования С. – М.: ИД «Вильямс», 2017.
10. Алан А.А. Донаван, Брайан У. Керниган. – М.: «Язык программирования Go», ИД «Вильямс», 2016.
11. Бенджамин Листоун, Эрик Хенчетт. Vue.js в действии. – СПб, ИД «Питер», 2019.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12287

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ В БАРАБАННОМ АППАРАТЕ
С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕШИВАНИЯ*Ахунбаев Адил Алимович**канд. техн. наук, доц.,
Ферганский политехнический институт,
Республика Узбекистан, г. Фергана
E-mail: axunbayev61@mail.ru*HYDRODYNAMIC MODEL OF MOTION IN A DRUM APPARATUS TAKING
INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF LONGITUDINAL MIXING*Adil Axunbaev**Ph.D., Associate Professor,
Fergana Polytechnic Institute,
Republic of Uzbekistan, Fergana*

АННОТАЦИЯ

Предложено математическое описание и экспериментальные исследования влияния продольного перемешивания минерального удобрения на процесс сушки в барабанной сушилке.

ABSTRACT

The article proposes a mathematical description and experimental studies of the effect of longitudinal mixing of mineral fertilizers on the drying process in a drum dryer.

Ключевые слова: конвективная сушка, барабанная сушилка, диффузионная модель, продольное перемешивание, сушильный агент.

Keywords: convective drying, drum dryer, diffusion model, longitudinal mixing, drying agent.

Введение. В настоящее время при конвективной сушки значительного ряда химических удобрений широко используются барабанные сушилки, простота конструкции которых и достаточно высокие технико-экономические показатели обеспечили им широкое применение в промышленности перед другими видами сушилок. Конечные результаты сушки удобрений зависят от характера движения по аппарату, агентов участвующих в процессе. Вид уравнений материального и теплового баланса в потоке определяется характером движения среды. В барабанных аппаратах этот характер движения чрезвычайно сложен, не поддается точному математическому моделированию и вследствие этого картину процесса отображают различными гидродинамическими моделями [1]. Игнорирование характера движения материала приводит к неправильной оценке гидродинамической обстановки в аппарате. Для более точного выбора модели необходимо правильно оценить физическую картину движения и соответственно структуру потока в конкретном аппарате.

Научный поиск в этом направлении привел к разработке достаточно простых моделей структуры

потоков в аппаратах, и хотя они носят полуэмпирический характер, позволяют получать модели, с определенной точностью отражающие реальный процесс сушки. В большинстве случаев при рассмотрении процессов химической технологии чаще всего используют модель идеального вытеснения, которая не всегда близка к реальному процессу, для которого ее используют. В барабанной сушилке процессы тепло- и массообмена зависят от ее конструктивных особенностей (размеров, числа и профиля лопаток и т.д.), технологических параметров (числа оборотов барабана, угла наклона аппарата, расхода, температуры и влагосодержания воздуха и материала) и свойств минерального удобрения. При анализе движения сушильного агента и материала в исследуемом аппарате конструктивные характеристики его считают постоянными [2], и так как рассматривается стационарный режим, параметры процесса в каждом отдельном сечении барабана также считаются неизменными. Рассматривая характер движения сушильного агента в барабанной сушилке, следует отметить, что она имеет хаотический характер. Это связано с турбулентностью течения и случайной закономерностью движения отдельных объемов потока пересыпающимися

внутри барабана частицами материала. Хаотичность движения имеет место по длине барабана, в том числе могут наблюдаться составляющие скорости с направлением, противоположным движению всего потока, за счет противоположного движения сушильного агента. Такой характер течения имеет определенную аналогию с картиной хаотичного движения отдельных молекул, представляемой в молекулярно-кинетической теории газов [3]. В данной теории указанное движение оценивается коэффициентом молекулярной диффузии, используя первый закон Фика, т.е. принимая диффузионную модель движения материала в барабане сушилки, вводим допущение, что структура потока описывается уравнением, аналогичным уравнению молекулярной диффузии. Параметром модели принимается коэффициент продольного перемешивания или коэффициент обратного перемешивания, аналогичный коэффициенту молекулярной диффузии. Так как сушильный барабан по длине имеет различные насадки, материал в различных частях аппарата обладает различными свойствами, сыпучесть его по длине значительно меняется – коэффициент продольного перемешивания по длине сушилки может быть непостоянен.

Теория и метод исследования. Основу расчета процесса сушки, как отдельной физико-химической системы составляет гидродинамическая структура потоков в технологическом аппарате [4], которая в свою очередь проявляется в характере распределения

времени пребывания частиц высушиваемого материала в сушильном барабане.

Визуальные и предварительные экспериментальные исследования показали, что распределения материала в продольном сечении сушильного барабана существенно зависят от конструкции внутренних устройств, скорости вращения и угла наклона барабана, скорости теплоносителя в аппарате и влияет на время пребывания частиц материала в зоне сушки.

Известны [5-7] многочисленные результаты исследований влияния температуры, влагосодержания и скорости сушильного агента, угла наклона и скорости вращения барабана на процесс заполнения барабана материалом. Однако в этих исследованиях не учитывалось влияние внутренних распределительных устройств.

Кроме того, не учитывалось влияние продольного перемешивания на конечные результаты сушки при различных распределительных устройствах. Таким образом, стояла задача выявить и обобщить влияние различных факторов на коэффициенты продольного перемешивания и заполнения аппарата, а также времени пребывания материала с различными типами внутренних насадок.

На основе физической модели аппарата мы приняли комбинированную модель (рис.1), учитывающую перечисленные факторы и состоящую из проточной зоны идеального смешения, застойной зоны и контура рециркуляции.

Рисунок 1. Блок-схема рассматриваемой модели

В блок-схеме представлены: M_1 , M_2 – соответственно масса материала в проточной и застойной зонах, кг; v – массовый расход потока на входе и выходе из аппарата; Rv – массовый расход рециркулирующего потока, где R – параметр рецикла; $\beta(1+R)v$ – массовый расход части потока, устремленного в застойную зону или уходящего из нее; β – интенсивность обмена, $0 \leq \beta \leq 1$;

$C_{вх}$, $C_{вых}$, $C_{вх1}$ – концентрация трассера на входе и выходе из сушилки и входе в зону идеального смешения соответственно; C_1 , C_2 , $C_{вых}$ – концентрации трассера в проточной и застойной зонах и на выходе из аппарата соответственно;

$$\tau_1 = \frac{M_1}{(1+R)v} \cdot \tau_2 = \frac{M_2}{\beta(1+R)v} \quad (1)$$

соответственно, время пребывания в проточной и застойной зонах слоя;

$J_{вх}$, $J_{вых}$ – потоки (количество) трассера соответственно на входе и выходе из аппарата; $J_{вх1}$, $J_{вых1}$ – потоки (количество) трассера соответственно на входе и выходе из зоны идеального смешения; $J_{вх2}$, $J_{вых2}$ – тоже по застойной зоне.

Рассмотрим баланс потоков трассера, входящих в аппарат в

$$J_{вх.1}(\tau) = J_{вх}(\tau) + J_p(\tau) \quad (2)$$

$$(1+R)vC_{вх.1}(p) = C_{вх}(p) + RC_1(p) \quad (3)$$

или операторном виде:

$$(1+R)vC_{Bx.1}(p) = C_{Bx}(p) + RC_1(p), C_1(p) = C_{Bвых}(p) \quad (4)$$

Следуя выводам работы [10], изменение концентрации материала в зоне идеального смешения запишется уравнением

$$\frac{dC_1}{d\tau} = \frac{1}{\tau_1} [C_{Bx.1}(\tau) - (1+\beta)C_{Bвых}(\tau) + \beta C_2(\tau)] \quad (5)$$

Равенство (5) в виде операторного уравнения с учетом, $C_1 = C_{вых}$ записывается:

$$pC_{Bвых}(p) = \frac{1}{\tau_1} [C_{Bx.1}(p) - (1+\beta)C_{Bвых}(p) + \beta C_2(p)] \quad (6)$$

или

$$C_{Bвых}(p) = C_{Bx.1}(p) \frac{1}{[\tau_1 p + (1+\beta)]} + C_2(p) \frac{\beta}{[\tau_1 p + (1+\beta)]} \quad (7)$$

Изменение концентрации материала в застойной зоне определяется выражениями:

$$\frac{dC_2}{d\tau} = \frac{1}{\tau_2} [C_{Bx.1}(\tau) - C_2(\tau)] \quad (8)$$

или в операторном виде

$$pC_2(p) = \frac{1}{\tau_2} [C_{Bx.1}(p) - C_2(p)] \quad (9)$$

откуда

$$C_2(p) = C_{Bx.1}(p) \frac{1}{\tau_2 p + 1} \quad (10)$$

Подставляя (10) в (7) получим:

$$C_{Bвых}(p) = C_{Bx.1}(p) \frac{1}{[\tau_1 p + (1+\beta)]} + C_{Bx.1}(p) \frac{\beta}{(\tau_2 p + 1)[\tau_1 p + (1+\beta)]} \quad (11)$$

Передаточная функция объекта представляет собой

$$W_{(p)} = \frac{C_{Bвых}(p)}{C_{Bx}(p)} = \frac{C_1(p)}{C_{Bвых}(p)} \quad (12)$$

Разделив правую и левую часть уравнения (11) на $C_{Bx}(p)$ учетом значения $C_{Bx.1}(p)$ из выражения (4), после ряда несложных преобразований получим окончательный вид передаточной функции:

$$W_{(p)} = \frac{\tau_2 p + 1}{(1+R)(\tau_1 p + 1 + \beta)(\tau_2 p + 1) - R(\tau_2 p + 1) - \beta(1+R)} \quad (13)$$

Преобразуем (13) к виду:

$$\tau_1(1+R)W_{(p)} = \frac{p + \frac{1}{\tau_2}}{p^2 \left[\frac{(1+R)\tau_1 + (1+\beta+\beta R)\tau_2}{(1+R)\tau_1\tau_2} \right] p + \frac{1}{(1+R)\tau_1\tau_2}} \quad (14)$$

Обозначим:

$$\tau_1(1+R)W_{(p)} = \frac{p + d}{p^2 + k_1 p + k_2} \quad (15)$$

$$\text{где } k_1 = \frac{(1+R)\tau_1 + (1+\beta+\beta R)\tau_2}{(1+R)\tau_1\tau_2};$$

$$k_2 = \frac{1}{(1+R)\tau_1\tau_2}; \quad d = \frac{1}{\tau_2}$$

Обратным преобразованием по Лапласу передаточной функции найдем решение математического описания данной модели, т.е. $C(\mathcal{T})$ -кривую, являющуюся практической реализацией теоретической функции распределения времени пребывания.

$$C(\tau) = \frac{1}{(1+R)\tau_1} L^{-1} \left[\frac{p + d}{p^2 + k_1 p + k_2} \right] \quad (16)$$

Для определения оригинала $C(\mathcal{T})$ из пространства изображения воспользуемся имеющейся таблице соответствия [8]:

$$C(\tau) = \frac{1}{(1+R)\tau_1} (Ae^{a\tau} + Be^{b\tau}) \quad (17)$$

В выражении (17) а и b соответственно определяются:

$$a = \frac{-k_1 + \sqrt{k_1^2 - 4k_2}}{2}, b = \frac{-k_1 - \sqrt{k_1^2 - 4k_2}}{2}, \quad (18)$$

$$\text{где } D = \frac{k_1^2}{4} - k_2,$$

есть дискриминант уравнения $p^2 + k_1 p + k_2$.

Если $D > 0$, т.е. $\frac{k_1^2}{4} > k_2$, то $K = \sqrt{D}$ есть вещественное число, и следовательно, движение, определяемое функцией $C(\mathcal{T})$, (17), есть аperiодическое движение. Если же $D < 0$, т.е. $\frac{k_1^2}{4} < k_2$, то а и b суть комплексно сопряжённые числа, и поэтому функция $C(\mathcal{T})$ записывается в комплексной форме. Однако в действительности функция $C(\mathcal{T})$ представляет собой вещественную функцию [9], а именно

$$C(\tau) = \frac{1}{(1+R)\tau_1} A_1 e^{\alpha\tau} \cdot \sin(\omega + \alpha), \quad (19)$$

$$\text{где } A_1 = \frac{1}{\omega} \left[(a+d)^2 + \omega^2 \right]^{0.5}, \quad \alpha = \arctg \frac{\omega}{a+d},$$

Т.е. движение определяемое функцией $C(\tau)$ в случае $D < 0$, есть периодическое колебание, которое вследствие наличия множителя $e^{\alpha\tau}$, либо затухает, либо нарастает.

Анализ рассматриваемого нами случая показал, что дискриминант $D > 0$ всегда, причем $a \neq b$. В этом случае оригинал передаточной функции будет описываться выражением (17) которое в развернутом виде можно представить следующим образом:

$$C(\tau) = \frac{1}{G} (Ae^{\alpha\tau} + Be^{b\tau}), \quad (20)$$

$$\text{где } G = (1+R)\tau_1; \quad A = \frac{G-P+H}{2M}; \quad B = \frac{-G+P+H}{2H};$$

$$P = \tau_2(1+\beta+\beta R);$$

$$d = \frac{-G-P+H}{2M}; \quad b = \frac{-G-P-H}{2M}; \quad M = (1+R)\tau_1\tau_2;$$

$$H = \sqrt{[(1+R)\tau_1 + (1+\beta+\beta R)\tau_2]^2 - 4(1+R)\tau_1\tau_2}$$

Значения моментов импульсной С-кривой определяется в соответствии с выражением [4]:

$$M_n = (-1)^n \lim \left\{ \frac{dW(p)}{dp} \right\}; \quad (21)$$

Первая центральный документ характеризует среднее время пребывания частиц высушиваемого материала в аппарате и для передаточной функции (13) будет равен:

$$M_1 = \bar{\tau} = (1+R)(\tau_1 + \beta\tau_2) \quad (22)$$

Сделав под основу значений τ_1 и τ_2 из выражений (4.5) получим:

$$\bar{\tau} = (1+R) \left[\frac{M_1}{(1+R)\nu} + \frac{\beta M_2}{\beta(1+R)\nu} \right] = \frac{M_1 + M_2}{\nu} = \frac{M}{\nu}, \quad (23)$$

где M - общая масса слоя.

Отсюда видно, что среднее время пребывания частиц в системе не зависит ни от скорости обмена между проточной и застойной зонами, ни от доли рециркулирующего потока, что в общем согласуется с выводами [4].

Результаты экспериментов. Экспериментальный анализ функций распределения времени пребывания проводился для двух модификаций разрабатываемой конструкции насадки барабанного аппарата непосредственно в процессе сушки минерального удобрения. Характер движения твердой фазы и параметры гидродинамических моделей определялись методом нанесения импульсного возмущения (δ функция) посредством индикатора (трассера) с последующим анализом функций отклика системы на выходе.

При сушке минерального удобрения в качестве трассера использовалась специально приготовленная однородная по своему составу смесь (30-50 г) хлористого натрия и обрабатываемого материала. Начальная влажность и гранулометрический состав смеси были одинаковыми с аналогичными показателями высушиваемого материала [10].

Методика получения экспериментальных кривых отклика (С-кривых) состояла в следующем.

После вывода сушильной установки на определенный температурный и гидродинамический режим в зону подачи влажного материала вводилась специальный приспособлением, практически мгновенно, порция индикатора. Одновременно включался секундомер и на выходе из сушильного барабана пробоотборником производился отбор проб высушенного продукта. Отбор проб осуществлялся непрерывно в стеклянный мерный цилиндр [11,12].

Зная общее время и длину столбика материала, заполнившего цилиндр, можно получить соответствие между длиной n i -го участка этого столбика (i -пробы) и текущим временем τ_i . При помощи корнеобразного стержня из трубки выгружалось некоторое количество материала, соответствующее длине i -го участка и взвешивалось на аналитических весах. Затем нарекку при перемешивании растворяли в 100 мл дистиллированной воды, отбирали пипеткой 10 мл полученного раствора и определяли масса индикатора ($NaCl$) в навеске титрованием по методу Мора [13].

Концентрация индикатора C_i [г/г] в навеске отобранной через фиксированный промежуток времени $\Delta\tau_i$, рассчитывалось как частное от деления массы индикатора m_i , на общую массу навески M_i .

При обработке опытных данных среднее расчетное время пребывания материала в слое определялось выражением:

$$\bar{\tau} = \frac{\sum C_i \tau_i}{\sum C_i}$$

Размерное значение дифференциальной функции распределения времени пребывания рассчитывали по формуле:

$$C(\tau_i) = \frac{C_i}{\sum C_i \Delta\tau_i}$$

Безразмерная величина распределения времени пребывания определялась соотношением:

$$C(\theta_i) = C(\tau_i) \bar{\tau}$$

Выводы. Идентификация полученной модели (20) с экспериментальными данными отклика системы на импульсное возмущение для получения неизвестных ее параметров (τ_1 , τ_2 , β , R) проведена путем наложения теоретических и экспериментальных C - кривых.

В результате получить следующие параметры модели для $\bar{\tau} = 32,0 - 78,7$ с; $\beta = 0,02 - 0,5$; $R = 0,6 - 3,2$; $\tau_2 / \tau_1 = 3 - 5$.

Сравнение результатов экспериментов с решениями представленных уравнений подтверждает адекватность предложенной модели и расчетных уравнений реальному процессу сушки минеральных удобрений с учетом продольного перемешивания.

Список литературы:

1. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. //Л.: Химия. – 1990. – С. 388.
2. Фролов В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов //Л.: Химия. – 1987. – Т. 208. – С. 208.
3. Павлыш В.Н., Назимко Е.И., Тарабаева И.В., Науменко В.Г., Перинская Е.В. Математическое моделирование процессов обезвоживания обогащенного минерального сырья. // Монография // под общ. ред. проф. Павлыша В.Н., проф. Назимко Е.И. – Донецк: «ВИК», – 2013. – С. 289.
4. Кафаров В., Дорохов И., Жаворонков Н. Системный анализ процессов химической технологии: основы стратегии 2-е изд., пер. и доп. Монография. – Litres, 2021.
5. Артиков А.А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем // Т.: «Ворис». – 2012.
6. Фролов В.Ф., Круковский О.Н., Ахунбаев А.А. Непрерывная сушка мелкодисперсных материалов с быстро-вращающимся ротором и кондуктивных подводом теплоты. // Минский международный форум «Тепломассообмен в химико-технологических устройствах» Тез. докл. – Минск, – 1992. – С. 92-95.
7. Ахунбаев А.А., Туйчиева Ш.Ш., Хурсанов Б.Ж. Учёт диссипации энергии в процессе сушки дисперсных материалов // Universum: технические науки. – 2020. – №. 12-1 (81).
8. Тожиев Р.Ж., Миршарипов Р.Х., Ахунбаев А.А., Абдусаломова Н.А. Оптимизация конструкции сушильного барабана на основе системного анализа процесса // Universum: технические науки. 2020. №11-1 (80).
9. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, – 1984. – С. 832.
10. Мўминов Ж.А., Умаров Э.С., Ортикалиев Б.С. Оғир юкланишли ва тез ҳаракатланувчи машина қисмларида сирпаниш подшипникларини танлаш //Машинасозлик ишлаб чиқариш ва таълим: муаммолар ва инновацион ечимлар-2019й. – 2019. – С. 338-340.
11. Тожиев Р.Ж. и др. Выбор оптимального абсорбента для очистки водородно-фтористого газа в роторно-фильтровальном аппарате и исследование эффективности аппарата // Universum: технические науки. – 2021. – №. 3-4 (84). – С. 44-51.
12. Исомидинов А.С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата // Universum: технические науки. – 2019. – №. 10-1 (67).
13. Дёч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z-преобразования. – Рипол Классик, 1971. – 288 с.

