

ISSN 2311-4576

ВЕСТНИК

**МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ И СПЕЦИАЛИСТОВ
САМАРСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

- *Авиация и ракетно-космическая техника*
- *Биология*
- *Информатика
и вычислительная техника*
- *История*
- *Математика*
- *Машиностроение
и машиноведение*
- *Приборостроение*
- *Психология*
- *Физика*
- *Химия*

№ 1 (16) 2020

УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С. П. Королева» (Самарский университет)

Главный редактор д-р техн. наук А. Б. Прокофьев

*Журнал издаётся по инициативе
Совета молодых учёных и специалистов Самарского университета*

С 2012 г. полнотекстовая версия размещается
на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU.
Журнал включён в Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)

Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ТУ63-00921
от 27 декабря 2017 г., выдано Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций по Самарской области

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

Канд. экон. наук **Е. А. Блинова**
Канд. юрид. наук, председатель Совета молодых юристов Самарского регионального отделения Общероссийской общественной организации «Ассоциация юристов России» **С. С. Бородин**
Специалист
по делопроизводству **Д. В. Желтоухова**
Аспирант **С. В. Жуков**
Канд. физ.-мат. наук **М. В. Игнатьев**
Канд. хим. наук **К. А. Копытин**
Канд. физ.-мат. наук **Л. В. Курганская**
Канд. филол. наук **Е. А. Нечаева**
Канд. хим. наук **В. И. Платонов**
Аспирант **И. А. Попельнюк**
Канд. физ.-мат. наук **Д. А. Савельев**
Канд. социол. наук **Н. М. Сергеева**
Канд. ист. наук **Д. В. Серых**
Канд. техн. наук **С. В. Сурудин**
Ст. преподаватель **Д. В. Тимошина**
Ст. преподаватель **О. А. Ушмудина**
Канд. физ.-мат. наук **М. А. Шлеенков**

Ответственный редактор –
канд. биол. наук **Е. С. Корчиков**

Цена свободная
Подписано в печать 30.11.2020 г.
Формат 60x84/8
Бумага офсетная. Печать оперативная.
Гарнитура Times New Roman.
Печ. л. 18,875
Тираж 45 экз.
Заказ № 0043

Отпечатано с готового оригинал-макета
в типографии «Прайм»
г. Самара, Байкальский переулок, 12.
Тел. (846) 922-62-90. E-mail: prime.163@mail.ru

Журнал издаётся с 2012 г.
Выходит 2 раза в год

Публикуется в авторской редакции
Оформление выходных данных – Т. А. Мурзинова
Компьютерная верстка, макет – Е. С. Корчиков

Адрес редакции: 443011, г. Самара,
ул. Академика Павлова, д. 1,
Совет молодых учёных и специалистов,
каб. 513 корпуса 22 а

Тел.: +7 (846) 334-54-43
Факс: +7 (846) 335-18-36
E-mail: smuissu@gmail.com
WWW: <http://www.ssau.ru/resources/journals>

*Мнение редакции может не совпадать
с мнением авторов*

ISSN 2311-4576

© Самарский университет, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Авиация и ракетно-космическая техника

Апарин М. П., Юдинцев В. В. Использование аэродинамического торможения при движении возвращаемой первой ступени ракеты-носителя	6
Богданович В. И., Попов Д. Р. Повышение качества вакуумного ионно-плазменного покрытия, полученного электродуговым методом.....	12
Ивашова Т. А. Исследование возможности оценки угловой скорости вращения малого космического аппарата по данным о токе с солнечных батарей.....	17
Кириллов А. В., Воронин В. В. Особенности технического обслуживания и ремонта Airbus A320	23
Пересыпкин К. В., Старкова А. А., Галкина Ю. Е. Проектирование конструкции сухого отсека ракеты-носителя из композиционных материалов в виде оболочки, подкреплённой гофрированным листом	28
Старинова О. Л., Старостина Т. В. Исследование перелёта Земля-Луна космического аппарата на базе платформы CubeSat	35
Фролов В. А., Падорин А. В., Рахманов Р. Б., Адилов М. М., Аксенов К. В. Исследование интерференции фюзеляжа круглого поперечного сечения и крыльев треугольной и трапециевидной форм в плане	39
Щербаков М. С., Ускова Е. А. Выбор орбитальных параметров и исследование устойчивости инспекционного движения по орбитам малой эллиптичности.....	44
Velmozhin D. S. Project of the spacecraft module for biological experiments in artificial gravity.....	51
Zabolotskih T. K. Aus der erfahrung der analyse von beanspruchungskriterien.....	56

Биология

Ванжа И. Д., Фокина М. Е. Исследование фауны хищных млекопитающих Южного Урала в снежный период (на примере окрестностей г. Бакал)	63
Землянцева О. А., Фокина М. Е. Особенности зимовки летучих мышей в системе штолен «Сокские-2».....	72
Сергеев Д. В. Альгофлора озёр Елшань и Моховое Красносамарского лесного массива	78

Информатика и вычислительная техника

Волков С. А. Анализ основных характеристик алгоритмов обработки изображений для звёздного датчика	83
Козлов Д. А. Маскирование данных тепловой съёмки при встраивании цифровых водяных знаков.....	89
Селиверстова М. В., Даниленко А. Н. Web-приложение для совместной разработки компьютерных игр.....	99
Трошин Д. О., Русакова М. С. Разработка мобильного приложения организационного обеспечения соревнований по программированию.....	105
Филатов В. В., Чигарина Е. И. Сравнительный анализ особенностей проектирования и реализации запросов в реляционных и документно-ориентированных базах данных на примере СУБД SQL Server и MongoDB	111

История

Абрашкин С. Н. Воспоминания губернатора Самарской области К. А. Титова как исторический источник	119
Богданов Д. В. Экономическое положение сотрудников ректората Куйбышевского (Самарского) государственного университета в 1990–1993 гг. по штатному расписанию	122
Бувеч М. А. Создание оборонительных систем на юге и юго-востоке европейской России в первой половине XVIII в.	132
Елисеева Е. А. Девиантное поведение в женских монастырях Симбирской епархии второй половины XIX–начала XX вв.	137
Уперчук Р. А., Сачук Д. В. Сравнительный анализ социалистических преобразований в странах третьего мира на примере режимов Насера в Египте и Альенде в Чили: сходства и различия	143
Янцен И. Д. Женская повседневность в СССР в 1920–1930-е гг. (на материалах кинематографических и изобразительных источников)	150
Kroz T. V., Morozkina L. G. L'influence de la culture française sur la culture russe dans la seconde moitié du XVIII-ème siècle	155

Математика

Гилёв А. В. Краевые задачи для нагруженного гиперболического уравнения	163
Честнов И. Н. Разложения суперхарактеров в произведение элементарных характеров	170
Шляхова А. К., Дегтярев А. А. Разработка и исследование алгоритмов оценивания параметров оптического элемента, работающего на пропускание инфракрасного излучения	174
Krivosheeva Yu. Yu., Slobozhanina N. A. Boundary value problems for parabolic equations with different boundary conditions	184

Машиностроение и машиноведение

Автонеев Ю. А., Аксенов А. В., Грушев А. П., Дубянский Е. Е., Новосёлов А. А., Сидяев К. А., Туманов А. А., Чемпинский Л. А. Особенности конструирования, изготовления и сборки модуля входного вала редуктора вертолёта	188
Азизов М. Э., Федотов Ю. А. Автоматизированная система управления жёсткостью подвески автомобиля	196
Гусева А. В., Рузанов Н. Д., Каргин В. Р. Формообразование ступицы при осадке заготовки в подкладном кольце	202
Финошина Ю. В., Кириллова А. В. Исследование структуры углеродистой стали после различных видов термической обработки	208
Якушкин Д. В., Ястребов В. В. Исследование влияния размера элементов расчётной сетки и постановки задачи на результаты моделирования расходной характеристики и угла распыла шнекоцентробежной форсунки	214

Приборостроение

Фадеев Н. И. Устройство видеокапсульной эндоскопии с латеральным и аксиальным объективами	218
--	-----

Психология

Асланян В. Л. Профессиональное взаимодействие специалиста социальной работы как ведущая деятельность	226
---	-----

Зверева О. А. Социально-педагогическая помощь старшеклассникам в профессиональном самоопределении	232
Костырева А. А. Профессиональное самоопределение учащихся	238
Логинова Ю. С., Иванушкина Н. В. Самоагрессия детей раннего возраста как способ коммуникации	244
Радевич А. В. Воспитание нравственно целостной личности в условиях современной школы	250

Физика

Андреевская Д. С., Шахов В. Г. Применение приближённых методов Тарга-Швеца для течения наножидкости в критической точке на растягиваемой поверхности	256
Безмельницин Д. С., Лизункова Д. А., Шишкин И. А. Оптические свойства наноструктурированного кремния	261
Ерофеев А. С., Шишкин И. А., Латухина Н. В. Деграция солнечных элементов на базе пористого кремния	267
Осинская Ю. В., Покоев А. В., Магамедова С. Г. Временная зависимость параметров магнитопластического эффекта в состаренном алюминиевом сплаве АК9 при наложении постоянного магнитного поля	273
Шишкин И. А., Лизункова Д. А., Н. В. Латухина 3D моделирование распределения электрического поля световой волны в пористо-текстурированной структуре	282
Rymzhina A. R., Avdeyko S. A., Cherepanov K. V. Interference coating calculation for DPSS laser cavity end mirror	287

Химия

Костромина Ю. Н., Карасев М. О. Особенности координации атомов германия в комплексах GeSn	293
--	-----

АВИАЦИЯ И РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКАЯ ТЕХНИКА

УДК 629.7.01

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО ТОРМОЖЕНИЯ ПРИ ДВИЖЕНИИ ВОЗВРАЩАЕМОЙ ПЕРВОЙ СТУПЕНИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ

М. П. Апарин, В. В. Юдинцев

В работе исследуется возможность использования аэродинамического качества возвращаемой первой ступени ракеты-носителя для коррекции точки приземления ступени вдоль трассы спуска. Для управления угловым движением ступени по отношению к набегающему потоку задействуются газореактивные сопла, использующие в качестве рабочего тела газифицированные остатки топлива в баках ступени. В работе построена модель плоского движения возвращаемой ступени, как материальной точки переменной массы, движущейся под действием аэродинамических сил и силы тяги двигателя торможения ступени. С использованием разработанной модели проведён анализ движения возвращаемой первой ступени ракеты-носителя при разных углах атаки до включения двигателя мягкой посадки и определено смещение точки приземления вдоль трассы спуска при ненулевых углах атаки.

Ключевые слова: газифицированные остатки топлива, газореактивные сопла, точка приземления, угол атаки, дальность полета.

Одним из способов снижения стоимости выводимого полезного груза и повышения экологической безопасности ракет-носителей (РН) является использование возвращаемых ступеней РН, что позволяет сократить количество элементов конструкции РН, неуправляемо падающих на Землю [1]. Наибольших успехов в этом направлении добилась компания SpaceX [2], которая разработала и успешно реализовала мягкую посадку первой ступени РН Фалькон 9. Возвращение ступени выполняется по ракетно-динамической схеме с повторным включением одного из двигателей ступени для снижения её скорости при движении в плотных слоях атмосферы. Для управляемого входа в атмосферу применяются газовые двигатели, использующие в качестве рабочего тела газ гелий, находящийся в специальных шар-баллонах.

В представленной работе рассматривается альтернативный способ управления

угловым движением РН. В качестве рабочего тела сопел используются газифицированные остатки топлива первой ступени [3, 4], что позволяет значительно увеличить продолжительность работы сопел за счет больших остатков топлива в баках. В этом случае газореактивные сопла могут быть использованы для обеспечения повторного запуска двигателя I ступени путем продолжительного создания положительной перегрузки в направлении продольной оси ступени, а также для поддержания движения ступени с заданным углом атаки, что позволит использовать аэродинамические свойства её корпуса для управления движением центра масс.

Постановка задачи

Рассматривается движение возвращаемой первой ступени лёгкой РН после отделения. После отделения ступени от РН

© Апарин М. П., Юдинцев В. В., 2020.

Апарин Максим Павлович (maxim.aparin2000@gmail.com),

студент III курса института ракетно-космической техники;

Юдинцев Вадим Вячеславович (yudintsev@classmech.ru),

доцент кафедры теоретической механики Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

запускается система газификации остатков топлива [5], и реактивные газовые сопла, ориентированные вдоль продольной оси ступени, используются для создания положительной перегрузки, прижимающей горючее и окислитель к днищам баков ступени, обеспечивая условия последующего повторного запуска двигателя.

Сопла управления угловым движением используются для разворота ступени двигателем в сторону набегающего потока. После разворота сопла управления угловым движением поддерживают заданный угол атаки ступени, определяемый из условия приведения возвращаемой ступени в точку мягкой посадки. Заданный угол атаки поддерживается до момента входа в плотные слои атмосферы. При входе в плотные слои атмосферы включается двигатель торможения, а реактивные сопла поддерживают нулевой угол атаки ступени для снижения теплового воздействия набегающего потока на ступень (рис. 1).

Необходимо сравнить по дальности движение ступени с нулевым углом атаки, полагая, что это неуправляемое устойчивое движение ступени в атмосфере с движением ступени с ненулевым углом атаки, который поддерживается при помощи газовых сопел.

Модель движения ступени

Рассматривается плоское движение ступени. Ступень представлена материальной точкой с переменной массой m . Схема ступени приведена на рисунке 2. На рисунке

показаны сила тяги P , действующая на ступень и сила тяги газовых сопел F_g которые используются для поддержания заданного угла атаки α^* . Непосредственное воздействие силы тяги газовых сопел на движение центра масс не учитывается.

Уравнения движения ступени в центральном гравитационном поле Земли под действием аэродинамических сил, сил тяги двигателя торможения записываются в виде [6]:

$$\begin{cases} \dot{r} = v \sin \theta \\ \dot{v} = -\frac{S_m C_d v^2 \rho}{2m} - g \sin \theta - \frac{P}{m} \\ \dot{\theta} = \frac{S_m C_L \rho}{2m} v - \left(g - \frac{v^2}{r}\right) \frac{\cos \theta}{v}, \\ \dot{L} = \frac{R_e v}{r} \cos \theta, \\ \dot{m} = -\left(\frac{F_g}{I_g} + \frac{P}{I_p}\right) \end{cases}, \quad (1)$$

где r – расстояние до центра масс ступени от центра Земли, v – скорость ступени, θ – угол наклона траектория, L – дальность, g – ускорение свободного падения, как функция r , S_m – характерная площадь ступени, к которой отнесены коэффициент лобового сопротивления C_d и подъемной силы C_L , зависящие от угла атаки, R_e – радиус Земли, F_g и P – тяга реактивных сопел управления угловым движением и тяга двигателя торможения соответственно, ρ – плотность воздуха, зависящая от высоты полета ступени.

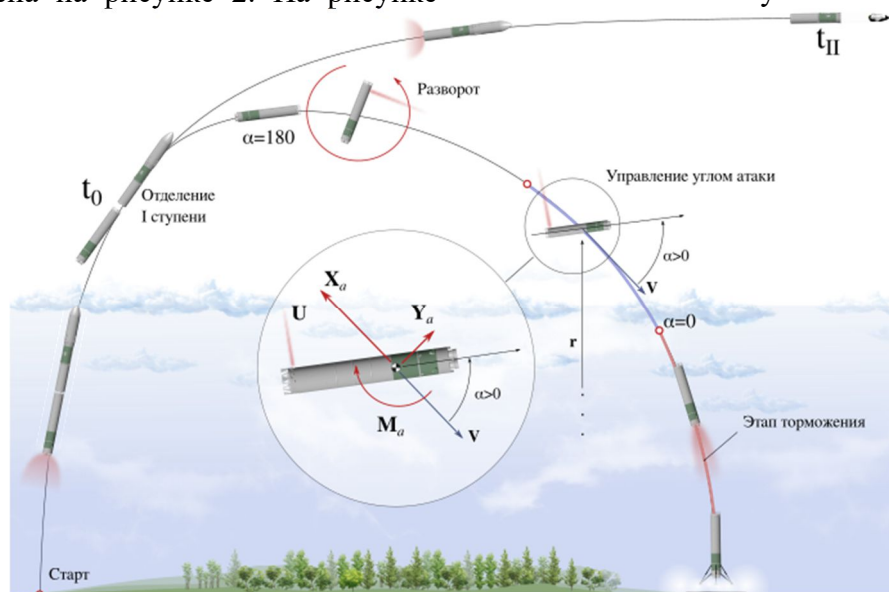


Рис. 1. Этапы движения ступени РН

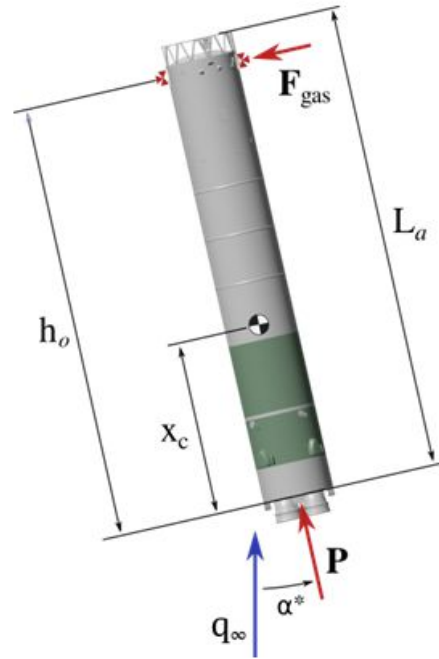


Рис. 2. Схема ступени ракеты-носителя

В последнем уравнении для оценки изменения массы ступени при работе газовых двигателей и двигателя торможения используются удельный импульс газовых двигателей I_g и удельный импульс двигателя торможения I_p . Момент, создаваемый газовыми соплами относительно центра масс ступени, определяется выражением (рис. 2):

$$M_g = F_g(h_0 - x_c), \quad (2)$$

при этом момент аэродинамических сил при движении с ненулевым углом атаки равен

$$M_a(\alpha^*) = m_z(\alpha^*) \frac{\rho v^2}{2} L_a S_m, \quad (3)$$

где $m_z(\alpha^*)$ – коэффициент аэродинамического момента, L_a – характерная длина ступени. Приравнявая выражения (2) и (3), получим уравнение для определения максимального угла атаки, который может поддерживаться газовыми соплами:

$$F_g(h_0 - x_c) = m_z(\alpha^*) \frac{\rho v^2}{2} L_a S_m. \quad (4)$$

Для оценки влияния угла атаки на движение центра масс ступени используется следующий закон управления:

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_{max} & : M_g \geq M_a(\alpha_{max}) \\ \alpha^* & : M_a(\alpha_{min}) \leq M_g < M_a(\alpha_{max}) \\ 0 & : M_g < M_a(\alpha_{min}) \text{ или } h < h_p \text{ или } \theta \geq 0 \end{cases} \quad (5)$$

Из (5) следует, что система управления поддерживает максимальный угол атаки

α_{max} пока величина аэродинамического момента при этом угле атаки не превышает момента, создаваемого газовыми соплами относительно центра масс ступени. При движении в плотных слоях атмосферы, граница которой определяется равенством момента от газовых сопел моменту аэродинамических сил при движении с некоторым заданным минимальным углом атаки α_{min} , угол атаки ступени поддерживается равным нулю. Угол атаки устанавливается равным нулю также при снижении ступени до высоты включения двигателя торможения h_p и на восходящем участке траектории ($\theta \geq 0$). В остальных случаях угол атаки α^* определяется решением уравнения (4).

Результаты моделирования

В таблице 1 приведены параметры ступени и начальные условия движения. Интегрирование уравнений движения (1) ведется с начальными условиями, представленными в таблице 1 до достижения высоты 5 км. Предполагается, что с этой высоты начинает работать система обеспечения мягкой посадки. Этап мягкой посадки не рассматривается.

Зависимости аэродинамических коэффициентов от угла атаки приведены в табл. 2.

На рисунке 3 показана траектория движения ступени при движении с нулевым углом атаки. Расстояние от точки отделения ступени до точки прохождения высоты 5 км равно 1919 км.

Таблица 1

Параметры системы

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Масса ступени, т	10	Характерная площадь, м ²	8
Характерная длина ступени, м	30 м	Начальная высота, км	70
Расстояние от нижнего среза ступени до точки приложения силы тяги газовых сопел, м	28	Начальная скорость, км/с	4,2
Сила тяги газовых сопел, кН	5	Начальный угол наклона траектории, градус	25
Сила тяги двигателя торможения, кН	350	α_{min} , градус	5
α_{max} , градус	30	h_p , км	50
I_p , м/с	3000	I_g , м/с	500

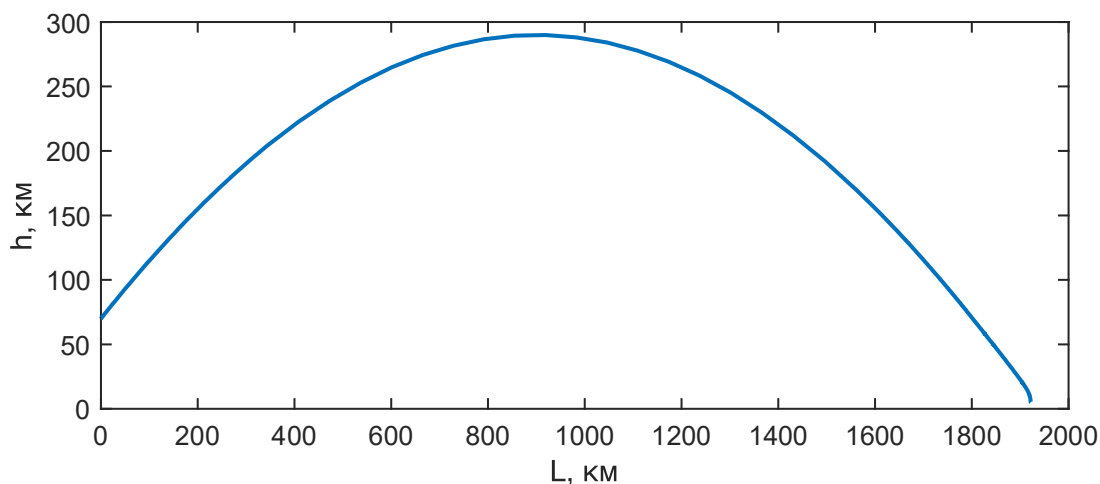


Рис. 3. Траектория движения ступени при угле атаки 0 градусов

Таблица 2

Зависимость аэродинамических коэффициентов от угла атаки ступени

Аэродинамический коэффициент	Угол атаки, градус		
	0	10	30
C_x	1,2	1,0	0,8
C_y	0,0	0,9	4,0
m_z	0,0	0,4	1,7

При движении ступени ненулевым углом атаки, определяемым по закону (5) приводит к увеличению дальности конечной точки до 1922 км. На рисунке 4 приведен график изменения разности между дальностью ступени, движущейся с углом атаки, определяемым выражением (5), и дальностью ступени, движущейся с нулевым углом атаки. На

рисунке 5 приведен график изменения угла атаки ступени в зависимости от высоты полёта. Угол атаки отличен от нуля до высоты 50 км, на которой происходит включение двигателя торможения ступени.

Продолжительность работы газовых сопел равна 256 секунд, что соответствует расходу газа 2,5 т.

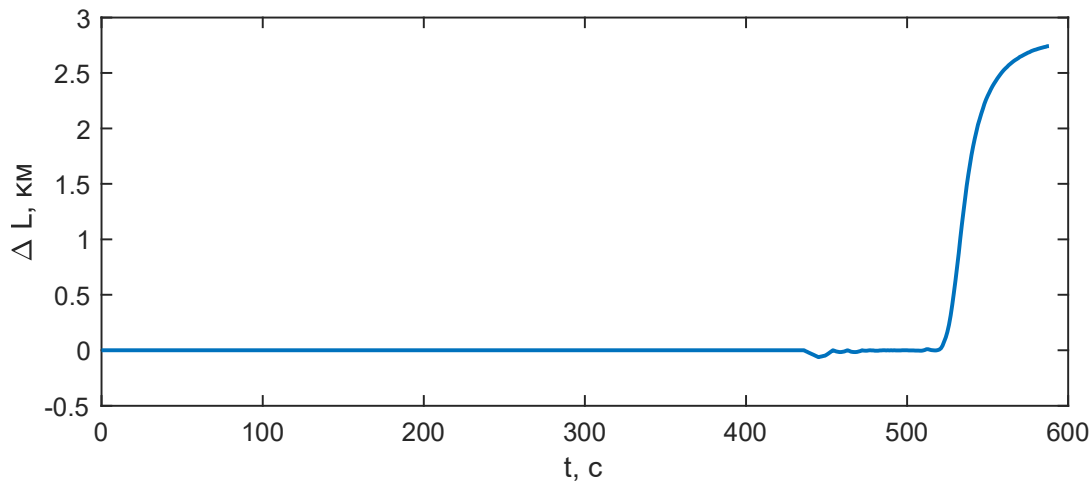


Рис. 4. Разность дальностей

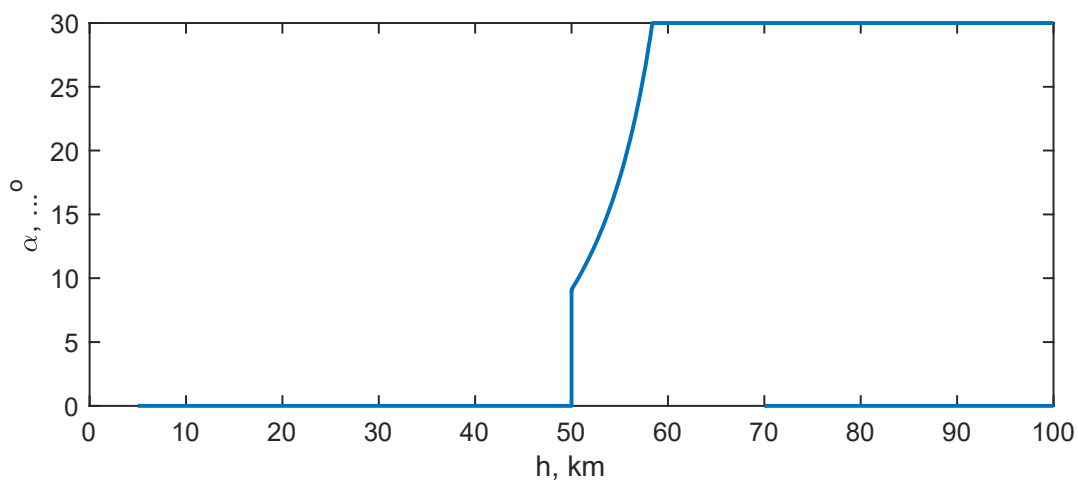


Рис. 5. Изменение угла атаки ступени в зависимости от высоты полета

Заключение

Результаты моделирования показывают возможность использования остаточных энергетических возможностей отработавшей ступени ракеты-носителя для коррекции ее точки падения или точки приземления (при использовании многоразовой первой ступени).

Литература

1. Баранов Д., Жариков К., Трушляков В., Шатров Я. Сравнительный анализ экологической безопасности отделяющихся частей ракет-носителей с жидкостными ракетными двигателями при различных концепциях проектирования // *Космонавтика и ракетостроение*, 2019, 1 (106), С. 116 – 130.

2. Matthew Weaver. Welcome back, baby!: Elon Musk celebrates SpaceX rocket launch - and landing. the Guardian. Retrieved March 1, 2017.

3. Пат. 2414391 Рос. Федерация. МПК В 64 D1/26, В 64 С 15/14. Способ спуска

отделяющейся части ступени ракеты космического назначения и устройство для его осуществления / Трушляков В. П., Куденцов В. Ю., Шатров Я. Т., Агапов И. В. № 2009123768/11; заявл. 22.06.09, опубл. 20.03.11. Бюл. № 5.

4. V. Trushlyakov, Ya. Shatrov, B. Sujmenbaev, D. Baranov The designing of launch vehicles with liquid propulsion engines ensuring fire, explosion and environmental safety requirements of worked-off stages // *Acta Astronautica*. – 2017. – Vol. 131. – pp. 96-101. DOI: 10.1016/j.actaastro.2016.11.031

5. Баранов Д., Трушляков В., Шатров Я. Исследование параметров процессов испарения невырабатываемых остатков жидкого топлива в баках отделяющейся части ступени РН // *Космонавтика и ракетостроение*, 2019, 4 (109), С. 117-128.

6. Ярошевский В.А. Вход в атмосферу космических летательных аппаратов. – М.: Наука., 1988. – 336 с.

USE OF AERODYNAMIC BRAKING DURING THE MOVEMENT OF THE RETURN FIRST STAGE OF THE LAUNCH VEHICLE

M. P. Aparin, V. V. Yudintsev

The paper investigates the possibility of using the aerodynamic quality of the return first stage of the launch vehicle to correct the position of the landing point along the descent route of the stage. To control the angular motion of the stage relative to the incoming flow, gas-jet nozzles are used, that utilize gasified fuel residues in the fuel tanks of the first stage. The motion equations of the inplane motion of the stage are constructed. The first stage is considered as a point of a variable mass moving under the action of the aerodynamic forces. Using the developed model, the motion of the return first stage of the launch vehicle at different angles of attack before switching on the deceleration thruster is analyzed and the displacement of the landing point along the descent route at non-zero angles of attack is determined.

Key words: rocket launcher, gasified fuel residues, gas-jet nozzles, landing point, angle of attack, flight range.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Aparin M. P., Yudintsev V. V., 2020.

Aparin Maxim Pavlovich (maxim.aparin2000@gmail.com),
student III course of the Institute of aeronautical engineering,
Yudintsev Vadim Vyacheslavovich (yudintsev@classmech.ru),
associate professor of the Theoretical mechanics Department of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ВАКУУМНОГО ИОННО-ПЛАЗМЕННОГО ПОКРЫТИЯ, ПОЛУЧЕННОГО ЭЛЕКТРОДУГОВЫМ МЕТОДОМ

В. И. Богданович, Д. Р. Попов

Аннотация: Рассмотрены основные факторы, оказывающие влияние на качество вакуумных ионно-плазменных покрытий. Дано краткое описание процесса ионно-плазменного напыления. Выделены основные преимущества и недостатки. Отмечены пути совершенствования технологии вакуумного ионно-плазменного напыления. Учтено влияние составляющих плазменного потока на структуру и свойства покрытия. Отмечено, что наличие микрокапельной фазы в потоке ухудшает трибологические свойства покрытий из нитридов и карбидов. Предложен новый генератор-сепаратор плазменного потока, существенно снижающий содержание микрокапельной фазы при выращивании покрытий вакуумным ионно-плазменным электродуговым методом.

Ключевые слова: ионно-плазменное напыление; вакуум; электродуговой метод; технологические факторы; микрокапельная фаза; генератор-сепаратор плазменного потока; качество покрытия.

Вопросы повышения надежности и ресурса изделий авиационной и космической техники продолжают оставаться актуальными направлениями. Решение этих вопросов возможно путем нанесения специальных покрытий разными методами. Достаточно широкое распространение получили способы осаждения покрытия в вакууме посредством ионно-плазменных технологий [1-13]. В этих технологиях струя плазмы, состоящая из атомов, ионов металла и электронов, генерируемая за счет электродугового испарения или ускорения в магнитном поле, осаждается на изделие в вакуумной камере. Отличительными особенностями таких потоков являются: высокая ионизация плазмы; средняя кратность ионизации ионов более единицы; высокая плотность потока материала, доставляемого потоком плазмы; высокая начальная энергия ионов в потоке, составляющая десятки эВ [1-2].

К достоинствам ионно-плазменного напыления относят:

- 1) контроль свойств осаждаемого покрытия в процессе напыления;
- 2) равномерность покрытия и высокая

адгезионная прочность;

- 3) возможность нанесения покрытий из тугоплавких и неплавящихся материалов;

- 2) постоянство стехиометрического состава поверхности изделия;

- 5) управление составом катодной мишени на протяжении всего процесса напыления;

- 6) возможность очистки напыляемой поверхности изделия и наращиваемого покрытия распылением.

При всех достоинствах ионно-плазменное напыление имеет также ряд недостатков:

- 1) ограничение, заключающееся в возможности нанесения покрытий только из металлов и сплавов, так как катод должен быть электропроводным;

- 2) невысокая производительность процесса;

- 3) повышенная сложность технологии и оборудования;

- 4) ограниченность размеров изделия габаритами вакуумной камеры;

- 5) низкие показатели энергетических коэффициентов распыления, испарения и конденсации;

- 6) невозможность нанесения покрытий на внутренние и другие поверхности деталей,

которые не имеют прямого доступа для плазменного потока.

Дальнейшее совершенствование технологии ионно-плазменного напыления невозможно без решения ряда вопросов, оказывающих существенное влияние на качество получаемого покрытия [6]:

1) необходимо учесть взаимодействие плазмы с реакционными газами при переносе испаряемого материала;

2) необходимо учесть взаимодействие между поверхностью и частицами из атомарного потока и их влияние на протекание реакций при выращивании покрытий;

3) необходимо учесть электрообменные процессы между плазмой в потоке с поверхностью изделия в процессе осаждения покрытия;

4) обеспечить оптимизацию структуры многослойных и многокомпонентных систем для значительного повышения физико-химических свойств покрытия;

5) учесть влияние и установить закономерности технологической наследственности, обусловленной технологическим методом на структуру и свойства деталей с покрытиями;

6) установить влияние и закономерности основных технологических параметров процесса напыления на свойства осаждаемых покрытий;

7) определить оптимальные области реализации для многокомпонентных и многослойных покрытий.

Исследование и учет вышеприведенных факторов с последующей разработкой новых технологических режимов позволит повысить качество и ключевые свойства покрытий. В рамках данной работы была решена прикладная задача, учтено влияние составляющих плазменного потока на структуру и свойства покрытия, проведена модернизация оборудования и технологической оснастки для снижения микрокапельной фазы при выращивании покрытия.

Повышение качества вакуумного ионно-плазменного покрытия, полученного электродуговым методом, за счёт снижения микрокапельной фазы

Вакуумная ионно-плазменная электродуговая технология позволяет получать покрытия близкие по составу к электропроводящему материалу катода и за счёт

использования реакционных газов получать нитриды или карбиды металлов в материале катода. Материал катода с помощью вакуумной дуги катодной переводится в плазменное состояние и в виде плазменных квазинейтральных потоков направляется на поверхность изделия, за счёт протекания плазмохимических гетерогенных реакций образует покрытие.

В вакуумном ионно-плазменном электродуговом методе металлическую плазму получают при помощи электродуговых испарителей. После чего поток ускоряется в электрическом и магнитном полях за счет использования специальных электродуговых ускорителей и направляется к поверхности изделия. Генерируется плазменный поток не является однородным с точки зрения присутствующих в нем фаз и состоит в основном из ионной фазы (от 30 до 95 %), а также паровой фазы (от 5 до 65 %) и микрокапельной фазы (от 0,5 до 20 %). Кинетическая ионов в плазменном потоке достигает сотни эВ. Такие параметры плазменных потоков создают предпосылки для получения мелкоструктурных покрытий высокой сплошности и высокой адгезионной прочности на изделиях из металлов, сплавов, полимеров и композиционных материалов. Недостатком получаемых покрытий является наличие в их составе фрагментов микрокапельной фазы, которая ухудшает в основном трибологические свойства покрытий из нитридов и карбидов, хотя в ряде случаев такое ухудшение нивелируется рядом других положительных свойств покрытий, что например приводит к тому, что эта технология является одной из основных при получении износостойких покрытий для повышения стойкости обрабатываемого инструмента.

В последние годы вакуумная ионно-плазменная электродуговая технология получила дальнейшее развитие в НИИ технологий и проблем качества Самарского университета на установке генератора-сепаратора плазменного потока ННВ 6.6-И1, который не только генерирует плазменный поток, но очищает его от микрокапельной фазы. Схема используемого генератора-сепаратора установки приведена на рисунке 1.

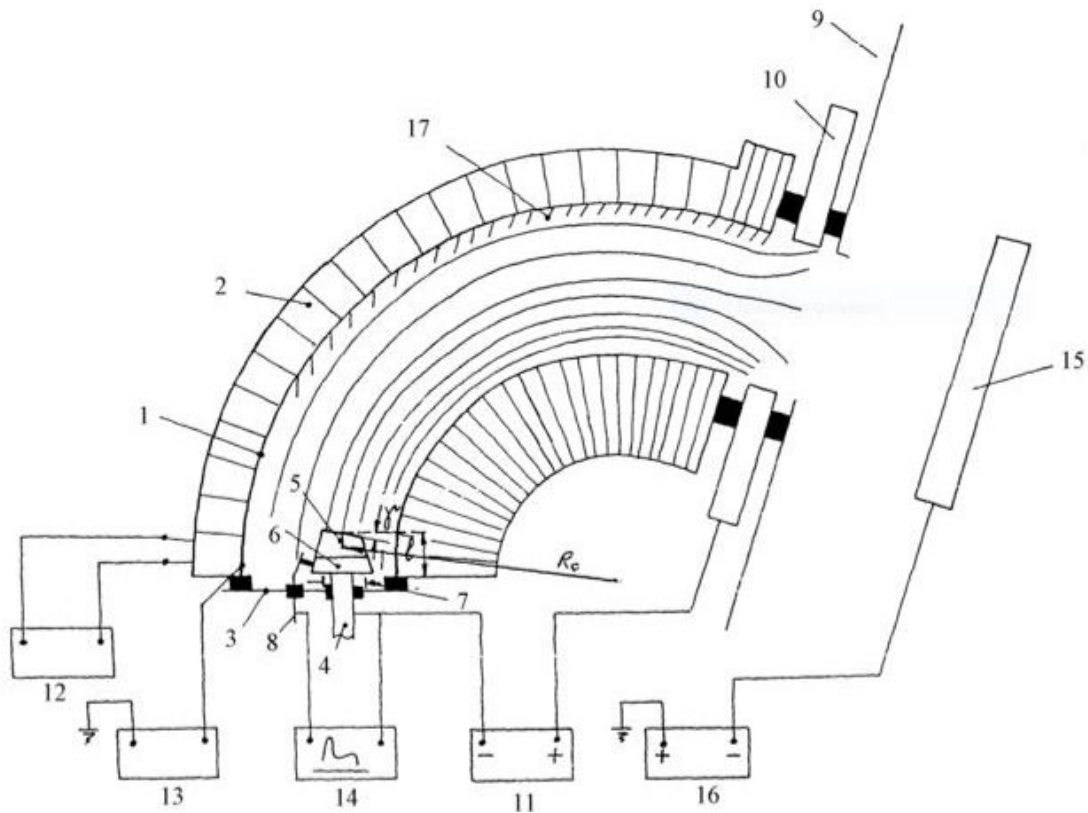


Рис. 1. Схема используемого генератора-сепаратора установки ННВ 6.6-И1:
 1 – плазмододержатель, 2 – электромагнитная катушка, 3 – фланец, 4 – катододержатель,
 5 – катод, 6 – юбка, 7 – защитный экран, 8 – поджигающий электрод с изолятором,
 9 – вакуумная камера, 10 – анод, 11 – источник питания дугового разряда,
 12 – источник питания электромагнитной катушки, 13 – двухполярный источник
 питания корпуса плазмодода, 14 – источник, формирующий высоковольтный импульс
 поджига дугового разряда, 15 – подложка, 16 – источник питания подложки,
 17 – решётка

Предложенный генератор-сепаратор работает следующим образом. Напряжение подается на электромагнитную катушку и параллельно оси плазмодода возникает равномерное и непрерывное магнитное поле. Между катодом и поджигающим электродом создается высоковольтный импульс, что приводит к пробое и возникновению электрической искры. За счет этой искры между поверхностями катода и анода инициируется дуговой разряд. Следует отметить, что в качестве анода может выступать как отдельный специальный электрод, так и стенка вакуумной камеры.

Возникающее магнитное поле ориентировано ортогонально рабочей поверхности катода и параллельно оси плазмодода. Силовые линии магнитного поля совместно с боковой поверхностью катода образуют стороны острого угла. Общеизвестно, что катодные пятна дуги смещаются в направлении

подобного острого угла от боковой на рабочую поверхность катода. С целью наиболее полного использования материала катода в конструкции применяется специальная юбка. Величина выработки материала катода в данном исполнении устройства может достигать величины порядка 1 мм. Для защиты катододержателя при возникновении аварийной работы источника плазмы предусмотрен защитный экран.

Плазменный поток испытывает воздействие магнитного поля и перемещается по направлению к выходу из плазмодода вдоль магнитных линий. С целью достижения большей однородности потока металлической плазмы по продольному сечению конечные участки плазмодода имеют цилиндрическую форму с электромагнитной катушкой. Для управления дрейфом отдельных ионов корпус плазмодода находится под напряжением. Однако, такое напряжение, подаваемое на корпус,

может приводить к искажениям электрического поля. Для нивелирования этого негативного эффекта входной фланец плазмоведа изолируют от стенок.

В плазменном потоке присутствуют заряженные и нейтральные компоненты. В отличие от заряженных компонент, движущихся под действием магнитного поля вдоль силовых линий, нейтральные компоненты движутся по прямолинейно. Это приводит к осаждению последних на стенках плазмоведа. Для снижения отражения макрочастиц от стенок с большим радиусом предусмотрена съёмная решетка. При выходе из генератора-сепаратора плазменный поток направляется к поверхности конденсации.

При осаждении на подложку покрытий с использованием материалов типа Al_2O_3 в качестве анода может использоваться горячий электрод вместо стенки вакуумной камеры.

Вакуумная камера заполняется инертным газом. Корпус плазмоведа находится под нулевым потенциалом, либо на него подается отрицательный потенциал. На выходе из генератора-сепаратора возникает плазменный поток инертного газа. На поверхность напыляемого изделия подается напряжение. Ионы из плазменного потока ударяются о поверхность конденсации, что приводит к её распылению, а следовательно, к очистке и активации. Ионную очистку распылением проводят при малых значениях ускоряющего напряжения и постепенно доводят до заданной величины с целью избежать возникновения микродуг на поверхности конденсации.

После распыления вместо инертного газа в вакуумную камеру закачивается реакционный. На выходе из генератора-сепаратора возникает плазменный поток с реакционным газом. Ионы реакционного газа взаимодействуют с поверхностью конденсации и проникают в её поверхностный слой. Подобные диффузионные процессы активируются ионной бомбардировкой. После насыщения поверхностного слоя подложки и получения диффузионного подслоя технологический режим напыления устанавливается таким образом, чтобы содержание ионов реакционного газа не превышало растворимости этого газа в материале напыляемой поверхности.

После получения диффузионного подслоя проводят короткую по продолжительности ионную очистку для ликвидации соеди-

нений материала поверхности конденсации с реакционным газом. После завершения процесса очистки на корпус плазмоведа подается положительный потенциал, в результате чего в плазмовод поступают ионы металла. На поверхность конденсации подаются меньшие значения напряжения. На выходе из генератора-сепаратора возникает поток металлической плазмы, который осаждающаяся на напыляемой поверхности образует покрытие.

Заключение

Отмечена высокая актуальность применения ионно-плазменных методов получения специальных покрытий в вопросах повышения надежности и ресурса изделий авиационной и космической техники. Описаны достоинства и недостатки вакуумной ионно-плазменной технологии получения покрытий. Приведен детальный перечень вопросов, как фундаментальных, так и прикладных, необходимых для решения с целью совершенствования технологии ионно-плазменного напыления. Учтено влияние составляющих плазменного потока на структуру и свойства покрытия. Отмечено, что наличие микрокапельной фазы в потоке ухудшает трибологические свойства покрытий из нитридов и карбидов. Предложен новый генератор-сепаратор плазменного потока, существенно снижающий содержание микрокапельной фазы при выращивании покрытий вакуумным ионно-плазменным электродуговым методом. Описаны процессы распыления, очистки поверхности и осаждения покрытия с использованием предложенного генератора-сепаратора плазменного потока.

Литература

1. Барвинок В.А. Плазма в технологии, надежность, ресурс. М.: Наука и технологии, 2005. 456 с.
2. Барвинок В. А., Богданович В. И. Физические основы и математические методы моделирования процессов нанесения вакуумных ионно-плазменных покрытий. М.: Машиностроение, 1999. 305 с.
3. Богданович В. И. Разработка методологических принципов проектирования технологий формирования поверхностного слоя изделий плазменным напылением // Проблемы машиностроения и автоматизации. 1999. № 2. С. 87–94.

4. Богданович В. И. Кинетика гетерогенного плазмохимического синтеза нитридных покрытий из плазменных потоков // Проблемы машиностроения и автоматизации. 1999. № 1. С. 65–71.
5. Bogdanovich V. I., Giorbelidze M. G. Mathematical modelling of thin-film polymer heating during obtaining of nanostructured ion-plasma coatings // Procedia Engineering. 2017. Vol. 201. P. 630–638. DOI: 10.1016/j.proeng.2017.09.677.
6. Bogdanovich V. I., Giorbelidze M. G. Main problems of mathematical modeling high energies plasma technologies // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Ю – 2020. Vol. 795, Issue 1 –Article number 012004. DOI: 10.1088/1757-899X/795/1/012004.
7. Peculiarities of radiation-induced defect formation in nanocrystals embedded in a solid matrix / B. L. Oksengendler, N. N. Turaeva, S. E. Maksimov [et al.] // Journal of Experimental and Theoretical Physics. 2010. Vol. 111, Issue 3. P. 415–420.
8. Робертс М., Макки Ч. Химия поверхности раздела металл-газ. М.: Мир, 1981. 359 с.
9. Gumen O., Bilyk I., Kruzhkova M. Geometrical Simulation of Optimized Vacuum-Condensation Spraying Technology for Titanium Nitride on Structural Steel // Lecture Notes in Civil Engineering. 2020. Vol. 47. P. 103–110.
10. Structure, mechanical characteristics and thermal stability of high speed physical vapor deposition (Al, Cr)₂O₃ coatings / K. Bobzin, T. Brögelmann, C. Kalscheuer [et al.] // Thin Solid Films. 2019. Vol. 690. article number 137529.
11. Development and characterization of magnetron sputtered self-lubricating Au-Ni/a-C nano-composite coating on CuCrZr alloy substrate / Z. Chen, L. Qiao, J. Hillairet [et al.] // Applied Surface Science. 2010. Vol. 492. P. 540–549.
12. Chang Y.-Y., Cai M.-C. Mechanical property and tribological performance of AlTiSiN and AlTiBN hard coatings using ternary alloy targets // Surface and Coatings Technology. 2019. Vol. 374. P. 1120–1127.
13. Potoczna-Petru D., Kępiński L., Krajczyk L. Interaction of Co thin films with SiO₂: Effect of Co loading // Materials Chemistry and Physics. 2005. Vol. 92 (2–3). P. 613–615.

IMPROVING THE QUALITY OF VACUUM ION-PLASMA COATING OBTAINED BY THE ELECTRIC ARC METHOD

V. I. Bogdanovich, D. R. Popov

Annotation: The main factors influencing the quality of vacuum ion-plasma coatings are considered. A brief description of the ion-plasma spraying process is given. The main advantages and disadvantages are highlighted. The ways of improving the technology of vacuum ion-plasma spraying are noted. The influence of the components of the plasma flow on the structure and properties of the coating is taken into account. It is noted that the presence of a micro-droplet phase in the flow worsens the tribological properties of coatings of nitrides and carbides. A new generator-separator of the plasma flow has been proposed, which significantly reduces the content of the micro-droplet phase when growing coatings using the vacuum ion-plasma electric arc method.

Key words: ion-plasma spraying, vacuum, electric arc method, technological factors, microdroplet phase, generator-separator of plasma flow, coating quality.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Aparin M. P., Yudinsev V. V., 2020.

Bogdanovich Valery Iosiphovich (bogdanovich@ssau.ru), professor

of the Department of aircraft production and quality management in mechanical engineering;

Popov Denis Ruslanovich (ruslanppv@rambler.ru), student II course of the Institute of Aviation Technology of the Samara University,

443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 829.78

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОЦЕНКИ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ МАЛОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО ДАННЫМ О ТОКЕ С СОЛНЕЧНЫХ БАТАРЕЙ

Т. А. Ивашова

В работе проведено моделирование параметров вращательного движения лётного и опытного образцов малого космического аппарата «Аист». На первом этапе эксплуатации при работоспособности аккумуляторной батареи моделирование проведено по данным штатных средств измерения – магнитометров. Проведена оценка параметров движения по данным о токе с панелей солнечных батарей. Результаты этой оценки сравниваются с оценкой, полученной по данным магнитометров, и данными других авторов. На втором этапе эксплуатации после деградации аккумуляторной батареи оценка проводится только по данным о токе с панелей солнечных батарей. Сделаны выводы о характере вращательного движения лётного и опытного образцов малого космического аппарата «Аист».

Ключевые слова: Аист, магнитометры, вращательное движение, лётный и опытный образец малого космического аппарата, параметры движения.

Сравнительно недавнее использование малых космических аппаратов (МКА) не позволяет говорить о том, что их движение в околоземном космическом пространстве достаточно хорошо изучено. Это связано не только с короткой историей широкой эксплуатации МКА, но и рядом объективных причин, из которых можно выделить две основные. На космические объекты большой массы (орбитальные космические станции, космические аппараты (КА) среднего класса и т.д.) основное внешнее воздействие в околоземном космическом пространстве с высотой орбиты выше 400 км оказывают возмущения гравитационного характера [1, 2]. Согласно исследованиям [3, 4], основными внешними возмущениями для МКА являются возмущения магнитного характера.

Второй важной причиной можно считать чрезвычайно плотную компоновку МКА по сравнению с КА других классов [5]. Это накладывает свой отпечаток как на динамику движения МКА вокруг центра масс [4, 6] (поскольку взаимодействие внутренних магнитных полей от работы бортовой аппаратуры с

магнитным полем Земли порождает возмущения), так и на корректность работы средств измерений, находящихся под воздействием внутренних магнитных полей [7, 8].

В работе проводится оценка параметров вращательного движения лётного (ЛО) и опытного (ОО) образцов МКА «Аист» на основе данных штатных средств измерений (магнитометров) в период работоспособности аккумуляторной батареи и данных о токе с панелей солнечных батарей после деградации аккумуляторной батареи и неработоспособности вследствие этого штатных средств измерений.

Решение поставленной задачи важно как для исследования вращательного движения МКА, эксплуатирующихся в неориентированном полёте, так и для оценки возможности эксплуатации МКА при нештатных ситуациях [4, 9] или в режиме частичной работоспособности [10, 11].

Условия и методы исследования

ЛО и ОО МКА «Аист» были выведены на орбиты 21.04.2013 путём отделения от космического аппарата «Бион – М» № 1 и

© Ивашова Т. А., 2020.

Ивашова Татьяна Андреевна (itanya970@gmail.com),
студент IV курса факультета электроники и приборостроения
Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

28.12.2013 с космодрома «Плесецк» в рамках испытаний ракеты-носителя «Союз-2-1в» путём отделения от разгонного блока «Волга» соответственно. Они имеют схожие массово-габаритные характеристики и оснащены одинаковым набором средств измерений и научной аппаратуры, что позволяет вести совместный анализ динамики вращательного движения этих МКА. Телеметрическая информация с ЛО и ОО МКА «Аист» поступала до конца лета 2019 года.

Штатные средства измерений – магнитометры входили в состав научной аппаратуры МАГКОМ [12], разработанной в институте космического приборостроения Самарского университета. Вся внешняя поверхность ЛО и ОО МКА «Аист» была обклеена фотопреобразователями, которые образуют панели солнечных батарей. Данные о токе с панелей использовались для оценки параметров вращательного движения МКА. Для моделирования параметров вращательного МКА на первом этапе эксплуатации, при котором функционировали штатные средства измерений (рисунок 1), были выбраны телеметрические данные: 02.05.2013 с 18:12:41 по 19:16:43; 20.05.2013 с 19:48:43 по 20:49:45 – для ЛО МКА «Аист» и 12.03.2014 с 19:21:37 по 19:52:01; 24.05.2014 с 10:14:46 по 10:45:55 – для ОО МКА «Аист».

Моделирование компонентов вектора угловой скорости по данным измерений компонентов вектора индукции магнитного поля Земли осуществлялось по следующей рекуррентной зависимости:

$$\omega_{ki+1} = \frac{\arccos(B_{ki+1}/|\vec{B}_{i+1}|) - \arccos(B_{ki}/|\vec{B}_i|)}{t_{i+1} - t_i}$$

где i и $i+1$ – два последовательных измерения; $\vec{B}(B_x, B_y, B_z)$ – вектор магнитной индукции, $k = x, y, z$.

Оценка угловой скорости с помощью данных о токе с панелей солнечных батарей проводилась при справедливости следующих упрощающих предположений [9]:

- только три из шести граней малого космического аппарата освещены;
- косинус угла между нормалью к поверхности фотопреобразователей и

направлением на Солнце определяется приближённой зависимостью:

$$\cos \alpha_j = \frac{i_j}{i_{j\max}},$$

где i_j – измеренное значение силы тока; $i_{j\max}$ – максимальное значение силы тока (при $\alpha_j = 0$);

– максимальное значение силы тока считается постоянным и одинаковым для всех граней малого космического аппарата;

– рассматривается только солнечное излучение;

– размеры МКА пренебрежимо малы.

Считается, что оси главной связанной системы координат совпадают с нормальными к трём рассматриваемым граням МКА. Направление на Солнце в главной связанной системе координат задаётся тремя углами: $\gamma_j = \pm \alpha_j$ ($j = 1...3$). При освещении Солнцем других граней малого космического аппарата

к углам следует прибавлять $\frac{\pi}{2}$. Условием для прибавления служит нулевое значение тока. Таким образом:

$$\gamma_j = \begin{cases} \pm \alpha_j & \text{if } i_j \neq 0 \\ \pm \left(\frac{\pi}{2} + \alpha_j \right) & \text{if } i_j = 0 \end{cases}$$

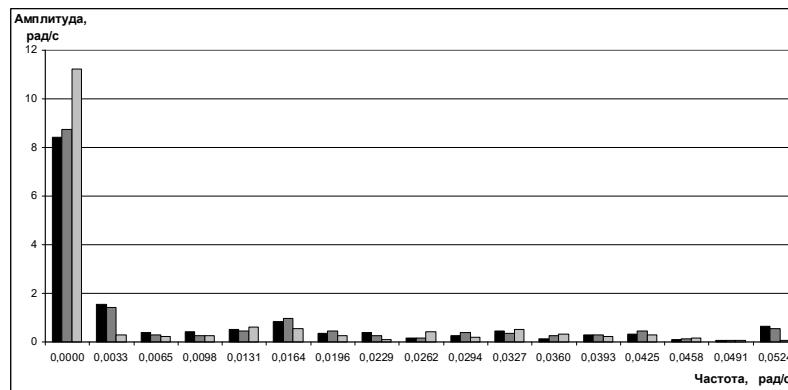
Тогда модуль угловой скорости оценивается следующим образом:

$$|\vec{\omega}_i| = \frac{1}{t_i - t_{i-1}} \sqrt{(\gamma_{1i} - \gamma_{1i-1})^2 + (\gamma_{2i} - \gamma_{2i-1})^2 + (\gamma_{3i} - \gamma_{3i-1})^2}$$

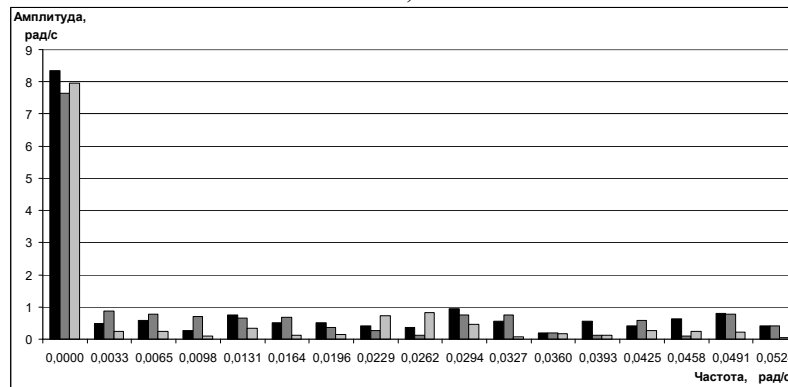
Результаты и их обсуждение

Моделирование проводилось в среде Mathcad с использованием дискретного преобразования Фурье и ряда Котельникова для восстановления непрерывного сигнала. На рисунке 1 показаны спектры в частотном диапазоне $\left[0, \frac{\pi}{60} \right] \text{ рад/с}$ для ЛО и ОО МКА

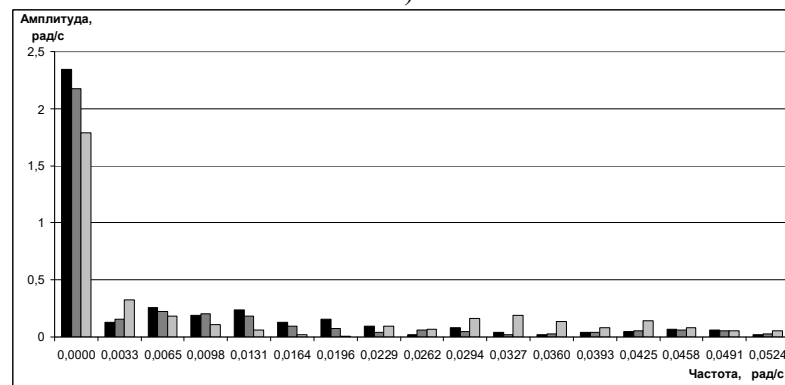
«Аист». Особенностью ОО МКА «Аист» является существенная начальная угловая скорость МКА, которую он получил при отделении от разгонного блока «Волга» [13].



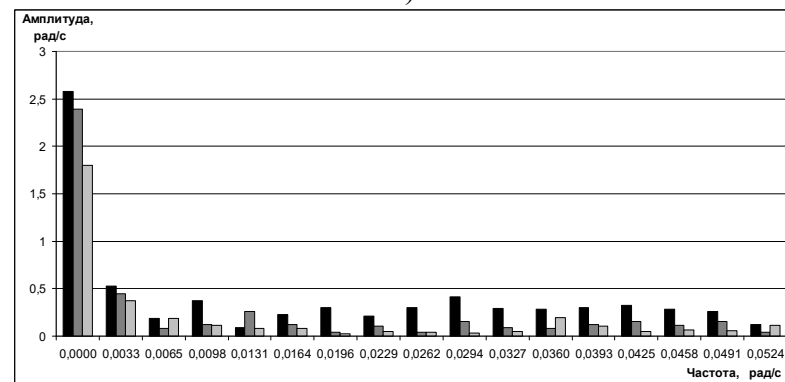
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1. Амплитудные частотные характеристики модуля угловой скорости, смоделированной с помощью измерений магнитометров (левый столбец – магнитометр 1, средний столбец – магнитометр 2) и данных о токе с панелей солнечных батарей (правый столбец): а) ОО МКА «Аист» 12.03.2014 с 19:21:37 по 19:52:01; б) ОО МКА «Аист» 24.05.2014 с 10:14:46 по 10:45:55; в) ЛО МКА «Аист» 02.05.2013 с 18:12:41 по 19:16:43; г) ЛО МКА «Аист» 20.05.2013 с 19:48:43 по 20:49:45

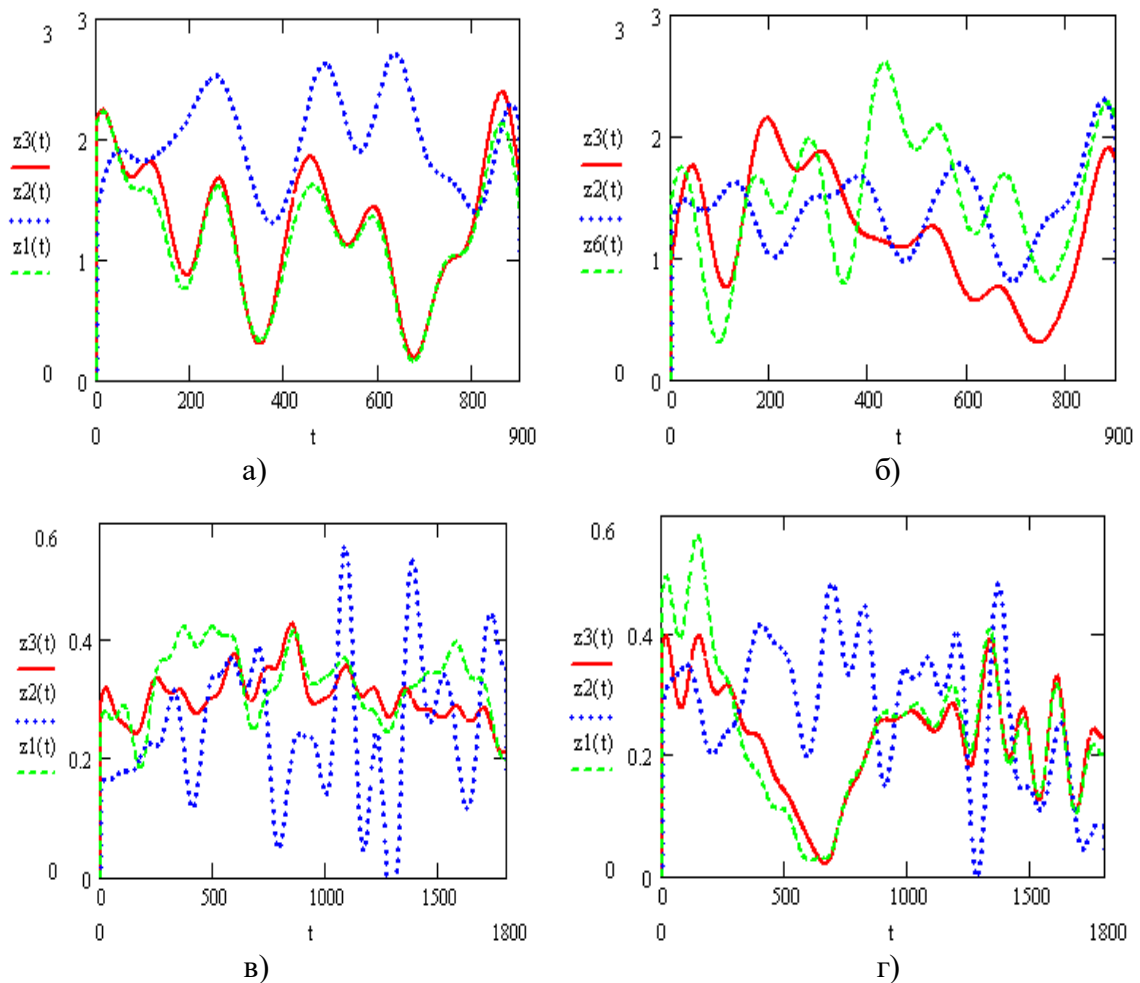


Рисунок 2. Зависимости модуля угловой скорости от времени, смоделированные по измерениям магнитометров ($z1(t)$ – магнитометр 1, $z3(t)$ – магнитометр 2) и данных о токе с панелей ($z2(t)$):

- а) ОО МКА «Аист» 12.03.2014 с 19:21:37 по 19:52:01;
- б) ОО МКА «Аист» 24.05.2014 с 10:14:46 по 10:45:55;
- в) ЛО МКА «Аист» 02.05.2013 с 18:12:41 по 19:16:43;
- г) ЛО МКА «Аист» 20.05.2013 с 19:48:43 по 20:49:45

Из рисунка 4 видно, что присутствуют значимые различия в спектрах оценок угловой скорости, полученных с помощью измерений магнитометров и данных о токе. Эти различия наблюдаются как для ЛО, так и для ОО МКА «Аист». На рисунке 1 б) различия между оценками угловой скорости по измерениям двух разных магнитометров сравнимы с различиями между магнитометрами и данными о токе. Восстановленные рядом Котельникова зависимости угловой скорости от времени приведены на рисунке 2.

Заключение

Таким образом, полученные оценки в целом соответствуют данными других авторов, приведённым в работах [14–17]. Таким

образом, можно констатировать наличие существенных различий между оценками угловой скорости с помощью измерений магнитометров и данных о токе. Они вызваны несколькими причинами: влиянием бортовой аппаратуры на измерения магнитометров, упрощённостью оценки угловой скорости с помощью данных о токе, не учитывающей отражение солнечного света Землёй, возможные затенения панелей элементами МКА, деградацию свойств фотопреобразователей и т.д. Однако, если в динамике оценок угловой скорости присутствуют существенные различия, то числовые характеристики – среднее выборочное значение и выборочная дисперсия – этих оценок довольно хорошо согласуются. Поэтому после деградации

аккумуляторной батареи можно использовать данные о токе для оценки статистических характеристик угловой скорости вращения МКА.

Литература

1. Belousov, A.I. Study of Effective Application of Electric Jet Engine as a Mean to Reduce Microacceleration Level / A.I. Belousov, A.V. Sedelnikov, K.I. Potienko // *International Review of Aerospace Engineering*. – 2015. – Vol. 8. – № 4. – P. 157–160.
2. Аншаков, Г.П. Оценка эффективности использования электротермических микродвигателей в системе управления движением космического аппарата технологического назначения / Г.П. Аншаков, А.И. Белоусов, А.В. Седельников и др. // *Известия вузов. Авиационная техника*. – 2018. – № 3. – С. 28–34.
3. Sedelnikov, A.V. Earth's magnetic field measurements data accuracy evaluation on board of the small spacecraft "Aist" flight model / A.V. Sedelnikov, A.S. Filippov, T.A. Ivashova // *Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering*. – 2018. – Vol. 12. – № 4. – P. 253–260.
4. Овчинников, М.Ю. Магнитные системы ориентации малых спутников / М.Ю. Овчинников, В.И. Пеньков, Д.С. Ролдугин и др. – М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2016. – 366 с.
5. Sedelnikov, A.V. Fast Analysis of Onboard Measurements of the Earth Magnetic Field for the Purpose of Microaccelerations Decrement on Board of the "AIST" Small Spacecraft During its Uncontrolled Orbital Flight / A.V. Sedelnikov // *International Review of Aerospace Engineering*. – 2018. – Vol. 11. – № 2. – P. 76–83.
6. Абрашкин, В.И. Упрощенная методика определения вращательного движения спутника по бортовым измерениям угловой скорости и магнитного поля Земли / В.И. Абрашкин, К.Е. Воронов, И.В. Пияков и др. // *Космические исследования*. – 2016. – Т. 54. – № 5. – С. 375–387.
7. Аншаков, Г.П. Исследование влияния целевой и обеспечивающей аппаратуры на работу датчиков магнитометра КА «ФОТОН-М» № 2 / Г.П. Аншаков, А.И. Белоусов, А.В. Седельников и др. // *Известия вузов. Авиационная техника*. – 2019. – № 4. – С. 3–7.
8. Sedelnikov, A.V. Checking the correct operation of main measuring instruments on the flight model and prototype of AIST small spacecraft / A.V. Sedelnikov, E.S. Khnyryova, T.A. Ivashova // *MATEC Web of Conferences*. – 2018. Vol. 234. – 01007.
9. Sedelnikov, A.V. Mean of microaccelerations estimate in the small spacecraft internal environment with the use fuzzy sets / A.V. Sedelnikov // *Microgravity Science and Technology*. – 2018. – Vol. 30. – № 4. – P. 503–509.
10. Sedelnikov, A.V. Control of rotational motion of a partially inoperable small spacecraft using fuzzy sets / A.V. Sedelnikov, S.L. Safronov, E.S. Khnyreva // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2019. – Vol. 1260. – 032035.
11. Sedelnikov, A.V. Approach towards establishing a backup satellite attitude control system based on the photovoltaic array / A.V. Sedelnikov, S.L. Safronov, A.S. Filippov et al. // *MATEC Web of Conferences*. – 2018. Vol. 220. – 08005.
12. Семкин, Н.Д., Результаты экспериментов, полученных с помощью научной аппаратуры «МАГКОМ» и «МЕТЕОР» малого космического аппарата «АИСТ» / Н.Д. Семкин, К.Е. Воронов, А.М. Телегин и др. // *Авиакосмическое приборостроение*. – 2014. – № 7. – С. 30–43.
13. Sedelnikov, A.V. Evaluation of calibration accuracy of magnetometer sensors of Aist small spacecraft / A.V. Sedelnikov, A.S. Filippov, A.S. Gorozhakina // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2018. – Vol. 1015. – 032045.
14. Абрашкин, В.И. Неуправляемое вращательное движение опытного образца малого космического аппарата АИСТ / В.И. Абрашкин, К.Е. Воронов, А.В. Пияков и др. // *Космические исследования*. – 2017. – Т. 55. – № 2. – С. 135–149.
15. Абрашкин, В.И. Определение вращательного движения спутника АИСТ по данным бортовых измерений магнитного поля Земли / В.И. Абрашкин, К.Е. Воронов, А.В. Пияков и др. // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша*. – 2014. – № 17. – 38 с.
16. Sedelnikov, A.V. How Does Asymmetry of Solar Panels Influence Constructive Component of Microacceleration Field of Inner Environment of Space Laboratory/ A.V. Sedelnikov, D.P. Molyavko, K.I. Potienko //

Microgravity Science and Technology. – 2017. – Vol. 29. – № 4. – P. 305 – 311.

17. Белоусов, А.И. Анализ вращательного движения малых космических аппаратов

серии «Аист» / А.И. Белоусов, Н.Д. Сёмкин, А.В. Седельников и др. // Авиакосмическое приборостроение. – 2017. – № 8. – С. 3–10.

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF ESTIMATING THE ANGULAR ROTATION VELOCITY OF A SMALL SPACECRAFT USING DATA ON THE CURRENT FROM SOLAR CELL

T. A. Ivashova

In the work, the parameters of the rotational motion of the flight and prototypes of the small spacecraft "Aist" were simulated. At the first stage of operation, when the battery is working, the simulation was carried out according to the data of standard measuring instruments - magnetometers. The estimation of motion parameters is carried out according to the data on the current from solar panels. The results of this assessment are compared with those obtained from magnetometer data and those of other authors. At the second stage of operation, after the degradation of the battery, the assessment is carried out only according to the data on the current from the solar panels. Conclusions are made about the nature of the rotational motion of the flight and prototypes of the small spacecraft "Aist".

Key words: stork, magnetometers, rotational motion, flight and prototype small spacecraft, motion parameters.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Ivashova T. A., 2020.

Ivashova Tatiana Andreevna (itanya970@gmail.com),
student IV course of the Samara University Faculty of Electronics and Instrumentation,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 629.7.08

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА AIRBUS A320

А. В. Кириллов, В. В. Воронин

Семейство самолетов Airbus A320 является наряду с линейкой Boeing 737 одним из самых популярных решений на рынке узкофюзеляжной авиационной техники. Стабильный спрос на рынке, вот уже многие десятилетия, говорит об устойчивой и эффективной системе производства, маркетинга, инженерной поддержки и постпродажного сервиса самолетов Airbus. В то же время самолеты этого семейства хороши и с точки зрения технического обслуживания: удобство доступов, ясно прописанные технологии выполнения работ и т.п. Несмотря на это самолеты семейства A320 до сих пор имеют некоторые «хронические» дефекты, повторяющиеся из года в год, от формы к форме. В данной обзорной статье авторы рассматривают и анализируют причины таких дефектов, а также характерные особенности самолетов Airbus A320 Family при их обслуживании и ремонте в рамках тяжелых форм технического обслуживания.

Ключевые слова: эксплуатация, авиационная техника, узкофюзеляжный самолёт, поддержание лётной годности.

Периодичность выполнения технического обслуживания (ТО) регламентируется производителем в maintenance program (MP), где для каждой работы установлена периодичность в летных часах (FH), летных циклах (FC) или календарно (днями – DY, месяцами – MN, годами – Y). Каждый самолет, становящийся на ТО имеет пакет работ, называемый WPSS (work package summary sheet). Его наполнением занимается отдел планирования ТО, руководствуясь MP, а также пожеланиями заказчика, желающего, например, выполнить необязательную модификацию в виде системы развлечения пассажиров. К этому объему работ добавляются все незакрытые отложенные дефекты из боржурнала (deferred), а также, уже в процессе выполнения ТО на самолете, все обнаруженные дефекты (findings), например, обрыв металлизации, который нашли при выполнении другой работы. Все это в совокупности формирует объем работ по ТО самолета.

Как и любая сложная система A320 имеет присущие только ему особенности в процессе ТО и хронические дефекты, повторяющиеся от одного борта к другому.

Одной из самых интересных особенностей A320 является нежелательная, а по факту запрещенная, буксировка самолета со снятыми в пассажирском салоне полами [1]. Связано это с соображениями прочности, т.к. пол салона является элементом силового каркаса самолета, что накладывает ограничения на порядок выполнения работ на тяжелых формах, при которых эти самые полы и снимаются.

При снятии полов на задней кухне обнаруживается другой распространенный дефект – сломанные планки поддержки проводки под полом на задней кухне (см. рис. 1).

Способствует возникновению данного дефекта несколько факторов.

1. Материал изготовления планки во многом напоминающий гипс в пластмассовой трубке.

2. Нарушение технологии работ снятия полов. При удалении панелей пола они должны быть заменены временными. При отсутствии временных полов, инженерный персонал часто наступает на планки тем самым ломая их.

© Кириллов А. В., Воронин В. В., 2020.

Кириллов Алексей Владимирович, (eat@ssau.ru),

доцент кафедры эксплуатации авиационной техники;

Воронин Виктор Владимирович (7vvv94@gmail.com),

магистрант кафедры эксплуатации авиационной техники Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

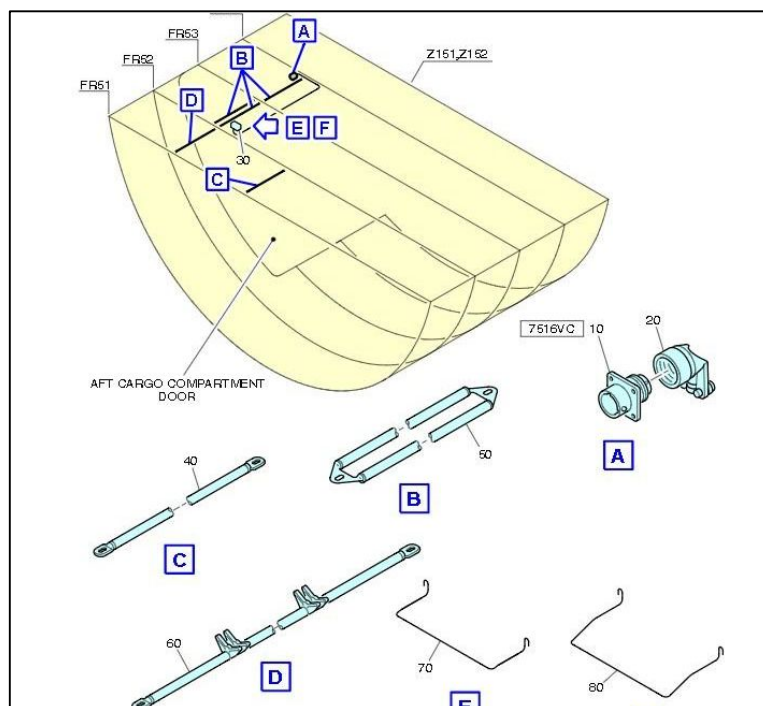


Рис. 1. Планки поддержки проводки

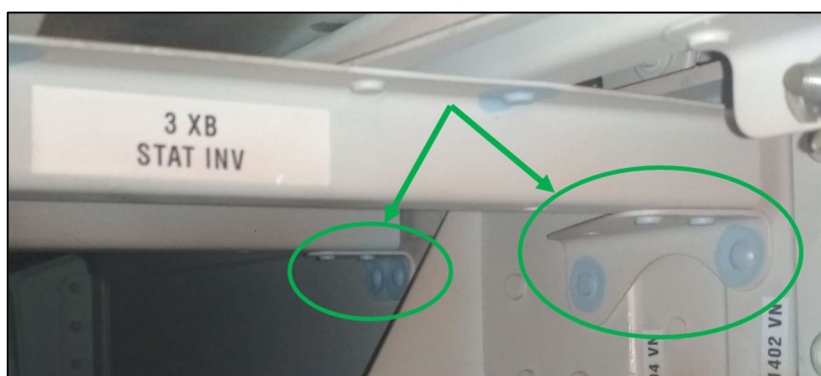


Рис. 2. Кронштейны под Static inverter

3. Низкая технологичность кронштейнов крепления планок к структуре самолета. При установке новой планки взамен сломанной, её приходится сильно изгибать для закрепления в кронштейнах. Согласно личной статистике каждый третий самолет семейства A320 имеет сломанные кронштейны под Static Inverter. Кронштейн представляет собой металлический уголок (см. рис. 2). Его разрушение происходит под действием знакопеременных нагрузок, создаваемых массой блока Static Inverter'a, установленного на них сверху.

В технологии уборки/выпуска механизации существует «магический» пункт по отключению Flight Augmentation computer (FAC) [2]. «Магический» он потому, что по результатам анализа Airbus так и не выяснил

почему FAC сгорает при выпуске/уборке на земле одновременно и предкрылков, и закрылков. В своем информационном письме, а затем и в новой ревизии технической документации Airbus, просто начал требовать отключения FAC на время работы механизацией, посредством открывания двух с/б по питанию +26V FAC. Примечательно, что выход из строя FAC, происходит лишь при одновременной работе как предкрылками, так и закрылками. При работе чем-то одним подобного явления не наблюдается.

В другом письме [3] Airbus по многочисленным просьбам операторов разрешил восстановление лакокрасочного покрытия антенн силами оператора. Повреждение ЛКП антенн (см. рис. 3), находящихся в условиях воздействия влажности, температур, твердых

частиц с ВПП, технических жидкостей по типу SkyDrol и.т.п. достаточно частое явление на самолетах. Сам Airbus антенны не производит, и его первоначальная попытка получить разрешение на изменение технической документации в части касающейся встретила отказ производителя. Тогда Airbus инициировал собственное исследование, которое показало, что покраска некоторых областей антенн никак не влияет на их

работоспособность. Производитель никак не отреагировал. В итоге Airbus выпустил информационное письмо с разрешением покраски определенных антенн (см. табл. 1) и оговоркой, что производитель этого не разрешает и оператор красит антенны под свою ответственность. На практике двоякость этой ситуации разрешается в пользу покраски, т.к. не у всех авиакомпаний есть деньги на новые.



ATC/DME Antenna : All Chelton PN

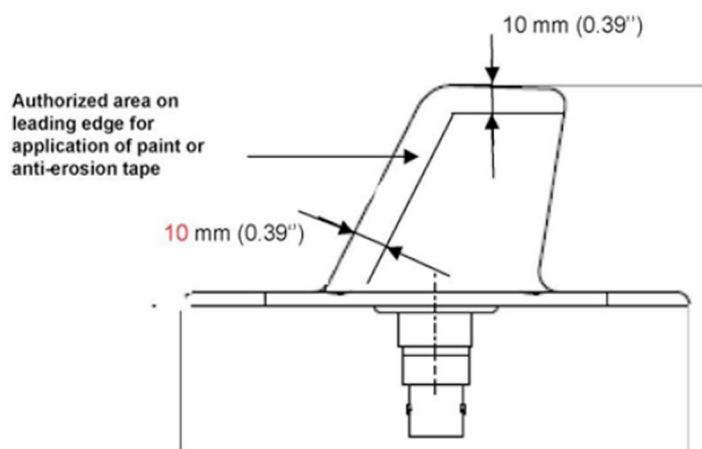


Рис. 3. Нарушение ЛКП на антенне ATC/DME и разрешенная к покраске зона

Таблица 1

Рекомендации Airbus по покраске антенн

Тип антенны	Рекомендация Airbus
TCAS	Покраска не рекомендуется
ATC/DME	Допускается покраска лишь указанных зон под ответственность оператора
RA	Покраска не рекомендуется
ADF	Покраска не рекомендуется
VOR-MKR	Покраска не рекомендуется
GPS	Покраска не рекомендуется
HF	Допускается покраска лишь указанных зон под ответственность оператора
VHF	Допускается покраска лишь указанных зон под ответственность оператора
SATCOM	Покраска не рекомендуется



Рис. 4. Инструмент для работы с проводкой: 1 - обжимной инструмент для терминалов (клемм), 2 - обжимной инструмент для пинов; 3 - инструмент для зачистки изоляции проводов; 4 - "поплавки" под разные типы пинов

В отличие от советской техники, на А320, а, равно как и на В737 практически ничего не паяется. Метод подключения проводов, как и в целом работа с любой проводкой определяется Electrical Standard Practice Manual (ESPM) [3] и включает в себя, за парой исключений, обжимку на зачищенном конце провода либо терминала, либо контакта при помощи специального обжимного инструмента с последующей запиновкой провода соответствующим insert/extraction tool, в обиходе называемый «поплавками» за характерную форму (см. рис. 4).

Такой способ подключения во много раз быстрее пайки и, что немаловажно, вне зависимости от исполнителя, начинающего или опытного, дает на выходе примерно одинаковое качество соединения, т.к. состоит из нескольких простых операций не требующих большого опыта или ловкости рук, чего нельзя сказать о пайке.

Интересной особенностью Airbus в отличие от Boeing и советской техники является использование стрепов вместо бандажной нити для вязки жгутов. Нельзя сказать, что бандажная нить не применяется на А320, но процент её использования во много раз меньше использования стрепов, которые позволяют вязать жгуты проводов гораздо быстрее. Boeing же, напротив, считает [5], что использование нити более безопасно в сравнении со стрепами, т.к. она не перетирает изоляцию проводов. Личные наблюдения никак не подтверждают эти опасения Boeing'a.

Однако, говоря об А320, стоит отметить два места, где пайка все же имеет место быть:

- Самолетная часть разъема наушников третьего оккупанта (3d-occupant)
- Разъем на manual selector valve – компоненте, который управляет открытием/закрытием какой-либо багажной двери.

По какой причине именно эти два разъема из всего множества паяются сказать трудно. В технической документации каких-либо объяснений этому нет.

Заключение

Были перечислены несколько характерных дефектов, что вызывает логичный вопрос: а почему их не исправят? Причин тому несколько.

Отсутствие у производителя статистики возникновения данного дефекта. В Airbus поступают большое количество данных по отказам различных компонентов самолётов от эксплуатантов. Обработать их все невозможно, что вынуждает Airbus расставлять приоритеты между теми или иными данными. В результате статистика по отказам с низким приоритетом никак не влияет на технологические или конструкторские решения.

Экономическая нецелесообразность пересмотра конструктивного или технологического решения. Что дешевле каждый раз менять сломавшийся компонент или перестроить производственную линию его создания? В условиях отсутствия прямых угроз безопасности полётов, ответ не всегда очевиден.

Инертность участников рынка. Это касается больше не очень богатых или откровенно бедных авиакомпаний, которые оттягивают выполнение модификаций или сервис бюллетеней, разработанных производителем для устранения характерного дефекта, до последнего, в надежде что они либо сдадут самолёт обратно лизингодателю, а сдавать нужно в той конфигурации в которой когда-то брал, либо сроки выполнения модификации продлят. Толкает их на это небольшой бюджет.