НЕИСПРАВНОСТИ, ВОЗНИКАЮЩИЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ, И ИХ АНАЛИЗ

Ишмурадов Шухрат Улугбердиевич

PhD, ст. преподаватель
 Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
 Республика Узбекистан, г. Ташкент
 E-mail: rustamjonabdumajidov007@gmail.com

Худойбердиев Мухаммад Солих Авлокул угли

ассистент
 Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
 Республика Узбекистан, г. Ташкент

Абдумажидов Рустамжон Бахтиёр угли

ассистент
 Ташкентского государственного технического университета имени Ислама Каримова,
 Республика Узбекистан, г. Ташкент

Ашуров Ортик Фозилжонович

ассистент,
 Ташкентский государственный транспортный университет,
 Республика Узбекистан, г. Ташкент

MALFUNCTIONS RESULTING FROM THE USE OF WORKING BODIES OF AGRICULTURAL MACHINERY, AND THEIR ANALYSIS

Shukhrat Ishmuradov

PhD, Senior lecturer
 at the Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
 Uzbekistan, Tashkent

Muhammad Khudoyberdiev

Assistant
 at the Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
 Uzbekistan, Tashkent

Rustamjon Abdumajidov

Assistant
 at the Tashkent state technical University named after Islam Karimov,
 Uzbekistan, Tashkent

Ortiq Ashurov

Assistant,
 Tashkent state transport university,
 Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В настоящее время несколько видов сельскохозяйственной техники для обработки почвы в нашей стране импортируются и используются из-за рубежа. В результате использования этих импортных машин зубчатый борон, дисковый борон, линейный культиватор, рычаги-совки упускаются из виду многие виды неисправностей. В статье анализируются причины неисправностей и меры по их устранению.

ABSTRACT

Currently, several types of agricultural machinery for tillage in our country are imported and used from abroad. As a result of the use of these imported machines, gear harrows, disc harrows, linear cultivator, lever-shovels, many types of malfunctions are overlooked. The article analyzes the causes of malfunctions and measures to eliminate them.

Ключевые слова: рабочий орган, машина, дисковая борона, чизель-культиватор, моло-выравниватель, неисправность, смягчитель-выпрямитель, передний выравниватель посадки.

Keywords: working body, machine, disc harrow, chisel cultivator, hammer leveler, malfunction, softener-straightener, front landing leveler.

После того, как основные культуры (зерно, хлопок, застраханный картофель и овощи) будут посажены в Узбекистане, можно будет использовать промежуточные культуры и собрать дополнительные культуры. Есть возможность сажать летние повторные культуры за счет рано посеянного картофеля, бахчевых культур, осенних зерновых полей. После сбора урожая зерновых культур с колосом, в южных регионах 130-140 дней, в колганских районах 110-120 дней не бывает заморозков. В этот период положительный урожай для растений можно получить в южных регионах 2400-32000 0 С, в других регионах 1300-1600 0 С, а в качестве второй культуры-выращивание короткопериодических культур, в том числе зернобобовых культур, таких как соя и бобы [1]. Сроки посева очень короткие, отсутствуют технические средства обработки почвы и посева за один проход с поля, имеющаяся техника (плуг, долото, культиватор, дисковая борона и др.) Потребляет много топлива при обработке почвы, поднимает влажные слои почвы в жаркую погоду все технологические процессы за один проход

невозможно использовать эффективно, потому что это невозможно. Актуальной является разработка ресурсосберегающих технологий пересадки сельскохозяйственных культур с минимальной обработкой почвы на беззерновых полях и максимальным сохранением доступной влаги в почве в жаркие летние дни. Качество работы машин по обработке почвы определяется глубиной обработки почвы, ровностью поверхности поля, качеством и плотностью уплотнения почвы и степенью гибели сорняков. На подготовленных к посеву полях средняя глубина обработки почвы не должна отличаться более чем на 1 см от показателя, установленного агрономом, среднее квадратичное отклонение неровностей поверхности поля не должно превышать 2 см, размер частиц почвы менее 25 мм. должно быть не менее 80%, размер 50. Не должно быть вообще никаких осколков больше мм, плотность обрабатываемого слоя должна быть в пределах 1,1-1,2 г/см³, а сорняки должны быть полностью уничтожены. При выполнении этих требований в отдельных частях рабочих органов машин наблюдается ряд дефектов (таблица-1) [2-3-4].

Таблица 1.

Неисправности, возникающие в рабочих органах машин, и причины их возникновения

№	Наименование рабочих органов	Неисправности	Причины неисправностей
1	Дисковая борона	Такое же непогружение заднего и переднего дисков в почву	Неправильная регулировка винта прицепа бороны
		Глубина обработки не соответствует заданному значению	Неправильно выбран угол установки по отношению к направлению движения боронового диска
2	Зубчатая борона	Зубья борон не погружаются так же, как в почву	Неправильный выбор длины подтягиваний, соединяющих борон с прицепом
		Изменение расстояния между зубьями борон	Расстояние между крюками, к которым привязаны шторы на повороте прицепа, варьируется.
3	Чизель-культиватор	Дело в том, что лапы не возвращаются в рабочее положение	Невозможность возврата зубьев в рабочее положение
		Не удалось сопоставить глубину обработки с ранее заданным значением Рама чизель-культиватора не параллелен поверхности поля	Неправильная регулировка положения гидроцилиндра в тяговом винте Винт прицепа линейного культиватора неправильно отрегулирован
4	Моло-выравниватель	Несоответствие плотности почвы агротехническим требованиям	Неправильный выбор дополнительной нагрузки внутри корпуса затирки
5	Передний выравниватель посадки	Измельчение почвы на передней или задней части выравнивателя	Для подключения выпрямителя к трактору необходимо, чтобы высота установки относительно поверхности поля устройства, установленного на его подвеске, была выбрана неправильно

В приведенной выше таблице на первый план были выдвинуты неисправности, возникшие в рабочих органах сельскохозяйственной техники. Большинство из этих неисправностей возникают в результате ряда небрежных действий при обработке почвы. Существуют агротехнические требования к обработке почв, и они должны обрабатываться в соответствии с этими требованиями. Для обеспечения полного выполнения агротехнических требований, предъявляемых к машинам для подготовки земель к посадке, почву обработанных носков следует обдирать, края полей, неровности, образовавшиеся в приводе, канавы, открытые для промывки рассолом и яхобской водой, а также полученные полы следует предварительно выровнять. Кроме того, необходимо очистить от остатков сорняков и растений, которые дремлют на поверхности поля. Продолжительность посева сельскохозяйственных культур очень коротка, при обработке почвы за один проход по полю, отсутствии посадочных технических средств, доступных приемов (заглушка, насечка, культиватор, дисковый бор и др.). в связи с тем, что кубическое топливо расходуется на обработку почвы, почва выделяет влажные слои вверх в жаркую погоду, не способна выполнять все технологические процессы за один проход, не представляется возможным эффективно использовать эти участки. Актуальным вопросом является разработка ресурсосберегающих технологий для посадки повторных культур при одновременной минимизации обработки почвы на полях, очищенных от желчи, и максимизации имеющейся влаги в почве в летние жаркие дни. Качество работы машин при обработке почв определяется глубиной обработки, плоскостью поверхности поля, качеством и плотностью крошения почвы, а также степенью выпадения

сорняков. Средняя глубина обработки почвы на полях, на которых качественно подготовлен посев, не должна отличаться более чем на 1 см от показателя, установленного агрономом, среднее квадратическое отклонение неровности поверхности поля не должно превышать 2 см, размер рассады должен составлять не менее 80% от количества почвы.

Если мы сейчас увидим только один из рабочих органов с дисками от вышеупомянутых рабочих органов, то будет намного легче достичь ожидаемых результатов, если будут соблюдены вышеупомянутые агротехнические требования при работе с этими дисковыми рабочими органами на земле. Одной из наиболее распространенных неисправностей при обработке земель дисковым бором является поедание борных дисков и выход из строя подшипников. Так как диски бора находятся в постоянном трении с Землей, через определенный промежуток времени диски проглатываются и рабочий ресурс заканчивается, и в результате чего агротехника не соответствует требованиям, несоблюдение таких требований приведет к снижению качества и других показателей выполнения работы Диска, что вызвано разрывами, образовавшимися в органах и, как следствие, необходимо восстановить диски, которые были съедены.

Вывод

Вывод по этой статье состоит в том, что за счет своевременного предоставления технического обслуживания и диагностических работ рабочим органам машины достигается частичное сокращение возникающих неисправностей.

Список литературы:

1. Тошболтаев М.Т. Состояние и перспективы развития механизации сельского хозяйства в Республике Узбекистан // “Кадрлаш тайёрлаш тизимида – аграр таълим, фан ва ишлаб чиқаришни интеграцияси” илмий асарлар тўплами. ТошДАУ. 2005. 163-166-б.
2. И Салихов. Трактор ва автомобиллар. –Т.: Чўлпон номли НМИУ, 2002. -512б.
3. Mirzayev N.N., Khudoyberdiyev M.A., Khamroyev R.K. Theoretical Research Of The Technical Operation Indicators Of Grain Transportation Of New Generation High-Capacity Trucks. Test Engineering and Management. Volume 83, Issue – March/April 2020. Pages 54-60.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ, МЕТРОЛОГИЯ И ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРИБОРЫ И СИСТЕМЫ

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ВОЛОКОННЫЙ ЛАЗЕР С СОЛНЕЧНОЙ НАКАЧКОЙ НА ОКОЛОЗЕМНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ОРБИТАХ

Кузяков Борис Алексеевич

канд. физ. – мат. наук, доцент,
Российский Технологический Университет МИРЭА,
РФ, г. Москва
E-mail: boris.kuzyakov@yandex.ru

A PROMISING SOLAR - PUMPED FIBER LASER IN NEAR-EARTH SPACE ORBITS

Boris Kuzyakov

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,
Associate Professor,
Russian Technological University MIREA,
Russia, Moscow

АННОТАЦИЯ

В работе рассматриваются перспективные конструкции волоконного лазера с солнечной накачкой, предназначенного для работ на околоземных космических орбитах. Предложенная перспективная схема волоконного лазера с солнечной накачкой, свободна от недостатков приведенных схем других авторов. В конструкции гелиоконцентратора используется концепция солнечного паруса, прошедшая экспериментальную апробацию на отечественных космических аппаратах, с положительными оценками и суперсовременный материал КАПТОН. Такие перспективные лазеры могут быть использованы, как базовые, при реализации Солнечных Космических Электростанций.

ABSTRACT

The paper considers promising designs of a solar-pumped fiber laser designed for operations in near-Earth space orbits. The proposed promising scheme of a solar-pumped fiber laser is free from the disadvantages of the above schemes of other authors. The design of the solar concentrator uses the concept of a solar sail, which has been experimentally tested on domestic spacecraft, with positive ratings and the ultra-modern KAPTON material. Such promising lasers can be used as basic ones in the implementation of Solar Space Power Plants.

Ключевые слова: волоконный лазер, солнечная накачка, космические орбиты, гелиоконцентратор, солнечный парус, материал КАПТОН, Солнечные Космические Электростанции.

Keywords: fiber laser, solar pumping, space orbits, solar concentrator, solar sail, KAPTON material, Solar Space Power Plants.

В действительности, библиография во волоконным лазерам (ВЛ) с солнечной накачкой (СН) весьма обширна [1-4]. Схема волоконного лазера с солнечной накачкой по варианту №1, приведена на рисунке 1.

В этом варианте, волновод - с одной сердцевинкой и для энергоснабжения лазерных диодов накачки (позиция 5 *) ВЛ, применяются солнечные батареи (СБ), позиция 5.

Рисунок 1. Схема волоконного лазера с солнечной накачкой, вариант № 1: 1- легированная сердцевина, 2 – кварцевое волокно, 3 – полимерная оболочка, 4 – защитное покрытие, 5 - солнечные батареи, 5* - лазерные диоды накачки, 6 – оптическая схема накачки, 7 – волокно, 8 – оптический элемент коллиматора, 9 – модулятор, 10 – фокусирующая оптическая система

Этими вопросами занимались и занимаются как профессионалы, так и начинающие, молодые специалисты. Например, в работе [5], рассматривается конструкция ВЛ-СН с использованием всех необходимых элементов, включая фильтр солнечного излучения для выделения длин волн накачки в диапазоне 0,9 мкм. Однако он выполнен в виде компактного элемента и расположен в схеме накачки, в области, где циркулирует уже сфокусированное излучение. Так как, его плотность мощности весьма высока, введена специальная система охлаждения с жидкостными хладагентами. Это, в свою очередь усложняет всю конструкцию и приводит к росту массогабаритных параметров. Пример использования СБ на отечественных КА, приведен на рисунке 2.

Рисунок 2. Солнечные Батареи (темные прямоугольники) на КА

Наиболее совершенные СБ [6] используются на МКС, общая площадь которых превышает 2500 м². При этом, они хорошо исследованы. Пример изменений эффективности СБ на разных витках полета МКС, показан на рисунке 3.

Рисунок 3. Изменение эффективности СБ на разных витках полета МКС

Анализ приведенных данных показывает, что колебания эффективности СБ на разных траекториях КА (витках), периодически проходящих над материками и океанами, весьма существенны [7] и превышают 12% в максимумах. При этом, прямое питание диодов накачки ВЛ (схема № 1) от СБ - затруднено. Для устойчивого энергоснабжения ВЛ, по этой схеме, необходим промежуточный выравнивающий накопитель, соответствующей мощности. Нужно заметить, что аккумуляторы применяются практически во всех системах энергоснабжения КА.

Однако, это приводит к дополнительному росту массогабаритных параметров всего устройства. Кроме того, в условиях космического пространства, происходит интенсивное термоциклирование всей аппаратуры в широком диапазоне температур. Перечисленные факторы обуславливают сложность и жёсткость требований на применение СБ для питания ВЛ по схеме №1. В схеме волоконного лазера с прямой солнечной накачкой, вариант № 2, СБ не применяются, что позволяет существенно облегчить требования к установке.

Рисунок 4. Схема волоконного лазера с прямой солнечной накачкой, вариант № 2, слева показан фрагмент гелиоконцентратора

Для повышения эффективности солнечной накачки в ВЛ-СН, предлагается использовать много-сердцевинную структуру волонного световода, состоящую из нескольких активных сердцевин и нескольких световодов накачки. В конструкции гелиоконцентратора, на всей отражающей поверхности, нанесен пленочный фильтр для выделения солнечных волн накачки.

При этом, на фильтр большой площади, воздействует солнечной излучение обычной интенсивности. В конструкции гелиоконцентратора используется концепция солнечного паруса (рисунок 5), прошедшая экспериментальную апробацию на отечественных космических аппаратах и получившую положительную оценку. Ещё 04.02.1993 г. на транспортно-грузовом корабле «Прогресс» в непосредственной близости к орбитальной станции «МИР» была развернута центробежная пленочная конструкция [8-10] диаметром 20 м для исследования динамики раскрытия из уложенного состояния и переориентации в пространстве. Кроме того, в предлагаемом солнечном концентраторе используется суперсовременный материал КАПТОН, хорошо выдерживающий

Рисунок 5. Солнечный парус в космосе, в раскрытом состоянии термоциклирование на околоземных орбитах

Такие перспективные волоконные лазеры могут быть использованы, как базовые, при реализации Космических Солнечных Электростанций (КСЭС). Создание КСЭС стимулируется ростом цен на традиционные энергоносители, ущербом от природных катаклизмов (более 1/3 триллиона долларов по данным ООН в 2011 г.), связанных с техногенным воздействием традиционной энергетики на окружающую среду и рядом других важных применений.

В США и Японии ведутся интенсивные разработки КСЭС, они базируются на СВЧ-концепции и использовании крупногабаритных (рисунок 6) каркасных

Рисунок 6. Вариант СКЭС, Американский проект конструкций (до 5 км)

В Японском проекте КСЭС используется Модуль СБ - 95 x 100 м. В КНР планируют построить КСЭС в скором времени. Испытания новой технологии [11] начнутся уже в 2022 г. В РФ используются приоритетом две концепции создания КСЭС с лазерными каналами. Вторая – на базе только центробежных волоконных лазеров с солнечной накачкой. Отечественные концепции [12] позволяют значительно превзойти зарубежные проекты.

Краткие выводы

Список литературы:

1. Сигов А.С., Матюхин В.Ф. Лазерные системы для беспроводной передачи энергии. - Альтернативный киловатт, 2012, №6, с. 21-27.
2. Райкунов Г.Г., Комков В.А., Мельников В.М. и др. Центробежные бескаркасные крупногабаритные космические конструкции. М.: Физматлит, 2009, 447 с.
3. Sasaki S. and JAXA Advanced Mission Research Group/ SSPS Developedment Road Map. – IAC-09.C3.1.4, 2009.
4. Райкунов Г.Г., Верлан А.А., Мельников В.М. и др. Преимущества космических солнечных электростанций с лазерным каналом передачи энергии. – Известия РАН, Энергетика, 2012, № 5, с. 38-47.
5. Макаренко К.И. Волоконный лазер с солнечной накачкой. Всесоюзная НТК студентов. Студенческая научная весна 2017: Машиностроительные технологии, с. 12-18; <http://studvesna.ru>.
6. Андреев В.М. Высокоэффективные фотоэлектрические преобразователи лазерного и концентрированного солнечного излучения. - Альтернативный киловатт, 2012, № 6, с. 14-20.
7. Зернов А.С., Николаев В.Д. Опыт эксплуатации солнечных батарей служебного модуля международной космической станции. Космическая техника и технологии. №1 (12), 2016,
8. Семенов Ю.П., Бранец В.Н., Григорьев Ю.И. и др. Космический эксперимент по разворачиванию пленочного бескаркасного отражателя D = 20 м («Знамя-2»). – Космические исследования, 1994, т. 32, № 4, 5, с. 186-193.
9. Сысоев В.К., Пичхадзе К.М., Грешилов П.А. и др. Солнечные космические электростанции: пути реализации. М.: МАИ-ПРИНТ, 2013, 160 с.
10. Мельников В., Сысоев В., Верпан А. и др. Лидерство России в создании промышленных лазерных космических электростанций для трансляции электроэнергии на Землю. Информационные ресурсы России. № 1, 2013.
11. Лун Лехао. КНР намерена возвести электростанцию над Землей. Портал SpaceNews; www.MetroNews.ru, 29.07.2021.
12. Бруевич В.В., Мельников В.М., Паращук Д.Ю. и др. Волоконные лазеры с солнечной накачкой, формируемые центробежными силами, как иновое направление в создании космических информационно-энергетических систем. Космонавтика и ракетостроение, т. 6. № 79, 2014, с. 104-111.
1. В работе предложена перспективная схема волоконного лазера с солнечной накачкой (ВЛ-СН) свободная от недостатков приведенных схем других авторов.
2. Используется концепция солнечного паруса (СП), прошедшая экспериментальную апробацию на отечественных космических аппаратах (КА), с положительными оценками. В качестве основы солнечного концентратора (СК) предлагается использовать суперсовременный материал КАПТОН.
3. ВЛ-СН по варианту № 2 могут быть использованы в качестве базовых, при реализации Космических Солнечных Электростанций (КСЭС).

МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ТЕХНИКОЙ

Магруппов Дилшод Талатович

эксперт консультант по медицинскому оборудованию,
Ритм Плюс Управленческий Консалтинг,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: dilshod27@yahoo.com

MAINTENANCE OPTIMIZATION TECHNIQUES IN THE MEDICAL EQUIPMENT MANAGEMENT SYSTEM

Dilshod Magrupov

Expert Consultant on medical equipment,
Rhythm PLUS Advisory Management,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В работе предлагается модель определения приоритетности медицинского оборудования для принятия решений по техническому обслуживанию. Эта модель использует многокритериальную методологию принятия решений для определения приоритетности медицинских устройств в медицинском учреждении в соответствии с их критичностью.

ABSTRACT

The paper proposes a model for prioritizing medical equipment for making maintenance decision. This model uses a multi-criteria decision-making methodology to prioritize medical devices in a healthcare facility according to their criticality.

Ключевые слова: техническое обслуживание, проверка медицинская техника, отказы, неисправность, надежность, профилактическое обслуживание.

Keywords: maintenance, medical equipment check, failures, malfunction reliability, preventive maintenance.

В последнее время внедрение новой медицинской техники и технологий в системе здравоохранения требует организации эффективного и качественного технического обслуживания медицинской техники. Эффективное и качественное функционирование медицинской техники обеспечивает качество медицинских услуг, оказываемых населению. Наблюдается тенденция развития оснащения медицинских учреждений (медицинские центры, клиники и больницы) системы здравоохранения от простого до высокотехнологического медицинского оборудования. Медицинские учреждения системы здравоохранения должны обеспечить, чтобы медицинские приборы и системы принадлежащие им были безопасными, точными, надежными и работали на требуемом уровне производительности.

Для достижения этих целей медицинские учреждения должны устанавливать и регулировать систему управления медицинской техникой Инспекция и профилактика являются основополагающим аспектом такой системы, и ее необходимо постоянно пересматривать и совершенствовать, чтобы идти в ногу с темпами современного технологического совершенствования медицинской техники, а также увеличивать ожидания организаций здравоохранения.

Экономичные и эффективные решения по техническому обслуживанию могут быть приняты после

тщательного понимания, внедрения и повышения качества обслуживания в организациях здравоохранения [1-4].

Техническое обслуживание медицинской техники и их условия работы могут быть самыми разнообразными: долговременное непрерывное использование, периодическое использование, работа в условиях высокой температуры и высокой или низкой надежности, влажности и т.п. Техническое обслуживание медицинской техники состоит из следующих этапов:

- контроль технического состояния;
- техническое обслуживание в процессе эксплуатации;
- восстановление отказавшей аппаратуры.

Большинство исследований в этой области показывают, что имеются работы по оцениванию или улучшению надежности медицинских устройств на их этапах проектирования или производства. К сожалению, задачам обслуживания медицинского оборудования не уделено достаточного внимания.

Для того, чтобы медицинская техника могла нормально функционировать, необходимо обеспечить безопасность и надежность как ее самой, так и вспомогательного оборудования [5,6].

В работе исследуются методы для улучшения текущих стратегий обслуживания в отрасли здравоохранения

ния. С этой целью нами предлагается модель определения приоритетов, которая может быть использована для определения того, какие медицинские устройства должны быть включены в систему управления обслуживанием медицинского учреждения. Затем, на основе фактических данных технического обслуживания медицинского оборудования разрабатывается модели оптимизации обслуживания.

При этом особое внимание уделяется характеру данных, проверках и обслуживании, а также о различных типах сбоев. Результаты этих наблюдений показывают о необходимости разработки определенных требуемых методов или моделей анализа тенденций данных. Затем на основе полученных результатов статистического анализа можно разработать несколько моделей оптимизации для сложных ремонтируемых систем, таких как медицинское оборудование.

В медицинской технике с течением времени происходит ухудшение рабочих характеристик и снижение степени безопасности из-за отказов отдельных блоков или систему в целом. Для поддержания рабочих характеристик и обеспечения безопасности оборудования необходимо проведение ежедневных текущих проверок, периодических проверок и проверок при неисправности, для чего требуется создание соответствующей системы. Во время таких проверок обязательно нужно готовить контрольные карты по каждому оборудованию и тщательно сохранять данные о результатах проверок для отслеживания временных изменений и принятия соответствующих меры безопасности.

При проверке медицинской техники в зависимости от видов проверки выделяются следующие основные категории: внешний осмотр, проверка работы, проверка технического состояния.

Эти виды проверок по мере необходимости включаются в проверку при начале работы, проверку после завершения работы, периодическую проверку и прочие типы проверок, которые осуществляются в процессе цикла технического обслуживания.

Проверка при начале работы и проверка после завершения работы являются текущими проверками и вместе с периодической проверкой они входят в категорию профилактического технического обслуживания, проводимого с целью заблаговременного предотвращения отказов медицинской техники.

В отличие от этого проверка при неисправности, проводимая при обнаружении неисправности, относится к категории восстановительного технического обслуживания, осуществляемого с целью выявления причин неисправности, ремонта или переналадки.

Профилактическое техническое обслуживание обеспечивает профилактическую проверку. Это можно классифицировать по следующим видам задач.

а) Проверка при начале функционирования медицинской техники проводится с целью обеспечения без-

опасности и основных рабочих характеристик оборудования до начала его использования и включает проверку заземления, калибровку и т.п. По классификации проверки оборудования, осуществляется, в основном, путем внешнего осмотра и проверкой правильного функционирования.

б) Проверка во время использования медицинской техники проводится во время использования медицинского оборудования для проверки его безопасности. К этой категории относится регистрация калибровочной кривой и проверка подтекания крови во время измерения кровяного давления. Это осуществляется, в основном, путем внешнего осмотра и проверкой функционирования оборудования.

в) При проверке после завершения использования оборудования могут быть обнаружены проблемы с точки зрения снижения уровня безопасности или рабочих характеристик. Проверка осуществляется также путем внешнего осмотра и проверкой функционирования оборудования.

Предлагаются три основных требования удовлетворяющих техническое обслуживание медицинской техники:

- разработать модель, которая должна решить, какое оборудование включить в программу управления медицинской техникой медицинского учреждения.
- разработать модели, для обеспечения надежности и анализа тенденций отказов в медицинской технике.
- разработать модели оптимизации, для ремонтируемой медицинской системы при периодических проверках.

На основе выполнения этих требований разработан модель определения приоритетности медицинской техники для принятия решений по техническому обслуживанию. Эта модель использует многокритериальную методологию принятия решений для определения приоритетности медицинских устройств в медицинском учреждении в соответствии с их критичностью.

При этом устройства с более низкой оценкой критичности могут быть заданы более низким приоритетом в системе управления медицинским оборудованием. Однако для устройств с высокими оценками необходимо провести анализ основных причин, чтобы найти основные причины наличия большого числа критичности. Чтобы уменьшить их риск необходимо принять соответствующие меры, такие как «профилактическое обслуживание», «обучение пользователей», «перепроектировать устройство» и т.д. Кроме того, предлагаются некоторые рекомендации по выбору соответствующих стратегий обслуживания для различных классов медицинской техники. Здесь важное значение имеет своевременное обнаружение отказов в медицинской технике.

Список литературы:

1. Аронов А.М. К вопросу об обеспечения эффективной и безопасной эксплуатации медицинских изделий в лечебно-профилактических учреждениях // Медицинская техника в Сибири. [Сборник научных трудов. - Новосибирск, 2001.- С. 56-62].

2. Клиническая инженерия и безопасность медицинского оборудования и систем. Под ред. Сатоси Ватанабе. [Изд. Корона, 2006. 236 с].
3. McCauley J (2004). Обслуживание и ремонт медицинских приборов. В: Дуго J, редактор. Руководство по клинической инженерии, [Elsevier: San Diego, p. 130-132].
4. Накагава Т. (2003). Техническое обслуживание и оптимальная политика. В: Pham Н, редактор. [Справочник по технике надежности, Springer: London, p. 349-363].
5. Накагава Т. и Мизутани С. (2009). Краткое описание политик обслуживания на определенный промежуток времени. [Надежность и безопасность системы 94: 89-96].
6. Рис W (2007). Оценка риска и обслуживание на основе медицинских устройств с использованием анализа дерева отказов. [Биомедицинское приборостроение и техника 41 (1): 76-82].

РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12259

**ПРИНЦИПЫ МНОГОСТАНЦИОННОГО ДОСТУПА С ЧАСТОТНЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ
КАНАЛОВ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ****Зинкин Сергей Владимирович***канд. техн. наук,
Пензенский государственный университет,
РФ, г. Пенза,
E-mail: stratarts@yandex.ru***Мурсаев Алексей Николаевич***канд. техн. наук,
Пензенский государственный университет,
РФ, г. Пенза,***PRINCIPLES OF MULTI-STATION ACCESS WITH FREQUENCY DIVISION
OF CHANNELS IN SATELLITE COMMUNICATION SYSTEMS****Sergey Zinkin***Candidate of technical sciences, Penza state university,
Russia, Penza***Alexey Mursaev***Candidate of technical sciences, Penza state university,
Russia, Penza***АННОТАЦИЯ**

В статье проанализированы принципы многостанционного доступа с частотным разделением каналов в системах спутниковой связи. Поскольку передатчик ИСЗ должен обеспечивать требуемые значения парциальных мощностей для наиболее слабых на входе ретранслятора сигналов, то мощности, отбираемые сильными сигналами, будут значительно превышать необходимые. Это может привести к возрастанию уровня многостанционного сигнала и увеличению комбинационных помех, снижающих качество связи. Приведены модели многостанционного сигнала при МДЧР. Рассмотрены нелинейные эффекты при МДЧР. При МДЧР прохождение множества сигналов в общем приёмопередающем тракте ретранслятора приводит к проявлению целого ряда специфических эффектов, обусловленных нелинейностью передаточных характеристик усилительных элементов. Осуществлена оценка метода МДЧР.

ABSTRACT

The article analyzes the principles of multi-station access with frequency division of channels in satellite communication systems. Since the ISS transmitter must provide the required partial power values for the weakest signals at the repeater input, the power taken by strong signals will significantly exceed the necessary ones. This can lead to an increase in the level of the multi-station signal and an increase in combination interference, which reduces the quality of communication. Models of a multi-station signal for MDCHR are given. Nonlinear effects in the case of MDCHR are considered. In the case of MDCHR, the passage of many signals in the common receiving and transmitting path of the repeater leads to the manifestation of a number of specific effects due to the non-linearity of the transfer characteristics of the amplifier elements. The MDCHR method was evaluated.

Ключевые слова: многостанционный доступ с частотным разделением сигналов, нелинейные эффекты при МДЧР, оценка метода МДЧР, система спутниковой связи.

Keywords: multi-station access with frequency separation of signals, nonlinear effects in MDCHR, evaluation of the MDCHR method, satellite communication system.

Введение. Поскольку передатчик искусственного спутника Земли (ИСЗ) должен обеспечивать требуемые значения парциальных мощностей для наиболее слабых на входе ретранслятора сигналов, то мощности, отбираемые сильными сигналами, будут значительно превышать необходимые. Это может привести к возрастанию уровня многостанционного сигнала и увеличению комбинационных помех, снижающих качество связи.

Основная часть. При многостанционном доступе с частотным разделением каналов (МДЧР)

каждая земная станция передаёт свои сигналы в отведённом ей участке частотного спектра с полосой частот Δf (см. рисунок 1). Между сигналами в полосе частот ствола ретранслятора ($P_{тр}$) предусматриваются защитные частотные интервалы Δf_3 , позволяющие в месте приёма разделить сигналы с требуемой точностью [2]. Таким образом, в общем стволе ретранслятора с полосой частот ΔF_p передаётся n радиосигналов, каждый из которых несёт цифровой поток со скоростью N_i (кбит/с).

Рисунок 1. Структура сигналов при МДЧР

При МДЧР сигнал, поступающий на вход ретранслятора, представляет собой сумму квазигармонических парциальных сигналов земных n несущих частот станций, каждый из которых в общем случае может быть модулированным по амплитуде и (или) фазе:

$$u(t) = \sum_{i=1}^m U_i(t) \cos[\omega_i t + \varphi_i(t)]. \quad (1)$$

Энергетический спектр суммарного сигнала, т.е. сигнала, представляющего сумму сигналов на входе ретранслятора (при одинаковых парциальных сигналах):

- при фазовой модуляции с малым индексом ($\sigma_f \ll 1$)

$$p_{\text{ФМ}}(\omega) = U_i^2 \sum_{i=1}^n \pi \delta(\omega - \omega_i) + \frac{1}{2} \sigma_f^2 p_M(\omega - \omega_i). \quad (2)$$

где $p_M(\omega)$ – энергетический спектр модулирующего сигнала; $\delta(\omega)$ – дельта функция;

- при частотной модуляции с большим индексом ($\sigma_f > 1$)

$$p_{\text{ЧМ}}(\omega) = \frac{U_i^2}{2\sqrt{2\pi}\sigma_f} \sum_{i=1}^n \exp\left[-\frac{(\omega - \omega_i)^2}{2\sigma_f}\right]. \quad (3)$$

Ширина полосы частот, отводимой для ретрансляции через ИСЗ сигнала одной станции, определяется шириной полосы спектра сигнала и частотными нестабильностями в радиолинии:

$$\Delta F_{p1} = \Delta F_c + (\Delta f_{\text{сдв}} + \Delta f_3 + \Delta f_d)2\alpha, \quad (4)$$

где ΔF_c – полоса спектра сигнала; $\Delta f_{\text{сдв}}$ – абсолютная нестабильность частоты сдвига ретранслятора; Δf_3 – абсолютная нестабильность частоты земного передатчика; Δf_d – доплеровское смещение частоты;

$\alpha \ll 1$ – вероятность одновременного ухода частот в одну сторону.

Ширина спектра сигнала ΔF_c , излучаемого ЗС, зависит от полосы модулирующего сигнала (например, от числа телефонных каналов), а также от вида модуляции [1].

Абсолютная нестабильность частоты Δf_3 определяется относительной нестабильностью δf и значением рабочей частоты:

$$\Delta f_3 = f\delta f.$$

На сверхвысоких частотах, используемых в спутниковой связи, абсолютная нестабильность может достигать десятков килогерц.

Нестабильность частоты сдвига, на которую смещаются частоты ретранслируемых через ИСЗ сигналов, зависят от построения ретранслятора.

Если в ретрансляторе используется усиление на промежуточной частоте, то нестабильность частоты сдвига будет меньше при выполнении гетеродинов по компенсационной схеме.

Нестабильность частот передатчиков земных станций может быть сделана малой, так как в них можно применить сложные схемы стабилизации частоты. В современной аппаратуре $\delta f_3 = \frac{1}{2} \cdot 10^{-7}$ и менее.

Доплеровский сдвиг частоты f_0 определяется формулой $\Delta f_d = -f_0 v_r / c$. Влияние доплеровского сдвига можно уменьшить применением программной компенсации в земном передатчике.

Нестабильности частоты передатчиков и доплеровский сдвиг частоты определяют защитный интервал между спектрами сигналов:

$$\Delta f_{\text{защ}} = (\Delta f_{\text{сдв}} + \Delta f_3 + \Delta f_d)2\alpha. \quad (5)$$

Тогда полная полоса, занимаемая многостанционным сигналом,

$$\Delta F_p = \Delta F_{pi}n = \Delta F_{cn} + \Delta f_{защ}n,$$

откуда

$$\Delta F_{cn} = \Delta F_p - \Delta f_{защ}n. \quad (6)$$

Из (6) видно, что при заданной полосе ретранслятора ΔF_p защитные интервалы ограничивают число одновременно работающих станций и скорость передачи информации, которая определяется величиной ΔF_c .

В системе спутниковой связи направления могут иметь различную ёмкость (характеризуемую числом организуемых телефонных каналов или скоростью передачи данных). В этом случае одинаковое качество связи в направлениях обеспечивается выделением определённой мощности бортового передатчика для их работы [4].

Распределение мощности бортового передатчика может быть обеспечено путём создания соответствующих соотношений между мощностями сигналов на входе ретранслятора. Тогда парциальные мощности на выходе ретранслятора будут находиться в таких же соотношениях. Разумеется, для этого ретранслятор должен иметь постоянное усиление для всех сигналов. Необходимые мощности (уровни) сигналов на входе ретранслятора можно получить регулировкой мощности передатчиков земных станций. Уровни сигналов, получаемые для номинальных характеристик трасс, называют номинальными.

Действительные уровни сигналов на входе ретранслятора случайным образом изменяются относительно номинальных значений из-за действия различных факторов. Основными причинами таких отклонений являются:

- различие наклонных дальностей от станции до ИСЗ;
- изменение коэффициента усиления антенны ИСЗ при отклонении направления прихода сигналов с земной станции от максимума диаграммы направленности к её краю;
- ошибки ориентации наземных антенн;
- неточность поддержания выходной мощности передатчиков наземных станций;
- изменение условий распространения радиоволн на трассе Земля – ИСЗ.

В результате действия этих факторов на входе ретранслятора уровни сигналов могут изменяться в пределах диапазона

$$D_{pc} = \frac{P_{c1max}}{P_{c1min}} = 10 \dots 12.$$

Поскольку передатчик ИСЗ должен обеспечивать требуемые значения парциальных мощностей для наиболее слабых на входе ретранслятора сигналов, то мощности, отбираемые сильными сигналами, будут значительно превышать необходимые. Это может привести к возрастанию уровня многостанционного сиг-

нала и увеличению комбинационных помех, снижающих качество связи. Поэтому действие случайных факторов надо учитывать при проектировании системы связи [5].

В общем случае сигналы земных станций приходят на вход ретранслятора асинхронно и с различной начальной фазой:

$$u_i(t) = A_i(t) \sin(\omega_i t + \varphi_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, n,$$

где A_i – амплитуда сигнала; ω_i – частота; φ_i – начальная фаза.

Из-за движения спутника и несинхронности генераторов ЗС каждый отдельный сигнал имеет случайную фазу φ_i , имеющую равномерную плотность вероятности значений в интервале $[-\pi, \pi]$.

На вход ретранслятора поступает несколько таких сигналов от разных ЗС, поэтому многостанционный сигнал имеет вид

$$u_{вх}(t) = u_{мс}(t) = \sum_{i=1}^n A_i \sin(\omega_i t + \varphi_i). \quad (7)$$

Многостанционный сигнал $u_{мс}(t)$ является случайным процессом, мгновенные значения которого описываются плотностью вероятности

$$w(x) = \frac{1}{2A_\Sigma} \left[1 + 2 \sum_{r=1}^{\infty} \cos \frac{\pi r x}{A_\Sigma} \prod_{i=1}^n J_0 \left(\frac{\pi r A_i}{A_\Sigma} \right) \right], \quad (8)$$

$$|x| < A_\Sigma,$$

где $A_\Sigma = \sum_{i=1}^n A_i$; J_0 – функция Бесселя нулевого порядка.

Если амплитуды сигналов всех станций на входе бортового передатчика равны ($A_i = A$, $A_\Sigma = nA$), то плотность вероятности (8) имеет вид

$$w(x) = \frac{1}{2nA} \left[1 + 2 \sum_{r=1}^{\infty} \cos \frac{\pi r x}{nA} \prod_{i=1}^n J_0 \left(\frac{\pi r}{n} \right) \right], \quad (9)$$

$$|x| \leq nA.$$

При большом числе сигналов ($n \geq 10$) наиболее простой и естественной моделью является нормальный гауссовский шум со спектральной плотностью, равномерной в полосе частот ретранслятора ΔF_p :

$$\sigma_{\Sigma,ш}^2 = \begin{cases} nA_i^2 / (2F_p) & \text{при } f_0 - \frac{\Delta F_p}{2} \leq f \leq f_0 + \frac{\Delta F_p}{2}; \\ 0 & \text{при } f < f_0 - \frac{\Delta F_p}{2}; f > f_0 + \frac{\Delta F_p}{2}. \end{cases}$$

Для нормального закона распределения случайной величины x с дисперсией σ^2 и плотностью:

$$w(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-x^2/2\sigma^2} \quad (10)$$

вероятность того, что абсолютное значение $u_{мс}$ не превзойдёт в α раз амплитуды одного сигнала, описывается выражением:

$$P\{|u_{мс}| \leq \alpha A\} = 2 \int_0^{\alpha A} w(x) dx = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_0^{\alpha A} e^{-x^2/2\sigma^2} dx. \quad (11)$$

До настоящего времени наибольшее распространение на практике получили спутниковые ретрансляторы с прямым усилением сигнала. В таких ретрансляторах сигналы земных станций лишь усиливаются по мощности и сдвигаются по частоте на фиксированную величину $\Delta f_{\text{сдв}}$. При МДЧР прохождение множества сигналов в общем приёмопередающем тракте ретранслятора приводит к проявлению целого ряда специфических эффектов, обусловленных нелинейностью передаточных характеристик усилительных элементов [3].