Литература

1. Aircraft Maintenance Manual Rev#67 Feb 01/2020 [Электронный ресурс] / AIRBUS S.A.S // Airbusworld. – 2020. URL: <http://w3.airbus.com> (дата обращения: 15.06.2020).
2. ISI 27.50.00001 The effect of extend or retract flaps and slats to Flight Augmentation computer ver. 14/07/19 [Электронный ресурс] / AIRBUS S.A.S // Airbusworld. – 2019. URL: <http://w3.airbus.com> (дата обращения: 15.06.2020).
3. ISI 34.00.00001 Painting of navigation and communication antennas ver. 22/02/18 [Электронный ресурс] / AIRBUS S.A.S // Airbusworld. – 2018. URL: <http://w3.airbus.com> (дата обращения: 15.06.2020).
4. Electrical Standard Practice Manual Rev#67 Feb 01/2020 [Электронный ресурс] / AIRBUS S.A.S // Airbusworld. – 2020. URL: <http://w3.airbus.com> (дата обращения: 15.06.2020).
5. Standard Wiring Practices Manual Rev#20 Feb 01/2020 [Электронный ресурс] / BOEING // ToolBox. – 2020. URL: <https://www.myboeingfleet.com/> (дата обращения: 15.06.2020).

THE MAINTENANCE AND REPAIR FEATURES OF AIRBUS A320

A. V. Kirillov, V. V. Voronin

The Airbus A320 family, along with the Boeing 737 range, is one of the most popular solutions in the narrow-body aircraft market. Stable demand on the market for many decades now speaks of a stable and efficient system of production, marketing, engineering support and after-sales service of Airbus aircraft. At the same time, the aircraft of this family are also good from the point of view of maintenance: ease of access, clearly spelled out maintenance process, etc. Despite this, the aircraft of the A320 family still have some "chronic" defects that recur from year to year, from C-check to C-check. In this review article, the authors consider and analyze the causes of such defects, as well as the characteristic features of Airbus A320 Family aircraft during their maintenance and repair in the maintenance repair organization.

Key words: operation, aviation technology, narrow-body aircraft, maintaining airworthiness.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СУХОГО ОТСЕКА РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ВИДЕ ОБОЛОЧКИ, ПОДКРЕПЛЁННОЙ ГОФРИРОВАННЫМ ЛИСТОМ

К. В. Пересыпкин, А. А. Старкова, Ю. Е. Галкина

Вес является одним из ключевых параметров ракетно-космических конструкций. Его снижение позволяет увеличить массу полезной нагрузки (ПН). Значительного снижения веса можно достигнуть, используя композиционные материалы (КМ), отличающиеся высокими прочностными характеристиками и низкой плотностью. Разработка ракетных блоков больших диаметров сопряжена с использованием специальных типов конструкций, позволяющих воспринять высокие по сравнению с традиционными ракетами нагрузки. Одна из таких конструкций для сухих отсеков ракета-носителя (РН) – оболочка, подкреплённая гофрированным листом. В работе исследуется возможность создания такой конструкции из КМ на основе перепроектирования существующей конструкции. Проводится сравнение конструкции прототипа и конструкции из КМ.

Ключевые слова: силовой корпус ракеты-носителя, сухой отсек, гофрированная оболочка, прочность, потеря устойчивости, метод конечных элементов.

Проектирование РН с ракетными блоками больших диаметров связано с проблемой обеспечения устойчивости оболочек силового корпуса РН. Эта проблема стоит острее, чем для РН с малыми диаметрами блоков, поскольку увеличение протяжённости силовых элементов снижает поперечные их жёсткости. Ведется поиск новых типов конструкций, позволяющих наиболее полно использовать возможности конструкционных материалов для ракетных конструкций больших диаметров.

Описание конструкции и её силовой работы

В данной работе проектируется конструкция, прототипом которой является хвостовой отсек второй ступени BFR – РН, разрабатываемой частной компанией Space-X. Он представляет собой обечайку, подкреплённую гофрированным листом.

Конструкция изготовлена из нержавеющей стали. Все основные параметры взяты из открытых источников компании Space-X [1]. Внешний вид прототипа представлен на рис. 1. На рис. 2 показаны основные размеры гофрированного листа прототипа [2].

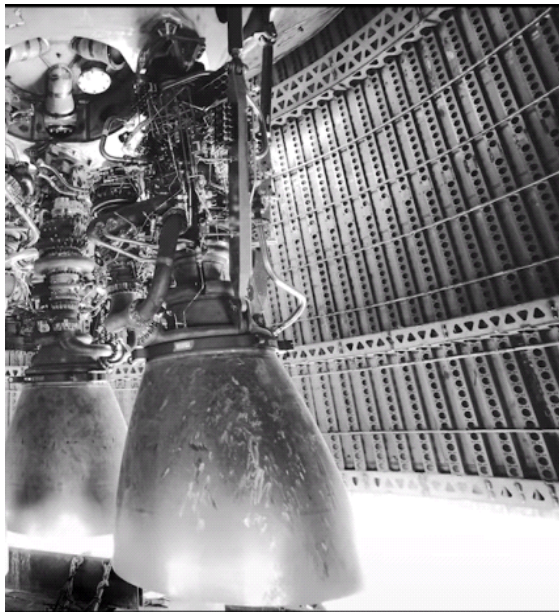
Способ силовой работы конструкции-прототипа: обшивка и гофры воспринимают продольную корпусную нагрузку. Гофры с обшивкой образуют частый силовой набор. Этот силовой набор сопротивляется общей потере устойчивости своими изгибной и крутильной жёсткостями. Внутренняя стенка гофры ослаблена отверстиями. Это снижает ее продольную жёсткость и уменьшает силу в ней. Это предотвращает местную потерю устойчивости стенки, которой данная конструкция слабо сопротивляется. Критическая нагрузка общей потери устойчивости увеличивается установкой рядовых шпангоутов.

© Пересыпкин К. В., Старкова А. А., Галкина Ю. Е., 2020.

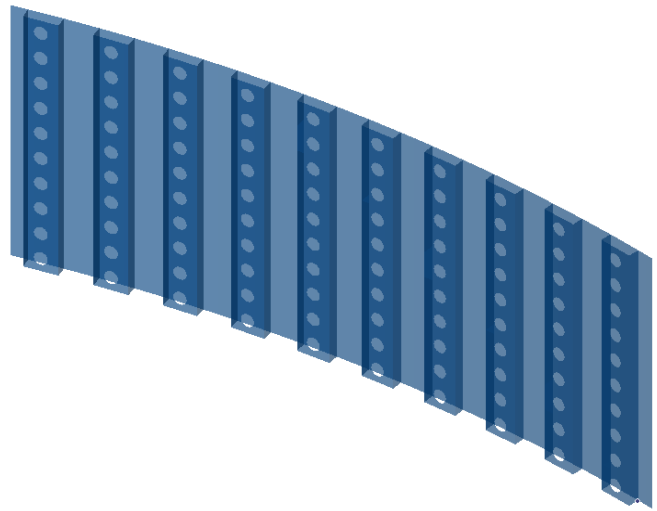
Пересыпкин Константин Владимирович (peresypkin_kv@mail.ru),
старший преподаватель кафедры космического машиностроения;

Старкова Алина Алексеевна (starkowa04@gmail.com),
студент V курса института ракетно-космической техники Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Галкина Юлия Евгеньевна (yuliyagalkina531@gmail.com),
инженер-конструктор АО "РКЦ "Прогресс",
Россия, 443009, Самара, ул. Земеца, 18.



а)



б)

Рис. 1. Конструкция прототипа: а) оболочка хвостового отсека второй ступени ракеты BFR; б) геометрическая модель оболочки

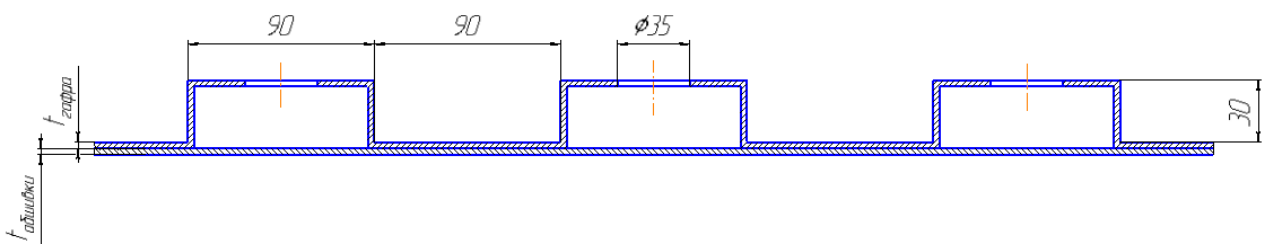


Рис. 2. Размеры гофры прототипа

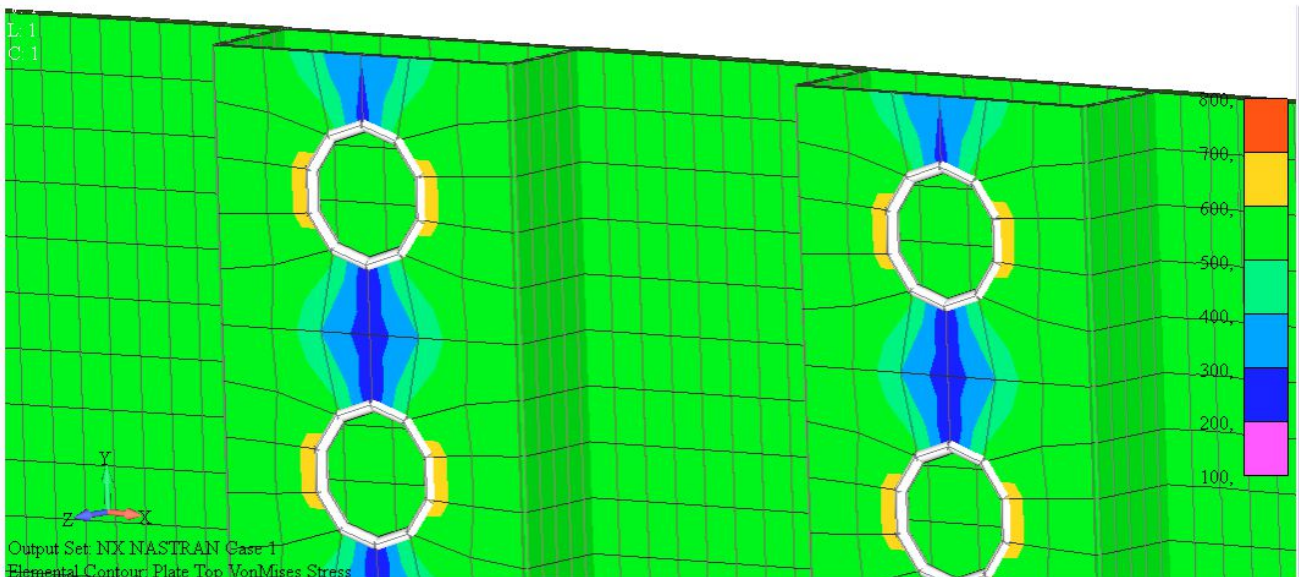


Рис. 3. Распределение эквивалентных напряжений в конструкции прототипа: максимальные напряжения – 689 МПа, напряжения в отбортовке – 194 МПа; допускаемые напряжения 780 МПа

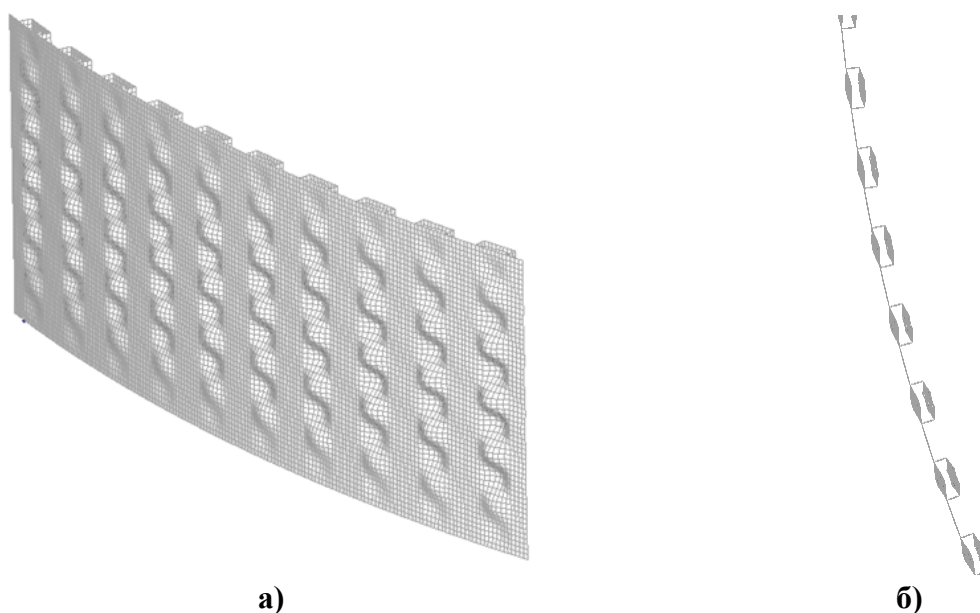


Рис. 4. Местная форма потери устойчивости конструкции прототипа: а) общий вид; б) поперечное сечение. Коэффициент критической нагрузки 1,01

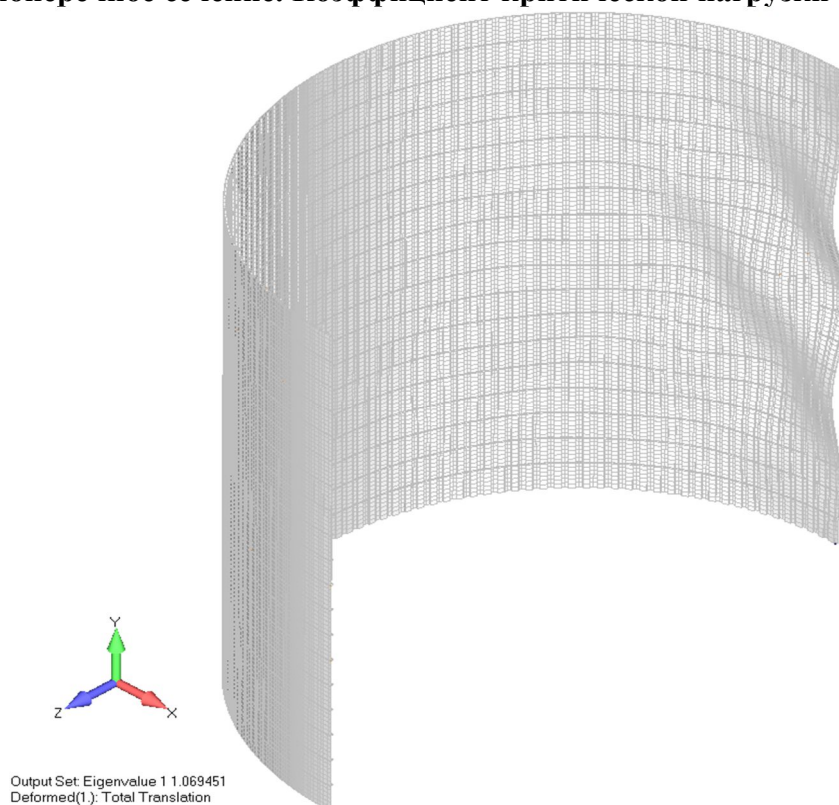


Рис. 5. Общая форма потери устойчивости. Коэффициент критической нагрузки 1,07

Параметры конструкции прототипа подобраны так, что она была равнопрочна по прочности материала (рис. 3), местной потере устойчивости (рис. 4) и общей потере устойчивости (рис. 5). Под общей потерей устойчивости подразумевается отклонение конструкции от положения равновесия в виде изгибных деформаций оболочки в целом. Поперечные сечения гофр при этом сохраняют свою форму. При местной потере устойчивости

наоборот, оболочка в целом сохраняет свою форму, в то время как отдельные стенки оболочки испытывают изгибные деформации.

Целью данной работы является проектирование конструкции, подобной прототипу, из КМ. Геометрическая конфигурация конструкции и нагрузки будут такими же, как и в прототипе. Заменяем элементы конструкции прототипа, выполненные из стали, аналогичными элементами из углепластика, так,

чтобы соотношение жёсткостей элементов сохранилось, как в конструкции прототипе.

Конструкция-прототип изготовлена из изотропного материала. Для создания элементов конструкции с такими же жёсткостями используем углепластик с квазиизотропной укладкой волокон. Волокна уложены по 4 направлениям.

В конструкции из КМ отверстия изготавливаются плохо – разрываются волокна. Если волокно в углепластике разорвано, то оно включается в силовую работу на большом расстоянии от места разрыва. Это происходит из-за большой разницы в упругих свойствах матрицы и волокон. Матрица слабее передает силы с одного волокна на другое по сравнению с тем, как происходит включение в силовую работу в изотропных материалах [3]. Поэтому отверстия делать нельзя. Снизим продольную жёсткость внутренней стенки, изменив укладку волокон в ней. Для снижения продольной жёсткости убираем продольные волокна на внутренней стенке гофры (рис.6).

Моделирование конечно-элементной модели и результаты расчетов

В табл. 1 представлены материалы элементов конструкции прототипа и конструкции из КМ. Толщины гофрированного листа и обшивки подбираются из условий прочности. Для этого выполняется линейный статический расчет методом конечных элементов в системе MSC.Nastran. Для удовлетворения условиям прочности изменялись два параметра: толщина обшивки и толщина гофры. Толщины слоёв пластика с волокнами по разным направлениям в этих оболочках изменяются пропорционально общим толщинам оболочек. Прочность пластика оценивалась по величине напряжения по волокну. Допускаемое напряжение принималось равным 600 МПа.

В табл. 2 представлены максимальные напряжения по разным стенкам. Из этой таблицы видно, что конструкцию можно облегчить, если уменьшить количество материала в слоях со всеми направлениями волокон кроме продольного.

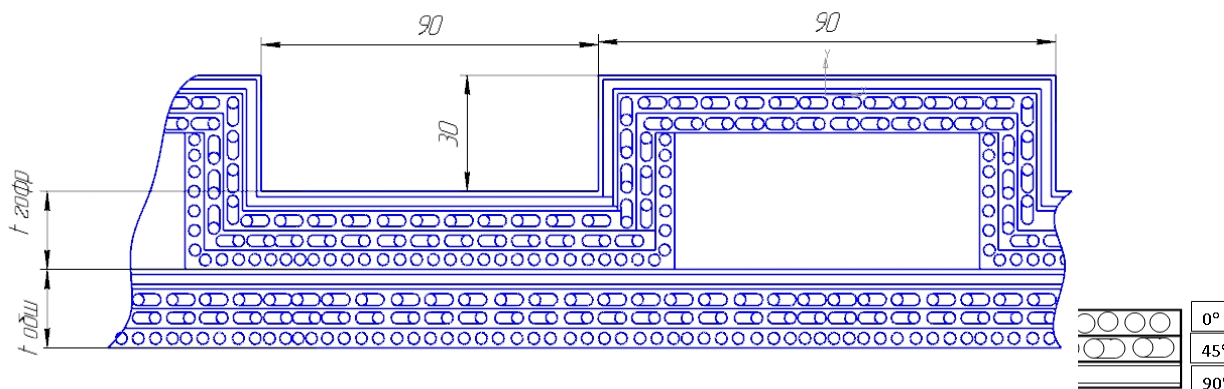


Рис. 6. Размеры гофры из КМ

Таблица 1

Материалы элементов конструкций

Элемент конструкции	Конструкция прототип	Конструкция из КМ
Внутренняя стенка гофры	Нержавеющая сталь (стенка с отверстиями)	Углепластик под 45,- 45,90°
Перпендикулярные обшивке стенки гофры	Нержавеющая сталь	Углепластик 0,45,- 45,90°
Обшивка и прилегающая стенка гофры	Нержавеющая сталь (толщина: $t_{обш} + t_{гофр}$)	Углепластик 0,45,- 45,90° (толщина: $t_{обш} + t_{гофр}$)

Таблица 2

Максимальные напряжения

№ слоя	Угол укладки волокон, град				Толщина слоя, мм	Максимальные напряжения, МПа
	Перпендикулярные обшивке стенки гофры	Внутренняя стенка гофры	Обшивка	Прилегающая стенка гофры		
1	0	45	0	0	0,786	584
2	45	-45	45	45	0,55	236
3	-45	-45	-45	-45	0,55	230
4	90	45	90	90	0,55	200
5	90		90	90	0,55	163
6	-45		-45	-45	0,55	245
7	45		45	45	0,55	251
8	0		0	0	0,786	534
9				0	0,786	579
10				45	0,55	211
11				-45	0,55	211
12				90	0,55	162
13				90	0,55	163
14				-45	0,55	212
15				45	0,55	212
16				0	0,786	581

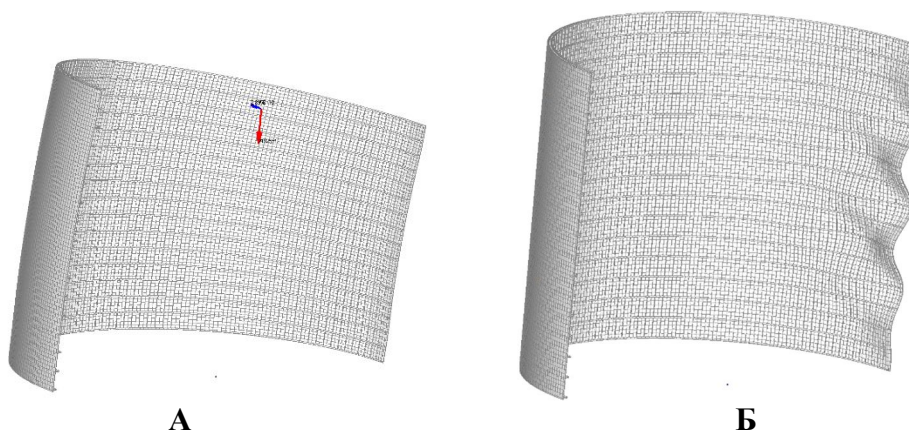


Рис. 7. Общая потеря устойчивости конструкции: А – статическая деформация под нагрузкой; Б – форма потери устойчивости

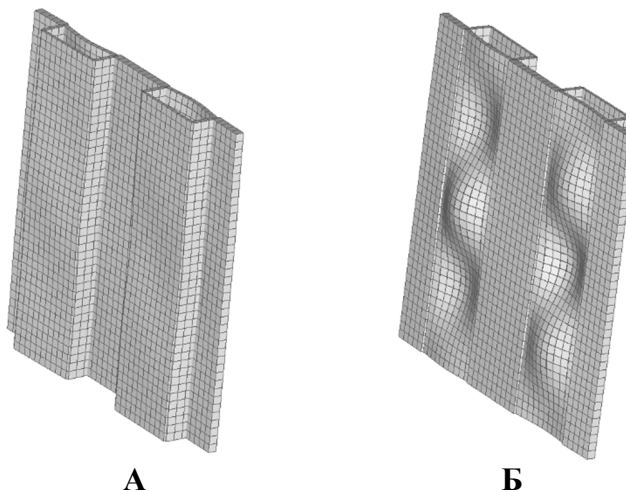


Рис. 8. Местная потеря устойчивости конструкции: А – вид изнутри; Б – вид снаружи

Таблица 2

Сравнительная таблица характеристик конструкций

Характеристики конструкции	Конструкция-прототип	Конструкция из КМ
Коэффициент запаса прочности по напряжениям	1,13	1,11
Коэффициент критической нагрузки при общей потере устойчивости	1,07	1,004
Коэффициент критической нагрузки при местной потере устойчивости	1,01	3,398
Масса конструкции, кг	7540	3326
Толщина перпендикулярных обшивке стенок гофр, мм	2,07	4,87
Толщина внутренней стенки гофр, мм	2,07	3,30
Толщина обшивки, мм	1,93	4,87
Суммарная толщина, мм	4	9,74

В результате моделирования общей потери устойчивости (рис. 7) и местной (рис. 8) получили коэффициенты критической нагрузки 1,004 и 3,398 соответственно [4].

В табл. 2 представлены полученные характеристики конструкций прототипа и из КМ: коэффициенты запаса прочности по напряжениям, коэффициенты критической нагрузки местной и общей потери устойчивости и масса конструкции.

Конструкция из композиционного материала обладает высоким запасом по местной потере устойчивости. Это произошло, потому что оболочка из КМ получилась толще, чем из стали. Изгибная жёсткость тонкой оболочки пропорциональна толщине в кубе, так что оболочка из углепластика сопротивляется местной потере устойчивости сильнее, чем стальная. Ввиду этого, возможно, не было необходимости ослаблять внутреннюю полку гофры по продольному направлению, как это было в конструкции прототипе.

Заключение

Таким образом, была спроектирована конструкция сухого отсека из КМ в виде оболочки, усиленной гофрированным листом.

Эта конструкция из КМ отличается от конструкции прототипа из стали большим запасом по местной потере устойчивости. Масса композитной конструкции в 2,27 раз меньше, чем конструкции прототипа.

Литература

1. The fully reusable second stage STARSHIP. URL: <https://www.spacex.com/starship> (дата обращения: 5.04.2020).
2. Галкина Ю. Е. «Проектирование оболочки сухого отсека ракеты-носителя, усиленной гофрированным листом»
3. Бойцов А. Г., Дудаков В. Б., Плешаков А. В. Новое в обработке композитов. URL: <http://mirprom.ru/public/novoe-v-obrabotke-kompozitov.html> (дата обращения: 7.04.2020).
4. Пересыпкин К. В., Пересыпкин В. П., Иванова Е. А. Проектирование силовых конструкций ракет-носителей с применением метода конечных элементов [Электронный ресурс]: Минобрнауки России, СГАУ им. С. П. Королева (нац. исслед. ун-т). 3,19 Мбайт. Самара, 2012. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).

DESIGN OF THE LAUNCH VEHICLE DRY COMPARTMENT FROM COMPOSITE MATERIALS IN THE FORM OF A SHELL REINFORCED WITH CORRUGATED SHEET

K. V. Peresyarkin, A. A. Starkova, J. E. Galkina

Weight is one of the key parameters of space rocket constructions. Its decrease allows increasing the mass of the payload. Significant weight reduction can be achieved by using composite materials (CM), which have high strength characteristics and low density. The development of missile compartments of large diameters is associated with the use of special types of constructions that allow absorbing high loads compared to traditional missiles loads. One of such design for launch vehicle dry compartment is a shell reinforced with a corrugated sheet. In this research considered possibility of creating such a construction from CM based on the redesign of the existing construction. A comparison is made between the prototype construction and the construction made of CM.

Key words: launcher hull, dry compartment, corrugated shell, strength, buckling, finite element method.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 629.78

ИССЛЕДОВАНИЕ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПЕРЕЛЁТА ЗЕМЛЯ-ЛУНА НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ CUBESAT

О. Л. Старинова, Т. В. Старостина

Целью работы является теоретическое обоснование перспектив выхода CubeSat в дальний космос, а также определение оптимального прямого баллистического перелета КА с минимальными энергетическими затратами с низкой околоземной орбиты в точку либрации L1 системы Земля – Луна в заданную дату попадания. В данной работе подобрано и оценено все необходимое оборудование для предполагаемого космического аппарата. Убедившись в том, что спутник формата CubeSat может быть использован в дальнем космосе, был рассмотрен перелет традиционным способом – с помощью разгонного блока с химическими двигателями. Так в работе было выявлено, что КА достигнет точки либрации за 9 дней, что является намного быстрее, чем перелет с электроракетными двигателями малой тяги. Чтобы описать баллистический перелет, необходимо рассматривать движение КА в поле притяжения Земли и Луны. Таким образом, необходимо решить задачу трех тел. Для решения уравнения движения в прямоугольных координатах необходимо использовать данные о положении и скорости небесных тел в рассматриваемых системах координат. Для этого используются математические модели для расчета эфемерид. В данной работе используется модель DE-403 производства JPL (Jet Propulsion Laboratory), а все расчеты ведутся в математическом пакете Mathcad. Для оптимального перелета необходимо, чтобы значение наклона Луны было максимальным. После проведения сравнительного анализа, было выявлено, что оптимальной датой запуска КА будет являться март 2025 года, в это время наблюдается максимальный угол наклона орбиты Луны – 28,721°.

Ключевые слова: малые космические аппараты, дальний космос, Луна, точка либрации L1.

В настоящее время научные коллективы разных стран решают задачу снижения затрат на создание КА. Появилась устойчивая тенденция к миниатюризации оборудования, уменьшению габаритов и массы спутников, что породило класс малых КА, к которым относятся наноспутники. Ключевой момент состоит в том, что на наноспутнике устанавливается оборудование индустриального класса, обладающее меньшей надёжностью, но и меньшей стоимостью по сравнению с оборудованием, разрабатываемым для космической отрасли. Стандарт CubeSat в настоящее время весьма популярен и позволяет существенно сократить сроки разработки и испытаний нового изделия. Анализ тенденций коммерческого применения космических технологий показывает, что одним из наиболее перспективных путей является создание и применение малых аппаратов и систем на их

основе [1]. Это означает, что необходимо активно участвовать в процессах создания и совершенствования малых КА и наноспутников. Именно поэтому целью данной работы является теоретическое обоснование перспектив выхода CubeSat в дальний космос, а также определение оптимального прямого баллистического перелета КА с минимальными энергетическими затратами с низкой околоземной орбиты в точку либрации L1 системы Земля – Луна в заданную дату попадания.

Хочется отметить, что исследования планет и малых небесных тел Солнечной системы является одним из наиболее перспективных направлений космической деятельности. В данной работе выбрана точка либрации L1 в системе Земля – Луна не просто так. Во-первых, Луна является самым близким космическим объектом от Земли,

© Старинова О. Л., Старостина Т. В., 2020.

Старинова Ольга Леонардовна (solleo@mail.ru),

профессор кафедры динамики полёта и систем управления;

Старостина Татьяна Владимировна (samara-tanya2000@mail.ru),

студент II курса института ракетно-космической техники Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

соответственно, во время реализации лунной программы потребуется база заправки, обслуживания. Идеальным местом для этого может служить точка либрации L1. Прежде, чем организовывать крупномасштабные и дорогостоящие проекты, необходимо решить транспортные задачи.

Т.к. КА класса нано являются относительно недорогими, то с помощью их можно отрабатывать и проводить опыты различного назначения прежде, чем запускать крупногабаритные.

В данной работе подобрано и оценено все необходимое оборудование для предполагаемого космического аппарата. Убедившись в том, что спутник формата CubeSat может быть использован в дальнем космосе, был рассмотрен перелет традиционным способом – с помощью разгонного блока с химическими двигателями. Главным преимуществом такого способа является высокий удельный импульс тяги, с помощью которого возможно реализовать дальние перелеты за относительно небольшой промежуток времени. Так в работе было выявлено (рис.1), что КА достигнет точки либрации за 9 дней, что является намного быстрее, чем перелет с электроракетными двигателями малой тяги. В данной работе главной причиной выбора ХРД было малое время перелета. Однако стоит отметить, что данный способ имеет немало минусов. Например, для реализации перелета понадобится огромное количество топлива в сравнении с массой полезной нагрузки (в десятки раз больше полезной нагрузки, особенно в случае, если разгонный блок использовать только под наш наноспутник). Вторым минусом является невозможность коррекции орбиты, так как после сообщения импульса, разгонный блок отделяется от полезной нагрузки, и спутник летит самостоятельно. К сожалению, в наши дни нет подходящего разгонного блока для наноспутников, поэтому Cubesat будет отправлен попутным грузом.

Чтобы описать баллистический перелет, необходимо рассматривать движение КА в поле притяжения Земли и Луны. Таким образом, необходимо решить задачу трех тел. Конечно, данный способ является приближенным, однако для составления математической модели движения КА является достаточной. Для решения уравнения движения в

прямоугольных координатах необходимо использовать данные о положении и скорости небесных тел в рассматриваемых системах координат. Для этого используются математические модели для расчета эфемерид. Таким образом возможно определить положение и скорость небесных тел в любой выбранный момент времени. В данной работе используется модель DE-403 производства JPL (Jet Propulsion Laboratory) [2]. А все расчеты ведутся в математическом пакете Mathcad.

Для определения радиус-вектора точки схода с базовой орбиты в геоцентрической экваториальной системе координат (ГЭСК) воспользуемся матрицей перехода от периферической к экваториальной системе координат [1].

В данной работе рассматривается траектория перелета из восходящего узла орбиты (рис.2). Однако при заданном наклоне базовой орбиты существуют два способа определения радиус-вектора точки схода КА с базовой орбиты. Второй способ называется траекторией перелета из нисходящего узла орбиты.

Необходимо сказать, что орбита Луны прецессирует с периодом около 18,6 лет. За период прецессии наклонение орбиты Луны к плоскости эклиптики изменяется на величину $5,145^\circ$, т.е. за 18,6 лет наклонение Луны в геоцентрической экваториальной системе координат изменяется на промежутке $[23^\circ 27' \pm 5^\circ 14']$ [3]. Для оптимального перелета необходимо, чтобы значение наклонения Луны было максимальным. После проведения сравнительного анализа (рис.3), было выявлено, что оптимальной датой запуска КА будет являться март 2025 года, в это время наблюдается максимальный угол наклонения орбиты Луны- $28,721^\circ$.

Итоги работы имеют следующий характер, во-первых, был сделан вывод о том, что наноспутники действительно могут работать в дальнем космосе, во-вторых, был выбран оптимальный период времени для совершения перелета и, в-третьих, с помощью математического пакета Mathcad был создан математический комплекс, способный рассчитать КА в точку либрации L1 в любой момент времени.

$$t_n := \pi \cdot \sqrt{\frac{(ModL1 + RE + H_0)^3}{2 \cdot gE}} = 7.191 \cdot 10^5$$

$$days := \frac{t_n}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 8.323$$

Рис. 1. Расчёт времени перелёта в точку либрации L1

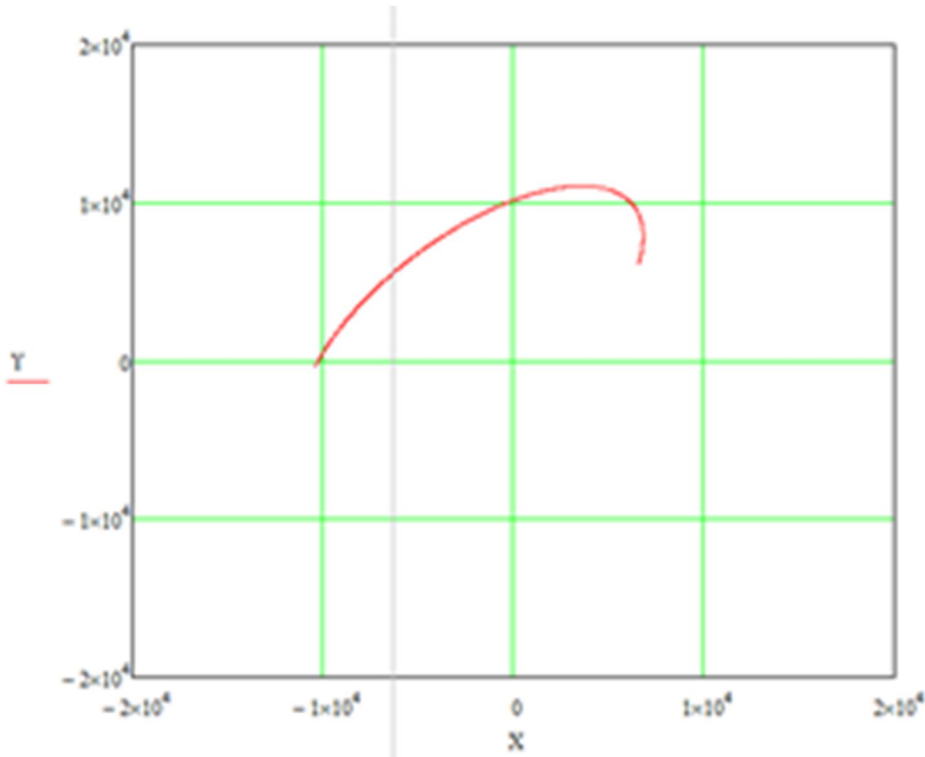


Рис. 2. Траектория перелёта из восходящего узла орбит

Год :=	2020	i :=	23.639
	2021		25.247
	2022		26.697
	2023		27.835
	2024		28.531
	2025		28.721
	2026		28.396
	2027		27.588
	2028		26.373
	2029		25.666
	2030		23.091

Рис. 3. Углы наклона орбиты Луны

Литература

1. Попович П. Р., Скребушевский Б. С. Баллистическое проектирование космических систем. М.: Машиностроение, 1987. 240 с.
2. Ivashkin V. V. On Trajectories for the Earth-to-Moon Flight with Capture by the Moon // AAS Publications, Science and Technology Series. 2004. Vol. 108. Paper AAS 03-723. Pp. 157-166.
3. Окишев Ю. А. Математическая модель оптимального прямого двухимпульсного перелета в лунную точку либрации L1 при заданном времени попадания, 2014. 52 с.

STUDY OF THE EARTH-MOON TRANSFER SPACE VEHICLE ON THE BASIS OF THE CUBESAT PLATFORM

O. L. Starinova, T. V. Starostina

The aim of this work is to theoretically substantiate the prospects for a CubeSat launch into deep space, as well as to determine the optimal direct ballistic flight of a spacecraft with minimal energy consumption from a low near-earth orbit to the libration point L1 of the Earth-Moon system on a given date of impact. In this work, all the necessary equipment for the proposed spacecraft has been selected and evaluated. Having made sure that the satellite of the CubeSat format can be used in deep space, the flight was considered in the traditional way - using an upper stage with chemical engines. So, in the work it was revealed that the spacecraft will reach the libration point in 9 days, which is much faster than a flight with low-thrust electric rocket engines. To describe a ballistic flight, it is necessary to consider the spacecraft motion in the gravitational field of the Earth and the Moon. Thus, it is necessary to solve the three-body problem. To solve the equation of motion in rectangular coordinates, it is necessary to use data on the position and velocity of celestial bodies in the considered coordinate systems. For this, mathematical models are used to calculate the ephemeris. In this work, the model DE-403 manufactured by JPL (Jet Propulsion Laboratory) is used, and all calculations are carried out in the mathematical package Mathcad. For an optimal flight, the Moon's inclination must be at its maximum. After a comparative analysis, it was revealed that the optimal launch date for the spacecraft will be March 2025, at which time the maximum inclination angle of the Moon's orbit is observed – 28.721.

Key words: small spacecraft, deep space, Moon, libration point L1.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 629.762

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ФЮЗЕЛЯЖА КРУГЛОГО ПОПЕРЕЧНОГО СЕЧЕНИЯ И КРЫЛЬЕВ ТРЕУГОЛЬНОЙ И ТРАПЕЦИЕВИДНОЙ ФОРМ В ПЛАНЕ

В. А. Фролов, А. В. Падорин, Р. Б. Рахманов, М. М. Адилов, К. В. Аксенов

Объектом исследования является модель крылатой ракеты. В результате работы определены коэффициенты интерференции для трёх комбинаций крылатой ракеты с крыльями треугольной и трапециевидной форм, изолированного фюзеляжа и семи комбинаций державка-крыло. Для каждой комбинации найдены коэффициенты интерференции фюзеляжа от крыльев на державке. Все коэффициенты сведены в таблицы и, по возможности, сравнены с их теоретическими значениями. Также произведён полный расчёт аэродинамических характеристик летательного аппарата.

Ключевые слова: аэродинамическая труба, державка, фюзеляж, крылья, коэффициент нормальной силы, коэффициент интерференции.

Аэродинамической интерференцией принято называть взаимодействие потоков, обтекающих отдельные элементы летательного аппарата. Мерой интерференции служит изменение аэродинамических характеристик летательного аппарата по сравнению с характеристиками изолированного элемента [1].

Целью работы является исследование интерференции фюзеляжа круглого поперечного сечения и крыльев треугольной и трапециевидной форм в плане. Аэродинамические характеристики крылатой ракеты разделяются на компоненты, описывающие изолированные элементы: фюзеляж и крыло.

Для комбинаций этих двух элементов нормальная сила представлена в виде суммы нормальных сил изолированного фюзеляжа и крыла с учётом коэффициентов интерференции, обусловленных взаимодействием этих компонентов.

Для получения коэффициентов интерференции разработана модель крылатой ракеты (рис. 1 и 2) в виде цилиндра диаметром 52 мм с эллиптической носовой частью и

сменными крыльями. При создании модели для обеспечения максимально легкой и прочной конструкции фюзеляж и все консоли крыльев выполнены при помощи 3D печати, с использованием пластика ABS. Печать проводилась на кафедре адаптивных технологий Самарского университета. Крепёжные втулки выполнены из стали и сплава алюминия фрезерованием.

Разработанная модель позволяет измерять силы, действующие на изолированный фюзеляж, на фюзеляж в присутствии крыла и силы, действующие на крыло в присутствии фюзеляжа. Для проведения эксперимента использовалась экспериментальная установка, в состав которой входит аэродинамическая труба АДТ малых дозвуковых скоростей Т-3 СГАУ [1].

Применялся экспериментальный тензометрический метод для измерения аэродинамических сил, действующих на фюзеляж при наличии консолей крыльев и, наоборот, сил, действующих на консоли крыльев при присутствии фюзеляжа.

© Фролов В. А., Падорин А. В., Рахманов Р. Б., Адилов М. М., Аксенов К. В., 2020.

Фролов Владимир Алексеевич (frolov_va_ssau@mail.ru),

доцент кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов;

Падорин Андрей Владимирович (andrei_padorin@rambler.ru), студент III курса;

Рахманов Роман Бабакулыевич (rahmanov.r99@gmail.com), студент III курса;

Адилов Мирам Мухамбетжанович (adilov_miram@mail.ru), студент III курса;

Аксенов Кирилл Владимирович (aksionov.kirill@gmail.com), студент III курса Института авиационной техники Самарского университета,

443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

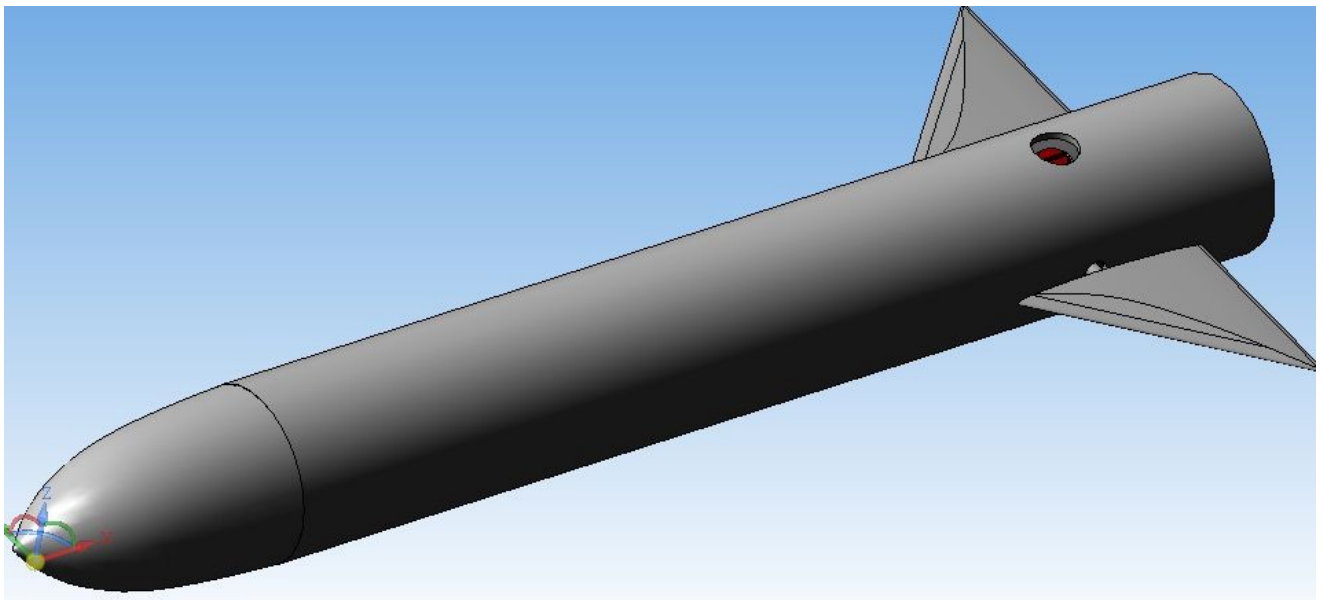


Рис. 1. 3D-модель крылатой ракеты, используемой в экспериментах

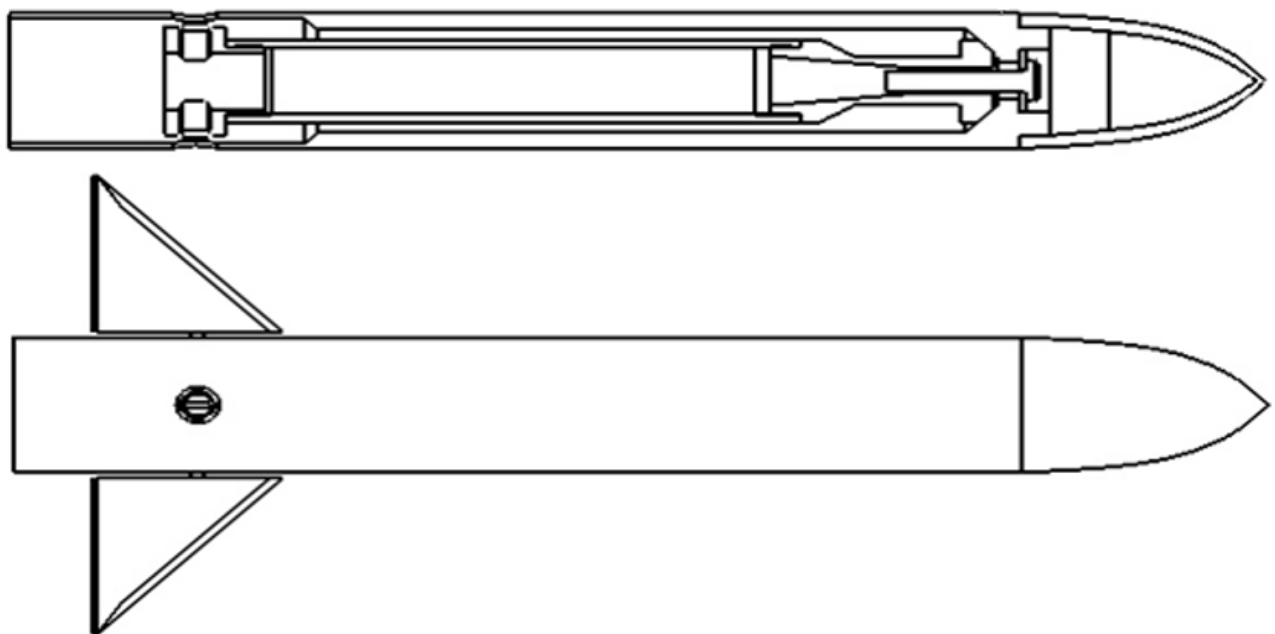


Рис. 2. Схема экспериментальной модели компоновки фюзеляж-треугольное крыло

Разработано специальное устройство, которое устанавливалось на тензометрическую головку штатных аэродинамических весов, применяемых в лаборатории аэродинамики Самарского университета. Эксперименты выполнены для семи крыльев, отличающихся различным размахом, что обеспечивало семь различных отношений диаметра фюзеляжа к размаху крыла \bar{D} (табл. 1). В каждой комбинации присутствует фюзеляж, втулка и пара консолей крыльев, поэтому, для удобства, все комбинации моделей

обозначены: ФК53, ФК65, ФК80, ФК50x80, ФК60x70, ФК70x60 и ФК70x50, в которых введены обозначения: Ф – фюзеляж, К – крыло, число после индекса К обозначает бортовую хорду крыла, а последние два числа – размах консоли у трапециевидных крыльев, мм.

В работе экспериментально определены коэффициенты интерференции для трёх комбинаций крылатой ракеты с крыльями треугольной и трапециевидной форм в плане. Теоретические значения коэффициентов интерференции взяты из работы Фролова В. А. [2].

Таблица 1

Геометрия крыльев

Название крыла	l_k , размах двух консолей, мм	l , размах исходного крыла, мм	λ_k , удлинение консоли	$S_{из}$, площадь изолированного крыла, мм ²	S , площадь консолей крыльев с подфюзеляжной частью, мм ²	$\bar{D} = d/l$
W53	106	162	2	2809	6561	0,32
W65	130	186	2	4225	8649	0,28
W80	160	216	2	6400	11664	0,24
W50x25x80	160	216	2,27	6000	8811	0,24
W60x30x70	140	196	2,11	6300	9710	0,27
W70x35x60	120	176	1,93	6300	10334	0,30
W70x35x50	100	156	1,63	5250	9363	0,33

Таблица 2

Значения коэффициентов интерференции и относительная погрешность сравнения для компоновки с треугольными крыльями ($\lambda_k = 2$)

\bar{D}	0,24	0,28	0,32
$C_{y\phi}^\alpha$, 1/град	0,0432		
$C_{y_{кр}}^\alpha$, 1/град	0,0497		
$C_{y_{кр(\phi)}}^\alpha$, 1/град	0,0564	0,0583	0,0631
$C_{y_{\phi(кр)}}^\alpha$, 1/град	0,0176	0,0258	0,0309
$C_{y_{(\phi,кр)}}^\alpha$, 1/град	0,0641	0,0683	0,0754
$K_{кр(\phi)}^T$	1,35	1,39	1,44
$K_{\phi(кр)}^T$	0,532	0,614	0,680
K_Σ^T	1,87	1,99	2,12
$K_{кр(\phi)}^3$	1,13	1,17	1,27
$K_{\phi(кр)}^3$	0,357	0,626	0,795
K_Σ^3	1,487	1,796	2,065
$\delta K_{кр(\phi)}$, %	16	16	12
$\delta K_{\phi(кр)}$, %	33	2	17
δK_Σ , %	20	10	12

Для расчёта коэффициентов интерференции использовались следующие формулы:

$$K_{\phi(кр)} = (C_{y_{\phi(кр)}}^\alpha - C_{y_\phi}^\alpha \frac{S_{м.ф}}{S}) / (C_{y_{кр}}^\alpha \frac{S_k}{S}),$$

$$K_{кр(\phi)} = \frac{C_{y_{кр(\phi)}}^\alpha}{C_{y_{кр}}^\alpha}, K_\Sigma = K_{кр(\phi)} + K_{\phi(кр)}.$$

где $C_{y_{\phi(кр)}}^\alpha$ – производная коэффициента нормальной силы фюзеляжа в присутствии крыла; $C_{y_\phi}^\alpha$, $C_{y_{кр}}^\alpha$ – производные коэффициентов нормальных сил изолированного фюзеляжа и изолированного крыла, соответственно; $C_{y_{кр(\phi)}}^\alpha$ – производная коэффициента нормальной силы крыла в присутствии

фюзеляжа; S_k , $S_{м.ф}$, S – площади изолированного крыла, миделя фюзеляжа и крыла с подфюзеляжной частью, соответственно.

В работе экспериментально определены коэффициенты интерференции для трёх комбинаций крылатой ракеты с крыльями треугольной и трапециевидной форм в плане. Теоретические значения коэффициентов интерференции взяты из работы Фролова В. А. [2].

Для расчёта коэффициентов интерференции использовались следующие формулы:

$$K_{\Phi(\text{кр})} = (C_{y\Phi(\text{кр})}^{\alpha} - C_{y\Phi}^{\alpha} \frac{S_{\text{м.}\Phi}}{S}) / (C_{y\text{кр}}^{\alpha} \frac{S_{\text{к}}}{S}),$$

$$K_{\text{кр}(\Phi)} = \frac{C_{y\text{кр}(\Phi)}^{\alpha}}{C_{y\text{кр}}^{\alpha}}, K_{\Sigma} = K_{\text{кр}(\Phi)} + K_{\Phi(\text{кр})}.$$

где $C_{y\Phi(\text{кр})}^{\alpha}$ – производная коэффициента нормальной силы фюзеляжа в присутствии крыла; $C_{y\Phi}^{\alpha}, C_{y\text{кр}}^{\alpha}$ – производные коэффициентов нормальных сил изолированного фюзеляжа и изолированного крыла, соответственно; $C_{y\text{кр}(\Phi)}^{\alpha}$ – производная коэффициента нормальной силы крыла в присутствии фюзеляжа; $S_{\text{к}}, S_{\text{м.}\Phi}, S$ – площади изолированного крыла, миделя фюзеляжа и крыла с

подфюзеляжной частью, соответственно.

Производные коэффициентов нормальных сил получены экспериментально и представлены в (табл. 2 и 3).

На (рис. 3 и 4) показаны результаты эксперимента (маркеры) и теоретические значения (линии) для коэффициентов интерференции.

Сравнение полученных экспериментальных и теоретических значений коэффициентов интерференции показало, что максимальное расхождение имеет место для суммарного коэффициента интерференции в случае компоновки фюзеляжа с трапециевидным крылом.

Таблица 3

Значения коэффициентов интерференции и относительная погрешность сравнения для компоновки с трапециевидными крыльями ($\eta_{\text{к}} = 2$)

\bar{D}	0,24	0,27	0,30	0,33
$C_{y\Phi}^{\alpha}, 1/\text{град}$	0,043			
$C_{y\text{кр}}^{\alpha}, 1/\text{град}$	0,1171	0,0853	0,0628	0,0521
$C_{y\text{кр}(\Phi)}^{\alpha}, 1/\text{град}$	0,0479	0,0405	0,0370	0,0263
$C_{y\Phi(\text{кр})}^{\alpha}, 1/\text{град}$	0,0852	0,0895	0,0885	0,0787
$C_{y(\Phi,\text{кр})}^{\alpha}, 1/\text{град}$	0,0670	0,0601	0,0570	0,0445
$K_{\text{кр}(\Phi)}^{\text{T}}$	1,20	1,23	1,26	1,29
$K_{\Phi(\text{кр})}^{\text{T}}$	0,28	0,33	0,37	0,42
K_{Σ}^{T}	1,49	1,56	1,63	1,71
$K_{\text{кр}(\Phi)}^{\text{Э}}$	1,65	1,69	1,85	2,02
$K_{\Phi(\text{кр})}^{\text{Э}}$	0,47	0,42	0,56	0,65
$K_{\Sigma}^{\text{Э}}$	1,96	2,11	2,41	2,67
$\delta K_{\text{кр}(\Phi)}, \%$	37	37	47	57
$\delta K_{\Phi(\text{кр})}, \%$	66	30	51	56
$\delta K_{\Sigma}, \%$	32	35	48	57

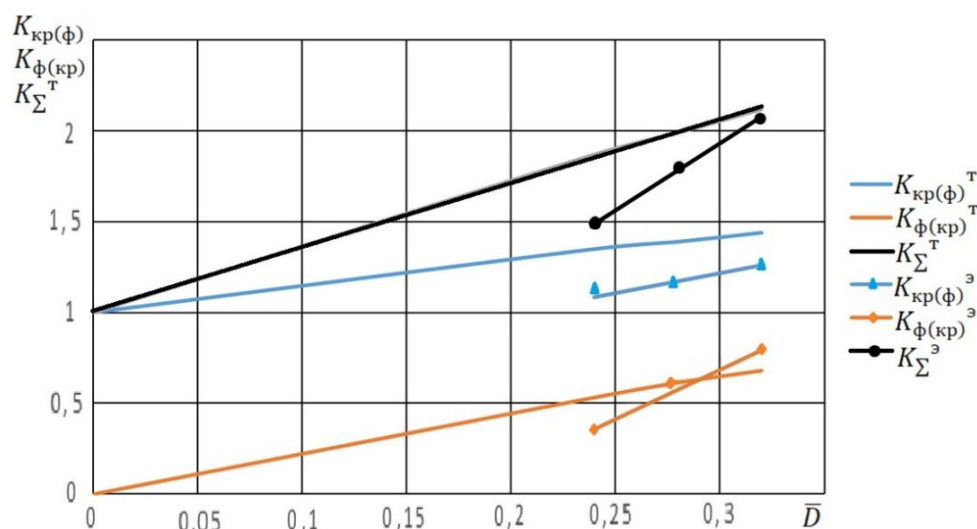


Рис. 3. Коэффициенты интерференции для компоновок с треугольными крыльями

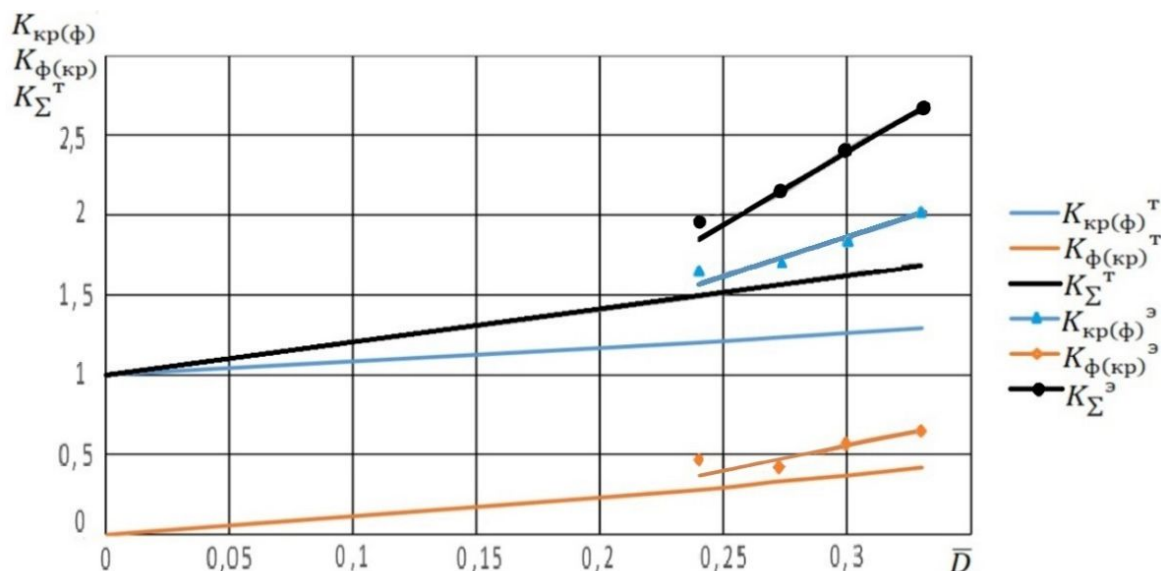


Рис. 4. Коэффициенты интерференции для компоновок с трапециевидными крыльями

Литература

1. Вузовская учебно-исследовательская аэродинамическая труба [Текст] / В. А. Комаров, В. В. Тарасов, В. А. Фролов, [и др.] // Полёт. М.: Машиностроение, 2006, 10. С. 34–40.
2. Фролов В. А. Методы расчёта несущих

характеристик компоновок фюзеляж-крыло. Аналитический обзор, математические модели, расчетные и экспериментальные данные, оптимизация / LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH&Co. KG. Saarbrücken. 2011. 141 с.

INVESTIGATION OF INTERFERENCE FUSELAGE OF CIRCULAR CROSS-SECTION AND TRIANGULAR AND TRAPEZOIDAL WINGS

V. A. Frolov, A. V. Padorin, R. B. Rakhmanov, M. M. Adilov, K. V. Aksenov

The object of the research is a model of a cruise missile. As a result, the interference coefficients for seven combinations of a cruise missile with triangular and trapezoidal wings were determined. For each combination, the interference coefficients are tabulated and, if possible, compared with their theoretical values.

Key words: wind tunnel, holder, fuselage, wings, normal force coefficient, interference coefficient.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Frolov V. A., Padorin A. V., Rakhmanov R., B., Adilov M. M., Aksenov K. V., 2020.

Frolov Vladimir Alekseevich (frolov_ya_ssau@mail.ru),

associate professor of the Department of aircraft design and construction;

Padorin Andrey Vladimirovich (andrel_padorin@rambler.ru), student III course;

Rakhmanov Roman Babakulyevich (rabmanov.r99@gmail.com), student III course;

Adilov Miram Mukhambetzhonovich (adilov_miram@mail.ru), student III course;

Aksenov Kirill Vladimirovich (aksionov.kirill@gmail.com), student III course of the Institute of aviation technology of the Samara University,

443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ВЫБОР ОРБИТАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ИНСПЕКЦИОННОГО ДВИЖЕНИЯ ПО ОРБИТАМ МАЛОЙ ЭЛЛИПТИЧНОСТИ

М. С. Щербаков, Е. А. Ускова

В данной работе рассматривается облёт по инспекционной траектории, совершаемый одним космическим аппаратом (КА) относительно другого. Получены выражения для начальных условий движения в случае центрального поля притяжения Земли при движении базового КА по круговым и эллиптическим орбитам, позволяющих реализовать замкнутую траекторию в орбитальной системе координат при полностью пассивном движении обоих КА. Исследовано различие между начальными условиями движения и их линейными аналогами, с учётом различных возмущающих факторов. Проведено исследование деформации номинального инспекционного эллипса в центральном поле для различных орбит базового КА. Полученные результаты могут применяться для реализации группового полёта близко летящих КА для миссий по построению сложных космических систем на орбите.

Ключевые слова: близко летящие космические аппараты, относительное движение, номинальный инспекционный эллипс, выбор начальных условий движения.

В настоящее время активно используется групповой полёт космических аппаратов (КА). Интерес к этой технологии обусловлен тем, что она позволяет расширить круг научно-исследовательских и прикладных задач. Группировка КА способна нести научные приборы, эффективность которых возрастает при их одновременном использовании в разных точках пространства. Близко-летающие КА могут решать задачу инспекции, которая важна при построении сложных модульных объектов на орбите и детектировании космического мусора. При использовании группы КА, возрастает общая надёжность миссии, так как выход из строя одного КА не приводит к её нештатному завершению. Одной из основных трудностей, возникающей при групповом полёте является поддержание заданной формации, в которой расстояние между КА может составлять от нескольких сотен метров до десятков километров. Из-за необходимости поддержания таких небольших расстояний возрастают требования к системе управления. Для решения этой задачи разрабатываются специальные подходы сохранения

формации КА. Одним из таких подходов является подбор начальных орбитальных параметров движения, при котором геометрическая форма группировки КА сохраняется в допустимых пределах на конечном интервале времени при пассивном движении. Такой подход особенно актуален для задач, в которых один КА совершает облёт другого по инспекционному эллипсу. Возможность реализации замкнутых относительных траекторий показана в [1]. В работе [2] используются модель относительного движения, при условиях, что поле притяжения Земли центральное, а расстояние между КА мало, относительно орбитального радиус-вектора, инспектируемого КА. При такой постановке относительное движение будет описываться уравнениями Хилла и иметь аналитическое решение, позволяющие реализовать замкнутый инспекционный эллипс. Основными возмущающими факторами, влияющие на изменение геометрической формы группы КА являются эллиптичность орбит и вторая зональная гармоника, которые не позволяют использовать решения уравнений Хилла [3].

© Щербаков М. С., Ускова Е. А., 2020.

Щербаков Михаил Сергеевич (*sherbakov.m.s@mail.ru*), аспирант;

Ускова Екатерина Александровна (*uskova.katya2015@yandex.ru*),

магистрант Межвузовской кафедры космических исследований Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

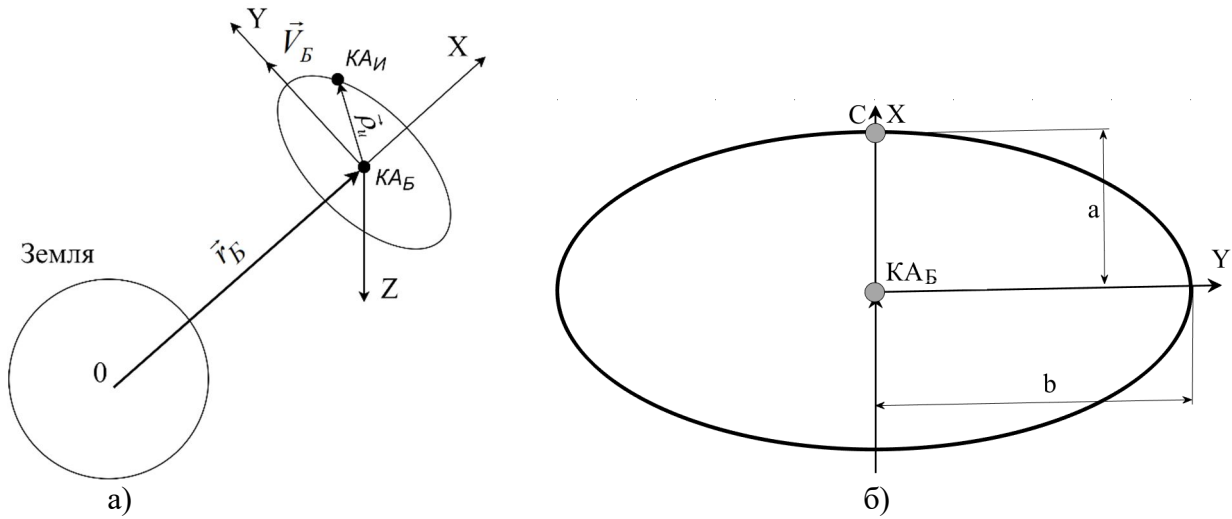


Рис. 1. Орбитальная система координат и номинальный инспекционный эллипс

В [4] рассматривается подбор начальных условий движения в нормальное поле притяжения. Полученный результат позволяет сформулировать рекомендации по выбору начальных условий и реализовать пассивное инспекционное движение продолжительностью более 40 суток без учета эллиптичности орбиты инспектируемого (базового) КА (КА_Б). В данной работе рассматривается формация из двух КА, КА-инспектор (КА_И) совершает облет КА_Б по инспекционному эллипсу. Особенностью работы является вывод начальных условий движения, при которых относительная траектория будет замкнутой, при движении в центральном поле притяжения, с учетом малой эллиптичности орбиты КА_Б.

Постановка задачи

В работе рассматривается относительное движение двух КА, в одной орбитальной плоскости. КА_И движется по инспекционному эллипсу, в центре которого находится базовый КА_Б. Движение рассматривается в Орбитальной системе координат (ОСК) ось OX направлена по радиусу-вектору \vec{r}_B , ось OY лежит в плоскости орбиты КА_Б и направлена в сторону его движения, а ось OZ дополняет систему координат до правой (рис. 1а).

Движение КА_И в ОСК в центральном поле и с учетом эллиптичности орбиты КА_Б описывается системой уравнений [5]:

$$\begin{aligned} \ddot{x} &= \ddot{\theta}_B y + \dot{\theta}_B^2 x + 2\dot{\theta}_B \dot{y} + \frac{\mu}{r_B^2} - \frac{\mu}{[(r_B+x)^2 + y^2 + z^2]^{\frac{3}{2}}}(r_B+x) \\ \ddot{y} &= -\ddot{\theta}_B x + \dot{\theta}_B^2 y - 2\dot{\theta}_B \dot{x} - \frac{\mu}{[(r_B+x)^2 + y^2 + z^2]^{\frac{3}{2}}}y \\ \ddot{z} &= -\frac{\mu}{[(r_B+x)^2 + y^2 + z^2]^{\frac{3}{2}}}z \end{aligned} \tag{1}$$

$$\begin{aligned} \ddot{r}_B &= r_B \dot{\theta}_B^2 - \frac{\mu}{r_B^2} \\ \ddot{\theta}_B &= -\frac{2\dot{r}_B \dot{\theta}_B}{r_B} \end{aligned}$$

где

$$\dot{\theta}_B = \sqrt{\frac{\mu}{a_B^3} \frac{(1 + e_B \cos \theta_B)^2}{(1 - e_B^2)^{\frac{3}{2}}}} \text{ — угловая скорость}$$

движения по орбите КА_Б;

$$\dot{r}_B = e_B \sin \theta_B \sqrt{\frac{\mu}{a_B(1 - e_B^2)}} \text{ — скорость изменения радиус-вектора КА}_B;$$

μ — гравитационный параметр Земли.

Если рассмотреть движение КА_Б по круговой орбите и принять допущение о том, что расстояние между КА мало по сравнению с радиус-вектором, то система (1) преобразуется в систему уравнений Хилла и будет иметь аналитическое решение [6], из которого можно получить условия для реализации замкнутого инспекционного эллипса, период движения по которому будет равен орбитальному, а большая полуось будет вдвое больше малой (рис. 1 б). В центре инспекционного эллипса располагается КА_Б, а вектор начальных

условий движения КА_И должен иметь вид [6]:

$$\vec{p}_{uo} = \left(x_o, y_o, 0, \dot{x}_o = \frac{y_o \dot{\theta}_o}{2}, \dot{y}_o = -2x_o \dot{\theta}_o, 0 \right)^T \quad (2)$$

В данной работе эллипс, получаемый с использованием (2) называется номинальный инспекционный эллипс (НИЭ). А сами начальные условия называются – начальные условия Хилла.

Квазипериодическое инспекционное движение

Под квазипериодическим инспекционным движением (КИД) понимается такое, при котором КА_И движется по замкнутой относительной траектории вокруг КА_Б в центральном поле притяжения и с учётом эллиптичности орбиты КА_Б. В основе создания КИД между двумя КА, лежит идея соизмеримости орбитальных энергий, это позволяет сформулировать начальные условия для нелинейной системы уравнений относительного движения (5). Предположим, что орбитальные энергии движения обоих КА равны:

$$\Delta E = E_B - E_{II} = 0 \quad (3)$$

Выведем начальные условия для КИД при круговой орбите КА_Б, рассматривая плоское движение. Полная энергия КА_И и КА_Б [7]:

$$E_B = \frac{1}{2} (\dot{\theta}_B r_B)^2 - \frac{\mu}{r_B} \quad (4)$$

$$E_{II} = \frac{1}{2} (\dot{x} - \dot{\theta}_B y)^2 + \frac{1}{2} [\dot{y} + \dot{\theta}_B (r_B + x)]^2 - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x)^2 + y^2}} \quad (5)$$

Подставляя (4) и (5) в (3) получим обобщённое условие КИД:

$$\frac{1}{2} (\dot{x} - \dot{\theta}_B y)^2 + \frac{1}{2} (\dot{y} + \dot{\theta}_B x)^2 + \dot{\theta}_B r_B (\dot{y} + \dot{\theta}_B x) + \left[\frac{\mu}{r_B} - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x)^2 + y^2}} \right] = 0 \quad (6)$$

Допустим, что КА_И начинает движение из точки С (рис. 1 б), тогда (2) преобразуется:

$$\vec{p}_{uo}(C) = (x_o \neq 0, y_o = 0, \dot{x}_o = 0, \dot{y}_o = -2x_o \dot{\theta}_B)^T \quad (7)$$

Чтобы получить начальные условия движения, соответствующие замкнутой относительной траектории, подставим (7) в (6). Решая квадратное уравнение, найдём

корни \dot{y}_0 :

$$\dot{y}_0 = -\dot{\theta}_B (r_B + x_o) \pm \sqrt{\dot{\theta}_B^2 (r_B + x_o)^2 - \left[(\dot{x}_o - \dot{\theta}_B y_o)^2 + \dot{\theta}_B^2 x_o (2r_B + x_o) + 2 \left(\frac{\mu}{r_B} - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x_o)^2 + y_o^2}} \right) \right]} \quad (8)$$

Выражение (8) назовём обобщённым начальным условием для круговых орбит. Оно позволяет реализовать КИД с помощью подбора начальных условий движения для точки С (рис. 1 б). Исследуя подкоренное выражение (8), можно наложить ограничения на область значений начальных условий движения:

$$x_o \leq \frac{\dot{\theta}_B^2 r_B^4}{2\mu - \dot{\theta}_B^2 r_B^3} \quad (9)$$

В рассматриваемой постановке задачи это условие выполняется для всех орбит и для всех размеров инспекционных эллипсов.

Выведем начальные условия для КИД при малой эллиптичности орбиты КА_Б, рассматривая плоское движение. Полная энергия КА_И и КА_О будет:

$$E_B = \frac{1}{2} \left(\dot{\theta}_B r_B \frac{e_B \sin \theta_B}{1 + e_B \cos \theta_B} \right)^2 + \frac{1}{2} (\dot{\theta}_B r_B)^2 - \frac{\mu}{r_B} \quad (10)$$

$$E_{II} = \frac{1}{2} \left(\dot{x} - \dot{\theta}_B y + \dot{\theta}_B r_B \frac{e_B \sin \theta_B}{1 + e_B \cos \theta_B} \right)^2 +$$

$$+ \frac{1}{2} [\dot{y} + \dot{\theta}_B (r_B + x)]^2 - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x)^2 + y^2}} \quad (11)$$

Подставляя (10) и (11) в (3), получим обобщённое условие КИД:

$$\frac{1}{2} (\dot{x} - \dot{\theta}_B y)^2 + \frac{1}{2} (\dot{y} + \dot{\theta}_B x)^2 + \dot{\theta}_B r_B (\dot{y} + \dot{\theta}_B x) +$$

$$+ \dot{\theta}_B r_B \frac{e_B \sin \theta_B}{1 + e_B \cos \theta_B} (\dot{x} - \dot{\theta}_B y) +$$

$$\left[\frac{\mu}{r_B} - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x)^2 + y^2}} \right] = 0 \quad (12)$$

Подставляя (6) в (12), получим квадратное уравнение. Найдём корни для \dot{y}_0 :

$$\dot{y}_0 = -\dot{\theta}_B (r_B + x_o) \pm \sqrt{\dot{\theta}_B^2 (r_B + x_o)^2 - (\dot{x}_o - \dot{\theta}_B y_o) \left[(\dot{x}_o - \dot{\theta}_B y_o) + 2\dot{\theta}_B r_B \frac{e_B \sin \theta_B}{1 + e_B \cos \theta_B} \right] -$$

$$-\sqrt{2 \left[\frac{\mu}{r_B} - \frac{\mu}{\sqrt{(r_B + x_0)^2 + y_0^2}} \right]} - \dot{\theta}_B^2 x_0 (2r_B + x_0) \quad (13)$$

Выражение (13) назовём обобщённым начальным условием для орбит малой эллиптичности. Ограничения, налагаемые на начальные условия движения наличием квадратного корня, совпадают с (9).

Линеаризуя (12), можно получить обобщенное условие квазипериодического относительного движения для линейного поля притяжения на орбитах малой эллиптичности по аналогии с начальными условиями Хилла когда угол истинной аномалии базового спутника $\theta_B = 0$ и КАи начинает движение из точки С (рис. 1б) [7]:

$$\dot{y}_0 = - \frac{n_B (e_B + 2)}{(1 + e_B)^2 (1 - e_B)^2} x_0 \quad (14)$$

где n_B – среднее угловое движение,

$$n_B = \sqrt{\frac{\mu}{a_B^3}}$$

Начальные условия (14) в данной работе будем называть аналогом начальных условий Хилла для эллиптических орбит.

Параметрический анализ начальных условий при движении по инспекционной траектории

Проведем сравнение выражений для выбора начальных условий, полученных при линеаризации уравнений относительного движения, с обобщёнными начальными условиями для центрального поля притяжения, круговых и эллиптических орбит КАБ. Будут исследованы две орбиты КАо – 500, 1000 км

и инспекционные эллипсы с малой полуосью от 250 метров до 10 км.

Рассмотрим круговую орбиту КАБ. Оценим разницу между условиями Хилла (6) и обобщённым начальным условием для круговых орбит (8). КАи начинает движение из точки С (рис. 1б). Результаты моделирования показаны на рисунке 2.

В расчётах, приведённых на рисунке 2, использовался только один корень (8), второе слагаемое которого имеет знак «+». Другой корень выражения (8) не может быть использован, так как при его применении значение относительной скорости КАи не соответствует физической постановке рассматриваемой задачи. Можно сделать вывод, что разница между линейным выражением (7) и (8) возрастает при увеличении размеров инспекционного эллипса. Это обусловлено тем, что возрастает величина разностного гравитационного ускорения, действующего на оба КА, это приводит увеличению разности между (7) и (8). Изменение высоты орбиты также вносит вклад в отличие начальных скоростей, но он существенно меньше, так как на деформацию инспекционного эллипса сильнее влияет разностное гравитационное ускорение, нежели изменение его абсолютной величины, действующего на отдельный КА.

Рассмотрим движение КАБ по эллиптической орбите. Эксцентриситет будет принимать значения 0,01 и 0,05. Оценим разницу между аналогом условия Хилла (14) и обобщённым начальным условием (13), при условии, что КАи начинает движение из точки С (рис. 1б). Расчёт начальных условий проводится в момент времени, когда КАБ проходит через перигей. Высота орбиты КАБ в перигеи 500 км. Результаты моделирования показаны на рисунке 3.

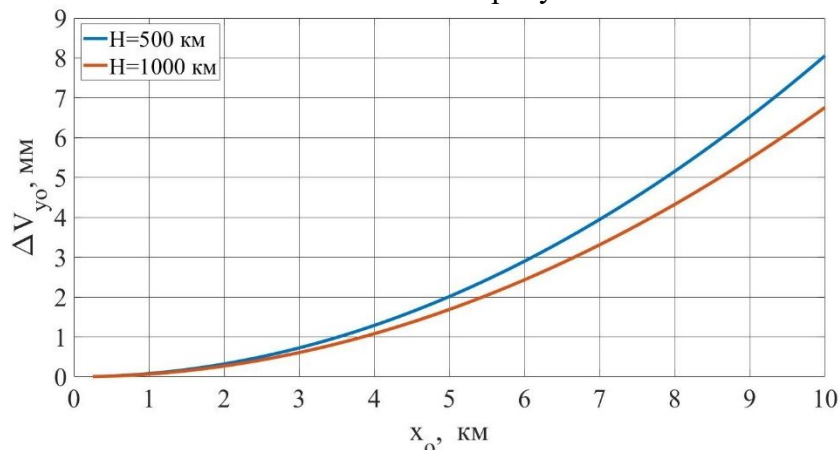


Рис. 2. Разница начальных скоростей при круговой орбите КАБ

Для расчетов, приведенных на рисунке 3, по аналогии с предыдущим расчётом использовался один корень выражения (13). Анализируя рисунок 3, можно сделать вывод, что при наличии небольшой эллиптичности орбиты КА_Б существенно возрастает погрешность линеаризации.

Исследование квазипериодического инспекционного движения

Обобщённые начальные условия (8 и 13) позволяют реализовать КИД при движении в центральном поле и при малой эллиптичности орбиты КА_Б. Проведём исследование, позволяющие определить отличие траектории КИД, по которой движется КА_И от номинального инспекционного эллипса. Так как исследуемые траектории НИЭ и КИД в ОСК

представляют из себя эллипсы, проведем сравнение их больших и малых полуосей:

$$\Delta a = a_n - a_k$$

$$\Delta b = b_n - b_k$$

где индексы «н» и «к» обозначают соответственно принадлежность к НИЭ и КИД. Для расчётов использовались следующие начальные условия: высота орбиты КА_Б 500 км в перигеуме, эксцентриситет принимает два значения 0,01 и 0,05, КА_И начинает движение из точки С (рис. 1б), малая полуось (равна начальному значению x_0) варьируется в диапазоне от 250 м до 10 км.

Результаты моделирования показаны на рисунке 4. Исследование показало, что малые полуоси НИЭ и КИД совпадают, а большие различаются на 0,06 %.

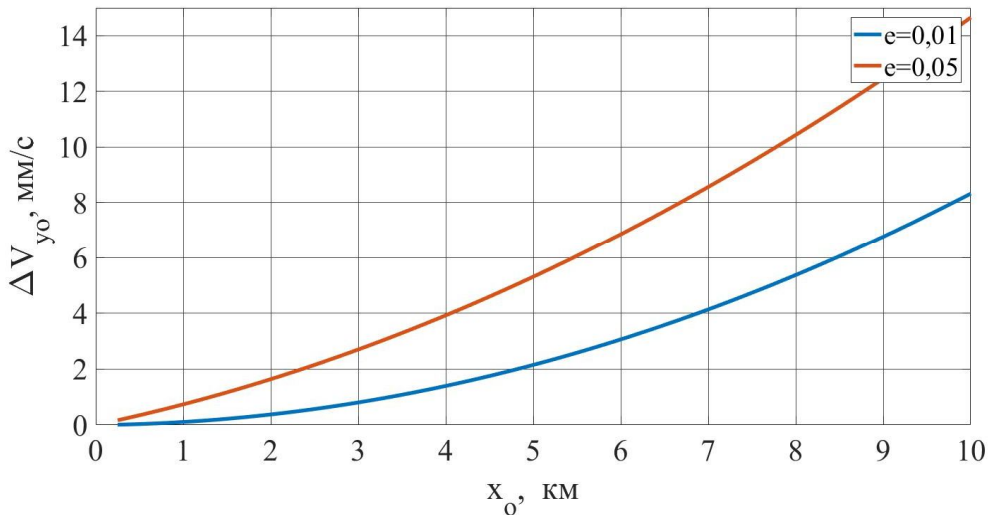


Рис. 3. Разница начальных скоростей при эллиптической орбите КА_Б

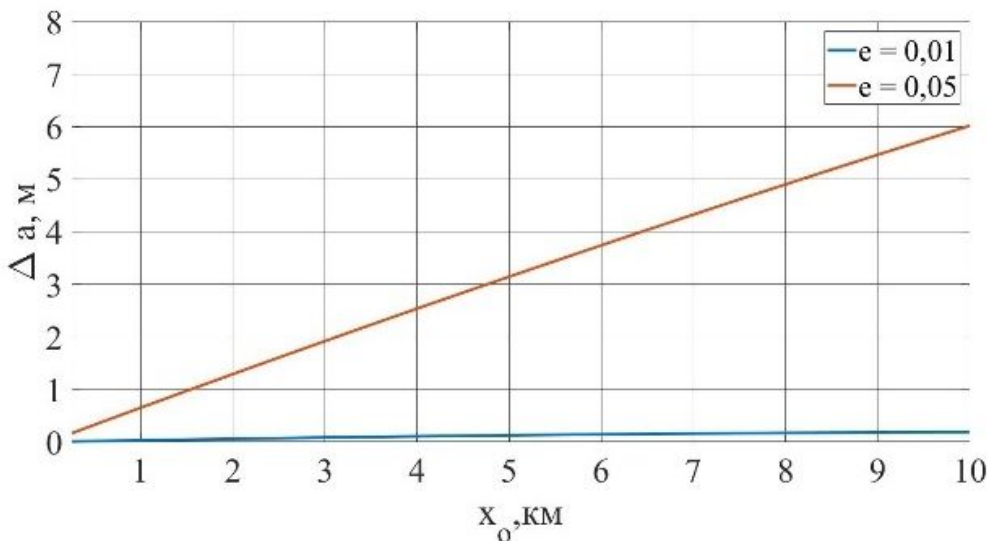


Рис. 4. Отличие больших полуосей в ОСК

Заключение

В работе получены обобщённые начальные условия, позволяющие скорректировать начальные условия Хилла и реализовать КИД в центральном поле притяжения для круговой и эллиптической орбиты КА_Б. Основной вклад в различие между выражениями для КИД и их линейризованными аналогами вносит увеличение размеров НИЭ, это приводит к увеличению разностного гравитационного ускорения, действующего на оба КА. На втором месте по величине вклада – эллиптичность орбиты КА_Б, в следствие чего будет происходить увеличение различия между орбитальными периодами. На третьем – высота орбиты КА_Б, вклад этого параметра самый незначительный, это обусловлено тем, что изменяются орбиты обоих КА и величина разностного гравитационного ускорения будет изменяться в меньшей степени. При малой полуоси НИЭ равной 250 м, 500 м, 1 км разница между (7) и (8) пренебрежимо мала и можно использовать линейризованные выражения для выбора начальных условий. Проведено сравнение НИЭ и КИД, которое показало, что для случая орбит малой эллиптичности большие полуоси эллипсов отличаются незначительно, а малые полуоси совпадают, если КА_И начинает свое движение из точки С (рис. 16). Результаты работы могут быть использованы для реализации группового полета, выведенные начальные условия позволят обеспечивать максимальную стабильность относительного движения в центральном поле притяжения при полете по круговым и эллиптическим орбитам.