Основную роль в формировании продуктов нелинейности играет выходной каскад усилителя мощности передатчика Ртр.

Анализ амплитудных характеристик выходных каскадов усилителей мощности передатчика Ртр показывает, что на характеристиках имеется достаточно протяжённый участок, на котором $U_{\text{вых}}$ растёт практически линейно относительно $U_{\text{вх}}$, после чего рост $U_{\text{вых}}$ замедляется и даже снижается, что соответствует переходу усилителя в режим насыщения. В зависимости от

выбора рабочей точки усилителя он может работать в режиме линейного или нелинейного усиления сигналов в ретрансляторе.

Основные достоинства МДЧР:

- гибкость системы: каждая станция может иметь свою скорость передачи информации, вид работы, метод модуляции независимо от других станций в пределах выделенных энергетических ресурсов Ртр;
- простота реализации, особенно если не применять регулирование уровней сигналов в направлениях связи;
- простота сопряжения с земными линиями связи, использующими частотное уплотнение и частотную модуляцию.

Основные недостатки МДЧР:

- снижение пропускной способности с увеличением числа работающих станций;
- неполное использование мощности передатчика и полосы пропускания ретранслятора;
- наличие комбинационных и интермодуляционных помех.

Рисунок 2. Зависимость пропускной способности ретранслятора при частотном разделении от числа сигналов

При оценке эффективности МДЧР необходимо оценить зависимость общей ёмкости ствола ретранслятора, измеряемой суммарным числом (N) стандартных каналов (например, цифровых каналов со скоростью передачи 64 кбит/с) от числа ЗС (n), одновременно работающих в этом стволе: $N = f(n)$. Характер такой зависимости в предположении, что ёмкость каждого направления связи N' одинакова ($N = N'n$), приведена на рисунке 2. При этом учтено применение помехоустойчивого кодирования, без которого не обходится практически ни одна система спутниковой связи с МДЧР. В связи с тем, что требуемое отношение $P/P_{\text{ш}}$ или E/N_0 (отношение энергии

бита и спектральной плотности шума) при этом оказывается значительно (на 4-6 дБ) ниже, влияние нелинейных помех ослабевает и становится менее заметно.

Заключение. Таким образом, в статье проанализированы принципы многостанционного доступа с частотным разделением каналов в системах спутниковой связи. Приведены модели многостанционного сигнала при МДЧР, рассмотрены нелинейные эффекты при МДЧР и осуществлена оценка метода МДЧР.

Список литературы:

1. Колесник Е.О., Вовк А.С., Горгадзе С.Ф. Методика анализа пропускной способности ствола спутникового ретранслятора при частотном и кодовом разделении сигналов абонентов // Т-Comm. – 2012. №9. С. 72-75.
2. Космические системы ретрансляции: монография / Н.А. Тестоедов и др. – М.: Радиотехника, 2017. – 448 с.
3. Локшин Б.А. Негеостационарные системы фиксированной спутниковой связи – состояние и перспективы развития // Электросвязь. – 2018. № 2. С. 30-39.
4. Спутниковая связь: прошлое, настоящее, будущее / К.И. Кукк. – М.: Горячая линия – Телеком, 2015. – 256 с.
5. Daniel Minoli. Innovations in satellite communication and satellite technology: the industry implications of DVB-S2X, high throughput satellites, Ultra HD, M2M, and IP // Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. 2015. 423 p.

ПОСТРОЕНИЕ «SMART» ЭЛЕКТРОСЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Яронова Наталья Валерьевна

канд. техн. наук, доцент
Ташкентского государственного транспортного университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: tatochka83@list.ru

Аметова Алие Айдеровна

ассистент
Ташкентского государственного транспортного университета,
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: aliewka4703@mail.ru

PPOSTROENIE "SMART" ELECTRIC GRID WITH THE USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES

Natalya Yaronova

PhD in Engineering Science, docent
Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

Alie Ametova

Assistant,
Tashkent State Transport University,
Uzbekistan, Tashkent

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются вопросы создания «smart» электросети с применением сети 5G и беспилотных летательных аппаратов. Определены условия построения сети, рассмотрены вопросы расположения антенн с целью обеспечения безопасности для человека, условия уменьшения их размеров и преимущества применения сети 5G совместно с беспилотными летательными аппаратами.

ABSTRACT

The article discusses the creation of a "smart" power grid using a 5G network and unmanned aerial vehicles, in relation to the conditions of the Republic of Uzbekistan. The conditions for building a network are determined, the issues of the location of antennas in order to ensure safety for humans, the conditions for reducing their size and the advantages of using a 5G network in conjunction with unmanned aerial vehicles are considered.

Ключевые слова: «smart» электросеть, синхронизация, зеленая энергетика, сеть 5 G, дроны, возобновляемые источники, цифровые технологии.

Keywords: "smart" electric network, synchronization, green energy, 5G network, drones, renewable sources, digital technologies.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время все большее внимание уделяют децентрализованным энергообеспечениям. Большая энергосистема не выдерживает нагрузок, в связи с этим диспетчерам все труднее устанавливать пики потребления электроэнергии.

Поэтому необходимо создавать внутреннюю систему, которая будет синхронизирована с общей сетью. Основной упор делается на развитие, так называемой «зеленой» энергетики. Ветряные двигатели, солнечные батареи, биогенераторы дают эко-номию электроэнергии и возможность полностью

отказаться от производителей. Все большую часть генерации электроэнергии дает возобновляемые источники. В связи с этим необходимо создавать новые способы контроля энергоресурсов и увеличить пропускную способность линий электропередачи [2-9].

Целью работы является разработка «smart» электросети, которая бы в часы пика увеличивала пропускную способность линий электропередачи, а при нехватке увеличивала её продуктивность.

МЕТОДЫ

Для реализации задач была принята система 5G, которая обеспечивает быструю передачу информационных сигналов, увеличивает объем передаваемой

информации, позволяет управлять малыми микросетями, быстро реагировать на кражу электроэнергии и определять её потери.

Внедрение 5G позволит управлять разрозненными установками генерации энергии и поддерживать стабильность электросетей [6, 8, 9].

Рисунок 1. Преимущества 5G технологии

Во всём мире на сегодняшний день идёт тенденция создания «smart city». Главной задачей является внедрение инновационных технологических решений во все сферы жизнедеятельности общества [2-5,7,9].

Совместное применение БПЛА и сеть 5G позволит передавать энергию и данные на БПЛА при использовании их для сетей 5G. Сеть 5G имеет большую скорость и пропускную способность, что позволяет подключать большое количество датчиков и различных устройств. Она даёт возможность построить схему передачи энергии и данных на движущийся беспилотный летательный аппарат и позволяет эффективно использовать БПЛА. Постоянная передача информационных потоков. При этом желательно

управлять подачей энергии на БПЛА, чтобы не сокращать длительность полёта. БПЛА является технологией для обеспечения приёмно-передающего устройства для бесперебойной устойчивой связи.

Так как БПЛА обладают низкой стоимостью и высокой мобильностью по сравнению с базовыми станциями, поэтому могут быть использованы в системах телекоммуникаций.

БПЛА по конструктивным параметрам различаются самолётного и вертолётного типов (рис. 2). При создании «smart city» необходимо использовать БПЛА, которые «зависали» бы для устойчивости передачи данных. Следовательно, целесообразно использовать вертолётного типа – коптеры.

Рисунок 2. Виды беспилотных летательных аппаратов

Важной особенностью во внедрение сети 5G является установка антенны. Она слишком громоздкая и высокая. Для уменьшения размеров антенн необходимо перейти на миллиметровый диапазон волн и выполнить решетчатую конструкцию. Обычно считают, что высокий диапазон волн вредно влияет на здоровье человека. Установим на каком расстоянии должна находится антенна 5G от зданий, чтобы не причинять вреда [1,10].

При определении расстояния R , на котором может находиться человек от антенны, необходимо воспользоваться формулой определения плотности потока энергии:

$$S = \frac{P \cdot G}{4\pi \cdot D^2} \quad (1)$$

где, P – мощность, Вт; D – расстояние, м; G – коэффициент усиления антенны; S – плотность потока энергии, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Из формулы (1) определяется D :

$$D = \sqrt{\frac{P \cdot G}{4\pi S}} \quad (2)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ

Произведем расчеты. Действующая норма, т.е. количество энергии, протекающей через единицу площади, которое может влиять на человека составляет $0,1 \text{ Вт}/\text{см}^2$, если взять европейской части она составляет $100 \text{ кВт}/\text{см}^2$. Мощность базовой станции обычно составляет 60 Вт , а коэффициент усиления антенны максимум 50 , а минимум $0,5$.

Рисунок 3. График зависимости плотности потока энергии от расстояния

Из расчетов видно, что антенны сети 5G можно располагать на расстоянии 50 м от здания.

ВЫВОДЫ

Применение совместно 5G и БПЛА позволяет осуществлять анализ данных с точностью до $0,1$ м,

как по горизонтали, так и по вертикали, осуществлять удалённое управление с точностью до $0,5$ м по горизонтали и $0,3$ м по вертикали, осуществлять поддержку множественных серверов, производить обмен данными с достоверностью до 99%.

Список литературы:

1. Парамонов А.И., Маколкина М.А., Киричк Р.В., Выборнова А.И., Богданова Е.Г. Математические модели в сетях связи. Часть 1 / Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2019. – 111 с.
2. Роенков Д.Н., Яронова Н.В. Атмосферные оптические линии связи // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – № 11. – С. 7-10.
3. Роенков Д.Н., Яронова Н.В. Технология "стриж" и перспективы ее применения // Автоматика, связь, информатика. – 2017. – № 9. – С. 9-12.
4. Роенков Д.Н., Яронова Н.В. Квантовые линии связи // Автоматика, связь, информатика. – 2019. – № 9. – С. 23-28.

5. Рыжков А.Е., Сиверс М.А., Бабкин А.С., Пыленок А.М., Трофимов А.П. Сети стандарта LTE. Развитие технологий радиодоступа / Санкт-Петербург: СПбГУТ, 2015. – 256 с.
6. Тихвинский В.О. Стандартизация мобильной связи 5G как процесс создания инфраструктурной основы цифровой экономики // Электросвязь. – 2018. – № 12. – С. 24-30.
7. Яронова Н.В., Шосалманов А.Х., Ходжамов Ш.Ф. Возможности применения на железнодорожном транспорте технологий беспроводной связи // The Scientific Heritage. 2021. № 63-1 (63). – С. 69-72.
8. Dahlman E., Parkvall S., Skold J. 5G NR. The Next Generation Wireless Access Technology. 2nd Edition / Academic Press, 2021. – 608 p.
9. Yang H.C., Alouini M.S. Advanced Wireless Transmission Technologies / Cambridge University Press, 2020. – 416 p.
10. Yaronova N.V., Ametova A.A., Mirzaeva A.B. Application of computer-aided design systems for calculating the parameters of stationary antennas in the hectometer range // Актуальные научные исследования в современном мире. – 2021. – № 5-1 (73). – С. 107-113.

СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12283

ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ КАНАЛА ИМ. МОСКВЫ В СТАТУСЕ ОБЪЕКТОВ
ИНДУСТРИАЛЬНОГО НАСЛЕДИЯ И ЭЛЕМЕНТОВ КУЛЬТУРНОГО КАРКАСА ГОРОДА*Долинская Ирина Марковна**профессор кафедры «Градостроительство»,
Московский архитектурный институт (государственная академия)
РФ, г. Москва
E-mail: idelinskaya@yandex.ru**Габараева Сабина Эриковна**магистр градостроительства,
Московский архитектурный институт (государственная академия),
РФ, г. Москва
E-mail: gbibii@mail.ru**Токарева Ангелина Аркадьевна**магистр архитектуры,
Московский архитектурный институт (государственная академия),
РФ, г. Москва
E-mail: angelok_to@mail.ru*THE MOSCOW CANAL HYDRO TECHNICAL STRUCTURES IN THE INDUSTRIAL
HERITAGE OBJECTS STATUS AND AS THE CITY CULTURAL FRAME ELEMENTS*Irina Dolinskaia**Professor of the Urban Planning Department,
Moscow Institute of Architecture (State Academy),
Russia, Moscow**Sabina Gabaraeva**Master in Architecture, Moscow Institute of Architecture (State Academy),
Russia, Moscow**Angelina Tokareva**Master in Architecture, Moscow Institute of Architecture (State Academy),
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена изучению потенциальных возможностей и анализу перспектив включения гидротехнических сооружений Канала им. Москвы в культурный каркас города. В основе проведенного исследования лежит московский опыт джентрификации промышленных территорий срединной зоны города. Все объекты Канала рассматриваются как элементы единого линейного архитектурного ансамбля инженерных сооружений, аналогов которому нет.

ABSTRACT

The article is devoted to the potential opportunities exploring and the prospects for the inclusion the Moscow Canal hydro technical structures in the cultural framework of the city analysis. The study is based on the Moscow experience of the city middle zone industrial areas gentrification. All the Canal objects are considered as elements of a single linear engineering structures architectural ensemble, which has no analogues.

Ключевые слова: канал им. Москвы, линейный ансамбль инженерных сооружений, гидроузел, неоконструктивизм, Перервинский гидроузел.

Keyword: Moscow Canal, linear engineering structures architectural ensemble, waterworks, neoconstructivism, Pererva waterworks.

На фоне постоянного изменения интенсивности и характера речных перевозок и снижения значимости рек в транспортной инфраструктуре страны, а так же благодаря инновационным инженерно-техническим и цифровым усовершенствованиям системы эксплуатации речных гидротехнических сооружений, неминуемо встает вопрос о сохранении их уникальных по своим архитектурным характеристикам, но устаревших технологических элементов. Возникает проблема обеспечения их сохранности и фрагментарной деятельности в качестве общедоступных объектов культурного наследия.

Изменения роли рек в системе народного хозяйства, утрата ими роли в промышленных производствах, в сочетании с тем, что они по-прежнему остаются источниками пресной воды и одновременно источниками энергии, обретение ими особого места в системе рекреации требует, безусловно, особых подходов к режимам доступа, ибо большинство

речных гидротехнических сооружений остаются объектами жизнеобеспечения. Особенно остро этот вопрос стоит и будет возникать в тех случаях, когда речь идет о гидроузлах столицы и о Канале им. Москвы (рис. 1).

В то же время, очевидно, что настал момент, когда необходимо рассматривать перспективы включения гидротехнических сооружений и шлюзов в туристический и культурный каркас города. Их существование вне поля общественного интереса и доступа в момент консервации или прекращения их деятельности в качестве хозяйственных объектов очень быстро приведет к их деградации, последующему разрушению и утрате. Построенные в середине 1930-х эти сооружения сформировали уникальный конгломерат речных и приречных объектов, решенных в стиле советского неоконструктивизма, который В.Э. Хазанова определила, как «стиль 1935 года» [17].

Рисунок 1. Схема расположения гидроузлов на территории Москвы

При этом, типологическая двойственность всех гидротехнических сооружений Канала, которые принято считать коммунальными объектами и элементами транспортной инфраструктуры одновременно, позволяет отнести их к ряду объектов индустриального

наследия: технологические циклы, на выполнение которых была ориентирована их пространственная организация в сочетании с неповторимыми архитектурными решениями, определили и сформировали их идентичность (рис. 2).

а)

б)

Рисунок 2. Канал им. Москвы. а) Шлюз № 8. Фото 1961 года. [15] б) Камера шлюза № 2. Поселок Темпы. Фото начала 2000-х. [5]

В настоящее время в Москве уже не первое десятилетие существует успешная практика реконструкции промышленных территорий срединной зоны города. О необходимости сохранять промышленные объекты при реновации промзон неоднократно говорил и главный архитектор города, указывая при этом, что форма сохранения и дальнейшее использование могут быть разными, в том числе и основанными на изменении их первоначальных функций [8]. При этом, практика показывает, что в основе абсолютного большинства проектов, связанных с изменением функционального назначения бывших индустриальных объектов и промышленных кварталов, лежит идея создания арт-кластеров (рис. 3).

Такой подход к освоению неиспользуемых сегодня и, в результате, деградировавших и часто кри-

минализованных территорий, с одной стороны, способствует сохранению индивидуальных объектов промышленной архитектуры, с другой, повышает уровень качества городской среды в целом. Это – стандартный для большинства крупных городов во всем мире путь реновации депрессивных фрагментов городской ткани. Один из очевидных путей джентрификации. Но, в случае, когда речь идет о точно включенных в город объектах Канала, являющегося, по сути, линейным ансамблем, который должен рассматриваться, как единый комплекс и объект культурного наследия, подход должен быть иным. Его принципы должны определяться местом каждого сооружения в городе, перспективами и возможностями его сохранения, как частично действующего.

Рисунок 3. Схема расположения арт-кластеров в центральной и срединной зоне Москвы

Безусловно, успешным примером джентрификации промтерриторий путем создания креативной среды в московской практике можно считать реализацию проектов «Винзавод», «Флакон» или «Artplay» и реновацию комплекса зданий кондитерской фабрики «Большевик» (рис. 3). Не менее интересным может считаться и точечная реконструкция зданий бывшего завода «Электропровод», появившегося в годы советской власти на месте золотоканительной фабрики купцов Алексеевых, с превращением их в «Студию театральных искусств». Но, несмотря на расположение на приречных территориях, ни один из этих проектов не был заявлен как зона взаимодействия с рекой и с объектами ее инфраструктуры.

Одним из немногих примеров, в которых речь идет не о создании арт-пространства в здании выведенной из эксплуатации ГЭС, а городские промышленные кварталы рассматриваются в совокупности с рекой, является проект «АртКвартал» [12]. Он в корне меняет отношение к территориям, не только изжившим свой функциональный и градостроительный ресурс, но и остро нуждающимся в поисках

нестандартных решений накопленных проблем на фоне очевидной ценности разрушающейся застройки. Проект, лоббирующий интересы творческих индустрий, опирается на уже сформировавшиеся арт-центры, возникшие в большинстве своем на месте ликвидированных или выведенных в новые промзоны предприятий. В сферу его интересов попали: центр современного искусства «Винзавод», центр дизайна «Artplay», завод «Арма», театральный комплекс «Гоголь-центр», Сад им. Баумана, центр творческих индустрий «Фабрика», жилой дом «АртХаус» и «Doog 19». Это объединение точечных арт-кластеров, образует сильный интенсивно функционирующий фрагмент городской среды, включает в себя близлежащие приречные территории, но игнорирует прибрежные и речные неочевидные ресурсы культурного каркаса [12]. То есть, подходя к берегу Яузы, проект останавливается, исключая из зоны своего интереса Сыромятнический (Яузский) гидроузел, единственный из всех гидроузлов Канала признанный объектом культурного наследия (рис. 4).

Рисунок 4. Сыромятнический (Яузский) гидроузел Москвы.

- а) Комплекс гидроузла в системе прилегающих территорий срединной зоны города;**
б) Схема функционального зонирования территорий, примыкающих к гидроузлу;
в) Схема транспортной доступности гидроузла

Это – характерный сценарий развития проекта. Отсутствие понимания того, что самым серьезным неочевидным ресурсом, остро нуждающимся в определении роли и места в городе, способным вовлечь акватории рек, приречные территории и неиспользуемые или не полностью используемые гидротехнические сооружения в городскую среду, являются объекты Канала им. Москвы, неуклонно теряющего свое исходное транспортное предназначение.