Благодарности

Работа выполнена в рамках проекта FSSS-2020-0018, финансируемого из средств

государственного задания победителям конкурса научных лабораторий образовательных организаций высшего образования, подведомственных Минобрнауки России.

Литература

1. Hanspeter Schaub and Kyle T. Alfriend J2 invariant relative orbits for spacecraft formations// *Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy*. 2001. Vol. 79, P. 77–95.
2. Sabol C., Burns R. and McLaughlin C. A. Satellite Formation Flying Design and Evolution// *Journal of Spacecraft and Rockets*, Vol. 38, No. 2, 2004. P. 270–278.
3. In-Plane Satellite Formations in Eccentric Orbits under J2 Perturbation/ Guangyan Xu, Danwei Wang, Eng Kee Poh [et al.] // *IEEEAC paper #1153, Version 4, Nov. 30, 2008*.
4. Shcherbakov M.S., Avariaskin D.P. Studying problems on choosing stable orbits of nanosatellites to provide passive and periodic relative trajectories// *J. Phys.: Conf. Ser.* 1536 012001, 2020.
5. Sessa S. Vaddi, Srinivas R. Vadali and Kyle T. Alfriend Formation Flying: Accommodating Nonlinearity and Eccentricity Perturbations// *Journal of Guidance Control, and Dynamics*. 2003. Vol. 26, № 2.
6. Sabatini M., Izzo D., Bevilacqua R. Special Inclinations Allowing Minimal Drift Orbits for Formation Flying Satellites// *Journal of Guidance Control and Dynamics* 31(1), January 2008, P. 94–100.
7. Satellite Formation Design and Optimal Station keeping Considering Nonlinearity and Eccentricity/ Jian-jun Xing, Guo-jin Tang, Xiao-ning Xi [et al.]// *Journal of Guidance Control, and Dynamics*. 2007. Vol. 30. № 5.

CHOOSING THE MOTION INITIAL CONDITIONS AND SUSTAINABILITY RESEARCH INSPECTION MOTION IN SMALL ELLIPTIC ORBITS

M. S. Shcherbakov, E. A. Uskova

In this paper, we consider the movement along an inspection trajectory when one spacecraft flies around another spacecraft. Expressions are obtained for the initial conditions of motion in the case of the central field of gravity of the Earth during the motion of the base spacecraft in circular and elliptical orbits. Using the obtained initial conditions, one can realize a closed trajectory in the orbital coordinate system with the passive motion of both spacecraft. The difference between the initial conditions of motion and their linear counterparts is studied, taking into account various disturbing factors. The study of the deformation of the nominal inspection ellipse in the central field for various orbits of the base spacecraft was carried out. The results can be used to realize a group flight of closely flying spacecraft for missions to build complex space systems in orbit.

Key words: close-flying spacecraft, relative motion, nominal inspection ellipse, selection of initial driving conditions.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 629.78

PROJECT OF THE SPACECRAFT MODULE FOR BIOLOGICAL EXPERIMENTS IN ARTIFICIAL GRAVITY

D. S. Velmozhin

In this work, the result is obtained - a draft design of the spacecraft module intended for conducting biological experiments with artificial gravity technology. The necessity of developing research in the field of artificial gravity technologies is substantiated. Theoretically, an interesting effect associated with the design features has been found. The author draws attention to the general concept of the project, the layout of nodes and aggregates. The author's task is not to make a complete design calculation. The author's task is to present a draft design: a 3D model that reflects the main idea of the project and its components. The author focuses on the use of modern computer technologies in the project, which were not available in previous experiments on this topic. This work is useful as a fresh look at the solution of an urgent problem that has accompanied manned space since its inception.

Ключевые слова: technology development, computer technologies, modern technologies in space engineering, application of artificial intelligence, influence of space conditions on health, 3D-model.

Currently, this problem is well studied, there is an intermediate solution that compensates for the impact of the lack of gravity onboard spaceships and meets the needs of the space industry at the moment, but in author's opinion, in the future development of manned space exploration will require a completely different approach based on the experience of previous years and focused on the application of modern technological solutions.

This article describes to a greater extent the author's project, however, we note that current research programs on this topic exist and periodically appear in the media about them.

«Specialists of the Institute of medical and biological problems (IMBP) RAS is testing a short-radius centrifuge to create artificial gravity on the International space station, Director of the Institute Oleg Orlov told RIA Novosti» [1]. The ISS module that Orlov is talking about is similar to the author's project, but the author's project has a broader purpose.

In this article, the author calls the comic devices of the «Bion» series a potential platform for the designed module. Referring to the TASS report: «Equipment for creating artificial gravity can be installed on the Russian scientific satellite

«Bion-M» number 3, which should go into orbit in 2025. This was reported to journalists by Vladimir Sychev, Deputy Director of the Institute of medical and biological problems of the Russian Academy of Sciences» [2] indeed, Bion can be considered as a carrier spacecraft for the module.

When working with existing devices, it is important to know their technical characteristics, which also dictate the requirements for scientific equipment. The characteristics of the device described above are presented on the website of RSC Progress [3] – the manufacturer of these devices. The module described in this article corresponds to them.

The conditions and research methods

Research in this work has been carried out in theoretical field, which made the process of creating a project more flexible, and the development does not depend on the material component. It is important to note that theoretical research is inevitably accompanied by its disadvantages, in particular, application of the results of such research in practice can be difficult.

The main method of this research is modeling in several of its manifestations: theoretical

modeling environment in which the spacecraft module is to work (hereinafter SCM), the creation of a computer model of result - sketch of three-dimensional visualization and theoretical modeling research experiments developed by the SCM.

The second most important method on which the research is based is the analysis of information at all stages of the research. Thus, the sources of data for analysis in this work are: data on the current situation and development of the space industry, current technological trends, both in the field of rocket and space technology, and in related industries, in particular in the field of artificial intelligence technologies; the results of previous research on this topic, as well as interim conclusions and hypotheses obtained in the course of this work.

The use of the methods described above is aimed at creating a result that has new properties that favorably distinguish it from other similar projects.

Problems of the task

Currently, there is a trend to develop spaceships that can take a person to the Moon and Mars. Specialists of leading companies in the industry are purposefully engaged in the creation of interplanetary spaceships. Special attention is paid to the design of life support systems for a crew and systems for protecting the human body from the negative impact of space factors.

One of interesting tasks is to research the effect of artificial gravity on living organisms over a long period of time. At the moment, this is one of the main problems of manned cosmonautics, because in the absence of gravity, biological processes of living organisms are disrupted and at the moment this leads to the fact that a person can't be in space for a long period of time, about several years, especially since we are not talking about creating a colony of humanity in space with a change of generations.

In this research paper, attention is paid to the analysis of the possibility of creating a small-size SCM for conducting biological experiments in conditions of artificial gravity.

Potential research objects in experiments

Presumably, small rodents and geckos are suitable as research objects. This choice was not made by chance.

Laboratory mice and rats are the subject of a large number of researches on Earth, so there is a large database of these animals. Data obtained as a result of experiments in the SCM can be quickly compared with data from similar studies in Earth conditions, which, in turn, allows you to adjust the research program to obtain the best results.

Geckos have a specific structure of limbs that allows them to attach to a surface; potentially this is one of the factors due to which the lack of gravity has less effect on them. In turn, they have an important advantage, they are unpretentious and consume a small amount of food and water, which means that they can be used for long-term research, including experiments on animal reproduction outside the Earth.

Potential spacecraft for this module

This question concerns the more practical part of the project implementation, but in the framework of theoretical development, it is important to note that the proposed spacecraft (SC) can be adapted to work with the SCM and the requirements that are imposed on them.

First of all, the SC is to provide the SCM systems with electricity and a two-way communication channel with the ground control center. Power consumption of the module is expected to be such that the SCM can be considered as a payload for interplanetary missions whose main equipment is inactive during the flight to the target celestial body, Mars as an example. When the main equipment is switched on, the SCM is switched to a more economical mode of energy consumption, with the exclusion of some data collection systems that consume the most resources, the active research phase can be resumed during the SC's return flight to Earth. Now we let us proceed to the consideration of options AS-carriers.

First of all, we should mention that the International space station (ISS) is one of the main tools in the exploration of space by mankind. The advantages of the ISS include possibility of operational intervention in the operation of the SCM for maintenance or repair using robotic systems or with the help of astronauts in outer space, because the SCM will be located outside the station. In such conditions, the term of research is limited only by the service life of the SCM construction.

In addition to the ISS for missions in near-earth space SC series "BION" suit, in this case, we consider the return of objects of study to the Earth, but it complicates and aggravates the design of the ICA, the service life in such conditions is limited by supplies of water, food and oxygen.

An example of a SC for interplanetary research is the «FOBOS-GRUNT». Research in deep space is the most difficult issue, since the ability to return research objects to the Earth requires the use of heavier launch vehicles. According to the author, it is possible to achieve high quality and volume of data as a result of remote research, then the research period can be longer, but it will be a one-way flight.

Overview of the module design

It is based on the classic toroidal shape, which was subjected to significant modifications, which mostly addressed the elimination of shortcomings. Thus, the toroidal outer habitable block (OHB) is divided into three movable sections equipped with folding mechanisms. This solution solves the following problems.

1) Reducing the number of auxiliary structures at the stage of launch. The arrangement of the sections one above the other and the transfer of the load by the design of the SCM allows you to use reinforced support for one section and lightweight support in the space between the sections. The circle in the section makes the construction of sections highly susceptible to loads, reducing the risk of damage to the weak link-the connections of the external and central blocks.

2) Compact. Folding sections according to the author's calculations potentially reduces the required amount of space under the head fairing by 30% compared to the space required for placing a module with a fixed shape.

It is important to note that this decision necessitated the installation of dampers at the junctions of sections and the installation of detachable electrical connections and air pipes.

In the OHB, most of the space is occupied by a habitable space, similar in cross-section to the cabin of an airliner, the cut - off parts of the circumference of the section are used for air ducts for supplying clean air and removing dirty

air and solid particles. As well as laying electrical wiring and placing large sensors, like a video camera. Approximately 1/6 of the OHB is occupied by a removable container (RC) and its site. In the RC, a little more than half of the volume is occupied by an isolated volume, in which the objects of research are at the launch stage. The second largest component of the RC is a food container with a screw feeder that serves animal feed in portions. Next in order of decreasing size is the unit for collecting solid particles and treating the air with ultraviolet light, followed by a system for separating the mixture of water and gases supplied from the central unit, and updating the air composition by replacing part of it with a mixture of nitrogen and oxygen.

Alternatively, possibility of placing a carbon dioxide regenerator in the central unit to saturate the air with oxygen was considered. These improvements allowed us to achieve the following results:

High density layout. SCM is small in size, the draft is the diameter of the torus at the center of 1 m, cut-off diameter 0.3 m, the maximum diameter SCM 1.3 m. There is almost no empty space between the blocks, the length of the connecting beams is no more than 0.2 m, and the diameter of the Central block is 0.3 m.

Onboard computer and artificial intelligence

The high autonomy of the ICA achieved through the use of artificial intelligence in the onboard computer, allows you to transmit less data to and from the Earth, since control commands from the Earth are only needed in certain situations, data traffic from the sensors goes from the module to the Earth in «raw» form or «compressed» after processing by artificial intelligence.

According to the author's idea, the most important parameters of the SCM state (air temperature and composition, noise, vibration and radiation pollution, artificially created acceleration) and objects of research (animal behavior, their body temperature, the ratio of periods of activity and rest, biological rhythms) are monitored by artificial intelligence (AI) through a network of sensors. In addition to the observation function, AI also has a control function-the ability to

set the parameters of the module described above and others that affect the objects of research (day/night cycle, feeding, including scientific equipment for various tests). Such work requires the AI to know the normal behavior of animals on Earth, so they are it to be trained beforehand in terrestrial conditions.

With this concept, the lion's share of the work of scientists, AI takes over, sending to the Earth only the results developed as a result of the work of its algorithms. Two types of results are expected. The first type includes the results of experiments to bring the conditions of life in the module to the Earth. The second type is to determine the optimal conditions for the life of an SCM, probably different from Earth's.

Expected interesting effects of SCM influence on the inhabitants

While working on the project, the impact of the SCM design on its inhabitants has been studied. As a result of this part of the study, the following effects have been found, described by the science before.

Coriolis effect

This effect in the scientific literature is called the main disadvantage of centrifugal systems for providing artificial gravity, which includes our system.

Since an animal or a person has a certain size, the distance from different parts of the body to the axis of rotation is different, and therefore the perceived acceleration is also different. This affects the vestibular apparatus, which leads to a deterioration of the condition of the living organism. It is believed that it is possible to compensate for the effect by training. In our case, during experiments in the ICA, it is possible to test the adaptation of living organisms in ideal conditions. Experiments with centrifuges on the Earth still do not exclude the influence of the Earth's gravity, so there are distortions in the perception of this effect.

«Mountain» effect

In the conditions of SCM, there are mainly two types of movement "in the direction of rotation" and "against the direction of movement". In the first case, the faster the animal moves, the

greater its angular velocity relative to the axis of rotation, which consists of the angular speed of rotation of the OHB and the speed of movement of the animal relative to it with some transformations. In this way, there is an increase in acceleration, which is felt as a difficult movement, comparable to movement in an elevator up or up a mountain.

In another case, the angular speed of the animal relative to the axis of rotation is less, since the angular speed of rotation of the OHB is subtracted from the speed of movement of the animal in it. Therefore, the acceleration felt by the animal decreases. This is comparable to the feeling of moving in an elevator down or down a mountain.

Conclusions

This paper theoretically describes the concept of a spacecraft module for conducting biological experiments with artificial gravity technology, justifies the need for research in this direction. The concept includes a preliminary design of the SCM with indication of its main parts, the technologies used, as well as the purpose of the designed module and possible problems that can be solved by such experiments.

Acknowledgement

The author is grateful to scientific supervisor's: **Volotsuev V. V.**, associate Professor of space engineering General designer D. I. Kozlov; **Salmanova O. D.** senior lecturer of the department of Foreign Languages and Russian as a foreign language and student Design Bureau "RocketLAV" Samara National Research University for assistance and expertise in the process of creating the work!

References

1. RIA Novosti. Media. URL: <https://ria.ru/20190319/1551922033.html> (accessed 28.05.2020).
2. TASS. MEDIA. URL: <https://tass.ru/kosmos/3476791> (accessed 28.05.2020).
3. RSC «Progress» official website URL: https://www.samspace.ru/products/satellites_of_scientific_purpose/ka_bion_m_1/ (accessed 28.05.2020).

ПРОЕКТ МОДУЛЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ ИСКУССТВЕННОЙ ГРАВИТАЦИИ

Д. С. Вельможин

В данной работе получен результат - эскизный проект модуля космического аппарата, предназначенного для проведения биологических экспериментов с технологией искусственной гравитации, обоснована необходимость развития исследований в области технологий искусственной гравитации, теоретически обнаружен интересный эффект, связанный с особенностями конструкции. Автор обращает внимание на общую концепцию проекта, компоновку узлов и агрегатов. Своей задачей автор не ставит полный расчет конструкции, задача автора – представить эскизный проект: 3Д-модель, отражающую основную идею проекта и его составных частей. Автор делает акцент на применении в проекте современных компьютерных технологий, которыми не обладали предыдущие эксперименты по данной теме. Данная работа может быть полезна, как свежий взгляд на решение актуальной проблемы, сопровождающей пилотируемую космонавтику со времен ее зарождения.

Key words: развитие технологий, компьютерные технологии, современные технологии в космическом машиностроении, применение искусственного интеллекта, влияние условий космоса на здоровье, 3Д-модель.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Вельможин Д. С., 2020.

Вельможин Даниил Сергеевич (mr.velmozhin@mail.ru), студент I курса
Института ракетно-космической техники Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

AUS DER ERFAHRUNG DER ANALYSE VON BEANSPRUCHUNGSKRITERIEN

Т. К. Zabolotskih

Ziel der Arbeit ist es, die Anwendbarkeit des reduzierten Modells eines Raumfahrzeugs für die Fernerkundung der Erde zur Berechnung von Belastungen am Beispiel von AIST-2D zu bestätigen. Es wurde das dynamische Reduktionsverfahren für das AIST-2D-Raumschiff berücksichtigt. Das Raumschiff wurde um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduziert. Eine Analyse ihrer eigenen Schwingungen, deren Formen und Frequenzen wurde durchgeführt. Die Ergebnisse von statischen und dynamischen Belastungen wurden für ein Finite-Elemente-Modell erhalten, das um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduziert wurde. Die Berechnungen wurden mit der MSC NASTRAN-Software und dem Computerkomplex durchgeführt.

Stichworte: der FEM, das reduziertes Modell, das Raumschiff, die Reduktion.

Derzeit werden Modelle mit einer sehr großen Anzahl von Freiheitsgraden zur Berechnung komplexer Systeme nach der Finite-Elemente-Methode (FEM) verwendet. Sehr oft erreichen ihre Dimensionen bis zu mehreren Millionen Freiheitsgraden. Es ist ratsam anzunehmen, dass das Spektrum dieser mathematischen Modelle die gleiche Anzahl von Eigenschwingungen aufweist. Für praktische Berechnungen sind jedoch in den meisten Fällen nur die niedrigeren Frequenzen innerhalb eines bestimmten Bereichs von Bedeutung. Aus diesem Grund bleibt das Problem des Reduzierens des ursprünglichen Modells relevant, um Zeit zu sparen, die für digitale Berechnung eines bestimmten Komplexes aufgewendet wird.

In diesem Artikel betrachten wir das Finite-Elemente-Modell des Raumfahrzeugs AIST-2D. Das dynamische Reduktionsverfahren wird im Rahmen von MSC.NASTRAN angewendet.

Im ersten Teil werden der Begriff und das Finite-Elemente-Modell des Raumfahrzeugs AIST-2D erörtert. Strukturelemente werden auch in den Knoten beschrieben, deren Ergebnisse gesteuert werden.

Der zweite Teil analysiert und testet das vollständige Finite-Elemente-Modell des AIST-2D-Raumfahrzeugs unter statischen und dynamischen Belastungen am Eingang zum Raumfahrzeug.

Im dritten Teil wird das Finite-Elemente-Modell des Raumfahrzeugs AIST-2D anhand der Methode der dynamischen Reduzierung um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduziert. Reduzierte Modelle werden auch analysiert und geprüft. Die um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduzierte Modelle wurden statisch und dynamisch belastet.

Der vierte Teil enthält eine Vergleichsanalyse des Finite-Elemente-Modells des Raumfahrzeugs, das um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduziert wurde.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden das KEM-Raumfahrzeug und reduzierte Modelle analysiert und getestet. Das Korrelationsmuster der erhaltenen Ergebnisse für die angegebenen Varianten des dynamischen Modells wurde nachgewiesen.

1 Kleines Raumschiff AIST-2D

Betrachten wir das AIST-2D, ein Raumschiff für die Fernerkundung der Erde (Abb.1).

Das optisch-elektronische Raumschiff AIST-2D wurde von den Wissenschaftlern der Nationalen Forschungsuniversität Samara entwickelt. Es wird für die Fernerkundung der Erde, wissenschaftliche Experimente, zum Testen und Zertifizieren neuer Ziel- und wissenschaftlicher Geräte, unterstützender Systeme und ihrer Software bestimmt [1].



Abb. 1. Gesamtbild AIST-2D

Tabelle 1

Eigenfrequenzen einer freien Konstruktion

Frequenzenreihenfolge	Frequenz, Hz
1	3,22E-04
2	2,32E-04
3	1,16E-04
4	1,37E-04
5	3,79E-04
6	4,71E-04
7	1,06E+01
8	1,15E+01
9	1,62E+01
10	2,01E+01

Die Fernerkundung der Erde zielt auf Beobachtung und Überwachung der Erde, und trägt dazu bei, ihre Ressourcen effizient zu nutzen und zu verwalten. Man kann auch Naturkatastrophen vorhersagen, beobachten und bewerten, darunter Vulkanausbrüche, Waldbrände, Überschwemmungen, Hurrikane usw.

Fernerkundungstechnologien sind auch für die Landwirtschaft erforderlich.

Die meisten Fernerkundungsdaten bestehen aus Bildern, die es ermöglichen, Informationen über ein Objekt in Form von Bildern in digitaler oder analoger Form zu erhalten [2].

2 Berechnung des vollständigen Finite-Elemente-Modells AIST-2D

2.1 Analyse und Prüfung des vollständigen Finite-Elemente-Modells. Eine Modalanalyse wird durchgeführt, um die Frequenzen und Formen natürlicher Schwingungen von Strukturen zu bestimmen. Die Modalanalyse kann auch

der erste Schritt für andere Arten der dynamischen Analyse sein, wie z. B. Transientenanalyse, Oberschwingungs- und Spektralanalyse. Die Modalanalyse geht davon aus, dass das System linear ist. Kontakte bleiben je nach Ausgangszustand offen oder geschlossen. Es wird angenommen, dass externe Kräfte und Dämpfungen gleich Null sind [3].

Eine Modalanalyse wurde mit dem Ziel durchgeführt, Frequenzen und Formen der natürlichen Schwingungen der Struktur zu bestimmen. Tabelle 1 zeigt die ersten 10 Frequenzen.

2.2 Statische Belastung. Eine Belastung, deren Größe, Richtung und Anwendungspunkt sich im Laufe der Zeit geringfügig ändern, wird als statistische Belastung bezeichnet. Beschleunigungen der Partikel aus der statischen Belastung sind gering, und daher können die daraus resultierenden Trägheitskräfte vernachlässigt werden. Abb. 2 zeigt einen Zeitplan der statischen Belastung [4].

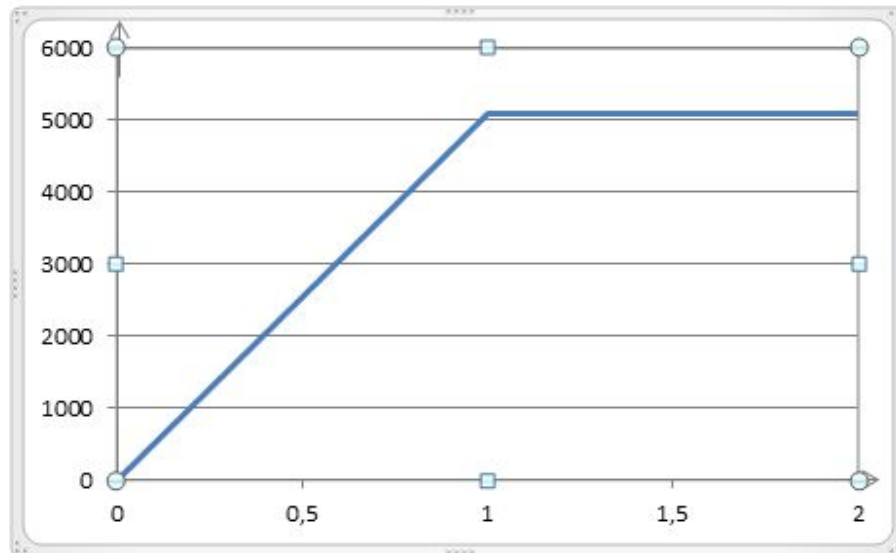


Abb. 2. Statische Belastung

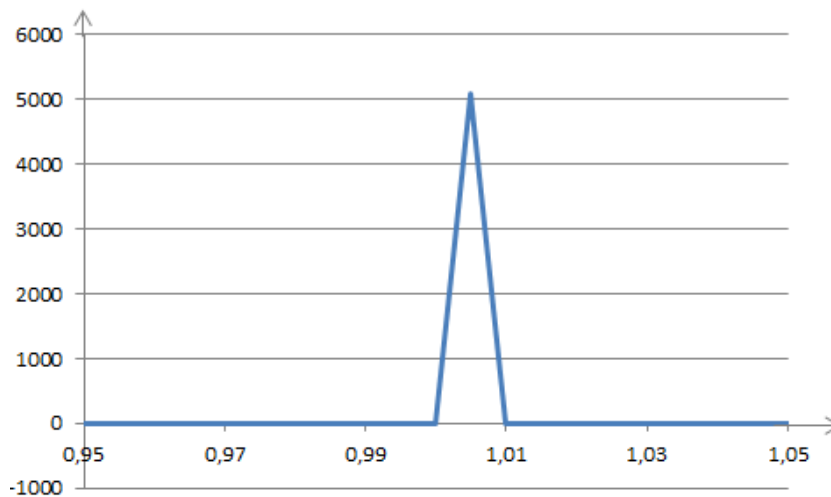


Abb. 3. Dynamische Belastung

Wenn dieser Prozess am Eingang des Raumfahrzeugs entsteht, erhält man Verschiebungen zum Zeitpunkt 2 s in dem Element, das die Kopplung des Raumfahrzeugs mit dem Adapter simuliert.

2.3 Dynamische Belastung. Eine Belastung, deren Wert, Richtung oder Angriffspunkte sich zeitlich sehr schnell ändern und Trägheitskräfte in den Strukturelementen verursachen, wird als dynamische Belastung bezeichnet.

Bei der Berechnung brauchen wir die Anwendung einer dynamischen Belastung, um die erforderliche strukturelle Festigkeit festzustellen und signifikante Deformationen zu verhindern [4].

Unter dynamischer Belastung wird jedes Strukturelement zu jedem Zeitpunkt betrachtet, als ob es sich im Gleichgewicht befindet, sogar wenn äußere Kräfte wirken, d.h. benachbarte

Elemente und Trägheitskräfte. Abb. 3 stellt eine dynamische Belastung grafisch dar.

3 Verfahren zur dynamischen Reduzierung von KEM AIST-2D

3.1 Dynamische Reduzierung oder Craig-Bampton-Methode. Dynamische Reduzierung ist ein numerisches Verfahren, mit dem MSC.NASTRAN dynamische detaillierte FEM bis ein Modell mit weniger Freiheitsgraden reduzieren kann [5].

3.2 Reduzierung des Modells um 10 Frequenzreihenfolgen. Wir reduzieren FEM AIST-2D um 10 Frequenzreihenfolgen auf einem Knoten. Bei der Reduktion erhielten wir eine Beschleunigungs-Transformations-Matrix und eine Verschiebungs-Transformations-Matrix für drei interne Knoten.

```

      16      16      6      2КАА      1P,3E22.15
      1      1      1
4. 320765705773184E+03
      2      2      1
5. 061323116220437E+03
      3      3      1
1. 029770151534123E+04
      . . . . .
      16      11      6
3. 487926020202606E-04-1. 628159948279695E-03 4. 074636094209341E-05
3. 634092142564480E-04 1. 373872876440311E-04-2. 685546875000000E-03]
    
```

Abb. 4. Steifheitsmatrix

```

1.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 4.787142604040819E-02 2.958594386843092E+00
5.852901754764422E-02-4.314715874103471E-01-1.065959391685502E-01
5.922991722629622E+00
      2      2      15
1.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
-3.989002303242699E-02-2.652049376477495E+00 4.732196516109718E-02
3.544305514994970E-01-1.074618770046161E-01-5.139708667425523E+00
      . . . . .
      16      1      16
5.922991722629622E+00-5.139708667425523E+00-2.422410086924442E+00
2.829535533965699E+01-1.961816459474781E+00-4.996802913451958E-02
-1.201651594123151E-01 5.620486345921937E-02 3.911374758665976E+00
7.124470038303413E-01 1.768840622846549E+00 5.763410835111962E+02
-9.783662686362831E-09-2.213903618230048E+00 6.200648040446716E+00
8.959576708427732E+02
    
```

Abb. 5. Massenmatrix

```

      16      24      2      2MUG1      1P,3E22.15
      1      1      18
2.472218766342849E-04 3.428714815527201E-03-2.243202470708638E-05
-3.261793754063547E-04 1.161623222287744E-04 2.588882111012936E-03
-1.969882659614086E-02 6.310737691819668E-03 7.468077092198655E-05
1.429972122423351E-03-6.490223854780197E-02 1.419472992420197E-01
2.288099192082882E-02 5.613610148429871E-03-3.856734838336706E-04
-2.772055158857256E-04 2.965741045773029E-02 2.968567982316017E-02
      2      1      18
-2.973114605993032E-04-3.491787705570459E-03 1.709485804894939E-04
3.949652309529483E-04-2.495109220035374E-04-2.626414177939296E-03
2.633567666634917E-03-5.346699152141809E-03 1.363100018352270E-04
4.485160752665251E-04-8.933375589549541E-03-3.482327796518803E-03
-1.769110560417175E-02-5.571631249040365E-03 3.617439360823482E-04
2.860635577235371E-04-2.301432006061077E-02-2.493839897215366E-02
      . . . . .
      16      1      24
9.799999743700027E-02 1.352200031280518E+00-1.802391569327710E-11
-3.014727356642766E-11 2.577937863179613E-12 1.000000000000000E+00
-6.029260158538818E-01 2.009999990463257E+00-2.857588471405492E-11
-2.536691516563661E-11 8.054038685978426E-11 1.000000000000000E+00
2.038930058479309E-01 2.045500040054321E+00-2.986887646938552E-12
-2.241918282963606E-11-1.667444238240279E-10 1.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00
0.000000000000000E+00 0.000000000000000E+00 1.000000000000000E+00
    
```

Abb. 6. Beschleunigungs-Transformations-Matrix

```

      16      6      2      2MEF1      1P,3E22.15
      1      1      6
-2.068412170410156E+02-1.278339355468750E+04-2.528901672363281E+02
 1.864287597656250E+03 4.605760803222656E+02-2.559185937500000E+04
      2      1      6
 2.018963012695312E+02 1.342287890625000E+04-2.395117492675781E+02
-1.793887573242188E+03 5.438992919921875E+02 2.601372656250000E+04
      .      .      .      .      .
      16      1      6
 3.487926151137799E-04-1.628159894607961E-03 4.074635944562033E-05
 3.634092281572521E-04 1.373872946714982E-04-2.664535306394100E-03

```

Abb. 7. Belastungs-Transformations-Matrix

Tabelle 2

MTZE des um 10 Frequenzreihenfolgen reduzierten Modells

Masse, kg	X, m	Y, m	Z, m	$I_x, kg \cdot m^2$	$I_y, kg \cdot m^2$	$I_z, kg \cdot m^2$
509,8	1,13	0,00	0,00	124	885	896

Tabelle 3

Resultierender Verschiebungsvektor für die Zeit $t = 2$ s

F_x	1864,31
F_y	0,66
F_z	32,59
M_x	2,46
M_y	-16,06
M_z	0,49

Wir bekommen eine Massenmatrix und eine Steifheitsmatrix. Die Matrixdaten werden im Format der Nastran-Software und des Computerkomplexes aufgezeichnet. Die Matrixdaten sind in Abb. 4 ... 7 dargestellt.

3.3 Analyse und Prüfung des reduzierten Modells um 10 Frequenzreihenfolgen. Um das reduzierte Modell zu verifizieren, wurde eine Modalanalyse durchgeführt, um Frequenzen und Formen natürlicher Schwingungen von Strukturen zu bestimmen.

Überprüfung des reduzierten Modells des AIST-2D-Raumfahrzeugs zeigt, dass die Hauptmerkmale (Masse, Trägheitsmomente, Schwerpunktkoordinaten, niedrigere Eigenfrequenzen) den Merkmalen des KEM-Raumfahrzeugs ähnlich sind.

Die wichtigsten Massenträgheits- und Zentrierungseigenschaften des Raumfahrzeugs in Bezug auf das Stoßelement sind in Tabelle 2 dargestellt.

3.4 Statische Belastung des um 10 Frequenzreihenfolgen reduziertes Modells. Wir belasten das um 10 Frequenzreihenfolgen reduzierte Modell so, wie es in 2.2., Abb. 16 beschrieben wurde. Wir ermitteln einen Spaltenvektor der Lösung für die Zeit $t = 2$ s. Die Zeit $t = 2$ s wird aus dem Zustand der stationären Schwingungen des Systems nach Erreichen des erforderlichen Modus entnommen. Die Kraft ist statisch, aber die Aufgabe wird in einer dynamischen Variante mit Zugriff auf den erforderlichen Modus von 5098 H im Zeitintervall von 0 - 1,00 s gelöst. Als Ergebnis erhalten wir einen Spaltenvektor für die Zeit $t = 2$ s.

Die Verschiebungen in den internen Knoten der Struktur entstehen, indem die Krafttransformationsmatrizen links mit dem Spaltenvektor der Lösungen der Differentialbewegungsgleichung für die Zeit $t = 2$ s multipliziert werden.

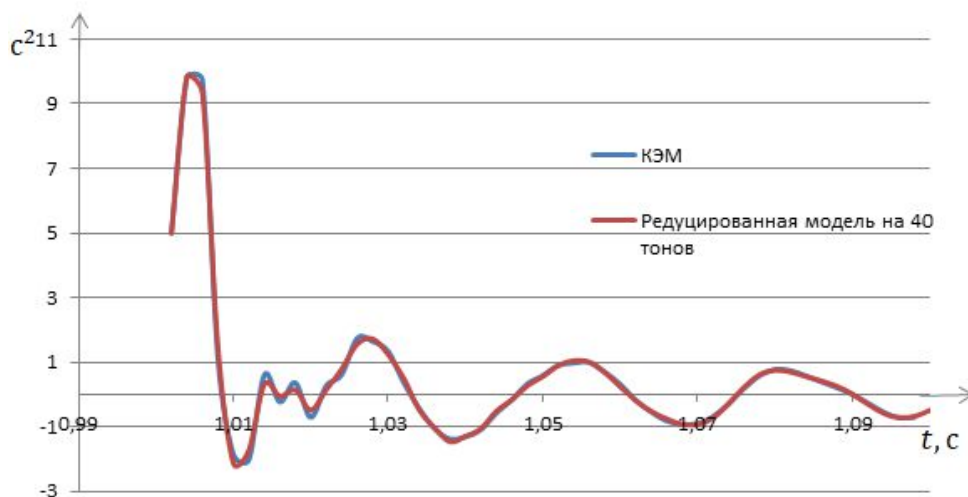


Abb. 8. Beschleunigungsdiagramm von FEM und des um 40 Frequenzreihenfolgen reduziertes Modells

Wenn wir die Matrizen multiplizieren, ermitteln wir einen resultierenden Verschiebungsvektor, der in Tabelle 3 dargestellt ist.

Basierend auf einer vergleichbaren effektiven Gesamtmasse für alle Freiheitsgrade können wir schließen, dass das erhaltene Modalmodell korrekt ist.

$$F_x = 1864,31 \text{ H};$$

$$P = 5098 \text{ H};$$

$$\frac{F_x}{P} \cdot 100 \% = \frac{1864,31}{5098} \cdot 100 \% = 36,57 \%,$$

dabei ist P das Gewicht des Raumfahrzeugs; 36,57 % ist die Summe der effektiven Massen.

3.5 Dynamische Belastung des um 10 Frequenzreihenfolgen reduziertes Modells.

Wir belasten das um 10 Frequenzreihenfolgen reduzierte Modell so, wie es in 2.3., Abb. 18 beschrieben wurde. Wir ermitteln einen Spaltenvektor der Lösung für jeden Zeitpunkt, von 1 Sekunde bis 1,1 Sekunden.

Die Beschleunigung in den internen Knoten der Struktur ermitteln wir, indem wir die ATM-Matrizen (Acceleration Transformation) auf der linken Seite mit den Spaltenvektoren der Lösungen in Bewegungsgleichungen für jeden Zeitpunkt multiplizieren, beginnend mit 1–1,1 Sekunde mit Schritten von 0,002 Sekunden, d.h. nur 50 Werte.

Beim Multiplizieren ermitteln wir einen resultierenden Beschleunigungsvektor.

Eine ähnliche Arbeit wurde für das um 40 Frequenzreihenfolgen reduziertes Modell durchgeführt.

4 Vergleichende Analyse der Berechnungsergebnisse. Abb. 8 zeigt ein Beschleunigungsdiagramm des KEM, eines um 10 und 40 Frequenzreihenfolgen reduzierten Raumfahrzeugmodells.

Zusammenfassung

Aus der durchgeführten Arbeit ging hervor, dass das vollständige Finite-Elemente-Modell des Raumfahrzeugs und das reduzierte Modell des Raumfahrzeugs miteinander übereinstimmen und ein ähnliches dynamisches Verhalten aufweisen.

Folgende Anwendbarkeitskriterien wurden nachgewiesen:

1. Die Hauptmerkmale der reduzierten Modelle ähneln den Merkmalen des FEM-Raumfahrzeugs.

2. Die Bewegung des um 10 Frequenzreihenfolgen reduzierten Modells unter einer statischen Belastung stimmte mit der FEM um 35 % überein.

3. Die Bewegung des um 40 Frequenzreihenfolgen reduzierten Modells unter einer statischen Belastung stimmte mit der FEM um 95 % überein.

4. Die Beschleunigung des um 10 Frequenzreihenfolgen reduzierten Modells unter einer dynamischen Belastung stimmte mit der FEM um 56 % überein.

5. Die Beschleunigung des um 40 Frequenzreihenfolgen reduzierten Modells unter einer dynamischen Belastung stimmte mit der FEM um 95 % überein.

6. Die Gültigkeit der dynamischen Reduktionsmethode wurde nachgewiesen. Diese Methode ist relevant.

Schriftenverzeichnis

1. Opy`tno-technologicheskij maly`j kosmicheskij apparat «AIST – 2D» / A. N. Kirillin, R. N. Axmetov, E. V. Shaxmatov [et al.]. Samara: Izd-vo SamNCz RAN, 2017. 324 s.
2. Suty`rina E. N. Distancionnoe zondirovanie zemli : ucheb. Posobie. Irkutsk: Izd-vo IGU, 2013. 165 s.
3. Leont`ev N. V. Primenenie sistemy` ANSYS k resheniyu zadach modal`nogo i garmonicheskogo analiza: Uchebno-metodicheskij material po programme povu`sheniya kvalifikacii «Informacionny`e sistemy` v matematike i mexanike». Nizhnij Novgorod, 2006. 101 s.
4. Ry`chkov S. P. MSC. Visual Nastran dlya Windows. M.: NT Press, 2004. 552 s.
5. Zhidyaev K. A. Ispol`zovanie metoda dinamicheskogo sinteza (Krejga-Bemptona) v MSC. NASTRAN [E`lektronny`j resurs]: Metodicheskie materialy` MSC.Software. 1999. 23 s.

ИЗ ОПЫТА АНАЛИЗА КРИТЕРИЕВ НАГРУЖЕНИЯ

Т. К. Заболотских

Целью работы является подтверждение применимости редуцированной модели космического аппарата дистанционного зондирования Земли для расчёта нагрузок на примере АИСТ-2Д. В ходе работы рассмотрена процедура динамической редукции космического аппарата АИСТ-2Д. Космический аппарат был редуцирован на 10 и на 40 тонов колебаний. Был проведен анализ собственных форм и частот колебаний. Были получены результаты усилий и ускорений от статической и динамической нагрузок для конечно-элементной модели, редуцированной на 10 и 40 тонов колебаний. Расчёты проводились с использованием программно-вычислительно комплекса MSC. NAS-TRAN.

Ключевые слова: КЭМ, редуцированная модель, космический аппарат, редуцирование.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

БИОЛОГИЯ

УДК 591.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ФАУНЫ ХИЩНЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ ЮЖНОГО УРАЛА В СНЕЖНЫЙ ПЕРИОД (НА ПРИМЕРЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. БАКАЛ)

И. Д. Ванжа, М. Е. Фокина

В статье излагаются результаты изучения фауны хищных млекопитающих Южного Урала на основе метода зимнего маршрутного учёта. В ходе исследования были выявлены и определены два вида хищных млекопитающих в окрестностях г. Бакал – лисица обыкновенная и куница лесная. Проведена оценка численности исследуемых видов в разных биотопах (хвойный лес, смешанный лес, пойменный участок реки Большой Бакал). Лисица обыкновенная встречается во всех исследованных биотопах, а куница лесная отдаёт предпочтение смешанным лесам и околородным местам. Приведена классификация основных типов поведения лисицы обыкновенной. Были выявлены наиболее типичные поведенческие реакции лисицы. Это пассивно-оборонительное, территориальное и исследовательское типы поведения.

Ключевые¹³ **слова:** лисица обыкновенная, куница лесная, следы жизнедеятельности, распределение по биотопам, поведенческие реакции.

В настоящее время в нашей стране собрано много информации о распространении, биотопическом и сезонном размещении, численности и биологии отдельных видов. Эти данные опубликованы в общих и региональных фаунистических сводках [1].

Однако стоит учитывать, что состав животных не постоянен. Особенно интенсивно происходят изменения из-за усиливающегося антропогенного воздействия на природу. Для отслеживания тенденций и оценки результатов происходящих изменений необходимы периодические ревизии фауны. Кроме того, остались районы, фауны которых изучены очень слабо. Поэтому фаунистические работы в настоящих условиях имеют большой научный и практический интерес [1].

Отдельного внимания заслуживает

изучение фауны хищных млекопитающих. Они играют важную роль в природных биоценозах, являются регуляторами численности многих позвоночных и естественными «санитарами». Многие из них истребляют грызунов – носителей трансмиссивных заболеваний или глистных инвазий, другие сами являются переносчиками возбудителей болезней опасных для человека и домашних животных (например, бешенства) [2].

Объект, район и методы исследования

Объектами исследования являлись хищные млекопитающие: лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes*) (рис. 1) и куница лесная (*Martes martes*) (рис. 2) характерные для данной местности.

© Ванжа И. Д., Фокина М. Е., 2020.

Ванжа Ирина Дмитриевна (irinavanzha74@mail.ru),

студент III курса биологического факультета;

Фокина Мария Евгеньевна (mariafok@mail.ru),

доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.



Рис.1. Следы лисицы обыкновенной



Рис.2. Следы куницы лесной

Время проведения – начало февраля 2020 г. Исследования проводились в окрестностях г. Бакал Саткинского района

Челябинской области в трёх биотопах (рис. 3): хвойный лес, смешанный лес, пойменный участок реки Большой Бакал.

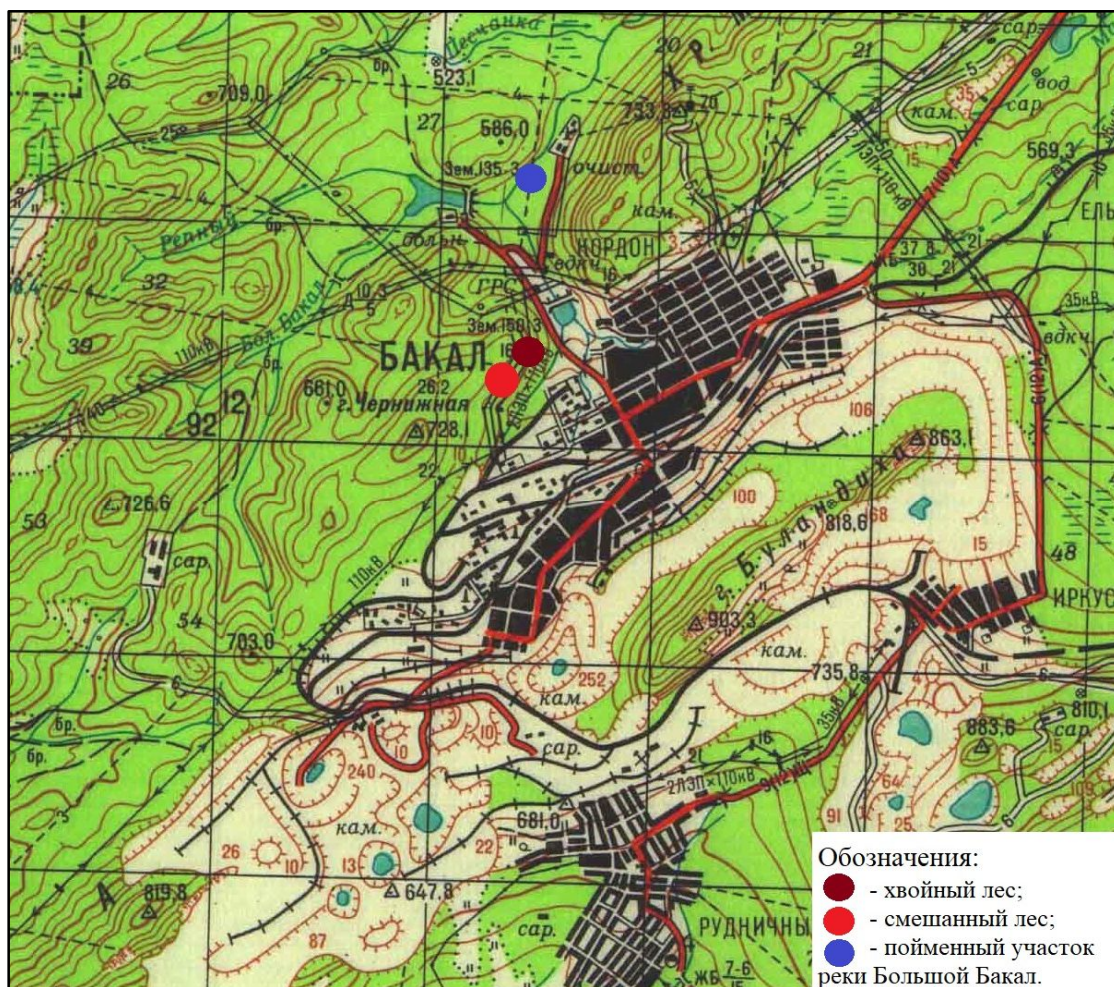


Рис. 3. Топографическая карта окрестностей г. Бакал с отмеченными местами проведения исследований [3]

Город Бакал расположен на западном склоне Южного Урала, между хребтами Сулея и Большая Сука, в западной части Саткинского района на берегу р. Большой Бакал. Город находится в горной местности (самая низкая отметка 521,7 м над уровнем моря) в зоне горнотаёжных лесов, в древостое преобладают ель, сосна и береза. Преобладает умеренный климат. Зимы умеренно морозные и продолжительные. Лето умеренно теплое с большим количеством осадков [4].

Для исследования использовался метод зимнего маршрутного учёта. Он основан на подсчёте числа встреченных следов млекопитающих разных видов. По единожды заложенным маршрутам проходили несколько дней подряд. Длина каждого маршрута составляла 1 км. В первый день проходили намеченный маршрут и затирали все встреченные следы. Во второй и последующие дни отмечали только те следы, которые появились

за прошедшие сутки, и также затирали их [5, 6].

Так как выраженность и количество следов зависит от погодных условий [7], отмечались температура воздуха, сила и направление ветра, осадки, глубина снега. При троплении отмечали размеры и формы отдельных отпечатков, их взаимное расположение, а также характер цепочки следов, степень её извилистости [8]. По следовым дорожкам лисицы обыкновенной отмечали форму поведенческой активности особи. По встречаемости и характеру следов были сделаны обобщения о численности и особенностях поведения.

Результаты и их обсуждение

В ходе исследований нами были выявлены следы жизнедеятельности двух видов хищных млекопитающих – лисицы обыкновенной (рис. 4) и куницы лесной (рис. 5).



Рис. 4. Цепочки следов лисицы обыкновенной (хвойный лес)



Рис. 5. Двухчётка куницы лесной (смешанный лес)

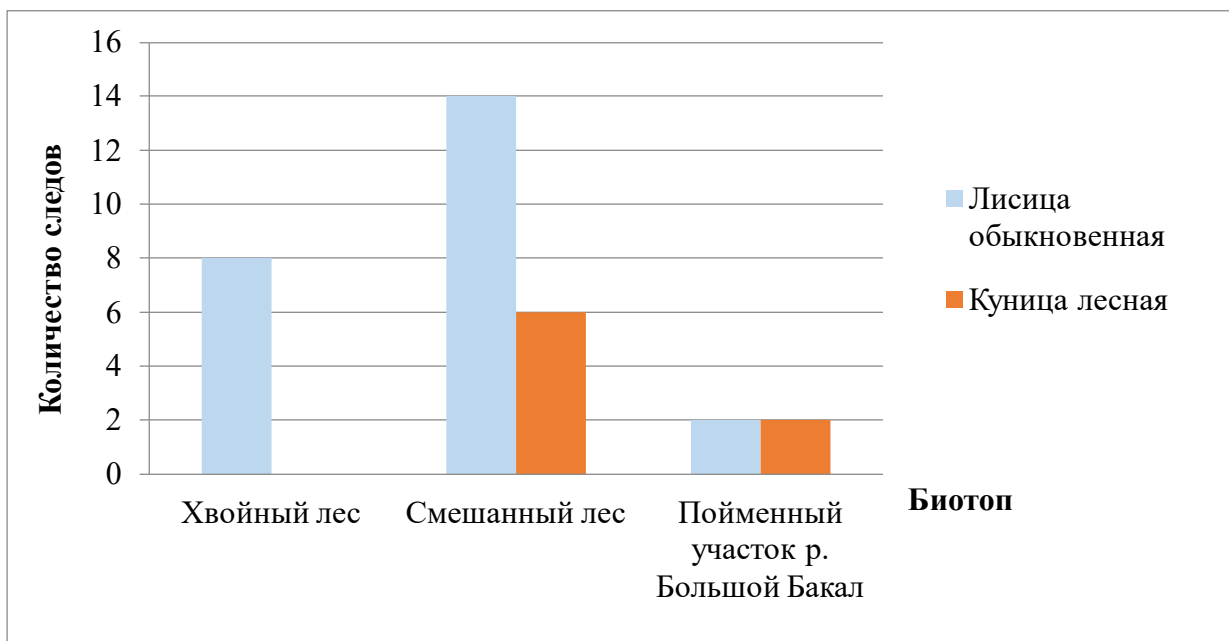


Рис. 6. Среднее количество следов лисицы обыкновенной и куницы лесной в разных биотопах на 1 км маршрута

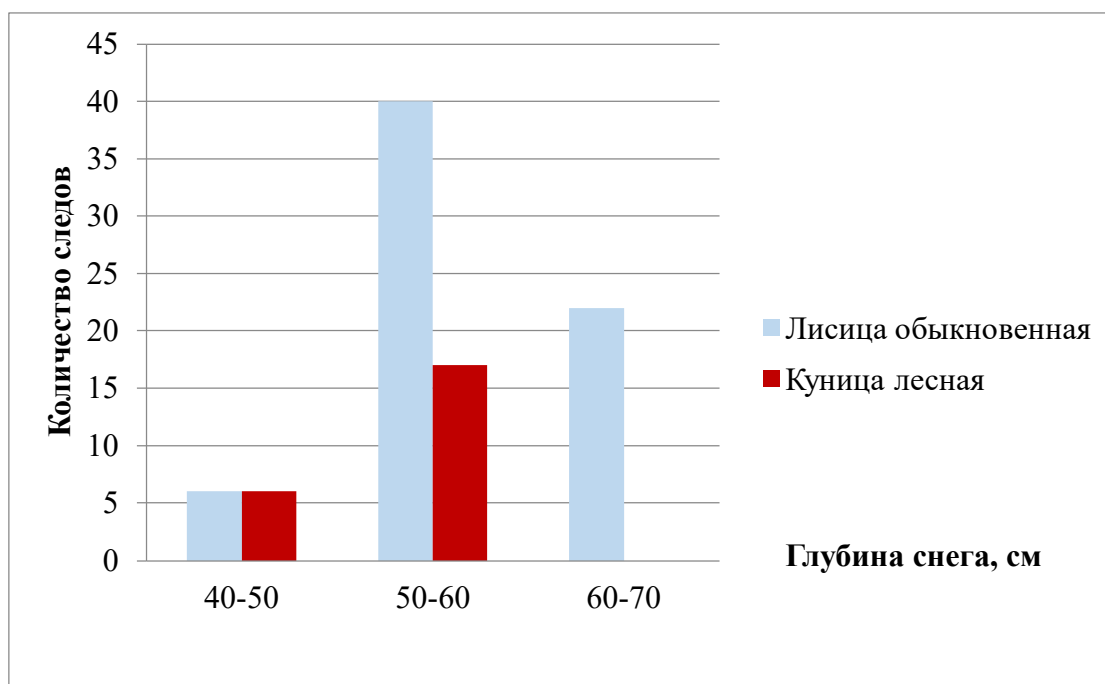


Рис. 7. Зависимость количества следов лисицы обыкновенной и куницы лесной от глубины снега

В ходе тропления определяли количество следов исследуемых видов в биотопах, указанных выше. Данные о количестве следов лисицы обыкновенной и куницы лесной в разных биотопах представлены на рис. 6.

Лисица обыкновенная встречается во всех биотопах. Больше количество следов наблюдалось в смешанном лесу, т.к. он более разрежен, что для лисиц предпочтительнее. Куница лесная отдаёт предпочтение смешанным лесам и околоводным местам. В лесу

достаточное количество корма и возможность устройства убежища, что и объясняет такое распределение следов. Также на биотопическое распределение данных видов повлияла глубина снега. В хвойном лесу она составила 60-70 см – критическая глубина для куницы лесной, поэтому её следов здесь замечено не было.

Данные о количестве следов лисицы обыкновенной и куницы лесной в зависимости от глубины снега представлены на рис. 7.

На концентрацию следов в разные дни повлияли погодные условия. Наименьшее количество следов было отмечено дни, когда погода была относительно тёплая, многоснежная и с сильным ветром, что затрудняло хищникам добывание пищи [9, 10]. Т.к. количество следов куницы лесной в последующие дни убывало, а в первый день они были замечены в основном около стволов деревьев, мы можем предположить, что куница пережидала неблагоприятные погодные условия (снег, холод) в убежищах на деревьях (дупло или гайно белки). В дни, когда была ясная, морозная погода со слабым ветром

количество следов примерно одинаково.

Лисица, после обильного снегопада выходит в поисках пищи, с чем связано большое количество следов при глубине снега 60-70 см. Однако, глубина снега более 60 см уже затрудняет передвижение животных и количество следов уменьшается.

Из-за малочисленности следов куницы лесной и их фрагментарности, далее анализировали только поведение лисицы обыкновенной.

Всего было зафиксировано шесть типов поведения, их классификация представлена в таблице 1.

Таблица 1

Классификация типов поведения лисицы обыкновенной

№ п/п	Тип поведения	Поведенческие реакции
1	Территориальное	– передвижение по территории.
2	Поисково-пищевое и пищевое	– поковки в снегу; – мышкование; – утоление жажды.
3	Маркировочное	– уринация.
4	Пассивно-оборонительное	– попытка ухода в сторону при выходе на объект, несущий информацию об опасности (следы человека).
5	Подражательное	– передвижение по тропам людей.
6	Исследовательское	– двигательные реакции по отношению к незнакомому объекту, не вызывающему чувства опасности и не связанные с поиском пищи.

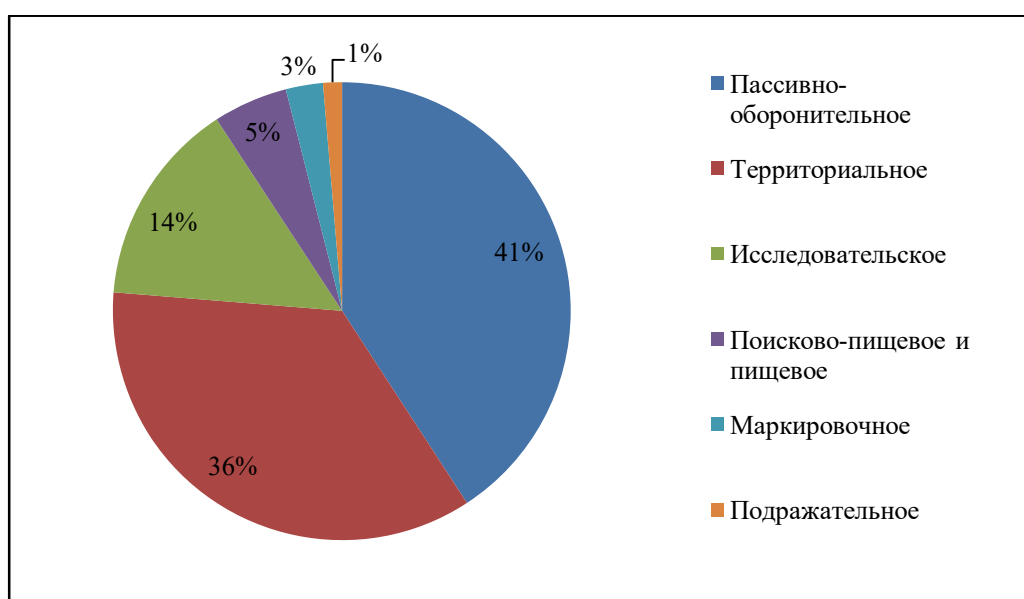


Рис. 8. Соотношение выявленных типов поведения

Каждому типу поведения соответствуют определённые поведенческие реакции.

Процентное соотношение выявленных типов поведения представлено на рис. 8.

Среди выявленных форм поведения чаще всего наблюдались реакции пассивно-

оборонительного поведения и территориального, реже всего – маркировочного и подражательного.

Высокая доля исследовательского поведения отмечена в пойменном участке р. Большой Бакал (рис. 9).

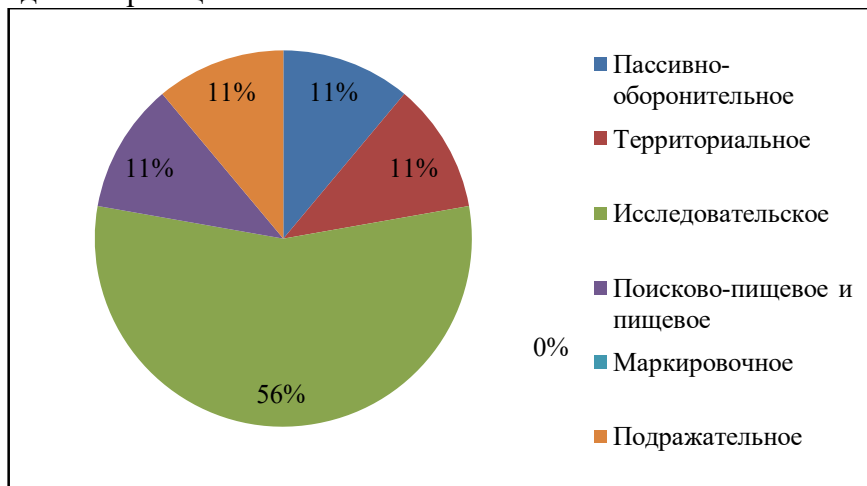


Рис.9. Соотношение выявленных типов поведения в биотопе пойменного участка р. Большой Бакал

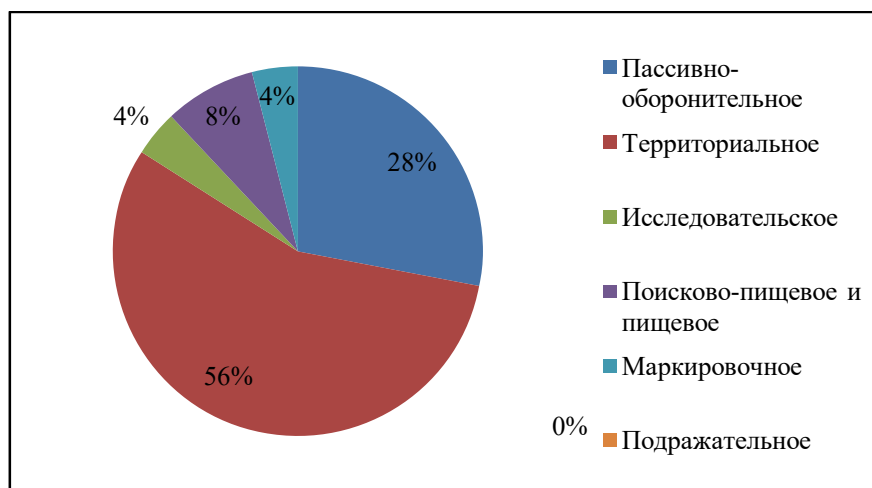


Рис.10. Соотношение выявленных типов поведения в биотопе хвойного леса

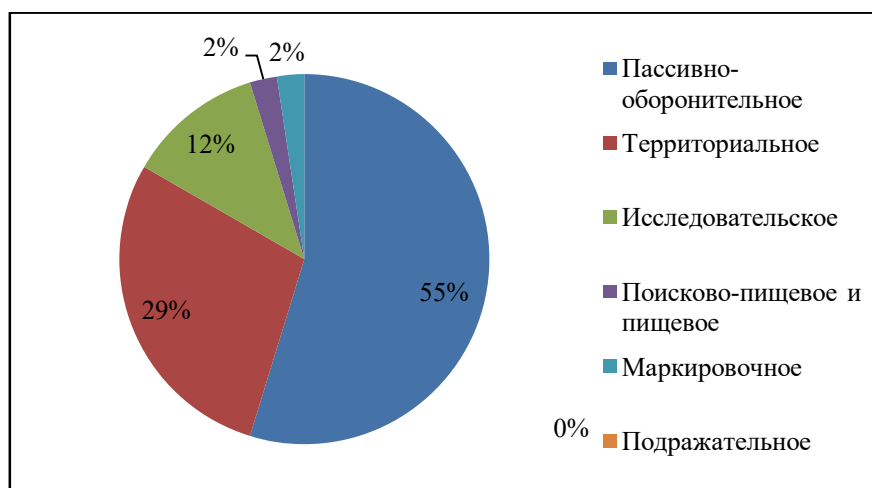


Рис.11. Соотношение выявленных типов поведения в биотопе смешанного леса

В биотопе хвойного леса превалировало территориальное поведение (рис. 10), а в биотопе смешанного леса – пассивно-оборонительное (рис. 11).

В обоих биотопах отсутствовало раздражительное поведение. Поисково-пищевое и пищевое присутствовало во всех биотопах, маркировочное отсутствовало только в пойменном участке реки.

На основании полученных данных, можно предположить, что исследованные биотопы (хвойный и смешанный лес) представляют собой для лисицы обыкновенной постоянно занимаемые территории, в то время как пойменный участок р. Большой Бакал место новое и недостаточно изученное. С этим связано появление такой формы поведения как раздражительная и высокий процент исследовательского поведения.

Заключение

В ходе проведённого исследования в окрестностях г. Бакал было выявлено и определено два вида хищных млекопитающих – лисица обыкновенная и куница лесная. В результате троплений обнаружили, что лисица обыкновенная встречается во всех исследованных биотопах, а куница лесная отдаёт предпочтение смешанным лесам и околородным местам. Были выявлены наиболее типичные поведенческие реакции лисицы обыкновенной в окрестностях г. Бакал это пассивно-оборонительное, территориальное и исследовательские типы поведения.

Литература

1. Позвоночные животные и наблюдения за ними в природе: Учебное пособие / под

ред. В.М. Константинова, А. В. Михеева. М.: Академия, 2000. 200 с.

2. Аристов А.А., Барышников Г. Ф. Млекопитающие фауны России и сопредельных территорий. Хищные и ластоногие. СПб: Зоологический институт РАН, 2001. 560 с.

3. Топографические карты. URL: <http://mapn40.narod.ru/map1/in40046.html> (дата обращения: 03.05.2020).

4. Городское поселение города Бакал. URL: http://admbakal.ru/index.php?option=com_content&view=article&id=54:2010-10-20-13-37-11&Itemid=65 (дата обращения: 03.05.2020).

5. Методические рекомендации по организации, проведению и обработке данных зимнего маршрутного учёта охотничьих животных в России (с алгоритмами расчёта численности) / под ред. А. С. Полева. М.: 2009. 44 с.

6. Боголюбов А. С. Методика зимнего маршрутного учёта млекопитающих по следам. URL: https://bio.1sept.ru/view_article.php?ID=200100404 (дата обращения: 06.05.2020).

7. Склюев В. В. Влияние величины снежного покрова и суровости климата на поведенческие адаптации лисицы обыкновенной (*Vulpes vulpes*) // Самарский научный вестник. 2017. Т. 6, № 1 (18). С. 72-77.

8. Новиков Г. А. Полевые исследования экологии позвоночных животных. М.: Советская наука, 1949. 283 с.

9. Наумов Н. П. Экология животных. М.: Высшая школа, 1963. 617 с.

10. Кoryтин Н. С. Изменения численности хищных млекопитающих на Среднем Урале под воздействием антропогенных факторов // Экология, 2011. № 3. С. 205–210.

STUDY OF THE PREDATORY MAMMALS FAUNA OF THE SOUTHERN URALS DURING THE SNOW PERIOD (ON THE EXAMPLE OF THE VICINITY OF THE TOWN OF BAKAL)

I. D. Vanzha, M. E. Fokina

The article presents the results of a study of the fauna of predatory mammals of the Southern Urals based on the winter route accounting method. During the study, two species of carnivorous mammals in the vicinity of the town of Bakal were identified, red fox and pine marten. The abundance of the studied species in different biotopes was estimated. The most typical behavioral responses of the red fox in the vicinity of the town of Bakal were determined (coniferous forest, mixed forest, inundated area of the Bolshoi Bakal River). The red fox occurs in all biotopes studied, and the pine marten prefers mixed forests and places near water. The classification of the main types of the red fox behavior is given. Most typical fox behavioral responses were revealed. These are passive defensive, territorial and exploratory types of behavior.

Key words: red fox, pine marten, traces, biotopical distribution, behavioral responses.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Vanzha I. D., Fokina M. E., 2020.

Vanzha Irina Dmitrievna (irinavanzha74@mail.ru),
student III course of Biological faculty;

Fokina Maria Evgenievna (mariyafok@mail.ru),
associate professor of the Department Ecology, Botany and Nature protection of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 591.5

ОСОБЕННОСТИ ЗИМОВКИ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ В СИСТЕМЕ ШТОЛЕН «СОКСКИЕ-2»

О. А. Землянцева, М. Е. Фокина

В данной работе представлены данные о численности, видовом составе и пространственном распределении сообщества рукокрылых, зимующих в системе штолен «Сокские-2» Красноглинского района Самарской области. Всего выявлено два вида: *Plecotus auritus* (бурый ушан) и *Eptesicus nilssonii* (северный кожанок), и один род – *Myotis* (род Ночница). Сообщество рукокрылых состоит из 924 особей, 189 из которых – особи вида бурый ушан, 48 – северного кожанка и 677 – рода Ночница. Наиболее многочисленным в данном сообществе является род Ночница, особи которого составляют 73,27% от всех особей, зимующих в штольнях «Сокские-2», ему уступает бурый ушан, занимающий 20,45% сообщества, самый малочисленный вид, составляющий 5,19% – северный кожанок. Животные скапливаются в основном в задних частях штолен, так как там наиболее устойчивый микроклимат: на эти части не влияют колебания наружной температуры и влажности, и в них отсутствуют потоки воздуха.

Ключевые слова: хироптерология, летучие мыши, искусственные подземелья, условия зимовки, пространственная дифференциация, гибернация.

Рукокрылые (Chiroptera) – второй по разнообразию отряд млекопитающих [1]. Интерес, проявляемый к этим животным, вызван не только недостатком знаний, но и своеобразием их биологии. На современном этапе необходимость всестороннего изучения рукокрылых объясняется следующими соображениями [2]. Во-первых - слабая изученность распространения представителей этой группы млекопитающих затрудняет понимание путей становления хироптерофауны России. Поэтому большое значение приобретают региональные фаунистические исследования [3]. Во-вторых - недостаточно полно выяснены особенности организации и образа жизни этих животных. В-третьих - изучение рукокрылых необходимо с практической стороны, так как они являются основными регуляторами численности ночных летающих насекомых, подавляющее большинство которых - вредители лесного и сельского хозяйства. В-четвёртых - заселенность летучими мышами подземелий, даже самых благоприятных для зимней спячки, сравнительно низкая, значительно ниже их потенциальной

емкости. Рукотворные подземные сооружения, число которых в регионе невелико, не могут быть единственными зимними убежищами рукокрылых. В каких укрытиях проводит зиму основная масса этих животных, до сих пор остается неизвестным [4]. Наконец, тщательное исследование рукокрылых необходимо для разработки эффективных мер их охраны [2].

Целью нашей работы было изучение особенностей зимовки представителей отряда рукокрылые в системе штолен «Сокские-2», а именно оценка численности животных, определение их видового состава, соотношения видов и картирование.

Условия и методы исследования

Штольни относятся к группе искусственных пещер, расположенных на территории Красноглинского района г. Самары, на Сокском склоне Сокольных гор (гора Тип-тяв) От близлежащей реки Сок произошло название штолен — Сокские.

Образование штолен связано с подземной добычей строительного и химического

© Землянцева О. А., Фокина М. Е., 2020.

Землянцева Ольга Александровна (kaiju137@mail.ru),

студент III курса биологического факультета;

Фокина Мария Евгеньевна (mariyafok@mail.ru),

доцент кафедры экологии, ботаники и охраны природы Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

известняка. Работы велись в начале 1930-х годов и были прекращены в 1960-х годах. Разработка велась одновременно в нескольких местах, в последствии объединенных в одну систему, общая протяжённость которой составляла около 53 км [5].

Полость представляет собой систему взаимно перпендикулярных галерей (штреков и штолен). Разработка велась буро-взрывным способом, откатка породы производилась по узкоколейной железной дороге.

В 1960-1980 годы Усть-Сокский карьер уничтожил 1/3 часть первичной выработки и разделил оставшуюся часть на несколько автономных друг от друга полостей. На сегодняшний день группа искусственных пещер Сокские штольни представлена четырьмя автономными пещерами: Сокская-1/3 (протяжённость 21950 м + 1940 м), Сокская-2 (протяжённость 1385 м), Сокская-4 (протяжённость 18 м) и Сокская-6 (протяжённость 18 м).

В качестве модельного объекта нами была обследована техногенная полость штольни «Сокские-2». Входы вскрыты на северной стене Сокского карьера. Представляет собой незатронутый карьером «остаток» первичной выработки. Хорошо сохранившаяся полость, имеется большое количество предметов производственной деятельности. Общая протяжённость ходов составляет 1,4 км, высота штреков 6-7 м [5].

Исследования проводили в феврале-марте 2020 г. в системе штолен «Сокские-2» (Красноглинский район), в часы с 11.00 до 18.00, повторные выходы проходили с интервалом в 5 дней.

Объектами исследования послужили представители семейства *Vespertilionidae*, отряда *Chiroptera*.

Учет численности проводили с использованием план-схемы подземелья. На план наносили данные о количестве встреченных животных каждого вида, а также о температуре и относительной влажности воздуха. За показатель численности принимали максимальное количество особей, найденных за один полный обход убежища. Видовая принадлежность рукокрылых определялась визуально на расстоянии, в первую очередь по окраске и характерной форме во время спячки.

Относительную влажность воздуха и температуру измеряли с помощью гигрометра психрометрического ВИТ-1.

Результаты и их обсуждение

Исследована структура сообщества рукокрылых в системе штолен «Сокские-2».

В ходе исследований, проведенных в феврале-марте 2020 г. была зафиксирована зимовка 924 особи 2 видов: бурый ушан (*Plecotus auritus*), северный кожанок (*Eptesicus nilssonii*) и род ночница (*Myotis*). Особи рода *Myotis* определены только до рода, так как в условиях пещеры не представляется возможным различить морфологически похожие виды. Насчитано 189 особей вида *Plecotus auritus*, 48 особей вида *Eptesicus nilssonii* и 677 особей рода *Myotis*.

Данные о численном соотношении особей разных видов, зимующих в системе штолен «Сокские-2», представлены на рисунке 1.

Процентное соотношение особей выявленных видов представлены на рис. 2.

По процентному соотношению здесь доминировали представители рода *Myotis* (73,27%). Им уступали *Plecotus auritus* (20,45%), а *Eptesicus nilssonii* - были малочисленными (5,19%).

Фиксировались отдельные особи, вышедшие из спячки, и погибшие животные (рис. 3).

В ходе исследований были обнаружены особи, вышедшие из спячки и летавшие в подземелье, а также встречались мёртвые особи на полу, однако количество их относительно мало.

Характер распределения рукокрылых по всей площади подземного убежища объясняется их избирательностью в выборе оптимальных по микроклиматическим условиям мест для спячки. Животные преимущественно скапливаются в тех участках штольни, где микроклимат очень устойчив и изменения наружной температуры и влажности не могут существенно воздействовать на зимующих зверьков, то есть в местах, наиболее удалённых от входов, как показано на рисунке 4.

Первые одиночные зверьки отмечены нами на расстоянии 10 – 50 м от входов. По направлению вглубь отмечается постепенное увеличение числа спящих животных. Наибольшее их количество сосредотачивается в частях убежища, удалённых от входов (рис. 4).

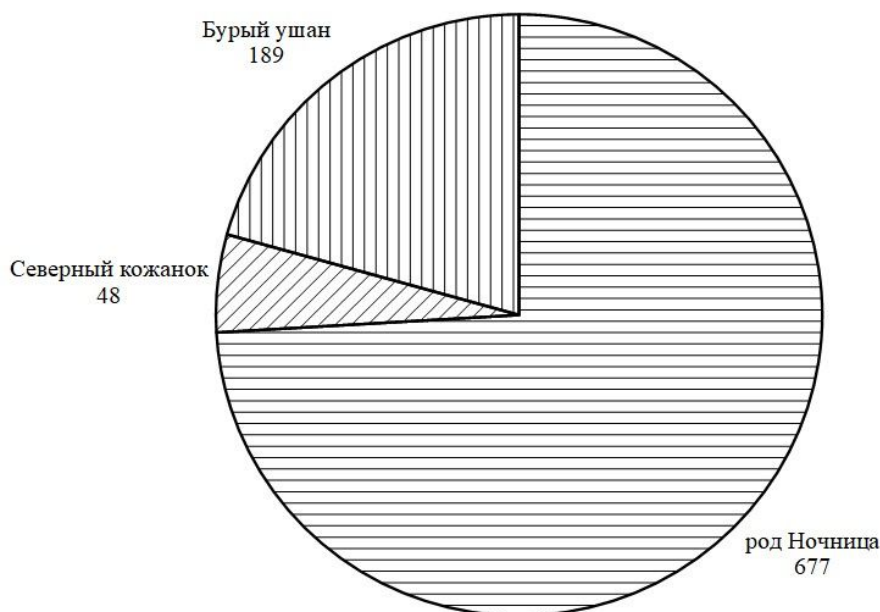


Рис. 1 – Численное соотношение видового состава рукокрылых, зимующих в штольнях «Сокские-2»

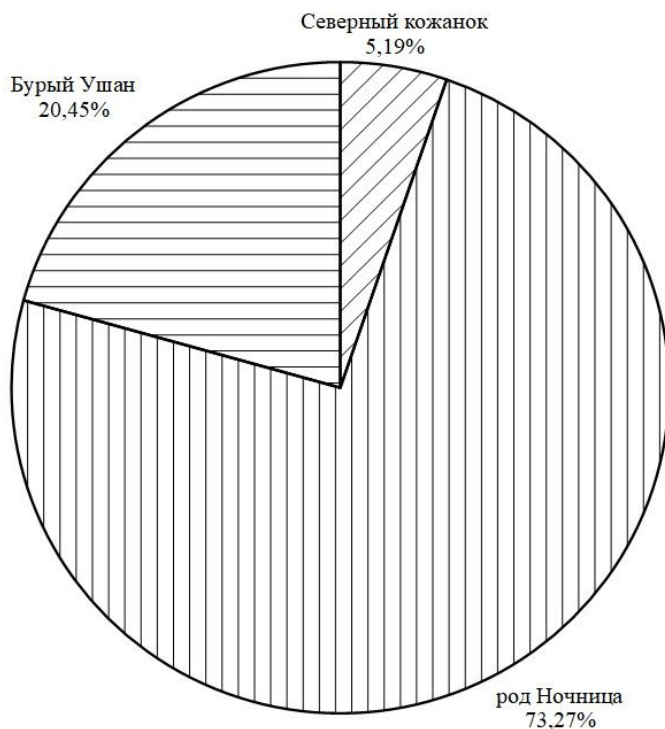


Рис. 2. Процентное соотношение видового состава рукокрылых, зимующих в штольнях «Сокские-2»

Зверьки размещаются либо по одиночке, либо в скоплениях, насчитывающих от 3 до 50 особей.

Скопления наблюдаются исключительно на потолке. Число особей в скоплении не всегда удаётся установить точно, так как животные сбиваются в очень плотные группы, где сложно отделить очертания одной особи от другой.

Особи рода *Myotis* для размещения выбирали в основном потолок, иногда находились в микроукрытиях высоко на стенах. Большое количество зимующих в штольне «Сокские-2» ночниц объясняется тем, что это могут быть несколько видов (ночница водяная (*Myotis daubentonii*), ночница Брандта (*Myotis brandtii*), ночница прудовая (*Myotis dasycneme*), ночница усатая (*Myotis mystacinus*)).

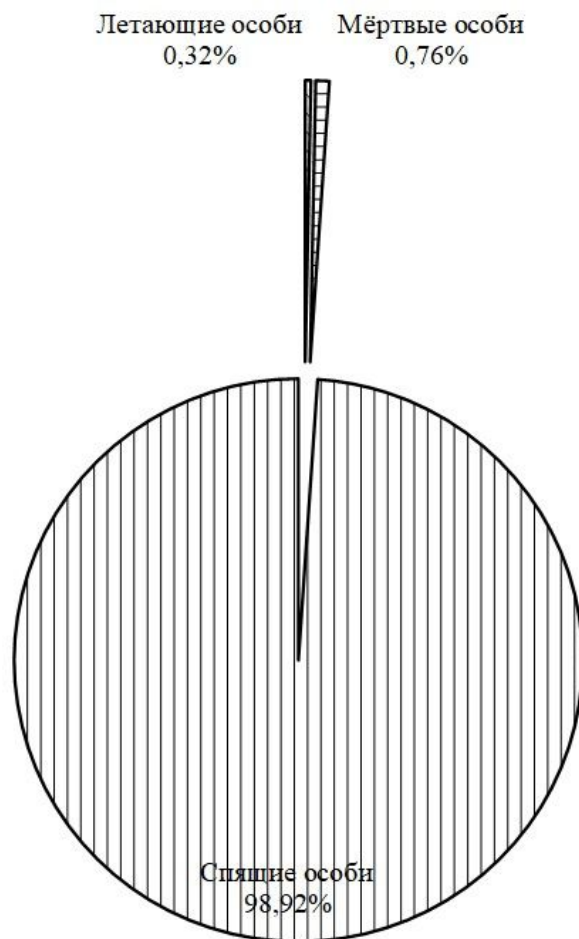


Рис. 3. Процентное соотношение погибших и летающих особей в штольнях «Сокские-2»

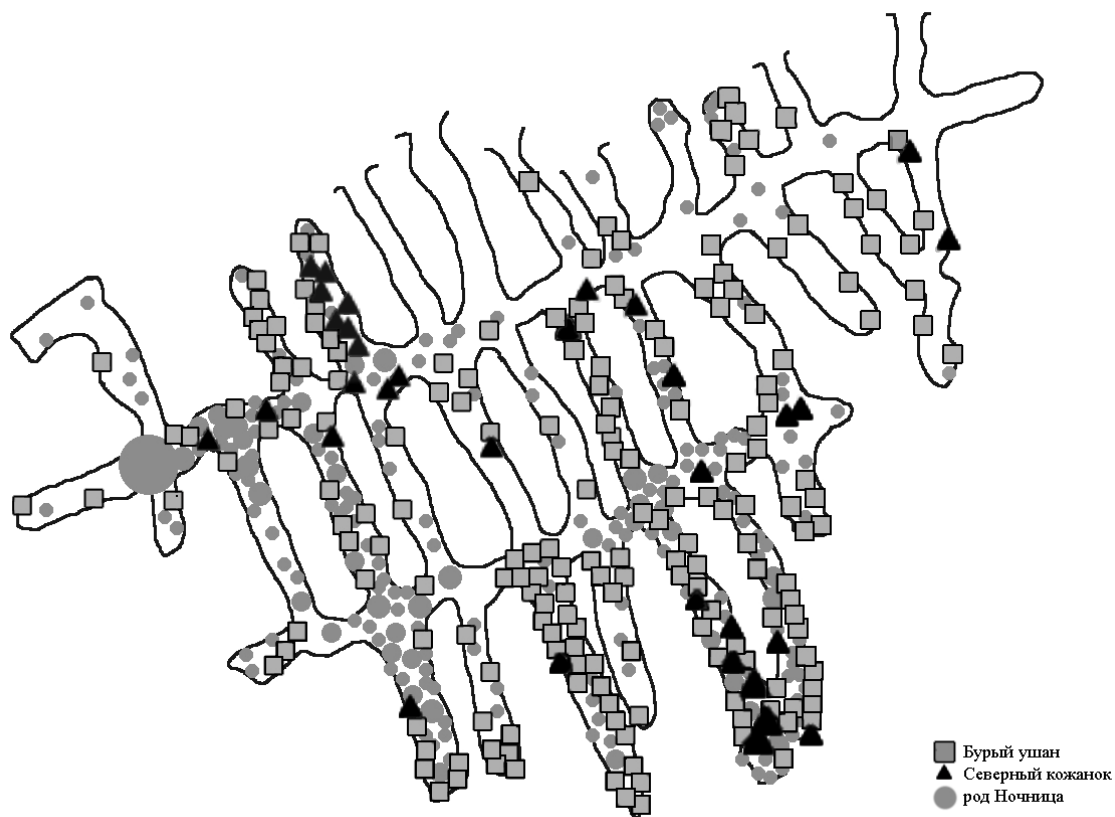


Рис. 4. Расположение особей на схеме штолен «Сокские-2»

Большинство зимующей популяции вида *Pl. auritus* использовало для спячки стены подземелий, а также микроукрытия. Часто обнаруживались в круглых отверстиях, оставшихся после бурения. Особей данного вида на зимовке достаточно много, так как в лесостепной зоне Среднего Поволжья бурый ушан относится к многочисленным видам [6].