Строительство Канала им. Москвы (до 1947 года – Канал Москва – Волга) в соответствии с Постановлением СНК СССР от 1 июня 1932 года № 859 «О строительстве канала Москва – Волга» началось в том же 1932 и завершилось в 1937 году. Задача, которую призван был решить Канал, заключалась не только в создании кратчайшего транспортного пути между двумя реками: рост населения в столице привел к нехватке питьевой и технической воды, а это очень быстро привело к обмелению рек и грозило серьезным гуманитарным кризисом. Постановлению СНК предшествовал Пленум ЦК ВКП (б), который 15 июня 1931 года констатировал проблему и принял

решение: «... коренным образом разрешить задачу обводнения Москвы-реки путем соединения ее с верховьем реки Волги». [14]. Несмотря на очень сжатые сроки проектирования и строительства, созданный по единому плану и, построенный практически единомоментно, призванный решить две хозяйственные задачи, комплекс Канала представляет собой уникальный линейный архитектурный ансамбль инженерных сооружений 1930-х годов протяженностью 128 км, аналогов которому нет, и который, безусловно, может и должен рассматриваться, как объект культурного наследия. Строившийся одновременно с I линией московского метро Канал представляет собой не менее значимый с точки зрения истории архитектуры объект. Утилитарное назначение канала требовало специальной декорации. Главную роль в каждом узле играют шлюзы и центры управления. Все прочие сооружения предназначены для их обслуживания и поддержания их работоспособности. Функциональное значение и пространственная значимость шлюза и центра управления, их ведущая роль в этом мини-ансамбле, отразились и на внешнем архитектурном

решении. Они были спроектированы как доминанты, решенные в виде башен, определяющих пространственную артикуляцию места (рис. 2, рис. 5).

Рисунок 5. Канал им. Москвы. а) Карта-схема Канала Москва – Волга. 1934 год; б), в), г) Плотины и шлюзы Канала им. Москвы. Набор открыток. 1950-е годы

Все без исключения сооружения Канала обращены к проплывающему по нему зрителю: в советское время Канал активно использовался для организации грузопассажирских перевозок и долгие годы оставался объектом интенсивного водного экскурсионного туризма. При этом, до конца 1960-х для посещений были частично открыты и служебные помещения шлюзов. [6] То есть, шлюзы изначально – в середине 1930-х рассматривались как объекты массового интереса и культурного каркаса Канала и прилегающих территорий, что во много и определило их архитектурный облик и декор [3, 15].

В настоящее время на фоне частичного сохранения Каналом всех первоначально заложенных функций нагрузка на гидроузлы в черте Москвы значительно упала. В результате, состояние построек Канала и прилегающих к ним территорий, находящихся в зоне его административной ответственности,

входящих в его комплекс и нет, приходит в упадок, что, в свою очередь, приводит к необходимости пересмотра отношения к объектам гидроузлов как к неочевидным ресурсам культурного каркаса. Вовлечение этих, на данный момент закрытых объектов в общедоступную городскую среду – единственный путь не допустить их неизбежной и необратимой деградации.

Определение объектов Канала, как «неочевидного ресурса культурного каркаса» дает возможность их идентификации в качестве нового типа промышленных сооружений, которые могут рассматриваться как вновь выявленные объекты культурного наследия.

В последние тридцать лет стремление городов к самобытности и самоидентичности, прежде всего, было основано на восстановлении и преобразование заброшенных структур, относящихся к промышленной эпохе. Такие объекты, имея специфические

архитектурные особенности с одной стороны, с другой, отображают исторический контекст места [8]. Изначально использование промышленных объектов под новые функции было явлением, связанным с жизнью очень узкого специфического с точки зрения социализации и общественной жизни слоя горожан, чаще всего связанных с искусством. Но за последние несколько десятилетий социальные и экономические изменения повлияли на интенсивность перефилирования промышленных и инженерных сооружений, сделав результат этих преобразований общепринятым и востребованным самыми разными социальными группами. В основе этого явления – изменение технологий большинства традиционных производств и требования экологической безопасности, приведшие к необходимости вывода большинства предприятий с внутригородских территорий на внегородские. Этот процесс, связанный с освобождением целого ряда зданий, представляющих безусловную историко-культурную и архитектурную ценность, привел к их деградации. А это, в свою очередь породило необходимость внедрения новых моделей использования невостребованных объектов и территорий, на которых они находятся. То же самое касается и гидротехнических сооружений и гидроузлов.

По информации, опубликованной в различных источниках в последние годы, в проекты частичной

переориентации и постепенного включения в культурный каркас города могут быть внесены отдельные объекты Карамышевского, Перервинского и Сыромятнинского гидроузлов, несущих наименьшую профильную нагрузку. Перечисленные комплексы были спроектированы такими архитекторами как А.М. Рухлядев, И.К. Бедловский и Г.П. Гольц, что придает еще большую значимость этим сооружениям, как потенциальным объектам культурного наследия. При этом, степень сохранности их архитектурного облика не вызывает сомнения в том, что реставрационно-восстановительные работы на них будут уместны и успешны.

Особого внимания в этом ряду заслуживает практически выведенный из эксплуатации Перервинский гидроузел, построенный в 1932 – 1937 и заменивший собой Перервинскую плотину со шлюзом 1870-х годов. В его состав, помимо плотины, ГЭС и двух шлюзов (с большой камерой – № 10 и с малой камерой – № 11), деривационного канала и дамб, входит еще и построенный в 1937 – 1938 году на месте планировавшегося Малого Московского Петергофа (английского пейзажного «парка с фонтанами») служебный поселок Шлюзы. Комплекс гидроузла и поселка должен рассматриваться не только как узловой объект системы Канала, но как его идентичный элемент, обладающий композиционно-пространственными и стилистическими характеристиками самостоятельного ансамбля (рис. 6) [2].

Рисунок 4. Объекты Перервинского гидроузла. Фото 2014 года [20]

Одним из вариантов сохранения всех трех вышеперечисленных московских гидроузлов является их социальная адаптация – возможность включения в зону культурно-туристических интересов и организация арт-пространства на части их площадей, которые в данный момент не эксплуатируются, могут быть освобождены и выведены из состава режимных зон. Но, на сегодняшний день, все объекты Канала являются режимными и закрытыми. Зоны санитарной охраны каждого элемента этой гидротехнической системы состоит из трех поясов: При этом, с большой долей уверенности можно предположить, что современные системы слежения и охраны промышленных объектов, аналогичных гидроузлам, позволяют открыть часть их территорий для публики. Как уже было написано, и в российском и в мировом опыте широко используется практика переориентации промышленных территорий под различные креативные пространства. Искусство используется как

повод для реновации заброшенных городских территорий, оживляя прилегающие районы, одновременно стимулируя городскую экономику. Подобный опыт использования не просто промышленных, а именно гидротехнических сооружений, уже есть в Великобритании, Канаде, Дании, Израиле. Тем более, что в первые годы работы Канала, его сооружения, закрытые для стихийных посещений, были открыты для посещений организованными экскурсиями [6].

Социальная адаптация элементов гидроузлов в контексте сохранения объектов индустриального наследия как активнодействующих элементов культурного каркаса, подразумевает создание точечных арт-кластеров, способных организовать нестандартные узлы притяжения для жителей города. Это, в свою очередь, неминуемо спровоцирует серию проектов реновации и развития приречных территорий, и, возможно, приведет к формированию государственно-частных партнерств, деятельность которых

будет направлена на сохранение объектов индустриального наследия Канала. При этом, социальная адаптация комплекса Перервинского гидроузла может послужить апробационной моделью работы со всеми последующими проектами, так как, вероятнее всего, в этом случае речь может идти не только о создании точечного элемента городского культурного каркаса, но и о преемственном развитии идентичного ансамбля гидроузла и поселка.

Уникальность Канала им Москвы в том, что его необходимо рассматривать как единый линейный ансамбль. Для сохранения таких, безусловно, знаковых историко-культурных объектов как его гидроузлы, необходимо, в первую очередь, разработать стратегию их возможного использования.

Анализ примеров и мировой опыт переориентации промышленных территорий позволяет выделить основные направления джентрификации и реновации подобных, но не аналогичных (в виду отсутствия прямых аналогов) объектов:

- Полное сохранение изначальной транспортно-промышленной функции (модернизация инженерного оборудования, и, как следствие инновационная трансформация, реставрация фасадов);
- Частичное использование промышленных объектов (когда за счет проведенной модернизации освобождается часть площадей, которые могут быть отданы под новые функции);
- Полная переориентация промышленных территорий (производственная функция полностью исключается, территория и объекты подвергаются масштабной реорганизации функционального назначения).

Тем не мене, рассматривая каждый гидроузел отдельно и всю систему в целом как объект реорганизации, с уверенностью можно сказать, что схема

с частичным использованием наиболее реальна по целому ряду факторов.

Во-первых, Канал имени Москвы является стратегически важным объектом, что не позволит полностью открыть для стихийных посещений публики или переориентировать территории гидроузлов.

Во-вторых, если произвести реставрацию объектов, но при этом оставить их закрытыми, то в скором времени объекты и прилегающие территории снова придут к состоянию деградированных территорий.

А это значит, что для решения всех вышеперечисленных проблем и во избежание циклически повторяющихся процессов деградации, необходимо уже сейчас найти алгоритм и способ сохранения этих объектов культурного наследия с их частичным открытием. А это потребует определения тенденций дальнейшего преемственного развития каждого отдельного элемента ансамбля Канала, выявление необходимых критериев для оценки перспектив их включения в общественно-культурный каркас не только города, но страны. То есть, Канал им. Москвы должен быть рассмотрен не только как единый архитектурный ансамбль инженерных сооружений, но как совокупный объект индустриального наследия эпохи неоконструктивизма, каждый элемент которого обладает безусловной самостоятельной архитектурной ценностью. При этом, работа над единичным гидроузлом, таким, как, например, Перервинский, будет заключаться в том, что в может быть сформулирован алгоритм включения гидротехнических сооружений в общедоступный культурный каркас города и создана модель использования гидроузлов, учитывающая современное оборудование и системы охраны, для безопасной эксплуатации инженерных объектов при их частично открытом доступе.

Список литературы:

1. Агеев С.А. Сохранение локальных исторических комплексов методами градостроительного регулирования / Автореферат диссерт. на соиск. уч. ст. кандидата архитектуры. М.: 2005. – 24 с.
2. Амелянц А.А. Развитие представлений об ансамбле в теории градостроительства // Диссертация на соискание ученой степени кандидата архитектуры. М.: 2004 г. – 120 с.
3. Гершкович Е.В. Высокий сталинский стиль. Москва: Трилистник 2006. – 248 с., илл.
4. Глазычев В.Л. Предпосылки формирования архитектуры Москвы как образцового коммунистического города (очерк программы исследований) / Сб. Пути формирования архитектуры Москвы как образцового коммунистического города. М.: 1976 / Сайт памяти В.Л. Глазычева – URL: http://www.glazychyev.ru/habitations%26cities/moscow/1976_kom_gorod.htm (дата обращения 17.07.2021)
5. Ермакова Н.Н. Грандиозный гидротехнический комплекс. Страницы истории канала имени Москвы // Речной транспорт (XXI век). № 5 2008 – с. 18-27.
6. Канал Москва – Волга: Справочник-путеводитель. / Сост.: И.И. Феденко; Упр. пароходства канала Москва-Волга. – Москва: Водный транспорт. 1938. – 108 с.
7. Кемеровский М.А. Канал Москва – Волга. – Москва, 1937 – б/п.
8. Кузнецов С.А. Необходимо сохранять промышленные здания при реновации промзон. / Москва. Агентство городских новостей. 07.10.2015 – URL: <http://www.mskagency.ru/materials/2493044> (дата обращения 22.07.2021).
9. Лежава И.Г. Жизнь памятника в городе // Журнал Academia. Архитектура и строительство. 2015 г. № 3. С. 13-28.
10. Лопатин П.И. Волга идет в Москву – Москва, Детгиз – 1938 – 68 с.

11. Постановление СНК СССР от 1 июня 1932 года № 859 «О строительстве канала Москва – Волга» // Канал им. Москвы. Официальный сайт. История. Предпосылки развития – URL: <http://kim-online.ru/page/ob-uchrezhdenii/istoriya> (дата обращения 11.07.2021).
12. Проект «АртКвартал» / Сайт. Страница сообщества. – URL: <https://www.facebook.com/MoscowArtKvartal/> (дата обращения 03.08.2021).
13. Ревзин Г.И. Интервью «Дорогой наш Никита Сергеевич». Архитектура от Сталина до Хрущева // Г.И. Ревзин / Эхо Москвы. Сайт. 22.06.2010 – URL: <https://echo.msk.ru/programs/hrushev/687897-echo/> (дата обращения 04.07.2021).
14. Решение Пленума ЦК ВКП (б) от 15 июня 1931 года // Канал им. Москвы. Официальный сайт. История. Предпосылки развития – URL: <http://kim-online.ru/page/ob-uchrezhdenii/istoriya> (дата обращения 11.07.2021).
15. Соботович И.Д., Соботович Е.П. По каналу имени Москвы: путеводитель. – Москва, Речной транспорт – 1962 – 125 с., илл., карты.
16. Хазанова В.Э. Опыт изучения истории советской архитектуры. 1917 – 1932 гг. // Автореферат диссерт. на соиск. уч. ст. доктора искусствоведения. М.: 1996. – 80 с.
17. Хазанова В.Э. Советская архитектура первой пятилетки: Проблемы города будущего. М.: Наука. 1980 г. – 376 с.
18. Хан-Магомедов С.О. Архитектура СССР. 1917 – 1932. Градостроительство // Всеобщая история архитектуры в 12-ти тт. Том 12. Книга 1. / Под ред. Н.В. Баранова (отв. Ред.), Н.П. Былинкина, А.В. Иконникова, Л.И. Кирилловой, Г.М. Орлова, Б.Р. Рубаненко, Ю.Ю. Савицкого, И.Е. Рожина, Ю.С. Ярлова (зам. отв. ред). – 1975. – 755 с., ил. – с. 27-59.
19. Хмельницкий Д.С. Архитектура Сталина: Психология и стиль – Москва: Прогресс-Традиция, 2007 – 376 с., илл..
20. Черников А.А. Архитектурно-градостроительная концепция развития территорий района «Заречье – Печатники». Лекция. / Архитектурная студия Андрея Черникова – 04.04.2015 – URL: <https://www.facebook.com/andrey.chernikhov.studio/> (дата обращения 01.07.2021).

КАРДО И ДЕКУМАНУС В ИСТОРИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКЕ КИЕВА**Ерофалов Борис Леонидович**

проф. кафедры основ архитектуры и архитектурного проектирования,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Украина, г. Киев
E-mail: boris.erofalov@gmail.com

Слепцов Олег Семёнович

д-р архитектуры, профессор,
зав. Кафедрой основ архитектуры и архитектурного проектирования,
Киевский национальный университет строительства и архитектуры,
Украина, г. Киев
E-mail: o.sleptsov@me.com

CARDO AND DECUMANUS IN THE HISTORICAL URBAN PLANNING OF KIEV**Boris Erofalov**

Full member of the Ukrainian Academy of Architecture,
Professor of the Department of Fundamentals of Architecture and Architectural Design,
Kiev National University of Civil Engineering and Architecture,
Ukraine, Kiev

Oleg Sleptsov

Doctor of Architecture, Professor,
Head of the Department of Fundamentals of Architecture and Architectural Design,
Kiev National University of Civil Engineering and Architecture,
Ukraine, Kiev

АННОТАЦИЯ

В статье уточняется понятийное значение классических терминов античного градостроительского (планировочного) искусства «кардо» и «декуманус». Рассмотрен вопрос преемственности римской, византийской и древнерусской планировочной традиции на примере планировки города Ярослава в Киеве. Определено планировочное значение Золотых ворот в Киеве и Константинополе. Сделан вывод о заложении города Ярослава после начала строительства Софийского собора. Показано развитие главной планировочной оси города — кардо — в проекте классицистической реконструкции Киева первой половины XIX и в XX веке. Ставится проблема использования традиционных терминов и понятий античного градостроительства в современной исследовательской и градостроительной практике.

ABSTRACT

The article clarifies conceptual meaning of the classical terms of the ancient gromatic (urban planning) art — "cardo" and "decumanus". The issue of continuity of the Roman, Byzantine and Old Russian planning traditions is considered on the example of the city of Yaroslav's layout in Kiev. The planning value of the Golden Gate in Kiev and Constantinople has been determined. The conclusion is made about the foundation of the city of Yaroslav after beginning of the St. Sophia Cathedral construction. The development of the main planning axis of the city — cardo — is shown in the project of the classical reconstruction of Kiev in the first half of the 19th and in 20th century. The problem of using traditional terms and concepts of ancient urban planning in modern research and urban planning practice is posed.

Ключевые слова: историческая планировка, кардо, декуманус, каструм, Птолемея Азагарий, город Ярослава, Золотые ворота и Софийский собор Киева и Константинополя, Меса, Милион, Андреевский спуск — ул. Большая Владимирская, Владимирский спуск — Крещатик.

Keywords historical urban planning, cardo, decumanus, castrum, Azagarium of Ptolemy, city of Yaroslav, Golden Gate and St. Sophia Cathedral of Kiev and Constantinople, Mesa, Milion, Andrevsky descent — st. Bolshaya Vladimirskaia, Vladimirskaia descent — st. Khreshchatyk.

Рисунок 2. Маршевый лагерь легиона по Псевдо-Гигину, 1–2 гг. н. э.

Углубляясь в истоки римской истории, дело становится еще запутанней — планировочная оппозиция «право и лево» неожиданно меняется местами с парой «верх и низ». Изначально разбивкой и освящением военного каструма занимались этрусские жрецы, гаруспики. Согласно Libri rituales, земной квадрат templum они «разделили надвое: правой частью называли ту, которая к северу, левой, которая к югу; границу проложили с востока на запад, ибо в этом направлении смотрят солнце и луна... Еще гаруспики размежевали почву с юга на север, назвав западную часть передней, а свою сторону задней. Основываясь на этом, — пишет в военном трактате I века Секст Юлий Фронтин, — предки наши установили правила размерять поля. Сначала они проводили две границы: с востока на запад, которую называли декуманом, и другую, с юга на север, назвав ее кардо. Декуман делил участок на правую и левую стороны, кардо на части посю- и потустороннюю» [17, с. 27–29]. У Полибия же и Псевдо-Гигина правая и левая сторона делятся линией кардо (Преторианской улицей), то есть — наоборот.

Этимологически и по происхождению

Злую шутку с нашими исследователями истории архитектуры и историками вообще сыграло отсутствие общего классического образования, упраздненного большевиками сто лет тому. Незнание классических языков, включая самый простой и одновременно самый необходимый из них, латынь, как бы автоматически увело куда-то в сторону обширный массив первоисточников. И вещи, казалось бы, очевидные считывались советскими гуманитариями в основном в пересказе более подготовленных предшественников.

Поэтому начнем этимологически. Что такое кардо? В латинском словаре И.Х. Дворецкого значится: cardo 1) дверная петля, шип, цапфа; 2) страна света, полюс, мировая ось; 3) демаркационная линия с севера на юг (в отличие от limes decumanus, линии, проводившейся с востока на запад); 4) времена года, cardo anni — летнее солнцестояние; 6) ось, точка вращения, центр, — и т. д., всего девять толкований [5, с. 122]. Таким образом, «Кардо» понимается как осевая сущность, соотносимая в том числе с мировыми полюсами. В данном контексте примечательно, что cog/cordis в латыни означает сердце, душу, а также понимание и характер. По иронии судьбы карданный вал, передающий вращение двигателя колесам, своего рода сердце ходовой части автомобиля, получил имя не от «сердца», но просто по имени некоего Джироламо Кардано, в XVI веке описавшего давно используемый принцип передачи крутящего момента между разнонаправленными валами. Также существует еще одно мало упоминаемое, «архитектурное», значение корнеслова Carda (Cardea). В том же словаре читаем: Карда — «римск. богиня дверных петель, хранительница домашнего очага (празднества в ее честь происходили 1 июня)». Одним словом, Карда богиня-покровительница очага, а значит и дома в целом. Вполне архитектурно. По-видимому, Международный День Архитектуры в свое время неслучайно был назначен на 1 июля, и действовал до 1996 года (похоже, клерки ЮНЕСКО специально целились и случайно ошиблись, на месяц).

Более подробно об улице «декуманус». Замечательный переводчик большинства романов Умберто Эко на русский, киевлянка Елена Костюкович, в 2007 году опубликовала книжку об итальянской кухне «Еда», сложенную по географическому принципу.

В главе «Эмилия-Романья» описывается устройство традиционных итальянских городов вдоль прямой

как стрела виа Эмилия, проложенной в 187 г. до н. э. консулом Марком Эмилием Лепидом.

Рисунок 3. Виа Эмилия в Римскую эпоху

Дорога соединила адриатический Римини на юго-востоке, через долину По и Пьемонт, с Сен-Бернарским перевалом на северо-западе, единственным античным переходом через Альпы. Таким образом, к сторонам света виа Эмилия ориентирована по диагонали, отсюда смещение планировочных осей каждого города (и каждого исходного каструма). «Виа Эмилия нанизывает на себя города Болонью, Модену, Реджо-Эмилия, Парму и Пьяченцу, Имолу, Фазенцу, Форли, Чезену, и почти везде в этих городах она составляет собой главный городской «декуман». «Декуман» — слово из лексикона древних римлян. До сих пор многие эмилианские города сохраняют разметку по древнеримскому принципу квадратов. Это результат так называемой центуриации, принятой в «громатическом искусстве» (так называлось в Древнем Риме землемерное дело). Подобно авеню и стритам Нью-Йорка, городские улицы в городах античной Римской империи были перпендикулярны и параллельны и звались «кардами» (поперечные) и «декуманами» (продольные). Тем образовывались квадратные участки со стороной примерно 710 метров (т. е. 200 футов плюс ширина проезда. — Б.Е.)» [10, с. 281].

Из этой обширной цитаты следует, во-первых, что в соответствии с ориентацией главной дороги исходный для каждого города каструм был повернут относительно севера по часовой стрелке, то есть кардо указывает на северо-восток. Во-вторых, в приведенном сюжете присутствует как бы незначительная, но вполне традиционная путаница: декуман каждого города совпадает с генеральной Эмилиевой дорогой, и поэтому автор называет декуманы «продольными», а кардо «поперечными» улицами. Казалось бы — продольная–поперечная — какая разница! всё в

клеточку. Однако, пользуясь авторитетом Полибия, мы установили, что именно кардо — осевая, направленная на неприятеля улица. То есть, у римлян кардо, наоборот, «продольная», а декуман «поперечная» улицы.

Именно такое расхождение в дефинициях позволяет путаться в особенностях планировки в более сложных и удаленных от итальянского центра случаях. Например, в планировке исторического Киева.

Античная планировка Киево-Подолы

В схематической планировке Киева начала II в. н. э., реконструированной нами в 2012–2019 гг., положение римского каструма показано на подоснове инструментального плана допозарного «средневекового» Подолы и соответственно на плане современного города [6, 7, 8].

Географ Птолемей Александрийский во II веке н. э. указывает точные координаты и называет имя города на реке Борисфен, на месте будущего Киева — Азагарий [Ptol., III, 5, 13–15]. Выполнить реконструкцию исходной планировки каструма Азагарий помогла аналогия с римским лагерем Виндобона (город Вена), заложенным в 116 г. н. э. (примерно в это же время заложен каструм на территории Азагария), и планировочные следы киевского каструма, легко прочитываемые на точных инструментальных планах Подолы, выполненных в 1740–1803 гг. [8, с. 64–75]. После большого пожара 1811 года Подол был радикально перепланирован в 1815 году, получив нынешнюю равномерную клетку, по проекту придворного петербургского архитектора В. Гесте. Но даже после жесткого чертежа Гесте, во многом проигнорировавшего предшествующую подоснову, на современном плане Подолы видны четкие следы римского каструма:

контуры форума, главной площади Подола, Кон-трактовой; восточная граница каструма, запечатленная в трассировке переулка Хорива; Преторий на пересечении главных улиц каструма, геометрически

абсолютно совпадающий с так называемым «домиком Петра I» и т. п.

Рисунок 4. Совмещение плана Подола 1803 года с современным спутниковым фото и реконструкция расположения Полибиева города Азагарий: А — центральный перекресток каструма / Преторий; BBBB — периметр каструма; CC — Виа Преториана (кардо) / Северные и Южные ворота; DD — Виа Принципалис (декуманус) / Восточные и Западные ворота; QQ — Виа Квинтана. Реконструкция Б. Ерофалова и А. Шалыгина 2017 г.

Исходя из четко установленных границ античного каструма Азагарий на территории Подола, очевидно прочитываются трассы его главных улиц. Так кардо (via Praetoria) идет с севера на юг, примерно от перекрестка улиц Межигорской и Ярославской (задние ворота, porta Decumana), через перекресток ул. Константиновской и ул. Хорива (Преторий), до Т-образного перекрестка Боричева тока (начало древнейшей улицы города) с ул. Фроловской, здесь передние ворота, porta Praetoria.

Положение подольского декумана, via Principalis, в современном плане тоже можно четко обозначить: Восточные ворота — на перекрестке нынешней ул. Спасской и переулка Хорива; Западные ворота — на пересечении Верхнего вала и ул. Житноторжской, буквально у главного входа в крытый Житный рынок.

Середина декумана — у «домика Петра», стены которого параллельны улицам античного Азагария. Как в городах итальянской Эмилии, киевский декуман соединяет внешние важнейшие для города пункты. На востоке это пристань и вход в гавань реки Почайны, отмеченная одной из первых христианских церквей Киева, Ильинской. На западе декуман продолжался вдоль улицы Верхний вал до Вознесенского спуска/взвоза, поднимавшегося на гору Хорива. Это древнерусский Копырев конец, современная усадьба Национальной академии художеств. Здесь находился хазарский центр города в VII–IX вв. н. э. Примечательно, что трасса подольской улицы Хорива максимально приближена к античному декуману, ведущему на одноименную гору, Хорива, а само наименование улицы — один из древнейших топонимов города [т. же, с. 215].

Рисунок. 5. Кардо Азагария II–IV вв. н. э. (на подоснове инструментального плана Киева 1750 г.):
СС – кардо; DD – декуман. Реконструкция Б. Ерофалова, 2017 г.

Для понимания общей планировочной конструкции Азагария не менее важно выяснить ориентацию подольского кардо по отношению к внешним ориентирам. Как сказано выше, южный его выход, porta Praetoria, располагался на перекрестке ул. Фроловской и Боричева тока. Это главные ворота каstrума, выходя из которых виа Претория, раздваиваясь, вела на юг и юго-запад. Дорога на юг, к пристаням, где ныне Почтовая площадь — по сей день в первозданном виде существующий Боричев ток. В свою очередь крутой подъем на юго-запад вел на акрополь Азагария (более поздние его имена — град Боричев, Замковая гора, Киселёвка и просто Гора). Этот подъем летописный увоз Боричев — современный Андреевский спуск. Сверху взвоза, у подножья Андреевской церкви находились т. наз. Киевские ворота, отсюда главные сухопутные дороги вели на юг, на запад и на север.

Софийский собор и планировка города Ярослава

Рассматривая план города Ярославля, заложенного в 1017 году, сложно быстро и однозначно сказать, какая из его главных улиц кардо, а которая декуманус, обе они повернуты к оси Днепра, который возле Киева течет с севера на юг. Двигаясь по Крещатику

со стороны Днепра, кажется, что самым приближенным к северному направлению (т. е. к вектору кардо) служит путь от Майдана (древних Лядских ворот города Ярослава) к Львовской площади (воротам Жидовским). На плане это лежащие на одной прямой улицы Софийская и Сретенская.

Так, например, Ю.С. Асеев пишет: «В городе Ярослава четко прослеживается ось, идущая с запада на восток от Золотых до Софийских ворот города Владимира (ее продолжением становится главная улица детинца, ведущая от Софийских ворот до Бабиного торжка), и намечается перпендикулярная ось с севера на юг (от Львовских до Лядских ворот). Ориентация осей на несколько градусов сдвинута от компасного направления на так называемый летний восток, что свидетельствует о том, что разбивка города происходила в весеннее время (ориентация Софийского собора со значительным отклонением на летний восток дает основания предположить, что его закладка осуществлялась в разгар лета — в середине июня). Ось запад–восток соответствует в настоящее время ориентации Владимирской улицы, а север–юг — улицам П. Осипенко и Калинина (ныне ул. Сретенская и Софийская. — *Б.Е.*). Длина оси запад–восток около 800 м, а с участком улицы,

ведущей от Софийских до Киевских ворот, — около 1200 м. Длина оси север–юг от Северных ворот до кромки откоса, спускающегося в сторону Крещатика, — также около 800 м, а с участком Софийской улицы, спускающейся к площади Октябрьской революции (Крещатику), — 1200 м. Не вызывает сомнения, что градостроители, планировавшие город Ярослава, исходили из разработанной еще в античности, и в частности в римской архитектуре, системы, при которой две главные улицы (“кардо” и “декуманус”) пересекаются под прямым углом. На этом пересечении обычно располагали главные композиционные доминанты города. Принцип этот соблюдался и в византийском градостроительстве (4, с. 61). Обращает на

себя внимание постановка Софийского собора не в створе этих магистралей, а рядом с ними, но так, чтобы собор визуально открывался в перспективе. Это аналогично постановке Софийского собора в Константинополе по отношению к створу главной улицы города — Месы. Л.М. Тверской отмечал несомненную зависимость от направленности главной улицы Киева монастырей Ирины и Георгия, стоявших по бокам этой магистрали перед подходом к воротам Софийского собора (15, с. 25). Всё это бесспорно свидетельствует о единовременном композиционном замысле всего ансамбля города Ярослава и строительстве его трех монументальных зданий после планировки новой части города» [2, с. 43–45].

Рисунок. 6. Новое кардо Киева XI века (на подоснове инструментального плана Киева 1750 г.):
 АА — кардо Азагария; ЯЯ — кардо города Ярослава; АЯ — интеркардо (увоз Боричев / Андреевский спуск)

Нам принципиально важна эта обширная цитата, ибо в ней впервые четко обозначено наличие в городе Ярослава равновеликих осей кардо и декуманус, а улица Владимирская справедливо сравнивается с константинопольской Месой. Вместе с тем дьявол, как всегда, в деталях. Поэтому начнем по порядку.

Во-первых, традиционная ошибка. Действительно, путешествуя по городу трудно определить с привязкой Крещатика к сторонам света, ведь он направлен «от реки» и как бы перпендикулярен Днепру, следовательно, Крещатик укажет на запад? И соответственно главная улица города Ярослава, «кардо»,

уходящая вверх от Майдана, ведет на север? Так у Асеева. Увы, Крещатик ведет скорее к югу, чем к западу, а вектор Софийская–Сретенская, соответственно, склоняется ближе к западу, а не северу.

Отсюда первая погрешность: Софийская–Сретенская это не кардо города Ярослава, но исходя из ориентации восток–запад — декуман. Соответственно, кардо это нынешняя улица Владимирская. Скорее всего, Юрий Сергеевич не придавал значения таким частностям, ибо от толкований «кардо–декуманус» мало что зависело в его реконструкциях храмов Киевской Руси.

Рисунок 7. План Верхнего Киева XI–XIII вв. по Ю. Асееву. Ворота: 1 — Золотые; 2 — Жидовские (Львовские); 3 — Софийские; 4 — Лядские (Печерские); 5 — Киевские; Д — Десятинная церковь; С — собор Св. Софии; М — Михайловский Златоверхий собор; И — Ирининский монастырь; Г — Георгиевский монастырь

Вторая неточность в приведенной Асеевской цитате заключается в допущении того, что большой город Ярослава, закладывался как церковь (в данном случае, как Софийский собор), исходя из ориентации на «летний восток» или как-то еще календарно-астрономически, например, по святам. Да, именно так обычно закладывались церкви на Руси: в день тезоименитого святого в будущем алтаре храма устанавливался крест, и с восходом солнца тень от креста указывала направление главного нефа при разметке здания. Но для большого города направление главных улиц задается не «восходом солнца», а преимущественно функциональными нуждами, топографией и расположением основных дорог

(как мы видели на примере виа Эмилия), соблюдая при этом взаиморасположение двух главных улиц — в античном и византийском городе — под прямым углом. О несовпадении времени закладки киевского Софийского собора и города Ярослава свидетельствует нелепое, с градостроительной точки зрения, расположение собора по отношению к главному перекрестку города (пересечению кардо и декуманус), это нынешняя Софийская площадь. Собор обращен к площади тыльной стороной, не главным входом, но апсидами. В Константинополе, в свою очередь, Айя-София обращена к главному перекрестку города лицом, то есть главным фасадом.

Рисунок 8. Абрагам ван Вестерфельд. Апсиды Софийского собора, вид с главного перекрестка города Ярослава, 1651 г.

Киевский летописец сообщает о заложении города Ярославом в 6545 году (1037 г. н. э.). Мнения же исследователей о начале строительства Св. Софии расходятся, так как некоторые граффити внутри собора датируются более ранними датами. Поэтому более ранним, гипотетическим годом заложения храма называют 1017-й [1, 4, 11, 13, 16]. В данном случае городская планировка лишь подтверждает высокую вероятность заложения собора прежде города Ярослава. Для большой Софийской церкви было выбрано лучшее возвышенное место «на поле вне града», там, где только что побили половцев, 1017 год. Это место рядом с дорогой, ведущей от Киевских ворот у Бабиного торжка в новый город на южном кордоне князя Владимира — Василев. То есть вектор север–юг, на нем вскоре, в 1037 году, расположится будущее кардо города Ярослава.

В свою очередь во время закладки вокруг Св. Софии нового Ярославова города перпендикулярная ось восток–запад соединила Лядские и Жидовские ворота. И поскольку это произошло уже после начала строительства Софии, перетянуть планировочный вектор (декуман) длиной 1200 м южнее собора, перед его лицом, у градостроителей не было никакой возможности, конфигурация плато и расположение главных ворот, ориентированных на основные дороги, сделать этого не позволяли.

Золотые ворота Киева и Константинополя

В контексте вышесказанного представляется возможным уточнить градостроительную роль киевских Золотых ворот. Реконструируя расположение оборонительных укреплений города Ярослава, Ю.С. Асеев пишет: «От Львовской площади вал проложен на юго-восток и идет по западным отрогам Старокиевского плато вдоль улицы Ярослав вал до Золотых ворот, выходящих на заболоченную пойму реки Лыбедь. Предместий перед Золотыми воротами не было и важные пути через них не проходили: их сооружение больше носило характер центра триумфального городского фасада, обращенного на юг, в сторону Царьграда» [2, с. 41–43].

Здесь явное противоречие: ворота главные, а дорога неглавная.

Реконструкция античной планировки Киево-Подолы позволяет уточнить контекст и детали. Золотые ворота с надвратной церковью Богородицы Благовещенья действительно были триумфальным фасадом, обращенным в сторону Константинополя и, более того, действительно находились на важнейшем пути, который через нынешние Васильков, Фастов и Каменец-Подольский со II в. н. э. вел к римскому лимесу, с тех пор, как Траяном была завоевана Дакия. Поэтому правильнее отсчитывать путь в обратном направлении, ведь именно из Рима в факторию Азагарий-на-Борисфене пришла технология заложения военного лагеря, следы которого по сей день прочитываются в планировке Подолы. Более того, сама конструкция деревоземляного вала города Ярослава, наряду с многочисленными «змиевыми валами», имеет римское происхождение. За девятьсот лет, прошедших до заложения города Ярослава, эта

технология была хорошо усвоена в Среднем Поднепровье [8, с. 168–179]. В обоих вариантах гипотетического пути римского легиона [т. же, с. 114–127], учитывающих топографию, наличие древних городищ и даже топонимику, конечный отрезок, от Василева до Азагария, проходил единственно возможным образом: через предместье Демиевку, переправу через реку Лыбедь в районе нынешней Лыбедской площади, и далее по трассе современных улиц Большой Васильковской, Антоновича, через Университетский сквер и ул. Владимирскую, Золотые, Софийские и Киевские ворота — к увозу Боричеву, нынешнему Андреевскому спуску, и городу Азагарии.

Отсюда естественным образом вытекает направление главной оси средневекового Киева, наследовавшего Азагарий. Отрезок Владимирской улицы от Киевских ворот (возле Андреевской церкви) и до Золотых ворот, то есть 1200 м, о которых говорит Асеев, представлял собою кардо нового города Ярослава. Если учесть, что увоз Боричев (Андреевский спуск) объединил обе карды, Нижнего и Верхнего города, от Преторианских ворот Азагария до Киевских ворот города Ольги-Владимира, то и сам Андреевский спуск был чем-то вроде «промежуточного кардо» большого Киева X–XIII вв. — интеркардо.

Поскольку Ю.С. Асеев указывал на планировочное сходство Киева и Константинополя, упоминая киевские Золотые ворота, зададимся вопросом, что общего между киевскими и константинопольскими Золотыми воротами? И те и другие устроены во внешней оборонительной системе города, противоположной исходной точке роста города, Днепру и проливу Босфор соответственно. И те и другие расположены на идеологически главной магистрали, ведущей в Рим: в Константинополе — на старой Эгнациевой дороге, в Киеве — на юго-западном пути к Демиевской переправе через Лыбедь. Но если киевские Золотые ворота составляют с архитектурным ансамблем Св. Софии единое целое, то константинопольские удалены от Айя-Софии на пять миль. В конце концов, киевские Золотые — это кардо, а цареградские — декуман.

Нулевая миля в Константинополе и Почтовая в Киеве

Главная протяженная улица Константинополя, в функции декумана ведущая от пролива Босфор на запад, по-гречески называлась Месой, Срединной улицей, которая как биссектриса разделяла полуостров на две равные части [7, с. 126, 129, 135]. Продолжая киево-константинопольский ряд, «Месой» античного Азагария можно назвать подольскую улицу Хорива, по двум признакам. Она максимально приближена к декуману Азагария и в сегодняшней планировке буквально с ним совпадает на отрезке от церкви Николы Притиска до «домика Петра». Во-вторых, также как константинопольская Меса, она ведет от устья главной гавани города (в Константинополе — Золотой Рог, в Киеве — Почайна) на восток, к центру города. В Киеве — к Вознесенскому спуску/въезду на гору Хорива (средневековый

Копырев конец и торговый район Жидове в окрестностях нынешней Львовской площади) [8, с. 219].

В свою очередь, расположение кардо Азагария очевидно из реконструкции подольского каструма, о чем сказано выше. Можно ли найти кардо великого Константинополя в живописном плане современного Стамбула? В расцвете могущества Царьград это уже не античный, а средневековый город с почти миллионным населением, и планировка его кажется слишком

сложной и запутанной. Однако если опереться на базовые планировочные принципы римского, а затем ромейского города — «кардо и декуманус» — многие как бы случайно висящие в воздухе городского плана объекты начинают обретать свое единственно возможное положение. В данном случае подсказкой служит так называемая Нулевая миля или Миллион.