E. nilssonii – в основном особи данного вида располагались на стенах, иногда встречались на потолке. Это самый малочисленный вид в штольнях «Сокские-2», он наиболее требователен к условиям зимовки, включён в Красную книгу Самарской области. Очень редкий вид с тенденцией к росту численности [7].

Заключение

В результате проведённой работы, в системе штолен «Сокские-2» нами выявлен состав зимующих рукокрылых представленный двумя видами: бурый ушан (*Plecotus auritus*), северный кожанок (*Eptesicus nilssonii*) и одним родом - Ночница (*Myotis*). Сообщество рукокрылых состоит из 924 особей, 189 из которых – особи вида бурый ушан, 48 – северного кожанока и 677 – рода Ночница. Самым многочисленным в данном сообществе является род Ночница, особи которого составляют 73,27% от всех особей, зимующих в штольнях «Сокские-2», ему уступает бурый ушан, занимающий 20,45% сообщества, самый малочисленный вид, составляющий 5,19% – северный кожанок. Животные скапливаются в основном в задних частях штолен, так как там наиболее устойчивый микроклимат: на эти части не влияют колебания наружной температуры и влажности, и в них отсутствуют потоки воздуха.

Литература

1. Севостьянова М. Н. Эколого-фаунистическая характеристика рукокрылых (Chiroptera, Mammalia) в естественных местобитаниях Саратовской области // Актуальные вопросы современной зоологии и экологии животных: материалы Всерос. науч. конф., посвящ. 70-летию кафедры «Зоология и экология» Пенз. Гос. ун-та и памяти проф. В. П. Денисова. Пенза: Изд-во ПГУ. 2016. С. 87.
2. Смирнов Д. Г. Рукокрылые Среднего Поволжья (фауна, распространение, экология, морфология): автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08. М., 1999. 23 с.
3. Ленева Е. А. Особенности биологии размножения рукокрылых Южного Урала // Вестник ОГУ. 2011. № 17. С. 352–355.
4. Чистяков Д. В., Богдарина С. В. Новые находки зимовок рукокрылых (Chiroptera, Vespertilionidae) на Северо-Западе России // Вестник Санкт-Петербургского университета. 2010. № 3. С. 3–7.
5. Червяцова О. Я. Сокская группа искусственных пещер. Проблемы изучения, сохранения и использования // Спелеология Самарской области. Сборник статей Самарской спелеологической комиссии. Самара. 2004. № 3. С. 35–53.
6. Кириллова Н. Ю., Кириллов А. А., Вехник В. П. Трематоды бурого ушана *Plecotus auritus* (Chiroptera, Vespertilionidae) Самарской Луки // *Plecotusetal.* № 10. 2007. С. 75–81.
7. Вехник В. П. Рукокрылые (Chiroptera, Vespertilionidae) в Красной книге Самарской области // Самарская Лука: Бюлл. 2002. № 12. С. 89–94.

HIBERNATION PECULIARITIES OF BATS IN THE SOSKSKIE-2 ARTIFICIAL CAVES

O. A. Zemlyantseva, M. E. Fokina

The paper presents data on the abundance, species composition and spatial distribution of the bat community hibernating in the Sokskie-2 artificial caves (system of adits) of the Krasnoglinsky district of the Samara Oblast. Two species, *Plecotus auritus* and *Eptesicus nilssonii*, and one genus – *Myotis*, were identified. The bat community consists of 924 specimens, 189 of which belong to *Plecotus auritus*, 48 specimens belong to *Eptesicus nilssonii* and the rest is *Myotis* genus. The most numerous in this community is the genus *Myotis*, which specimens account for 73.27% of all specimens hibernating in the Sokskie-2 artificial caves, *Plecotus auritus* occupies 20.45% of the community and *Eptesicus nilssonii* is the least abundant species (5.19%). Animals accumulate mainly in the rear parts of the artificial caves due to most stable microclimate there, and these parts are not affected by fluctuations in external temperature and humidity and there are no air currents there as well.

Key words: chiropterology, bats, artificial caves, hibernation conditions, spatial distribution, hibernation.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 582.22

АЛЬГОФЛОРА ОЗЁР ЕЛШАНЬ И МОХОВОЕ КРАСНОСАМАРСКОГО ЛЕСНОГО МАССИВА

Д. В. Сергеев

В данной работе представлен перечень видов водорослей, входящих в состав альгофлоры озёр Елшань и Моховое Красносамарского лесного массива, а также результаты изучения сапробности данных водоёмов. Всего выявлено 33 вида водорослей (27 видов в озере Елшань и 13 видов в озере Моховое), относящихся к 21 роду, 12 семействам и 5 отделам (Cyanobacteria, Euglenozoa, Miozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta). 13 видов являются новыми для Красносамарского лесного массива, а также нами выявлены 4 новых для Самарской области видов: *Merismopedia trolleri*, *Pinnularia cardinalis*, *Pinnularia gentilis*, *Scenedesmus semipulcher*. Сапробность озера Елшань – 2,11 единиц, озера Моховое – 2,17 единиц, что соответствует β -мезосапробным (умеренно-загрязнённым) условиям.

Ключевые слова: водоросли, фитопланктон, видовой состав, Самарская область, альгология.

Альгофлора Красносамарского лесного массива изучена крайне слабо, а направленное изучение видового состава водорослей в стоячих водоёмах вообще не проводилось. Так, известны публикация Журавлёва Ю. Н., датируемая 1982 годом, в которой представлены результаты изучения почвенных водорослей [1], и недавно вышедшая статья Гороховой О. Г. с перечнем видов водорослей, обнаруженных в реке Самаре, но о реальном обитании этих видов на территории Красносамарского лесного массива можно лишь предполагать [2].

Таким образом мы поставили перед собой цель – изучить видовой состав озёр Красносамарского лесного массива, а именно озёр Елшань и Моховое, а также с помощью обнаруженных водорослей-индикаторов сапробности выяснить степень загрязнённости воды в данных водоёмах.

Условия и методы исследования

Красносамарский лесной массив – совокупность крупного участка леса, состоящего из первозданных лесов и искусственных сосновых насаждений, степных и луговых сообществ, расположенных в степной зоне Самарской области, к юго-востоку от города

Самары, в правобережье среднего течения реки Самары — одного из притоков Волги. Лес занимает область более 13 тысяч гектаров, а общая площадь вместе с луговыми и степными участками составляет более 30 тысяч гектаров [3].

Озеро Елшань располагается в средней части поймы реки Самары и является её старицей. Питание озера осуществляется атмосферными осадками и грунтовыми водами. Озеро лесного типа, скорее всего с недостатком растворённого азота, о чём свидетельствует *Utricularia vulgaris*.

Водная растительность в основном представлена: *Ceratophyllum demersum*, *Hydrocharis morsus-ranae*, *Potamogeton lucens*, *Salvinia natans*, *Utricularia vulgaris*. По берегам в массе произрастают *Sparganium erectum*, *Typha angustifolia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Quercus robur*. Географические координаты озера: 52°59'52.97"С, 51°03'42.97"В. Ежегодно в летний период озеро подвергается антропогенной нагрузке, так как является местом отдыха (рыбалка, кемпинг) или используется для бытовых нужд студентами биологического стационара Самарского университета. Также на берегах обнаруживаются отходы недобросовестных отдыхающих.

© Сергеев Д. В., 2020.

Сергеев Дмитрий Васильевич (markmayakovsky@gmail.com),
студент III курса биологического факультета Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Озеро Моховое располагается на границе между ареной и солонцово-солончаковой террасой. По его берегам расположены кустарниковые сообщества из различных видов ив, а само оно на половину заросло кочкарными осоками. Берега по большей части засолены, на них развиваются галофитные виды растений. Водная растительность точек отбора проб: *Hydrocharis morsus-ranae*, *Lemna trisulca*, *Potamogeton lucens*, *Utricularia vulgaris*. Прибрежно-водная растительность точек отбора проб воды: *Carex riparia*, *Carex pseudocyperus*, *Drepanocladus polygamus*, *Galium palustr*, *Phragmites australis*, *Typha laxmannii*, *Thelypteris palustris*. Географические координаты озера: 52°59'28.41"С, 50°54'47.71"В [4].

Материал для работы был отобран в июле 2018 и 2019 годов в водных сообществах озёр Елшань и Моховое, вручную, с помощью тары из полиэтилентерефталата объемом 0,5 литра. Из каждого озера брали по 4 пробы с разных его сторон. Затем, в лаборатории пробы концентрировались методом прямой фильтрации с помощью насоса Комовского, воронки Бюхнера, колбы Бунзена и фильтра «синяя лента» с диаметром пор от 1 до 2,5 мкм. Объекты с фильтра смывались 10 миллилитрами фильтрата.

Каждую пробу микроскопировали под микроскопом Микмед-6 при 400 кратном увеличении. Все встреченные виды фотографировали с помощью камеры Levenhook С 1400 NG. Из каждой пробы просматривали 5 предметных стёкол по 100 полей зрения.

Таксономическое определение проводилось по определителям пресноводных водорослей СССР и УССР. Актуальность систематики уточнялась по сайту Algaebase [5 – 10].

Размеры объектов измерялись на

фотографиях в программе Adobe Photoshop с помощью инструмента «линия». Для калибровки использовали снимок объект-микрометра с ценой деления 10 мкм.

Определение сапробности водоемов проводилось по методу Пантле-Бука по формуле:

$$S = \frac{\sum(s * h)}{\sum h}$$

где S – степень сапробности водоема;

s – сапробное значение организма-сапробионта;

h – частота встречаемости сапробионта в пробе [11].

Сапробность и другие экологические характеристики обнаруженных организмов определялись по атласу водорослей-определителей сапробности, работам Гороховой О. Г. и Тарасовой Н. Г., а также определителям водорослей [2, 5 – 9, 11 – 13].

Результаты и их обсуждение

В альгофлоре озёр Елшань и Моховое нами были обнаружены 33 вида водорослей, относящиеся к 21 роду, 12 семействам, 10 порядкам, 6 классам и 5 отделам. В альгофлоре озера Елшань выявлено 27 видов с преобладанием представителей отдела Chlorophyta, а в озере Моховое – 13 видов (участие видов отдела Chlorophyta незначительно, однако наблюдалось высокое разнообразие видов отдела Euglenazoa) (табл. 1).

Далее представлены список обнаруженных видов водорослей, озёра, в которых эти виды обнаружены, их систематика и некоторые экологические характеристики (местообитание, сапробность, галобность).

Таблица 1

Систематическая структура таксонов водорослей исследованных водоёмов

Озеро	Отделов	Классов	Порядков	Семейств	Родов	Видов	Внутривидовых таксонов
Елшань	4	5	8	10	18	27	5
Моховое	5	5	6	8	10	13	0
Всего	5	6	10	12	21	33	5

ОТДЕЛ CYANOBACTERIA
КЛАСС CYANOPHYCEAE
ПОРЯДОК CHROOCOCCALES

Семейство Merismopediaceae

1) *Merismopedia glauca* (Ehrenberg)
Kützing — планктон; бетамезосапроб, $s = 2$;
олигогалооб; встречается: Елшань.

2) *Merismopedia trolleri* Bachmann —
планктон; олигогалооб; встреч.: Елшань.

ПОРЯДОК Oscillatoriales

Семейство Microcystaceae

3) *Microcystis flosaquae* (Wittrock)
Kirchner — планктон; встреч.: Елшань.

4) *Microcystis pulverea* (H.C.Wood)
Forti — планктон, эпифитЮ эдафобил, лито-
фит; бета-олигосапроб, $s = 1,6$; индифферент
(неприхотлив по отношению к солёности
воды); встреч.: Елшань, Моховое.

Семейство Oscillatoriaceae

5) *Oscillatoria limosa* C.Agardh ex
Gomont — планктон, бентос, аэрофил; бета-
альфамезосапроб, $s = 2,35$; олигогалооб, мезо-
галооб; встреч.: Елшань, Моховое.

6) *Oscillatoria nitida* Schkorbatov —
планктон; встреч.: Елшань.

7) *Oscillatoria ornata* Kützing ex
Gomont — бентос; встреч.: Моховое.

8) *Oscillatoria sancta* Kützing ex
Gomont — планктон, перифитон, аэрофил;
олигогалооб, миксогалооб; встреч.: Елшань.

9.1) *Oscillatoria tenuis* C.Agardh ex
Gomont — планктон, перифитон; альфамезо-
сапроб, $s = 3$; олигогалооб; встреч.: Моховое.

9.2) *Oscillatoria tenuis* f. *tenuis* C.Agardh
ex Gomont — планктон, перифитон; альфамезо-
сапроб, $s = 2,85$; олигогалооб; встреч.:
Елшань

9.3) *Oscillatoria tenuis* var. *subcrassa*
Conrad — планктон, перифитон; альфамезо-
сапроб, $s = 3$; олигогалооб; встреч.: Елшань.

10) *Phormidium chalybeum* (Mertens ex
Gomont) Anagnostidis & Komárek — бентос,
перифитон, литофит, эдафобил; альфамезоса-
проб, $s = 3$; индифферент; встреч.: Елшань.

ОТДЕЛ EUGLENOZOA
КЛАСС EUGLENOPHYCEAE
ПОРЯДОК EUGLENIDA

Семейство Phacidae

11) *Phacus tortus* (Lemmermann)

Skvortzov — планктон; бета-альфамезоса-
проб, $s = 2,4$; олигогалооб; встреч.: Моховое.

ОТДЕЛ MIOZOA
КЛАСС DINOPHYCEAE
ПОРЯДОК GONYAULACALES

Семейство Ceratiaceae

12) *Ceratium cornutum* (Ehrenberg)
Claparède & J. Lachmann — планктон; оли-
госапроб, $s = 1$; индифферент; встреч.: Мохо-
вое

13) *Ceratium hirundinella* (O.F.Müller)
Dujardin - планктон; олигосапроб, $s = 1,15$;
индифферент; встреч.: Елшань.

ПОРЯДОК PERIDINALES

Семейство Peridiniaceae

14) *Peridinium cinctum* (O.F.Müller)
Ehrenberg - планктон; олигосапроб, $s = 1$; ин-
дифферент; встреч.: Моховое.

ОТДЕЛ BACILLARIOPHYTA
КЛАСС BACILLARIOPHYCEAE
ПОРЯДОК CYMBELLALES

Семейство Anomoeoneidaceae

15) *Anomoeoneis sphaerophora* f. *sculpta*
(Ehrenberg) Krammer — альфа-бетамезоса-
проб, $s = 2,7$; встреч.: Елшань.

ПОРЯДОК NAVICULALES

Семейство Pinnulariaceae

16) *Pinnularia cardinalis* (Ehrenberg)
W.Smith — олигогалооб; встреч.: Моховое.

17) *Pinnularia gentilis* (Donkin) Cleve —
олигогалооб; встреч.: Елшань, Моховое.

ОТДЕЛ CHLOROPHYTA
КЛАСС TREBOUXIOPHYCEAE
ПОРЯДОК CHLORELLALES

Семейство Chlorellaceae

18) *Actinastrum hantzschii* var. *hantzschii*
Lagerheim — планктон, бентос, перифитон;
бетамезосапроб, $s = 2$; индифферент; встреч.:
Елшань.

19) *Mucidosphaerium pulchellum*
(H.C.Wood) C.Bock, Proschold & Krienitz —
планктон, бентос, перифитон; бетамезоса-
проб, $s = 2$; встреч.: Елшань.

КЛАСС CHLOROPHYCEAE
ПОРЯДОК SPHAEROPLEALES
Семейство Hydrodictyaceae

20) *Parapediastrium biradiatum* (Me yen) E. Hegewald — планктон; олиго-альфамезосапроб, $s = 1,8$; индифферент; встреч.: Елшань.

21) *Pediastrum duplex* Me yen — планктон, бентос, перифитон; олиго-альфамезосапроб, $s = 1,7$; индифферент; встреч.: Елшань.

22) *Pseudopediastrum boryanum* (Turpin) E. Hegewald — планктон; олиго-альфамезосапроб, $s = 1,85$; олигогалооб; встреч.: Елшань.

23) *Sorastrum spinolosum* Nägeli — планктон, бентос, перифитон; бета-олигосапроб, $s = 1,6$; встреч.: Елшань, Моховое.

24) *Stauridium tetras* (Ehrenberg) E. Hegewald — планктон, бентос, перифитон; олиго-альфамезосапроб, $s = 1,75$; индифферент; встреч.: Елшань, Моховое.

25) *Tetraëdron triangulare* Korshikov — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2$; индифферент; встреч.: Моховое.

Семейство Scenedesmaceae

26) *Scenedesmus arcuatus* Lemmermann — планктон, бентос, перифитон; олиго-альфамезосапроб, $s = 1,8$; встреч.: Елшань.

27) *Scenedesmus obtusus* f. *disciformis* (Chodat) Compère — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2$; индифферент; встреч.: Елшань.

28) *Scenedesmus quadricauda* (Turpin) Brébisson — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2,2$; встреч.: Елшань.

29) *Scenedesmus semipulcher* Hortobágyi — планктон, бентос, перифитон; встреч.: Елшань.

30) *Tetradesmus lagerheimii* M.J. Wynne & Guiry — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2$; индифферент; встреч.: Елшань.

31) *Tetradesmus obliquus* (Turpin) M.J. Wynne — планктон, бентос, перифитон; бета-альфамезосапроб, $s = 2,3$; индифферент; встреч.: Елшань, Моховое.

Семейство Selenastraceae

32) *Ankistrodesmus falcatus* (Corda) Ralfs — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2$; индифферент; встреч.: Елшань.

33) *Selenastrum bibraianum* Reinsch — планктон, бентос, перифитон; бетамезосапроб, $s = 2$; встреч.: Елшань.

Анализ сапробности показал следующее: сапробность озера Елшань составляет 2,11 единиц, сапробность озера Моховое на 0,06 единиц выше и составляет 2,17 единиц. В обоих изученных озёрах условия сапробности выше среднего значения (2.0) и соответствуют бетамезосапробным (умеренно-загрязненная вода). Воду из озёр не рекомендуется пить даже после кипячения.

Заключение

В результате проведённой работы, нами выявлено обитание 33 видов водорослей. 27 видов, с преобладанием представителей отделов Chlorophyta и Cyanobacteria, встречаются в озере Елшань и 13 видов, при незначительном участии водорослей отдела Chlorophyta, встречаются в озере Моховое. Следует отметить, что в альгофлоре озера Моховое очень редко встречаются представители Chlorophyta, но наблюдается высокая разновидность водорослей отдела Euglenozoa, однако в данный момент нам удалось определить только один вид — *Phacus tortus*.

К настоящему времени, с учетом литературных данных, в Красносамарском лесном массиве выявлено обитание не менее 218 видов водорослей из 8 отделов, 13 видов нами приведены впервые: *Ankistrodesmus falcatus*, *Ceratium hirundinella*, *Merismopedia glauca*, *Merismopedia trolleri*, *Oscillatoria ornata*, *Parapediastrium biradiatum*, *Peridinium cinctum*, *Pinnularia cardinalis*, *Pinnularia gentilis*, *Scenedesmus arcuatus*, *Scenedesmus semipulcher*, *Selenastrum bibraianum*, *Selenastrum bibraianum*. 4 вида являются новыми для Самарской области: *Merismopedia trolleri*, *Pinnularia cardinalis*, *Pinnularia gentilis*, *Scenedesmus semipulcher* [1, 2, 14].

Литература

1. Журавлёв Ю. Н. Почвенные водоросли Красносамарского лесничества // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне: межвед. сб. Куйбышев, 1982. С. 81–91.

2. Горохова О. Г. Таксономическая структура альгофлоры планктона реки Самара (бассейн Саратовского водохранилища) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2020. Т. 29, № 1. С. 96–106.

3. Флористическое разнообразие особо ценного Красносамарского лесного массива Самарской области: I. Сосудистые растения / Е. С. Корчиков, Н. В. Прохорова, Т. И. Плаксина [и др.] // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19, №. 1. С. 111–136.
4. «Урочище Моховое» как новая перспективная особо охраняемая природная территория в Самарской области / Е. С. Корчиков, Н. В. Прохорова, Н. М. Матвеев [и др.] // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, № 1. С. 92–95.
5. Голлербах М. М., Косинская Е. К., Полянский В. И. Определитель пресноводных водорослей СССР. Синезеленые водоросли. М.: Советская наука, 1953. 652 с.
6. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовые водоросли / под ред. А. И. Прошкина-Лавренко. М.: Советская наука, 1951. 619 с.
7. Киселев И. А. Определитель пресноводных водорослей СССР. Пирофитовые водоросли. М.: Советская наука, 1954. 212 с.
8. Попова Т. Г. Определитель пресноводных водорослей СССР. Эвгленовые водоросли. М.: Советская наука, 1955. 282 с.
9. Царенко П. М. Краткий определитель хлорококковых водорослей Украинской ССР. Киев: Наук. думка, 1990. 208 с.
10. Algaebase. URL: <https://www.algaebase.org> (дата обращения 20.05.2020).
11. Баринова С. С., Медведева Л. А. Атлас водорослей — индикаторов сапробности (российский Дальний Восток). Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.
12. Горохова О. Г. Таксономический состав альгофлоры планктона водоемов охраняемых территорий Самарской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2010. Т. 19, №. 4. С. 51–71.
13. Протисты и бактерии озер Самарской области / под ред. В. В. Жариков. Тольятти: Кассандра, 2009. 240 с.
14. Сергеев Д. В. К изучению фитопланктона озёр Красносамарского лесного массива // Международная молодёжная научная конференция «XV Королёвские чтения», посвящённая 100-летию со дня рождения Д. И. Козлова. 2019. – Т. 2. С. 622–623.

ALGOFLORE OF ELSHAN AND MOKHOVOE LAKES OF THE KRASNOSAMARSKY FOREST WOODLAND

D. V. Sergeev

In this research presented the list of algae species found in Elshan and Mokhovoye lakes and saprobity of this waterbodies. We found 33 species of algae (27 species in Elshan lake and 13 species in Mokhovoye lake), included in 21 genres, 12 families and 5 divisions (Cyanobacteria, Euglenozoa, Bacillariophyta, Chlorophyta). 13 species are new for Krasnosamarsky woodland, and 4 species are new for Samara region (*Merismopedia trolleyi*, *Pinnularia cardinalis*, *Pinnularia gentilis*, *Scenedesmus semipulcher*). Saprobity of Elshan lake – 2,11 points, Mokhovoye lake – 2,17 points, reflecting the mesosaprobic (moderately polluted) environmental conditions.

Key words: alga, phytoplankton, species composition, Samara region, algology.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Sergeev D. V., 2020.

Sergeev Dmitry Vasil'evich (markmayakovsky@gmail.com),
student III course of the Biological Faculty of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 621.3.087.9

АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗВЁЗДНОГО ДАТЧИКА

С. А. Волков

В данной работе приведён общий анализ основного компонента звёздного датчика – математических алгоритмов обработки изображений и идентификации звёзд. В механизме работы звёздного датчика заложена процедура анализа изображения, полученного со светочувствительной матрицы и записанного в оперативную память математического процессора. Далее процессор, выполняя алгоритм и обращаясь к базе данных (звёздный каталог), осуществляет поиск верного решения. Существует множество методик и алгоритмов решений проблемы идентификации звёзд и установления координат космического аппарата. В работе описана общая классификация алгоритмов, приведено описание нескольких из алгоритмов идентификации звёзд, разработанных ранее, и показан обобщённый механизм работы.

Ключевые слова: звёздный датчик, алгоритм, быстродействие, идентификация звезд, анализ.

Одним из способов ориентации космического аппарата является использование изображения звёздного датчика. Он позволяет выполнить угловую ориентацию космического аппарата относительно некоторой выбранной оси с применением изображения звёздного неба. Изображение фиксируется с помощью светочувствительной матрицы.

После получения информации со светочувствительной матрицы её необходимо

обработать. Работа звёздного датчика заключается в получении относительных координат трёхмерного положения космического аппарата, используя на информационном входе лишь двухмерное изображение. Для решения этой проблемы используются различные математические методики обработки изображений и отождествления пар. На рисунке 1 показан обобщённый механизм, связывающий реальное изображение и выходные данные.

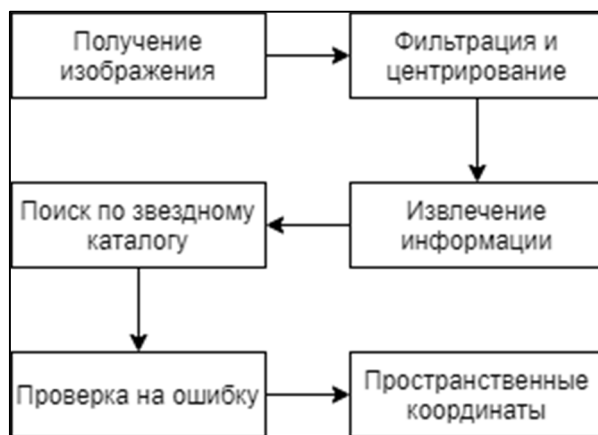


Рис. 1. Обобщенная схема работы алгоритма

© Волков С. А., 2020.

Волков Сергей Александрович (serega.volkov1234@gmail.com),
студент IV курса факультета электроники и приборостроения Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Поиск соответствий по существующей базе данных осуществляется за счет перебора по заранее собранному каталогу звёзд. Все алгоритмы возможно классифицировать по нескольким типам [1]:

1. Рекурсивные алгоритмы – выполняется предположение о положении датчика;
2. Нерекурсивные (lost-in-space) – не используется никаких предположений;
3. Алгоритмы с использованием информации о яркости звёзд;
4. Использование особой методики выбора звёзд – произвольный перебор каталога или выбор с использованием какого-либо из записанных параметров;
5. Калибровочная инвариантность – инвариантность по отношению к дисторсиям первого порядка.

Алгоритмами может быть предусмотрена возможность пополнения информации звёздного каталога. Такая возможность применяется для формирования определённого каталога по маршруту следования аппарата или же формирования каталога с новыми свойствами или относительно некоторой новой оси координат.

После окончания поиска звёзд выполняется проверка истинности значений. Возможны случаи, когда блики от космического мусора будут создавать ложные звёзды. Обычно проверка выполняется на основе предыдущих значений: новые координаты должны находиться на небольшом удалении от прежних. Если же ошибка подтверждается, создается запрос на получение нового снимка и выполняется новый цикл работы программы.

У всех алгоритмов возможно выделить

несколько важных характеристик.

Первым из всех параметров выделяется быстродействие алгоритма обработки. Важно понимать, что общая скорость работы звёздного датчика зависит не только от алгоритма: влияние вносит светочувствительность матрицы (скорость зарядки ячеек), скорость считывания заряда ячеек матрицы, скорость работы математического процессора и искомая точность. Сама работа системы основана на двух факторах: решении различных систем уравнений и сравнении результатов с каталогом. Скорость поиска по каталогу зависит от количества данных для сравнения и скорости микроконтроллерной системы.

Следующим параметром, имеющим большее значение, является объём звёздного каталога. В звёздный каталог записываются относительные координаты звёзд, яркость блеска, относительное расстояние между ними или другие характеристики, в зависимости от выбранного алгоритма. Звёздный каталог вынесен отдельно, так как его объём напрямую влияет на точность и быстродействие системы. Чем больше в каталоге звёзд, тем больше требуется времени на поиск верного решения системы.

Устойчивость алгоритма определяет то, как сильно будут влиять помехи на изображении (ложные звёзды) на быстродействие алгоритма или возможность применения алгоритма как такового. Для повышения вероятности успешной обработки изображения предварительно фильтруются с использованием ЦОС. В таблицу 1 занесены характеристики некоторых категорий алгоритмов [2].

Рассмотрим несколько алгоритмов идентификации звезд.

Таблица 1

Относительные характеристики алгоритмов распознавания звёзд

Название алгоритма	Объем каталога	Суммарное время обращения к каталогу	Время расчёта характеристик	Устойчивость к появлению ложных звёзд
Переборные алгоритмы	$F(N*S)$	$F(S*b)$ $b=3$ или 4	$F(2*S)$	устойчив
Сеточные алгоритмы	$F(N)$	$F(\ln(S))$	$F(S)$	неустойчив
Алгоритмы сопоставления групп	$F(N*S)$	$F(S*\ln(N))$	$F(S)$	устойчив
Геометрические алгоритмы	$F(N)$	$F(\ln(N))$	$F(S)$	неустойчив

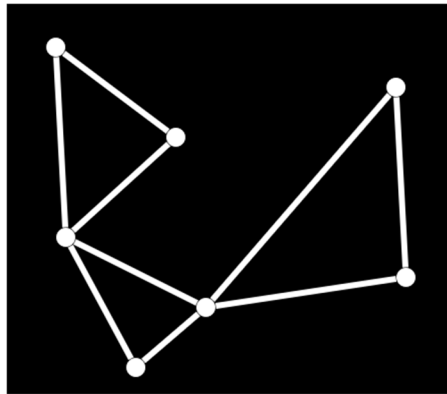


Рис. 2. Пример треугольников, соединяющих объекты

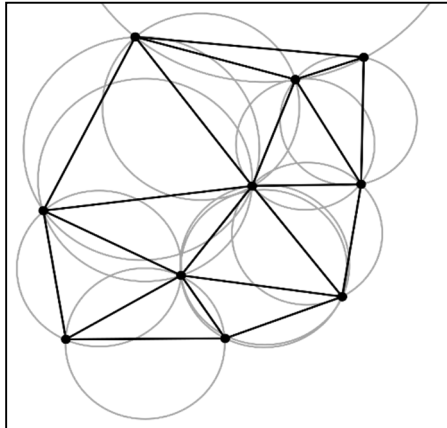


Рис. 3. Пример использования триангуляции Делоне

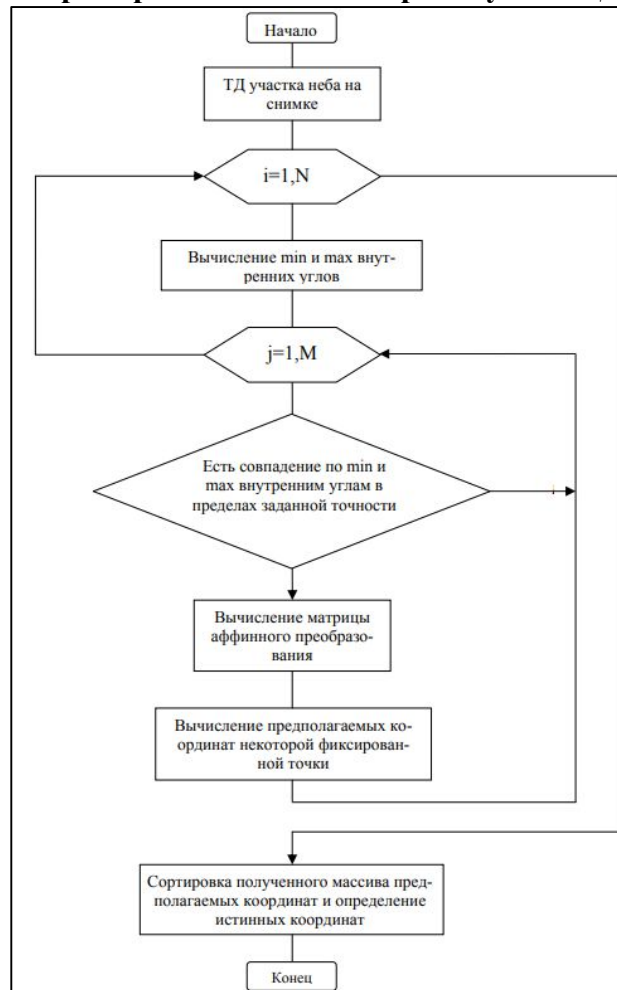


Рис. 4. Блок-схема алгоритма с триангуляцией Делоне

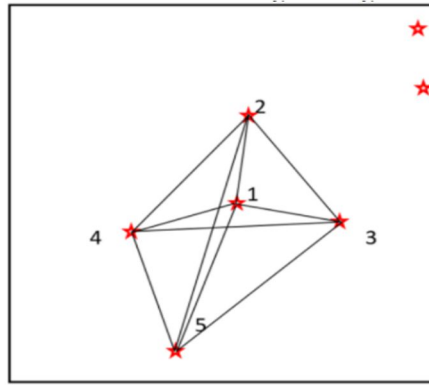


Рис. 5. Пример выбранных триплетов

Первый алгоритм относится к геометрическим с поиском определённых характеристик в каталоге и его работа основана на составлении треугольников, вершинами которых являются звёзды (рис. 2). У треугольника вычисляются наибольший и наименьший угол. В каталог занесены данные о звёздах, составляющих треугольники и соответствующие углы.

Критическим недостатком такого алгоритма является количество звёзд на изображении: чем больше звёзд (включая ложные звёзды), тем больше будет треугольников, и, как следствие, на вычисление уйдёт значительно больше времени. Количество треугольников можно вычислить по формуле (1):

$$C_3^n = \frac{n!}{3! \cdot (n-3)!} \quad (1)$$

Если объектов 4-5 (4-10 треугольников), то это замедлит вычисление, но работа продолжится в штатном режиме. При количестве объектов в кадре более 10, треугольников станет более 120, что может стать фатальным для скорости работы системы. В таком случае количество объектов, записанных в каталог, станет огромным, что повлияет на быстродействие алгоритма.

Для решения этой проблемы было предложено использование триангуляции Делоне [1] (далее – ТД). Наиболее простым описанием ТД является следующее: триангуляция, в которой для любого треугольника верно, что внутри описанной около него окружности не находится точек из исходного множества.

Использование ТД позволяет значительно сократить количество треугольников на изображении, упорядочивает данные и, как следствие, ускоряет расчёты при больших количествах объектов. При наличии хотя бы

нескольких идентифицированных треугольников алгоритм остаётся устойчивым. В худшем случае, процесс поиска по алгоритму будет составлять $F(S^2)$.

На рисунке 4 указана блок-схема алгоритма. Работа делится на этапы:

- Получение изображения;
- Выполнение ТД для снимка;
- Установление наибольшего и наименьшего углов у найденных треугольников;
- Сравнение со звёздным каталогом: если есть совпадение, то вычисляются возможные координаты, иначе процесс повторяется;
- После проверки всех углов и составления массива возможных координат выполняется сортировка координат и вычисление конечного значения координат.

Как уже было сказано выше, благодаря использованию ТД компенсируются недостатки простой методики работы геометрического алгоритма. Быстродействие повышается за счёт меньшего количества треугольника и углов. Звёздный каталог становится меньше. Из недостатков можно выделить только сложность реализации алгоритма – для меньших потерь быстродействия со стороны процессора необходимо мощное вычислительное устройство и хорошо оптимизированный код.

Триангуляция Делоне является не единственным решением идентификации звёзд. Следующий алгоритм [3] проводит анализ вблизи звезды, близкой к центру FOV (field of view – поле зрения):

1. Выбирается звезда, ближайшая к центру поля зрения;
2. Выбирается $n-1$ ближайших к ней звёзд;

3. Комбинирование выбранных звёзд во все возможные комбинации триплетов;

4. Вычисление всех плоских углов и формирование матрицы углов C_3^n ;

5. Вычисление абсолютной ошибки для всех комбинаций матрицы из кадра и всех матриц из памяти;

6. Выбор матрицы с минимальной абсолютной погрешностью: матрица содержит информацию об искомым звёздах;

Звёздный каталог предварительно формируется аналогично пунктам 2-4 для каждой звезды в каталоге. Каталог состоит из набора матриц, в которых заключена информация о звездах и плоских углах.

Недостатком такого алгоритма является степенная сложность: добавление одной звезды на кадр увеличивает время работы в 2-3 раза. Хорошие результаты достигаются только при относительно высоком количестве анализируемых звезд на кадре (6-7 штук) и относительно высоких разрешениях светочувствительной матрицы (свыше 1024x1024).

Алгоритм Stars Pattern Hash Table [4] похож на предыдущий: в нем используются триплеты плоских углов. Отличие заключается в методе хранения звездного каталога: если предыдущий алгоритм подразумевал хранение информации в виде матриц, то здесь предложена идея просчитать хеш-таблицу триплетов после их округления. Методика позволяет реализовать почти мгновенный поиск в звёздном каталоге, так как обращение к нему больше похоже на обращение к массиву по индексу элемента, а не на поиск, как в предыдущем примере. Таким образом, основная вычислительная сложность здесь перекладывается на этап подготовки звёздного каталога. Полный же алгоритм будет выглядеть следующим образом:

1. Подготовка звёздного каталога в виде хеш-таблицы (вычисление триплетов и расчет хешей от них);

2. Получение и обработка кадра из камеры (коррекция дисторсий, отбрасывание звёзд с яркостью ниже пороговой величины);

3. Вычисление триплетов для полученного кадра;

4. Подсчет хеша полученного кадра;

5. Выборка триплета из хеш-таблицы звёздного каталога;

6. Проверка полученного результата

(из-за грубого округления данных на этапе подготовки хеш-таблицы возможны ложные срабатывания);

В другой работе [5] авторы применяют так называемый алгоритм пирамиды (алгоритм TRIAD):

1. Находятся центроиды звёзд, превышающих пороговый уровень яркости;

2. Для каждой из звёзд строится вектор из центра линзы;

3. Для четырех звёзд строится пирамида, для которой вычисляется внутреннее произведение 6 пар векторов;

4. Выполняется поиск в каталоге, который содержит предварительно вычисленные аналогично п.3 произведения, отсортированные в убывающем порядке;

5. Наиболее близкая величина является искомой, для нее запускается процесс вычисления точных углов разворота.

Алгоритм показывает достаточно высокую точность и относительно высокую скорость исполнения.

Заключение

В данном обзоре рассмотрены современные подходы к решению задачи ориентации космического аппарата по изображению звёздного неба. Как видно из приведенных описаний алгоритмов, в настоящее время существует тенденция на использование итеративных алгоритмов, в которых поиск точного соответствия происходит в несколько этапов. На первом этапе подготавливается каталог звёзд, обеспечивающий алгоритмическую возможность наиболее быстрого поиска, здесь наиболее перспективными являются алгоритмы с хешированием или сортировкой. Далее происходит поиск центроидов звёзд на изображении и обработка в соответствии с алгоритмом подготовки каталога для грубого поиска. Затем производится непосредственно поиск и, после нахождения подходящих звёзд, оценка ошибки, либо запуск следующего этапа с более ресурсоемким, но более точным алгоритмом поиска соответствия, как, например, алгоритм TRIAD. В целом, такая методика с разделением на этапы позволяет комбинировать удачные подходы и получать высокоточные алгоритмы с высокой скоростью исполнения.

Литература

1. Система определения положения и ориентации макета спутника на основе блока инерциальных датчиков и звездного датчика / Д.Биндель [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2011. № 24. 30 с.
2. Кружилов И. С. Методы и программные средства повышения эффективности распознавания групп звезд в автономной астронавигации: автореф. дис. ... канд. Тех.наук. Москва, 2010, 20 с.
3. Development of Star Pattern Recognition Algorithm for Star Sensor Using C^3_n Combination of Triangles Pattern / N S Ardi, R E Poetro [et al.] // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 645 (2019) 012001
4. Revital Marbel, Boaz Ben-Moshe, Roi Yozevitch Star-Tracker Algorithm for Smartphones and Commercial Micro-Drones // Received: 11 December 2019; Accepted: 11 February 2020; Published: 18 February 2020.
5. Development and Ground Evaluation of Fast Tracking Algorithm for Star Trackers / Yuji Sato, Toshinori Kuwahara [et al.] // Trans. JSASS Aerospace Tech. Japan. 2018. Vol. 16. № 3. P. 202–209.

ANALYSIS OF THE MAIN CHARACTERISTICS OF IMAGE PROCESSING ALGORITHMS FOR THE STAR SENSOR

S. A. Volkov

The present article provides a general overview in regards to the fundamentals of a star tracker – mathematical algorithms of image processing and star identification. The underlying principle is based on the procedure of image processing, images taken by the photosensitive matrix are recorded into RAM of a processor which is assigned to perform calculations. The next step is accomplished by the processor which commences performing predefined algorithms and afterwards sends a request to star catalogue databases meanwhile searching for the right match through comparison. There are a lot of techniques and methods to solve the existing key issue in star identification and setting coordinates of a spacecraft. The research gives a detailed description of the general algorithms classification, one of the existing algorithms, and the overall mechanism.

Key words: star tracker, algorithm, performance, star identification, overview.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 004.932

МАСКИРОВАНИЕ ДАННЫХ ТЕПЛОВОЙ СЪЁМКИ ПРИ ВСТРАИВАНИИ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Д. А. Козлов

В данной работе проведено сравнение различных методов построения масок «едва различимых искажений» применяемых при встраивании цифровых водяных знаков. Маска «едва различимых искажений» (Just Noticeable Difference, JND) – маска, применяемая при встраивании информации в изображения или кадры видеопоследовательности, с целью минимизировать заметность произведённого встраивания для человеческого зрения, сохранив при этом заданный уровень встроенной информации, обеспечивающий надёжное извлечение. В частности, проведён анализ целесообразности их применения для случая тепловизионных данных. В ходе исследования было получено, что наилучшим образом с точки зрения условия внесения наименьшего количества дополнительных шумов на видеопоследовательность ведут себя JND маски, основанные на методе градиентов, учитывающие структурные особенности кадра.

Ключевые слова: JND, just noticeable difference, тепловизионные данные, оценка шума, PSNR, ЦВЗ, маска, видео.

В данной работе основным объектом рассмотрения являются тепловые видео. Данный тип видеосъёмки производится специализированной аппаратурой, фиксирующей тепловое излучение поверхностей, то есть электромагнитное излучение в инфракрасной области спектра. При этом тепловая съёмка отличается, как правило куда большей шумовой составляющей.

Целью и задачей исследования стала разработка программного обеспечения, выполняющего выделение и определение характеристик шума камеры в тепловом диапазоне, а также исследование JND-маскирования теплового видео при встраивании скрытой информации в отфильтрованные от шума кадры теплового видео.

Оценка шума камеры

Для оценки шума камеры выполняется построение среднего кадра по рассматриваемому статичному отрезку видео. Средний кадр формируется как усредненное по времени значение каждого пикселя (рис. 1). Случайный кадр, взятый из этой видеопоследовательности также представлен на рисунке (рис. 2). Можно заметить, что средний кадр менее зашумлен.

Следующим шагом является сохранение в трехмерный массив (оси: ширина, высота, номер кадра) разности кадра с данным номером и среднего кадра.

Таким образом получаем видеопоследовательность, которая в случае со статическим видео, когда визуальное изображение не меняется, представляет собой некоторую визуальную оценку шума тепловой камеры (рис. 3-4).

Порядок встраивания скрытой информации

В качестве рассматриваемого метода в данной работе выбран метод E_BLIND/D_LC . Он представляет собой простейшую ЦВЗ-систему с расширением спектра. Данная система позволяет встроить только один бит информации (то есть $b \in \{0,1\}$) в полутоновой контейнер C размерами $N_1 \times N_2$. Для встраивания информации формируется шаблон ЦВЗ W_r .

Встраивание ЦВЗ осуществляется по аддитивной формуле. Для извлечения встроенного бита информации рассчитывается значение линейной корреляции принятого носителя информации с шаблоном W_r . После чего полученная величина сравнивается с порогом для принятия решения.

© Козлов Д. А., 2020.

Козлов Даниил Александрович (djoade100@gmail.com), студент V курса факультета информатики Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.



Рис. 1. Пример среднего кадра из видео



Рис. 2. Пример обычного кадра из видео

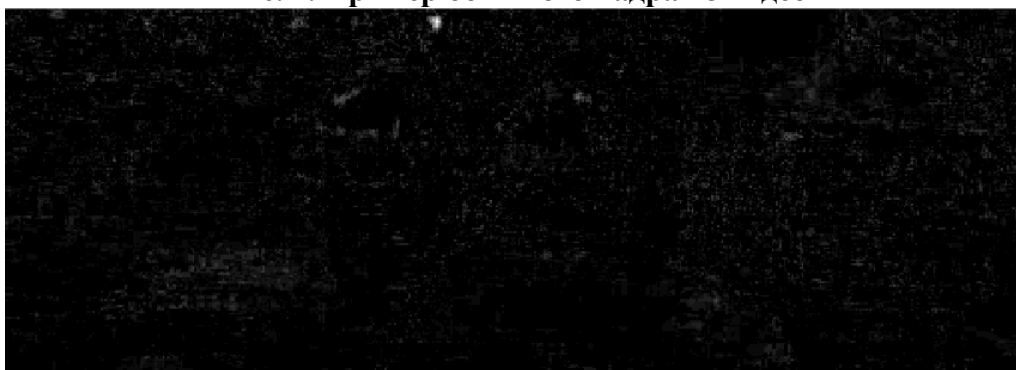


Рис. 3. Пример кадра, иллюстрирующего шум камеры в отдельном кадре

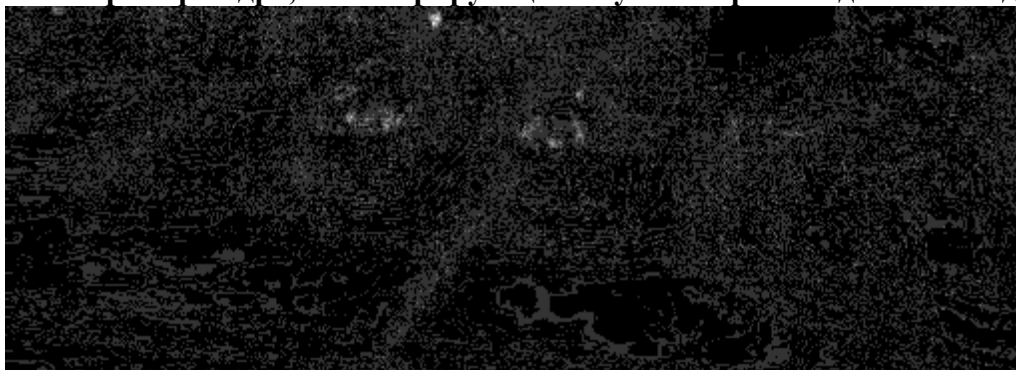


Рис. 4. Пример кадра, иллюстрирующего усреднённый по всему участку видеопоследовательности шум камеры

Выполнение встраивания

Исходные изображения представлены на рисунках (рис. 1-2). Далее на рисунках приведены примеры встраивания одного бита информации при различных значениях параметра системы α (рис. 5-10). Чем меньше значение α ,

тем сложнее обнаружить информацию, встроенную в изображение и тем больше риск неудачного извлечения информации.

Поэтому для эффективного встраивания информации необходимо подобрать в некотором смысле оптимальное значение этого параметра.

Так при значениях $\alpha = 1$ (рис. 5 и 7). факт встраивания информации надежно сокрыт, но извлечение информации происходит не всегда удачно и встречается значительный процент ошибочных извлечений. А при значениях $\alpha = 10$ (рис. 6 и 8). наличие посторонней шумовой

компоненты уже можно заметить невооруженным глазом.

Собственно, в данных экспериментах к оптимальным значениям приблизилось значение α равное корню дисперсии шума. Это значение статистически зависит от шума камеры (рис. 9-10).

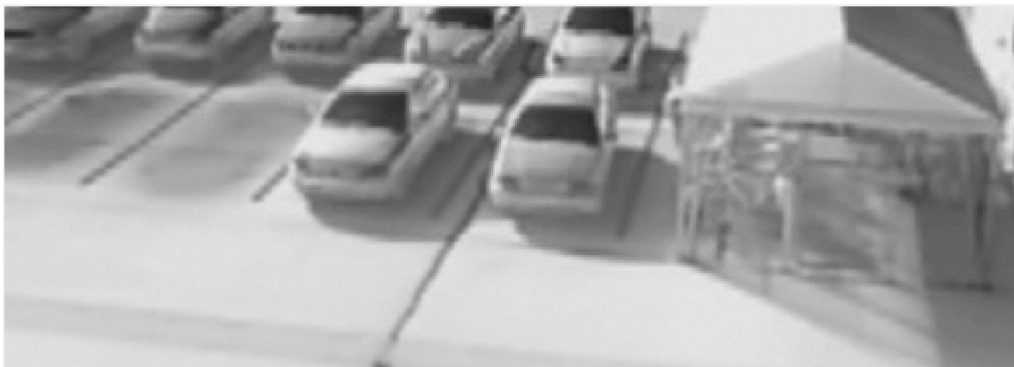


Рис. 5. Встраивание единицы в средний кадр при $\alpha = 1$



Рис. 6. Встраивание единицы в средний кадр при $\alpha = 10$

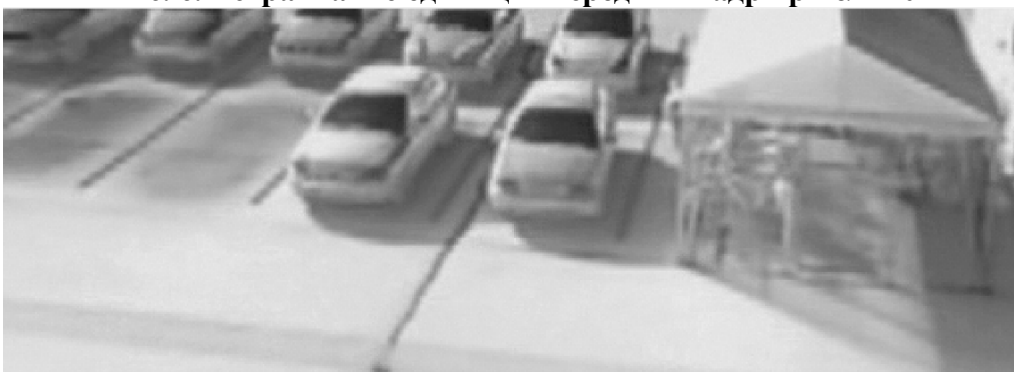


Рис. 7. Встраивание единицы в случайный кадр при $\alpha = 1$



Рис. 8. Встраивание единицы в случайный кадр при $\alpha = 10$

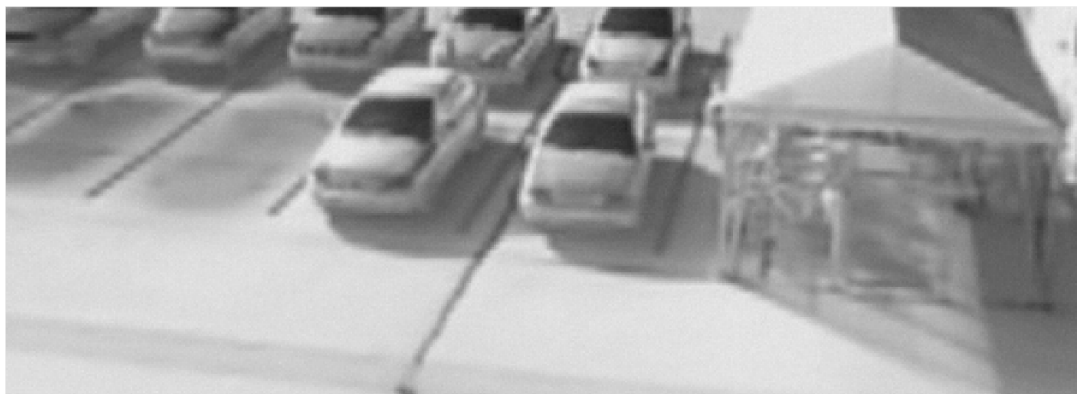


Рис. 9. Встраивание единицы в средний кадр при α равном корню дисперсии полученного шума (1.9393)

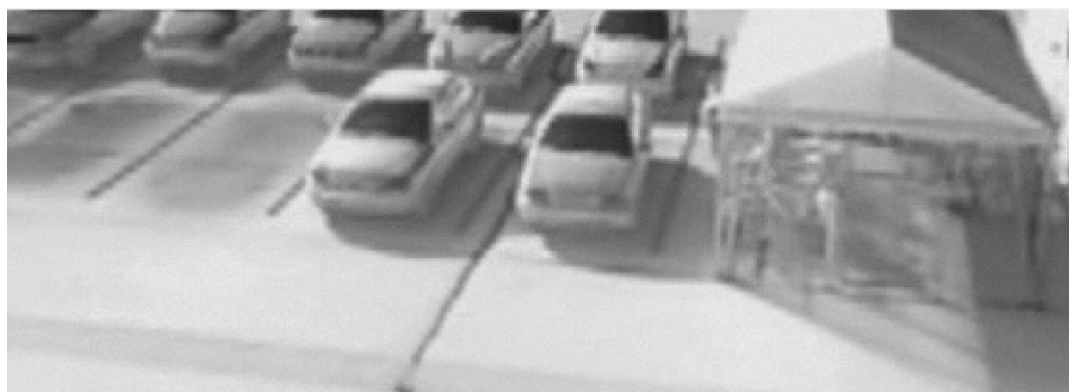


Рис. 10. Встраивание единицы в случайный кадр при α равном корню дисперсии полученного шума (1.9393)

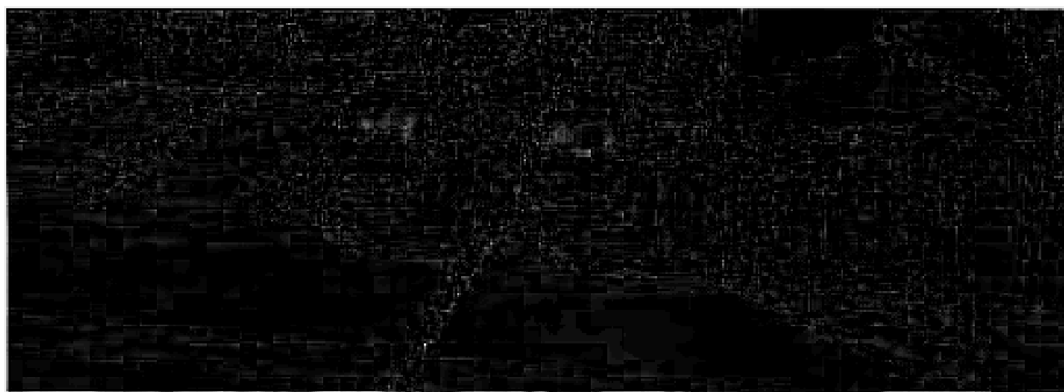


Рис. 11. Результат вычитания из кадра отфильтрованного изображения

Фильтрация шума камеры

В качестве метода фильтрации был рассмотрен фильтр Винера. Для его применения необходимо знать импульсную характеристику шума. Она подбиралась визуально, путём вычитания отфильтрованного изображения из исходного (рис. 11). В результате рассмотрения различных вариантов характеристик шума было выбрано нормальное распределение шума с нулевым средним и дисперсией равной дисперсии отдельного кадра с шумом. Данный вариант даёт наиболее схожий с шумом камеры результат.

JND-маскирование

Маска «едва различимых искажений» (Just Noticeable Difference, JND) используется для достижения разумного компромисса между незаметностью искажений при встраивании ЦВЗ и их стойкостью. Она использует особенности человеческого восприятия визуальной информации. Встраиваемая с помощью данных масок информация концентрируется в областях с существенными перепадами яркости и практически отсутствует в тех областях, где яркость распределяется равномерно.

В рамках данной работы были рассмотрены несколько вариантов таких масок. Далее они будут упоминаться согласно их нумерации.

Первый метод JND-маскирования основан на поиске максимума градиента, вычисляемого при помощи свёртки рассматриваемого изображения с матрицами, более подробно описанными в [1]. Максимум градиента даёт информацию об областях изображения с существенными перепадами яркости (рис. 12).

Второй метод основан на адаптации яркости изображения (рис. 13). И вычисления происходят по следующим формулам, более подробно описанным в [1]:

$$LA(x) = \begin{cases} a_0 + a_1\sqrt{B(x)/B_0}, & B(x) < B_0 \\ \gamma[1 + B(x)], & B(x) \geq B_0 \end{cases}$$

Третий метод основан на использовании структурной неопределённости, вычисляемой согласно корреляции между

соседними пикселями (рис. 14). Структурная неопределённость используется совместно с адаптацией яркости и вычислением градиентов, как в первых двух случаях [2].

Четвёртый метод также совмещает в себе первые два (рис. 14). Помимо этого, методом учитывается структурная регулярность изображения [3].

Затем в средний кадр был встроен с применением данных масок шум с нормальным распределением, как имитация встраивания ЦВЗ. Встраивание производилось по аддитивной формуле (рис. 16-19). Для всех полученных данных были вычислены показатели PSNR и SNR.

Также имеет смысл рассматривать в качестве JND-маски маску, получаемую при фильтрации шума на втором этапе (рис. 11). Для данной маски также были измерены показатели PSNR и SNR (рис. 20).



Рис. 12. JND-маска, получаемая первым методом



Рис. 13. JND-маска, получаемая вторым методом

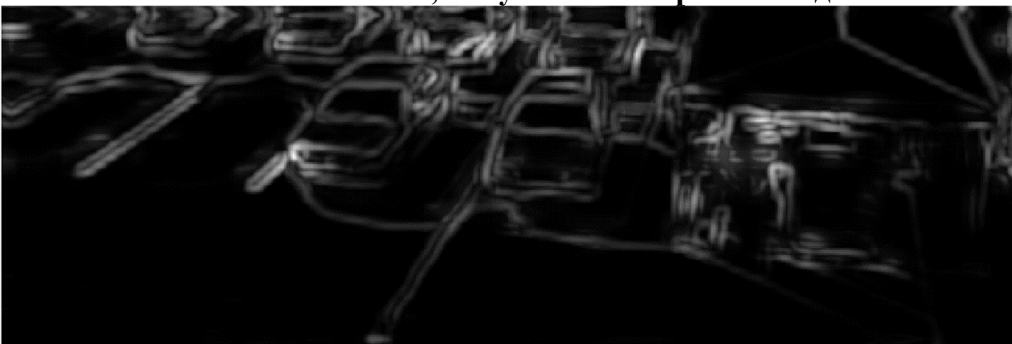


Рис. 14. JND-маска, получаемая третьим методом

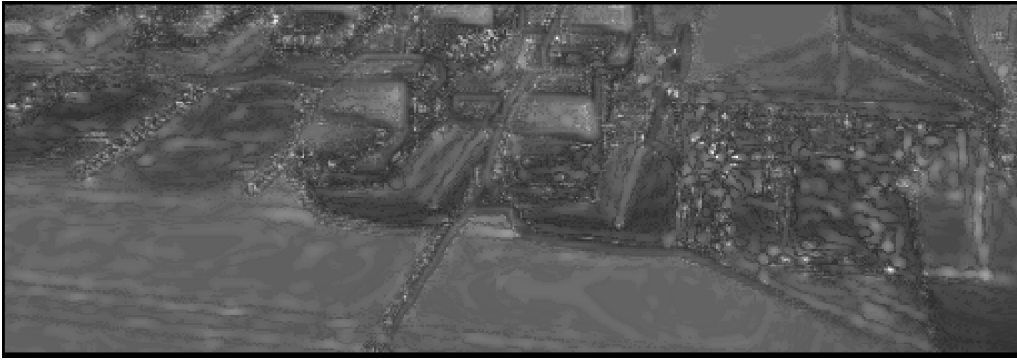


Рис. 15. JND-маска, получаемая четвёртым методом



Рис. 16. Результат выполнения имитации встраивания в кадр видеопоследовательности с использованием JND-маски, полученной первым методом

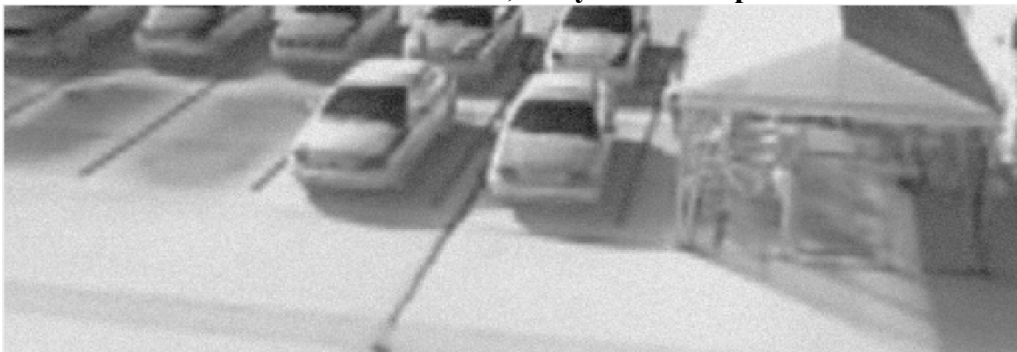


Рис. 17. Результат выполнения имитации встраивания в кадр видеопоследовательности с использованием JND-маски, полученной вторым методом

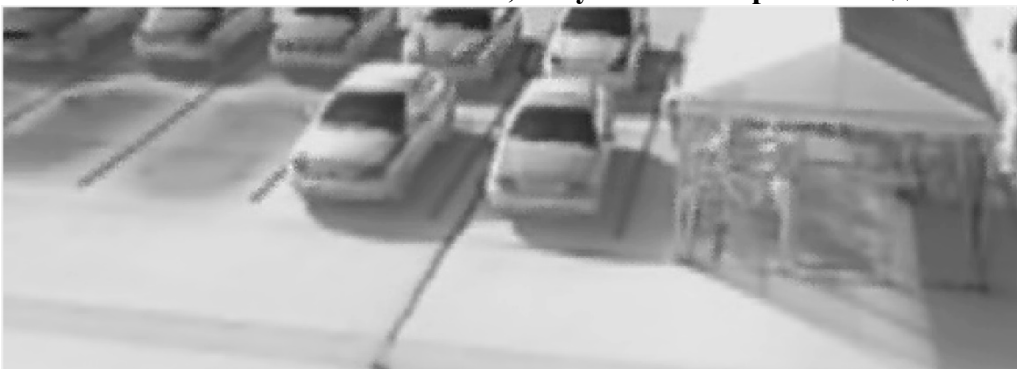


Рис. 18. Результат выполнения имитации встраивания в кадр видеопоследовательности с использованием JND-маски, полученной третьим методом



Рис. 19. Результат выполнения имитации встраивания в кадр видеопоследовательности с использованием JND-маски, полученной четвертым методом



Рис. 20. Результат выполнения имитации встраивания в кадр видеопоследовательности с использованием JND-маски, полученной посредством нахождения разности между отбеленным и исходным кадром

Таблица 1

Значения метрик для исходного неизмененного кадра видеопоследовательности

Мет-рика	1	2	3	4	5	6	7	8	9
PSNR	40,18	46,07	41,72	23,75	37,18	39,93	29,44	38,81	38,81
SNR	36,71	38,88	35,02	17,53	29,32	33,93	20,65	32,67	32,67
MSE	6,23	1,61	4,37	274,41	12,46	6,61	73,90	8,55	8,55

Сравнение полученных результатов

В качестве наборов данных для первичного тестирования встраивания информации с использованием JND-маскирования были выбраны 9 тепловых видео. Пять из них найдены в различных источниках, ещё четыре сняты тепловой камерой в НИЛ-55 Самарского университета. Из всех видео для рассмотрения выбран стационарный участок, на котором отсутствует какое-либо ярко выраженное движение. Далее на всех этих стационарных участках определён средний кадр, для использования его в качестве отбеленного кадра.

Также выбран один случайный кадр видео для дальнейших сравнений. И вычислены PSNR (Пиковое отношение сигнала к шуму), SNR (Отношение сигнала к шуму) и MSE (Средний

квадрат ошибки) метрики между ними. Для исходных необработанных кадров результаты представлены в таблице (табл. 1). Причём 1-5 видео из открытых источников, а 6-9 сняты в НИЛ-55.

В таблице (табл. 2) представлены рассчитанные метрики для заданного набора данных после имитации встраивания с использованием вышеупомянутых JND-масок.

Так как основная наша задача построить наибольшее количество информации с достаточной надёжностью извлечения, не допуская искажений превышающих уровень искажений шума камеры, то нам необходимо чтобы отклонение характеристик шума после встраивания было приближено к характеристикам кадра, встраивание в который не производилось. В таблице (табл. 3) приведены разности значений

метрик для каждого из методов построения JND-масок с кадром без встраивания. И также представлены суммы их квадратов.

Видно, что видео 4 и 7 сильно выбиваются из общего ряда, причём ещё на этапе, когда встраивание не произведено, возможно выбранные участки недостаточно стационарны. Поэтому при подведении общего итога столбцы относящиеся к этим видео учитывать не будем и получим результат, приведенный в таблице (табл. 4).

Таким образом мы видим, что наиболее успешны методы 1 и 3, причём третий метод даёт лучшие результаты на первой части набора данных, собранный в различных источниках, а первый метод даёт лучшие результаты на результатах, полученных камерой НИЛ-55. Это может быть обусловлено как самой камерой, так и характером съёмки, так как все тестовые видео снимались в помещении, в отличии от найденных наборов данных, в которых преобладают уличные камеры.

Таблица 2

Значения метрик для кадров с выполненной имитацией встраивания

Номер метода построения JND-маски	Метрика	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	PSNR	38,33	43,11	42,24	41,60	42,94	41,98	41,86	43,29	43,29
	SNR	34,86	35,92	35,54	35,38	35,08	35,98	33,07	37,15	37,15
	MSE	9,55	3,18	3,88	4,49	3,30	4,12	4,24	3,05	3,05
2	PSNR	34,76	33,84	32,17	32,53	31,54	36,99	31,52	37,11	37,10
	SNR	31,29	26,66	25,47	26,31	23,67	30,99	22,73	30,97	30,96
	MSE	21,72	26,87	39,47	36,32	45,65	13,00	45,84	12,65	12,68
3	PSNR	40,16	43,61	40,19	39,68	38,59	43,63	42,82	49,56	49,47
	SNR	36,69	36,43	33,48	33,46	30,73	37,63	34,03	43,42	43,33
	MSE	6,27	2,83	6,23	7,00	9,00	2,82	3,40	0,72	0,73
4	PSNR	32,63	33,28	32,21	31,45	31,43	32,48	29,44	35,09	35,08
	SNR	29,15	26,10	25,50	25,23	23,57	26,48	20,64	28,94	28,94
	MSE	35,51	30,54	39,13	46,58	46,73	36,73	74,04	20,16	20,16

Таблица 3

Значения разностей метрик для исходного кадра и после выполненной имитации встраивания и сумма их квадратов

Номер метода JND-маски	Метрика	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Сумма квадратов
1	PSNR	1,85	2,96	-0,52	-17,86	-5,76	-2,05	-12,41	-4,48	-4,48	563,02
	SNR	1,85	2,96	-0,52	-17,86	-5,76	-2,05	-12,41	-4,48	-4,48	563,02
	MSE	-3,31	-1,57	0,49	269,91	9,15	2,48	69,66	5,50	5,50	77869,23
2	PSNR	5,42	12,23	9,55	-8,78	5,64	2,94	-2,07	1,70	1,71	397,95
	SNR	5,42	12,23	9,55	-8,78	5,64	2,94	-2,07	1,70	1,71	397,95
	MSE	-15,49	-25,26	-35,10	238,09	-33,19	-6,39	28,05	-4,11	-4,13	60760,41
3	PSNR	0,02	2,46	1,54	-15,94	-1,41	-3,70	-13,37	-10,75	-10,66	685,90
	SNR	0,02	2,46	1,54	-15,94	-1,41	-3,70	-13,37	-10,75	-10,66	685,90
	MSE	-0,03	-1,22	-1,86	267,41	3,46	3,79	70,50	7,83	7,81	76631,30
4	PSNR	7,56	12,78	9,52	-7,70	5,74	7,45	0,01	3,73	3,73	486,70
	SNR	7,56	12,78	9,52	-7,70	5,74	7,45	0,01	3,73	3,73	486,70
	MSE	-29,28	-28,93	-34,75	227,83	-34,28	-30,13	-0,15	-11,61	-11,62	57160,41

Таблица 4

Значения разностей метрик для исходного кадра и после выполненной имитации встраивания и сумма их квадратов, без значений для 4 и 7 видео

Номер метода JND-маски	Метрика	1	2	3	5	6	8	9	Сумма квадратов
1	PSNR	1,85	2,96	-0,52	-5,76	-2,05	-4,48	-4,48	90,01
	SNR	1,85	2,96	-0,52	-5,76	-2,05	-4,48	-4,48	90,01
	MSE	-3,31	-1,57	0,49	9,15	2,48	5,50	5,50	164,14
2	PSNR	5,42	12,23	9,55	5,64	2,94	1,70	1,71	316,51
	SNR	5,42	12,23	9,55	5,64	2,94	1,70	1,71	316,51
	MSE	-15,49	-25,26	-35,10	-33,19	-6,39	-4,11	-4,13	3286,22
3	PSNR	0,02	2,46	1,54	-1,41	-3,70	-10,75	-10,66	253,16
	SNR	0,02	2,46	1,54	-1,41	-3,70	-10,75	-10,66	253,16
	MSE	-0,03	-1,22	-1,86	3,46	3,79	7,83	7,81	153,58
4	PSNR	7,56	12,78	9,52	5,74	7,45	3,73	3,73	427,37
	SNR	7,56	12,78	9,52	5,74	7,45	3,73	3,73	427,37
	MSE	-29,28	-28,93	-34,75	-34,28	-30,13	-11,61	-11,62	5254,15

Заключение

В данной работе проделаны следующие этапы для исследования маскирования данных тепловой съёмки при встраивании цифровых водяных знаков, выполнена оценка шума камеры; путём построения оценки кадра – как среднее и последующего вычитания этой оценки из всех кадров стационарного участка видео; проанализированы характеристики шума; выбран один кадр видео для встраивания туда информации методом E_BLIND/D_LC, со значением α , привязанным к найденной дисперсии; сделано тоже самое со средним кадром; сравнены результаты встраивания при оценке качества изображения визуально; сравнена стойкость встроеного ЦВЗ; была разработана методика выделения шумовой составляющей тепловых видео; проанализированы характеристики шумовой составляющей; была разработана методика частичной фильтрации шума; рассмотрены методы построения JND-масок изображений; было произведено исследование характеристик кадра до удаления шума, после фильтрации, а также при имитации встраивания по JND-маске.

Описанные выше задания по обработке видеофайлов были выполнены для

различных данных и сравнены друг с другом. В том числе, с данными, полученными в результате проведения тестовой съёмки тепловой камерой в НИЛ-55 Самарского университета.

Выводом исследования может стать факт, что для теплового видео наиболее предпочтительными являются методы JND-маскирования, приведенные в данном исследовании под номером 1 и 3.

Литература

1. Wu J., Q. F., Shi G. Unified spatial masking for just-noticeable difference estimation // Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference. 2011. P. 447–450.
2. Wu J., Lin W., Shi G. Structural uncertainty based just noticeable difference estimation // 19th International Conference on Digital Signal Processing, Hong Kong. 2014. P. 768–771.
3. Wu J., Q. F., Shi G. Self-similarity based structural regularity for just noticeable difference estimation // Journal of Visual Communication and Image Representation. 2012. Vol. 23. P. 845–852.

MASKING THERMAL DATA WHEN EMBEDDING DIGITAL WATERMARKS

D. A. Kozlov

In this article, we compare various methods for constructing JND masks used when embedding digital watermarks. Just Noticeable Difference (JND) mask - a mask used when embedding information in images or frames of a video sequence in order to minimize the visibility of the embedding made for human vision, while preserving a given level of embedded information that ensures reliable extraction. In particular, the analysis of the appropriateness of their application for the case of thermal imaging data is carried out. In the course of the study, it was found that from the point of view of the conditions for introducing the least amount of additional noise onto the video sequence, JND masks based on the gradient method taking into account the structural features of the frame behave best.

Key words: JND, just noticeable difference, thermal imaging data, noise estimation, PSNR, mask, video.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 004.9

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОВМЕСТНОЙ РАЗРАБОТКИ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР

М. В. Селиверстова, А. Н. Даниленко

В настоящей работе представлена реализация системы совместной разработки компьютерных игр, которая позволяет увеличить эффективность труда команды за счет использования одной системы для организации труда специалистов всех направлений представленных в разработке игр. Произведен обзор предметной области, в частности организации процесса разработки, по результатам которого были составлены требования к системе. Рассмотрены архитектурные решения, которые были приняты в процессе разработки системы. Система была разработана как клиент-серверное приложение, в ней используется модель асинхронного выполнения *task asynchronous programming model*. Для обеспечения ограничений доступа была создана гибкая система, которая настраивается с помощью файлов конфигурации. Пользователи имеют широкие возможности по отслеживанию жизненного цикла задач, составлению документации и общению. Рассмотрены возможные пути улучшения системы в будущем.

Ключевые слова: отслеживание версий, документирование, отслеживание ошибок, заявка, ресурс, ошибка, web-приложение, асинхронное выполнение.

В современном мире наблюдается тенденция к переходу на удалённый тип взаимодействия. При этом одним из важнейших параметров эффективности команд является совместное знание, то есть знание, выработанное совместно для дальнейшего использования в конкретном эпизоде [1]. Для решения этой и многих других проблем совместной работы создано множество различных систем, таких как Atlassian Jira, Trello или GitLab, однако не всегда такие системы отвечают требованиям всех членов команды. Например, системы Jira и Trello обладают широкими возможностями для организаторов, но не имеют всех функций, необходимых разработчикам, при этом GitLab предоставляет как возможности для организации, так и для разработки, однако имеет ограниченные возможности по работе с файлами особых форматов и высокий порог вхождения.

Это приводит к одновременному использованию нескольких систем совместной работы, а значит к фрагментации команды и соответственно меньшему взаимодействию. меньшему совместному знанию, у

специалистов разных направлений. Web-приложение, описание которого представлено в данной работе, предоставляет возможность проводить работу по всем направлениям, которые как правило представлены в области разработки игр, в рамках одной системы. Такой подход позволяет увеличить взаимодействие всех членов команды и дает общую базу знаний по проекту.

Материалы и методы

Представленная система автоматизирует процесс организации разработки, который можно разбить на несколько этапов:

1. Планирование.
2. Разработка.
3. Контроль качества.
4. Сбор обратной связи.

При этом процесс может быть разделен на части и данные этапы могут повторяться неограниченное количество раз до получения конечного результата. Соответственно можно выделить следующие объекты предметной области: заявка, ресурс и ошибка, с которыми производится взаимодействие (рис. 1).

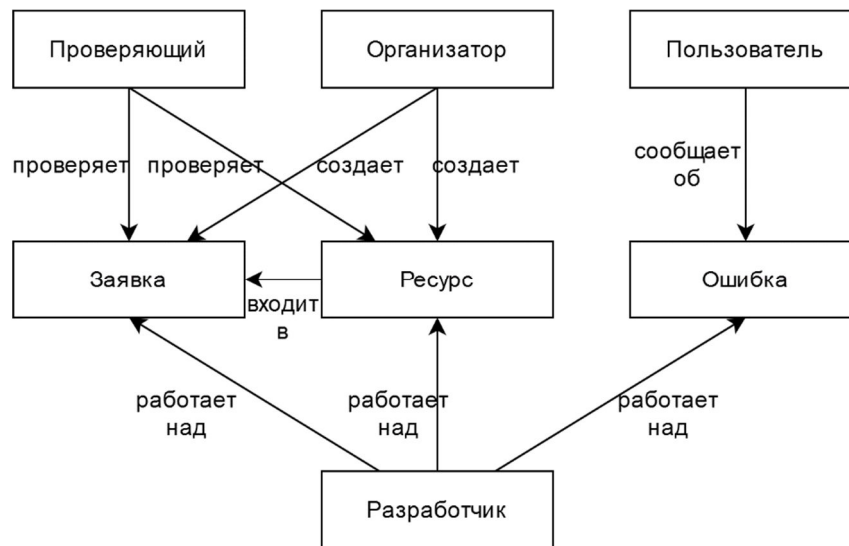


Рис. 1. Процесс разработки игры

При этом под заявкой понимается оформленная задача на разработку элементов, напрямую связанных с игровым процессом, а под ресурсом задача на разработку используемых в процессе работы над заявками ресурсов, таких как модели или звуковые эффекты.

Для организаторов важно предоставить возможность гибкого, но четкого определения ролей участников команды, постановки и отслеживания степени выполнения конкретных задач.

Разработчикам важна возможность четко видеть требования к задаче, найти все задачи, соотносящиеся с ней, иметь доступ к справочной информации, а также взаимодействовать с другими разработчиками. При этом следует понимать, что саму группу разработчиков можно разбить на дополнительные подгруппы в зависимости от их различных потребностей.

В данной системе такое разделение присутствует и производится на основании основного инструмента с которым работает разработчик. Разработчики, которые работают напрямую с игровыми модулями, предназначенными для использования игровым движком выделяются в отдельную категорию, так как у них присутствуют дополнительные потребности, связанные с необходимостью отслеживать иерархию модулей, которые могут зависеть друг от друга.

Специалистам контроля качества важна возможность легко видеть историю изменения файлов и любую дополнительную информацию о задаче, которую хотел оставить

разработчик. Необходима также возможность связи с разработчиком для определения необходимых поправок к задаче, которая выполнена с ошибками.

Сбор обратной связи заключается в сборе отчетов об ошибках или пожеланий от пользователей конечного продукта. Желательно отделять такие отчеты и пожелания от задач, которые прошли процесс планирования и готовы к работе.

Архитектура системы

При разработке системы было принято решение воспользоваться клиент-серверной архитектурой с тонким клиентом. Это связано с необходимостью в обеспечении возможности многопользовательского доступа и автоматической синхронизации результатов работы. Технология тонкого клиента выбрана, так как она налагает минимальные ограничения на техническое и программное обеспечение клиентской части, что важно, поскольку из-за различных потребностей разработчиков их рабочие места могут быть оборудованы различным образом.

При формировании ответа сервера можно выделить несколько точек, на которых процесс можно прервать, поэтому было целесообразным воспользоваться шаблоном проектирования «цепочка обязанностей». В частности, он используется для контроля доступа пользователя к конкретному ресурсу. Например, редактирование заявки может производиться только организатором или разработчиком и проверяющим, которые работают над ней. На разных этапах обработки запроса система обладает ограниченным набором

информации. В первую очередь происходит проверка правильности самого запроса, если он сформирован корректно, система производит аутентификацию пользователя. Контроллер при регистрации заявляет, что для доступа к нему необходимо наличие у пользователя роли организатора, разработчика или проверяющего, поэтому перед обращением к нему система проверяет наличие данных ролей у пользователя. Контроллер получает необходимые данные из базы данных и производит последнюю проверку, если пользователь не является организатором, был ли он назначен на исполнение выбранной заявки.

Если на любом из этих этапов необходимые условия не были выполнены, выполнения дальнейших этапов не происходит, и пользователь перенаправляется на страницу авторизации или ошибки, что позволяет экономить ресурсы системы.

Асинхронное выполнение

Поскольку для системы была выбрана клиент-серверная архитектура, при разработке системы важно было учесть возможность одновременного взаимодействия с системой множества пользователей. Очевидным решением является выполнение каждого запроса в отдельном потоке. Частое создание и закрытие потоков приводит к уменьшению производительности, поскольку является дорогой операцией, но производительность можно увеличить, используя шаблон проектирования «пул потоков» [2]. При таком подходе приложение хранит заранее подготовленный набор потоков (пул потоков), который при необходимости извлекаются из пула потоков для выполнения задачи, а по окончании выполнения возвращаются обратно и могут быть использованы снова.

Однако можно заметить ещё одну особенность системы, большая часть запросов к системе приводит к обращению к базе данных. Поскольку такое обращение требует ожидания, часть потоков будет простаивать и не может быть задействована для обработки запросов. Это может привести к исчерпанию пула потоков при большом количестве запросов, так как его размер ограничен доступными системе ресурсами. Язык C# предлагает модель `task asynchronous programming model`

(TAP), которая предоставляет расширенные возможности для написания асинхронных процедур, позволяя при этом сохранить логическую структуру программы [3]. В данной ситуации интересны ключевые слова `async` и `await`. По достижению точки отмеченной ключевым словом `await`, выполнение текущего метода приостанавливается и контроль передается вызывающему методу, при этом текущий поток не блокируется и может быть использован для других целей [4]. Это позволяет уменьшить вероятность исчерпания пула потоков, поэтому модель TAP была использована для всех моментов, где необходимо было ожидание окончания выполнения внешней по отношению к выполняемой процедуре задачи.

Система проверки доступа

Поскольку конкретные моменты процесса разработки могут меняться, должна быть обеспечена гибкость системы ролей пользователей. Если логика проверки доступа прописана во множестве мест в зависимости от того где она применяется, любое изменение в системе ролей с точки зрения процесса разработки приводит к необходимости поиска, изменения и тестирования программного кода во множестве не связанных мест. Для решения данной проблемы в рассматриваемой системе выделены объекты роли, которые хранятся в базе данных. Для определения уровня доступа объекты системы обращаются к менеджеру доступа, который использует хранимые данные о ролях, предоставленные данные о пользователе и данные об объекте, к которому производится доступ. Такой подход позволяет производить настройку прав доступа с помощью изменения конфигурации менеджера ролей без необходимости изменения кода программы.

Конфигурация правил доступа хранится как файлы формата JSON, где каждому допустимому действию может быть сопоставлен один файл. Структура данных в этих файлах такова: на внешнем уровне находится массив объектов правил, объект правила может хранить массив строк названий ролей пользователей, а также массив объектов сравнений, которые необходимо провести (рис. 2).

```
[
  {
    "roles": [
      "Admin",
      "Reviewer"
    ]
  },
  {
    "roles": [
      "Developer"
    ],
    "fields": [
      {
        "operator": "=",
        "value1": "<User>.Id",
        "value2": "<Object>.ClaimantId"
      },
      {
        "operator": "<",
        "value1": "<Object>.Progress",
        "value2": "<int>.100"
      }
    ]
  }
]
```

Рис. 2. Пример набора правил доступа

Если хоть одно правило было выполнено, доступ к объекту предоставляется. Правило считается выполненным если все условия, содержащиеся в нем, выполнены. Данный метод требует регистрации каждого нового типа взаимодействия или объекта в менеджере доступа, однако поскольку такие изменения в любом случае требуют внесения изменений в код программы, этот недостаток был сочтен несущественным.

Для оформления сравнений был разработан особый синтаксис, необходимо указать оператор, которым может быть одна из стандартных операций сравнения («=», «!=», «>», «<», «<=», «>=»), а также операции «IN» и «NOT IN», которые проверяют элемент на присутствие или отсутствие в массиве значений соответственно. Для указания полей с которыми необходимо провести операцию необходимо указать одно из зарезервированных значений «<User>» или «<Object>», которые представляют собой текущего пользователя или объект, к которому производится доступ, соответственно, а затем через точку указать название поля, к которому должно производиться обращение. Также можно указывать значения-константы, для этого в угловых скобках указывается название одного из типов языка C#, а затем через точку представление константы в строковом виде. Совпадение обозначения объекта, к которому

производится доступ, с обозначением встроенного типа «object» допустимо, поскольку использование встроенного типа «object» не имеет смысла в рамках поставленной задачи.

Отслеживание жизненного цикла

Одной из основных задач системы является отслеживание жизненного цикла задач, для этих целей в системе присутствуют три отображения: обозреватель заявок, обозревать ресурсов и обозреватель ошибок. Они предоставляют возможность просмотра списка всех задач в системе, при этом пользователи имеют возможность отфильтровать задачи по названию, разработчику, статусу или типу. Такой набор фильтров был выбран не случайно, фильтрация по названию позволяет найти конкретную задачу, что актуально для всех пользователей системы. Фильтрация по разработчику актуальна для организаторов, для оценки уровня занятости разработчика, или производительности его труда. Возможность фильтровать задачи по статусу позволяет оценить объем произведенных и необходимых работ, при этом дополнительная фильтрация по типу позволяет выделить конкретное направление для оценки.

Для того чтобы информация в обозревателях была всегда актуальна, важно убедиться, что правила перехода между состояниями адекватны для поставленных задач. Рассмотрим этот процесс на примере ресурса.

При создании, ресурс находится в стадии «Предложен» и находится в нем до подтверждения организаторами необходимости работы над ним и корректности информации. После такого подтверждения, ресурс переходит в стадию «Необходима работа», только в этот момент у разработчика появляется возможность запросить ресурс в работу. Если такой запрос прошел и был одобрен организатором, ресурс переходит в статус «В разработке» при этом по мере прогресса работы разработчик загружает файлы, созданные им, и обновляет прогресс. Когда разработчик подтверждает, что прогресс работы достиг 100%, он имеет возможность отправить работу на проверку. Такая работа переходит в статус «Необходима проверка» и проверяющие получают возможность взять такую работу на проверку. В процессе проверки, работа может быть принята или возвращена разработчику на доработку. Если работа принята, она переходит в стадию «Готова к использованию» на этом этапе изменения в работе недопустимы.

Такая система правил покрывает большинство возможных случаев, при этом любая дополнительная информация может быть оставлена в виде комментариев к задаче. Для более широких обсуждений или для обсуждений, не связанных с конкретной задачей, пользователи могут воспользоваться встроенным форумом или личными сообщениями.

Обмен знаниями

Поскольку совместное знание является ценным ресурсом для команды, важно предоставить возможность для его формирования и сохранения. Форум, который предоставляет система дает пользователям возможность обсуждения и совместного принятия решений. Также в системе присутствует блог для организаторов, в котором они могут освещать новости проекта или выделять наиболее выдающиеся идеи. Для обмена рекомендациями, инструкциями или правилами в системе присутствует встроенная справочная система, которая может пополняться организаторами.

Заключение

В работе были рассмотрены основные этапы процесса совместной разработки компьютерных игр, а также возможности повышения эффективности работы команд с помощью программных систем на примере конкретного web-приложения для совместной разработки. Исследованы архитектурные решения, которые были приняты в процессе разработки системы, их преимущества и недостатки. Было рассмотрено как система выполняет поставленную задачу облегчения организации разработки и увеличения совместного знания разработчиков.

Рассматриваемая система была апробирована на реальных задачах. Пользователи восприняли систему положительно, но поступили также предложения по улучшению системы, такие как возможность динамического задания правил перехода между состояниями по аналогии с правилами доступа и графический интерфейс для создания правил, а также отдельный обозреватель для концепт-дизайна с дополнительными мультимедийными возможностями. В настоящий момент производится работа в данных направлениях.

Литература

1. Salas E., Cooke N. J., Rosen M. A. On Teams, Teamwork, and Team Performance: Discoveries and Developments // Human Factors. 2008. Vol. 50(3). P. 540-547.
2. Holub A. Taming Java Threads. New York: Apress. 2000. 209 p.
3. The Task Asynchronous Programming Model (TAP) with async and await (C#) | Microsoft Docs [Электронный ресурс]. // URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/concepts/async/task-asynchronous-programming-model> (дата обращения: 28.04.2020)
4. Asynchronous programming in C# | Microsoft Docs [Электронный ресурс]. // URL: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/programming-guide/concepts/async/> (дата обращения: 05.05.2020).

WEB-APPLICATION FOR COLLABORATIVE VIDEO GAME DEVELOPMENT

M. V. Seliverstova, A. N. Danilenko

This work presents an implementation of a collaborative video game development system that allows users to improve team efficiency by using one system to manage the work process of professionals in all fields commonly found in game development. An overview of the domain knowledge was made, in particular the management of the development process, the results of which were used to gather the requirements for the system. Architectural choices that were made in the process of developing the system were examined. The system was developed as a client-server application; it uses the task asynchronous programming model. In order to provide access restriction, a flexible system that can be configured with configuration files was used. Users have many ways to track the lifecycle of the tasks, write documentation and communicate. Potential ways to improve the system in the future were also examined.

Key words: versioning, documentation, issue tracking, claim, resource, issue, web-application, asynchronous execution.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 004.42

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Д. О. Трошин, М. С. Русакова

В статье рассматривается разработка кроссплатформенного мобильного приложения организационного обеспечения проводимого в университете командного чемпионата Поволжья по программированию. В работе спроектирована база данных для хранения организационных сведений о чемпионате, спроектировано приложение с помощью унифицированного языка моделирования UML. Для приложения используется клиент-серверная архитектура. Основными инструментами реализации выбраны: платформа Flutter, облачная база данных Firestore, локальная база данных SQLite, среда разработки Visual Studio Code. Реализованное мобильное приложение позволяет как просматривать справочную информацию Чемпионата, так и выполнять организационные действия для него.

Ключевые слова: клиент-серверная архитектура, олимпиадное программирование, базы данных и системы управления базами данных, фреймворк, визуализация, паттерн проектирования.

Неотъемлемой частью современного информационно-технологического сообщества является организация и проведение различных конференций, фестивалей и чемпионатов. Данные мероприятия позволяют людям, имеющим отношение к информационным технологиям, расширять свой кругозор в профессиональной деятельности, получать бесценный опыт или перенимать его у коллег из других информационных инфраструктур, а также применять полученные знания в событиях соревновательного типа.

При участии в чемпионатах по программированию или различных конференциях всю информацию, как правило, можно найти на информационных ресурсах организаторов мероприятий. В качестве таких ресурсов чаще всего выступает web-сайт [1], который можно просмотреть и на мобильном устройстве, но из-за значительно меньших габаритов по сравнению с современным компьютером или ноутбуком необходимая информация часто бывает представлена в неудобном виде.

Чтобы дать участникам соревнований оперативный доступ к организационной информации IT-мероприятия и представить ее в

наиболее удобном виде можно создать мобильное приложение организационного обеспечения [2, 3].

Постановка задачи и формирование требований к приложению

Каждый год весной в Самарском Университете проходит открытый командный чемпионат Поволжья по спортивному программированию [1]. Соревнования по спортивному программированию позволяют студентам продемонстрировать умения в разработке и тестировании программ, навыки командной работы, знания алгоритмов и структур данных. Чемпионат проводится в один тур в формате проведения международной студенческой олимпиады по программированию в корпусе Самарского Университета.

Мероприятие проходит в течение четырех дней. Первый день – заезд иногородних участников; день второй – открытие чемпионата, встреча с членами оргкомитета, жюри и технического комитета, пробный тур и разбор задач. Третий день – основной тур в компьютерных классах университета, разбор задач. Четвертый день – день отъезда для

© Трошин Д. О., Русакова М. С., 2020.

Трошин Дмитрий Олегович (deman.troshin@mail.ru),

студент кафедры информатики и вычислительной математики

Русакова Маргарита Сергеевна (ruta@ssau.ru),

доцент кафедры информатики и вычислительной математики

Самарского университета,

443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

иногородних участников [1]. К участию в чемпионате приглашаются команды, состоящие из трех студентов или аспирантов одного вуза.

Основываясь на информации со страницы чемпионата, можно сделать вывод, что мобильное приложение должно:

- позволять просматривать личный профиль каждого из участников и общий список команд;
- получать актуальную информацию о времени и месте проведения каждого из этапов соревнований
- обеспечивать своевременную доставку новой информации;
- обеспечивать информационную помощь в расселении участников и координации команд посредством карт и схем;
- предоставить возможность пройти итоговый опрос и ознакомиться с результатами соревнований и проводимых конкурсов.

Для волонтеров приложение должно также стать средством координирования действий согласно их роли и связи с организаторами, а для организаторов — помощником в проведении и организации чемпионата.

На основе анализа предметной области были выдвинуты следующие нефункциональные требования:

- надежность, устойчивость и безопасность;
- дружественный интерфейс;
- операционная система Android 6.0 и выше/iOS 10.0 и выше;
- разграничение прав доступа;
- наличие на мобильном устройстве интернет-соединения 2g и выше.

Архитектурное проектирование

Первым этапом проектирования мобильного приложения является выбор паттерна проектирования – повторяемой архитектурной конструкции, представляющей собой решение проблемы проектирования в рамках некоторого часто возникающего контекста [4]. В рамках данной работы был выбран паттерн MVC (Model-View-Controller, Модель-Представление-Контроллер), где

- Модель (model) – часть, которая содержит в себе функциональную бизнес-логику приложения, предоставляет данные и реагирует на команды контроллера, изменяя своё состояние;

- Представление (view) – отображает данные, полученные, в свою очередь, от модели. Не может влиять непосредственно на модель, а только обладает чтением данных;

- Контроллер (controller) – обработчик событий, инициируемых пользователем. Другими словами, контроллер перехватывает события извне и, реагируя на событие, изменяет модель [5].

В данном случае моделью является база данных для хранения организационной информации чемпионата, отображение – это интерфейс приложения, визуализированный при помощи контроллера, который в свою очередь обрабатывает полученные данные из базы.

В качестве архитектуры была выбрана трехуровневая архитектура клиент-сервер (тонкий клиент). В данной архитектуре алгоритмы, вычислительная и сетевая нагрузки распределены между серверами и клиентами.

Проектирование базы данных

Из семантического описания процесса проведения соревнований можно выделить следующие основные сущности. «Пользователь» – центральная сущность, содержит информацию о всех пользователях, которые принимают участие в мероприятии. «Команда» – сущность характеризует команды, которые принимают участие в чемпионате. «Аудитория» – сущность содержит в себе сведения об аудиториях, в которых на момент проведения чемпионата находятся команды. «Результаты чемпионата» – сущность, в которой содержится информация о местах и количестве решенных задач командами. «Чемпионат» – сущность, характеризующая проводимые ежегодно чемпионаты. «Спонсор» – содержит сведения о спонсорах мероприятия. «Конкурс» – сущность, содержащая информацию о проводимых конкурсах вне основного тура. «Новость» – сущность, отражающая актуальные новости до, во время и после проведения чемпионата. «Фото» – сущность, отражающая фотографии, сделанные во время проведения мероприятия.

Но семантических данных недостаточно для построения базы данных, необходима модель, которая строится на основе конкретной информационной структуры. Реляционная модель представляет собой прототип

будущей базы данных, является удобным представлением данной предметной области и строится на основе конкретной информационной структуры [6].

Исходя из особенностей и правил построения реляционных баз данных, а также с применением метода нормализации, была построена реляционная модель (рис. 1).

Проектирование приложения

Одним из требований к системе было разделение прав доступа. Для системы выделены роли «Неавторизованный пользователь», «Авторизованный пользователь», который является обобщением ролей «Волонтер», «Организатор», «Участник». Сами варианты использования являются спецификацией функций, предоставляемых актерам (рис. 2) [7].

На диаграмме вариантов использования видно, что такие действия, как просмотр расписания, списка команд, конкурсов, новостей, фотографий, информации о спонсорах и результатов соревнований, доступны как авторизованному, так и неавторизованному пользователю. В то же время доступ к различным организационным возможностям (просмотр памятки волонтеров, добавление новых участников и конкурсов, редактирование расписания, прохождение опроса) доступны только конкретным ролям авторизованного пользователя.

Для анализа взаимодействия объектов с системой необходимо построить диаграмму коопераций, которая определяет структуру поведения системы в терминах взаимодействия участников этой кооперации (рис. 3).

Для демонстрации общей структуры иерархии классов, их коопераций, полей, методов, интерфейсов и взаимосвязей между ними необходимо создать диаграмму классов [8]. Диаграмма классов представляет собой диаграмму языка моделирования UML, используемую для документирования, визуализации, а также для конструирования системы посредством проектирования (рис. 5).

Выбор средств реализации и примеры форм приложения

В качестве основного инструмента реализации выбрана платформа «Flutter» от компании Google и объектно-ориентированный язык «Dart». Одним из главных преимуществ языка Dart является «горячая перезагрузка», когда изменение исходного кода сразу отражается в работающем приложении без необходимости его перезапуска. Также «Flutter» был выбран благодаря тому, что он позволяет создавать кроссплатформенные приложения.

Средой разработки была выбрана Visual Studio Code. В качестве облачной СУБД использовалась NoSQL база данных «Firestore» от «Firebase», позволяющая синхронизировать данные между клиентскими приложениями через слушателей в реальном времени. В качестве локальной СУБД была выбрана встраиваемая кроссплатформенная SQLite. Наконец, в качестве сервера хранения файловых данных был выбран сервис «Storage» от «Firebase».

Из особенностей реализации стоит выделить осуществление автоматической рассылки уведомлений на мобильные устройства пользователей, что гарантирует своевременное получение важной и актуальной информации. Новая информация оперативно поступает в раздел «Новости», для этого был создан триггер на таблицу «News» в облачной базе данных, реагирующий на добавление данных. При добавлении новой информации, триггер обрабатывает поступившие данные и рассылает уведомления на экран мобильных устройств пользователей. Для реализации данной функции использовался сервис «Cloud Messaging» от «Firebase». Триггер написан на языке JavaScript с использованием платформы NodeJS, позволяющая преобразовать JavaScript из узкоспециализированного языка в язык общего назначения.

Примеры форм приложения представлены на рисунке 6.

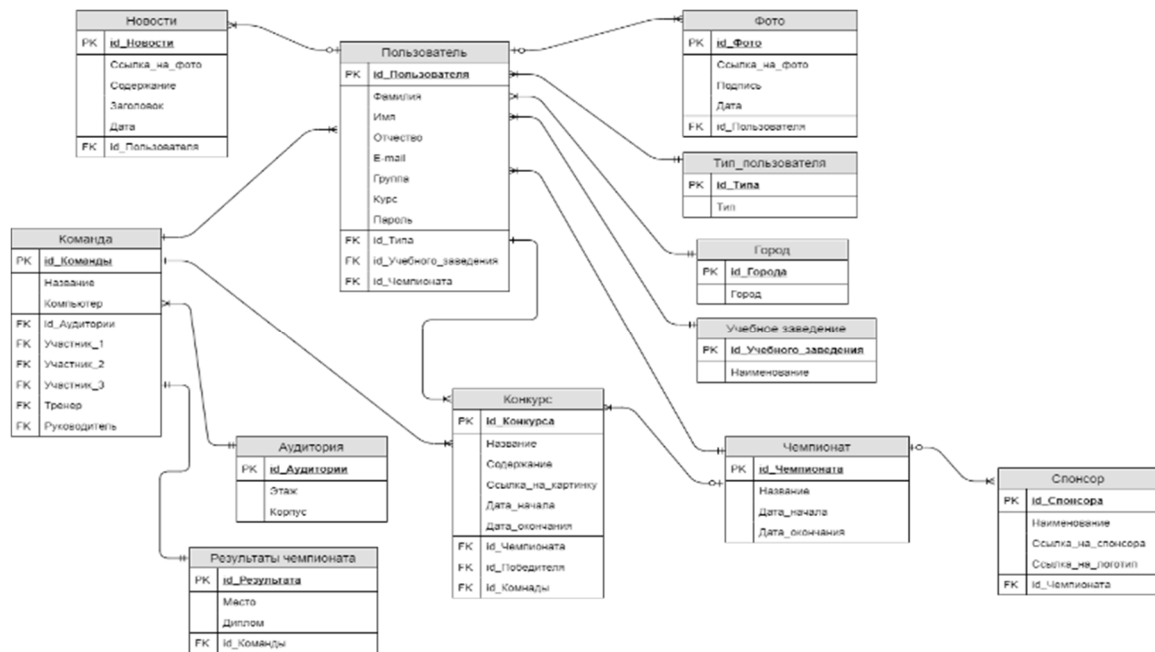


Рис. 1. Реляционная модель базы данных

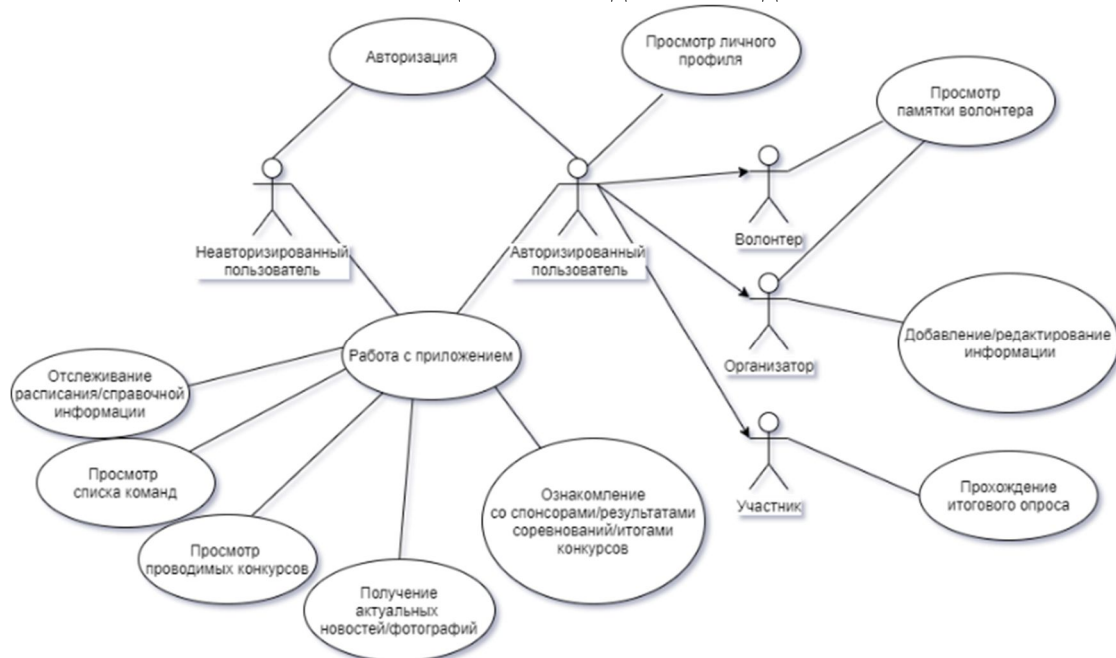


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования

Литература

1. X (XXI) открытый командный студенческий чемпионат Поволжья по спортивному программированию. URL: http://contest.uni-smr.ac.ru/ru/championship_2020/ (дата обращения: 12.03.2020).
2. International Collegiate Programming Contest. URL: <https://icpc.baylor.edu/> (дата обращения: 06.02.2020).
3. Фестиваль деятелей интернета. URL: <https://2019.404fest.ru/> (дата обращения: 20.02.2020).
4. Паттерн. URL: <https://shwanoff.ru/tag/pattern/> (дата обращения: 14.04.2020).
5. Паттерны для новичков: MVC vs

MVP vs MVVM. URL: <https://habr.com/ru/post/215605/> (дата обращения: 14.04.2020).

6. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. М.: Вильямс, 2005. 1328 с.

7. Диаграмма вариантов использования как концептуальное представление бизнес-системы в процессе ее разработки. URL: <https://devtype.blogspot.com/2015/06/Diagramma-variantov-ispolzovaniya-kak-kontseptualnoe-predstavlenie-biznes-sistemy-v-protssesse-ee-razrabotki.html> (дата обращения: 15.04.2020).

8. UML-диаграммы классов. URL: <https://prog-cpp.ru/uml-classes/> (дата обращения: 16.04.2020).



Рис. 3. Диаграмма коопераций

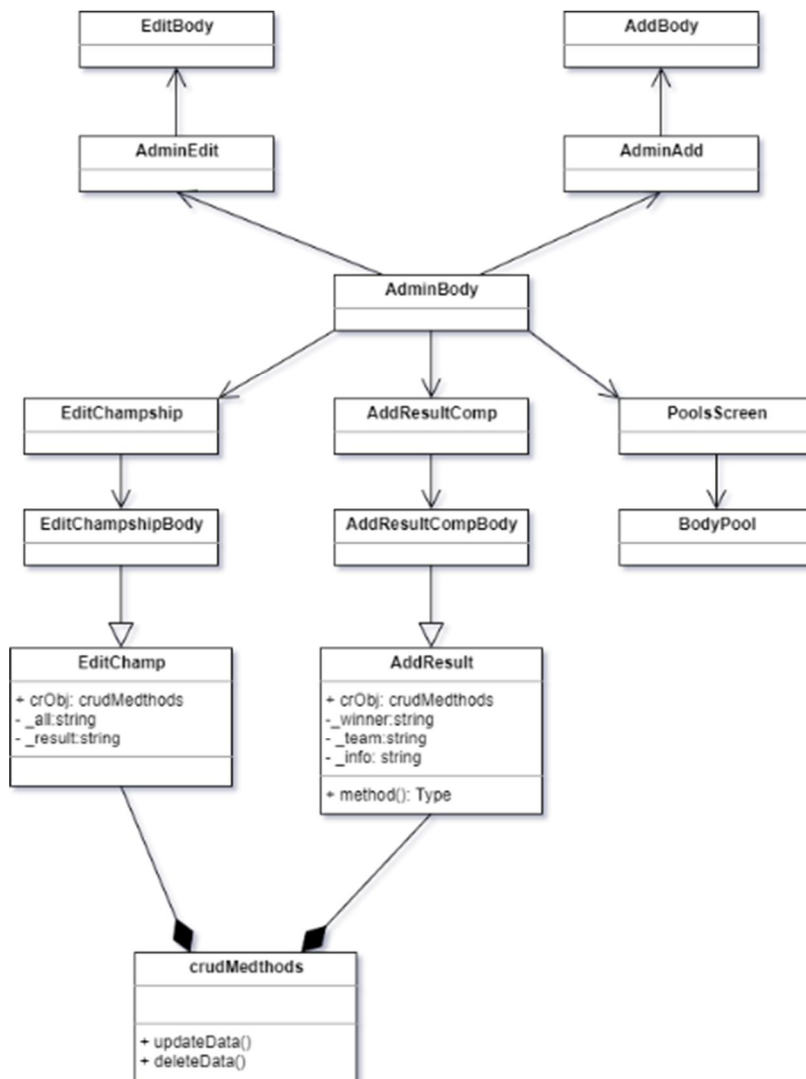


Рис. 4. Диаграмма классов раздела «Панель администрирования»

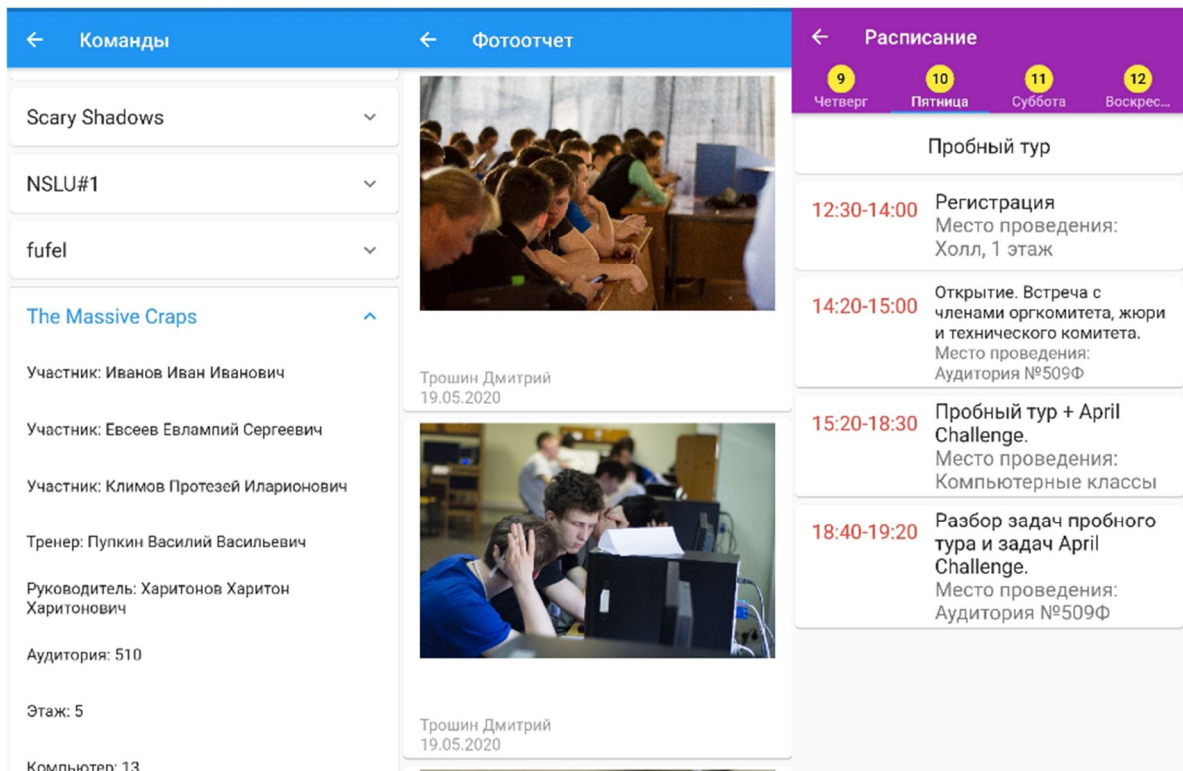


Рис. 5. Примеры форм приложения

MOBILE APPLICATION DEVELOPMENT TO SUPPORT PROGRAMMING CONTEST

D. O. Troshin, M. S. Rusakova

The article considers crossplatform mobile application development to support the Volga region Programming Team Contest, which is taken place at the University. Database was developed for storing of the organizational information about the contest. The application was designed with the help of the unified modeling language UML, the design pattern and client-server architecture were selected for the considering mobile application. The main implementation tools were: Flutter platform, Firestore cloud database, local SQLite database, Visual Studio Code development environment. Implemented application allows one both to see contest reference information and to act as an organizer.

Key words: client-server architecture, olympiad programming, databases and database management systems, framework, visualization, design pattern.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Troshin D. O., Rusakova M. S., 2020.

Troshin Dmitriy Olegovich (deman.troshin@mail.ru), student

Rusakova Margarita Sergeevna (ruma@ssau.ru),

assistant professor of the department of Informatics and Computing Mathematics of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 003(075)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ЗАПРОСОВ В РЕЛЯЦИОННЫХ И ДОКУМЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ БАЗАХ ДАННЫХ НА ПРИМЕРЕ СУБД SQL SERVER И MONGODB

В. В. Филатов, Е. И. Чигарина

Все современные автоматизированные системы используют для хранения данных либо хранилища, либо базы данных. Существует множество видов систем управления базами данных, поддерживающих реляционные, объектные, документно-ориентированные и другие модели данных. Задача данной работы – определение особенностей проектирования, а также достоинств и недостатков хранения, манипулирования данными в реляционных и документно-ориентированных базах данных, используя при этом системы управления базами данных MS SQL Server и MongoDB.

Ключевые слова: проектирование баз данных, концептуальная модель баз данных, логическая модель баз данных, реляционная модель баз данных, документно-ориентированная модель баз данных.

1. Анализ особенностей проектирования систем баз данных SQL и NoSQL

При проектировании баз данных выделяют такие основные этапы как концептуальное, логическое и физическое проектирование. На концептуальном уровне вне зависимости от структуры данных делается описание модели хранения в терминах модели «сущность-связь». Для перехода к логической модели для реляционных баз данных используются правила Джексона, а для перехода к документно-ориентированной модели таких правил нет.

С учетом особенностей структуры данных, реализуемой в MongoDB, в таблице 1 приведено сравнение правил перехода от концептуальной модели к логической модели реляционной базы данных и документно-ориентированной базы данных с учетом всех существующих видов связей, особенностей

классов принадлежностей сущностей и мощностей связей (табл. 1).

Базовыми понятиями в MongoDB являются коллекции и документы [2]. Коллекция является эквивалентом таблицы в реляционных системах управления базами данных. Коллекция существует в одной базе данных [2].

Документ – запись в коллекции и базовая единица данных в MongoDB [2]. Документы в коллекции могут иметь разные поля. Как правило, все документы в коллекции имеют аналогичное или связанное назначение. Документы аналогичны объектам JSON, но существуют в базе данных в формате с большим количеством типов, известным как BSON [2].

С учетом анализа особенностей структуры данных в рассматриваемой документно-ориентированной СУБД сформулированы следующие правила.

Таблица 1

Правила перехода от концептуальной модели к логической

Концептуальное проектирование S - сущность	Реляционное проектирование (методология IDEF1X) R - отношение	Документно-ориентированное проектирование C - коллекция

Правила перехода от концептуальной модели к документно-ориентированной модели базы данных:

1. Если степень связи 1:1 и класс принадлежности обоих сущностей является обязательным, то в документно-ориентированной модели создается один документ, одним из полей которого является вложенный документ, содержащий данные о второй сущности.

2. Если степень связи 1:1 и класс принадлежности одной сущности является обязательным, а другой – необязательным, то в документно-ориентированной модели создается один документ, одним из полей которого может быть вложенный документ, содержащий данные о второй сущности.

3. Если степень связи 1:1 и класс принадлежности ни одной сущности не является обязательным, то в документно-ориентированной модели создается два документа, при этом в каждом из них может содержаться поле, хранящее ссылку(идентификатор) на другой документ.

4. Если степень связи 1:n и класс принадлежности n-связной сущности является обязательным, то в документно-ориентированной модели возможны 2 варианта:

- один документ, одним из полей которого является вложенный документ, содержащий данные о второй сущности

- два документа, при этом второй документ содержит поле, хранящее ссылку(идентификатор) на первый документ.

5. Если степень связи 1:n, класс принадлежности n-связной сущности является необязательным и нет дополнительных полей, то в документно-ориентированной модели возможны 2 варианта:

- один документ, одним из полей которого может быть вложенный документ, содержащий данные о второй сущности

- два документа, при этом второй документ может содержать поле, хранящее ссылку(идентификатор) на первый документ.

Если степень связи 1:n, класс принадлежности n-связной сущности является необязательным и есть дополнительные поля, то создается два документа, при этом второй

документ содержит массив объектов следующего типа:

```
arr1:{{
    K1id: Objectld,
    data: String
}, ...
```

], где KNid – ссылка на другой документ

data – дополнительное поле

6. Если степень связи m:n и нет дополнительных полей, создается 2 документа, каждый из которых содержит массив ссылок на другой документ. Если степень связи m:n и есть дополнительные поля, создается 2 документа, каждый из которых содержит массив объектов следующего типа:

```
arrN:{{
    KNid: Objectld,
    data: String
}, ...
```

], где KNid – ссылка на другой документ

data – дополнительное поле

2. Сравнительный анализ применения правил перехода от концептуальной модели к логической для реляционных и документно-ориентированных баз данных на примере описания предметной области «Студент вуза»

Описанные правила использованы на примере концептуальной модели базы данных “Студент вуза”. Модель сущность-связь базы данных “Студент вуза” приведена ниже (рис. 1).

Согласно правилам Джексона, осуществлен переход к логической модели реляционной базы данных по методологии IDEF1X (рис. 2).

Согласно разработанным правилам перехода от концептуальной модели к логической, осуществлен переход к документно-ориентированной модели (рис. 3).

Видно, что по количеству объектов более предпочтительна документно-ориентированная модель (4 коллекции против 7 таблиц).

3. Разработка алгоритмов и программная реализация решения задачи сравнительного анализа выполнения

запросов в системах баз данных SQL и NoSQL на примере СУБД MS SQL Server и MongoDB

Для реализации спроектированных моделей реляционной и объектно-ориентированной базы даны были выбраны СУБД MS SQL Server и MongoDB. MS SQL Server – это мощная и надежная система управления данными, обеспечивающая

множество функций, защиту данных и высокую производительность для внедренных приложений-клиентов, «легких» веб-приложений и локальных хранилищ данных. SQL Server предназначен для развертывания и создания прототипов; его можно получить бесплатно и свободно распространять вместе с приложениями.

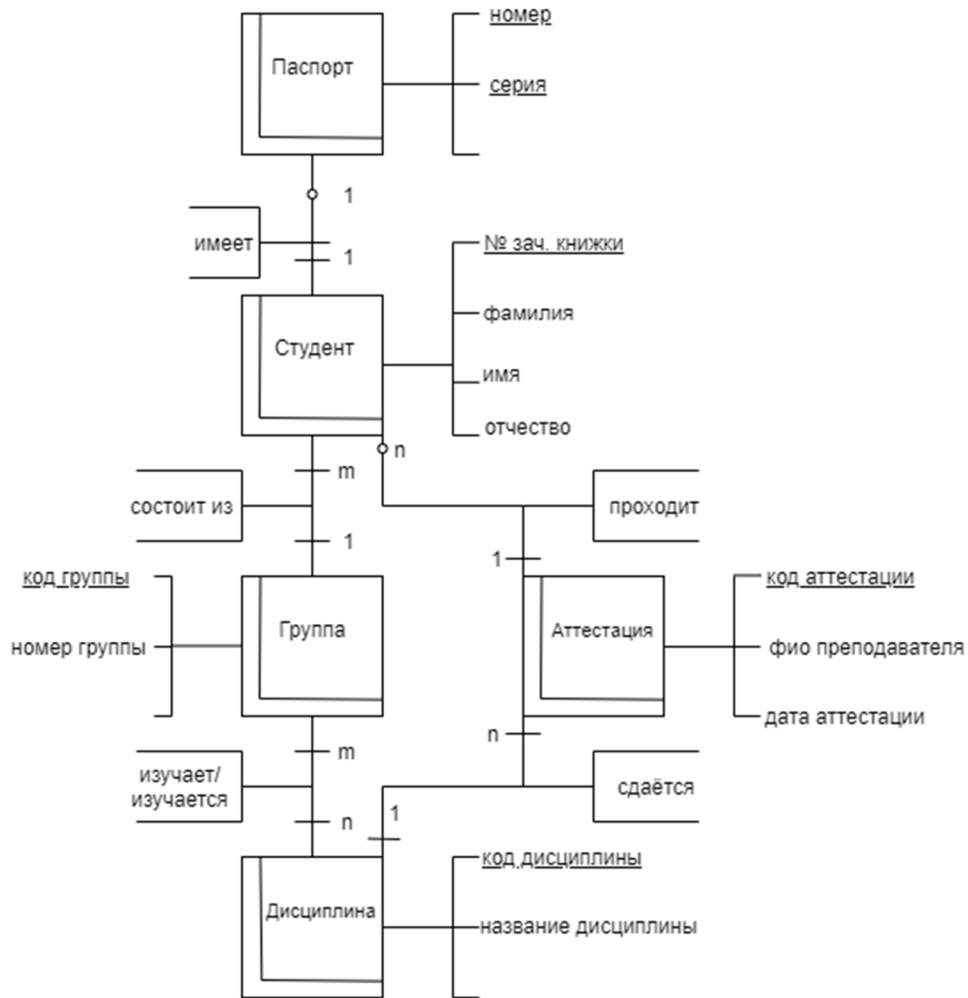


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных «Студент вуза»

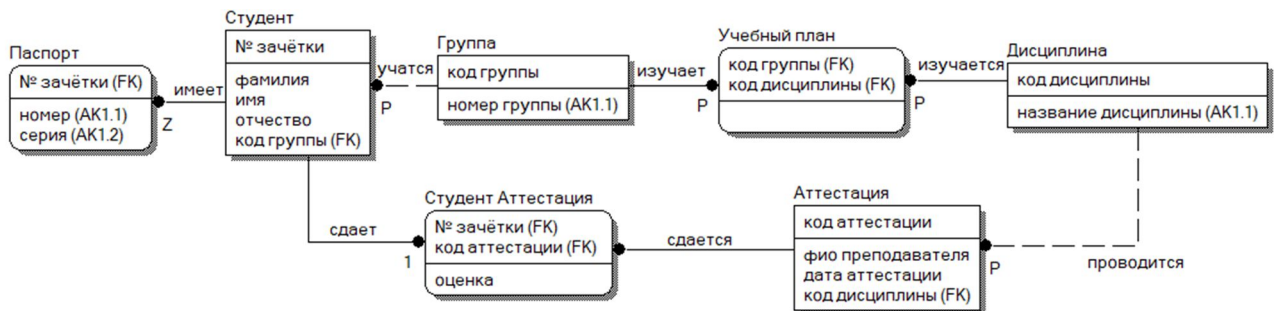


Рис. 2. Логическая модель базы данных «Студент вуза» по методологии IDEF1X

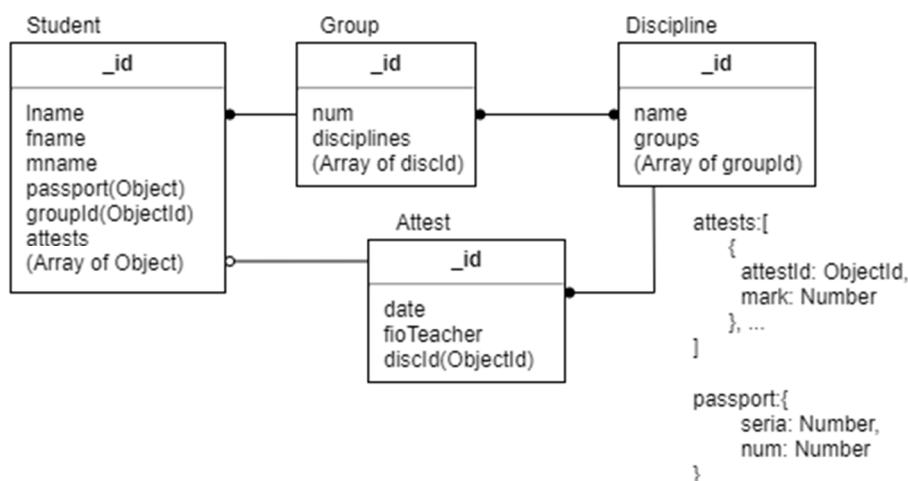


Рис. 3. Документно-ориентированная модель базы данных “Студент вуза”

MongoDB (от англ. humongous – огромный) – документно-ориентированная СУБД с открытым исходным кодом, не требующая описания схемы таблиц. Классифицирована как NoSQL, использует JSON-подобные документы и схему базы данных. Написана на языке C++. MongoDB реализует новый подход к построению баз данных, где нет таблиц, схем, запросов SQL, внешних ключей и многих других вещей, которые присущи реляционным базам данных.

Для подсчета времени выполнения запросов в MS SQL Server в работе использована утилита SQL Server Profiler – это интерфейс для создания трассировок и управления ими, а также для анализа и воспроизведения полученных результатов[3].

Для подсчета времени выполнения запросов в MongoDB – системная коллекция system.profile. Профилировщик базы данных собирает подробную информацию о командах базы данных, выполняемых для работающего экземпляра mongod. Профилировщик записывает все данные, которые он собирает, в коллекцию system.profile, ограниченную коллекцию в базе данных администратора[2].

Для заполнения реляционной и объектно-ориентированной базы данных тестовыми записями были написаны соответственно хранимые процедуры в SQL Server и программный код на языке JavaScript с использованием NodeJS.

Для проведения сравнительного анали-

за были написаны следующие группы запросов: запрос на выборку данных из одной таблицы, запрос на выборку данных из двух таблиц, запрос на выборку данных из двух таблиц с условием, запрос на выборку данных из двух таблиц с условием и сортировкой, запрос на выборку данных с группировкой и агрегированием данных, запрос на выборку данных с соединением всех таблиц базы данных, запрос на добавление данных, запрос на обновление данных, запрос на удаление данных.

Результаты измерения времени выполнения перечисленных запросов в разных системах для разного объема данных приведены в таблицах 2 и 3.

На рисунках 4, 5 и 6 представлены графики зависимости среднего времени выполнения запросов на выборку и удаление от количества записей в базе данных.

Таким образом можно сделать вывод, что большинство запросов выполняются быстрее в MongoDB, за исключением запросов, связанных с группировкой данных.

Заключение

По количеству объектов более предпочтительна документно-ориентированная модель (4 коллекции против 7 таблиц). По объему памяти, занимаемому данными для рассматриваемого примера при одинаковом количестве записей в SQL и NoSQL базах данных, выигрывает также документно-ориентированный подход.

Таблица 2

Запросы на выборку данных

100000 записей	MS SQL Server	MongoDB
1.1. выборка из одной таблицы	1957ms	310ms
1.2. выборка из двух таблиц	2251ms	417ms
1.3. выборка из двух таблиц с условием	475ms	181ms
1.4. выборка из двух таблиц с условием и сортировкой	555ms	272ms
1.5. выборка с группировкой	1270ms	17922ms
1.6. выборка с соединением всех таблиц	4980ms	53010ms
1000 записей	SQL Server	MongoDB
1.1. выборка из одной таблицы	121ms	4ms
1.2. выборка из двух таблиц	165.2ms	7ms
1.3. выборка из двух таблиц с условием	3.4ms	3ms
1.4. выборка из двух таблиц с условием и сортировкой	10ms	3ms
1.5. выборка с группировкой	15.6ms	327ms
1.6. выборка с соединением всех таблиц	622ms	551ms
10 записей	SQL Server	MongoDB
1.1. выборка из одной таблицы	1.8ms	0ms
1.2. выборка из двух таблиц	1.16ms	0ms
1.3. выборка из двух таблиц с условием	3.4ms	1ms
1.4. выборка из двух таблиц с условием и сортировкой	2.4ms	1ms
1.5. выборка с группировкой	1.7ms	4ms
1.6. выборка с соединением всех таблиц	343ms	29ms

Таблица 3

Запросы на изменение данных

100000 записей	SQL Server	MongoDB
2.1. вставка записи	3.2ms	0ms
2.2. обновление записи	1.2ms	0ms
2.3. удаление записи	112ms	64ms
2.4. вставка записи	7.8ms	55ms
2.5. обновление записи	9.8ms	0ms
2.6. удаление записи	1.8ms	0ms

Продолжение табл. 3

1000 записей	SQL Server	MongoDB
2.1. вставка записи	1.2ms	0ms
2.2. обновление записи	1.1ms	0ms
2.3. удаление записи	20.4ms	0ms
2.4. вставка записи	8.6ms	0ms
2.5. обновление записи	2ms	0ms
2.6. удаление записи	1.7ms	0ms
10 записей	SQL Server	MongoDB
2.1. вставка записи	2.6ms	0ms
2.2. обновление записи	1ms	0ms
2.3. удаление записи	11.8ms	0ms
2.4. вставка записи	2.6ms	0ms
2.5. обновление записи	1.8ms	0ms
2.6. удаление записи	1.5ms	0ms

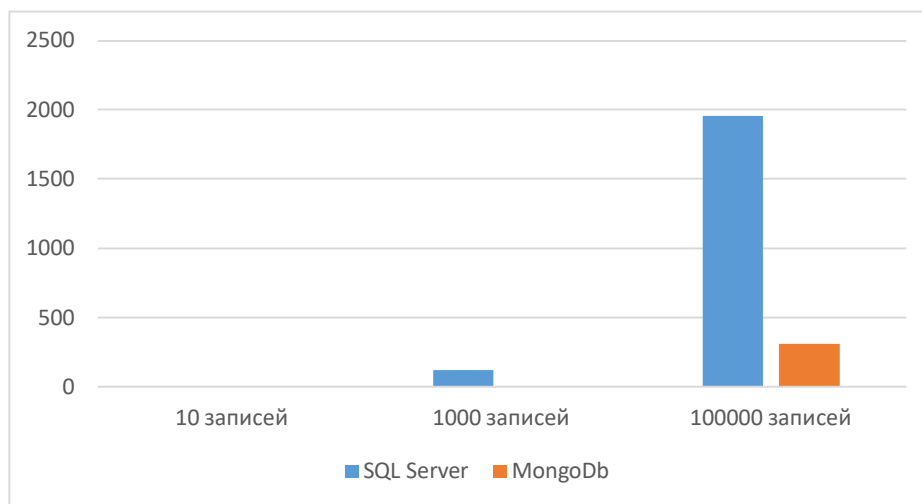


Рис. 4. График зависимости среднего времени выполнения запроса на выборку из одной таблицы от количества записей

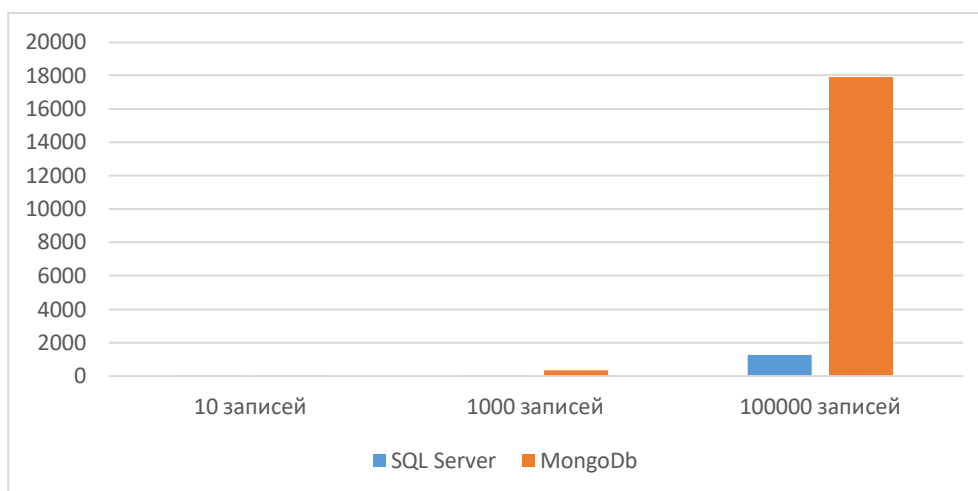


Рис. 5. График зависимости среднего времени выполнения запроса на выборку с группировкой от количества записей

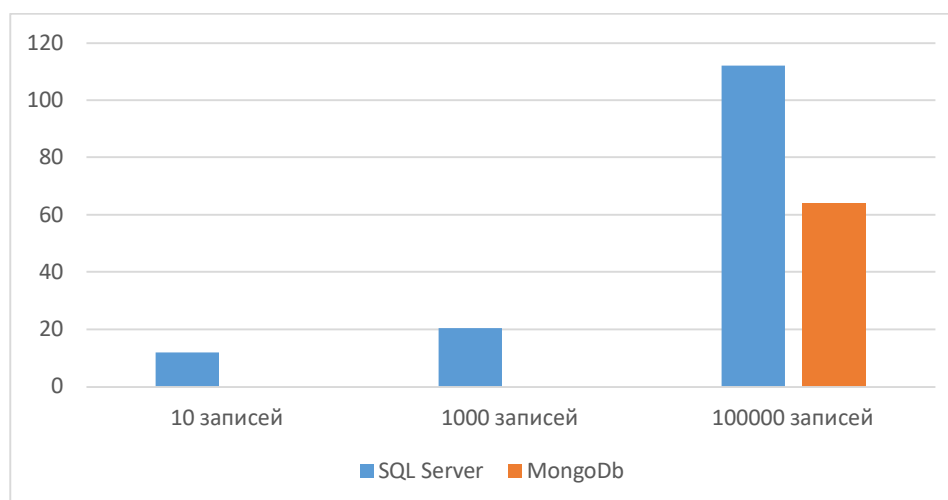


Рис. 6. График зависимости среднего времени выполнения запроса на удаление от количества записей

Литература

1. Правила порождения реляционных отношений из модели «сущность-связь». URL: http://www.mstu.edu.ru/study/materials/zelenkov/ch_5_5.html (дата обращения: 04.02.2020).

2. Документация по MongoDB. URL:

<https://docs.mongodb.com/manual/reference/glossary/> (дата обращения: 10.02.2020).

3. Приложение SQL Server Profiler. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/sql/tools/sql-server-profiler/sql-server-profiler?view=sql-server-ver15> (дата обращения: 11.02.2020).

A COMPARATIVE ANALYSIS OF THE FEATURES OF DESIGNING AND REALIZATION OF REQUESTS IN RELATIONAL AND DOCUMENT-ORIENTED DATABASE USING DBMS SQL SERVER AND MONGODB AS AN EXAMPLE

V. V. Filatov, E. I. Chigarina

All modern automated systems use storages or database for data storage. There are many types of database management system, that assist relational, object, document-oriented and other data models. The goal of this work is determining of advantages and disadvantages, manipulation of data in relational and document-oriented database using the database management system MS SQL Server and MongoDB. The first stage of this task is comparing of rules of moving from conceptual model to logical database model. When designing any databases the first step is a conceptual designing. The most popular model of this stage is an entity-relationship model. For moving from conceptual model to logical model of relational database is used the rule of Jackson. The rules of moving to document-oriented database weren't described before.

Key words: database designing, conceptual model of database, logical model of database, relational model of database, document-oriented model of database.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Filatov V. V., Chigarina E. I., 2020.

Filatov Vladislav Vyacheslavovich (phil182@mail.ru), undergraduate student of the Faculty of Informatics;

Chigarina Elena Ivanovna (chigarinaei@gmail.com),

associate professor of the Department of Information Systems and Technologies of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ИСТОРИЯ

УДК 929

ВОСПОМИНАНИЯ ГУБЕРНАТОРА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

К. А. ТИТОВА КАК ИСТОРИЧЕСКИЙ ИСТОЧНИК

С. Н. Абрашкин

В статье исследуются воспоминания первого губернатора Самарской области в новейшей истории России Константина Алексеевича Титова. Анализируется источниковый потенциал мемуаров К.А. Титова для изучения его деятельности как регионального и федерального политика. Титов зафиксировал важнейшие события своей политической карьеры, представил личностные характеристики государственных деятелей периода 1990-х и начала 2000-х гг. В мемуарах большое внимание уделяется взаимоотношениям губернатора с центральной властью. В результате исследования сделан вывод, что воспоминания К.А. Титова являются важным источником по российской истории данного периода, но не в полной мере отражают аспекты деятельности К.А.Титова как регионального и федерального политика.

Ключевые слова: биография, мемуары, региональная политика.

Константин Алексеевич Титов для Самарской области-фигура знаковая. Председатель Куйбышевского городского Совета народных депутатов (1990—1991), а затем Глава областной администрации и Губернатор Самарской области (1991—2007), Титов возглавлял регион в течении 16 лет, отмеченных переходом Российского государства «на рельсы» рыночного развития и трансформации политической системы. Константин Алексеевич был активным участником не только региональной, но и федеральной политики: был кандидатом в Президенты России в 2000 году и сенатором Совета Федерации ФС РФ от Самарской области (1993—2001, 2007—2014). Поэтому воспоминания К.А.Титова являются важным источником по российской истории данного периода.

Центральными по своему потенциалу источниками личного происхождения являются заметки, которые были написаны и изданы К.А.Титовым еще в бытность губернатором Самарской области и посвященные воспоминаниям автора о юности, участии в «ГМК-62» и дискуссионном клубе «Колокол» [5]. К 75-летию К.А.Титова в сентябре 2019

года вышел выпуск журнала «Самарские судьбы», посвященный личности Константина Алексеевича. В «Записи бесед о жизни» тезисно прослеживаются основные фрагменты биографии первого губернатора Самарской области в новейшей истории России: от рождения и юношеских лет до современности[3]. Основное внимание мы уделим рассмотрению воспоминаний Константина Алексеевича о его деятельности как регионального и федерального политика.

Политическая карьера К.А.Титова началась в 1990 году с избрания в Куйбышевский городской совет народных депутатов. Воспоминания Константина Алексеевича о том времени в многом пересекаются с мемуарами В.А.Добрусина, который тогда также был депутатом Куйбышевского городского совета, благодаря чему становился участником многих политических событий того времени [2].

Довольно подробно освящены события августа 1991 года в Самаре и позиция Титова в тот период. Константин Алексеевич называет себя изначально сторонником демократических сил, и что в многом ему препятствовали открыто завить о своей позиции перед

© Абрашкин С. Н., 2020.

Абрашкин Сергей Николаевич (abrashckin.ser@yandex.ru), аспирант кафедры российской истории Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

жителями города. После переворота К.А.Титов посетил Комитет по местному самоуправлению Верховного Совета РСФСР, где рассказал, какие решения принимались им лично и президентом горсовета. Объяснение признали удовлетворительным. Однако депутаты Верховного совета от Самарской области К.А.Титова не поддержали, и решение о назначении на пост Главы Администрации Самарской области должен был принять лично президент РСФСР. Руководитель секретариата в администрации президента России В.В.Илюшин считал, что Титова нельзя было назначать-на тот момент Константина Алексеевича не поддерживали ни коммунисты, ни демократы. Но Б.Н.Ельцин принял иное решение [3, с.20-21].

Вспоминает Константин Алексеевич и о первых, трудных шагах на посту Главы администрации Самарской области. Область и город необходимо было снабжать основными продуктами питания, были проблемы с сахаром.

Администрация области смогла максимально полезно воспользоваться практикой так называемого территориального заказа. Его суть заключалась в том, что главам администраций разрешили реализовывать в интересах региона до 10% продукции, выпускаемой местными предприятиями. Так как в Самарской области продолжала функционировать нефтяная промышленность и Волжский автозавод, обе эти отрасли в совокупности формировали до 78% доходной части регионального бюджета, а потому проблему с удовольствием удавалось решать [3, с.26].

Мы находим в данных записях немало личностных характеристик государственных деятелей рассматриваемой эпохи. К.А.Титов подробно рассказывает о своих взаимоотношениях с первым президентом Российской Федерации Б.Н.Ельциным. Сотрудничество и доверительные взаимоотношения между губернатором Самарской области и президентом Российской Федерации шло на пользу Самарской области-многие важные проблемы региона губернатор решал с президентом напрямую. [4, с.359].

С председателем Правительства Российской Федерации В.С. Черномырдиным отношения у К.А. Титова складывались противоречиво. Губернатор Самарской области входил в организованное премьером политическое движение «Наш Дом-Россия»,

избирался первым заместителем председателя и главой Самарского отделения НДР. Однако Титов отказался входить в правительство Черномырдина, так как не был согласен с приватизацией железных дорог и энергетического комплекса, а также был против назначения Виктора Степановича на пост премьера в 1998 году.

Конструктивные отношения сложились у губернатора Самарской области на федеральном уровне с Е.Т.Гайдаром, Б.Е.Немцовым, Е.М.Примаковым, В.В.Путиным, С.В.Степашиним [3, с.37-43].

Среди региональных политических деятелей К.А.Титов касается взаимоотношений с В.А.Казаковым, В.В.Каданниковым, Г.С.Лиманским, В.С.Мокрым, А.П.Нефедовым, В.Ф.Сазоновым, В.А.Тарховым. И если, например, В.А.Казакова и Г.С.Лиманского Титов относит к «созидателям», то В.А.Тархова к «разрушителям». Стоит сказать, что такая оценка личности В.А.Тархова с стороны Титова связана с давним соперничеством двух политиков [6, с.185].

Характеристика взаимоотношений К.А. Титова с региональными и федеральными политиками позволяет выстроить обширную и яркую картину функционирования властных институтов, механизма принятия государственных решений, в том числе при кадровых назначениях на важные государственные посты, где немалое влияние в конце 1990-х гг. оказывали олигархи и «семья» -Татьяна и Валентин Юмашевы. [3, с.37-43].

Темы участия в партийном строительстве в воспоминаниях К.А. Титов коснулся кратко, большей частью ограничиваясь фактической информацией о своей деятельности в той или иной политической партии. Интерес вызывает его отношение к созданию Социал-демократической партии России (СДПР) и роли в ней М.С. Горбачева. К.А. Титов считает, что именно стремление Горбачева к лидерству сгубило данный партийный проект. В свою очередь, в своих мемуарах М.С. Горбачев критикует Титова за решение идти на выборы в Государственную Думу 2003 года не отдельным списком, а по одномандатным округам в сотрудничестве с Единой Россией. В итоге на данных выборах партия не смогла себя достойно представить, ее кандидаты-одномандатники потерпели поражение [1; с. 392].

Яркой страницей политической карьеры Константина Алексеевича стало участие в президентских выборах 2000 года. Свое участие в выборах Титов объясняет не личными амбициями, а «убеждениями и ради поддержки демократических сил» [3, с.12]. Региональных избирательных компаний на пост губернатора (1996;2005) и перипетий предвыборной борьбы Титов почти не касается, так же, как и своей деятельности на посту сенатора ФС РФ от Самарской области (1993-2001; 2007-2014), ограничиваясь изложением общедоступных фактов.

Таким образом, мы приходим к выводу, что данные записи бесед журнала «Самарские судьбы» не в полной мере отражают аспекты деятельности Титова как регионального и федерального политика. Стоит надеется, что Константин Алексеевич в дальнейшем примет решение на написание полноценных мемуаров, где более подробно расскажет о своей политической и личной судьбе.

Литература

1. Горбачев М. С. Остаюсь оптимистом. М: АСТ,2017.
2. Добрусин В. А. Украденные звезды: кн. Судеб. Самара: Бахрах-М, 2004.
3. Игнашов А. Константин Титов. Фрагменты биографии. Запись бесед о жизни // Самарские судьбы. Самара, 2019. № 9.
4. Колтон Т. Ельцин. М.: КоЛибри, Азбука-Аттикус, 2013.
5. Фотоальбом с субъективными заметками о «шестидесятниках и судьбах либерализма в России / К. Титов, Д. Кабалевский, Р. Рождественский [и др.]. Самара. Парус. 1997.
6. Элиты Самарской (Куйбышевской) области в 1960-1990-е гг. Очерки истории: коллективная монография / под. ред. П. С. Кабытова. Самара: Самарский университет, 2014.

THE MEMORIES OF THE SAMARA REGION GOVERNOR

K. A. TITOV AS A HISTORICAL SOURCE

S. N. Abrashkin

The article deals with the recollections of Konstantin Alekseyevich Titov, the first governor of the Samara region in the modern history of Russia. The source potential of K.A. Titov's memoirs is analyzed in order to study his activity as both a regional politician and a federal one. Titov has recorded the most important events of his political career; he has also described the personal characteristics of statesmen in the period of 1990s and early 2000s. In the memoirs a lot of attention is paid to the relations between the governor and the central government. The conclusion of the research is that the memories of K.A. Titov are important as a source of information about the history of Russia in the previously mentioned period; however, they do not fully reflect the aspects of K.A. Titov's activity as a regional and federal politician.

Key words: biography, memoirs, regional politics.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Abrashkin S. N., 2020.

Abrashkin Sergej Nikolaevich (abrashckin.ser@yandex.ru),
postgraduate student of the department of Russian history of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ПОЛОЖЕНИЕ СОТРУДНИКОВ РЕКТОРАТА КУЙБЫШЕВ-СКОГО (САМАРСКОГО) ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА В 1990–1993 ГГ. ПО ШТАТНОМУ РАСПИСАНИЮ

Д. В. Богданов

В данной статье проанализированы данные штатных расписаний, касающиеся заработных плат сотрудников ректората Куйбышевского (Самарского) государственного университета в период с 1 января 1990 по 1 февраля 1993 года. Подвергнута анализу динамика изменений заработной платы согласно штатному расписанию в данный период времени. Сотрудникам ректората, как и всей стране, пришлось пройти через перетурбации, связанные с распадом СССР, переходом к рыночным отношениям. Эти перемены и реформы, происходившие в стране, отражались в изменении их заработных плат. В данной работе применялись такие методы анализа, как сравнительно-исторический, статистический, ретроспективный. Основой источниковой базы в данной работе служат штатные расписания сотрудников администрации КуГУ-СамГУ. Дополнительно как источники привлекались статистические данные Росстата и Самарстата. Результатом данной работы является вывод о том, что выросла кратность между самым высоким и самым низким окладами в ректорате с 4,6 раза в январе-октябре 1990 г. до 4,85 раз. Поэтому есть основания говорить о незначительном росте уровня расслоения доходов с января 1990 г. по февраль 1993 г.

Ключевые слова: доходы, зарплаты, изменения, кратность, курс доллара.

Рассмотрим изменение состояния доходов сотрудников ректората КуГУ-СамГУ с 1 января 1990 по 1 октября 1991 года в рублевом и долларовом эквивалентах.

Почему важно учитывать и долларový эквивалент? Потому что в данный период времени можно заметить определенный интерес прежде всего к доллару, так как национальная валюта ослабевала на черном рынке, что является следствием ухудшения состояния дел в советской экономике. Поэтому курсы доллара в данном случае имеют не последнее значение. Но об этом речь пойдет после сведений о динамике изменения окладов в рублевом эквиваленте.

Для начала стоит ознакомиться с динамикой изменения окладов сотрудников ректората в рублевом эквиваленте с 1 января 1990 по 1 мая 1991 года, которую можно проследить по таблице 1.

Источник: штатные расписания административно-управленческого персонала Куйбышевского (Самарского) государственного университета в 1990-1991 гг.

В данной таблице (табл. 1) мы можем заметить, что по состоянию на 1 января 1990 года (начало действия штатного расписания №1 на 1990 год разница между самым высоким окладом (ректора) и самым низким окладом (помощником ректора) составит 4,6 раза. Среди проректоров мы увидим отличия между доходом проректоров по учебной работе и научной работе и доходом проректорами по административно-хозяйственной работе и капитальному строительству чуть более, чем в 2 раза. Среди остальных сотрудников ректората разница между окладом главного инженера и окладом помощника ректора составила 70 рублей (в 1,5 раза) [1].

Некоторые изменения мы видим уже с 1 октября 1990 года, когда в силу вступило новое штатное расписание. В нем мы не увидим должности проректора по заочному и вечернему образованию, так как его ставка выведена из штатного расписания. Практически у всех сотрудников ректората, кроме ученого секретаря, изменился размер оклада.

Таблица 1

Динамика изменения заработных плат в 1990-1991 гг.

Наименование должности	1.01.90- 1.10.90	1.10.90- 1.01.91	1.01.91- 1.05.91	1.05.91- 31.10.91(кр оме рек- тора и его помощ- ника, чьи оклады из- менились с 1.09.91 по 1.10.91)	1.09.91- 31.10.91
Ректор	600	700 +16,67%	700	1000 +42,86%	1600 +60%
Проректор по учебной работе	450	550 +22,22%	550	730 +32,73%	
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	450	550 +22,22%	550	730 +32,73%	
Проректор по заочному и вечернему образованию (обучению)	300	-	-	730 +243%	
Первый проректор- проректор по учебной работе	-	600	600	-	-
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	220	280 +27,27%	280	530 +89,29%	
Проректор по АХР	220	280 +27,27%	280	530 +89,29%	
Начальник штаба гражданской обороны	140	170 +21,43%	190 +11,76%	290 +52,63%	
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	130	160 +23,08%	160	290 +81,25%	320 +10,35%
Ученый секретарь	180	180	180	350 +94,44%	
Главный инженер	200	280 +40%	280	380 +35,71%	
Юрисконсульт II категории – помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	-	-	190	300 +57,9%	

В этом штатном расписании мы впервые видим ставку первого проректора, у которого оклад должен был быть 600 рублей [2]. Оклады выросли в процентном соотношении от 16,67 % у ректора до 40% у главного инженера. Среди проректоров рост окладов составил 22-27%. Без учета оклада первого проректора разница окладов среди проректоров могла бы быть чуть менее, чем 2 раза (1,96). С учетом нового оклада разница более, чем в 2 раза. Среди остальных сотрудников кратность оклада главного инженера по отношению к окладу помощника ректора увеличилась до 1,75 раз ввиду большего прироста оклада у главного инженера (40%), чем у помощника ректора (23%). Благодаря данному приросту сократилась кратность оклада ректора к окладу его помощника с 4,6 раза, до 4,375 раз.

Таким образом мы можем говорить о том, что рост окладов происходил в основном равномерно – 16,67-27,27%. Исключение составил рост оклада главного инженера – 40%. Благодаря этому приросту сократилась разница между окладом ректора и окладом его помощника.

Стоит ещё сказать о том, что все изменения в штатном расписании происходили на фоне непростой ситуации, связанной с дефицитом продовольствия. Тогда, как говорил Р.А. Белоусов, «свободный» рынок в его грубой и жесткой форме уже начал вторгаться в жизнь россиян». Сложно было что-то приобрести в магазинах, приобрести железнодорожные или авиационные билеты. Товары уходили в «теневой» поток [3, с. 157]. Таким образом, можно сказать о том, что в 1990 году советские граждане в существовавших на тот момент условиях не могли полностью реализовать свою покупательную способность.

С 1 января 1991 года вышло новое штатное расписание. Оно практически не изменилось. Стоит отметить появление новой строки, а, следовательно, и новой должности – юрисконсульта II категории, у которого оклад составлял 190 рублей. Вырос оклад у начальника штаба гражданской обороны со 170 до 190 рублей. У остальных сотрудников ректората оклады сохранились в прежнем размере [4].

В то же время в стране проведена денежная реформа. 22 января 1991 г. президент

СССР М. С. Горбачев подписал Указ, по которому изымали из обращения и обменивали 50- и 100-рублевых купюры образца 1961 года. В соответствии с Указом был произведен обмен находившихся в обращении 50- и 100-рублевых денежных знаков на купюры адекватного номинала образца 1991 года. Гражданам отводился трехдневный срок для обмена наличных денег – с 23 по 25 января (со среды по пятницу). Как последствие для снижения дефицита в апреле были повышены цены в 2-3 раза [5, с. 140-141].

С 1 мая 1991 года вступило в силу новое штатное расписание. В нем можно проследить немало изменений. Выведена из штатного расписания ставка оклада первого проректора-проректора по учебной работе. В штатное расписание было возвращена должность проректора по заочному и вечернему образованию [6].

Изменения коснулись и окладов сотрудников. Рост окладов неравномерен – от 32,73% у проректоров по учебной и научной работе до 94,44% у ученого секретаря совета. Исключение составляет проректор по заочному и вечернему образованию, оклад которого по сравнению с январем 1990 года вырос на 243%. У ректора оклад вырос на 42,86% до 1000 рублей. Среди проректоров оклады разнятся. У проректоров по учебной и научной работе прирост окладов составил 32,73%, у проректоров по АХР и капитальному строительству – 89,29%. Кратность окладов среди проректоров составил примерно 1,3 раза. Если говорить об остальных сотрудниках, то прирост неравномерен – от 35,71% у главного инженера до 94,44% у ученого секретаря совета. Доходы при этом выравнивались. Оклады помощника ректора и начальника штаба гражданской обороны сравнялись. Кратность между окладом главного инженера и окладами начальника штаба гражданской обороны и помощника ректора сократилась до 1,3 раза.

Таким образом, в силу данных изменений кратность между окладом ректора как высоким окладом и окладами начальника штаба гражданской обороны и помощника ректора как низкими сократилась до 3,45 раз. Это говорит о выравнивании окладов в целом благодаря неравномерному росту окладов с 1 мая 1991 года.

Стоит ещё сказать о том, что менялся оклад для определенных должностей. Так, с 1

сентября 1991 года изменился оклад помощника ректора. Он составил 320 рублей [7]. А с 1 октября 1991 года изменилась заработная плата ректора университета. Теперь он составил 1600 рублей. Следует добавить, что из 1600 рублей персональная надбавка составила половину – 800 рублей [8]. Ввиду дальнейшего необнаружения последующих окладов на 1991 год можно предположить, что оклады остальных сотрудников ректората не менялись. Тогда кратность между окладом ректора и окладом начальника штаба гражданской обороны согласно расписанию от 1 мая 1991 г. составила 5,5 раз. Если не учитывать новый оклад ректора, то кратность составит 2,5 раза.

Данные о том, что по итогам 1991 года потребительские цены выросли в 2,6 раза по России [9], а по Самарской области потребительские цены выросли в 4,07 раза [10], позволяют с уверенностью говорить о том, что в рублевом эквиваленте сотрудники ректората теряли в своих доходах.

Доходы сотрудников ректората в долларах США

Перейдя к долларовому эквиваленту стоит сказать, что в период 1990-1991 гг. в стране действовало 3 курса. Первый – это курс Госбанка СССР, по которому доллар стоил 60 копеек [11].

Таблица 2

Оклады в долларах США по официальному курсу Госбанка СССР (указано в скобках)

Наименование должности	1.01.90-1.10.90	1.10.90-1.01.91	1.01.91-1.05.91	1.05.91-31.10.91(кроме ректора и помощника)	1.09.91-31.10.91
1	2	3	4	5	6
Ректор	600 (1016,94 \$)	700 (1261,26)	700 (1228)	1000 (1666,66)	1600 (2666, 66)
Проректор по учебной работе	450 (762,71\$)	550 (991)	550 (964,91)	730 (1216,66)	
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	450 (762,71\$)	550 (991)	550 (964,91)	730 (1216,66)	
Проректор по заочному и вечернему образованию (обучению)	300 (508,47\$)	-	-	730 (1216,66)	
Первый проректор-проректор по учебной работе	-	600 (1081)	600 (1052)	-	-
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	220 (372,88\$)	280 (504,5)	280 (491,23)	530 (883,33)	
Проректор по АХР	220 (372,88\$)	280 (504,5)	280 (491,23)	530 (883,33)	
Начальник штаба гражданской обороны	140 (237,29\$)	170 (306,3)	190 (333,33)	290 (483,33)	

Продолжение таблицы 2

1	2	3	4	5	6
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	130 (220,33\$)	160 (288,29)	160 (280,70)	290 (483,33)	320 (533,33)
Ученый секретарь	180 (305,09\$)	180 (324,32)	180 (315,79)	350 (583,33)	
Главный инженер	200 (338,98\$)	280 (504,5)	280 (491,23)	380 (633,33)	
Юрисконсульт II категории – помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	-	-	190 (333,33)	300 (500)	

Таблица 3

Оклады в долларах США по коммерческому курсу (указано в скобках)

Наименование должности	1.11.90-1.01.91	1.01.91-1.04.91
Ректор	700 (388,89)	700 (388,89)
Проректор по учебной работе	550 (305,56)	550 (305,56)
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	550 (305,56)	550 (305,56)
Первый проректор- проректор по учебной работе	600	600
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	280 (155,56)	280 (155,56)
Проректор по АХР	280 (155,56)	280 (155,56)
Начальник штаба гражданской обороны	170 (94,44)	190 (105,56)
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	160 (88,89)	160 (88,89)
Ученый секретарь	180 (100)	180 (100)
Главный инженер	280 (155,56)	280 (155,56)
Юрисконсульт II категории – помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	-	190 (105,56)

Таблица 4

Оклады в долларах США по черному курсу (указано в скобках)

Наименование должности	2.04.91- 1.05.91	1.05.91- 31.10.91(кроме ректора и по- мощника)	1.09.91, 1.10.91
Ректор	700 (20)	1000 (21)	1600 (25,6)
Проректор по учебной работе	550 (16)	730 (15)	
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	550 (16)	730 (15)	
Проректор по заочному и вечернему образованию (обучению)	-	730 (15)	
Первый проректор- проректор по учебной работе	600	-	-
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	280 (8)	530 (11)	
Проректор по АХР	280 (8)	530 (11)	
Начальник штаба гражданской обороны	190 (5,5)	290 (6)	
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	160 (4,6)	290 (6)	320 (5)
Ученый секретарь	180 (5)	350 (7)	
Главный инженер	280 (8)	380 (8)	
Юрисконсульт II категории – помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	190 (5,5)	300 (6)	

Источник: штатные расписания и данные курса валют Госбанка СССР.

Второй курс – коммерческий, действовавший по Указу Президента СССР М. С. Горбачева с 1 ноября 1990 по 2 апреля 1991 г. По нему курс доллара примерно был 1,8 рубля [12-14]. То есть такой курс превышал официальный в 3 раза.

Источник: штатные расписания от 1.10.1990 и 1.01.1991 и данные по коммерческому курсу доллара к советскому рублю.

Третий курс доллара – курс по черному рынку с 1.04.1991 [15]. Средний курс 2.04-1.05.91 – 34,68 р. Средний курс 1.05-31.10.91 – 49,48 р. Средний курс октября 1991 – 62,49 р.

Источник: штатные расписания от с 1.01. по 1.10.1991 и данные по черному курсу доллара США.

Данные по черному курсу неутешительные. По этому курсу (табл. 4) сотрудники

ректората получали крайне невысокие зарплаты. На фоне растущего месяц за месяцем курса потери в доходах в долларовом эквиваленте ошутимые.

Таким образом, в 1990-1991 гг. мы видим тенденции к обесцениванию доходов сотрудников ректората Самарского государственного университета. Несмотря на то, что номинально зарплаты росли, ситуация была непростой на фоне дефицита продовольственного, роста цен в 1991 г., снижения покупательной способности населения.

Уровень доходов ректората после распада СССР

После распада СССР в Российской Федерации произошла «шоковая терапия» с последующей либерализацией цен. Это не могло не повлиять на последующие процессы в экономике, в жизни граждан.

Зарплаты сотрудников ректората с декабря 1992 г.

Наименование должности	1.12.92-1.02.93	1.02.93-28.02.93
Ректор	27189	33987
Проректор по учебной работе	24470	30588
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	24470	30588
Проректор по заочному и вечернему образованию (обучению)	24470	30588
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	21750	27189
Проректор по АХР	23111	28888
Начальник штаба гражданской обороны	9180	11475
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	10368	12960
Ученый секретарь	11718	14648
Главный инженер	11718	14648
Помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	10368	12960
Техник экспертной комиссии 1 категории	5616	7020

Эти изменения коснулись и сотрудников ректората СамГУ. Существенно по номиналу изменились их оклады. В нашем распоряжении имеются штатные расписания от 1 декабря 1992 года и от 1 февраля 1993 года. Все данные прилагаются в следующей таблице.

Источник: штатные расписания от 1.12.1992 и 1.02.1993.

Наблюдая за состоянием дел на 1 декабря 1992 года, мы можем отметить следующее. Введена в штат ректората должность техника экспертной комиссии 1 категории. Юрисконсульт II категории стал помощником проректора. Также отмечаем наличие надбавок к окладам у ректора и проректоров. Среди проректоров кратность между высоким и низким доходом составила примерно 1,06 раза. Среди остальных членов ректората кратность такая составила примерно 2,09 раза. Кратность между окладом ректора и окладом техника составила примерно 4,84 раза [16]. По сравнению с состоянием на 1 октября 1991 года оклады немного выровнялись, так как сократилась кратность между высоким и низким окладами в ректорате.

С 1 февраля 1993 года вступило в действие новое штатное расписание. Оклады выросли одинаково – на 25% [17]. Следовательно, стоит говорить о том, что соотношение между окладами ректора и техника осталась прежней. Таким образом, мы не можем говорить о выравнивании доходов.

Если говорить о соотношении сотрудников ректората к средней номинальной зарплате, то в период декабря 1992-февраля 1993 только доходы ректора и проректоров превышали уровень среднемесячных зарплат в декабре 1992-феврале 1993 (16,1-19,1 тыс. рублей) [16-18].

Эти изменения протекали на фоне главного последствия «шоковой терапии». За 1992 год цены потребительские выросли в 26,1 раза [9], в Самарской области в 25,91 раза [10].

Если говорить о долларовой эквиваленте, нужно учесть, что 1 июля 1992 года Центральный Банк Российской Федерации заявил о свободном курсе валют [19]. Таким образом, курс иностранной валюты менялся не под влиянием государственного регулирования, а под влиянием спекуляций на валютном рынке.

Таблица 6

Зарплаты по курсу доллара США с декабря 1992 г. (указано в скобках)

Наименование должности	1.12.92-1.02.93	1.02.93-28.02.93
Ректор	27189 (61,08)	33987 (59,70)
Проректор по учебной работе	24470 (54,97)	30588 (53,73)
Проректор по научной работе- НИР и экономической деятельности	24470 (54,97)	30588 (53,73)
Проректор по заочному и вечернему образованию (обучению)	24470 (54,97)	30588 (53,73)
Проректор по кап. строительству, начальник отдела кап. строительства	21750 (48,85)	27189 (47,76)
Проректор по АХР	23111 (51,92)	28888 (50,74)
Начальник штаба гражданской обороны	9180 (20,62)	11475 (20,16)
Помощник ректора (с 1.09.91 – 2 шт. ед.)	10368 (23,29)	12960 (22,76)
Ученый секретарь	11718 (26,32)	14648 (25,73)
Главный инженер	11718 (26,32)	14648 (25,73)
Помощник проректора (консультант по юр. вопросам)	10368 (23,29)	12960 (22,76)
Техник экспертной комиссии 1 категории	5616 (12,62)	7020 (12,33)

Источник: штатные расписания с 1.12.1992 и с 1.02.1993 и данные курса доллара к российскому рублю от ЦБ РФ.

В соответствии с курсом доллара от Центробанка в декабре 1992-январе 1993 средний курс составил примерно 445 рублей, а в феврале он составил около 569 рублей [20]. По этому курсу (табл. 6) можно заметить, что в долларовом эквиваленте оклады снижались, ввиду роста курса доллара по отношению к рублю, что является следствием ухудшения состояния российской экономики.

Таким образом, на фоне продолжающегося финансового кризиса, спровоцированного «шоковой терапией», наблюдается продолжающееся обесценивание доходов сотрудников ректората СамГУ.

Заключение

Таким образом, ввиду неоднократных изменений окладов согласно штатному расписанию в Госуниверситете, несмотря на то, что в мае 1991 года пропорция между окладом ректора и самым низким окладом составила 1:3,45, к февралю 1993 года заметен рост кратности между высшим и низшим окладами в ректорате с 4,6 раза в январе-октябре 1990 г. до 4,85 раз. Это нам позволяет с уверенностью говорить о том, что уровень расщепления окладов вырос незначительно с января 1990 г. по февраль 1993 г.

Литература

1. Штатное расписание №1 работников аппарата управления Куйбышевского государственного университета на 1990 г. с 1.01.90 г. // Центральный государственный архив Самарской области. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 745. Л. 116-117.

2. Штатное расписание №1 административно-управленческого персонала Куйбышевского государственного университета на 1990 г. с 1.10.90 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 745. Л. 1.
3. Белоусов Р. А. Экономическая история России: XX век. Книга V: драматический кризис в конце столетия. М., 2006. 464 с.
4. Штатное расписание №1 административно-управленческого персонала Куйбышевского государственного университета на 1991 г. с 1.01.91 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 868. Л. 1-2.
5. Кирсанов Р. Г. На пути к рынку: денежная реформа 1991 г. Как попытка стабилизировать финансовую систему СССР // Вестник ВолГУ. Серия 4, История. Регионоведение. Международные отношения. 2013. №1 (23). С. 137-142.
6. Штатное расписание №19 административно-управленческого персонала Куйбышевского государственного университета на 1991 г. с 1.05.91 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 868. Л. 97-98.
7. Штатное расписание №38 административно-управленческого персонала Куйбышевского государственного университета на 1991 г. с 1.09.91 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 868. Л. 166.
8. Штатное расписание №47 административно-управленческого персонала Куйбышевского государственного университета на 1991 г. с 1.10.91 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 5. Д. 868. Л. 186.
9. Письмо от 23 марта 1999 г. N 4-1-12/167. // Государственный комитет Российской Федерации по статистике. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=285987#007487050473260726> (дата обращения: 27.11.2019).
10. Самарский статистический ежегодник. 2000 г. [Электронный ресурс]. URL: <https://samarastat.gks.ru/folder/34255> (дата обращения: 27.11.2019).
11. Курсы валют за период до 01.07.1992. [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/currency_base/OldVal/ (дата обращения: 10.03.2020).
12. Указ Президента СССР от 26 октября 1990 г. N УП-943 «О введении коммерческого курса рубля к иностранным валютам и мерах по созданию общесоюзного валютного рынка». [Электронный ресурс]. URL: <https://base.garant.ru/6322307/> (дата обращения: 10.03.2020).
13. Заверняева С. 29 лет назад был введен коммерческий курс рубля. // Портал Парламентской газеты. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.pnp.ru/economics/29-let-nazad-byi-vvedyon-kommercheskiy-kurs-rublya.html> (дата обращения 10.03.2020).
14. Минаев С. Десять лет коммерческим курсом // Коммерсантъ. 01.11.2000, № 205. С. 4.
15. Курс за 1991 год: Российских рублей за 1 Доллар США [Электронный ресурс]. URL: <http://currency.narod.ru/usd/1991.html> (дата обращения: 10.03.2020).
16. Штатное расписание №1 административно-управленческого персонала Самарского государственного университета на 1993 г. с 1.12.92 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 7. Д. 113. Л. 1-2.
17. Штатное расписание №12 административно-управленческого персонала Самарского государственного университета на 1993 г. с 1.02.93 г. // ЦГАСО. Ф. 1255. Оп. 7. Д. 113. Л. 105-106.
18. Среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников по полному кругу организаций в целом по экономике Российской Федерации в 1991-2020 гг. [Электронный ресурс]. URL: https://www.gks.ru/labor_market_employment_salaries?print=1 (дата обращения: 19.05.2020).
19. Российский рубль прошел два десятка лет, чтобы стать свободно конвертируемым. // ТАСС. 26.10.2015. [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru/ekonomika/2377871> (дата обращения: 24.03.2020).
20. Динамика официального курса валюты: доллар США. [Электронный ресурс]. URL: https://cbr.ru/currency_base/dynamics/?UniDbQuery.Posted=True&UniDbQuery.mode=1&UniDbQuery.date_req1=&UniDbQuery.date_req2=&UniDbQuery.VAL_NM_RQ=R01235&UniDbQuery.FromDate=01.12.1992&UniDbQuery.ToDate=28.02.1993 (дата обращения: 10.03.2020).

ECONOMICAL SITUATION OF THE RECTOR'S STAFF OF KUYBYSHEV (SAMARA) STATE UNIVERSITY ACCORDING TO THE STAFF LIST ON 1990-1993

D. V. Bogdanov

This article analyzes the data of staff lists concerning salaries of employees of the rector's office of Kuybyshev (Samara) State University in the period from January 1, 1990 to February 1, 1993. The dynamics of changes in wages according to the staff list in this period of time is analyzed. Employees of the rectorate, as well as the entire country, had to go through pereturbation associated with the collapse of the USSR, the transition to market relations. These changes and reforms that were taking place in the country were reflected in changes in their wages. In this work, the analysis of sources used such methods of analysis as comparative-historical, statistical, and retrospective. The basis of the source base in this work is the staff schedules of the administration of KuSU-SamSU. Additionally, as the sources involved statistical data of Rosstat and Samarastat. The result of this work is the conclusion that the multiplicity between the highest and lowest salaries in the rectorate has increased from 4.6 times in January-October 1990 to 4.85 times. Therefore, there is reason to speak of a slight increase in the level of income stratification from January 1990 to February 1993.

Key words: changes, dollar rate, income, multiplicity, salaries.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Bogdanov D. V., 2020.

*Bogdanov Daniil Vladimirovich (bogdanovvseti@yandex.ru),
student III course of Samara University historical faculty,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.*

СОЗДАНИЕ ОБОРОНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ НА ЮГЕ И ЮГО-ВОСТОКЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII В.