Рисунок 9. Миллион или Нулевая миля в Константинополе в 330 г. н. э., реконструкция

Это тетрапилон, постройка о четырех столбах и четырех портиках, возводимая в стратегически важных городах на перекрестке главных дорог и служившая символом величия Рима (например, тетрапилоны в Лептисе-Магне, Капарре, Пальмире, Рутупиях, Сармизегетузе, Тевесте, Тимгаде и т. д.). Тетрапилон — что-то вроде триумфальных ворот, которые на все четыре стороны, четырехпутная арка. Нулевую милю в Византии/Новом Риме построил Константин Великий при переносе сюда столицы Римской империи, в 330-м [9, с. 150–151]. На сторонах константинопольского тетрапилон были высечены

цифры в милях, обозначавшие расстояния до городов Империи. На его фризах неслучайно располагались барельефы, изображавшие фрагменты состязаний на ипподроме. Ипподром, центр политической жизни города, находился непосредственно к югу от Миллиона, а к северу от него — древний акрополь Византия. Ось акрополь–ипподром — это и есть константинопольская карда. Из-за особенностей топографии и учитывая существовавшие до Константина строения Византия, в плане ось сильно повернута по часовой стрелке на северо-восток. Вместе с Месой они пересекаются в Нулевой миле.

Рисунок 10. Кардо и декуман на плане Константинополя V в. н. э.: CC — кардо; DD — декуман; 1 — Нулевая миля; 2 — Айя-София; 3 — Золотые ворота; 4 — Влахернский императорский дворец. Реконструкция Б. Ерофалова, 2021 г.

Итак, мы рассмотрели, что такое кардо и декуман как градостроительный принцип и какой отпечаток они оставили в планировке и устройстве исторического центра Киева и Константинополя.

Закрепим следующее. Кардо или карда — осевая городская магистраль, максимально приближенная к направлению север–юг и имеющая векторные характеристики, некое преимущественное направление — функциональное, идеологическое и композиционное.

Декуман (мы поддержим благозвучную транскрипцию термина, без латинского окончания “s”) — это прямая городская магистраль, перпендикулярная карде, с ориентацией восток–запад, обладающая признаками городского центра и связанная с главными внешними дорогами.

Если использовать римскую грамотическую (планировочную) терминологию и допустить существование некоего большого кардо в Киеве нового времени, знаменательное решение В. Беретти, который, располагая в 1834 году комплекс Университета, спланировал улицу Большую Владимирскую (от города Владимира до ун-та Св. Владимира) как главную улицу нового «регулярного» — классицистического — Киева и, сам того не подозревая, одновременно как продолжение большой столичной карды II–XI вв., Азагария и Ярославова Киева.

Однако с середины XIX в. старая линия кардо (отрезок Константиновской на Подоле + Андреевский спуск + ул. Большая Владимирская) на роль новой общегородской оси не подходит в первую очередь потому, что центр города сместился к югу, присоединив к себе Печерск, и новой осью север–юг стала улица, проложенная в тальвеге, на границе Старого Киева и Липок — Крещатик. Так же, как Большая Владимирская через Андреевский спуск вливалась в Подол, Крещатик не менее последовательно соединялся с Контрактовой площадью (бывшим форумом Азагария) посредством Владимирского спуска. Неслучайно в начале XIX в. именно от почтовой станции на изломе Александровской улицы (Почтовая площадь) отсчитывались версты до Киева.

Это была киевская «Нулевая миля». В XX веке Почта переместилась непосредственно на Крещатик.

Таким образом, сегодня функцию «кардо» большого Киева выполняют Крещатик и Большая Васильковская. Равновеликая поперечная ось восток–запад окончательно сложилась лишь во второй половине XX в. — с прокладкой бульвара Леси Украинки, дополнившей бульвар Т. Шевченко. То есть новый «декуман» Киева — это своего рода Бульварная магистраль, пересекающаяся с Крещатиком в Бессарабском узле.

Рисунок 11. Смещение кардо и декумана Киева в XX столетии (на подоснове 1943 г.):
АА — кардо Азагария; ЯЯ — кардо города Ярославля; АЯ — интеркардо города Ярославля;
ЯВ — кардо 1834 г. (ул. Владимирская); КК — новая карда Киева; ДД — новый декуман;
Б — Бессарабский узел; КА — новое интеркардо (Владимирский спуск); Дн — переправа через Днепр
(локация современного моста им. Е. Патона). Реконструкция Б. Ерофалова, 2021 г.

Безусловно, можно многократно усомниться в правомерности применения римско-византийских градостроительных понятий «кардо» и «декуман» по отношению к современному городу.

Однако планировочная структура центральной части Киева в пределах междуречья Днепра и Лыбеди сложилась не в одночасье, но на протяжении

двух тысячелетий последовательного городского развития, поэтому базовые принципы, определившие ее основные черты и направления роста, критически важны для понимания урбанистической конструкции города по сей день.

Список литературы:

1. Асеев Ю.С. Про дату будівництва київського Софійського собору // Археологія. К., 1979. Вип. 22. С. 3–12.
2. Асеев Ю.С. Архитектура древнего Киева. К., 1982.
3. Бунин А.В. История градостроительного искусства: в 2 т. М., 1953. Т. 1. Рабовладельческий строй. Феодализм. Капитализм.
4. Всеобщая история архитектуры: в 12 т. М.; Л., 1966. Т. 3.
5. Дворецкий И.Х. Латинско-русский словарь: ок. 50 000 слов. М., 1986.
6. Ерофалов Б., Шалыгин А. Римский Киев, или Castrum Azagarium на Киево-Подоле // А+С.К., 2012. № 3–4. С. 126–149.
7. Ерофалов Б. Исторический ландшафт Киева // А+С.К., 2018. № 1–2. С. 64–93.
8. Ерофалов Б.Л. Римский Киев, или Castrum Azagarium на Киево-Подоле. К., 2019. ISBN 978-617-7765-01-0
9. Ерофалов Б.Л. Из Киева в Константинополь, или Автопробег из варяг в греки. К., 2020. ISBN 978-617-7533-56-5
10. Костюкович Е.А. Еда: итальянское счастье. М., 2007.
11. Логвин Г.Н. Новые исследования древнерусской архитектуры // Стр-во и архитектура. К., 1978. № 8. С. 30.

12. Полибий. Всеобщая история: в 3 т. / пер. Ф.Г. Мищенко. СПб., 1890. Т. I (кн. I–V).
13. Поппе А. Графіті й дата спорудження Софії Київської // Укр. історичн. журнал. К., 1969. № 6. С. 103.
14. Птолемей, Клавдий. Руководство по географии // Античная география. М., 1953.
15. Тверской А.М. Русское градостроительство до конца XVII века. Л.; М., 1953.
16. Толочко П.П. Древний Киев. К., 1976.
17. Domaszewski, A. von. Hygini Gromatici, Liber De Munitionibus Castrorum. Leipzig, 1887.
18. Frontin. Kriegslisten. Lateinisch und Deutsch von Gerhard Bendz. Berlin, 1978.

ТРАНСПОРТНОЕ, ГОРНОЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12272

ВЛИЯНИЕ СОСТОЯНИЯ ПРИЗАБОЙНОЙ ЗОНЫ ПЛАСТА
НА ПРОЦЕСС АДсорбЦИИ ВЕЩЕСТВА*Досказиева Гулсин Шариповна**канд. техн. наук, профессор,
НАО «Атырауский Университет Нефти и Газа имени С. Утебаева»
Республика Казахстан, г. Атырау
E-mail: doskaziyeva.gulsin@gmail.com**Имангалиева Гульнар Есеновна**канд. техн. наук, профессор
НАО «Атырауский Университет Нефти и Газа имени С. Утебаева»
Республика Казахстан, г. Атырау
E-mail: gulnar-imangalieva@mail.ru**Тулегенова Олимпиада Шахмуратовна**канд. техн. наук, профессор,
НАО «Атырауский Университет Нефти и Газа имени С. Утебаева»,
Республика Казахстан, г. Атырау
E-mail: olympiada70@mail.ru*INFLUENCE OF THE STATE OF THE BOTTOM-HOLE ZONE OF THE FORMATION
ON THE PROCESS OF ADSORPTION OF THE SUBSTANCE*Gulsin Doskaziyeva**Candidate of Technical Sciences, professor,
Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev
Kazakhstan, Atyrau**Gulnar Imangalieva**Candidate of Technical Sciences professor,
Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev,
Kazakhstan, Atyrau**Olimpiada Tulegenova**Candidate of Technical Sciences professor
Atyrau University of Oil and Gas named after S. Utebaev,
Kazakhstan, Atyrau*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрено изменение концентрации вещества на сорбенте по радиусу при различных значениях скин- фактора, а также изучения влияние скорости фильтрации на величину адсорбции твердыми фазами

ABSTRACT

This article considers the change in the concentration of the substance on the sorbent along the radius at different values of the skin factor, as well as studying the effect of the filtration rate on the amount of adsorption by solid phases

Ключевые слова: нефть, ПАВ, адсорбция, сорбент.

Keywords: oil, surfactant, adsorption, sorbent.

Для изучения влияния скорости фильтрации на величину адсорбции твердыми фазами рассмотрим

стационарное уравнение диффузии массы при наличии зависимости [1]:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} [(rD_m + \lambda v) \frac{\partial c}{\partial r}] - v \frac{\partial c}{\partial r} = 0 \quad (1)$$

Рассмотрим случай стационарного режима фильтрации раствора с расходом Q_0 , тогда имеем:

$$v = q_0 / r, (q_0 = Q_0 / 2\pi h) \quad (2)$$

Поставляем выражение v из (1) в уравнение (2) и интегрируем при граничных условиях $c = c_2$ при $r = R_c$, $c = 0$ при $r = R_1$. Тогда имеем

$$\frac{c}{c_2} = \frac{(\xi + \theta)^{-q} - (\bar{r} + \theta)^{-q}}{(\xi + \theta)^{-q} - (1 + \theta)^{-q}},$$

где $\bar{r} = r / R_c$, $q = q_0 / D_m$, $\theta = \lambda q_0 / D_m R_c$

На рисунке 1 а-в представлены графики изменения относительной концентрации $c^* = c / c_2$ от радиуса пласта (отнесенного к радиусу скважины R_c) при различных значениях безразмерных параметров q и θ .

Из анализа кривых следует, что интенсивность снижения концентрации вещества от расстояния существенно зависит от параметра θ , прямо пропорционального расходу жидкости q_0 и дисперсии и обратно пропорционального коэффициенту молекулярной диффузии D_m и радиусу скважины. Рост отношения расхода жидкости q_0 к коэффициенту диффузии (параметр q) приводит к интенсивному падению концентрации по радиусу пласта.

Рисунок 1. Зависимости относительной концентрации c^* от расстояния (отнесенного к радиусу скважины) для $q = 0.02$ (а), $q = 0.1$ (б), $q = 2$ (в) при различных значениях θ : $\theta = 0,01$ (1-черные), $\theta = 1$ (2-синие), $\theta = 5$ (3-зеленые), $\theta = 50$ (4-красные)

Массообмен между веществом и твердой фазой описывается уравнением кинетики или изотермой (в условиях равновесия) [2].

В равновесных условиях, когда контакт между раствором и твердой фазой поддерживается достаточно длительное время, соотношение между концентрациями вещества в растворе c и на сорбенте N определяется изотермой сорбции или ионного обмена. Для физической адсорбции часто используют изотерму Ленгмюра:

$$\frac{N}{N_0} = \frac{ck_\alpha}{1 + ck_\alpha}$$

где N_0 - обменная емкость сорбента при насыщении в условиях равновесия с раствором концентрации c_0 , k_α - константа, характеризующая сорбирующую способность твердой фазы.

Результаты расчетов изменения отношения $N^* = N/N_0$ от расстояния для $q = 2$ различных значений параметров θ и k_α представлены на рисунке 2.

Значительное влияние на величину концентрации вещества на сорбенте оказывает параметр θ , этот особенно видно при больших значениях константы k_α (рисунок 2 г - красные линии).

При этом существенно меняется ход кривых. При больших значениях параметра θ концентрации вещества по радиусу практически остается постоянной величиной (рисунок 2 г - красные линии). Иная картина наблюдается при малых значениях θ , где процесс адсорбции прекращается на незначительных расстояниях от поверхности скважины.

Если вдавливание жидкости в пласт реализуется под действием постоянного давления (репрессии), то расход жидкости определяем по формуле

$$Q = 2\pi\varepsilon_n \Delta p \eta$$

$$(\eta = \ln(R_k / R_c) / [\ln(R_k / R_c) + S])$$

Тогда параметры q и θ определяются по формулам:

$$q = \frac{\varepsilon_n \Delta p}{h} \eta, \quad \theta = \frac{\lambda \varepsilon_n \Delta p}{R_c D_m} \eta$$

Рисунок 2. Изменения отношения $N^* = N / N_0$ от расстояния r для $k_\alpha = 0.1$ (а), $k_\alpha = 10$ (б), $k_\alpha = 100$ (в) и различных значений параметров θ : $\theta = 0,01$ (1-черные), $\theta = 1$ (2-синие), $\theta = 5$ (3-зеленые), $\theta = 50$ (4-красные)

На рисунке 3 и 4 показаны изменения приведенной концентрации c^* и N^* по радиусу при различных

значениях показателя скин- фактора S , где в расчетах

принято $\frac{\varepsilon_n \Delta p}{h} = 1$, $\frac{\lambda \varepsilon_n \Delta p}{R_c D_m} = 1$, $k_\alpha = 20$

Рисунок 3. Изменение концентрации вещества в растворе $c^* = c / c_2$ по радиусу при различных значениях скин- фактора S : $S = -5$ (черные), $S = 0$ (синие), $S = 5$ (зеленые), $S = 20$ (красные)

Рисунок 4. Изменение концентрации вещества на сорбенте $N^* = N / N_0$ по радиусу при различных значениях скин- фактора S : $S = -5$ (черные), $S = 0$ (синие), $S = 5$ (зеленые), $S = 20$ (красные)

Видно, что с ростом показателя скин- фактора в околоскважинной зоне темп падения концентрации вещества в растворе и на сорбента по радиусу уменьшается. При больших значениях показателя скин-фактора по всей зоне сорбирующая способность вещества твердой фазой практически остается постоянной (рисунок 4 - красные линии).

Таким образом, ухудшение состояния призабойной зоны пласта, что связано с снижением гидродинамического притока жидкости может привести к усилению процесса адсорбции вещества твердой фазой и снижению темпа падения концентрации вещества в растворе по радиусу этой зоны.

Список литературы:

1. Г.А. Бабалян, И.И. Кравченко. Адсорбции ПАВ в процессах добычи нефти. М.Недра, 1971. 159 с.
2. Досказиева Г.Ш., Имангалиева Г.Е., Тулегенова О.Ш. Математическое моделирование процессов изменения фильтрационных-емкостных свойств (ФЕС) околоскважинной зоны пласта - Атырау/: - Атырауский Университет Нефти и Газа имени Сафи Утебаева, 2019.- 103 с.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОДОВОЛЬСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12281

ТЕХНОЛОГИЯ КОНСЕРВИРОВАНИЯ ПОРТУЛАКА ОГОРОДНОГО**Муминов Улугбек Одилжонович**

преподаватель,
Наманганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: muminovu655@gmail.com

Атаханов Шухратжон Нуриддинович

канд. техн. наук, доцент,
Наманганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: atahanovshn@mail.ru

Мамаджанов Латифжон

канд. биол. наук, доцент,
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: mador03@mail.ru

Мирабдуллаев Нуриддин Хамидулло угли

сотрудник,
Наманганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: mirabdullayevnuriddin34@gmail.com

Акрамбоев Расулжон

PhD (d.n),
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: rasuljonakrambayev1@gmail.com

Тухтабоева Юлдуз

PhD (d.n)
Наманганский государственный университет
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: yulduztoxtaboyeva@gmail.com

CANNING TECHNOLOGY FOR PURSLANE**Ulugbek Muminov**

Teacher,
Namangan State University
Republic of Uzbekistan, Namangan

Shukhratjon Ataxanov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,
Namangan State University
Republic of Uzbekistan, Namangan

Latifjon Mamadjanov

Candidate of Biol. Associate Professor
Namangan State University
Republic of Uzbekistan, Namangan

Nuriddin Mirabdullaev

*Co-worker,
 Namangan State University
 Republic of Uzbekistan, Namangan*

Rasuljon Akraaboev

*PhD (d.n),
 Namangan State University
 Republic of Uzbekistan, Namangan*

Yulduz Tukhtaboeva

*PhD (d.n)
 Namangan State University
 Republic of Uzbekistan, Namangan*

АННОТАЦИЯ

Статья посвящена консервированию нетрадиционного сырья портулака огородного. Описание полезных свойств и химический состав портулака. Приведены рецептура и технологическая схема консервирования этого нетрадиционного вида сырья, произрастающего в Узбекистане.

ABSTRACT

The article is devoted to the conservation of unconventional raw materials of the garden purslane. Description of useful properties and chemical composition of purslane.

The formulation and technological scheme of conservation of this unconventional type of raw material growing in Uzbekistan are given.

Ключевые слова: портулак, сырьё, армянский огурец, технология, консерво, аромат.

Keywords: purslane, raw materials, Armenian cucumber, technology, canned food, aroma.

Введение

Обеспечение населения продуктами питания стало актуальной проблемой современности. В связи с этим расширение ассортимента выпуска этой продукции является важнейшей задачей пищевиков. Особенно в условиях нашей страны, где растут много видов и дают обильные урожаи овощей и фруктов и требует своевременного консервирования. А для расширения ассортимента надо будет вести научно-исследовательские работы по консервированию нетрадиционного сырья. Целью исследований является разработка рецептуры и технологических схем консервов из нетрадиционного сырья. Раньше мы привели технологию консервирования армянского огурца, а эта статья посвящена консервированию портулака огородного [1,2].

Объекты и методы исследований

Объектами исследований является нетрадиционное сырьё, которое растет в климатических условиях нашей страны, но обычно не принято их консервировать.

В качестве методов исследований использовали методы анализа, систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Растение, которого мы будем консервировать, встречается как сорняк среди возделываемых культур и очень неприхотлив. Стебли растения сочные, мясистые, с длиной до 60 сантиметров, на поверхности земли они немного приподняты. Расположены

спиралеобразно, а верхние супротивные. Цветки очень мелкие, желтого цвета. Они, собираясь в пучки, выглядят очень красиво. Растение по химическому составу является очень богатым, что превосходит многие растения и не могут быть ему конкурентом в этом отношении. Состав растения содержит много ценных углеводов и представлен из разнообразных сахаров. Также, растение содержит много каротиноидов, которые являются предшественниками витамина А. В них много веществ антикоагуляционного действия, которые препятствуют образованию тромбов. Помимо этих, портулак богат жирными кислотами флавоноидами, стероидами, алкалоидами и других биологически активными веществами.

Помимо этого, в портулаке содержится большое количество различных групп. Считают, что портулак является гением народной медицины. Не только своими целебными свойствами отличается это растение, его с успехом применяют в кулинарии многих народов. В кулинарии применяют в основном траву портулака, которая отличается терпким ароматом и вкусом. Чаще всего они входят в состав супов и острых салатов. Все эти положительные свойства растения наводит мысль доставить его на стол потребителей в консервированном виде.

Для консервирования рецептура и технологическую схему подбирали согласно [1,4].

Рецептура (в процентах)			
Портулак	72	Соль поваренная	4,0
Чеснок	4	Уксус виноградный	2,0
Базилик столовый	4	Аспирин	0,5
Перец горький	0,5	Вода	12,43
Хрен	0,5	Тмин	0,02
		Гвоздика	0,05
		Итого:	100

Рисунок 1. Технологическая схема консервирования портулака огородного

Заключение

Проведенные дегустации потребителями и специалистами отрасли показали, что консервированный портулак имеет высокие органолептические показатели. Т.к. в отличие от предыдущих рецептов, в данной

рецептуре использовано сырьё улучшающий вкус, запах. Цвет и консистенцию готового продукта. Рецепт консервированного портулака был разработан на основании проведенных экспериментов в лаборатории кафедры.