М. А. Бувеч

Данная статья посвящена истории развития укрепленных линий на южных и юго-восточных границах европейской России в первой половине XVIII в. К таковым следует отнести Троицкую линию, ставшую, фактически, первым применением западноевропейской фортификационной науки при сооружении южных пограничных систем обороны, а также Царицынскую, Украинскую и Новую Закамскую линии, явившиеся развитием подобной концепции. Проведенная работа позволяет сделать вывод, что, хотя при строительстве данных укреплений применялась господствовавшая в Западной Европе концепция Вобана, тем не менее, они стали закономерным и высшим этапом развития российских пограничных укреплений, возводимых в XVI-XVIII веках, являясь при этом также опорой при освоении приграничных территорий – фронта.

Ключевые слова: пограничье, укрепленные линии; Троицкая, Царицынская, Украинская, Новая Закамская линии.

Формирование российского государства проходило в тяжелейших условиях, одним из которых была постоянная угроза набегов кочевников из южных и юго-восточных степей. Для защиты от них издревле возводились сложные и грандиозные по своему размеру оборонительные сооружения – укрепленные засечные линии, обороняемые специально отряжаемыми туда ратными людьми. Однако, помимо непосредственно обороны, данные укрепления также служили опорой при присоединении и освоении новых плодородных земель. Таким образом, изучение истории строительства данных укреплений видится важным этапом в изучении присоединения и освоения южных рубежей страны и, шире, становления Российского государства в целом.

Предыстория

Начать следует с небольшой предыстории – краткого описания развития укрепленных линий на территории Российского государства. Сразу же следует отметить, что практически все подобные фортификационные сооружения возводились на южных и юго-

восточных рубежах, прикрывая границы от набегов кочевников из степей.

Первые укрепления, обороняющие южные и юго-восточные границы, появляются ещё во времена Киевской Руси, преграждая пути вторжений печенегов и половцев на земли восточных славян. Наиболее известны оборонительные валы по берегам притоков Днепра южнее Киева – так называемые Змиевы валы, датируемые X-XI веками [1, с.103]. В XIV — XV веках, по мере объединения Русских княжеств вокруг Москвы, для обороны от ногайцев и татар на южных границах стали применять приспособленные под природные особенности местности протяжённые комплексы защитных сооружений, такие как засеки в лесах, караулы и укрепленные заставы у бродов через реки, образуя так называемые Засечные линии [1, с.108].

Наиболее активно централизованное создание пограничных укрепленных линий велось в XVI-XVII вв., когда набеги конных отрядов из осколков бывшей Золотой Орды (в основном, из Крымского ханства) были наиболее опасны и опустошительны: несколько раз их войска подходили к Москве, а

в 1571 году даже сожгли ее посадки. К 1560-м годам отдельные звенья созданных ранее засек складываются в единый рубеж, протянувшийся на 600 км – «Черту», или «Государеву заповедь» (она же «Большая засечная черта») – практически непрерывную линию засек; в некоторых ее местах дополнительно строились крепости с гарнизоном [1, с.107]. Отдельно от этого рубежа располагались Ряская и Шацкая засеки, соединившиеся у Оки за Сапожком близ Старой Рязани.

В XVII в., после событий Смутного времени и, в той или иной степени, урегулирования отношений о Швецией и Речью Посполитой, возникла необходимость восстановления старых и строительства новых укреплений на южных рубежах. В результате проведения обширных работ была восстановлена Засечная черта, заброшенная и местами сильно разрушенная в период Смутного времени [1, с.111]. В конце 1630-х – середине 1650-х гг. была построена Белгородская черта, которая пролегла на 300—400 км южнее Большой засечной черты и стала эффективной передовой линией обороны [1, с.121]. Одновременно в Среднем Поволжье и Заволжье строятся укрепления Саранской, Карсунской, Симбирской, Закамской и других черт, создавая практически непрерывную укрепленную линию вдоль южных и юго-восточных рубежей государства. В 1670-х – начале 1680-х гг. ее дополняют Изюмская, Пензенская и отдельные укрепления так и не построенной Сызранской линий [2, с. 301].

Укрепленные линии в первой половине XVIII в.

При Петре I, к началу XVIII в., в военное строительство активно внедряются западноевропейские фортификационные формы укрепления границ (вариации бастионной системы военных инженеров Вобана и Кугорна). В зависимости от местности применялась тактика укрепления берегов пограничных рек либо формирование непрерывного комплекса полевых укреплений из валов и рвов с земляными бастионными крепостями. Между крепостями создавались полевые укрепления обычно в виде земляного вала и рва. Перед рвом устраивались надолбы и засеки, ставились рогатки против конницы. Через изменяющиеся по ситуации промежутки

вал имел выступы в виде реданов, что позволяло оборонять подступы к валу продольным ружейным и артиллерийским огнём.

Фактически, первым опытом строительства подобных укреплений стало возведение Троицкой линии. История ее сооружения связана с Азовскими походами Петра I, в результате которых к России отошли крепость Азов и территории Северо-Восточного Приазовья [3, с. 239]. С целью их защиты в 1697-98 гг. на Миусском полуострове начинают возводиться 3 временные земляные крепости: Троицкая (1698), Павловская (1697) и Семеновская (1698). В 1698 г. строительство Павловской крепости по распоряжению Петра было прекращено и возобновлено на новом месте в 1701 г., Семеновская и Троицкая крепости продолжали строиться по прежним проектам. Летом 1702 г., когда основные укрепления крепостей были закончены, по планам еще 1698 г. началось сооружение непосредственно линии, а именно – возведение соединившего крепости вала с одним редутом треугольной формы (названный «Черепаша»), законченное уже осенью того же года [3, с. 241]. Строительство Троицкой линии способствовало активному освоению новых земель и их распашке [3, с. 244].

В 1711 г. в результате неудачного Прутского похода и последовавшего за ним подписания мирного договора с Турцией эти территории вновь отошли Османской империи, и укрепления Троицкой линии были частично разрушены и заброшены. В 1769-70 гг. их вновь заняли русские войска. Однако восстанавливать укрепления не стали, поскольку они потеряли свое оборонительное значение после присоединения Крымского полуострова [3, с 246-248].

Впоследствии данная система строительства укреплений была доработана и применена при сооружении Царицынской линии в 1718-20 гг. Она изначально должна была оборонять южные границы России, официально установленные по условиям Адрианопольского мира 1713 года между Россией и Оттоманской Портой. Однако эти границы были условны и ничем не защищены от постоянных набегов крымских татар и других кочевых народов. Так, особенно разрушительным был Кубанский погром в августе-сентябре 1717 года, организованный

крымским ханом Бахти-Гераем [4, с. 18]. После этого набега в Сенате было проведено обсуждение строительства укрепленной линии. Начать строительство планировалось весной 1718 года [4, с. 25].

С западной стороны междуречья, где должна была пролегать линия, рельеф образует излучину Дона, поэтому ее было решено начать от уже созданного Паншина городка на максимально восточной точке берега. С восточной стороны русло Волги относительно прямое, поэтому в указе Сената от 15 ноября 1717 года предлагалось рассмотреть два варианта проведения линии от Паншина: или к Дмитриевску, или к Царицыну. Указом Сената от 31 декабря 1717 года выбор был сделан в пользу Царицына [4, с. 28].

Весной 1718 года под руководством бригадира Кропотова начались работы. К осени 1719 года была завершена земляная линия и одна из крепостей — Донская. За летний сезон 1720 года были построены остальные крепости [4, с. 40].

Линия длиной 54 км состояла из сухого рва шириной до 8 м и вала высотой от 2,6 до 4,6 м (от дна рва — 9-12 м) с банкетом для стрельбы. Прорезавшие линию овраги переграживались частоколом из заостренных брёвен и дубовыми клетями, заполненными землёй. Поверхность рва и вала покрывалась вырезанными с другого места кусками дёрна для прорастания травяного покрова в целях предотвращения выветривания. В состав линии вошли: крепость Царицын, деревянно-земляные крепости Мечетная, Грачевская, Осокорская, Донская и 23 земляных реданов, дополнительно усиленных частоколом [4, с. 44-49].

Наиболее полное значение Царицынской линии проявилось в первое десятилетие ее существования. Она способствовала активизации процесса заселения и хозяйственного освоения плодородных земель Волго-Донского междуречья, обеспечила прочный тыл русской армии в период подготовки и проведения Персидского похода Петра I. Царицынская линия стала неотъемлемым звеном системы мер, реализованных правительством в Волго-Донском междуречье. В 40-60 гг. по мере нарастания успехов Российской империи в борьбе с Османской империей укрепления линии постепенно теряли свое военное значение [4, с. 79].

Следующее крупное сооружение — Украинская линия, возведенная с целью обороны южной границы Российской империи от набегов крымских татар, коих за период с 1713 по 1735 гг. было 35 [5, с. 65], и ставшая поэтому наиболее грандиозным и укрепленным сооружением из описанных здесь. Историю ее можно начать с указа Военной Коллегии от 25 мая 1730 г., согласно которому генерал-майору от фортификации Петру де Бриньи, графу фон Вейсбаху и генерал-майору А. Тараканову предписывалось осмотреть места между реками Орелью и Северским Донцом. Перед ними ставилась цель построить там впоследствии 16 крепостей по линии, которая должна была иметь протяженность 268 вёрст и состоять из непрерывного реданного вала с 142 редурами [5, с. 67].

Активные строительные работы на линии проводились в период с весны 1731 до октября 1742 г. Весной-осенью 1731 г. было построено 10 крепостей и 24 редута на линии, общей протяженностью 120 вёрст [5, с. 72]. В 1732 г. Военной Коллегией принимается решение закончить все начатые ранее работы и возвести ещё 6 крепостей: Новая (Дриецкая), Крутояцкая, Нехворошская, Маячковская, близ Цариченки и при устье р. Очепы [5, с. 75].

К 1742 г. на линии было полностью завершено 18 крепостей, связанных 140 редутами, вошедшими во второй округ (Департамент) крепостей России [5, с. 88]. Однако к 1743 г. содержание и ремонт сооружений Украинской линии стали невыгодными, учитывая то обстоятельство, что правительством к тому моменту был создан укрепленный Причерноморский плацдарм, размещенный вблизи Крыма и предоставляющий выход к Чёрному морю [5, с. 91]. Обретение Крымским ханством независимости от Турции, а впоследствии и вхождение его в состав Российской империи в 1783 году поставило окончательную точку в функционировании Украинской линии как пограничных укреплений.

Пожалуй, последним сооружением подобного типа является Новая Закамская линия. К началу XVIII в. Закамская засечная линия уже не могла обеспечить должной защиты пограничных территорий. Кроме того, происходило постоянное освоение территорий на левом берегу Волги. С целью защитить

переселяющееся сюда население от нападения отрядов кочевников русское правительство предприняло ряд действий: укрепление старой засечной черты и строительство нового оборонительного рубежа.

Строительство новой линии проходило одновременно с возведением Украинской оборонительной системы в начале правления Анны Иоанновны. В феврале 1731 г. указом Сената тайному советнику Ф.В. Наумову было предписано начать здесь крупномасштабные фортификационные работы [6, с. 25]. Окончательное решение о начале строительства было принято 18 марта 1732 г. [6, с. 65].

Линия представляла собой ров и земляной вал с реданами высотой до 4 метров [6, с. 137], через каждые 10-12 километров стояли крупные долговременные укрепления – крепости, фельдшанцы либо редуты [6, с. 131]. Линия начиналась от Алексеевской крепости и шла к Красноярской крепости, от нее к Сергиевску и далее к Тарханскому лесу, перед которым был поставлен Кондурчинский фельдшанец. Через Тарханский лес вал и засеки должны были идти до р. Ик. Общая длина укреплений по изначальному проекту должна была составить около 400 км [6, с. 128]. Однако, руководство экспедиции приняло решение закончить линию у р. Кичуй одноименным фельдшанцем [6, с. 118]. Это было связано с нежеланием вторгаться в места уже заселенные башкирами. Наиболее серьезно укрепленный участок располагался между пригородами Алексеевск и Сергиевск, где не имелось крупных лесных массивов и была возможность соорудить практически непрерывный вал.

В 1734—1735 гг., принимая во внимание допущенные на стадии проектирования Новой Закамской линии ошибки, началась работа Оренбургской экспедиции. Она должна была возвести новую систему локальных укреплений от устья реки Самары до Оренбурга. После завершения их строительства граница оседлого расселения должна была сдвинуться далеко на юг. Таким образом, Новая Закамская линия практически утратила свою оборонительную функцию. В декабре 1737 г. на «генеральном совете» руководства Оренбургской экспедиции она и вовсе была признана ненужной [6, с. 122]. Было решено, что все ландмилицкие полки, инженеры и все

артиллерия должны быть переведены на новую Самарскую линию. В 1739 г. решили переселить на нее и жителей поселений, что и было в основном закончено к 1747 г. [6, с. 125].

Заключение

Подытоживая вышесказанное, следует отметить, что описанные выше оборонительные линии по своим конструктивным особенностям являлись высшим этапом развития подобных систем укреплений. При этом они были специально приспособлены к местности и специфике потенциального театра военных действий – южных и юго-восточных границ Российской империи. Фактически, здесь можно говорить о единой, практически непрерывной системе валов и крепостей. Однако с течением времени границы страны постепенно сдвигались далее на юг, в связи с чем данные оборонительные системы быстро теряли свое значение, уступая свое место так называемым «живым» линиям с локально расположенными укреплениями (подобным Самарской (Оренбургской)).

Литература

1. Носов К. С. Русские крепости и осадная техника, VIII—XVII вв. С-Пб.: Полигон, 2002. 176 с.
3. Дубман Э. Л. Строительство Карсунской и Симбирской черт как составной части единой системы укреплений европейской лесостепи России // Русь, Россия: Средневековье и Новое время. Выпуск 3: Третьи чтения памяти академика РАН Л.В. Милова. Материалы к международной научной конференции. М., 2013. С. 300–305.
4. Аваков П. А. Троицкая линия на Миусском полуострове (1702-1711 гг.) // Новые материалы по истории фортификации, вып. 2: статьи и материалы III и IV международных научно-практических конференций «Памятники фортификации: история, реставрация, использование», Архангельск: Новодвинка, 2016. С. 239–250.
5. Лавринова Т. И. Царицынская линия: история строительства в 1718-1720 и первые годы существования. Волгоград: Издатель, 2012. 96 с.
6. Гукова Е. А. Оборона южных рубежей России в XVIII веке: Украинская линия и

Украинский ландмилицкий корпус (1710-1780 гг.). Дис... канд. истор. наук. М., 2009. 263 с.

7. Дубман Э.Л. Новая Закамская линия: судьба, проект, строительство. Самара: Самарский университет, 2005. 196 с.

CREATION OF DEFENSIVE SYSTEMS IN THE SOUTH AND SOUTH-EAST OF EUROPEAN RUSSIA IN THE FIRST HALF OF THE XVIII CENTURY

M. A. Buevich

This article is devoted to the history of the development of fortified lines on the southern and South-Eastern borders of European Russia in the first half of the XVIII century. These include the Trinity line, which became, in fact, the first application of Western European fortification science in the construction of southern border defense systems, as well as the Tsaritsyn, Ukrainian and New Zakamskaya lines, which were the development of such a concept. This work allows us to conclude that, although the construction of these fortifications used the prevailing concept of Vauban in Western Europe, nevertheless, they became a natural and highest stage in the development of Russian border fortifications built in the XVI-XVIII centuries, while also being a support for the development of border territories – the frontier.

Key words: Borderlands, fortified lines; Troitsky, Tsaritsyn, Ukrainian, New Zakamskaya lines.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 94(47) “1876/1911”+908

ДЕВИАНТНОЕ ПОВЕДЕНИЕ В ЖЕНСКИХ МОНАСТЫРЯХ СИМБИРСКОЙ ЕПАРХИИ ВТОРОЙ ПОЛОВИНЫ XIX – НАЧАЛА XX ВВ.

Е. А. Елисеева

В настоящей статье рассмотрены девиации и их причины в поведении насельниц женских монастырей российской провинции. Исследование основано на архивных материалах по Симбирской епархии второй половины XIX – начала XX вв. Настроение в монастырях контролировалось настоятельницами и духовными органами власти. Одной из причин проявления девиантного поведения насельницами являлось отсутствие обще-жительных уставов в обителях и как следствие – частые контакты девушек с городским населением. Немалую роль играл сословный состав монастырей: во второй половине XIX в. отмечено постепенное окрестьянивание обителей России. Представительницы крестьянского сословия зачастую искали в женских монастырях удовлетворение жизненных потребностей, а не место для спасения души. Принадлежность монастыря к штатам являлась еще одной причиной частых контактов девушек с мирским населением.

Ключевые слова: насельницы, настоятельница, женская обитель, устав.

Институт женского православного монашества не раз становился объектом самостоятельного исследования в области гуманитарных дисциплин. Однако женские монастыри, существовавшие на территории Симбирской епархии, в настоящее время еще не рассматривались исследователями. Историографию данной темы можно разделить на три периода. Дореволюционную литературу о положении женского монашества формируют фундаментальные и статистические работы Е.Е. Голубинского, Л.И. Денисова, Н.И. Баженова, А.К. Яхонтова [1-4]. Так же до революции к проблеме положения женщины духовного сословия в обществе обращались такие исследователи как А.Н. Муравьев, Д.И. Ростиславов [5, 6]. Данные работы сформировали прочный фундамент для историков постсоветского общества. В советской историографии женские обители рассматривались крайне фрагментарно, в рамках антирелигиозной пропаганды. Такие работы подчеркивали контрреволюционные идеи монашества и всей православной церкви М. Горев, Н. Буркин, В.Ф. Зыбковец [7-9]. В современной

исторической науке, используя новые методы исследования, появились региональные исследования Е.А. Антоненко, Т.В. Балашова [10, 11]. Затрагиваются новые аспекты женского вопроса Е.В. Беляковой, А.Н. Беляковой, Е.Б. Емченко, А.Г. Фот, О.Д. Поповой, В.В. Савичевой [12-15]. Благодаря использованию новых методов и подходов, привлечению ранее не опубликованных и не изученных исторических источников формируется представление о женском монашестве как историко-культурном феномене. В данной статье мы предпримем попытку проанализировать девиации в поведении монашествующих и послушниц провинциальных женских монастырей второй половины XIX – начала XX вв.

Во второй половине XIX века в России наблюдается постепенная «феминизация» института православного монашества. Объектом исследования в данном исследовании являются Симбирский Спасский, Сызранский Сретенский, Старо-Костычевский Смоленский женские монастыри. Они располагались на территории Симбирской епархии, Сызранский и Симбирский монастыри являлись

© Елисеева Е. А., 2020.

Елисеева Екатерина Александровна (ekaterina.mironcheva@yandex.ru), аспирант исторического факультета Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

штатными обителями, Старо-Костычевский – заштатной. Принадлежность к штатам влияла на монастырский бюджет.

В делопроизводственной документации Симбирской Духовной консистории сохранились ведомости состава монашествующих и послушниц. Так, штат обителей формировался представительницами практически всех сословий: купечество, дворянство, мещанство, крестьянство. Большой процент от общего числа насельниц был представлен выходцами из крестьянского сословия. Отсюда можно сделать вывод, что социальный состав провинциальных обителей был преимущественно простонародным. В начале XX века число представительниц купеческого и дворянского сословий свелось к минимуму. Причиной этого являлись модернизации общественного устройства второй половины XIX в. Они коснулись и проблемы положения женщины в обществе. Женщина стремилась выйти за рамки традиций Русской Православной Церкви, регулировавших ее повседневные практики, в частности семейную жизнь. У городских женщин наблюдалась трансформация гендерной идентичности под действием развивающихся инфраструктур, прогрессивных периодических изданий. Это демонстрировали новации в их поведении, ломка традиционного стиля жизни. Женщины постепенно переставали актуализировать внимание лишь на благотворительных практиках. Стремление к послушницеской жизни и личному благочестию угасало. Гендерные процессы в городе оказали влияние на сословно-сестринский состав монастырей. Со второй половины XIX в. начинается уменьшение количества представительниц привилегированных сословий в общей массе насельниц женских обителей [16]. При этом исследователь монашества П.Н. Зырянов отмечает, что в 1860-е гг. в сознании молодых девушек дворянского и разночинского сословий была популярна идея «возвращения долга народу». Она включала в себя «хождение» в послушницы монастырей [17]. Стоит отметить, что на гендерную асимметрию в обществе обращали внимание не только женщины столичных городов, но и проживавшие в провинциальных центрах российских губерний. Поскольку в пореформенный период город трансформировался в одно из средств

«модернизации общества, формирования и оживления общественного мнения» [18, с. 5].

Что касается представительниц крестьянского сословия пореформенной деревни, то, традиционное воспитание формировало в их сознании систему общепринятых ценностей: семья, хозяйство и быт [19]. Изменения всех сторон жизни в пореформенной России способствовали эволюции сознания крестьянской девушки в сторону свободы принятия решений. Тем самым некоторые крестьянки определяли для своей жизни монашеский путь. Одним из явлений духовной религиозной жизни деревни было черничество. Черничками называли монашествующих в миру, т.е. девушек, следовавших монашеским традициям, но живших при этом в деревне [20]. Чернички, по мнению Тульцевой Л.А., приобщали крестьянское сословие к церковнославянской грамоте. Автор выделяет два типа черничек: домашние и келейницы. Явление черничества Тульцева определяет как подготовительный этап крестьянских девушек к монашеской жизни. На учительскую, педагогическую роль черничек-келейниц обратила внимание исследователь М.М. Громько [21]. Громько, в свою очередь, черничек-келейниц разделила на отшельниц и подвижниц. Явление черничества говорит о православном начале в сознании крестьянских девушек [22]. Чернички представляли в своем лице духовный эталон, идеал религиозно-аскетической жизни для крестьянских девушек. Именно поэтому часть черничек и других представительниц крестьянского сословия в последующем выбрали послушницеское служение уже в стенах женских монастырей.

Исследователи темы женского монашества выдвигали различные гипотезы относительно причин, по которым девушки уходили в монастыри. По мнению П.Н. Зырянова, женские обители способствовали повышению статуса представительницы крестьянского сословия в обществе [17]. Л.И. Денисов, считает, что монастырь привлекал девушек возможностью удовлетворения своих жизненных потребностей в пище, одежде, жилье [2]. И.К. Смолич, ссылается на религиозные мотивы, которыми руководствовались девушки [23]. Это основные причины ухода девушек в обители, при этом каждая епархия

Российской империи сохраняла индивидуальные особенности внутреннего устройства монастырей. Об этом свидетельствуют ведомости состава послушниц и монашествующих и отчеты настоятельниц монастырей в Духовные Консистории.

Стоит отметить, что численность послушниц в обителях России доминировала над монахинями. К примеру, в 1913 г. число вторых составляло 7300 человек, а послушниц – 20268 [24]. Это говорит о том, что девушки не спешили переходить в официальный статус монашествующих. Они занимали удобное социальное положение, сохраняя за собой свободу выбора дальнейшего пути. По нашему мнению, это тоже являлось результатом социальных и имущественных расслоений пореформенного периода.

Количество женских монастырей, указанное в отчетах обер-прокурора Святейшего Правительствующего Синода, включало и женские общины. Они являлись неким преддверием монастырей, переходным этапом от мирской жизни к монашеской. Согласно В.В. Зверинскому появлению женских общин способствовали церковные реформы 1764 года [25]. Образование женских общин происходило благодаря личному почину подвижниц. Зачастую девушки организовывали их при богадельнях. Увеличиваясь территориально, по количеству насельниц, осуществляя культовые и внекультовые практики, общины получали официальный статус женских монастырей.

Женские монастыри были как физически, так и духовно закрыты от городской жизни. Девушки могли выйти за ворота монастыря только с разрешения настоятельницы и по уважительной причине. Поведение насельниц, их связь с внешним миром регулировал монастырский устав. По уставному признаку женские обители ранжировались на общежительные и необщежительные [26, с. 8]. Стоит отметить, что Сызранский Сретенский женский монастырь был общежительным, т.е. с нераздельным имуществом, общей трапезой, одеждой. Насельницы трудились на монастырских земельных участках с целью обеспечения жизнедеятельности всей обители [27, л.11 об.].

Что касается девиаций в поведении насельниц, то в Сретенском монастыре был зафиксирован лишь один случай, связанный с

лжесвидетельством. Это был процесс по делу монахини Паисии (Анны Уваровой Железняковой) в 1876 году. Монашествующую обвиняли в краже банковского билета и порчи собственного лица [28, л. 8]. Настоятельница монастыря игуменья Мария написала объяснительное письмо, где отметила Железнякову как «лицо непричастное, с любовью относящееся к монашеской жизни» [29, л. 17]. В 1877 Симбирский окружной суд оправдал Анну Железнякову в связи с отсутствием доказательств ее вины, и дело было закрыто.

Спасский монастырь относился к классу необщежительных. Отсюда следует, что монашествующие работали больше на себя и чаще могли покидать территорию обители с целью налаживания имущественных отношений. Согласно документам регламентации жизни в женских монастырях в 1911 году в Симбирской обители было замечено немало недостатков. «Повседневная жизнь инокинь поглощается трудом почти исключительно направленном к добыванию средств для содержания и обеспечения. Каждая из них смотрит на обитель как на место для спокойной жизни, удобное для приложения труда в личную пользу. Преследование личных интересов, печение о средствах содержания представляет отрицательную сторону жизни, нарушение монашествующих обязанностей» [30, л. 4]. Инокини часто отлучались за стены монастыря без получения на это разрешения от настоятельницы. Такое поведение было категорически запрещено в Сретенском общежительном монастыре. Отсюда мы видим, что уставная классификация оказывала прямое влияние на формирование мышления у монашествующих и послушниц в женских монастырях.

После данного доклада в Симбирской обители решено было ввести общежительный устав. Против введения общежитий организован бунт, зачинщицами которого выступили две монахини Елизавета, Рафаэла и Антония. [27, л. 45]. Симбирская духовная консистория постановила распределить зачинщиц по уездным монастырям с целью перевоспитания.

Однако территориально-географическое расположение женских обителей в Симбирской епархии не ограничивалось городами. В конце XIX века в селе Старые Костычи Сызранского уезда была учреждена

Смоленская женская община. В последующем благодаря активной культовой и внекультовой деятельности, она получила статус третьеклассного женского монастыря. Община функционировала согласно уставу, который ей дал ее учредитель старец Пантелеймон. Но в отличие от вышеописанных обителей, Старо-Костычевский монастырь не входил в число штатов, т.е. обеспечивал жизнедеятельность сам [26]. К недостаткам внутреннего устройства монастыря Симбирская Духовная консистория отнесла частые выходы насельниц за территорию обители. Из-за финансового неблагополучия вода монастырем приобреталась на личные средства насельниц. «Имеющаяся в том монастыре баня, вследствие дороговизны отопления» никогда не отапливалась, поэтому насельницы вынуждены были ходить «в бани по селу» [27, л. 12 об.]. Данное явление шло в разрез с регламентом жизни в общежительных монастырях. В рапорте для Симбирской Духовной консистории казначея монахиня Серафима писала: «во исполнение указа от 1911 года, я очень затрудняюсь что-либо ответить какие меры можно принять к благоустройству монастыря, потому что сестры монастыря с давних пор привыкли жить каждая для себя и устанавливать новую жизнь может только новая настоятельница» [27, л. 30]. На этот недостаток указывал в своем рапорте и благочинный Сызранского уезда Николай Орлов. «Послушницы коих в монастыре выше 100 привыкли к полному самоволию, приходили в монастырь не ради спасения души, а ради легкой жизни, а потому для новой настоятельницы предстоит много труда и неприятностей, чтобы установить среди послушниц тот порядок, который требуется указом Святейшего Синода». Итак, можно заметить, что наличие устава в Смоленской обители не исключало нарушений в соблюдении его норм насельницами. Следовательно, официальное признание монастыря общежительным не гарантировало отсутствия отклонений в поведении насельниц. Они поступали в монастырь «не по внутреннему влечению к иночеству, а ради спокойного обеспечения своей жизни» [12, с. 239].

Итак, можно прийти к выводу, что на поведение послушниц и монашествующих женских монастырей оказывал влияние сословный

состав, уставная и штатная структура и уровень контроля настоятелей. В уездном общежительном монастыре поведение насельниц было регламентировано монастырским уставом, за соблюдением которого строго следила настоятельница. В связи с этим насельницы, осуществляя культовые и некультовые практики, не нарушали норм поведения. Необщежительный женский монастырь был больше интегрирован в социокультурное городское пространство. Такая же проблема была и у нештаной Старо-Костычевской обители. Из-за недостатка средств насельницы часто покидали ее территорию. Практики взаимодействия с мирским населением отрицательно сказывались на духовной деятельности монастыря.

Литература

1. Голубинский Е. Е. История Русской церкви. М.: Тип. Э. Лиссер и Ю. Роман, 1880-1911. Период второй. Московский: От нашествия монголов до митрополита Макария включительно: Первая половина тома. М.: Императорское Общество истории и Древностей Российских при Московском университете, 1900, 919 с.
2. Денисов Л. И. Православные монастыри Российской империи. М.: Издание А. Д. Ступина, 1908. 984 с.
3. Баженов Н. И. Статистическое описание соборов, монастырей, приходских и домовых церквей Симбирской епархии по данным 1900 года. Симбирск: Типо-литография А.Т. Токарева., 1903. 372 с.
4. Яхонтов А. К. Город Сызрань и его достопримечательности: (Ист.-церк.археол. описание). Симбирск: типо-литография А. Т. Токарева, 1901-1902. 96 с.
5. Муравьев А. Н. Мысли светского человека о книге «Описание сельского духовенства». СПб.: типография Королева и К°, 1859. 16 с.
6. Ростиславов Д. И. О белом и черном духовенстве в России. Т. 1. Лейпциг: Ф. Вагнер, 1886. 674 с.
7. Горев М. Церковные богатства и голод. М.: Гиз, 1922. 8 с.
8. Буркин Н. Монастыри в России. М. Безбожник, 1931. 40 с.
9. Зыбковец В. Ф. Национализация монастырских имуществ в Советской России (1917-1921 гг.) М. : Наука, 1975. 208 с.

10. Антоненко Е. А. Женские монастыри в Центральном Черноземье: XX – начало XXI вв.: автореф. дис. ... канд. ист. наук. Белгород, 2017. 22 с.
11. Балашова Т. В. Московские монастыри в социо-культурной среде стличного города второй половины XIX – начала XX века: автореф. дис. ... канд. ист. наук. М., 2007. 25 с.
12. Белякова Е. В., Белякова А. Н., Емченко Е. Б. Женщина в православии: церковное право и российская практика. М.: Кучково поле, 2011. 702 с.
13. Фот А. Г. Женщина духовного сословия в русском обществе второй половины XIX века: отечественная историография проблемы // Вестник Оренбургского Государственного педагогического университета. 2017. № 4 (24). С. 157-169.
14. Попова О. Д. В стенах конвикта (Очерки повседневной жизни женских епархиальных училищ). Рязань: Поверенный, 2006. 276 с.
15. Савичева В. В. Портрет жены священнослужителя во второй половине XIX — начале XX века (по материалам Вологодской епархии) // Женская история и современные гендерные роли: переосмысливая прошлое, задумываясь о будущем. М., 2010. Т. 1. С. 160—165.
16. Елисеева Е. А. Социальный состав насельниц Сызранского Сретенского женского монастыря второй половины XIX в. // Центр и периферия. Саранск, 2019. №4. С.30-33.
17. Зырянов П. Н. Русские монастыри и монашество в XIX – начале XX века. М.: Вербум-М., 2002. 319 с.
18. Кошман Л. В. Русский город в XIX веке: социокультурный аспект исследования: автореф. дис. ... д-ра ист. наук. М.: МГУ, 2001. 44 с.
19. Шаповалова С. П. Крестьянская женщина Центрального Черноземья в 60-90-е гг. XIX века: Исторический портрет: автореф. ... дис. канд. ист. наук. Воронеж, 2003. 22 с.
20. Тульцева Л. А. К этнопсихологической характеристике одного типа русских женщин: Христовы невесты (чернички) // Мужчина и женщина в современном мире: Меняющиеся роли и образы. М., 1999. С. 282-292.
21. Громыко М. М. Традиционные нормы поведения и формы общения русских крестьян XIX в. М., 1986. 274 с.
22. Колесникова В. Л. Женщина духовного сословия второй половины XIX – начала XX столетия: исторический портрет: автореф. ... дис. канд. ист. наук. Белгород, 2007. 23 с.
23. Смолич И. К. Русское монашество. 988-1917. Жизнь и учение старцев. М.: Православная энциклопедия, 1997. 606 с.
24. Всеподданнейший отчет обер-прокурора Святейшего Синода по ведомству православного исповедания за 1913 год. Петроград: Синодальная тип., 1915. 235 с.
25. Зверинский В. В. Материал для историко-топографического исследования о православных монастырях в Российской империи. Т.1. СПб.: Тип. В. Безобразова и К°, 1890. 314 с.
26. Барсегян Т. В. Типология православных монастырей России // Монастыри в жизни России. Калуга; Боровск, 1997. С. 6-10.
27. Государственный архив Ульяновской области (ГАУО). Ф.134. Оп.3, Д.1136.
28. ГАУО. Ф.134. Оп.2, Д. 96.
29. ГАУО. Ф.134. Оп.7, Д. 514.
30. Сызранский филиал Центрального Государственного архива Самарской области (Сф ЦГАСО). Ф.26. Оп.5, Д.100.

DEVIAN BEHAVIOR IN THE NUNNERY OF THE SIMBIR EPARCHY OF THE SECOND HALF OF THE XIX - THE BEGINNING OF THE XX CENTURY

E. A. Eliseeva

This article discusses the deviations and their causes in the behavior of natives of convents in the Russian province. The study is based on archival materials on the Simbirsk eparchy of the second half of the XIX - XX centuries. The mood in the monasteries was controlled by the abbesses and the spiritual authorities. One of the reasons for the manifestation of deviant behavior by the natives was the lack of sociable charters in the cloisters and, as a result, the frequent contacts of girls with the urban population. An important role was played by the estate composition of monasteries: in the second half of the 19th century a gradual modification of the cloisters of Russia was noted. Representatives of the peasant estate often looked for in women's monasteries the satisfaction of vital needs, and not a place for the salvation of the soul.

Key words: natives, abbess, nunnery, charter.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 329.15

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ В СТРАНАХ ТРЕТЬЕГО МИРА НА ПРИМЕРЕ РЕЖИМОВ НАСЕРА В ЕГИПТЕ И АЛЬЕНДЕ В ЧИЛИ: СХОДСТВА И РАЗЛИЧИЯ

Р. А. Уперчук, Д. В. Сачук

В ходе исследования на основании нейтральных источников было проанализировано влияние географического, политико-экономического и исторического контекста на особенности формирования социализма в странах Латинской Америки и Африки. На примере правления Сальвадора Альенде в Чили и Гамала Абделя Насера в Египте было проведено сравнение латиноамериканского и арабского социализма, выявлены взаимные сходства и отличия данных режимов, а также их принципиальные отличия от классического марксизма-ленинизма. Определены причины успеха Насера в построении социалистического режима в Египте, а также основные аспекты поражения Альенде в попытке перевода Чили на социалистический курс. Освещены наиболее значимые события и достижения в период правления упомянутых президентов.

Ключевые слова: коммунизм, социализм, экономическая система, политический курс, Киберсин, ОАР, национализация, колониализм, внешняя политика.

Концепция социализма, получившая академическую форму впервые в работах Карла Маркса и Фридриха Энгельса, оказала первостепенное влияние на развитие общества в минувшем XX и текущем XXI столетиях. Несмотря на то, что общий вектор развития социалистических стран был один и тот же, в каждом государстве социализм приживался по-своему и приобретал уникальную форму. Целью исследования является выявление особенностей латиноамериканского и арабского социализма методом сравнительного анализа. В качестве объектов исследования выбраны политические режимы стран Латинской Америки и Африки. Выбор обоснован следующими факторами:

- оба континента выступили площадками для противоборства капиталистического и социалистического блоков, и страны, в которых социализм являлся доминирующим, представляют интерес;

- в странах Латинской Америки и Африки существовали особенности географического, политического и экономического

климата, что в совокупности оказало влияние на принесённую извне концепцию;

- существует дефицит нейтральных источников о характеристике политических режимов в данных странах, не затронутых левыми идеологиями, поэтому данная работа представляет научный интерес.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- выполнить литературный обзор существующих источников по данной теме;
- рассмотреть исторические предпосылки возникновения социалистических движений в Латинской Америке и Африке;
- проанализировать роль СССР и США в развитии этих движений;
- проанализировать отражение политики социализма на общественной жизни.

Зарождение социализма и его основные черты

Аналоги некоторых социалистических принципов высказывались в античности, в

© Уперчук Р. А., Сачук Д. В., 2020.

Уперчук Роман Андреевич (uperchuk.roman@yandex.ru),

студент IV курса института ракетно-космической техники;

Сачук Дарья Васильевна (sachukdasha@yandex.ru),

студент IV курса института ракетно-космической техники Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

частности, древнегреческим философом Платоном и поэтом Аристофаном. В более развёрнутом виде эти идеи были представлены Томасом Мором и Томмазо Кампанеллой, получив название утопического социализма. Следующим этапом развития стало возникновение социалистических моделей Фурье, Сен-Симона и Оуэна в XIX веке.

Социализм обрёл каноническую форму в тематических работах философов Маркса, Энгельса и Ленина. Благодаря совместной работе Маркса и Энгельса произошло объединение конкурирующих и враждебных друг другу коммунистической и социалистической концепций как результат выдвижения тезиса о том, что коммунистическое общество может быть сформировано исключительно поэтапно и за счет реализации как коммунистических, так и социалистических идей. Социализм и коммунизм практически стали синонимами и стали важнейшими компонентами единого целого. Под первым подразумевался результаты победы революции пролетариата во всем мире, а под вторым – результат воспитания нового поколения в социалистическом общественном контексте и стремительного развития плановой экономики. Предполагалось, что труд из необходимости эволюционирует в человеческую потребность, что повлечёт за собой исчезновение классового деления, товарно-денежных отношений и государства как общественного института.

Преобразование империалистического мира в коммунистический должно было стать результатом ряда общественных нововведений. Обобщая, можно выделить наиболее существенные из них:

- национализация хозяйства и ограничение частной собственности с постепенным полным её исчезновением. В качестве начального шага выступает отчуждение капитала у крупных мировых промышленников;

- массовая организация труда путём распределения по рабочим местам пролетариата, что должно способствовать устранению конкуренции и, как результат, социальной справедливости в трудовой сфере. Роль капиталистов, которые, как предполагалось, должны были остаться на начальных этапах, становилась тождественна роли государства, что выражалось в необходимости организовывать новые рабочие места и выплачивать рабочим одинаковую зарплату;

- труд должен стать обязательным для всех членов общества. Для обеспечения устойчивого развития в рамках разрабатываемой плановой экономики предполагалось создавать промышленные армии, в значительной степени – с целью подъёма сельского хозяйства;

- национализация банковской системы и системы общественного транспорта. Предполагалось создание и развитие государственных банков и исключение коммерческих;

- коллективное воспитание детей, постепенный отход от традиционного понятия семьи. Приобщение к труду и подготовка к определённой трудовой роли должны стать ключевыми составляющими системы образования;

- создание общих жилищ для пролетариата с объединением элементов городского и сельского образов жизни в коммунах, жители которых будут решать бытовые и трудовые вопросы коллективно и др.

Вышеперечисленные, а также многие другие аспекты социалистического общества, как показала историческая практика, даже в государствах, целиком развивавшихся под эгидой социализма (СССР, Китай, Вьетнам, Куба и др.) оказались реализованы лишь частично. На это оказала влияние целая совокупность разнообразных факторов, в основном, это утопичность и нежизнеспособность социализма в реальных условиях, что подтвердилось многочисленными статистическими результатами. В государствах Латинской Америки и Африки социализм пришёл извне и получил уникальные отличительные черты, к рассмотрению которых и следует перейти.

Социализм в Латинской Америке

На общественное развитие латиноамериканских государств в контексте середины XX века оказывали влияние следующие факторы: [1]:

- несмотря на то, что в целом социалистические учения попали в Латинскую Америку из Европы, многие черты традиционного общественного строя были сходны социалистическим. В трудах ряда исследователей это получило название общинного социализма. Так, в империях ацтеков, инков и майя до испанской и португальской колонизации образ жизни простого народа напоминал образ жизни пролетариата в трудах Маркса и Энгельса, и это выступало как позитивный фактор для принятия социализма на идеологическом уровне;

- международная и внутренняя торговля латиноамериканских стран находилась под ограничениями со стороны США, что способствовало развитию образа плановой экономики как возможности экономического освобождения от североамериканского контроля;

- смешанный состав населения, в который входили белые колонисты, беглые и освобожденные рабы, местные индейские племена. Социалистические идеи пользовались популярностью у небелого населения, желавшего искупления европейцев за колониальное прошлое и достижения равенства;

- обилие природных ресурсов, что делало возможным экстенсивное развитие плановой экономики на начальных этапах;

- наличие самостоятельной общественно-государственной инфраструктуры, сформировавшейся за сотню лет с момента получения независимости. Это, как вначале предполагалось, должно было способствовать принятию самостоятельного выбора идеологии.

Социалистические режимы в странах Латинской Америки были установлены преимущественно мирным путём, с минимальным кровопролитием среди населения. В этом также сыграли роль высокие темпы роста населения. Вследствие этого весомой долей избирателей стала молодёжь, готовая к переменам в общественной жизни.

Социализм в Африке

В Африку социализм был принесён не таким мягким путём, как в страны Латинской Америки. Во многом это объяснялось совокупностью следующих факторов:

- экономические системы абсолютного большинства африканских стран являлись частью распадающихся на тот момент колониальных империй. В метрополиях (Великобритания, Франция) социализм потерпел поражение, и отсутствие самостоятельных экономических систем у колоний несло потенциальный ущерб в вероятном выборе социалистического вектора общественного развития;

- помимо стабильной экономики, у колоний отсутствовала политическая независимость от своих метрополий. Это осложняло ситуацию, однако выступало как интеграционный фактор среди государств, желавших выйти из-под европейского контроля;

- распространение природных ресурсов в

Африке имеет рассеянный характер, большую часть территории занимают не пригодные для добычи ископаемых и развития хозяйства пустыни. Вследствие этого возникал дефицит ресурсов, и развитие плановой экономики было значительно затруднено;

- смешанный религиозный состав (мусульмане, христиане и иудеи) способствовал частым конфликтам и деятельности различных радикальных группировок, действовавших против местного населения. Это осложняло и значительно замедляло возможность коллективного договора.

Результатом воздействия вышеописанных факторов стало непродолжительное существование возникавших социалистических режимов с большой частотой вооружённых конфликтов. Части африканских государств оказывал помощь СССР, другой части – США, что превратило Африку в поле битвы между двумя враждебными друг другу идейно-политическими учениями.

Сравнительный анализ латиноамериканского и африканского социализма

В качестве примера следует перейти к более детальному сравнению двух социалистических режимов: в Латинской Америке и Африке. Для проведения сравнительного анализа были выбраны режимы Сальвадора Альенде, президента Чили (1970-1973), и Гамала Абделя Насера, президента Египта (1958-1970). Выбор обусловлен наличием ярких и контрастных результатов деятельности глав стран и схожими временными рамками правления.

Египет в годы правления Насера

Основной задачей для Египта на рубеже 1950-1960 гг. выступало освобождение от британской колонизации. Шаги по направлению к этому, как и следовало ожидать, привели к ухудшению отношений Египта с Великобританией и практически со всей капиталистической Европой. На фоне этого Насер направил политический курс на сближение с СССР, что и привело к созданию социалистической системы в Египте. Президент Египта понимал, что ввиду местных общественных особенностей идеи Маркса, Энгельса и Ленина не могут быть реализованы в полной мере без определённых адаптационных мер. Их было 5:

1. Принятие религии как интеграционного фактора, так как ввиду исторического

развития и многонационального состава искоренение религии, хотя бы в данный исторический период, невозможно;

2. Если марксизм-ленинизм предполагает переход от диктатуры буржуазии к диктатуре пролетариата, то в рамках египетского социализма должно произойти не изменение классовой полярности, а переход к диктатуре всего народа в целом, независимо от классов;

3. Предполагалась безболезненная адаптация бывших колонистов к новым условиям без каких-либо санкций по отношению к ним;

4. Предполагалось сохранение частной собственности неэксплуататорского типа;

5. Отсутствие земельной национализации.

На арене международных отношений Насер стремился к интеграции исламских государств. Шагом к этому стало провозглашение Объединенной Арабской республики (ОАР) в 1958 г., включавшей в себя Египет и Сирию. Государство, однако, через три года распалось, и новое название перешло к Египту. Насером была оказана значительная поддержка национально-освободительным движениям в арабском мире, к примеру, большой вклад был внесён в обретение Алжиром независимости от Франции в 1962 г.

Среди экономических результатов правления Насера следует выделить, главным образом, образование самостоятельной хозяйственной системы. С января 1957 г. началась национализация основных иностранных банков, страховых компаний и предприятий, действовавших в стране. К осени того же года около 400 британских и 800 французских корпораций перешли во владение частного египетского

капитала. После вывода иностранных компаний из страны национализация коснулась уже местных промышленников, и к концу 1960-х гг. доля государственного сектора в экономике Египта достигла 90%. По примеру СССР для развития сельского хозяйства создавались кооперативы и государственные хозяйства.

Остальные наиболее значительные итоги правления Насера (1958-1970) в социальной, экономической и внешнеполитической сферах представлены в таблице (табл. 1).

Экономическую и политическую деятельность Насера сложно охарактеризовать однозначно. Несмотря на то, что были сделаны значительные успехи в построении самостоятельной экономики, обретении независимости и установлении социальной справедливости в стране, арабский социализм не продержался в стране продолжительное время [2]. На это повлияли недочёты в экономическом управлении, вследствие которого ресурсы страны использовались нерационально, что значительно замедляло хозяйственный рост Египта. Национализация экономики привела к тому, что многие египетские промышленники, работавшие с иностранными корпорациями, перебрались за границу, что лишило Египет значительного количества людей, обладавших опытом и способных внести вклад в национальную экономику. Другим аспектом, способствовавшим разрушению социалистической системы, стал неудачный исход войны судного дня против Израиля (6-24 октября 1973 г.), развязанной следующим президентом Египта Анваром Садатом (1970-1981), что практически вынудило Египет принять помощь США.

Таблица 1

Результаты правления Насера

Социальная сфера	Промышленность и коммерция	Внешняя политика
Запрет половой дискриминации, развитие системы социальных выплат, развитие систем образования, здравоохранения в рамках политики социальной справедливости	Национализация Суэцкого канала, строительство Асуанской ГЭС и водохранилища им. Насера, национализация табачной, цементной, фармацевтической и фосфатной промышленности, повышение уровня занятости и улучшение условий труда рабочих	Политика нейтралитета и укрепление связей с Индией, Китаем, Индонезией; Шестидневная война с Израилем, арабо-израильский конфликт, Суэцкий кризис, участие в движении Неприсоединения и создания Организации африканского единства

Чили в годы правления Альенде

Годы президентства Сальвадора Альенде (1970-1973) были недолгими, однако ему удалось внести в государственную жизнь ряд ярких изменений. Как и в случае с Египтом, марксизм-ленинизм не мог напрямую прижиться в Чили ввиду особенностей латиноамериканского контекста, о чём говорилось ранее. Поэтому, придя к власти, Альенде в послании конгрессу отметил 5 пунктов, которые должны были стать отличительными чертами чилийского социализма:

1. Гарантия принципа законности новых общественных преобразований;
2. Увеличение роли государственных институтов во всех сферах государственной жизни, преимущественно, в народно-хозяйственной;
3. Соблюдение политических прав и свобод независимо от социальной стратификации граждан;
4. Исключение проявления любых видов насилия на пути перенаправления страны на социалистический вектор;
5. Обобществление средств производства [3].

Национализация в Чили, если сравнивать с Египтом, произошла более болезненно. Весомый вклад в экономику страны прежде вносили латифундисты, и проведение аграрной реформы привело к активному сопротивлению с их стороны. Начали происходить массовые забой скота и перегоны стад через границу в Аргентину. Как и в случае с Египтом, произошёл отток крупных промышленников в капиталистические страны, что негативно сказалось на экономике. Сближение с СССР привело к серьёзным экономическим санкциям со стороны США, в частности, произошёл упадок медеплавиной промышленности, прежде финансируемой американскими компаниями. Государство, в итоге, оказалось неготовым к обретению экономической независимости от США.

Поскольку планируемые реформы требовали значительного вложения капитала, одним из решений стал временный мораторий на уплату внешних долгов. Результатом этого, как и следовало ожидать, стал отток внешних капиталов от Чили и прекращение внешнего кредитования. Нововведения в социальной сфере, которые, как ожидалось ранее, должны были

способствовать повышению уровня жизни рабочего класса, оказали обратный эффект: весной 1973 г. в Чили начался застой экономики. Экономический кризис вследствие оттока зарубежного капитала и падения чилийского рынка меди привёл к резкому снижению реальных доходов населения. Распространение бесплатного государственного образования и медицинского обслуживания, а также повышение заработной платы привели к росту инфляции в 9 раз (с уровня 23% в 1971 г. до 190% в 1973 г.). Национализация супермаркетов и запрет на частную торговлю привели к дефициту продуктов питания и питьевой воды [4].

Если говорить об социальных и экономических инновациях, то правительство Альенде первым в мире составило концепцию создания массовой компьютеризированной системы управления экономикой (Киберсин). Данная система объединила более 500 предприятий, её центр располагался в администрации президента. Предполагалось, что это поспособствует повышению качества обратной связи и активному обмену информацией. В частности, Киберсин использовался для выхода на связь с базирующимися консервативными предпринимателями (октябрь 1972 г.). Киберсин должен был стать начальной версией более развернутой системы взаимодействия с населением, посредством которой каждый гражданин должен был иметь возможность задавать вопросы правительству и получать на них незамедлительный ответ в режиме онлайн [5].

Подводя итог, основные результаты президентства Сальвадора Альенде (1970-1973) можно обобщить в таблице (табл. 2).

Заключение

В ходе исследования были выявлены следующие особенности формирования социализма в Латинской Америке и Африке.

Среди общих черт можно выделить неравномерное развитие производства (система Киберсин, сооружение Асуанской ГЭС с одной стороны, падение многих отраслей промышленности и экономический спад с другой). Эта черта, однако, применима не только к латиноамериканскому или африканскому социализму, но и к социалистическим режимам в целом (исторический пример СССР, Китая, Вьетнама, Кубы и др.);

Результаты правления Альенде

Социальная сфера	Промышленность и коммерция	Внешняя политика
Создание бесплатного образования и здравоохранения [6, с.740], развитие системы социальных выплат, повышение заработной платы	Аграрная реформа, национализация крупных частных компаний, создание системы интегрированного взаимодействия с предпринимателями (Киберсин), национализация супермаркетов, установление официальных твёрдых цен	Ухудшение отношений с США и капиталистическим блоком и прогресс в отношениях с СССР, от которых Альенде получал экономическую помощь

Успешные изменения в социальной сфере, обеспечивавшие бесплатное образование и здравоохранение, повышенную заработную плату с одной стороны и спад реальных доходов населения с другой. Здесь сыграла роль отсутствия самостоятельных экономических систем или в целом (Египет), или вне ограничений со стороны США и прочих стран (Чили).

Решающую роль в успехе Насера среди населения и среди политических лидеров играли признание исламской религии как важнейшего интеграционного фактора и продуманная дипломатия; немаловажную роль сыграло освобождение страны от присутствия британских войск, что способствовало повышению национального духа египтян. В христианском Чили религия как интеграционный фактор не проявилась.

Успех правых в свержении режима Альенде обусловлен влиянием экономической элиты в Чили, поддержкой США и отсутствием идеологических противоречий, имевшихся в радикальных группировках («Братья-мусульмане» и др.) в Египте.

Национализация промышленности, как и в марксизме-ленинизме, играла ведущую роль в построении латиноамериканского и африканского социализма. Различие было в том, что в Египте это проявлялось в меньшей мере, и частная собственность сохранялась в определённых масштабах. В Чили, сложившемся как капиталистическое государство,

посягательства на частную собственность ввергли страну в экономический кризис.

Особенностью данной работы является то, что в процессе её выполнения использованы нейтральные источники, поэтому она представляет собой интерес по объективному анализу режимов правления выбранных личностей.

Литература

1. История латиноамериканского социализма. URL: http://www.historicus.ru/istoriya_sotsializma_v_Latinskoj_Amerike (дата обращения 22.10.2019 г.)
2. Федорченко А. В. Современная оценка наследия Гамала Абдель Насера // М.: Вестник МГИМО-Университета. – 2018. – Т. 2. – №. 59. С. 205-213.
3. Строганова Е. Д. Идеи социализма в Латинской Америке // Латинская Америка. – 2009. – №. 12. – С. 43-59.
4. Macroeconomic populism in Latin America. URL: <https://www.nber.org/papers/w2986.pdf> (дата обращения 22.10.2019).
5. Орлов А.И. Солидарная информационная экономика – инструмент реализации национальных интересов // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 33.
6. Waitzkin H. Commentary: Salvador Allende and the birth of Latin American social medicine // International journal of epidemiology. – 2005. – Т. 34. – №. 4. – С. 739-741.

NASSER AND ALLENDE REGIMES AS EXAMPLES OF SOCIALIST MOVEMENT IN THIRLD WORLD: SIMILARITIES AND DIFFERENCES

R. A. Uperchuk, D. V. Sachuk

In his article, the influence of geographical, political, economic, and historical context on the features of the formation of socialism in Latin America and Africa is analyzed. On the example of the reign of Salvador Allende in Chile and Gamal Abdel Nasser in Egypt, a comparison of Latin American and Arab socialism was carried out, mutual similarities and differences of these regimes were revealed, as well as their fundamental differences from classical Marxism-Leninism. The reasons for Nasser's success in building a socialist regime in Egypt are identified, as well as the main aspects of Allende's defeat in an attempt to transfer Chile to a socialist course. The most significant events and achievements during the reign of the mentioned presidents are highlighted.

Key words: communism, socialism, economic system, political course, Cybersyn, UAR, nationalization, colonialism, foreign policy.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Uperchuk R. A., Sachuk D. V., 2020.

Uperchuk Roman Andreevich (uperchuk.roman@yandex.ru),
student IV course of the Space Rocket Engineering Faculty;

Sachuk Daria Vasilevna (sachukdasha@yandex.ru),
student IV course of the Space Rocket Engineering Faculty of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ЖЕНСКАЯ ПОСЕДНЕВНОСТЬ В СССР В 1920–1930-Е ГГ. (НА МАТЕРИАЛАХ КИНЕМАТОГРАФИЧЕСКИХ И ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ)

И. Д. Янцен

В данной работе рассматривается проблема женской повседневности в первые два десятилетия существования советской власти. Понимание современных проблем российских женщин невозможно без исследования повседневности советских женщин в России в 1920–1930-е гг., так как именно тогда произошла ломка старых и формирование новых установок жизни женщин, которые продолжают существовать и сегодня. На основе анализа кинематографических источников и изобразительных источников (плакатное искусство и живопись), несущих важные смыслы и послы, автор конкретизирует картину повседневной жизни женщин в СССР. По результатам анализа делается вывод о том, что женщины в советском обществе рассматриваемого периода выполняли две главные социальные роли: роль труженицы и обязательную, общественно значимую роль матери.

Ключевые слова: частная жизнь, семья, социализм, гендерная история, Советская Россия.

В связи с социально-экономическими процессами, происходящими в последние десятилетия существования постсоветской России изучение проблемы женской повседневности в СССР в 1920–1930-е гг. приобретает все большую важность. Возвращение в рамках семейно-демографической политики к традиционным ценностям и установкам с целью повышения рождаемости заново открыло в нашей стране «женский» вопрос, сутью которого снова является возврат женщины в круг семьи. Обоснование новой семейно-демографической политики ее авторы искали через критику советской семейной политики, согласно которой женщина официально признавалась равноправной мужчине и обязывалась участвовать во всех сферах жизни общества, не забывая при этом о рождении детей. Создатели новой семейной политики упрекают современных россиянок в том, что они забыли о своей «семейной» обязанности и слишком увлеклись идеями равноправия, построением карьеры и участием в общественно-политической жизни. При этом многие положения разработанной и принятой концепции семейной и демографической политики повторяют советские (в частности, поддержка семьи и сегодня осуществляется через

материальную помощь женщинам). В этой связи прослеживается прямая преемственность советского прошлого и настоящего России по проблемам женской повседневности. Следовательно, чтобы понять текущие социально-экономические процессы, непосредственно затрагивающие нынешних россиянок, необходимо вернуться к истокам проблемы, а именно – к вопросу женской повседневности в 1920–1930-е гг. Именно тогда произошла ломка старых и формирование новых установок жизни женщин, которые продолжают существовать и сегодня. Понимание современных проблем российских женщин невозможно без исследования данной темы, что делает нашу работу актуальной и социально значимой. Автор поставил перед собой следующую цель – попытаться сформировать картину женской повседневности в СССР в 1920–1930-е гг. на основе анализа кинематографических и изобразительных источников того времени.

Историографическую основу работы составили труды советских и современных российских историков, внесших наиболее существенный вклад в разработку рассматриваемого вопроса: это работы Н. И. Араловец, А. А. Баранова, В. М. Долгой, В. Б. Михайлюк,

В. Г. Чумаченко, М. П. Кима, Ю. Градской, С. Г. Айвазовой, Л. В. Бабаевой, В. Н. Балашовой, П. М. Ельчанинова, А. Каменского, Т. Г. Киселевой, Н. Б. Лебиной, Т. Ю. Дашковой, О. Булгаковой, М. И. Туровской и ряда других.

Кинематографические источники, к которым относятся художественные фильмы, произведенные в СССР, и изобразительные, включающие живопись и плакатное искусство, довольно обширны и многообразны. Они весьма специфичны и очень значимы для изучения женской повседневности исследуемого периода, поскольку их объединяет доступность для показа советским гражданам и массовость производства.

Кинодокумент выступает в нескольких равноправных качествах. Это и исторический источник, и источник информации, и продукт производственно-творческой деятельности, и произведение искусства [1, с. 7]. Несмотря на то, что кинодокументы дают фрагментарную, отрывочную информацию о повседневности советских женщин изучаемой эпохи, данные источники позволяют вычленивать важнейшую историческую информацию. Кинофильмы как исторические источники важны, поскольку они впитывают в себя пластику времени: движения, жесты, позы, из которых создаются образы, обнаруживающие в себе характерные особенности своей культуры, социального слоя и времени. Кинематограф как исторический источник уникален тем, что мы можем увидеть, как люди двигались. С помощью кино можно было программировать поведение людей и задавать образцы. Киноискусство в 1920-1930-е гг. стало действенным средством формирования и воспитания нового советского человека (в частности, «новой женщины»), придания ему нужных качеств и свойств. Как говорил В. И. Ленин, «...из всех искусств для нас важнейшим является кино» [2, с. 24]. Тем самым развитие кино стало ведущим направлением государственной культурной политики.

Зарождающийся советский кинематограф имел свои особенности.

Во-первых, советское кино было массовым. Оно отличалось демократичностью, простотой языка, позитивным пафосом и стандартизованностью.

Во-вторых, в советских фильмах не было ничего случайного. Производство фильмов

контролировалось государственной цензурой, начиная уже со сценария. Все, что попадало в кино, имело свой смысл и являлось знаками, значения которых определенным образом маркировалось. Информация, содержащаяся в фильме, была понятна и однозначна для зрителя, другие ее интерпретации исключались.

В-третьих, важнейшим жанром советского кино (особенно во второй половине 1930-х гг.) становится комедия и музыкальная комедия, ориентированная на массового зрителя. Данный жанр в качестве преимущественного был выбран не случайно, так как режиссеры руководствовались выдвинутым государственно-партийными структурами лозунгом «Поучать, развлекаая». Как писал руководитель советского кинематографа в 1931-1938 гг. Б. З. Шумяцкий: «В стране строящегося социализма, где нет частной собственности и эксплуатации, где враждебные пролетариату классы ликвидированы, где трудящиеся объединены сознательным участием в строительстве социалистического общества и где партией успешно выполняется огромная задача ликвидации пережитков капиталистического общества даже в сознании людей – в этой стране на комедию, кроме задачи обличения, возлагается и другая, более важная и ответственная задача: создание бодрого, радостного зрелища» [3, с. 247]. В-четвертых, персонажи фильмов, как мужские, так и женские, давались зрителю готовыми, без психологических и внутренних изменений.

Следующим по значимости направлением государственной культурной политики была живопись.

До середины 1920-х гг. политика государства в области культуры балансировала между общественными потребностями в искусстве и потребностями самого изобразительного искусства. Однако к 1930-м гг. понимание проблем искусства, его общественного функционирования стало меняться. Получили распространение монополярные взгляды на истину, стремление к унификации искусства и подчинение его «единозначному» направлению, связанному с пролетарской идеологией, мнением масс по вопросу искусства и пропагандой революционных идей. Политика, провозглашенная резолюцией ЦК РКП(б) от 1925 г., предоставляющая равные права художественным направлениям, коренным образом перекраивалась на рубеже 1920-

1930-х гг. [4, с. 7]. 1929 г. стал переломным – развернулась активная борьба за пролетарское искусство. Наконец, творческие искания были сведены в общее, единое русло нового стиля – социалистического реализма, объявленного в 1934 г. на первом Всесоюзном съезде советских писателей.

Провозглашение социалистического реализма единственным господствующим стилем привело к изображению «улучшенной» окружающей действительности, которая далеко не отражала реальное положение советских людей. Тем не менее, живопись, как и кино, несла определенные смысловые посылы: только в социалистическом строе человек может быть по-настоящему счастлив и достичь всего того, чего он желает.

Важным направлением государственной культурной политики было и плакатное искусство, которое несло тот же посыл, только в еще более яркой, легкой и доступной форме.

Все эти три направления искусства – кино, живопись и плакатное искусство – формировали содержание повседневности советских женщин и их надлежащие роли. В кино рассматриваемого нами периода мы часто можем встретить сильных, независимых, самостоятельных героинь, увидеть их социальный рост и профессиональные достижения. Например, в популярном, успешном фильме «Трактористы» (1939 г.) Ивана Пырьева главная героиня Марьяна Бажан в исполнении Марины Ладыниной – бригадир женской тракторной бригады и кавалер Ордена Трудового Красного Знамени, мастер скоростной вспашки [5]. Она получает многочисленные письма от

поклонников, узнающих о ней из газет. В кинокартине она представлена как волевая женщина с твердым характером. На мотоцикле, в робе и сапогах она носится по колхозным полям и управляет работой своей бригады.

В другом не менее успешном фильме «Светлый путь» (1940 г.) Григория Александрова героиня Любови Орловой Таня Морозова проходит путь от простой неграмотной крестьянки до работницы-стахановки на ткацкой фабрике [6]. Для обеих героинь любовь стоит на втором месте, поскольку в первую очередь им необходимо было реализовать себя как передовых работницу и крестьянку. Собираемый образ женщин, подобных героиням Ладыниной и Орловой, представлен, на наш взгляд, в своеобразном «итоговом» плакате довоенной эпохи «Да здравствует равноправная женщина СССР, активная участница в управлении государством, хозяйственными и культурными делами страны!», который провозглашал достижения социализма в жизни простых советских женщин [7].

В плакатном искусстве советская женщина стала активно появляться с начала 1920-х гг. Именно в это время начинается активное вовлечение женщин в производственную и социальную жизнь. Плакат активно пропагандирует социальные преимущества, которые дала женщинам революция. Главное из них – превращение женщины в полноправного члена общества и политическое равенство с мужчиной. Идея равенства была прекрасно воплощена в произведениях выдающихся мастеров агитационного искусства – в плакатах Д. Моора, Н. Кочергина, Н. Когоута [7, с. 7].



Рис. 1. Героиня Марины Ладыниной Марьяна Бажан [5]

Большевистская партия поставила перед женщинами задачу политической активности, участия в культурной революции, овладения грамотностью. Женская тема в плакате 1920-х гг. определялась именно этой задачей. Ее пропагандистами выступали такие мастера, как Е. Кругликова, Н. Изнар и А. Соборова [7, с. 7]. Необходимо отметить, что в 1920-е женщина на плакатах появлялась исключительно как труженица и общественница, функция материнства, воспитания детей и сохранения домашнего очага игнорировалась. Однако в это время стали появляться редкие медицинско-просветительские плакаты (например, плакаты «Позаботилась ли ты о грудях?», «Тракторы и ясли – двигатели новой деревни...»), где поэтически воспеваются образ женщины-матери, представленной в виде своеобразной сельской мадонны.

Индустриализация потребовала привлечения колоссальных трудовых сил. Агитация женщин за социализм сменяется призывами идти на фабрики и заводы, быть ударницами, овладевать новой техникой и специальностями. В 1930-е гг. советская женщина становится героиней жизни и искусства. Женщины выступают мощной социальной силой, которые строят социализм, принимая участие в решении проблем пятилетки (яркий пример – плакат Наталии Пинус «Женщина в колхозе – большая сила» 1933 года). Ведь именно они агитируют за колхозы, выступают борцами с врагами

советской власти (прежде всего с кулаками), и именно они покидают родную деревню, чтобы пополнить рабочие коллективы.

Экономическая мобилизация женщин не оставила в стороне вопрос об их важном общественном долге – рождении детей. Твердость и жесткость в изображении женщин на киноэкране и в плакатном искусстве сочеталась с мягкостью и женственностью в изображении женщин в живописи. Теме материнства посвятил одно из своих полотен «Мать» (1932 г.) знаменитый художник Александр Дейнека.

Об истинном предназначении женщин повествуют его же полотно «Купающиеся девушки» (1933 г.), героини которых изображены полностью обнаженными [8]. Немало внимания советские художники уделяют изображению сильных и физически здоровых женщин, каких мы можем увидеть на полотнах А. Н. Самохвалова «После кросса» (1934-1935 гг., Государственный Русский музей) и «Метростроевка со сверлом» (1937 г., Государственный Русский музей).

В живописи тех лет были и сюжеты, связанные с показом новой «советской» семьи. На полотне К. С. Петрова-Водкина «Семья командира» (1936 г.) мы видим дружную семью военного человека за столом. Командир – благородный отец семейства, его жена – счастливая мать его маленького сына, трогательно показывающего отцу свой рисунок.



Рис. 2. «Метростроевка со сверлом» [9]

Таким образом, на основе приведенных примеров, мы можем сделать вывод, что одной из главных ролей советских женщин была роль труженицы, стремящейся к максимальной отдаче на производстве или в колхозном хозяйстве. Осознавая свой общественный долг, они с готовностью «строили социализм». Одновременно с ролью труженицы сосуществовала важная, обязательная роль матери. Все это составляло содержание повседневности советских женщин.

Литература

1. Магидов В. М. Кинофотофонодокументы в контексте исторического знания. М.: Российский государственный гуманитарный университет, 2005. 394 с.
2. Ленин, Сталин, партия о кино. М.-Л.: Искусство, 1938. 104 с.
3. Шумяцкий Б. З. Кинематография миллионов: опыт анализа. М.: Кинофотоиздат, 1935. 377 с.
4. Живопись 20-30-х годов / Сост. А. М. Муратов. СПб.: Художник РСФСР, 1991. 198 с.
5. Трактористы. Художественный фильм. 1939. Реж. И. А. Пырьев. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=z7LglSy4B3w> (дата обращения: 25.03.20).
6. Светлый путь. Художественный фильм. 1940. Реж. Г. В. Александров. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=t1wM1FSTIm0> (дата обращения: 25.03.20).
7. Женщины в русском плакате / Сост. А. Снопков и др. М.: Контакт-культура, 2001. 143 с.
8. Дейнека. Альбом / Сост. В. М. Сысоев. М.: Изобразительное искусство, 1977. 28 с.
9. Самохвалов А.Н. Метростроевка со сверлом // URL: https://rusmuseumvrm.ru/data/collections/painting/19_20/samohvalov_a.n._metrostroevka_so_sverlom._1937._zh-7565/index.php (дата обращения: 25.03.20).

FEMALE DAILY IN THE USSR IN 1920-1930-IES. (ON MATERIALS OF KINEMATOGRAPHIC AND IMAGING SOURCES)

I. D. Yantsen

This article focuses on problem of female daily life in a period of first two decades of the Soviet Union existence. It is impossible to fully understand modern female-related problems of society without analysing elements of soviet women's daily life in 1920-1930-s, since it was then that the old ones broke and new life forms were formed that continue to exist today. Author is trying to reconstruct soviet women's daily life using unique cinematic and visual sources including posters and painted pictures. Author concludes that there were two main social roles for soviet women: the role of a hard-working person and a role of mother.

Key words: private life, family, socialism, gender history, Soviet Russia.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Yantsen I. D., 2020.

Yantsen Irina Dmitrievna (irina_yancen@mail.ru),
student IV course of the historical faculty of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 930. 85

L'INFLUENCE DE LA CULTURE FRANÇAISE SUR LA CULTURE RUSSE DANS LA SECONDE MOITIÉ DU XVIII-ÈME SIÈCLE

T. V. Kroz, L. G. Morozkina

Dans cet article on compare les tendances générales dans le développement de la culture française et russe à la seconde moitié du XVIII-ème siècle, on considère les raisons principaux de cette croissance culturelle. Il est très important de comprendre la situation sociale dans les deux pays dans cette époque, car le niveau de croissance de la société détermine les tendances du progrès culturelle. Avec ces connaissances on peut comprendre les tendances générales de l'époque de XVIII-ème siècle dans les domaines idéologiques – les idées principales se forment autour de la philosophie des Lumières, qui détermine la perception générale de l'époque, qui influence beaucoup sur les goûts des gens, la mode des costumes, le mode de construction des bâtiments (civiles et privés), les intérêts littéraires et artistiques etc. Tout cela constitue la compréhension de l'histoire de cette époque.

Les mots clés: l'histoire, la philosophie des Lumières, la mode, les relations entre la Russie et la France, la gallomanie, l'art, l'architecture.

La France mit la place spécial dans un groupe des pays européens, avec qui la Russie fait de fortes liaisons culturelles. Pendant plus de deux siècles la langue française était la langue des nobles russes, en déterminant la statut de la priorité de l'influence française sur la sphère culturelle - la mode et la manière de conditions étaient les étalons, les idées des Lumières, les meilleurs échantillons des belles-lettres, de la peinture et de la musique, quand ils apparaissent en Russie, provoquent l'intérêt énorme dans les sphères différentes. On distingue l'influence principale au début du règne de la reine Elisabeth, mais les bases fondamentales commencent à se former à l'époque du règne de Pierre le Grand quand la société russe devient plus ouverte à l'influence d'ouest et fait des petits pas vers des conversions profondes, en les conversant aux termes de ses nécessités. C'est vraiment évident que la France au XVIII-ème siècle était le pays le plus progressé. C'est pourquoi, elle a eu l'influence énorme sur la culture des pays européens. L'actualité de cet article est confirmée par le fait que de nos jours le monde devient plus en plus globale, les liaisons sociales, économiques, politiques et culturelles

deviennent plus fortes et la mobilité sociale s'augmente très vite. C'est pourquoi on doit connaître mieux les pays différents. Si on ne connaît pas l'histoire culturelle de pays, on ne pourra pas comprendre ni la culture actuelle, ni la mentalité de leurs habitants. C'est très important de connaître les causes et l'histoire du progrès culturel de son pays, surtout s'il se formait sous la grande influence des autres pays. Donc, les questions principales de notre travail sont: Qu'est-ce que la France a apporté dans la culture Russe? Quelles étaient les différences entre les raisons du progrès culturel de ces pays? Grâce à ces réponses on peut comprendre les tendances générales de l'époque du XVIII-ème siècle dans les domaines idéologiques – les idées principales se forment autour de la philosophie des Lumières. Ces idées déterminent la perception générale de l'époque, qui influence beaucoup sur les goûts des gens, la mode des costumes, le mode de construction des bâtiment (civiles et privés), les intérêts littéraires et artistiques etc. Tout cela constitue la compréhension de l'histoire de cette époque. Il est impossible de comprendre pleinement cette époque sans les connaissances sur la culture. Le

© Kroz T. V., Morozkina L. G., 2020.

Kroz Tatiana Vladimirovna (t.kroz@yandex.ru),
étudiante I année d'étude de la faculté d'histoire;

Morozkina Lubov' Gennadievna (l_morozkina@mail.ru),

professeur associé au département des langues étrangères et de la communication professionnelle
de l'Université de Samara,

443086, Russie, Samara, Moskovskoe chossé, 34.

XVIII-ème c'est la nouvelle transition dans l'histoire de Russie, notre pays commence la vie tout à fait nouvelle, car les mœurs de la société changent fondamentalement – l'hierarchie sociale, la vie politique – on construit la nouvelle idéologie, la nouvelle structure étatique, la structure économique etc. Mais la chose la plus importante est le fait que tous ces changements fonctionnent sous l'influence de l'Europe, et la France incarne toute l'Europe pour la société russe dans la seconde moitié du XVIII-ème siècle. Donc, pour donner la réponse à nos questions, on doit faire une petite excursion dans l'histoire de France au début de XVIII-ème siècle. Sans ce pas on ne comprendra pas la situation historique en Russie et ce qui est le plus important – on ne verra pas les tendances qui ont été attirées par la France dans la culture russe.

La situation politique et sociale tend à se modifier en France et ailleurs en Europe au début du XVIIIe siècle. Sur le plan intérieur, la situation financière était devenue catastrophique sous les règnes du régent Philippe d'Orléans, de Louis XV et de Louis XVI. Ces rois réputés faibles, aux prises avec un régime de fêtes et d'intrigues de cour, ne pouvaient faire face aux difficultés financières croissantes, qui aboutiront à l'impasse et susciteront le rejet du peuple envers la monarchie. Parallèlement, la bourgeoisie riche et aisée qui poursuit son ascension irréversible, devenait une force politique et s'exprimait publiquement. La monarchie et la noblesse n'étaient plus qu'une façade sans crédibilité. Le règne de la bourgeoisie financière, commerçante et manufacturière commençait. On assistait alors au commencement du capitalisme, au développement du commerce, au début de l'industrialisation, à un engouement pour les sciences, à la découverte de nouvelles techniques, à des inventions de toutes sortes, à l'amélioration de la médecine et à l'adoption d'une meilleure alimentation [1, p. 1-23]. Cette atmosphère du progrès matériel modifiait profondément les valeurs de la société. Les philosophes rationalistes et les écrivains du premier plan se redisaient indépendants de la royauté et de l'Église; de grands seigneurs pactisaient avec les représentants des idées nouvelles et n'hésitaient pas à les protéger contre la police associée aux forces conservatrices. Alors, on voit, que le début du XVIIIe siècle en France était le temps des bouleversements

politiques et sociales profonds. Il est évident, que les nouvelles classes sociales font apparaître la nouvelle culture.

Mais c'est vraiment stupéfiant que dans la situation des contradictions globales dans la société française du XVIII-ème siècle, on voit un tel épanouissement de la culture. Dans l'histoire mondiale il y avait beaucoup d'exemples, quand les crises économiques, politiques et sociales provoquaient la terrible dégradation de la culture. Mais en France au début du XVIIIe siècle on voit une autre situation. C'est pourquoi il est très important de comprendre que cette richesse culturelle était la conséquence d'un mélange des épaves de culture de nobles, qui prospérait dans les siècles précédents, et la nouvelle culture de la bourgeoisie, qu'a déjà grandi sous l'idéologie des Lumières.

L'expression « siècle des Lumières » désigne le XVIIIe siècle. Les Lumières est un mouvement littéraire et philosophique européen du XVIII-ème siècle fondé sur la raison qui permet, selon les philosophes des Lumières, de sortir des préjugés et de l'intolérance, et de faire progresser les hommes vers le bonheur, la liberté et le savoir [2, p. 20-22.] Il y a trois thèmes essentiels et les grands principes de la philosophie des Lumières. Premièrement, c'est la contestation sociale et politique : après la révocation de l'Edit de Nantes en 1685 et après la mort de Louis XIV en 1715, les philosophes des Lumières remettent en question l'autorité politique. Au XVIII-ème siècle, le roi détient en effet les trois pouvoirs: les pouvoirs législatif, exécutif et judiciaire qui forment l'absolutisme, et sa fonction est héréditaire [2, p.26]. Les philosophes dénoncent également les inégalités sociales.

Deuxièmement, c'est le combat contre l'injustice et l'ignorance : les philosophes et les écrivains des Lumières défendent les libertés individuelles et collectives, notamment la liberté d'expression. C'est par l'éducation et grâce à la diffusion du savoir que les hommes accéderont à la liberté et au bonheur, c'est pourquoi les philosophes entreprennent la rédaction de l'œuvre majeure du XVIII-ème siècle qu'est l'Encyclopédie (1751-1772), un dictionnaire qui constitue la somme des savoirs et des idées nouvelles de l'époque.

Troisièmement, c'est l'hostilité à l'esclavage : les philosophes des Lumières

n'acceptent pas que l'homme puisse asservir son semblable. La dénonciation de l'intolérance et du fanatisme religieux : certains philosophes dénoncent les privilèges du clergé et l'obscurantisme. Donc, on peut dire que la philosophie de Lumières était la philosophie d'une nouvelle classe [2, p.30]. C'est cette idéologie, qui forme presque toutes les tendances d'une société montante. Ce jeune corps social a ces héros, qui étaient tolérants, patriotiques, sincères, incorruptibles. Ils essaient de créer un monde nouveau, qui a été épurée par leurs aspirations et désirs.

Ces impulsions changeaient toutes les sphères de la vie, mais ils modifiaient profondément la culture avant tout. On peut trouver les exemples dans les différentes domaines culturelles, tels que l'architecture, l'art, la littérature, la philosophie etc. A notre avis, il est préférable de commencer par l'architecture, car cette sphère formule et exprime les besoins principaux de la nouvelle société plus évidente.

Le XVII-ème siècle dans l'architecture française est marqué par la construction grandiose de la cour royale, où a été fondé l'ensemble de Versailles, qui représentait un véritable épanouissement de l'architecture et était le produit finale de cette époque [3, 1-23]. Ce monument a été construit dans la style classique, mais on peut aussi y trouver les éléments de baroque. Cet événement s'explique par le maniérisme immodéré du palais. Donc, pour la fin de XVII-ème siècle on trouve le mélange de deux styles qui représente traditionnellement l'architecture des Palais Royaux et résidences des nobles, mais pour la XVIII-ème siècle on trouve des nouvelles tendances. Désormais, la construction se transportait vers les villes, où on trouvait le problème de création du nouveau type de manoir. Le développement d'une nouvelle classe aristocratique - la bourgeoisie, la croissance de commerce et l'augmentation d'importance de tiers état mettent en avant une tâche contemporaine - le progrès de génie civil. C'est-à-dire que la société française du XVIII-ème siècle avait besoin de construction des bâtiments de bourse, des surfaces de vente et des théâtres publics [4, p.132-135].

Donc, les nouvelles nécessités de citoyens déterminent des plans urbanistiques. Le siècle

des Lumières s'enthousiasme pour l'aménagement urbain: les alignements des rues, des places ou des carrefours, la distribution des principaux monuments et de différents quartiers de la ville sont l'objet des préoccupations des architectes [2, p.76]. Pierre Patte est l'un des plus ardents propagandistes de ces théories. Il regrettait «que tout le mérite des Capitales les plus vantées, ne consiste qu'en quelques quartiers assez bien bâtis, qu'en quelques rues passablement alignées, ou qu'en quelques monuments publics, recommandables, soit par leur masse, soit par le goût de l'architecture. Sans cesse, on remarquerait qu'on a tout sacrifié à la grandeur, à la magnificence, mais qu'on n'a jamais fait d'efforts pour procurer un véritable bien-être aux hommes, pour conserver leur vie, leur santé, leurs biens, et pour assurer la salubrité de l'air de leurs demeures» [5, p.5]. On voit apparaître ainsi l'une des préoccupations majeures de l'urbanisme des Lumières : celle de l'hygiène des habitants, auxquels l'homme de l'art doit apporter des meilleures conditions de vie. Donc, la nouvelle classe exige les droits, qui ont été négligés précédemment. Maintenant les gens commencent à lutter pour leurs droits civils. A notre avis, cette manifestation montre un désir normal de la société.

L'art qui caractérisait par excellence les goûts, les tendances de la société du XVIII-ème siècle c'était la peinture. Elle a traduit exactement, avec une singulière souplesse, les diverses et contradictoires physionomies de ce monde bigarré, mouvementé, à la fois sérieux et frivole, primesautier et raisonneur, dans lequel on aperçoit des grands seigneurs et des comédiennes, des financiers et des philosophes, des marquises déguisées en bergères et des maltôtiers habillés comme des ducs. La peinture offrait le vivant tableau de leurs mœurs. Elle racontait leurs fêtes et dit leur caractère; elle nous initiait aux moindres détails, nous faisait pénétrer dans tous les milieux [6,p.57-59]. Elle n'est pas seulement historique et mythologique, dans les appartements officiels et dans les palais royaux, comme durant le grand règne; voici que les peintres des fêtes galantes la font descendre du sévère Olympe et l'animent de leurs grivoises fantaisies. Elle s'humanisait, devenait familière, cherchait moins à être imposante qu'à plaire et amuser. Les encyclopédistes signalaient l'avènement de la

bourgeoisie, la peinture célèbre le rôle de ces nouveaux venus sur la scène politique. Les paysagistes sont en plus grand nombre qu'à l'époque précédente; mais la nature restait encore pour eux un livre fermé; ils n'en rendaient pas la poésie, et ne voyaient en elle qu'un décor tout au plus digne de servir de fond à une scène mythologique ou à des ruines de monuments antiques. La tradition décorative de ce que l'on nomme le genre historique était représentée en France, au commencement du XVIII^e siècle par les éléments des meubles, par exemple, les plafonds de Versailles, l'Apothéose d'Hercule, la décoration des grands hôtels, les bâtiments de théâtre. Donc, dans le domaine artistique étaient populaires les tendances décoratives, avec les éléments très spécifiques, bizarres. Compte tenu de cela, il faut dire, que l'art (la peinture, l'architecture et la philosophie) en France au XVIII^e siècle devient vraiment classé. Cette approbation est confirmée par le fait que les classes différentes créent leurs propres styles – pour la bourgeoisie c'est la culture de la lumière, et pour les nobles ce sont le rococo et le classicisme qui restent populaires.

En ce qui concerne la Russie, en général, on sait que c'est avec le règne d'Elisabeth Petrovna, qui est née en 1709, morte le 9 janvier 1762 et qui était fille de Pierre le Grand et de Catherine I^{ère}, nous tenons l'influence de la culture française du XVIII^e siècle et du premier tiers de XIX^e siècle sur la culture russe. Mais il faut dire, que les éléments de la culture française commencent à apparaître dans les domaines de modes avant le début de l'âge d'or de la gallomanie. La cause principale de cette apparition était la présence des étrangers en Russie, surtout ceux originaires de France, y contribue en favorisant la propagation du style vestimentaire français dans les milieux de la noblesse russe [7, p.10]. En plus, le genevois Lefort, le fidèle serviteur de Pierre le Grand, qui jouait un rôle important dans le choix du tsar de mener des réformes vestimentaires. Lefort, soucieux de faire découvrir au souverain russe le mode de vie européen, portait les habits allemands ou français sans oublier la perruque. Selon les conseils du genevois, Pierre le Grand commandait des bas, des chaussures, des justaucorps et une perruque. Cependant, le tsar, habitué aux vêtements simples, hésitait à mettre son nouveau costume tous les jours, en le gardant

pour les occasions spéciales comme les visites dans «Nemeckaya sloboda», le quartier habité par les étrangers, où il se rendait pour voir de jolies femmes, mais aussi afin de se familiariser de la civilisation européenne. Il serait erroné d'expliquer la pénétration de la culture française en Russie uniquement par l'influence de Lefort, même si son importance est indéniable [8, p.97-98].

En effet, alors que Pierre Le Grand cherche un modèle européen que son pays pourrait suivre, les ambassadeurs russes ne pouvaient pas ignorer le fait que l'Europe se francisait notamment en matière de style vestimentaire. Dans ces conditions les élites russes témoignent d'un grand intérêt pour la culture française, qui devient universelle en Europe, et afin de mieux assimiler, se mettent à l'apprentissage du français au détriment de l'allemand, qui, au XVII^e siècle, est la langue principale dans les rapports entre la Russie et l'Europe. Il est important, que dès le premier tiers du XVIII^e siècle, de multiples mots français seront empruntés par la langue russe, surtout dans le domaine des modes. On constate qu'à cette époque la grande monarchie utilisait avec la facilité étonnante les gallicismes pour désigner les détails de la toilette féminine très en vogue en France, mais aussi en Russie.

Il est évident que l'influence française commence déjà sous le règne de Pierre Le Grand dans le sphère de la vie quotidienne des nobles – ils commencent à porter des costumes français; grâce à la croissance des relations entre les deux pays dans la langue des nobles commencent à apparaître peu à peu les mots français.

Dans la première moitié du XVIII^e siècle, la gallomanie est en phase de gestation pour s'épanouir sous le règne d'Elisabeth I^{ère}. La passion de la tsarine pour la France tenait principalement à son éducation qui consistait en apprentissage de l'étiquette, de la langue française et des danses. Le désir de Pierre le Grand, après son voyage en France, en 1717, de marier sa fille avec le futur Louis XV ne faisait qu'augmentait l'intérêt d'Elisabeth pour la France. La francophilie de l'Impératrice russe, qui se traduisait par l'imitation du cérémonial et des modes français, ne pouvait pas échapper aux contemporains qui la traitaient comme «la dame russe aux talons français» [9, p.235]. Voici la description d'Elizabeth donnée par Lefort et citée

par l'historien Evgueniy Karnovitch : «Elle parle parfaitement français, et vu son amour pour tout ce qui est galant, on dirait qu'elle était née pour vivre en France» [10, p.27]. Sous l'influence de l'Impératrice russe, les élites adoptaient définitivement les modes, les cérémonies et la langue française, la Cour russe devient donc un reflet de celle de Versailles, ce que note l'historien du XIX-ème siècle Pylyaev. «L'éclat de la cour d'Elisabeth fut tellement frappant, que même les Français...furent impressionnés par son luxe. Le suivi minutieux de la mode et la coquetterie devinrent l'occupation principale de nos dames dont le but fut de trouver un habit le plus en vogue. L'Impératrice elle-même donnait le ton» [11, p.61]. Il est à préciser que les hommes suivent les dernières tendances de modes au même titre que les femmes, l'exemple d'Ivan Chouvalov, l'illustre favori d'Elisabeth est tout à fait marquant. En effet, celui-ci, est entré en histoire comme un grand admirateur de la culture française qui s'habillait selon le dernier goût parisien. Donc, la prévalance de culture française, qui a commencé à être populaire sous le règne de Pierre, dans la période de Elisabeth grandisse presque agressivement dans les mêmes domaines «quotidiens» - le style vestimentaire, la manière de conditions, les dances etc. Mais il faut savoir le fait que tous ces changements dans la cultures mentionnent seulement les nobles, qui étaient les plus proches de la monarchie. Il est aussi très important que les empereurs russes poussent par soi-même ces transformations et en Russie à cette époque le tiers état n'existait pas encore.

En plus, le style baroque, qui a été pris de la France, continuait à se développer. Le baroque est un style d'une époque de transition entre un style Renaissance simple revêtement décoratif de dessins à ramages et autres ornements. À la différence des styles qui ont précédé tels que le «baroque pétrinien», ce baroque élisabéthain connaissait et appréciait les succès du «baroque moscovite» de la fin du XVIII-ème siècle - début du XVIII-ème siècle et maintenait l'essence même des éléments de l'architecture d'église russe comme les cinq coupoles en forme de bulbes ou de poires [12, p. 13]. Le baroque élisabéthain tend à créer une architecture de grandeur, destinée à glorifier la puissance de l'empire russe. Rastrelli réalise à ces fins de somptueux palais à Saint-Pétersbourg et dans sa

banlieue : Palais Zimnii, Palais Catherine, Peterhof. Leurs dimensions particulières, la somptuosité de leur décoration, l'utilisation de deux ou trois tons de couleurs pour leurs façades, le raffinement ajouté par leur dorure, donnent à ces édifices réalisés par Rastrelli un style tout à fait particulier. Le caractère festif de son œuvre a laissé son empreinte sur toute l'architecture russe du milieu du XVIII-ème siècle.

Ainsi, d'après les historiens, le trait caractéristique de l'époque d'Elisabeth, c'est l'établissement de relations directes avec la France, qui depuis le dix-septième siècle, était perçue à l'extérieur, comme le représentant le plus élevé de la civilisation européenne; jusqu'alors on n'avait connu notre civilisation que par des intermédiaires [8, p.100]. On avait été Hollandais sous Pierre I-er, Allemands sous Anna Ivanovna. Les Russes s'étaient faits, disaient-on, les élèves de ceux qui n'étaient que les élèves des Français. Maintenant les barrières s'abaissent : à l'Académie des sciences on a des savants français; à l'Académie des Beaux-Arts - des artistes français; on court aux représentations françaises de Sérigny, et ce sont encore des traductions de chefs-d'oeuvre français que Soumarokof fait jouer sur la scène russe; on traduit les ouvrages de Vauban sur les fortifications, de Saint-Remy sur l'artillerie; on apprend à connaître Corneille, Racine et Molière. Le favori Ivan Schouvalof fait venir ses meubles de France, s'habille à Paris, aime tout ce qui est français et fait partager son goûts à Elisabeth l'ancienne fiancée de Louis XV.

La règne de Catherine après celui de Pierre le Grand, est un des plus remarquables de l'histoire de Russie, avec l'intronisation de Catherine II la culture française poursuit sa marche triomphale. Le français devient définitivement la langue dominante à la Cour, ce qui est inévitable car les enfants l'apprennent en priorité, le russe est mis au second plan et est enseigné en tant qu'une langue étrangère. Les livres et les idées des Lumières françaises ont un succès considérable, suivant l'exemple de l'Impératrice, en correspondance avec les hommes des lettres de France, qui n'hésite pas à acheter la bibliothèque de Diderot. Les historiens ont démontré à plusieurs reprises l'importance de la colonie française à Moscou et à Saint-Pétersbourg – artisans, marchands, cuisiniers, coiffeurs, comédiens, artistes, gouverneurs sont

aux services de la noblesse russe. La présence de ces émigrés français accentue de manière importante la propagation des codes culturels de France en Russie. Dans ces conditions, les élites russes continuent à vénérer les modes françaises, leur suivi servile aveugle des tendances en vogue fait l'objet de la critique virulente des écrivains contemporains [8, p.106-110].

L'attachement de Catherine aux Lumières n'était pas pour autant un pur artifice de propagande : pourvu que son autorité restât intacte, elle désirait sincèrement répandre l'éducation, dans l'espoir que le sentiment de leur propre dignité rendrait les nobles plus aptes au service de l'État que la servilité ou l'intérêt. Elle applaudit aux comédies de Fonvizine, dont le Dadaïs ridiculisait l'ignorance des hobereaux provinciaux; elle encourageait le pédagogue Betskoi, qui aurait voulu remodeler l'homme en l'arrachant dès la plus tendre enfance à l'influence du nid familial [13, p. 25-31].

Donc, le domaine important de leur politique concernait le combat contre l'ignorance et les tentatives des réformes de l'enseignement. Catherine a dressé avec Betskoi tout un plan d'éducation nationale qui commençait dans les asiles où les enfants étaient instruits et nourris, se continuait dans les petites écoles des villes de district et s'achevait dans les grandes écoles des chefs-lieux du gouvernement. Elle voulait ouvrir aussi quatre universités. Mais, malheureusement, elle n'a réussi à créer que quelques établissements secondaires. Elle a créé les corps des cadets pour l'artillerie et le génie et le monastère de Smolna pour les filles nobles. Avec l'aide de la princesse Dachkov, elle a fondé l'Académie russe pour le développement de la littérature russe. Elle a encouragé cette littérature et a joué elle-même un rôle fort honorable dans la littérature russe du XVIII^{ème} siècle. La Russie, quoique très éloignée de la France, entrait en Europe et comptait désormais parmi les pays qui attiraient les Français. Ceux-ci y trouvaient souvent un revenu convenable et parfois une deuxième patrie. Forts de leur bagage culturel, ils y allaient en véritables «missionnaires de l'esprit nouveau», selon le mot d'un historien. Leur influence sur la culture russe de cette époque est indéniable. Architecture, peinture, enseignement, commerce, génie civil, art militaire, les Français avaient leur mot à dire dans tous les domaines. Perruquier, baigneur ou

doreur joaillier, créateur de la couronne du Tsar, marchand, trafiquant de livres interdits ou membre du secret du Roi, maître de danse, gouvernante ou coiffeuse, prêtre non jureur du temps révolutionnaire, président de l'Académie des Beaux-Arts, membre de l'Académie des sciences, directeur des bibliothèques impériales ou directeur des manufactures russes, tous sont français et sont arrivés en Russie au XVIII^{ème} siècle. Donc, on peut dire que les idées des Lumières stimulaient le progrès culturel, mais les résultats de ce progrès ne concernaient pas la majorité de la société russe, surtout les pauvres et les habitants de province.

L'envie de tsarine de bâtir est pressante, mais avant toute construction définitive, elle demande aux architectes de faire des maquettes extérieures et intérieures. Elle prévoit même une sorte de ville-modèle: la rue principale est composée de grandes places, de bâtiments administratifs et de commerces, le tout très espacé pour éviter les incendies. Des villes nouvelles apparaissent comme Sébastopol, Kherson et Saint-Petersbourg riches de palais et de monuments réalisés par des artistes français et italiens, notamment le palais de Pavlovsk au sud de la ville. Tout cela on voit dans les villes de la France de ce période sauf le fait qu'en France la reconstruction des villes a été provoquée par les bouleversements de la société – la nouvelle classe de bourgeoisie grandisse peu à peu et la vue du pays se transforme après eux. En Russie, au contraire, tous les changes étaient poussés par le main de souverain, en commençant par Pierre le Grand et concluant par Catherine II. Une nouvelle classe en ce temps venait de venir au monde. C'est la différence principale dans le progrès de deux pays.

Pour conclure il faut dire que l'influence française sur la culture russe était énorme. On a vu que les tendances générales dans les domaines de philosophie, d'architecture et d'art sont similaires. Toutes les tendances clés de cette époque, qui ont été décrites dans cet article, ont été apportées par la culture française en Russie. Ils se forment autour des idées des Lumières qui proclament le combat contre l'injustice, l'ignorance et l'inégalité. Ces théories se reflètent dans le domaine de l'architecture par commencement de construction des objets civiles en Russie – les plans grandioses des capitales – Saint-Petersburg, Moscou, les constructions des

écoles au province, l'Académie des Beaux-Arts, l'Université de Moscou, la création de la maison pour les enfants pauvres etc. En ce qui concerne l'art, les tendances prémodernes sont la décorativité, le pathétisme, l'emphase. Compte tenu de ce fait, on peut dire que tous ces aspects sont vraiment semblables dans les cultures russe et française, mais le processus du développement de deux cultures était différent - il s'explique premièrement, par les différences de l'évolution de société. En France la plupart de changements culturels a été introduit par les mécontentements de nouvelles classes sociales, qui ont créé la philosophie des Lumières. Donc, en France la société avait besoin des changements. En Russie, au contraire, tous les changements ont été poussé par les souverains, pas par la société. La haute société russe voyait de beaux exemples dans la culture française et essayait de copier leur progrès, c'est pourquoi on peut voir les changements et les résultats d'influence française seulement dans les sphères, qui sont proches à la haute société et la capitale - de grands patrimoines d'architecture, les portraits des nobles, l'étiquette et la mode. Alors, tout le progrès concernait seulement les nobles et restait très limité. Cependant ce fait ne doit pas empêcher aux gens de jouir le patrimoine culturel de Russie du XVIII-ème siècle.

La bibliographie

1. Antoine M. Le Gouvernement et l'Administration sous Louis XV, Dictionnaire biographique. Paris, Editions du C.N.R.S., 1978. 324 p..
2. Carbonier. Maisons Parisiennes de lumieres. Paris: Presses de l'Université ParisSorbonne 2006. 172 p.
3. Weber G. Réflexions sur la genèse du jardin français classique et de son décor // Eighteenth Century Life vol. 17, n.s., 2 .1993. P. 1-23.
4. Duby G. Les Trois Ordres ou L'imaginaire du féodalisme. Collection Bibliothèque des Histoires, Gallimard. 1978. 432 p.
5. Patte P. Memoire sur les objet les plus importants de l'architecture. Paris: Roset. 1769. 372 p.
6. Érika W. La notion de détail et ses enjeux (1830-1890). Montréal: Université de Montréal. 2010. 154 p.
7. Coughlan R. Elizabeth et Catherine: impératrices de toutes les Russies. Londres: Putnam. 1974. 347 p.
8. Bogomolova A. Marché russe des modes françaises en 1700-1825 : jeux politiques, acteurs, produits, contrebande // Histoire. Paris: Université Panthéon-Sorbonne. 2017. 466 p.
9. Berdicov L. Les élégants et les petits-mâîtres:héros du siècle galant russe. Moscou – Luč: Université de Moscou. 2008. 320 p.
10. Karnovic E. Les personnalités remarquables et mystérieuses du XVIIIe - XIXe siècle. Saint-Petersbourg: Université de Saint-Petersbourg. 1893. 186 p.
11. Pylaev M. L'ancien mode de vie, Saint-Petersbourg: Typographie de Souvorine. 1897. 310 p.
12. Réau L. L'art russe des origines à Pierre le Grand. Paris: Manuel d'Art. 1920. 217 p.
13. Batranu R. L'écrivain et la société : le discours social dans la littérature française du XVIIIème siècle à aujourd'hui. Alpes: Université Grenoble. 2017. 380 p.

ВЛИЯНИЕ ФРАНЦУЗСКОЙ КУЛЬТУРЫ НА РУССКУЮ ВО ВТОРОЙ ПОЛОВИНЕ XVIII ВЕКА

Т. В. Кроз, Л. Г. Морозкина

В статье рассматриваются основополагающие моменты влияния французской культуры на русскую во второй половине XVIII века, выделяются причины этого культурного развития. Для этого чрезвычайно важно понять, каков на тот момент был уровень развития социальной сферы, то есть «социальную ситуацию» в двух странах в эту эпоху, так как уровень развития общества определяет основные тенденции культурного прогресса. Используя эти знания, можно определить основные вехи восемнадцатого столетия в сферах идеологии, основные идеи которой формируются вокруг философии эпохи Просвещения, которая определяет общее восприятие того времени, значительно влияет на вкусы людей, моду, архитектуру и ее стили – гражданский и частный, развитие литературы и искусства. Все эти элементы в сумме составляют историческое восприятие этой эпохи.

Ключевые слова: история, философия просвещения, мода, отношения России и Франции, галломания, искусство, архитектура.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Кроз Т. В., Морозкина Л. Г., 2020.

Кроз Татьяна Владимировна (t.kroz@yandex.ru),

студент I курса исторического факультета;

Морозкина Любовь Геннадьевна (l_torozkina@mail.ru),

доцент кафедры иностранных языков и профессиональной коммуникации Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

МАТЕМАТИКА

УДК 517.956

КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ НАГРУЖЕННОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ

А. В. Гилёв

В данной работе рассмотрена начально-краевая задача для нагруженного интегро-дифференциального уравнения, доказаны существование и единственность обобщенного решения поставленной задачи, а также найдены условия на входные данные, при выполнении которых существует единственное обобщенное решение поставленной задачи. Основным математическим инструментом доказательства единственности обобщенного решения данной задачи служат априорные оценки. Для доказательства существования обобщенного решения поставленной задачи была построена последовательность приближенных решений, доказана её ограниченность, что позволило выделить из этой последовательности слабо сходящуюся подпоследовательность, и показано, что слабый предел выделенной подпоследовательности и есть обобщенное решение задачи.

Ключевые слова: неклассическая задача, обобщённое решение, разрешимость, пространство Соболева, слабая сходимости.

Дифференциальные уравнения в частных производных впервые были исследованы в XVIII веке в работах Эйлера. Благодаря развитию теории уравнений в частных производных стало возможным математическое моделирование широкого круга физических явлений, в частности, колебания струны и мембраны. Однако с течением времени возникали все более сложные задачи, что привело к потребности обобщения классических задач, постановке качественно новых задач и разработке методов их исследования. Возникшие потребности привели к изучению нового класса задач, который получил название неклассические задачи математической физики, один из разделов которого посвящен нагруженным дифференциальным уравнениям.

Пусть A – дифференциальный оператор. Заданное в n -мерной области Ω евклидова пространства точек $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ уравнение

$$Au(x) = f(x)$$

называется нагруженным, если оно содержит след некоторых операций от искомого

решения $u(x)$ на принадлежащих замыканию $\bar{\Omega}$ многообразиях размерности меньших n [1, с. 88].

Так, например, нагруженным является уравнение Буссинеска, описывающее, при определенных условиях, неустановившееся движение грунтовых вод

$$k \frac{\partial^2 u^2}{\partial x^2} = \frac{2\sigma}{l} \int_0^l u_i(\xi, t) d\xi,$$

уравнение Пригожина, моделирующее движение автомобилей по автостраде

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + y \frac{\partial \varphi}{\partial x} = (1-p) \varphi \int_{\alpha}^{\beta} (y-\eta) \varphi(x, t, \eta) d\eta - \frac{1}{r_0} (\varphi - G(y)) \int_{\alpha}^{\beta} \varphi(x, t, \eta) d\eta,$$

стационарное односкоростное уравнение переноса

$$\frac{1}{\alpha(x)} \sum_{i=1}^3 y_i \frac{\partial u(x, y)}{\partial x_i} + u(x, y) = \frac{\lambda}{4\pi} \int_{|\xi|=1} \theta(x, y, \xi) u(x, \xi) d\xi + f(x, y).$$

© Гилёв А. В., 2020.

Гилёв Антон Владимирович (*toshqaaa@gmail.com*), студент V курса математического факультета Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Ещё одним примером нагруженного уравнения служит уравнение, описывающее колебания мембраны барабана

$$u_{tt} = a^2(u_{rr} + \frac{1}{r}u_r) - \alpha^2 \int_0^{r_0} ru(r,t)dr.$$

Нагруженные уравнения применяются при исследовании задач математической физики, математической биологии, теории моделирования нелокальных процессов и явлений, механики сплошных сред с памятью. В своей статье [2] А. М. Нахушев впервые дал определение нагруженным дифференциальным уравнениям, а в последствии и классифицировал их. В ходе дальнейших исследований было установлено, что эти уравнения могут выступать как метод введения обобщенных решений различных классов дифференциальных уравнений в частных производных.

Стоит заметить, что задачи, связанные с нагруженными уравнениями, не являются классическими, так как наличие нагруженного слагаемого не всегда позволяет использовать известные ранее методы исследования, что приводит как к новым трудностям при решении

задач, так и к потребности в разработке новых методов решения. В этом и заключается актуальность исследований такого класса уравнений.

Начиная с последней четверти XX века и по настоящее время, множество статей и книг было посвящено нагруженным уравнениям: здесь следует отметить труды А. М. Нахушева [1–3], М. Т. Дженалиева и М. И. Рамазанова [4], а также монографию Дженалиева [5].

В ходе исследований было выявлено одно очень важно приложение нагруженных уравнений. Нагруженные уравнения используются как метод решения нелокальных задач для дифференциальных уравнений в частных производных. Заметим, что нелокальные задачи образуют еще один важный класс качественно новых задач, актуальность исследования которых обусловлена потребностями современного естествознания.

Нелокальные условия – это соотношения, которые связывают значения искомого решения и его производных в различных граничных и внутренних точках области, в которой ищется решение задачи. Задачи с нелокальными условиями для дифференциальных

уравнений возникают тогда, когда граница протекания процесса недоступна для измерений [6].

Говоря о нелокальных задачах, отметим работы В. А. Стеклова [7], А. В. Бицадзе и А. А. Самарского [8], А. И. Кожанова и Л. С. Пулькиной [9], А. М. Нахушева [10]. В этих работах отмечено, что наличие нелокальных условий не позволяет применять для исследования разрешимости задач классические методы, разработанные для начально-краевых задач.

Указанная связь нагруженных уравнений и нелокальных условий удобна тем, что позволяет редуцировать задачу о нахождении решения некоторого уравнения, удовлетворяющего нелокальному условию, к задаче о нахождении решения некоторого нагруженного уравнения, удовлетворяющего классическим граничным условиям.

Постановка задачи

В прямоугольнике $Q_T = (0, l) \times (0, T)$ рассмотрим нагруженное уравнение

$$u_{tt} - (a(x, t)u_x)_x + c(x, t)u + \int_0^l K(x)udx = f(x, t) \quad (1.1)$$

и поставим следующую задачу: найти решение уравнения (1.1), удовлетворяющее начальным данным

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad u_t(x, 0) = \psi(x). \quad (1.2)$$

и граничным условиям

$$u(0, t) = 0, \quad u(l, t) = 0; \quad (1.3)$$

Введём понятие обобщенного решения поставленной задачи. Следуя [11], умножим (1.1) на произвольную гладкую функцию v , предполагая, что $u(x, t)$ решение задачи (1.1)–(1.3), и проинтегрируем по области $Q_T = (0, l) \times (0, T)$. Получим

$$\int_0^T \int_0^l (u_{tt} - (au_x)_x + cu + \int_0^l K(x)udx) v dx dt = \int_0^T \int_0^l f v dx dt. \quad (1.4)$$

Проинтегрируем по частям первые два элемента полученного выражения

$$\int_0^T \int_0^l u_{tt} v dx dt = - \int_0^T \int_0^l u_t v_t dx dt + \int_0^l u_t v \Big|_0^T dx;$$

$$- \int_0^T \int_0^l (a u_x)_x v dx dt = \int_0^T \int_0^l a u_x v_x dx dt - \int_0^T a u_x v \Big|_0^l dt.$$

Теперь потребуем, чтобы $v(x, T) = 0, v(0, t) = v(l, t) = 0$. В силу этих требований имеем

$$- \int_0^T \int_0^l u_t v_t dx dt + \int_0^l u_t v \Big|_0^T dx = - \int_0^T \int_0^l u_t v_t dx dt +$$

$$+ \int_0^l (-u_t(x, 0)v(x, 0)) dx = - \int_0^T \int_0^l u_t v_t dx dt - \int_0^l \psi(x)v(x, 0) dx;$$

$$\int_0^T \int_0^l a u_x v_x dx dt - \int_0^T a u_x v \Big|_0^l dt = \int_0^T \int_0^l a u_x v_x dx dt.$$

Тогда из (1.4) получим

$$\int_0^T \int_0^l (-u_t v_t + a u_x v_x + c u v) dx dt + \int_0^T \int_0^l v \left(\int_0^l K(x) u dx \right) dx dt =$$

$$= \int_0^l \psi(x)v(x, 0) dx + \int_0^T \int_0^l f v dx dt. \tag{1.5}$$

Обозначим

$$W_{2,0}^1(Q_T) = \{u(x, t) : u \in W_2^1(Q_T), u(0, t) = u(l, t) = 0\}$$

$$\widehat{W}_{2,0}^1(Q_T) = \{v : v \in W_{2,0}^1(Q_T), v(x, T) = 0\}.$$

Определение.

Функцию $u(x, t) \in W_{2,0}^1(Q_T)$ будем называть обобщенным решением задачи (1.1) – (1.3), если $u(x, 0) = \varphi(x)$ и $u(x, t)$ удовлетворяет тождеству

$$\int_0^T \int_0^l (-u_t v_t + a u_x v_x + c u v) dx dt +$$

$$+ \int_0^T \int_0^l v \left(\int_0^l K(x) u dx \right) dx dt = \int_0^l \psi(x)v(x, 0) dx + \int_0^T \int_0^l f v dx dt.$$

для любой функции $v \in \widehat{W}_{2,0}^1(Q_T)$.

Разрешимость поставленной задачи

Теорема. Пусть выполняются условия

$$a(x, t), a_t(x, t) \in C(\overline{Q_T}), c(x, t) \in C^1(\overline{Q_T}),$$

$$K(x) \in C^1[0, l], f(x, t) \in L_2(Q_T).$$

Тогда существует единственное обобщенное решение задачи (1.1) – (1.3).

Доказательство.

Сначала покажем, что существует не

больше одного решения задачи. Для этого предположим противное: существует два решения этой задачи: u^1 и u^2 , где u^1 и u^2 обобщенные решения соответствующих уравнений. Тогда, в силу линейности задачи, $u = u^1 - u^2$ тоже является решением. Если эта разность будет равна нулю, то решение единственно ($u^1 = u^2$). Для $u = u^1 - u^2$ справедливо тождество

$$\int_0^T \int_0^l (-u_t v_t + a u_x v_x + c u v) dx dt -$$

$$- \int_0^T \int_0^l v \left(\int_0^l K(x) u dx \right) dx dt = 0, \forall v \in \widehat{W}_{2,0}^1(Q_T). \tag{1.6}$$

Выберем функцию v следующим образом

$$v = \begin{cases} \int_0^l u(x, \eta) d\eta, & 0 \leq t \leq \tau \\ 0, & \tau \leq t \leq T \end{cases} \tag{1.7}$$

Отметим, что v удовлетворяет условиям задачи. Так как $v_x = \int_{\tau}^t u_x d\eta \in L_2$, то $v \in \widehat{W}_{2,0}^1(Q_T)$

Таким образом, (1.6) выполняется. Теперь подставим (1.7) в (1.6) и воспользуемся интегрированием по частям. Получим

$$\frac{1}{2} \int_0^l (u^2(x, \tau) + a(x, 0)v_x^2(x, 0)) dx + \int_0^{\tau} \int_0^l c v_t v dx dt +$$

$$+ \frac{1}{2} \int_0^{\tau} \int_0^l a_t v_x^2 dx dt + \int_0^{\tau} \int_0^l v \left(\int_0^l K(x) v_t dx \right) dx dt = 0.$$

Из последнего равенства следует неравенство

$$\frac{1}{2} \int_0^l (u^2(x, \tau) + a(x, 0)v_x^2(x, 0)) dx \leq \int_0^{\tau} \int_0^l c v_t v dx dt +$$

$$+ \frac{1}{2} \int_0^{\tau} \int_0^l a_t v_x^2 dx dt + \int_0^{\tau} \int_0^l v \left(\int_0^l K(x) v_t dx \right) dx dt. \tag{1.8}$$

Воспользуемся неравенством Коши и неравенством Коши-Буняковского для оценки некоторых интегралов в (1.8). Тогда, приняв во внимание, что

$$v^2(x, t) = \left(\int_{\tau}^t u(x, \eta) d\eta \right)^2 \leq \tau \int_{\tau}^t u^2(x, \eta) d\eta,$$

(1.8) перепишем в виде

$$\frac{1}{2} \int_0^l (u^2(x, \tau) + a(x, 0)v_x^2(x, 0)) dx \leq \int_0^\tau \int_0^l a_x v_x^2 dx dt +$$

$$+ (1 + c_0) \int_0^\tau \int_0^l \int_0^l u^2(x, \eta) d\eta dx dt + (lK_0 + c_0) \int_0^\tau \int_0^l v_i^2 dx dt,$$

где $c_0 \geq \max_{\partial_T} |c(x, t)|$.

Введём вспомогательную функцию $w(x, t) = \int_0^l u_x d\eta$. Тогда, в силу выбора функции v , последнее неравенство будет иметь вид

$$\int_0^l (u^2(x, \tau) + a(x, 0)w^2(x, \tau)) dx \leq 2a_1 \int_0^\tau \int_0^l w^2(x, t) dx dt +$$

$$+ 2a_1 \int_0^l w^2(x, \tau) dx + (1 + c_0) \int_0^\tau \int_0^l \int_0^l u^2(x, \eta) d\eta dx dt +$$

$$+ (lK_0 + c_0) \int_0^\tau \int_0^l u^2 dx dt, \tag{1.9}$$

где $a_1 \geq \max_{\partial_T} |a_t(x, t)|$.

Воспользуемся произволом в выборе $\tau \in [0, T]$ и выберем его так, что $a(x, 0) - 2a_1\tau > 0$. Тогда (1.9) перепишем следующим образом

$$\int_0^l (u^2(x, \tau) + (a(x, 0) - 2a_1\tau)w^2(x, \tau)) dx \leq 2a_1 \int_0^\tau \int_0^l w^2(x, t) dx dt +$$

$$+ (lK_0 + c_0) \int_0^\tau \int_0^l u^2 dx dt + (1 + c_0)\tau^2 \int_0^\tau \int_0^l u^2 dx dt.$$

Учитывая выбор τ , положим

$$m = \min\{1, a(x, 0) - 2a_1\tau\}.$$

Разделив правую часть полученного неравенства на m , выберем M так, что

$$M = \max\left\{\frac{2a_1}{m}; \frac{(1 + c_0)\tau^2}{m}; \frac{lK_0 + c_0}{m}\right\}.$$

Окончательно получим

$$\int_0^l (u^2(x, \tau) + w^2(x, \tau)) dx \leq M \int_0^\tau \int_0^l (u^2 + w^2) dx dt. \tag{1.10}$$

Применим лемму Гронуолла к (1.10). Обозначим

$$\rho(\tau) = \int_0^l (u^2(x, \tau) + w^2(x, \tau)) dt.$$

Тогда

$$\rho(\tau) \leq M \int_0^\tau \rho(t) dt + f(\tau), \text{ где } \sigma(t) = 0$$

$$\Rightarrow \rho(\tau) \leq 0 \cdot e^{M\tau} \Rightarrow \rho(\tau) \leq 0 \Rightarrow \rho(\tau) = 0.$$

Отсюда следует, что $u(x, t) = 0$, а значит не может существовать более одного решения поставленной задачи.

Для доказательства существования решения будем искать решение задачи (1.1) – (1.3) в специальном виде

$$u^m(x, t) = \sum_{k=1}^m c_k(t) w_k(x), \tag{1.11}$$

из соотношения

$$\int_0^l (u_{tt} w_l + a u_x w_l' + c u w_l) dx + \int_0^l K(x) u dx w_l = \int_0^l f w_l dx. \tag{1.12}$$

Не ограничивая общности, будем считать, что начальные условия однородные.

Пусть $W_k(x)$ -множество функций из $C^2[0, l]$, таких что $w_k(0) = w_k(l) = 0$. Функции $w_k(x)$ удовлетворяют граничным условиям, линейно независимы, а также данная система полна в W_2^1 .

Подставим (1.11) в (1.12). Так как суммы конечны, то мы можем поменять порядок суммирования и интегрирования. Отметим, что все подынтегральные элементы нам известны, а значит все интегралы – какие-то числа. Таким образом получим систему дифференциальных уравнений относительно C_k

$$\sum_{k=1}^m A_{kl} c_k''(t) + \sum_{k=1}^m (B_{kl} + K_{kl}) c_k(t) = f_l(t), \tag{1.13}$$

где

$$A_{kl} = \int_0^l w_k(x) w_l(x) dx, \quad B_{kl} = \int_0^l (a w_k' w_l' + c w_k(x) w_l(x)) dx,$$

$$K_{kl} = \int_0^l K(x) w_k(x) w_l(x) dx, \quad f_l = \int_0^l f w_l dx.$$

Система дифференциальных уравнений (1.13) разрешима относительно старших производных, так как матрица коэффициентов при старших производных есть матрица Грамма.

Присоединим к (1.13) следующие начальные условия

$$c_k(0) = c'_k(0) = 0. \tag{1.14}$$

Они возникают в силу того, что C_k должны удовлетворять граничным и начальным условиям задачи. Отметим, что (1.13) и (1.14) представляют собой задачу Коши. Следовательно, система дифференциальных уравнений (1.13) имеет решение, а в силу свойств коэффициентов исходного уравнения, это решение будет принадлежать пространству W_2^2 . Таким образом мы построили последовательность приближенных решений.

Перейдем к исследованию построенной последовательности приближенных решений (если мы сможем доказать, что эта последовательность ограничена, то докажем и то, что из этой последовательности можно выделить слабо сходящуюся подпоследовательность). Имеем

$$\int_0^l (u''_t w_l + a u''_x w'_l + c u'' w_l) dx = \int_0^l f w_l dx - \int_0^l K(x) w_l u'' dx. \tag{1.15}$$

Умножим (1.15) на $C'_l(t)$, полученное выражение просуммируем по $l = \overline{1, m}$, а затем проинтегрируем от 0 до τ . Преобразовав интегралы, получим

$$\begin{aligned} & \int_0^\tau \int_0^l (u''_t u''_t + a u''_x u''_{xt} + c u'' u''_t) dx dt = \\ & = \int_0^\tau \int_0^l f u''_t dx dt - \int_0^\tau \int_0^l K(x) u'' u''_t dx dt. \end{aligned} \tag{1.16}$$

Последнее слагаемое в (1.16) перепишем, последовательно воспользовавшись интегрированием по частям, неравенством Коши с эпсилон и неравенство Коши-Буняковского. Получим

$$\begin{aligned} & \int_0^\tau \int_0^l K(x) u'' u''_t dx dt \leq \frac{l}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''_x)^2 dx dt + \\ & + \frac{k_0}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''_t)^2 dx dt + \frac{l\varepsilon}{2} \int_0^l (u''_x)^2 dx + \frac{k_0}{2\varepsilon} \int_0^l (u'')^2 dx. \end{aligned}$$

После указанных преобразований выражение (1.16) примет следующий вид

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \int_0^l ((u''_t(x, \tau))^2 + (a - l\varepsilon)(u''_x)^2 + (u''^m)^2) dx \leq \\ & \leq \int_0^\tau \int_0^l f u''_t dx dt + \frac{1}{2} \int_0^\tau \int_0^l a_t (u''_x)^2 dx dt + \int_0^\tau \int_0^l c u'' u''_t dx dt + \\ & + \frac{l}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''_x)^2 dx dt + \frac{k_0}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''_t)^2 dx dt + \frac{k_0 \tau}{2\varepsilon} \int_0^l (u''^m)^2 dx dt. \end{aligned} \tag{1.17}$$

Выберем ε так, чтобы $(a - l\varepsilon) > 0$. Отметим, что из условий $a_t \in C(\overline{Q_T})$ и $c(x, t) \in C^1(\overline{Q_T})$ следует, что существует $a_1 > 0 : \max_{\overline{Q_T}} |a_t| \leq a_1$ и

$c_0 : \max_{\overline{Q_T}} |c(x, t)| \leq c_0$. Тогда из (1.17) следует

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \int_0^l ((u''_t(x, \tau))^2 + (a - l\varepsilon)(u''_x)^2 + (u''^m)^2) dx \leq \\ & \leq \int_0^\tau \int_0^l f^2 dx dt + \frac{a_1 + l}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''_x)^2 dx dt + \\ & + \frac{c_0}{2} \int_0^\tau \int_0^l (u''^m)^2 dx dt + \frac{(c_0 \varepsilon + \varepsilon + (\varepsilon + \tau)k_0)}{2\varepsilon} \int_0^\tau \int_0^l (u''_t)^2 dx dt. \end{aligned}$$

Положим

$$m_0 = \min \{1; a - l\varepsilon\},$$

$$M = \max \{a_1 + l; c_0; \frac{1}{\varepsilon} (c_0 \varepsilon + \varepsilon + k_0(\varepsilon + \tau))\}.$$

Тогда

$$\begin{aligned} & m_0 \int_0^l ((u''_t)^2 + (u''_x)^2 + (u''^m)^2)_{[t-\tau]} dx dt \leq \\ & \leq M \int_0^\tau \int_0^l ((u''_t)^2 + (u''_x)^2 + (u''^m)^2) dx dt + \int_0^\tau \int_0^l f^2 dx dt. \end{aligned}$$

К данному неравенству применим лемму Гроуолла и получим

$$\int_0^l ((u''_t)^2 + (u''_x)^2 + (u''^m)^2)_{[t=\tau]} dx dt \leq \frac{1}{m_0} e^{\frac{M\tau}{m_0}} \|f\|_{L_2(\overline{Q_T})}^2. \tag{1.18}$$

Проинтегрировав (1.18) от 0 до τ , можно перейти к следующему неравенству

$$\|u''^m\|_{W_2^1(\overline{Q_T})} \leq \frac{1}{M} (e^{\frac{M\tau}{m_0}} - 1) \|f\|_{L_2(\overline{Q_T})}^2.$$

Полученная последовательность приближенных решений представляет собой ограниченное в W_2^1 множество. Так как W_2^1 —

гильбертово, то из этой последовательности можно выделить слабо сходящуюся подпоследовательность.

Итак, подпоследовательность u^m сходится к u слабо. Умножим обе части (1.12) на функцию $d_l(t)$ такую, что $d(T) = 0$. Затем, полученное выражение просуммируем от 0 до T . Тем самым мы получили некоторую функцию $\eta(x, t) = \sum_{l=1}^m d_l(t) w_l(x)$.

$$\int_0^T \int_0^l (-u_t^m \eta_t + a u_x^m \eta_x + c u^m \eta) dx dt = \int_0^T \int_0^l f \eta dx dt - \int_0^T \int_0^l K(x) u^m \eta dx dt.$$

Зафиксируем функцию η и перейдем к $\lim_{m \rightarrow \infty}$.

Получим

$$\int_0^T \int_0^l (-u_t \eta_t + a u_x \eta_x + c u \eta) dx dt = \int_0^T \int_0^l f \eta dx dt - \int_0^T \int_0^l K(x) u \eta dx dt.$$

Заметим, что η всюду плотно в C , а следовательно, всюду плотно и в W_2^1 . Тем самым доказано существование решения.

Таким образом доказаны существование и единственность обобщенного решения задачи (1.1) – (1.3).

Литература

1. Нахушев А. М. Уравнения математической биологии. М.: Высшая школа, 1995. 304 с.
2. Нахушев А. М. О задаче Дарбу для одного вырождающегося нагруженного интегро-дифференциального уравнения второго порядка // Дифференциальные уравнения. 1975. №1 (12). С. 103–108.
3. Нахушев А. М. Нагруженные уравнения и их применение. М.: Наука, 2012. 232 с.
4. Дженалиев М. Т., Рамазанов М. И. Нагруженные уравнения как возмущения дифференциальных уравнений. Алматы: Гылым, 2010. 334 с.
5. Дженалиев М. Т. К теории линейных краевых задач для нагруженных дифференциальных уравнений. Алматы: Компьютерный центр ИТПМ, 1995. 270 с.
6. Пулькина Л. С. Задачи с неклассическими условиями для гиперболических уравнений. Самара: Самарский университет, 2012. 194 с.
7. Стеклов В. А. Задача об охлаждении неоднородного твердого тела // Сообщ. Харьковского мат. о-ва. 1896. № 3-4 (5). С. 136–181.
8. Бицадзе А. В., Самарский А. А. О некоторых простейших обобщениях линейных эллиптических краевых задач // Дифференциальные уравнения. 1968. № 4 (185). С. 739–740.
9. Кожанов А. И., Пулькина Л. С. О разрешимости краевых задач с нелокальным граничным условием интегрального вида для многомерных гиперболических уравнений // Дифференциальные уравнения. 2006. № 9 (42). С. 1166–1179.
10. Нахушев А. М. Задачи со смещением для уравнений в частных производных. М.: Наука, 2006. 297 с.
11. Ладыженская О. А. Краевые задачи математической физики. М.: Наука, 1973. 408 с.

BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR A LOADED HYPERBOLIC EQUATION

A. V. Gilev

In this article, there is the initial-boundary-value problem for a loaded integro-differential equation. There is proved the existence and uniqueness of the generalized solution of the problem. There are found restrictions on the input data, the implementation of which there is a single generalized solution of this problem. The proof of uniqueness is carried out using a priori estimates. To prove the existence of a generalized solution, was constructed a sequence of approximate solutions, was proved the boundedness of this sequence, which made possible to distinguish a weakly convergent subsequence from this sequence and then showed that the weak limit of the selected subsequence is a generalized solution to problems.

Key words: non-classical problem, generalized solution, solvability, Sobolev space, weak convergence.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

РАЗЛОЖЕНИЯ СУПЕРХАРАКТЕРОВ В ПРОИЗВЕДЕНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ХАРАКТЕРОВ

И. Н. Честнов

Главной задачей теории представлений конечных группы является задача классификации неприводимых представлений (характеров). Как оказалось, для некоторых групп эта задача является чрезвычайно сложной задачей, «дикой» в том смысле, что нет общих подходов к ее решению. Ключевым примером такой группы является унитарная группа, которая состоит из верхнетреугольных матриц с единицами по главной диагонали. К. Андре рассмотрел систему базисных характеров этой группы, которые не являются неприводимыми, но имеют схожие с последними свойствами. Одним из результатов в этой теории является утверждение о том, что базисный характер разлагается в произведение элементарных характеров. В этой статье получен результат того же вида для суперхарактеров треугольной группы.

Ключевые слова: теория суперхарактеров, суперклассы, треугольная группа.

Основные определения и обозначения

Пусть G – конечная группа. Пусть заданы $X = \{X_1, \dots, X_n\}$ – система попарно дизъюнктивных характеров, $K = \{K_1, \dots, K_n\}$ – разбиение группы G на попарно непересекающиеся подмножества, причем подмножество $\{1\}$ входит в разбиение K . Если каждый характер постоянен на каждом классе, то говорят, что пара (X, K) задает теорию суперхарактеров группы G (см. [1,2]). При этом характеры в X называют суперхарактерами, а классы K называют суперклассами.

Пару чисел (i, j) таких, что $1 \leq i < j \leq n$ будем называть *корнем*, причем i будем называть *номером строки корня*, а j – *номером столбца корня*. Множество всех корней будем обозначать через Δ .

Подмножество D в множестве положительных корней Δ будем называть *расстановкой ладей*, если в каждой строке и каждом столбце есть не более одного корня из D .

Треугольная группа $G=T(n)$ представляет из себя полупрямое произведение диагональной подгруппы H и унитарной группы U . По корню $\gamma = (i, j)$ построим подгруппы H_γ и U_γ , в группах H и U соответственно по формулам

$$H_\gamma = \{h = \text{diag}(h_1, \dots, h_n) : h_i = h_j = 1\},$$

$$U_\gamma = \{u \in U : u_{ik} = 0, \quad k < j\}.$$

Для произвольной расстановки ладей D определим подгруппы

$$H_D = \bigcap_{\gamma \in D} H_\gamma, \quad U_D = \bigcap_{\gamma \in D} U_\gamma.$$

Алгебра Ли u группы U состоит из верхнетреугольных матриц с нулями по диагонали. Система матричных единиц $\{E_\gamma\}$, где γ пробегает множество корней Δ , является базисом в u . Двойственный базис будем обозначать $\{E_\gamma^*\}$.

По расстановке ладей D построим следующие элементы :

$$x_D = \sum_{\gamma \in D} E_\gamma, \quad \lambda_D = \sum_{\gamma \in D} E_\gamma^*.$$

Суперхарактеры и суперклассы

Следуя работе [3] А. Н. Панова, построим теорию суперхарактеров для группы $T(n)$. Суперхарактеры строятся по следующей схеме. Зафиксируем нетривиальный характер ε' аддитивной группы поля F со значением в группе обратимых элементов поля комплексных чисел.

Рассмотрим множество A , состоящее из пар $\alpha = (\theta, D)$, где D – расстановка ладей и θ – линейный характер подгруппы H_D . Далее,

рассмотрим полупрямое произведение $G_D = H_D \times U_D$ и характер на этой группе, определенный по формуле

$$\xi_\alpha(g) = \theta(h)\varepsilon^{\lambda_D(x)}.$$

Пусть χ_α – характер группы $T(n)$, индуцированный с характера ξ_α подгруппы G_D .

Если D состоит из одного корня, то суперхарактер называется элементарным. Будем использовать обозначение $\chi_{\theta,\gamma}$ для элементарного характера, построенного по $D = \{\gamma\}$ и линейному характеру θ подгруппы H_γ .

Для построения суперклассов необходимо ввести следующее отношение эквивалентности: будем говорить, что g эквивалентен g' , если существуют такие $h \in H, a, b \in U$, что

$$g' - 1 = ha(g - 1)bh^{-1}.$$

Группа G распадается на классы эквивалентности. Проведем классификацию суперклассов.

Выберем, как и раньше, произвольную расстановку ладей D . Обозначим через B множество пар $\beta = (h, D)$, где $h \in H_D$. Также положим $g_\beta = hu_D$, где $u_D = 1 + x_D$. Обозначим $K(g_\beta) = K_\beta$. Имеет место следующая теорема.

Теорема [3]. Системы $\{\chi_\alpha\}$ и $\{K_\beta\}$ задают теорию суперхарактеров треугольной группы $G = T(n)$.

Теорема о разложении

Всякий линейный характер (одномерное представление) группы диагональных матриц H имеет вид

$$\varphi(h) = \prod_i \varphi_i(h_i),$$

где $h = \text{diag}(h_1, \dots, h_n)$, и φ_i – набор линейных характеров группы обратимых элементов конечного поля F .

Произвольный характер θ подгруппы H_D можно продолжить до характера H по написанной выше формуле положив $\varphi_i(h_i) = 1$, если i является номером строки или столбца в D .

Пусть $h \in H, \gamma = (i, j) \in D$. Обозначим

$$s(\gamma, h) = |\{i < k < j : h_k \neq 1\}|,$$

$$T(\gamma) = \{(k, m) \in D : i < k \text{ и } m < j\},$$

$$\Delta(\gamma) = \{(i, k) \in D : i < k < j\},$$

$$\Delta'(\gamma) = \{(k, j) \in D : i < k < j\},$$

$$\delta(\gamma, D) = \begin{cases} 1, & D' \cap \Delta(\gamma) = D' \cap \Delta'(\gamma) = \emptyset, \\ 0, & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$t(\gamma, D) = \begin{cases} -(q - 1), & \text{если } \gamma \in D', \\ (q - 1)^2, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Теорема 1. Пусть θ – некоторый линейный характер группы H_D, γ – произвольный корень. Также пусть D' – некоторая расстановка ладей, K_β – суперкласс, построенный по ней. Тогда значение элементарного характера $\chi_{\theta,\gamma}$ на суперклассе K_β вычисляется по формуле

$\chi_{\theta,\gamma}(K_\beta) = \dot{\theta}(h)\delta(\gamma, D)t(\gamma, D')q^{m(\gamma, D', h)}$, где $m(\gamma, D', h) = j - i - 1 - |D' \cap T(\gamma)| - s(\gamma, h)$, $\dot{\theta}(h)$ равно $\theta(h)$, если h принадлежит подгруппе H , и равно нулю, если h не принадлежит H .

Теорема 2. Пусть $D = \{\gamma_1, \dots, \gamma_s\}$ расстановка ладей. Пусть θ – линейный характер группы H_D , который является произведением характеров θ_i подгрупп H_{γ_i} . Обозначим $\alpha = (\theta, D)$. Тогда суперхарактер χ_α разлагается в произведение элементарных характеров по формуле

$$\chi_\alpha = \prod_{\gamma \in D} \chi_{\theta_i, \gamma}.$$

Суперхарактеры и суперклассы для треугольной группы третьего порядка

Рассмотрим описанную выше теорию суперхарактеров в случае $n = 3$. Цель – разложить суперхарактеры в сумму неприводимых компонент.

Существует 5 серий неприводимых характеров для треугольной группы третьего порядка. Каждая серия строится по следующей схеме: рассматривается некоторая подгруппа в группе треугольных матриц и некоторый характер на этой группе, индуцируя с которого получаем неприводимый характер. Например, в первой серии рассматривается подгруппа H , состоящая из матриц вида

$$h = \begin{pmatrix} h_1 & 0 & x_{13} \\ 0 & h_2 & x_{23} \\ 0 & 0 & h_1 \end{pmatrix},$$

и характер $\xi_{\theta_1, \theta_2}(g) = \theta_1(h_1)\theta_2(h_2)\varepsilon^{x_{13}}$ этой подгруппы. Индуцируя с этого характера на всю группу, получаем неприводимый характер, который обозначим через $\eta_{\theta_1, \theta_2}$. Этот характер нумеруется парами линейных характеров θ_1, θ_2 группы F^* . Аналогичным образом строятся и другие неприводимые характеры.

Вернемся к суперхарактерам. Существуют всего три положительных корня для $n = 3$ корня: $\gamma_1 = (1, 2)$, $\gamma_2 = (2, 3)$ и $\gamma_3 = (1, 3)$. Расстановок ладей в этом случае пять: три расстановки по одному корню, одна, которая содержит два корня γ_1 и γ_2 , и последняя, которая не содержит ни одного корня, то есть пустая.

Предположим, что расстановка ладей содержит лишь один корень $\gamma = (1, 3)$. В этом случае группа G_D будет состоять из матриц вида

$$g = \begin{pmatrix} 1 & 0 & x_{13} \\ 0 & h_2 & x_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$\xi_\alpha(g) = \theta_2(h_2)\varepsilon^{x_{13}},$$

где θ_2 – линейный характер группы F^* . Индуцируя с этого характера на всю группу G , получаем суперхарактер χ_α . Вычисляя его, получаем следующую формулу

$$\chi_\alpha = \sum_{\theta_2 \in \text{Irr}(H_D)} \eta_{\theta_1, \theta_2},$$

где $\eta_{\theta_1, \theta_2}$ – неприводимый характер, описанный выше.

Пусть $D = \{(1, 2), (2, 3)\}$. Тогда группа G_D будет состоять из матриц вида

$$g = \begin{pmatrix} 1 & x_{12} & x_{13} \\ 0 & 1 & x_{23} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Рассмотрим характер этой подгруппы

$$\xi_\alpha(g) = \varepsilon^{x_{12} + x_{23}}.$$

Индуцированный суперхарактер χ_α распадается в сумму неприводимых характеров

$$\chi_\alpha = \sum_{\theta \in \text{Irr}(H_D)} \eta_\theta,$$

где η_θ – неприводимый характер, соответствующий этой серии. Более подробно, этот характер индуцируется с подгруппы, состоящей из матриц вида

$$h = \begin{pmatrix} h_1 & x_{12} & x_{13} \\ 0 & h_1 & x_{23} \\ 0 & 0 & h_1 \end{pmatrix}$$

с характера $\xi_\theta(g) = \theta(h_1)\varepsilon^{x_{12} + x_{23}}$.

Случаи когда $D = \{(1, 2)\}$ и $D = \{(2, 3)\}$ рассматриваются аналогично.

Рассмотрим, наконец, еще один отдельный случай – случай, когда расстановка ладей не содержит ни одного корня, то есть D – пустое множество. В этом случае подгруппа G_D совпадает со всей группой G и $\chi_\alpha(g) = \chi_\alpha(hu) = \theta_1(h_1)\theta_2(h_2)\theta_3(h_3)$.

Литература

1. Andre C. A. M. Basic sums of coadjoint orbits of the unitrigular group // J. Algebra. 1995. № 3. P. 959–1000.
2. Diaconis P., Isaacs I. M. Supercharacters and superclasses for algebra groups // Trans. Amer. Math. Soc. 2008. № 5. P. 2359–2392.
3. Панов А. Н. Теория суперхарактеров для групп обратимых элементов приведенных алгебр // Алгебра и анализ. 2015. Т. 27. Вып. 6. С. 242–259.

DECOMPOSITIONS SUPERCHARACTERS INTO PRODUCT OF BASIC CHARACTERS

I. N. Chestnov

The main goal of representation theory is a classification of irreducible representations. It is well known that for some groups this problem is an extremely difficult problem. The unitriangular group is one of these groups. For this group, C. Andre proposed the theory of basic characters. These characters are not irreducible, but have a lot in common. One of the results of this theory is that a basic character is a product of elementary characters. In this paper, we obtain the similar result for supercharacters of the triangular group.

Key words: supercharacter theory, superclasses, triangular group.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОПТИЧЕСКОГО ЭЛЕМЕНТА, РАБОТАЮЩЕГО НА ПРОПУСКАНИЕ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. К. Шляхова, А. А. Дегтярев

В данной работе рассматривается задача оценивания коэффициента поглощения оптического элемента, имеющего форму кругового диска, облучаемого лазерным пучком света, и коэффициента теплообмена с окружающей средой по результатам измерения температуры на периферии элемента. В качестве критерия оптимальности использовался среднеквадратический критерий, который для рассматриваемой задачи характеризуется овраговой структурой. Решение прямой задачи теплопроводности, необходимое для решения задачи оптимального оценивания параметров, было получено в виде бесконечного ряда Фурье-Бесселя. Решение обратной задачи проводилось с помощью метода покоординатного спуска, метода наискорейшего спуска, модифицированного двумерного метода золотого сечения, метода Гаусса с двумя корректировками шага. Также был проведен сравнительный анализ работы реализованных методов по критериям точности и затрат машинного времени на основе результатов точных и зашумленных измерений.

Ключевые слова: уравнения математической физики, математическая модель теплового процесса, обратная задача теплопроводности, градиентный метод Гаусса, метод золотого сечения.

Настоящее время лазерные системы имеют широкое практическое применение. В лазерных системах используются оптические элементы, имеющие различные размеры и выполненные из разных материалов. Оптические элементы силовой (инфракрасной) оптики, действующие на пропускание лазерного излучения, могут сильно нагреваться из-за поглощения части энергии излучения [1, 2]. В этом случае важны как абсолютные уровни нагрева, так и перепады температур внутри оптического элемента, потому что такие изменения температуры могут привести к искажению функции оптического элемента и даже к его разрушению (тепловое расширение, расплавление, растрескивание) [3].

Одним из важнейших параметров оптического элемента, работающего на пропускание инфракрасного излучения, является коэффициент поглощения излучения, который экспериментально определяется для каждого оптического элемента. Существует несколько методов определения коэффициента погло-

щения, одним из которых является лазерный калориметрический метод [2]. Этот метод основан на решении обратной задачи теплопроводности (задачи определения значений параметров в оптических элементах по изменению температуры). При его реализации прямая задача решается многократно (сотни и тысячи раз) [4].

Актуальность данной задачи заключается в том, что для использования оптических элементов необходимо определить ряд паспортных параметров, в частности коэффициент поглощения. В работе рассматривается задача оценивания коэффициента поглощения оптического элемента по результатам измерения температуры на его периферии. Наряду с показателем поглощения оцениванию подлежит и коэффициент теплообмена с окружающей средой. Этот коэффициент существенно зависит не только от качества поверхностей оптического элемента, но и от состояния внешних условий.

Описание физического эксперимента

Для оценивания коэффициента поглощения слабо поглощающего оптического элемента используется экспериментальная установка, схема которой представлена на рис. 1.

Оптический элемент помещен в вакуум-камеру, поскольку в воздухе очень сильно действует коэффициент теплообмена. Он имеет большую величину порядка $10^{-2} \sim 5 \times 10^{-3}$ и является нестабильным. Поэтому есть необходимость уменьшить влияние коэффициента теплообмена. В вакуум-камере ситуация стабильная, влияние изменения окружающей среды минимально и погрешность меньше. Вакуум-камера поддерживает стабильный вакуум и параметр теплообмена мало меняется (значение α становится близкой к константе). В дальнейшем он предполагается постоянной величиной.

Лазерный луч направляют через окно вакуум-камеры на оптический элемент. Оптический элемент частично поглощает лазерное излучение, вследствие чего нагревается. В силу теплопроводности происходит распространение тепла от зоны засветки до периферии. На периферии ($r = R$) внутри оправы

установлены датчики температуры, обладающие высокими теплоизолирующими свойствами. С помощью датчиков температуры проводят измерения теплового поля в процессе эксперимента.

В момент включения лазера температура окружающей среды характеризуется величиной u_c и считается постоянной. Луч входит в оптический элемент под углом к его граням, близким к 90 градусам. Оси пучка и оптического элемента совмещаются.

Оптический элемент представляет собой диск с параллельными гранями кругового сечения радиуса R из однородного материала толщиной l . Также он характеризуется коэффициентом поглощения β .

Основной задачей является задача определения коэффициента поглощения оптического элемента на основании данных регистрации температуры с помощью датчиков.

Математическая постановка прямой и обратной задачи

Математическая модель теплового процесса, протекающего в диске, описывается следующей системой [5]:

$$\begin{cases} c \frac{\partial u}{\partial t} = k_T (\Delta_r u) - \frac{2\alpha}{l} u + I(r)\beta, & 0 < r \leq R, 0 \leq t \leq T; \\ u|_{t=0} = 0, & 0 \leq r \leq R; \\ \left. \frac{\partial u}{\partial r} \right|_{r=R} = 0, & 0 \leq t \leq T; \end{cases}$$

где $u = u(r, t)$ – разница между температурой оптического элемента и температурой окружающей среды,

α – коэффициент теплообмена,

k_T – коэффициент теплопроводности материала диска,

l – толщина оптического элемента,

$c = c_y \rho$ – объемная теплоёмкость,

$I(r)$ – интенсивность лазерного излучения.

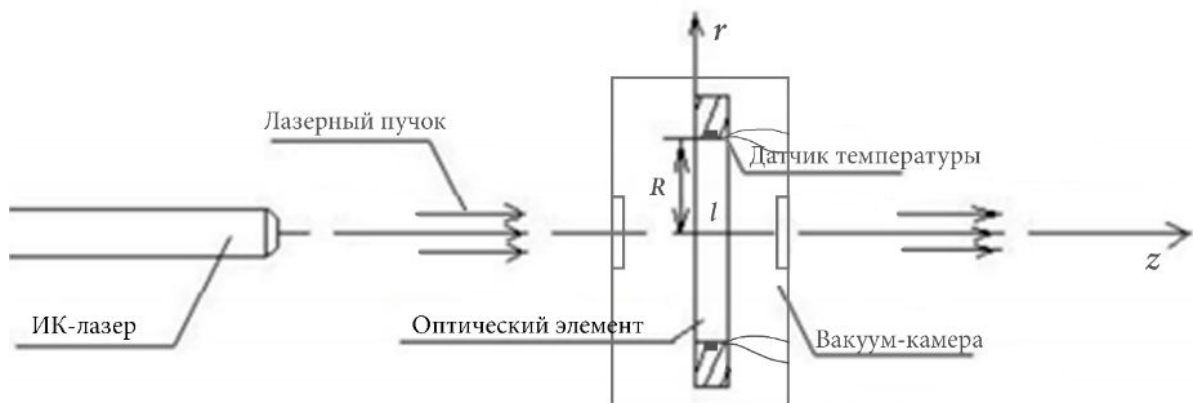


Рис. 1. Вид установки

Интенсивность лазерного излучения имеет гауссовское распределение по радиусу диска:

$$I(r) = \frac{P}{\pi a^2} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2},$$

где a – эффективный радиус лазерного пучка,

P – мощность излучения.

Решение задачи запишется в виде:

$$u(r, t) = \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{\beta P J_0\left(\frac{\mu_n r}{R}\right) e^{-\frac{\mu_n^2 a^2}{4R^2}}}{\pi R^2 J_0^2(\mu_n) \left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}\right) k_T} \times \left(1 - e^{-\frac{\left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}\right) k_T}{c} t}\right).$$

Контроль осуществляется с помощью оценки остатка ряда. Выяснено, что для обеспечения достаточной точности необходимо суммировать 11 элементов ряда [5].

Суть решаемой обратной задачи теплопроводности состоит в вычислении значений параметров уравнения теплопроводности (коэффициента поглощения β и коэффициента теплоотвода α с граней оптического элемента во внешнюю среду) по результатам измерений температуры на периферии оптического элемента при $r = R$.

Размещение тепловых датчиков на периферии объясняется необходимостью избежать прямого воздействия на них лазерного излучения. Практический интерес представляет собой оценивание коэффициента поглощения, поскольку готовые образцы, выполненные из таких материалов, как NaCl, KCl, BaF₂ и др. имеют существенный разброс в значениях коэффициента поглощения (десятки процентов).

В качестве критерия оптимальности оценок параметров использовался следующий среднеквадратический критерий качества [6]:

$$G(\alpha, \beta) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K (u(R, t_k, \alpha, \beta) - \vartheta_k)^2 \rightarrow \min_{\alpha, \beta},$$

где $u(R, t_k, \alpha, \beta)$ – решение задачи теплопроводности в моменты времени t_k при некоторых значения α, β ,

ϑ_k – результаты измерения температуры периферии элемента в моменты времени t_k , $k = \overline{1, K}$.

Предполагается, что после включения лазера в течение времени T производится регистрация температуры с помощью тепловых датчиков, размещенных на поверхности $r = R$ оптической пластины. При вычислении значения критерия качества $G(\alpha, \beta)$ однократно решается прямая задача теплопроводности при значениях параметров α и β уравнения, выбираемых в соответствии с алгоритмом оптимизации.

Для определения оптимальных оценок параметров α и β используется итерационный процесс, на каждом шаге которого рассчитывается значение критерия $G(\alpha, \beta)$ и, следовательно, предварительно решается краевая задача теплопроводности при выбранных специальным образом значениях α и β . Для завершения итерационного процесса используется специальное условие останковки.

Исследование функции критерия качества

Для расчета α и β уравнения теплопроводности проведем исследование функции цели $G(\alpha, \beta)$. Здесь при проведении вычислительных экспериментов по исследованию критерия оптимальности в качестве «измерений» ϑ_k брались результаты расчета теплового поля при значениях параметров $\alpha = 0,005$ и $\beta = 0,008$ с отсутствием шума (рис. 2).

Исследование функции цели $G(\alpha, \beta)$ проводилось методом сечений плоскостями $\alpha = const$, для конкретного α из набора значений вычисляется функция $G(\alpha, \beta)$ для различных β . Данное исследование показало, что функция цели имеет форму криволинейного оврага [7]. Далее была осуществлена минимизация функции $G(\alpha, \beta)$.

Линией дна оврага будем называть линию, точки которой являются минимумами функции цели $G(\alpha, \beta)$ при фиксированных α (рис. 3).

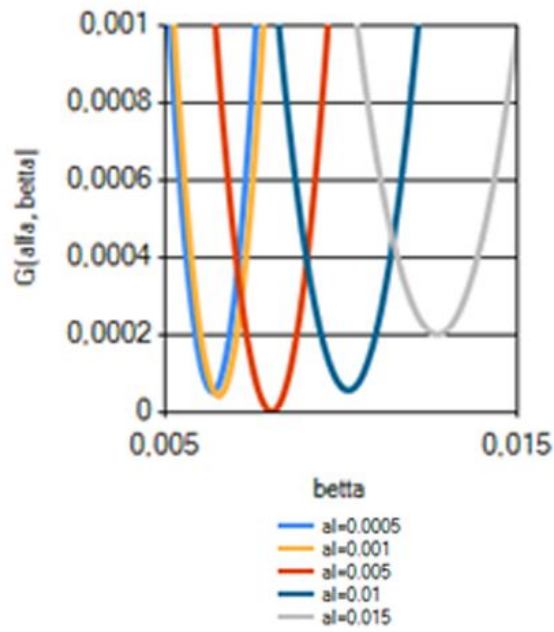


Рис. 2. Графики сечений функции цели плоскостями $\alpha = const$

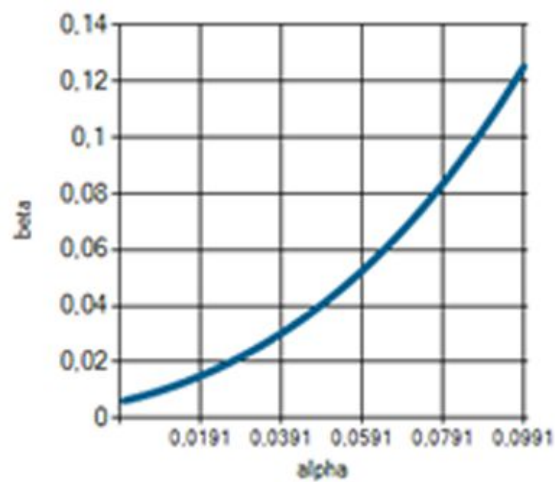


Рис. 3. График линии дна оврага функции $G(\alpha, \beta)$

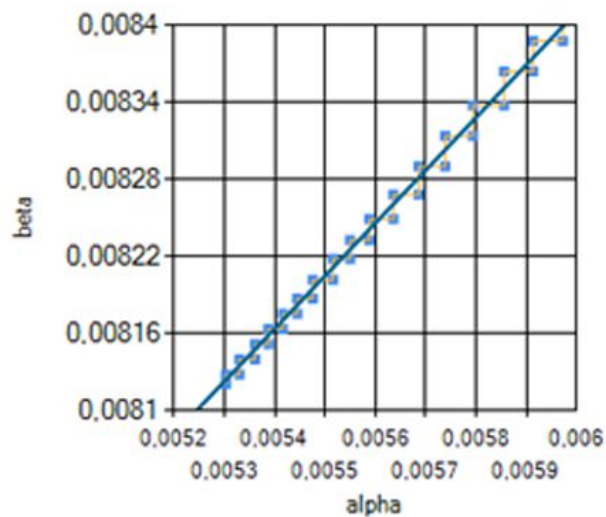


Рис. 4. Оптиматизация методом покоординатного спуска

Метод покоординатного спуска

Данный метод сводит задачу нахождения наименьшего значения функции нескольких переменных к решению одномерных задач оптимизации.

Для работы метода необходимо задать начальную точку (α_0, β_0) . Поскольку в нашей задаче целевая функция зависит от α и β , тогда зафиксируем одну из переменных. Решая одномерную задачу оптимизации для этой функции, мы от начальной точки (α_0, β_0) перейдем к точке (α_1, β_0) , в которой функция принимает наименьшее значение по координате β при фиксированной α . В этом состоит первый шаг процесса оптимизации, состоящий в спуске по одной координате.

Аналогично проводится спуск по второй переменной, а затем процедура снова повторяется. В результате этого процесса получается последовательность точек, в которых значения целевой функции составляют монотонно убывающую последовательность. На любом шаге этот процесс можно прервать, и значение принимается в качестве наименьшего значения целевой функции в рассматриваемой области.

Рассмотрим работу покоординатного метода для исходной задачи из начальной точки $\alpha = 0,01$ и $\beta = 0,01$ (рис. 4).

Метод наискорейшего спуска

Формализация алгоритма наискорейшего спуска выглядит следующим образом:

Шаг 1. Задаются начальное приближение для α, β и точность ε .

Шаг 2. Находим значение градиента по формулам: $\frac{\partial G}{\partial \alpha} = \frac{\partial G}{\partial u} \cdot \frac{\partial u}{\partial \alpha}$ и $\frac{\partial G}{\partial \beta} = \frac{\partial G}{\partial u} \cdot \frac{\partial u}{\partial \beta}$, где

$$\frac{\partial u}{\partial \beta} = \sum_{n=0}^{+\infty} \frac{PJ_0\left(\frac{\mu_n r}{R}\right) e^{-\frac{\mu_n^2 a^2}{4R^2}}}{\pi R^2 J_0^2(\mu_n) \left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}\right) k_T} \left(1 - e^{-\frac{(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}) k_T}{c} t}\right);$$

$$\frac{\partial u}{\partial \alpha} = \sum_{n=0}^{+\infty} \left[\frac{2\beta PJ_0\left(\frac{\mu_n r}{R}\right) t e^{-\frac{\mu_n^2 a^2}{4R^2}}}{\pi R^2 J_0^2(\mu_n) \left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}\right) k_T c l} e^{-\frac{(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}) k_T}{c} t} - \right.$$

$$\left. - \frac{2\beta PJ_0\left(\frac{\mu_n r}{R}\right) e^{-\frac{\mu_n^2 a^2}{4R^2}}}{\pi R^2 J_0^2(\mu_n) \left(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}\right)^2 k_T^2 l} \left(1 - e^{-\frac{(\frac{\mu_n^2}{R^2} + \frac{2\alpha}{k_T l}) k_T}{c} t}\right) \right];$$

Шаг 3. Пересчитываем α, β по формулам: $\alpha^{[k+1]} = \alpha^{[k]} - \lambda^{[k]} \frac{\partial G}{\partial \alpha}$, $\beta^{[k+1]} = \beta^{[k]} - \lambda^{[k]} \frac{\partial G}{\partial \beta}$, где $\lambda^{[k]}$ увеличивается в p раз, пока значение функции цели уменьшается.

Шаг 4.

Если выполняется $\left\| \frac{\alpha^{[k+1]} - \alpha^{[k]}}{\alpha^{[k+1]} + \alpha^*} \right\| \leq \varepsilon$ и $\left\| \frac{\beta^{[k+1]} - \beta^{[k]}}{\beta^{[k+1]} + \beta^*} \right\| \leq \varepsilon$, где в качестве α^* и β^* берется малое значение 10^{-7} , то возвращаем текущие значения $\alpha^{[k+1]}, \beta^{[k+1]}$.

Иначе возврат к шагу 3.

Продемонстрируем работу метода наискорейшего спуска (рис. 5).

Модифицированный метод золотого сечения

Алгоритм поиска оптимальных значений параметров уравнения теплопроводности для нашей задачи является адаптацией одномерного метода золотого сечения к задаче двумерной оптимизации. Оптимальные значения оцениваемых коэффициентов ищутся как по одной, так и по другой переменной, однако здесь не идёт речь о классической покоординатной оптимизации. Оптимизация осуществлена вдоль линии оврага. Сначала по правилу золотого сечения выбираются точки на оси α без вычисления значений критерия качества. Затем для каждой точки на оси α по одномерному методу золотого сечения осуществляется спуск на дно оврага функции $G(\alpha, \beta)$. При этом оптимизация проводится по параметру β с использованием опять же одномерного метода золотого сечения. В полученных таким образом точках на дне оврага вычисляются значения критерия $G(\alpha, \beta)$. В результате сравнения этих значений производится сужение интервалов неопределённости вдоль линии дна оврага и, следовательно, одновременно происходит сужение интервалов неопределённости как по параметру α , так и по параметру β [7]. Продемонстрируем работу метода золотого сечения (рис. 6).

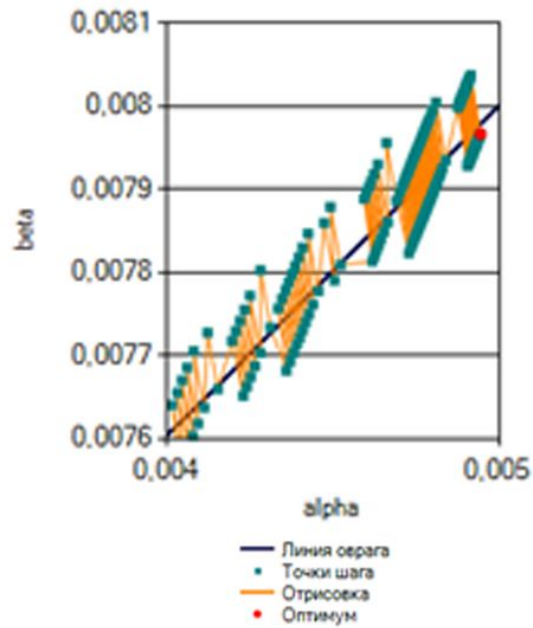


Рис. 5. Оптиматизация методом наискорейшего спуска

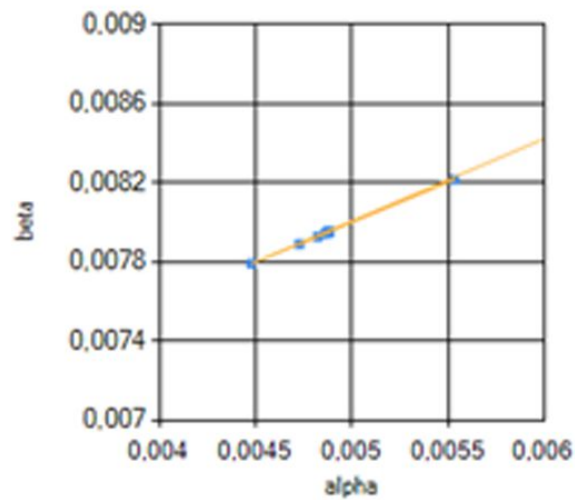


Рис. 6. Оптиматизация модифицированным методом золотого сечения

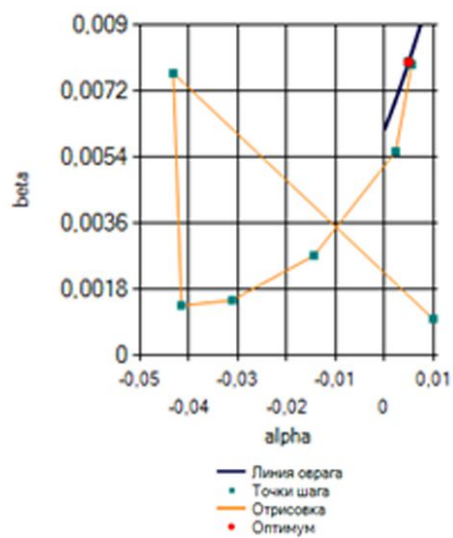


Рис. 7. Оптиматизация методом Гаусса

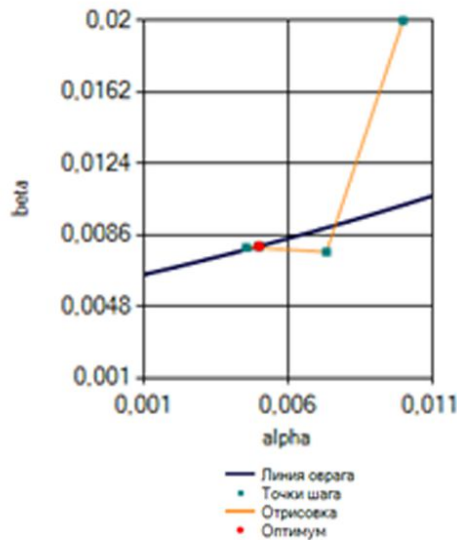


Рис. 8. Оптиматизация методом Гаусса с корректировкой шага, основанной на аппроксимации параболой

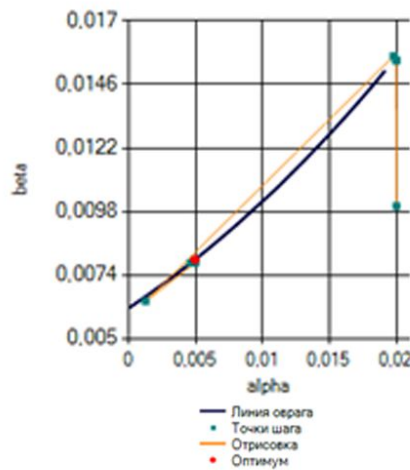


Рис. 9. Оптиматизация методом Гаусса с корректировкой шага, основанной на методе наискорейшего спуска

Метод Гаусса

Метод Гаусса относится к семейству градиентных методов, как и метод наискорейшего спуска. Итерационный метод Гаусса будет иметь следующий вид (рис. 7):

$$\bar{x}_{j+1} = \bar{x}_j + \left[\left(\frac{\partial u(\bar{x}_j)}{\partial \bar{x}_j} \right)^T \frac{\partial u(\bar{x}_j)}{\partial \bar{x}_j} \right]^{-1} \left(\frac{\partial u(\bar{x}_j)}{\partial \bar{x}_j} \right)^T (\bar{u}_{true} - \bar{u}(\bar{x}_j)).$$

Однако неудачно выбранное начальное приближение может значительно увеличить число итераций или даже вызвать заикливание. Можно заметить, что метод Гаусса стреляет с большим шагом, из-за чего иногда случаются «перелеты» и растет время работы программы. Этого можно избежать с помощью добавления корректировки для

шага «выстрела».

Первая корректировка основана на аппроксимации параболой. Её суть заключается в том, чтобы уменьшать или увеличивать шаг в 2 раза и держать в памяти компьютера три оптимальные точки функции $G(\bar{x})$. Из графика критерия качества заметно, что функция цели похожа на параболу, экстремум которой будет являться оптимальным значением. Для аппроксимации воспользуемся уравнением $G(\bar{x}) = a\bar{x}^2 + b\bar{x} + c$. Подставляя полученные программой точки, решаем систему из трех уравнений и находим коэффициенты a, b, c , после чего находим экстремум полученной параболы и сравниваем значение функции цели в точке минимума с $G(\bar{x})$, предложенной методом Гаусса, и выбираем наименьшую. Продемон-

стрируем работу метода Гаусса с применением данной корректировки шага из точки $\alpha = 0,01, b = 0,02$ (рис. 8).

В качестве эксперимента была также реализована вторая корректировка шага, которая применялась ранее в методе наискорейшего спуска. Продемонстрируем работу метода с такой корректировкой шага из точки $\alpha = 0,02, b = 0,01$ (рис. 9).

Обе корректировки не дали большого выигрыша во времени, но позволили методу Гаусса быстрее добраться до линии оврага.

Сравнительный анализ методов

В результат проведения вычислительных экспериментов на «точных» измерениях все методы позволили достичь оптимума с высокой точностью, хотя за разное время. Стоит отметить, что различие между полученными значениями α, β и $\alpha_{true}, \beta_{true}$ не превосходили 0,0005% при использовании модифицированного метода золотого сечения и 0,0001% при использовании метода Гаусса. Поскольку при проведении натуральных экспериментов всегда присутствуют ошибки

измерений, важно было проверить работу реализованных методов оптимизации на зашумленных измерениях. Для имитации зашумленных измерений использовалась аддитивная добавка Гауссовского шума с нулевым средним и среднеквадратическим отклонением, равным σ^2 . В данной работе было рассмотрено σ в диапазоне $[0,1; 0,3]$, что соответствует параметрам современных динамических датчиков температуры. Формула критерия оптимальности оценок параметров с учетом шума v :

$$G(x, \xi) = [\xi - u(x)]^T [\xi - u(x)] \rightarrow \min_x,$$

где $x = \begin{bmatrix} \alpha \\ \beta \end{bmatrix}, \xi = u_{true}(x) + v, u(x) =$

$$\begin{bmatrix} u(R, t_1, \alpha, \beta) \\ u(R, t_2, \alpha, \beta) \\ \dots \\ u(R, t_M, \alpha, \beta) \end{bmatrix}.$$

В качестве критериев сравнения работы методов использовалось значение погрешности полученных оптимальных значений и среднее время работы программы (табл. 1 и 2). При этом каждый метод неоднократно запускался из разных начальных приближений.

Таблица 1

Сравнение средней погрешности разных методов оптимизации на зашумленных измерениях

Метод	Погрешность по α ($\epsilon_\alpha, \%$)			Погрешность по β , ($\epsilon_\beta, \%$)		
	$\sigma = 0,1$	$\sigma = 0,2$	$\sigma = 0,3$	$\sigma = 0,1$	$\sigma = 0,2$	$\sigma = 0,3$
Метод золотого сечения	0,73	2,04	3,25	0,46	0,99	1,87
Метод Гаусса	0,59	1,74	2,91	0,38	0,85	1,55

Таблица 2

Сравнение среднего времени работы разных методов оптимизации на зашумленных измерениях

Используемый метод	$\sigma = 0,1$	$\sigma = 0,2$	$\sigma = 0,3$
Метод покоординатного спуска	450 секунд	500 секунд	600 секунд
Метод наискорейшего спуска	250 секунд	300 секунд	400 секунд
Метод золотого сечения	115 секунд	115 секунд	115 секунд
Метод Гаусса	10 секунд	15 секунд	18 секунд
Метод Гаусса с корректировкой шага	3 секунды	5 секунд	8 секунд

На основе полученных результатов можно сделать вывод о том, что с ростом σ возрастает погрешность полученных оптимальных значений. Также стоит отметить,

что градиентный метод Гаусса (без корректировки шага) может проявлять свойство заикливания, не обеспечивая быстрого достижения оптимума, поэтому для решения задачи

оптимизации лучше использовать метод Гаусса с корректировкой шага.

Из таблицы 1 видно, что методы приблизительно одинаковы по точности, поскольку в алгоритмах использовались одинаковые условия останова процедуры уточнения значений параметров.

Можно заметить, что с ростом σ возрастает среднее время работы всех градиентных методов. Самым стабильным по времени работы стал модифицированный метод золотого сечения, поскольку он зависит от длины рассматриваемого интервала значений.

Из всех методов самым быстрым и точным методом, работающем на зашумленных измерениях оказался метод Гаусса с корректировкой шага.

Литература

1. Карлов Н. В., Кузьмин Г. П., Сисакян Е. В. Интерференционные эффекты при изменении коэффициентов поглощения прозрачных материалов // Квантовая электроника. 1977. Т.4, № 8. С. 1816–1818.
2. Динамический метод измерения коэффициента поглощения прозрачных материалов / Н. В. Карлов, Н. А. Кириченко, Б. С. Лукьянчук [и др.] // Квантовая электроника. 1980. Т. 7. С. 1531–1536.
3. Климков Ю. М., Майоров В. С., Хорошев М. В. Взаимодействие лазерного излучения с веществом. М.: МИИГАиК, 2014. 108 с.
4. Дегтярев А. А., Трушевская Т. В. Исследование методической погрешности разностного решения нелинейного уравнения теплопроводности // Информативные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2016): матер. Междунар. конф. и молодежной школы. Самара: Самарский Научный Центр РАН, 2016. С. 839–843.
5. Шляхова А. К. Сравнительное исследование погрешности численного решения уравнения теплопроводности при правых частях с различной степенью гладкости: выпускная квалификационная работа по степени бакалавра. Самара: Самарский университет, 2018. 67 с.
6. Дегтярев А. А., Трушевская Т. В. Алгоритм оптимального оценивания параметров нелинейного термодинамического поля оптического элемента, работающего на пропускание инфракрасного излучения // Информативные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2017): матер. Междунар. конф. и молодежной школы. Самара: Самарский Научный Центр РАН, 2017. С. 1215–1218.
7. Глебов Н. И., Кочетов Ю. А., Плясунов А. В. Методы оптимизации: учеб. пособие для вузов. Новосибирск: Изд-во НГУ, 2000. 105 с.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ALGORITHMS FOR ESTIMATING OPTICAL ELEMENT PARAMETERS OPERATING FOR TRANSMISSION OF INFRARED RADIATION

A. K. Shlyakhova, A. A. Degtyarev

In this article we consider the problem of estimating the absorption coefficient of the optical element having the shape of a circular disk and the irradiated laser beam, by measuring temperature at the periphery, and the heat exchange coefficient with the environment. To do this, we considered the quality criterion function, which has a trading structure. The solution of the direct thermal conductivity problem in the form of an infinite Fourier-Bessel series and the inverse problem is obtained using the coordinate descent method, the fastest descent method, the modified Golden section method, and the Gauss method with two step corrections. Also, a comparative analysis was made on the criteria of accuracy and execution time of the described methods based on the results of accurate and noisy measurements.