Список литературы:

1. Разработка технологии консервов из нетрадиционного вида сырья. У. Муминов, Ш. Атаханов, Ш. Отаханов Л. Мамаджанов и др. Материалы Межд. Научн. Конф. «Инновационные стратегии по интенсивному восстановлению малого и среднего сельского хозяйственного, садоводческого и цветочного бизнеса после пандемии Covid-19» Наманган, 2021., 97-99.
2. Разработка технологии консервированных продуктов из нетрадиционного сырья. Л. Мамаджанов, Ш. Атаханов и др. Тез. Конф. «Роль международных фермеров во внедрении инновационных технологий в интеграции производства, науки и образования в сельском хозяйстве». Наманган, 2021-183 с.
3. Фламенбаум Б-Л Основы консервирования. М.; Пищевая промышленность, 1996-546 с.
4. Сборник рецептов консервов. М.; Пищевая промышленность, 1996-410 с.

**ИЗУЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА
ТОПИНАМБУРА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МАРГАРИНА****Салижанова Шахнозахон Дилмуродовна***доктор философии (PhD),
Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Рузубаев Акбарали Турсунбаевич***канд. техн. наук, доцент,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: akbar216@mail.ru***Бурхонова Малика Мирмухиддин кизи***докторант,
Ташкентский химико-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Хакимова Зулфияхон Азизовна***докторант,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент***Гаипова Шахнозахон Саидазим кизи***докторант,
Ташкентский химико-технологический институт
Республика Узбекистан, г. Ташкент***STUDYING THE POSSIBILITY OF USING THE WATER EXTRACT
OF JERUSALEM ARTICHOKE IN THE PRODUCTION OF MARGARINE****Shakhnozakhon Salijonova***Doctor of Philosophy (PhD),
Tashkent Chemical-Technological Institute
Uzbekistan, Tashkent***Akbarali Ruzibayev***Candidate technical sciences, docent,
Tashkent Chemical-Technological Institute
Uzbekistan, Tashkent***Malika Burkhanova***PhD student,
Tashkent Chemical-Technological Institute,
Uzbekistan, Tashkent***Zulfiyakhon Khakimova***PhD student,
Tashkent Chemical-Technological Institute
Uzbekistan, Tashkent***Shakhnozakhon Gaipova***PhD student,
Tashkent Chemical-Technological Institute
Uzbekistan, Tashkent*

АННОТАЦИЯ

В статье представлены результаты анализа возможности добавления в рецептуру маргарина водного экстракта топинамбура вместо воды. Изучены физические и коллоидно-химические свойства водного экстракта топинамбура и сопоставлены со свойствами водного раствора инулина. На основании полученных результатов было определено, что экстракт может быть использован для получения эмульсионных продуктов.

ABSTRACT

The article presents the results of the analysis of the possibility of adding an aqueous extract of Jerusalem artichoke instead of water to the margarine formulation. The physical and colloidal-chemical properties of an aqueous extract of Jerusalem artichoke were studied and compared with the properties of an aqueous solution of inulin. Based on the results obtained, it was determined that the extract can be used to obtain emulsion products.

Ключевые слова: маргарин, топинамбур, коллоидно-химические свойства, водный экстракт клубней топинамбура, пищевые волокна, динамическая вязкость, концентрация, плотность.

Keywords: margarine, Jerusalem artichoke, colloidal-chemical properties, aqueous extract of Jerusalem artichoke tubers, dietary fiber, dynamic viscosity, concentration, density.

Маргарин представляет собой эмульсию воды в жире, содержащую до 60-82% жира, а в низкокалорийных марках - до 20-40%. Было проведено много исследований для улучшения рецептуры маргарина, его приготовления и обработки. Сегодня проводятся обширные исследования по уменьшению содержания жира в маргарине, замене части жира заменителями жира, обогащению его различными функциональными добавками [2, 3, 6, 7]. Рецепт таких маргаринов содержит мальтодекстрины, модифицированный крахмал, сок растений ксантана и другие желирующие массообразующие вещества, которые имеют функцию замены части жира, тем самым снижая калорийность на грамм маргарина. В некоторых патентах такая проблема частично решена введением инулина в рецепт [5].

Инулины относятся к классу пищевых волокон, называемых фруктанами, который относится к типу

растворимой клетчатки. Растворимые волокна в воде образует гелеобразный материал. Некоторые растворимые волокна помогают снизить уровень холестерина и глюкозы в крови. Инулин чаще встречается в растениях, но его состав и степень полимеризации могут быть разными. В настоящее время основным сырьем для получения инулина является корень сахарина. Содержание инулина в сахарине достигает до 20% [4].

Из природных источников инулина наиболее перспективным является топинамбур (*Hellanthus tuberosus* L.). Он имеет следующие преимущества: дешевле выращивать, урожайность высокая, устойчива к холоду и засухе, не накапливает вредные вещества. Топинамбур содержит около 22% инулина относительно сырого веса [1].

Рисунок 1. Зависимость поверхностного натяжения водного раствора инулина (1) и экстракта топинамбура (2) от концентрации сухого вещества

При разработке рецептур и технологий производства пищевых продуктов, особенно продуктов на масляной основе, потребуются коллоидно-химические свойства используемых добавок. Знание этих параметров позволяет нам прогнозировать наилучшую

совместимость веществ в продукте, а также его органолептические свойства. Данных о коллоидно-химических свойствах водного экстракта топинамбура недостаточно. Поэтому была изучена зависимость поверхностного натяжения водного экстракта

топинамбура, полученного в лабораторных условиях и ее результаты были сопоставлены со значениями водного раствора инулина. Полученные результаты показаны на рисунке 1.

На рис. 1 представлена кривая поверхностного натяжения на границе воздуха в зависимости от концентрации исследуемых веществ. На основании полученных результатов было обнаружено, что водный экстракт, полученный из топинамбура, обладает высокой поверхностной активностью. Высокое поверхностное натяжение позволяет сделать вывод, что содержащиеся в нем вещества являются

поверхностно-активными веществами, и поэтому его молекулы способны образовывать ассоциации в растворе. Благодаря этой способности водный экстракт топинамбура может использоваться как стабилизатор для различных эмульсий.

Результаты измерения поверхностного натяжения показывают различия в важных физических и химических параметрах, таких как вязкость и плотность. Концентрационная зависимость плотности и динамической вязкости исследуемых веществ представлена на рисунках 2 и 3 соответственно.

Рисунок 2. Зависимость плотности водного раствора инулина (1) и водного экстракта (2) топинамбура от концентрации сухого вещества

При всех концентрациях водного экстракта, полученного из топинамбура, плотность имеет значение больше 1 (рис. 2). При этом проявляются структурные свойства, связанные с накоплением молекул ПАВ в растворе, что подтверждается данными об изменении динамической вязкости (см. рисунок 3). Динамическая вязкость водного экстракта имеет высокие

значения, что связано с полимерной природой инулина и объясняется резким увеличением кривой вязкости при концентрациях выше 30% - образованием молекулярных структур при взаимодействии полимерных цепей.

Рисунок 3. Зависимость динамической вязкости водного раствора инулина (1) и водного экстракта топинамбура (2) от концентрации сухого вещества

Полученные результаты позволяют сделать некоторые предположения об использовании водного экстракта, полученного из топинамбура, при производстве масляно-эмульсионных продуктов. Наличие в нем поверхностно-активных веществ позволяет использовать его в качестве стабилизатора при производстве маргарина. Из-за хорошей растворимости инулина и его способности связывать воду, коллоидная система теряет подвижность и изменяется ее консистенция. Таким образом, экстракт инулина можно использовать в качестве наполнителя и стабилизатора при производстве различных масляных эмульсий.

На основании экспериментов по изучению физико-химических свойств водного экстракта топинамбура были сделаны следующие выводы:

- изучена зависимость поверхностного натяжения полученного водного экстракта от границы воздуха, и ее результаты сопоставлены со значениями водного раствора инулина на основе литературных

данных. На основании полученных результатов было установлено, что водный экстракт топинамбура обладает высокой поверхностной активностью;

- было замечено, что при всех концентрациях водного экстракта топинамбура плотность выше 1. При исследовании его динамической вязкости было обнаружено, что он имеет больше значений чем водный раствор инулина;

- полученные результаты позволяют сделать некоторые предположения об использовании водного экстракта клубней топинамбура при производстве масляно-эмульсионных продуктов. Благодаря наличию в нем поверхностно-активных веществ и хорошей растворимости инулина и его способности связывать воду, он может использоваться в качестве наполнителя и стабилизатора при производстве различных масляных эмульсий.

Список литературы:

1. Голубев В.И., Волкова И.В., Кушалаков Х.М. Топинамбур. Состав. Свойства, способы переработки, области применения. Астрахань: Изд. – полиграф. Комплекс «Волга», 1995. – 81 с.
2. Салижонова Ш.Д., Рузибоев А.Т. Исследования процесса получения маргарина на основе местных жировых сырья // Universum: Технические науки. Научный журнал. - Москва, 2017. – №10(43). – С. 9-11.
3. Ходжаев С., Абдурахимов С., Акрамова Р. Снижение калорийности маргаринов // Химия и химическая технология. - 2020. - №. 3. - С. 76-79.
4. Шендеров Б.А. Пробиотики и функциональное питание. М, 2001. - 95 с.
5. Patent US2006051485 Buttini Roberto, Gazzola Gianluca, Righi Aldo. Margarine-like food composition with reduced fat content. 30 Jun 2005.
6. Rahimov D.P., Salijanov SH.D., Ruzibaev A.T., Achilova S.S., Sanaev E.SH. Opredeleniye optimalnogo temperaturnogo rezhima pri okhlazhdenii kristallizacii v proizvodstve margarina dlya sloenogo testa. Universum: himiya i biologiya. 2019;66(12):95-100.
7. Sh. Salijanov, A. Ruzibayev, D. Rakhimov, Z. Xusanov. Water-soluble jerusalem artichoke extracts as fat replacer in dietary margarine recipe // Chemistry and chemical engineering. 2020. – №. 3. – С. 11.

DOI - 10.32743/UniTech.2021.90.9.12261

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕТРАДИЦИОННОГО СЫРЬЯ
В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦУКАТОВ****Тошпулатов Бунёд Собитхон угли**

младший научный сотрудник,
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: bunyod32@gmail.com

Рахмонов Дилишод Ортиқбоевич

канд. техн. наук, доц.,
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: dilshodbek1980@mail.ru

Нишоннов Уткирали Рахматиллаевич

ассистент,
Наманганский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: nishanov@gmail.com

Отаханов Шокиржон Шухратжон угли

сотрудник,
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган
E-mail: atahanovshn@mail.ru

Атаханов Шухратжон Нуриддинович

канд. техн. наук, доц.,
Наманганский государственный университет,
Республика Узбекистан, г. Наманган

**PROSPECTS FOR THE USE OF UNCONVENTIONAL RAW IN THE PRODUCTION
OF CANDIED FRUITS****Bunyod Toshpulatov**

Junior researcher,
Namangan State University,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Dilshod Rakhmonov

Candidate of Technical Sciences Associate Professor,
Namangan State University,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Ўtkirali Nishonov

Assistant,
Namangan Engineering and Technological Institute,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Shokirjon Otakhanov

Co-worker,
Namangan State University,
Republic of Uzbekistan, Namangan

Shukhratjon Atakhanov*Candidate of Technical Sciences Associate Professor,
Namangan State University,
Republic of Uzbekistan, Namangan*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрены вопросы использования нетрадиционного сырья в производстве цукатов. Приведен краткий анализ по использованию нетрадиционного сырья в перерабатывающей и пищевой промышленности. Даны пути использования нетрадиционного сырья в производстве цукатов.

ABSTRACT

The article deals with the use of non-rational raw materials in the production of candied fruits. A brief analysis of the use of non-traditional raw materials in the processing and food industries is presented. Dean ways of using unconventional raw materials in the production of candied fruits.

Ключевые слова: нетрадиционное сырье, кожура ореховая, арбузные корки, тыквенные цукаты, оптимизация, вторичный ресурс, химический состав, технологический процесс.

Keywords: non-traditional raw materials, nut peel, watermelon peels, candied pumpkin, optimization, secondary resource, chemical composition, technological process.

Введение

С ростом населения земного шара на первое место выходят проблемы обеспечения людей продуктами питания. Известно, что запасы земли тоже неисчерпаемы. По расчетам специалистов, земля может прокормить около 5–6 тысяч человек. Проблема усугубляется тем, что в последние годы чувствуются пагубные факторы, влияющие на климат, которые приведут к наводнениям или к засухе, уменьшению плодородности земли, влияющие на объемы заготавливаемых сельскохозяйственных продуктов. Вышеуказанные проблемы ставят перед человечеством задачу по поиску новых видов и источников нетрадиционного сырья для обеспечения и расширения ассортимента продуктов питания, в том числе цукатов. Разработка и внедрение технологий и новых видов цукатов из нетрадиционного сырья способствуют ускорению научно-технического прогресса в отрасли, интенсификации технологических процессов, повышению эффективности, расширению ассортимента цукатов, повышению их пищевой и лечебной ценности, рациональному использованию пищевых ресурсов, созданию новых видов цукатов для профилактического назначения.

В перерабатывающей промышленности нетрадиционное сырье используют для создания новых рецептур на их основе (к примеру, цукатов) или в качестве добавки для повышения пищевых и лечебных свойств, а также для снижения стоимости готовых продуктов. Целью исследований являются анализ систематизации и обобщение литературных данных отечественных и зарубежных исследований об использовании нетрадиционных видов сырья в перерабатывающей промышленности, в том числе в производстве цукатов.

Объектами и методами исследования являются научные данные отечественных и зарубежных источников, патенты, нормативная документация. В качестве методов исследования использовали методы анализа-синтеза систематизации и обобщения.

Результаты и их обсуждение

Критический анализ материалов отечественных и зарубежных ученых, патентов и нормативно-технических документов показывает, что оценка технологических решений при производстве продуктов питания из нетрадиционных видов сырья определена нижеприведенными факторами:

- поиск новых видов нетрадиционного сырья, обладающих ценным химическим составом и пищевой ценностью;
- изучение свойств нетрадиционных видов сырья, его безвредности при потреблении, объемы заготовки;
- разработка и оптимизация параметров технологических процессов производств, подготовки видов сырья, рецептур и технологических схем новых продуктов;
- изучение изменения химического состава и функционально-технологических свойств нетрадиционных видов сырья путем целевого воздействия на его отдельные ингредиенты.

Отечественные и зарубежные ученые на протяжении многих лет продолжают поиск новых видов нетрадиционного сырья, которые способствовали бы расширению ассортимента, снижению себестоимости готового продукта и были новыми изделиями профилактического назначения. Многие исследовательские работы посвящены нетрадиционным видам сырья, таким как вторичные сырьевые ресурсы. В работах отечественных и зарубежных ученых [2; 7; 5; 9; 4; 6] можно увидеть исследовательские работы соковых выжимок для улучшения и обогащения различных видов блюд и кулинарных изделий минералами, витаминами, пищевыми волокнами, пектином. Многие исследовательские работы авторов посвящены извлечению питательных веществ из вторичного сырья, образованного после переработки [6; 11; 1; 3; 8]. Все эти исследовательские работы направлены на экономию первичного сырья или получение различных пищевых добавок (пектина, желатина, белка и др.), которые используются при

производстве различных продуктов. Были проведены также исследовательские работы по использованию нетрадиционного сырья в молочной промышленности (молочная сыворотка, пахта, обезжиренное молоко и т.д.), мясной промышленности (кости, хрящ и т.д.). На основе этих исследований также были получены новые виды продуктов и различные виды пищевых добавок.

Нами были изучены возможности использования кожуры греческих орехов, тыквы, дыни и арбуза. Эти виды нетрадиционного сырья образуются у нас в республике достаточно часто. Изучение их химического состава показывает, что они богаты минералами, витаминами, пищевыми волокнами. К примеру, мясистая зеленая корка-кожура (надплодник) содержит многие органические вещества, дубильные вещества, красящее вещество, юглон, органические кислоты (лимонную, яблочную) и сахара, фосфорнокислый, щавелекислый кальций и др. Из органических веществ, входящих в состав зеленой кожуры,

имеющих большое значение, можно отметить витамин С. Она также содержит минеральные вещества: йод, железо, магний, кобальт, цинк, кальций, витамины А, Е, С, РР, В [3]. Также богата минералами, витаминами, пищевыми волокнами кожура тыквы, арбуза, дыни. Эти нетрадиционные виды сырья образуются в огромных количествах, и оно практически не перерабатывается в нашей республике. На основании проведенных исследований мы предложили технологию приготовления цукатов из кожуры греческих орехов, тыквы, дыни и арбуза. На данные разработки были поданы заявки на изобретение.

Полученные цукаты имели высокие органолептические показатели [10]. Использование этих видов нетрадиционного сырья позволит расширить ассортимент потребляемых блюд, служит снижению себестоимости и созданию продукта лечебно-профилактического и функционального назначения.

Список литературы:

1. Анализ переработки молочной сыворотки и создание перспективных ресурсосберегающих технологий / М.С. Золотарева, М.С. Евдокимов, Д.Н. Вегадин // Наука. Инновации. Технологии. – 2013. – № 1.
2. Гелиотехнологическая линия по производству порошков-полуфабрикатов из вторичного сырья соковых производств / А. Артиков, А. Алиназаров, Ш. Атаханов // Альтернативная энергетика и экология. – 2006. – С. 18–20. Державин Н.А. Целитель – грецкий орех. – СПб. : Респект, 2000.
3. Использование порошка-полуфабриката из соковых выжимок топинамбура для получения мучных кондитерских изделий / Ш. Атаханов, М. Дадамирзаев, Р. Акрамбоев // – 2017. – С. 5–9.
4. Исследование свойств и качества десерта из соковых выжимок топинамбура / Ш. Атаханов, О. Маллабоев, У. Рахимов // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2017. – С. 13–14. Применение нетрадиционного сырья в технологии мучных изделий / Д. Жахангирова, Т.З. Махмудова, Д.Х. Усмонходжаева Ф.Х.
5. Системный анализ технологии получения повидла из вторичного сырья соковых производств / Ш. Атаханов, Р. Акрамбоев, Р. Хожиев // Молодой ученый. – 2015. – С. 240–250.
6. Способ приготовления цукатов из нетрадиционных видов сырья // Заявка на изобретение АР 20020344 / Отаханов Ш., Тургунов Б.С., Дадамирзаев М.Х.
7. Технология переработки соковых выжимок топинамбура для получения пищевых продуктов / Ш. Атаханов, Х. Каноатов, О. Маллабоев // Молодой ученый. – 2016. – С. 55–57.
8. Технология приготовления цукатов из нетрадиционных видов сырья (ореховые гранатовые кожуры) / О.Б. Маматизов // Технические науки: электрон. науч. журн. – 2020. – № 9 (79).
9. Технология производства пектина из выжимок яблок / Д. Жабоева, А.С. Жилова, Р.М. Ширитова // Проблемы развития АПК региона. – 2018. – С. 183–185.

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

ДЛЯ ЗАМЕТОК

Научный журнал

**UNIVERSUM:
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ**

№ 9(90)
Сентябрь 2021

Часть 1

Свидетельство о регистрации СМИ: ЭЛ № ФС 77 – 54434 от 17.06.2013

Издательство «МЦНО»
123098, г. Москва, улица Маршала Василевского, дом 5, корпус 1, к. 74
E-mail: mail@7universum.com
www.7universum.com

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3
16+