Key words: equations of mathematical physics, mathematical model of the thermal process, inverse heat conduction problem, Gauss gradient method, golden section method.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Shlyakhova A. K., Degtyarev A. A., 2020.

Shlyakhova Alyona Konstantinovna (gastingz@gmail.com), graduate student of the Faculty of Informatics;
Degtyarev Alexander Alexandrovich (aadegt@gmail.com), assistant professor
of the Department of Technical Cybernetics of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR PARABOLIC EQUATIONS WITH DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS

Yu. Yu. Krivosheeva, N. A. Slobozhanina

In technical applications, there are often nodes that can be subjected to thermal stress. Thermal load can lead to a change in a number of material properties, which will lead to device failure, damage or loss of important operational properties. To reduce the heat load, protective coatings can be applied to the surface. Thus, this reduces to the problem of the thermal conductivity of multilayer materials, the thermal conductivity of which changes abruptly. In this article, the first boundary-value problem was posed for the heat equation of a combined rod. An analytical solution to this problem was obtained in the form of a Fourier series, and the resulting series was evaluated. Based on the obtained solution and assessment, the process of heat distribution in the combined rod was simulated and graphs illustrating this process were obtained.

Key words: equation of heat conductivity, boundary value problem, method, variable separations, Fourier range, residual range.

Boundary value problems for the heat equation are one of the important sections of the equations of mathematical physics. In addition to the classical versions of problems for a homogeneous rod, cases where the rod is inhomogeneous are also interesting. Solving these problems may be of interest for areas related to multilayer structures. For example, such areas are medicine [1] or manufacturing [2] (manufacturing various multilayer parts for which they experience large temperature differences during operation).

Statement of the problem and construction of an analytical solution

Find the temperature distribution along a finite rod composed of two homogeneous rods touching at the point $x = l_0$, with characteristics a and b , respectively. The lateral surface of the rods is thermally insulated, and the ends of the component rods are maintained at zero temperature. The temperature at the initial time in the component rods is different.

The mathematical model of the problem has the form: find the function $u(x, t)$, which is a solution to the equation

$$Lu \equiv \begin{cases} u_t - a^2 u_{xx} = 0, & 0 < x < l_0, \\ u_t - b^2 u_{xx} = 0, & l_0 < x < l, \\ 0 < t < T, \\ 0 < t < T, \end{cases} \quad (1)$$

and satisfies the conditions

$$u(x, 0) \equiv \begin{cases} \varphi_1(x), & 0 < x < l_0, \\ \varphi_2(x), & l_0 < x < l, \end{cases} \quad (2)$$

$$u(0, t) = u(l, t) = 0, \quad 0 < t < T, \quad (3)$$

$$u(l_0 - 0, t) = u(l_0 + 0, t). \quad (4)$$

Using the method of separation of variables and the gluing condition, an analytical solution was obtained in the form of a series:

$$u(x, t) = \frac{(l - l_0)x \sum_{n=1}^{\infty} D_n(x, t) - l_0(l - x) \sum_{n=1}^{\infty} B_n(x, t)}{(x - l_0)l + l_0(l - l_0)(\sum_{n=1}^{\infty} C_n(x, t) - \sum_{n=1}^{\infty} A_n(x, t))} + \frac{l_0(l - l_0)(\sum_{n=1}^{\infty} B_n(x, t) \sum_{n=1}^{\infty} C_n(x, t) - \sum_{n=1}^{\infty} A_n(x, t) \sum_{n=1}^{\infty} D_n(x, t))}{(x - l_0)l + l_0(l - l_0)(\sum_{n=1}^{\infty} C_n(x, t) - \sum_{n=1}^{\infty} A_n(x, t))} \quad (5)$$

where

$$\sum_{n=1}^{\infty} A_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2 \cdot (-1)^n}{\pi n} e^{-\left(\frac{a\pi n}{l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n}{l_0} x\right) \quad (6)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} B_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} B_n e^{-\left(\frac{a\pi n}{l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n}{l_0} x\right) =$$

$$= \frac{2}{l_0} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{a\pi n}{l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n}{l_0} x\right) \int_0^{l_0} \varphi_1(s) \sin\left(\frac{\pi n}{l_0} s\right) ds \quad (7)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} C_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2}{\pi n} e^{-\left(\frac{b\pi n}{l-l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n(x-l_0)}{l-l_0}\right) \quad (8)$$

$$\sum_{n=1}^{\infty} D_n(x, t) = \sum_{n=1}^{\infty} D_n e^{-\left(\frac{b\pi n}{l-l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n(x-l_0)}{l-l_0}\right) =$$

$$= \frac{2}{l-l_0} \sum_{n=1}^{\infty} e^{-\left(\frac{b\pi n}{l-l_0}\right)^2 t} \sin\left(\frac{\pi n(x-l_0)}{l-l_0}\right) \int_{l_0}^l \varphi_2(s) \sin\left(\frac{\pi n s}{l-l_0}\right) ds \quad (9)$$

Estimation of the remainder of the series and the number of terms

Let us estimate series (6) - (9) from above. As a result of the assessment, we obtain the following expressions:

$$R_N^A = \frac{l_0^2}{a^2 \pi^3 N^2 t} e^{-\left(\frac{a\pi N}{l_0}\right)^2 t}$$

$$R_N^B = \frac{l_0^3}{a^2 \pi^3 N^2 t} e^{-\left(\frac{a\pi N}{l_0}\right)^2 t}$$

$$R_N^C = \frac{(l-l_0)^2}{b^2 \pi^3 N^2 t} e^{-\left(\frac{b\pi N}{l-l_0}\right)^2 t}$$

$$R_N^D = \frac{2(l-l_0)^2}{b^2 \pi^3 N^2 t} \left(l_0 + \frac{l}{\pi}\right) e^{-\left(\frac{b\pi N}{l-l_0}\right)^2 t}$$

These estimates are needed in order to calculate how many terms must be summed to obtain a more accurate solution. The tables show the calculations for two given accuracy ε ,

different t and the following parameter values: $a = 1; b = 0,3; l_0 = 1,7; l = 3$.

From the tables it follows that with this choice of parameters, the series converge quickly and, having summed up about 300 and 400 terms, we already achieve good accuracy $\varepsilon = 0.001$ and $\varepsilon = 0.00001$, respectively.

Charting

For plotting, a program was written in the C # programming language using the .NET Framework 4.5 framework in the Microsoft Visual Studio 2019 development environment. The program is a windowed application with fields for entering parameters a, b, l_0, l , time interval T , and buttons, when clicked, the graphs of the dependence $u(x)$ are drawn for a fixed value of t . The simulation results are presented in the figures 1-3.

It can be seen from the figures that a jump in temperature occurs at the point of discontinuity. In this case, the gluing condition is not violated, since the jump does not occur instantly. It can also be seen that as t approaches the end of a given time interval, the value of the function approaches zero, which indicates the establishment of the process.

Conclusion

So, an analytical solution to problem (1) - (4) was obtained and graphs of its visualization were constructed. Therefore, the tasks were completed, the goal of the work is achieved.

Table 1

The number of terms at $\varepsilon = 0,001$

	$t = 1$	$t = 0,1$	$t = 0,01$	$t = 0,001$	$t = 0,0001$
R_a	2	4	12	36	113
R_b	2	4	12	38	118
R_c	3	10	29	91	287
R_d	3	10	30	94	297

Table 2

The number of terms at $\varepsilon = 0,00001$

	$t = 1$	$t = 0,1$	$t = 0,01$	$t = 0,001$	$t = 0,0001$
R_a	2	5	16	50	156
R_b	2	6	16	51	160
R_c	4	13	40	126	397
R_d	5	13	41	129	405

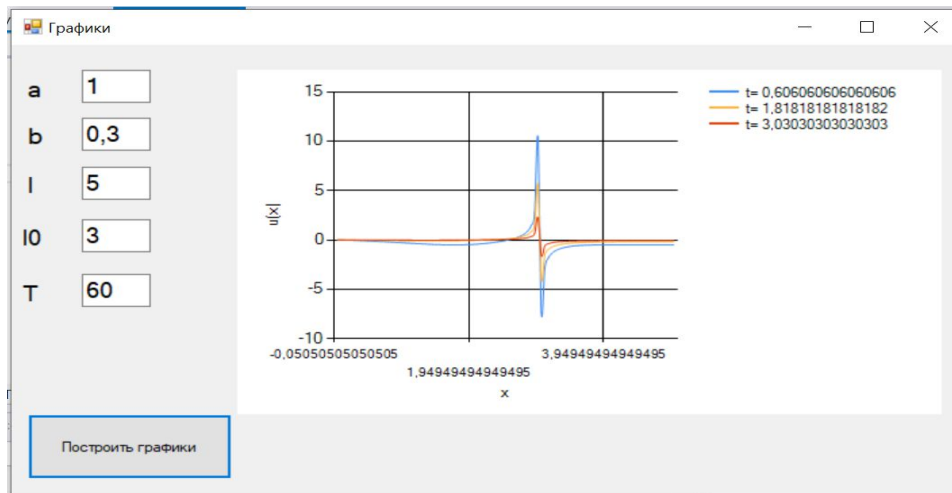


Fig. 1. Graph of $u(x)$ at the beginning of the time interval

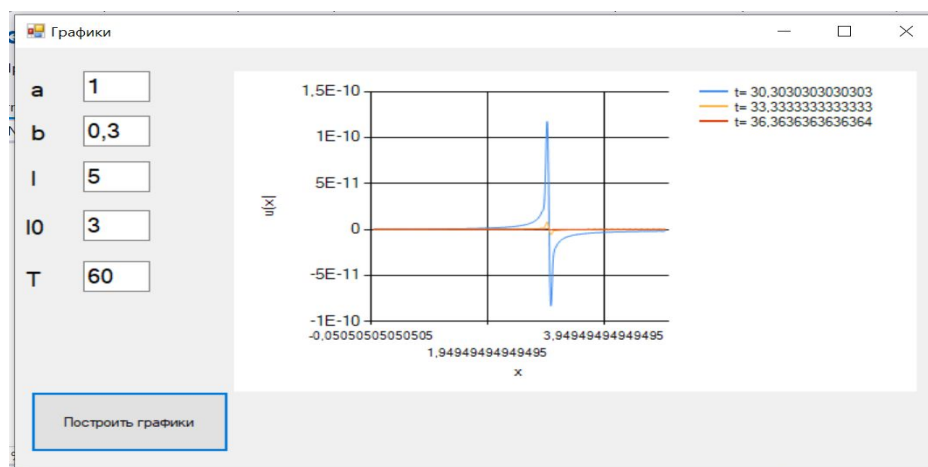


Fig. 2. Graph of $u(x)$ at the middle of the time interval

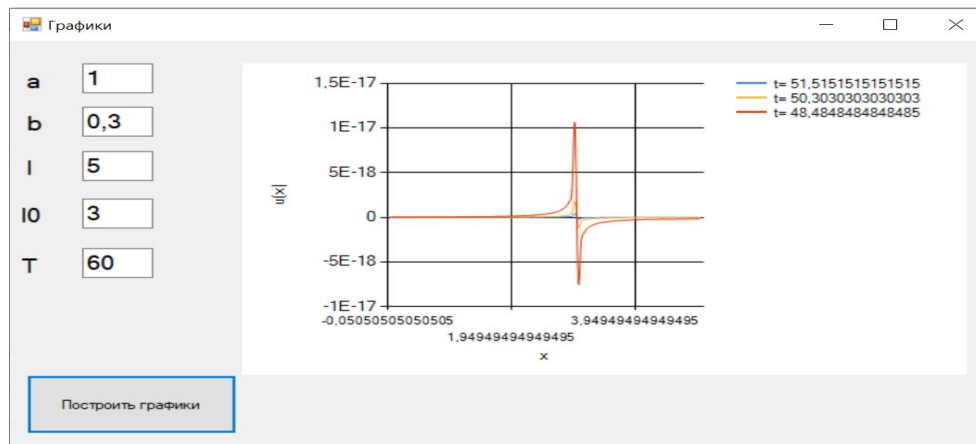


Fig. 3. Graph of $u(x)$ at the ending of the time interval

References

1. Барун В. В., Иванов А. П. Световые и тепловые поля в многослойной ткани кожи при лазерном облучении // Оптика и спектроскопия. 2006. Т. 100. № 1. 149–157.
2. Танана В. П., Ершова А. А. О решении обратной граничной задачи для

композитных материалов // Вестник удмуртского университета. 2018. Т. 28. № 4. С. 474–488.

3. Тихонов А. Н., Самарский А. А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1977. 735 с.

4. Сабитов К. Б. Уравнения математической физики. М.: Физматлит, 2013. 352с.

5. Штумпф С. А., Бахтин М. А. Математические методы компьютерных технологий в научных исследованиях. СПб: НИУ ИТМО, 2012. 148 с.

6. Документация по C#. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp/> (дата обращения: 20.03.2020).

КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ УРАВНЕНИЙ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ТИПА С РАЗЛИЧНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ

Ю. Ю. Кривошеева, Н. А. Слобожанина

В технических приложениях часто встречаются узлы, которые могут подвергаться тепловой нагрузке. Тепловая нагрузка может привести к изменению ряда свойств материала, что приведет к выводу устройства из строя, его повреждению или утрате важных эксплуатационных свойств. Чтобы уменьшить тепловую нагрузку, можно наносить на поверхности защитные покрытия. Таким образом, это сводится к задаче о теплопроводности многослойных материалов, свойства теплопроводности которых меняются скачком. В данной работе была поставлена первая краевая задача для уравнения теплопроводности комбинированного стержня. Было получено аналитическое решение данной задачи в виде ряда Фурье и произведена оценка полученного ряда. На основе полученного решения и оценки было произведено моделирование процесса распространения тепла в комбинированном стержне и получены графики, иллюстрирующие этот процесс.

Ключевые слова: уравнение теплопроводности, краевая задача, метод разделения переменных, ряд Фурье, остаток ряда.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.816

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ, ИЗГОТОВЛЕНИЯ И СБОРКИ МОДУЛЯ ВХОДНОГО ВАЛА РЕДУКТОРА ВЕРТОЛЁТА

Ю. А. Автонеев, А. В. Аксенов, А. П. Грушев, Е. Е. Дубянский, А. А. Новосёлов,
К. А. Сидяев, А. А. Туманов, Л. А. Чемпинский

В работе представлен опыт освоения студентами первого курса современных методов проектирования, конструирования и изготовления отдельных деталей, а также отделки и сборки конструктивно сложных изделий на основе использования объёмного (3D) моделирования и аддитивных технологий, приобретённый ими в процессе реализации проекта по редактированию конструкции и изготовлению полноразмерного макета одного из вариантов главного редуктора вертолёт, предназначенного для использования в качестве наглядного пособия в учебном процессе вуза при подготовке технических специалистов, а также изложены особенности выполнения проекта, связанные с необходимостью доработки геометрии деталей под возможности используемого 3D принтера, экспериментального выбора пластического материала для печати с определением оптимальных режимов печати, усадки в процессе печати и последующих поводок и коробления при вылёживании, обеспечение долговечности собранного изделия, изготовленного из биоразлагаемого материала.

Ключевые слова: редуктор, аддитивные технологии, 3D модель, 3D принтер, подготовка к печати, 3D печать, сборка модели, оформление.

Инновационные 3D технологии, в недавнем прошлом ставшие сенсацией, в настоящее время прочно вошли в нашу повседневную жизнь. Впервые о трехмерной печати заговорили в 80-х годах прошлого века. Именно тогда появились технологии быстрого прототипирования, в частности, стереолитография, использующая для создания объектов специальный, полимеризующийся под воздействием луча лазера, материал в виде жидкой эпоксидной смолы. Таким образом, луч лазера буквально попиксельно «рисовал» будущий объект, создавая его из жидкого вещества. Современные PLA 3D-принтеры имеют похожий принцип работы – устройство

последовательно создаёт трехмерные объекты на основе цифровой трёхмерной модели. Формирование объекта путём трехмерной печати называют аддитивным (от слова Add (англ.) — добавлять). На сегодняшний день аддитивные технологии широко применяются во многих сферах, в том числе, в создании моделей авиационных приводов и элементов двигателей.

Цель работы – освоение современных методов проектирования, конструирования, изготовления деталей, сборки и отделки сложных изделий на основе использования 3D моделирования и аддитивных технологий в процессе создания учебного наглядного

© Автонеев Ю. А., Аксенов А. В., Грушев А. П., Дубянский Е. Е., Новосёлов А. А., Сидяев К. А., Туманов А. А., Чемпинский Л. А., 2020.

Автонеев Юрий Александрович (yuraavtolada@gmail.com), студент I курса;

Аксенов Александр Вячеславович (aks.sania1@gmail.com), студент I курса;

Грушев Александр Петрович (a.p.grushev@gmail.com), студент I курса;

Дубянский Евгений Евгеньевич (marsport13@gmail.com), студент I курса;

Новоселов Александр Александрович (novos163rus@gmail.com), студент I курса;

Сидяев Кирилл Андреевич (kirillsidjaev@gmail.com), студент I курса;

Туманов Александр Алексеевич (alexandertumanov01@mail.ru), студент I курса института двигателей и энергетических установок;

Чемпинский Леонид Андреевич (chempinskiy@mail.ru), профессор кафедры технологий производства двигателей Самарского университета,

443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

пособия для использования в учебном процессе студентов младших курсов.

Задачами работы являются:

- проектирование (конструирование) объёмной (3D) модели модуля входного вала редуктора вертолёта;

- адаптация модели входного вала под размеры и программное обеспечение (ПО) 3D-принтера;

- отработка технологии изготовления модуля входного вала аддитивным методом – выбор материала, настройка параметров печати и верификация процесса печати деталей;

- доработка напечатанных деталей и сборка модели модуля входного вала.

Проект выполняли в два этапа: на первом этапе была поставлена задача спроектировать модуль входного вала редуктора вертолёта в сборе. На втором – выполнить работу по реализации 3D-печати и последующую сборку элементов входного вала.

В работе аддитивным методом получена полноразмерная модель входного вала редуктора вертолёта. Для этого проведена доводка 3D-модели входного вала в программном пакете ADEM CAD/CAM/CAPP v.9.05, дальнейшая её подготовка для принтера в программе IdeaMaker (корректное расположение в плоскости, выставление подложки и поддержки), настройка параметров и верификация печати, доработка напечатанных деталей.

Особенности конструкции входного вала

Конструкция детали «входной вал-шестерни» для снижения веса выполнена полый [1]. Чтобы предотвратить попадание масла во

внутреннюю полость, предусмотрена радиусная канавка, в которую развальцована заглушка (рис. 1).

Конструкция наружной поверхности вала состоит из шестерни, которая входит в зацепление с насадным зубчатым колесом, установленным на промежуточном валу. Для осуществления сборки и необходимой разборки с целью ремонта входной вал выполняют ступенчатым. На шейках вала установлены шариковый и роликовый подшипники. Шариковый подшипник воспринимает радиальные нагрузки и надёжно фиксирует вал, что имеет определяющее значение, учитывая условия работы входного вала при $\sim 10\ 000$ об/мин. Такая скорость вращения может вызвать биение вала вследствие неточной центровки (несоблюдения соосности деталей модуля), что приведёт к быстрому износу механизма и прекращению его работы. Именно поэтому внутреннее кольцо подшипника прочно закрепляется на валу, фиксируясь от осевого смещения гайкой со стопорной шайбой. Подшипник, в свою очередь, помещается в стакан, который соединяется с крышкой через прокладку. Стакан подшипника имеет фланец с отверстиями, благодаря которым стакан устанавливают на шпильки в корпусе редуктора или в эти отверстия вставляют болты. Стальной стакан служит проставкой между подшипником и корпусом из легкого сплава, в который его устанавливают по посадке. Во внутреннюю полость стакана устанавливают наружное кольцо шарикового подшипника. Прокладка предназначена для герметизации стыка по торцам левого стакана и крышки. Её изготавливают из фибры или паронита.

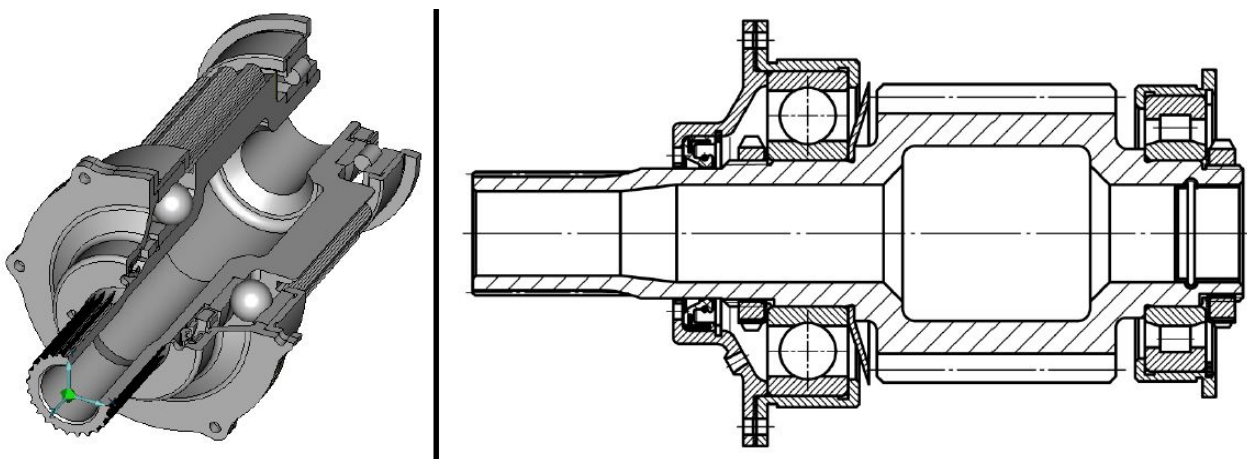


Рис. 1. 3D модель и схема сборки модуля входного вала

Крышка подшипника служит для герметизации подшипниковой опоры входного вала за счет установки в её корпус манжетного уплотнения, которое фиксируют от осевого перемещения установленным в канавку упорным кольцом. Одновременно правым торцом крышка фиксирует от осевого смещения наружное кольцо подшипника. Манжетное уплотнение предназначено для герметизации вращающегося вала. Оно представляет собой резиновое кольцо, армированное металлическим каркасом. Манжета устанавливается с натягом внутри крышки и фиксируется упорным кольцом. Для обеспечения герметичности манжета в месте контакта с валом дополнительно поджимается пружинным металлическим кольцом.

Роликовый подшипник также обеспечивает соблюдение соосности и надежности закрепления высокооборотного вала, но его кольца могут смещаться друг относительно друга в направлении, параллельном оси вала. Это сделано для того, чтобы снизить напряжение в механизме в условиях его нагрева, и, как следствие, его теплового расширения. Стакан роликового подшипника с канавкой под упорное кольцо служит проставкой между подшипником и корпусом редуктора из легкого сплава, в который его устанавливают и фиксируют от возможного проворачивания штифтом. Во внутреннюю полость стакана по переходной посадке устанавливают наружное кольцо подшипника, которое фиксируют от осевого смещения буртом. От осевого смещения в противоположном направлении кольцо подшипника фиксируется упорным кольцом, устанавливаемым в канавку внутри стакана. Маслосъёмное кольцо, как следует из названия, служит равномерному распределению стекающего масла по беговой дорожке подшипника. Устанавливается на шейку вала с небольшим зазором. Упорные кольца предназначены, как сказано выше, для фиксации (стопорения) элементов конструкции (подшипников, манжет и пр.) от осевых перемещений. Они представляют собой стальные пружинящие разрезанные кольца круглого или прямоугольного сечения. Заглушка служит для предотвращения вытекания масла через внутреннюю полость вала.

Она представляет собой тонкостенный стакан, который устанавливается и развальцовывается в предназначенной для этого канавке. Детали крепежа – болты (шпильки), шайбы стопорные, гайки – предназначены для резьбовых соединений различных деталей. В авиационных конструкциях предусмотрены меры их контроля от отворачивания.

Особенности подготовки моделей деталей к 3D печати

С самого начала авторы столкнулись с проблемой несоответствия реальных размеров редуктора и рабочего объема 3D принтера. Учитывая модульную сборку, выделили самый большой нераздельный элемент (корпус) и масштабировали его так, чтобы он занимал весь предоставленный принтером объем. Полученное масштабное число применили ко всей модели (за некоторыми исключениями, например, оставив натуральную ширину фланцев, размеры отверстий под стандартные болты, диаметры шеек вала под подшипники). Далее каждую из моделей деталей модуля входного вала, представленную в формате .adm конвертировали в формат .stl и переносили в программу IdeaMaker для подготовки к печати на 3D принтере (рис. 2).

Программа самостоятельно, по заданному алгоритму, формирует подложку и поддержку. Однако, в некоторых случаях приходилось самостоятельно (в ручном режиме) выставлять поддержку в определённых местах, а в некоторых удалять её. Например, в случае, показанном стрелкой (см. рис. 2) поддержка не нужна, так как наносимые в процессе печати слои надёжно "сцепляются" друг с другом. Установка или удаление поддержки зависит от угла нависания, толщины слоя печати и непосредственно визуального наблюдения за зацеплением слоев в процессе печати. Далее подготавливали 3D принтер для работы: выставляли нужные значения температуры сопла и платформы, на которой будет располагаться деталь, наносили клей для того, чтобы модель прочно держалась на своём месте в процессе печати, размещали катушку с нитью, подводили пластиковый прут к экструдеру и запускали печать.

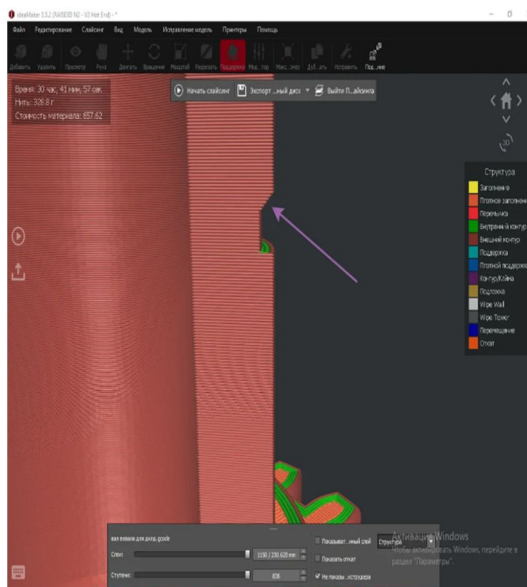


Рис. 2. Подготовка к печати в среде IdeaMaker

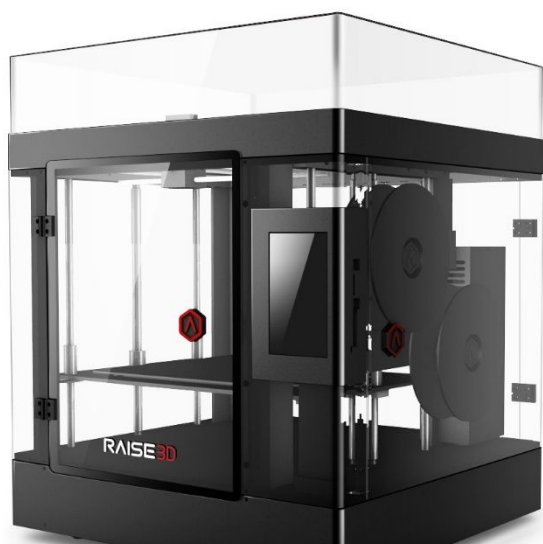


Рис. 3. Принтер Raise 3D N2 Dual

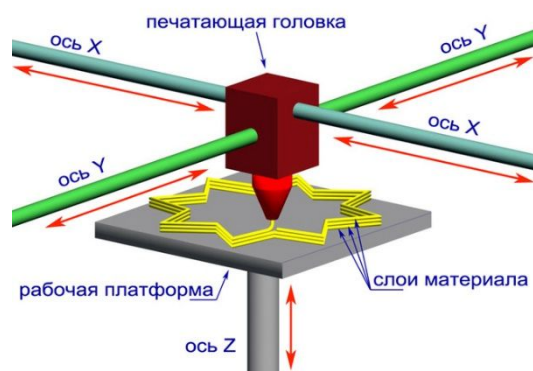


Рис. 4. Схема работы печатающей головки

Технология печати

В качестве материала печати обычно используются различные виды пластика, хотя в последнее время начинают появляться и другие материалы. Имеющийся у нас настольный 3D-принтер Raise 3D N2 Dual (рис. 3) выглядит как небольшой ящик с металлическими направляющими, по которым перемещается рабочий элемент принтера: печатающая головка (экструдер) (рис. 4).

Технические характеристики принтера Raise 3D N2 Dual:

- материал, используемый для 3D печати: PLA, ABS, Filaflex, PVA, PC, Nips, Nylon;
- диаметр нити 1.75 мм;
- область печати (максимальные ширина, глубина и высота) 305 x 305 x 500 мм;
- толщина слоя печати от 0,01 до 0,2 мм;

- диаметр сопла печатающей головки 0,2 – 0,4 мм;
- нагреваемый стол, до 110 °С;
- температура экструдера, до 300 °С;
- количество печатающих головок: 2.

3D модель будущего объекта в формате .stl, как было отмечено выше, помещают в среду ПО IdeaMaker, где объект разделят на слои (слайсинг) и произойдёт генерация набора команд, которая определит последовательность, в которой будут наноситься слои материала при печати, а также автоматически выставят подложку и материал поддержки - вспомогательный материал, используемый в 3D-печати для построения сложных объектов и улучшения качества и стабильности структуры при печати модели.

Без использования поддержки невозможно трехмерная печать моделей с полостями, нависающими конструкциями, сложной детализацией, тонкими стенками или перекрытиями и другими сложными элементами.

3D принтер послойно формирует объект, нанося постепенно порции материала (рис. 5). Располагая печатающую головку в системе двух координат X и Y, принтер наносит материал слой за слоем по смоделированной схеме. При перемещении платформы на шаг вдоль оси Z начинается построение нового уровня объекта (рис. 6).

Особенности подготовки моделей к печати

Во-первых, было необходимо выбрать оптимальный по своим рабочим

характеристикам материал для печати. Критериями при выборе материала являются показатели экологичности, плотности, прочности, возможности покраски, относительной простоты печати (ввиду отсутствия опыта работы с 3D-принтерами). Учитывая наличие материалов в лаборатории и их совместимость с данным 3D принтером, пришлось выбирать между двумя видами пластика: PLA (полилактид), который является биоразлагаемым, термопластичным алифатическим полиэфиром, структурная единица которого - молочная кислота, и ABS (акрилонитрил-бутадиен-стирол). Оба этих филамента имеют свои преимущества и недостатки (табл. 1).

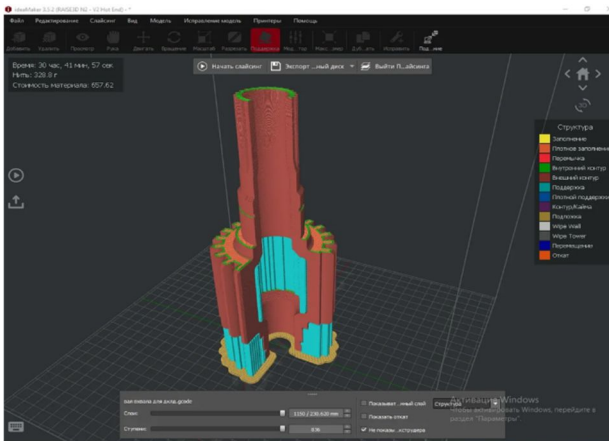


Рис. 5. Моделирование процесса печати

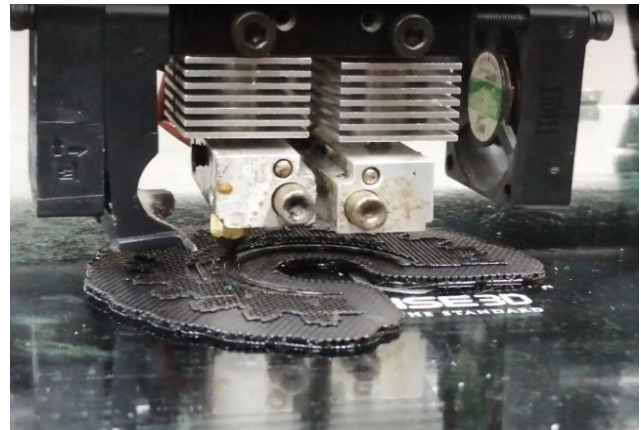


Рис. 6. Реализация процесса печати

Таблица 1

Свойства расходных материалов

Свойства	PLA	ABS
Прочность	высокая	высокая
Эластичность	низкая	средняя
Долговечность	средняя	высокая
Сложность применения	низкая	средняя
Температура печати	180-230°C	210-250°C
Температура стола	20-60°C	80-110°C
Усадка или коробление	минимальные	значительные
Растворимость	не растворим	растворим в эфирах, кетонах, ацетоне
Безопасность использования	пищевая безопасность, отсутствие едкого запаха	пищевая опасность, сильный химический запах



Рис. 7. Экспериментальные образцы



Рис. 8. Усадка при печати

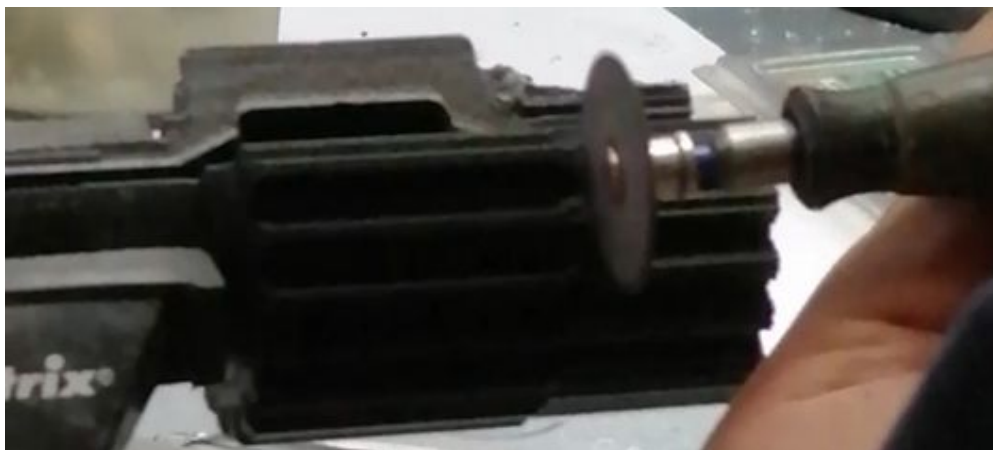


Рис. 9. Демонтаж поддержки

В результате сравнения свойств материалов для печати был выбран пластик PLA, т.к. он отличается простотой печати и более оптимальным температурным режимом, экологичностью и безопасностью. Определяющим фактором стала низкая степень деформации и усадки PLA при остывании (по сравнению с ABS). Кроме того, изготовленные из ABS-пластика объекты, подвержены расслоению при высыхании.

Во-вторых, для отработки технологии печати с использованием выбранного материала были проведены эксперименты по выращиванию тестовых заготовок двух цилиндров, имитирующих посадочные места для подшипников (шеек) полого входного вала (см. рис. 1): цельного и с вырезом четверти, наружный диаметр которых соответствовал внутреннему диаметру внутреннего кольца подшипника (рис. 7). Структура материала оказалась ровной, наплавка равномерной, без склеек и дефектов. Точные измерения (микрометром) наружных диаметров опытных образцов показали приемлемую погрешность изготовления (с учётом усадки в процессе остывания и последующего вылёживания) –

изготовленные образцы без приложения дополнительных усилий могут быть с натягом установлены внутри внутренних колец подшипника. На основании проведённого эксперимента был сделан вывод о приемлемой погрешности допуска при изготовлении печатной модели вертолетного редуктора с четвертным вырезом в целом. Тем не менее усадка материала присутствовала в связи с наперёд искусственно задаваемой с целью экономии материала неравномерной плотностью (стенки моделей плотные, середина – до 80% – рыхлая). Усадка особенно заметна на плоских гранях (пластик между двумя ребрами просаживался внутрь детали, образуя выступающие ребра) (рис. 8). Такие дефекты незначительны, но при окончательной доводке необходимо обрабатывать подобные места абразивным материалом.

В-третьих, изначально выставленная в программе IdeaMaker плотность материала поддержки оказалась слишком высокой из-за чего возникали трудности с её отделением от распечатанной детали – приходилось демонтировать её подручными инструментами (рис. 9).

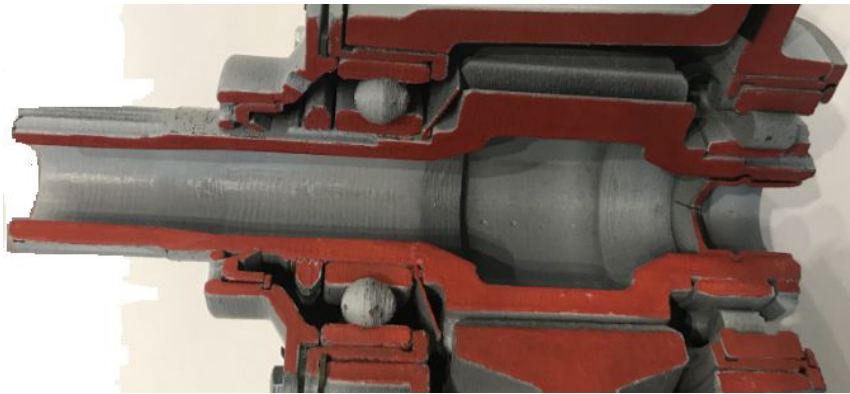


Рис. 10. Модуль входного вала редуктора с вырезом четверти

Изначально использовалась поддержка из «столбиков», которые достаточно плотно соединялись между собой, образуя практически монолитные куски пластика, которые сложно было демонтировать, не повредив поверхность самой детали. В таких случаях приходилось, как было сказано, прибегать к помощи специфичных инструментов при отделении модели входного вала от поддержки. При печати последующих деталей использовался прямолинейный тип печати поддержки, напоминающий «гармошку». Эта «гармошка» прекрасно справлялась со своей функцией поддержки и легко отделялась. Кроме того, на ее печать тратили меньше пластика, соответственно возрастала скорость и экономичность печати.

Завершив распечатку всех деталей и убедившись в том, что модуль входного вала редуктора получился не только сборным, но и разборным, приступили к его обработке и покраске. При этом была сохранена подвижность всех элементов, механизм функционировал нормально (детали собираются как после печати, так и после покраски). В результате проведенных работ аддитивным методом изготовлена разборная модель модуля входного вала с четвертным вырезом (для наглядности) (рис. 10).

Особенностью модуля входного вала редуктора является возможность разобрать и собрать его обратно в условиях проведения занятий со студентами младших курсов в аудитории, а также небольшой вес.

Заключение

В результате выполнения проекта:

- изучили объёмную модель конструкции двухступенчатого главного редуктора вертолётта, состоящую из цилиндрической и планетарной ступени;

- получили представление о назначении и конструктивных особенностях каждого из модулей (входного, промежуточного вала и планетарной ступени) в связи с их сборкой и разборкой;

- ознакомились с возможностями изготовления деталей по объёмным моделям с использованием аддитивных технологий без рабочих чертежей;

- учитывая конструкционные особенности, характеристики материала и параметры оборудования, адаптировали 3D-модель входного вала редуктора для дальнейшей работы по его печати;

- освоили азы работы с 3D-принтером Raise 3D N2 Dual и его программным обеспечением IdeaMaker;

- провели экспериментальные исследования по оптимизации: конструкции печатаемых деталей, формируя и корректируя геометрию подложек и поддержек; температуры печатающего узла и платформы; траектории и процесса печати деталей пластиком;

- провели исследования опытных образцов из пластика PLA по определению коробления и усадки в процессе печати и последующего вылёживания;

- изготовили конструктивно точную модель модуля входного вала вертолетного редуктора, научившись печатать тонкие детали, шарообразные объекты, элементы, требующие сложной поддержки, подвижные детали по типу подшипников, резьбовые соединения и др.

Литература

1. Чемпинский Л. А. Моделирование конструкции вертолетного редуктора в среде ADEM VX. Моделирование первой ступени: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самарского университета, 2019. 76 с.

FEATURES OF DESIGNING, MANUFACTURING AND ASSEMBLING AN INPUT SHAFT MODULE OF A HELICOPTER GEARBOX

Y. A. Autoneev, A. V. Aksenov, A. P. Grushev, E. E. Dubyanskii, A. A. Novoselov,
K. A. Sidiaev, A. A. Tumanov, L. A. Chempinskii

The paper presents the experience of first-year students, who study modern design methods, constructing and manufacturing individual parts, as well as finishing and assembling structurally complex products based on the use of three-dimensional (3D) modeling and additive technologies. This knowledge was acquired during the implementation of a project to modify the design and manufacture the full-size layout of one of the options of the helicopter main gearbox. The paper intended for use as a visual tutorial in the educational process of the University while training technical specialists. It also describes the features of the project related to the need to modify the geometry of parts for capabilities of the experimentally chosen plastic material in 3D printer. 3D printer is used for printing with the determination of optimal printing modes, shrinkage during printing and subsequent leashes and warping during storage and ensuring the durability of the assembled biodegradable material product.

Key words: reduction gear, additive technologies, 3D model, 3D printer, printing preparation, 3D printing, model assembly, design.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Autoneev Yu. A., Aksenov A. V., Grushev A. P., Dubyanskii E. E., Novoselov A. A., Sidiaev K. A., Tumanov A. A., Chempinskii L. A., 2020.

Autoneev Yuri Aleksandrovich (yuraavtolada@gmail.com), student I course;

Aksenov Alexander Vyacheslavovich (aks.sania1@gmail.com), student I course;

Grushev Alexander Petrovich (a.p.grushev@gmail.com) student I course;

Dubyanskii Evgeny Evgen'evich (marsport13@gmail.com) student I course;

Novoselov Alexander Aleksandrovich (novos163rus@gmail.com) student I course;

Sidiaev Kirill Andreevich (kirillsidjaev@gmail.com) student I course;

*Tumanov Alexander Alekseevich (alexandertumanov01@mail.ru) student I course
of the Institute of Engines and Power Plants;*

*Chempinskii Leonid Andreevich (chempinskiy@mail.ru), professor of the Department of Engine Technology
of the Samara University,*

443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЖЁСТКОСТЬЮ ПОДВЕСКИ АВТОМОБИЛЯ

М. Э. Азизов, Ю. А. Федотов

В данной работе создана теоретическая база для создания собственной системы регулирования жесткости подвески автомобиля, с учётом недостатков уже существующих систем: разработаны структурная и электрическая принципиальная схемы, выбрана элементная база, разработан алгоритм работы системы при различных ситуациях во время движения автомобиля, разработано программное обеспечение для контроллера, управляющего системой. Проведено моделирование системы управления в программном пакете Amesim, которое свидетельствует об увеличении безопасности и комфорта при движении автомобиля, оснащённого данной системой, а также доказано снижение нагрузок на элементы подвески на 15–17 % по сравнению с пассивной системой.

Ключевые слова: адаптивная подвеска, регулируемая подвеска, Skyhook, лазерные дальнометры, электромагнитные клапаны, моделирование системы, четверть массы автомобиля, Amesim.

Развитие упруго-демпферных систем автомобиля началось с самого появления автомобиля, а исследования в этой области ведутся и по сей день. Сегодня автопроизводители всё чаще прибегают к замене классической пассивной подвески на регулируемую или, в отдельных случаях, на активную подвеску. Последняя позволяет изменять характеристики жесткости непосредственно во время движения автомобиля, что значительно улучшает комфорт и безопасность при вождении, а также, при правильном использовании и настройке, значительно снижает нагрузки на раму автомобиля и элементы самой подвески, что впоследствии приводит к увеличению срока её безотказной работы.

На данный момент существует множество систем адаптивной подвески от известных автопроизводителей, которыми они оснащают свои автомобили, однако все эти системы применяются исключительно в автомобилях премиум сегмента, что обусловлено высокой стоимостью таких систем [1]. Сегодня существует тенденция к разработке всё более доступных или же более эффективных систем адаптивной подвески.

Целью работы являлась разработка автоматизированной системы управления жесткостью подвески автомобиля или, другими словами, системы адаптивной подвески автомобиля, которая способна регулировать характеристики амортизаторов, тем самым обеспечивая все основные функции аналогичных систем. К таковым относятся: уменьшение крена корпуса автомобиля при разгоне/торможении или же повороте влево/вправо; снижение шума и вибраций, передающихся в салон автомобиля при езде путём независимого управления жесткостью каждого амортизатора; настройка жесткости подвески под определённый режим, выбираемый водителем. Также данная система должна изменять характеристики подвески в зависимости от скорости движения автомобиля, обеспечивать управление подвеской в широком диапазоне скоростей и быть как можно проще, что положительно скажется на её стоимости, надежности и ремонтпригодности.

Первостепенным вопросом при разработке адаптивной подвески оказался выбор типа исполнительного устройства.

© Азизов М. Э., Федотов Ю. А., 2020.

Азизов Мират Эльверович (mirat.azizov@mail.ru), студент IV курса института двигателей и энергетических установок;

Федотов Юрий Аркадьевич (fedyuri1@rambler.ru), доцент кафедры автоматических систем энергетических установок Самарского университета,

443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

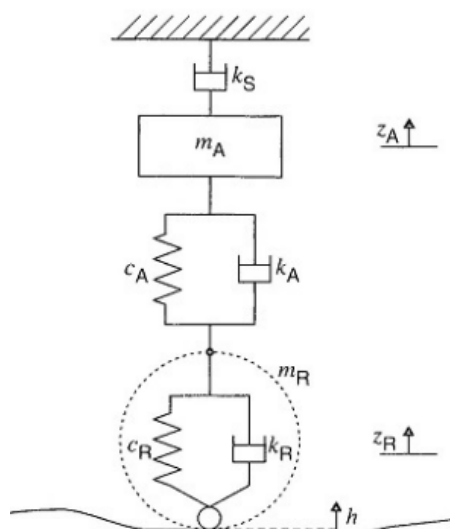


Рис. 1. Теоретический принцип метода Skyhook

В данной работе в качестве исполнительных элементов системы были выбраны регулируемые амортизаторы с электромагнитным клапаном, в силу их более линейных характеристик при регулировании, меньшей стоимости и большей распространенности в современных автомобилях, а значит и доступности по сравнению с амортизаторами, использующими свойства магнитоэологической жидкости.

Отличительной чертой разработанной системы стало применение лазерных дальнометров, которые должны определять рельеф дорожного полотна в реальном масштабе времени, а также в силу своего расположения под передним бампером автомобиля должны позволить подавать сигнал управления на исполнительные органы заблаговременно, до наезда колеса на неровность, таким образом снижая влияние апериодичности регулирующих электромагнитных клапанов, интегрированных в амортизаторы.

Метод управления

Цель любой системы управления адаптивной подвеской – это вычисление по определенному алгоритму (с помощью определенного метода) воздействий, которое необходимо подать на исполнительные элементы для обеспечения наиболее комфортного и безопасного вождения. Зачастую, используя типовую конструкцию подвески и меняя лишь закон управления, можно добиться существенного прироста производительности и эффективности работы системы в целом.

В данной работе в качестве метода управления выбран Skyhook, используемый

во многих существующих системах адаптивной подвески [2]. Подробное описание данного метода приведено в работе [3]. Он был запатентован в 1974 году Карнопом. Главным образом метод направлен на сохранение неподвижного положения поддрессоренных частей автомобиля в вертикальной плоскости независимо от текущих параметров дорожного покрытия. Он предназначен в первую очередь для повышения комфорта при вождении. Для изолирования кузова автомобиля от внешних колебаний мысленно представляют, что он соединен амортизатором с небом или воображаемой инерциальной системой отсчета в виде горизонтальной линии (рис. 1).

Сила данного амортизатора зависит от его жесткости k_S и вертикальных скоростей поддрессоренных и неподдрессоренных частей подвески \dot{z}_A и \dot{z}_R . Рассчитывается она по следующей формуле:

$$F_{SH} = \begin{cases} k_S * \dot{z}_A, & \text{если } \dot{z}_A * (\dot{z}_A - \dot{z}_R) \geq 0 \\ 0, & \text{если } \dot{z}_A * (\dot{z}_A - \dot{z}_R) < 0 \end{cases}$$

Таким образом, данный метод позволяет рассчитать усилие, которое необходимо приложить к кузову автомобиля для устранения его колебаний вдоль вертикальной оси. Он является наиболее подходящим для применения в разработанной системе в силу своей простоты и эффективности. Стоит отметить, что выбор датчиков, необходимых для работы системы в большей степени обусловлен использованием метода Skyhook.

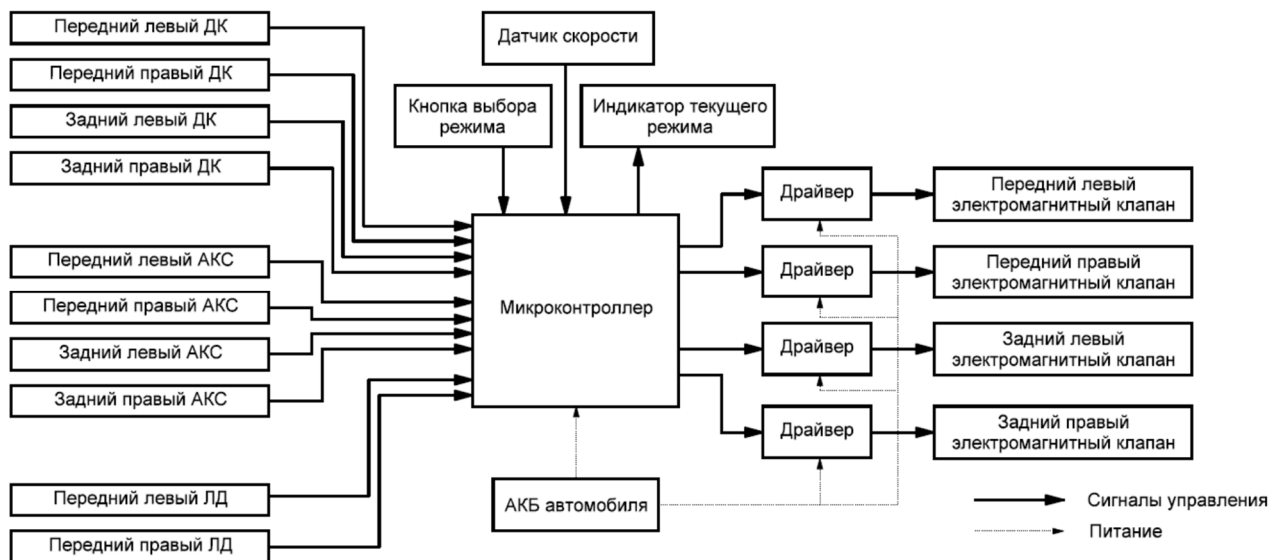


Рис. 2. Структурная схема системы

Разработка системы

В результате выполнения работы была составлена структурная схема системы, в состав которой вошли: 4 акселерометра; 4 датчика клиренса; 2 лазерных дальномера; датчик скорости движения автомобиля; кнопка управления режимами, индикатор текущего режима; электромагнитные клапаны, интегрируемые в конструкцию регулируемых амортизаторов; драйверы к ним; а также микроконтроллер в качестве управляющего устройства (рис. 2).

Помимо этого был разработан алгоритм работы всей системы, который позволяет: уменьшить крена корпуса автомобиля при разгоне/торможении или же повороте влево/вправо; снизить шум и вибрации, передающиеся в салон автомобиля при езде путём независимого управления жесткостью каждого амортизатора; настроить жесткость подвески под определённый режим, выбираемый водителем; изменять характеристики подвески в зависимости от скорости движения автомобиля.

По разработанной структурной схеме и алгоритму была выбрана элементная база и составлена принципиальная электрическая схема. В качестве управляющего устройства была выбрана платформа Arduino Mega 2560 построенная на микроконтроллере

ATmega2560. Для данного устройства написана и успешно скомпилирована программа в среде Arduino IDE.

Разработка модели системы

В ходе работы также были разработаны две модели (адаптивной системы с использованием метода Skyhook и пассивной системы) в программном пакете Amesim для того, чтобы оценить общую эффективность работы разработанной системы, найти её оптимальные параметры, а также для наглядного представления работы адаптивной подвески и сравнения её с пассивной подвеской. Модели содержали в себе элементы планарной механики, имитирующие подрессоренную четверть массы автомобиля, датчики вертикальной скорости корпуса автомобиля и колеса, а также звенья цепи управления (рис.3). Возмущающее воздействие для каждой модели создавалось посредством гидроцилиндра, который управлялся с помощью пропорционального распределителя. На вход распределителя были поданы случайные сигналы различной частоты и амплитуды, а также трапецеидальный сигнал. Основные параметры моделей выбраны в соответствии с данными, приведенными в работе [4] и представлены в таблице 1.

Таблица 1

Основные параметры моделей

Параметр	Адаптивная модель	Пассивная модель
Подрес. масса m_A , кг	350	350
Неподрес. масса m_R , кг	25	25
Жесткость пружин c_A , $\frac{H}{M}$	22000	22000
Коэф. демпфирования k_A , $\frac{H \cdot c}{M}$	300...3000	1200
Коэф. Skyhook k_S , $\frac{H \cdot c}{M}$	1900	—

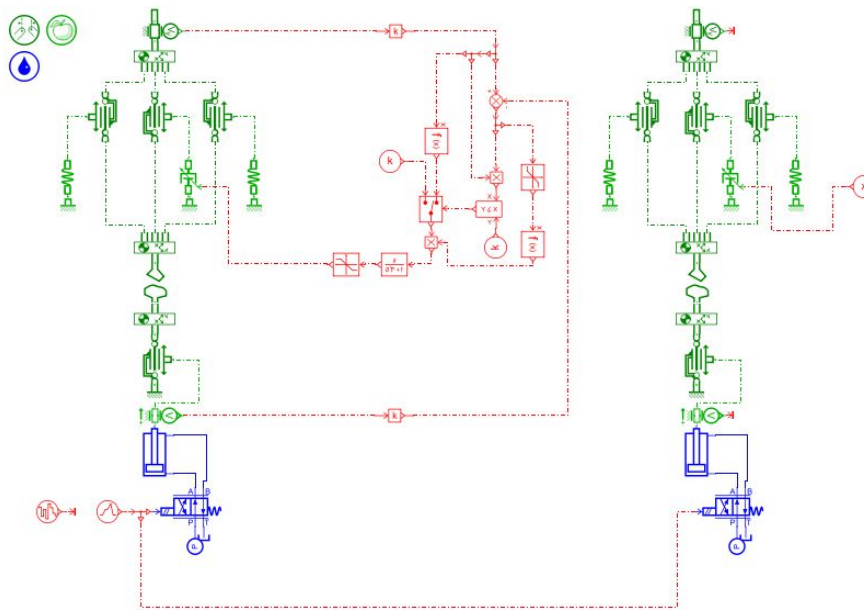


Рис. 3. Внешний вид окна разработки скетча

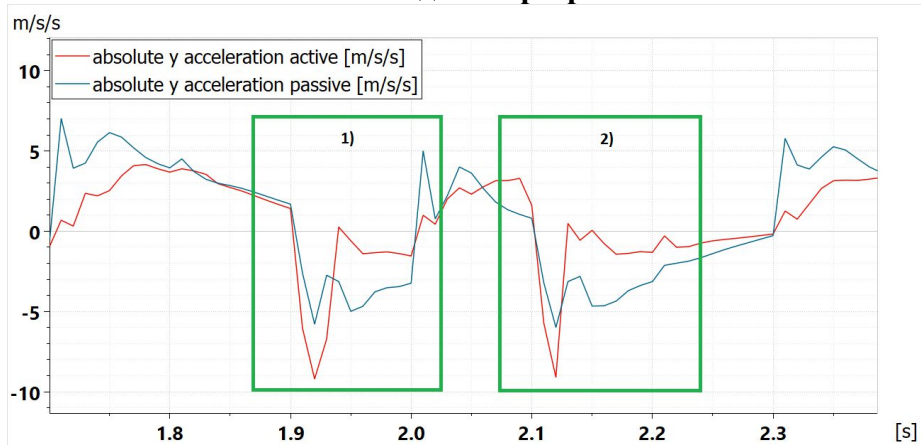


Рис. 4. Участки отрыва колеса от дорожного покрытия

Результаты испытаний моделей

В результате проведения трёх серий экспериментов были получены зависимости вертикальных перемещений и ускорений подвески от времени для каждой модели при различных возмущающих воздействиях. Данные зависимости, полученные для разработанной адаптивной системы, были сравнены с аналогичными зависимостями, полученными для пассивной подвески.

При сравнении был выявлен наиболее подходящий диапазон регулирования (300–3000 $\frac{H \cdot c}{M}$), который позволяет добиться не только хорошего демпфирования низкочастотных колебаний подвески, но и не допускает повышения уровня высокочастотных вибраций, передаваемых на корпус через подвеску.

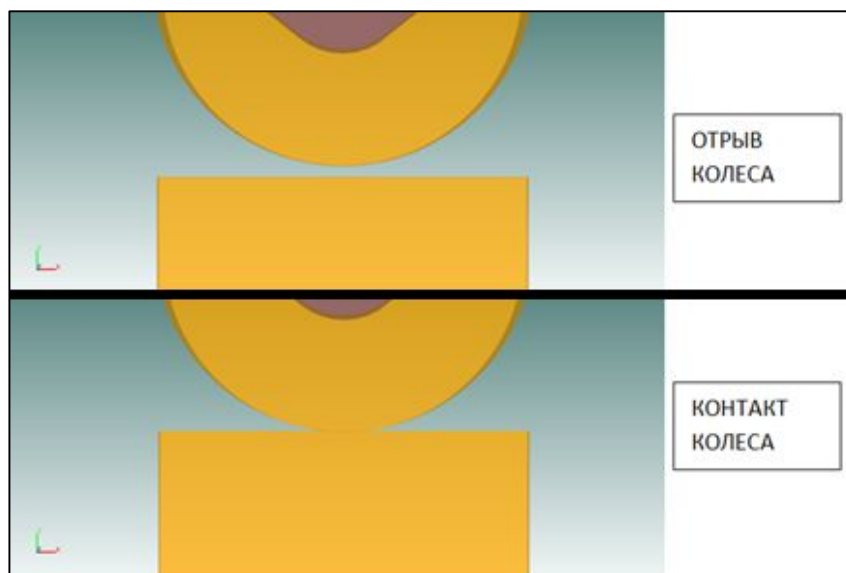


Рис. 5. Отрыв колеса и контакт колеса с дорожным покрытием

Таким образом, можно сделать вывод о том, что разработанная система обеспечивает больший комфорт и увеличивает безопасность при движении по сравнению с обычной пассивной подвесной системой автомобиля.

Заключение

В результате выполнения данной работы была подготовлена вся теоретическая база, необходимая для конструирования автоматизированной системы управления жесткостью подвески автомобиля. Также была создана и успешно скомпилирована программа для контроллера. Помимо этого было проведено моделирование системы в программном пакете Amesim, которое позволило подобрать необходимые коэффициенты для управляющего алгоритма и доказало эффективность разработанной адаптивной системы при всех режимах её работы по сравнению с пассивной подвесной системой. Под эффективностью понимается повышение комфорта и безопасности во время движения автомобиля. Ещё одним важным моментом стало снижение нагрузок, которым подвергаются элементы подвески при использовании разработанной системы. Так, по данным графиков, продемонстрированных в третьей серии экспериментов, пиковые ускорения поддресоренной массы снизились на 15-17%, при этом сами графики становятся более гладкими, что говорит также о снижении ударных нагрузок.

Результаты данной работы могут быть в дальнейшем использованы для построения разработанной автоматизированной системы

управления жесткостью подвески автомобиля, и её установки на транспортное средство. Стоимость данной системы при этом будет аналогична стоимости подобных готовых систем в связи с использованием аналогичной элементной базы, однако, за счёт использования лазерных дальномеров, отсутствующих в других системах, предполагается увеличение эффективности работы системы при больших скоростях движения автомобиля.

В дальнейшем планируется разработка более подробной модели системы, которая будет описывать весь автомобиль в целом и позволит подбирать конкретные параметры и коэффициенты системы управления для конкретного автомобиля.

Литература

1. Устройство и принцип работы адаптивной подвески. URL: <https://techautoport.ru/hodovaya-chast/podveska/adaptivnaya-podveska.html> (дата обращения 25.04.2020).
2. Pellegrini E. Model-Based Damper Control for Semi-Active Suspension Systems: dissertation... candidate of engineering sciences. Munich, 2012. 196 p.
3. Gopala Rao V., Narayanan S. Sky-hook control of nonlinear quarter car model traversing rough road matching performance of LQR control. Journal of Sound and Vibration: India, 2009. 16 p.
4. General Theory of Skyhook Control and Its Application to Semi-Active Suspension Control Strategy Design. / Liu C., Chen L., Yang X. [et al.] // IEEE Access, China.2019. 9 p.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM FOR CAR SUSPENSION'S RIGIDNESS

M. E. Azizov, Y. A. Fedotov

In this work, a theoretical basis has been created for creating our own system for controlling the suspension stiffness of a car, taking into account the shortcomings of existing systems: a structural and electrical circuit diagram has been developed, an elemental base has been selected, an algorithm has been developed for the system to work in various situations while the car is moving, software has been developed for the controller controlling the system. The control system was simulated in the Amesim software package, which indicates an increase in safety and comfort when driving a vehicle equipped with this system, as well as a 15-17% reduction in load on the suspension elements compared to a passive system.

Key words: adaptive suspension, adjustable suspension, Skyhook, laser rangefinders, solenoid valves, system simulation, a quarter of the mass of the car, Amesim.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Azizov M. E., Fedotov Yu. A., 2020.

*Azizov Mirat Elverovich (mirat.azizov@mail.ru), student IV course of the Institute of engines and power plants;
Fedotov Yuri Arkad'yevich (fedyuri1@rambler.ru), associate professor of the Department of Power Plant Automatic
Systems of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.*

ФОРМООБРАЗОВАНИЕ СТУПИЦЫ ПРИ ОСАДКЕ ЗАГОТОВКИ В ПОДКЛАДНОМ КОЛЬЦЕ

А. В. Гусева, Н. Д. Рузанов, В. Р. Каргин

Проведено компьютерное моделирование процесса осадки цилиндрической заготовки на подкладном кольце в программном комплексе Deform 2D/3D. Установлено влияние степени деформации, относительных размеров заготовки, величины внешнего трения, относительных размеров отверстия в подкладном кольце, ковочного угла и радиуса закругления кромки на характер формообразования ступицы. С увеличением степени деформации установлен рост высоты ступицы по закону экспоненты. Чем ниже относительная высота заготовки H_0/D_0 , тем выше высота ступицы. Внешнее трение способствует формообразованию более высокой ступицы, чем при осадке заготовки при отсутствии внешнего трения. При увеличении относительных размеров отверстия в подкладном кольце d_0/D_0 наблюдается заметный рост высоты ступицы. При больших степенях деформации величина радиуса закругления кромки отверстия не оказывает влияния на формообразование ступицы. С увеличением ковочного угла с 1° до 6° высота ступицы возрастает в пределах (12–18) %.

Ключевые слова: свободная ковка, осадка в подкладном кольце, моделирование, сплав АД31, геометрия заготовки и инструмента, степень деформации, внешнее трение, высота ступицы.

Одной из технологических операций процессаковки является операция осадки цилиндрической заготовки в подкладных кольцах. Данная операция позволяет получать поковки типа дисков с одно- или двухсторонними ступицами (отростками, бобышками, цапфами). Так отковывают некоторые типы прокатных валков, короткие кулачковые валы, поковки шестерён, фланцев и дисков со ступицами, когда размеры последних имеют небольшую величину в сравнении с габаритными размерами поковки [1–4].

Процесс осадки цилиндрических заготовок на нижнем подкладном кольце для поковки «диск с односторонней ступицей» рассмотрен в работах [5–10], в которых особое внимание уделено формообразованию заготовки, анализу потоков металла в радиальном и осевом направлениях, границе разделов потоков, расширению технологических возможностей осадки посредством изменения условий внешнего трения.

Цель работы – установление влияния соотношения начальных размеров заготовки, соотношения диаметра отверстия и диаметра

заготовки в подкладном кольце, сил трения на контактных поверхностях верхнего бойка, подкладного кольца и заготовки, степени деформации, ковочного угла и радиуса закругления отверстия на характер формообразования ступицы поковки.

Постановка задачи

Моделирование осадки цилиндрической заготовки из алюминиевого сплава АД31 на подкладном кольце (рис.1) реализовано средствами специализированного пакета программы Deform - 2D на базе метода конечных элементов [11]. При постановке задачи компьютерного моделирования ее рассматривали как осесимметричную. Степень деформации заготовки определяли по формуле

$$\varepsilon = \frac{H_0 - H_{ст}}{H_0} \cdot 100\%.$$

Высоту ступицы рассчитывали через разность высот по осевой линии $H_0 = H_k - H_{ст}$. Коэффициент трения μ по контактным поверхностям принят по закону Кулона, количество конечных элементов в заготовке 1000.

© Гусева А. В., Рузанов Н. Д., Каргин В. Р., 2020.

Гусева Анастасия Валерьевна (nastasya.guseva.234@mail.ru), студент IV курса;

Рузанов Никита Дмитриевич (ruzanow.n@yandex.ru), студент IV курса института ракетно-космической техники;

Каргин Владимир Родионович (vrkargin@mail.ru), профессор кафедры обработки металлов давлением Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

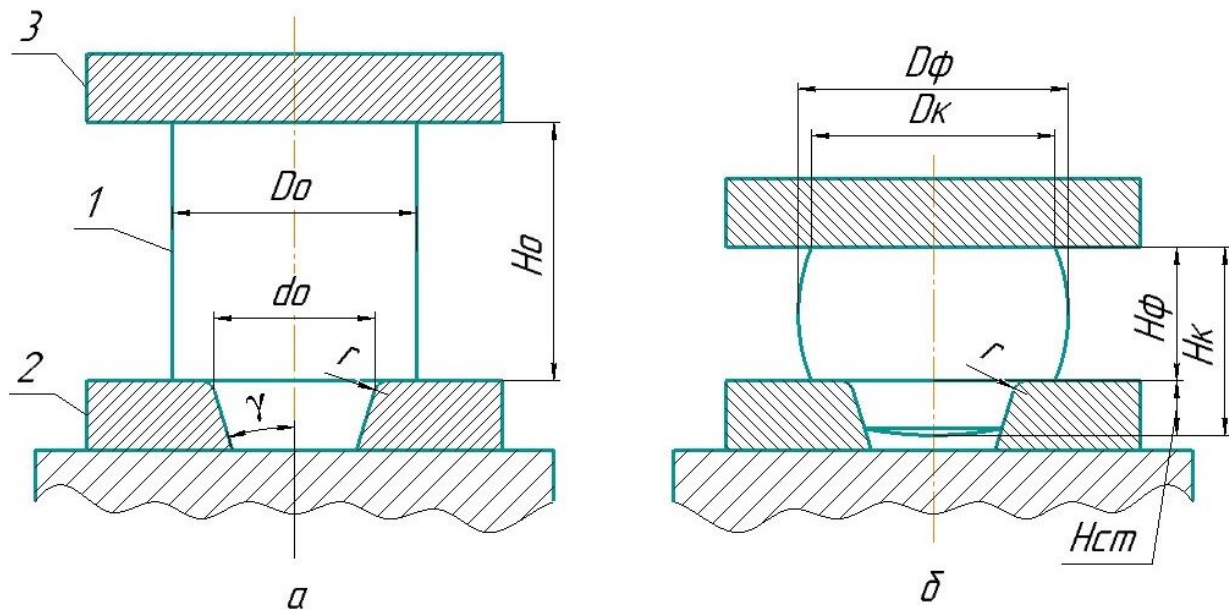


Рис. 1. Схема осадки цилиндрической заготовки 1 в подкладном кольце 2 плоскими бойком 3 в начале (а) и в конце (б) процесса:

D_0 – диаметр заготовки; H_0 – высота заготовки; d_0 , диаметр отверстия в подкладном кольце; γ – ковочный уклон; H_{ct} – высота ступицы; H_ϕ – высота фланца; D_ϕ – диаметр фланца; r – радиус кромки отверстия; H_k – высота поковки; D_k – диаметр контактной поверхности заготовки с верхним бойком

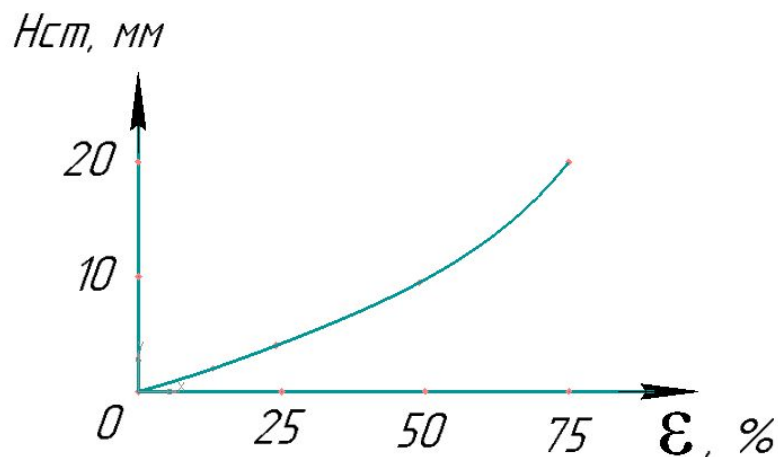


Рис. 2. График зависимости высоты ступицы от степени деформации

Результаты и их обсуждение

На рис. 2 представлен график зависимости высоты ступицы H_{ct} от степени деформации ϵ заготовки при следующих исходных данных: $D_0 = 40$ мм, $H_0 = 40$ мм, $d_0 = 22$ мм, $\gamma = 3^\circ$, $r = 3$ мм, $\mu = 0,3$.

Как видно из рис. 2, с увеличением степени деформации наблюдается заметный рост высоты ступицы по закону параболы.

В табл. 1 приведены результаты исследования по влиянию величины коэффициента внешнего трения на контактных поверхностях заготовки и инструмента на высоту ступицы при различных степенях деформации при следующих условиях: $D_0 = 40$ мм, $H_0 = 40$ мм, $d_0 = 22$ мм, $\gamma = 3^\circ$, $r = 3$ мм, $\mu = 0; 0,15; 0,3; 0,5$; $\epsilon = 25\%; 50\%; 75\%$.

Таблица 1

Результаты замеров высоты ступицы в мм в зависимости от значения коэффициента трения μ и степени деформации ε

μ	$\varepsilon, \%$		
	25	50	75
0	3,2	8,4	18,7
0,15	3,7	9,5	20,4
0,30	3,3	8,6	18,9
0,50	2,8	8,4	18,5

Таблица 2

Результаты замеров высоты ступицы в мм в зависимости от степени деформации ε и размеров исходной заготовки H_0/D_0

$\frac{H_0}{D_0}$	$\varepsilon, \%$		
	25	50	75
0,5	4,7	9,8	18,9
1,0	3,3	8,6	18,0
1,5	3,2	6,3	16,7
2,0	3,0	5,3	14,6

Таблица 3

Результаты замеров высоты ступицы в мм в зависимости от ковочного угла α и степени деформации ε

α°	$\varepsilon, \%$		
	25	50	75
1°	3,3	8,4	18,3
3°	3,4	8,9	19,2
6°	3,9	9,6	20,5

Таблица 4

Результаты замеров высоты ступицы в мм в зависимости от радиуса закругления r и степени деформации ε

$r, \text{ мм}$	$\varepsilon, \%$		
	25	50	75
1	3,1	8,9	19,6
3	3,4	8,9	19,2
5	3,8	9,0	19,2

Таблица 5

Результаты замеров высоты ступицы в мм в зависимости от отношения d_0/D_0 и степени деформации ε

$\frac{d_0}{D_0}$	$\varepsilon, \%$		
	25	50	75
0,40	2,4	6,2	15,8
0,55	3,4	8,9	19,2
0,70	4,8	11,1	22,1

Из рассмотрения результатов видно, что внешнее трение способствует формированию более высокой ступицы, чем при осадке заготовки без трения. При $\mu = 0,15$ и степенях деформации $\varepsilon = 25\%$, 50% , 75% получены наиболее высокие ступицы. Рост величины коэффициента трения приводит к уменьшению размеров ступиц в пределах 5 – 10%.

Основная причина роста высоты ступицы при осадке в подкладных кольцах с трением в сравнении без трения – это сдерживание течения металла силами трения в радиальном направлении от оси к периферии, что приводит к увеличению питающего объема металла, локализованного около отверстия кольца, для формирования ступицы.

В табл. 2 приведены результаты исследования влияния размеров исходной заготовки H_0/D_0 на величину высоты ступицы при различных степенях деформации при следующих условиях: $D_0 = 40$ мм; $H_0/D_0 = 0,5$, $H_0/D_0 = 1,0$, $H_0/D_0 = 1,5$, $H_0/D_0 = 2,0$; $\mu = 0,3$; $d_0 = 22$ мм; $\gamma = 3^\circ$; $\varepsilon = 25\%$, 50% , 75% .

Из рассмотрения результатов видно, что чем ниже заготовка, тем больше высота ступицы. Наиболее целесообразно для осадки в подкладных кольцах использовать исходные заготовки с размерами $H_0/D_0 = 0,5 \div 1,0$, так как при осадке интенсивность возрастания высоты ступицы увеличивается с уменьшением отношения H_0/D_0 . Такой характер изменения высоты ступицы свидетельствует и о сложном характере течения металла на разных этапах процесса осадки.

Ковочный уклон на подкладном кольце в пределах от 1° до 7° позволяет легко и быстро извлечь поковку из подкладного кольца.

Результаты моделирования по влиянию величины ковочного уклона на характер формирования размеров ступицы по высоте при $\mu = 0,3$; $D_0 = 40$ мм; $H_0 = 40$ мм; $\alpha = 1^\circ$, 3° , 6° ; $r = 3$ мм; $\varepsilon = 25\%$, 50% , 75% приведены в табл. 3.

Установлено, что с увеличением ковочного угла с 1° до 6° высота ступицы возрастает устойчиво, в пределах (12-18) %. Это связано с уменьшением сопротивления деформации металла при заполнении конической полости подкладного кольца.

Пересекающие поверхности ступицы и фланца сопрягаются по радиусу закругления

г. При ковке этот выступ в полости конического отверстия обтекает металлом и считается внутренним радиусом закругления. Его величина определяет качество поковки.

Результаты моделирования по влиянию величины радиуса закругления на характер изменения высоты ступицы при $\mu = 0,3$; $D_0 = 40$ мм; $H_0 = 40$ мм; $r = 1$ мм, 3 мм, 5 мм; $\alpha = 3^\circ$; $\varepsilon = 25\%$, 50% , 75% приведены в табл. 4.

Установлено, что с изменением радиуса закругления высота ступицы изменялась в пределах 12% при $\varepsilon = 25\%$, 1% при $\varepsilon = 50\%$ и $\varepsilon = 75\%$. Влияние r проявилось только при малых обжатиях. При больших обжатиях это влияние отсутствует.

Относительная величина отверстия в подкладном кольце определяется отношением диаметра отверстия d_0 к первоначальному диаметру заготовки D_0 , то есть d_0/D_0 .

Результаты моделирования по влиянию геометрического параметра d_0/D_0 на характер изменения высоты ступицы при $\mu = 0,3$, $D_0 = 40$ мм, $d_0/D_0 = 0,4$; $0,55$; $0,70$; $H_0 = 40$ мм; $r = 3$ мм; $\alpha = 3^\circ$ при степенях деформации $\varepsilon = 25\%$, 50% , 75% приведены в табл. 5.

Установлено, что с уменьшением d_0/D_0 затекание металла в полость конического отверстия подкладного кольца затруднено. Это связано с повышением сопротивления деформации металла при заполнении полости. При увеличении отношения d_0/D_0 заполнение полости кольца облегчается, что обеспечивает существенный рост высоты ступицы до 22,1 мм при степени деформации 75%.

Заключение

Проведен численный анализ влияния относительных размеров цилиндрической заготовки, относительного диаметра, ковочного угла и радиуса закругления кромки конического отверстия подкладного кольца, степени деформации и внешнего трения на процесс формообразования односторонней ступицы поковки.

Повышение степени деформации при осадке на подкладном кольце играет положительную роль, интенсивно увеличивая высоту ступицы поковки по параболическому закону с ростом степени деформации.

При осадке низких заготовок $H_0/D_0 < 1$ высота ступицы на поковке значительно больше на (12 – 22) %, чем при осадке высоких заготовок $H_0/D_0 > 1$.

Внешнее трение на контактных поверхностях плоского бойка и подкладного кольца способствует более благоприятному формообразованию ступицы поковки за счет увеличения питающего объема металла в области отверстия кольца.

Чем больше ковочный угол и входной диаметр полости подкладного кольца, тем меньше сопротивление металла при заполнении конической полости и соответственно выше ступица на поковке.

Величина радиуса закругления кромки входного отверстия в диапазоне 1 – 5 мм при степенях деформации $\varepsilon > 50\%$ не влияет на размер ступицы поковки.

Характер изменения высоты ступицы поковки свидетельствует о сложном нестационарном течении металла в осевом и радиальном направлениях на разных этапах совмещенных процессов осадки и выдавливания цилиндрической заготовки.

Предлагаемые рекомендации по выбору параметров процесса осадки цилиндрической заготовки на подкладном кольце в п. 2 – 6 расширяют технологические возможности формообразования поковки типа «диск с одной стороной ступицей».

Литература

1. Семёнов Е. И. Ковка и горячая штамповка. М.: МГИУ, 2011. 411 с.
2. Охрименко Я. М. Теория процессов ковки. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа, 1977. 295 с.
3. Кирсанова С. Б. Исследование течения металла при осадке в кольцах // Машины и технологии обработки давлением: сб. трудов МВТУ им. Баумана. 1951.
4. Савонькин М. Б. Исследование течения металла при осадке цилиндрических заготовок бойками с осевым отверстием и разработка промышленного применения полученных результатов: дис. ... канд. техн. наук. М, 2018. 137 с.
5. Ребельский А. В. Основы проектирования процессов горячей объемной штамповки. М.: Машиностроение, 1965. 248 с.
6. Шофман Л. А. Основы расчета процессов штамповки и прессования. М.: Машгиз, 1961. 340с.
7. Тарновский И. Я., Поздеев А. А., Ганаго О. А. Теория обработки металлов давлением. М.: Металлургиздат, 1963. 672 с.
- 8 Тарновский И. Я., Трубин В. Н., Златкин М. Г. Свободная ковка на прессах М.: Машиностроение, 1967. 328 с.
9. Lin S. Y. Influences of the geometrical conditions of die and workpiece on the barreling formation during forging-extrusion process // Journal of Materials Processing Technology. 2003. № 140. P. 54–58.
10. Расширение технологических возможностей процесса осадки в подкладных кольцах посредством изменения условия контактного трения / А.В. Смирных, С.С. Стругов, В.А. Иванов [и др.] // Вестник ЮУрГУ. 2018. Т. 18, № 2. С. 81–88.
11. Моделирование процессов обработки металлов давлением в программе DEFORM-2D: Учебное пособие / В. Р. Каргин, А. П. Быков, Б. В. Каргин [и др.]. М.: МИР, 2011. 170 с.

FORMING THE NAVE DURING THE SINKING STRAIN IN THE SPACER

A. V. Guseva, N. D. Ruzanov, V. R. Kargin,

Computer simulation of the process of sinking strain a cylindrical workpiece on a spacer was performed in the Deform 2D / 3D software package. The influence of the degree of deformation, the relative dimensions of the workpiece, the magnitude of external friction, the relative dimensions of the hole in the spacer, the forging angle and the radius of the curve of the edge on the nature of the shape of the nave is established. With an increase in the degree of deformation, an increase in the height of the nave is established according to the law of the exponent. The lower the relative height of the workpiece H_0/D_0 , the higher the height of the nave. External friction promotes the formation of a higher nave than with the sinking strain of the workpiece in the absence of external friction. With an increase in the relative size of the hole in the washer d_0/D_0 , a noticeable increase in the height of the nave is observed. At large degrees of deformation, the radius of curvature of the edge of the hole does not affect the shape of the nave. With an increase in the forging angle from 1° to 6° , the height of the nave increases within (12 - 18) %.

Key words: free forging, sinking strain in the spacer, modeling, alloy AD31, workpiece and tool geometry, degree of deformation, external friction, nave height.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 621.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ ПОСЛЕ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ю. В. Фиошина, А. В. Кириллова

В данной работе проводится исследование различных видов термической обработки на структуру и свойства углеродистой стали 45. Был проведен фазовый и структурный анализ диаграммы состояния «железо-углерод», определены основные фазы и структуры. Исследование заключалось в изучении микроструктуры стали после неполной и полной закалок при разных температурах с охлаждением в различных средах: вода, масло, воздух. Изучение структуры также проходило после низкого, среднего и высокого отпуска. Проведены механические испытания на твердость по методу Роквелла после всех видов обработки по разным шкалам прибора. Была выявлена зависимость структуры стали от температуры нагрева и скорости охлаждения.

Ключевые слова: диаграмма состояния, микроструктура, закалка, отпуск, твердость.

В данной работе исследовалась структура углеродистой стали 45 после различных видов термической обработки. Углеродистая сталь – это сплав железа с углеродом, при содержании углерода до 2,14%. Сталь 45 – это конструкционная углеродистая качественная сталь. Химический состав стали 45 приведен в таблице 1.

Основными фазами в сталях является:

аустенит – твердый раствор внедрения углерода в γ -железе, с гране-центрированной кубической кристаллической решеткой, феррит – твердый раствор внедрения углерода в α -железе, с объемно-центрированной кубической кристаллической решеткой. Таким образом, в стали происходит полиморфное превращение – это изменение типа кристаллической решетки в одном и том же металле.

Таблица 1

Химический состав стали 45 по элементам в %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As	Fe
0,42 - 0,5	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25	до 0,08	~97



Рис. 1. Структура стали 45 в равновесном состоянии

© Фиошина Ю. В., Кириллова А. В., 2020.

Фиошина Юлия Владиславовна (finoshina2001@bk.ru), студент I курса института ракетно-космической техники;

Кириллова Анна Викторовна (avkirillova76@mail.ru), старший преподаватель кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

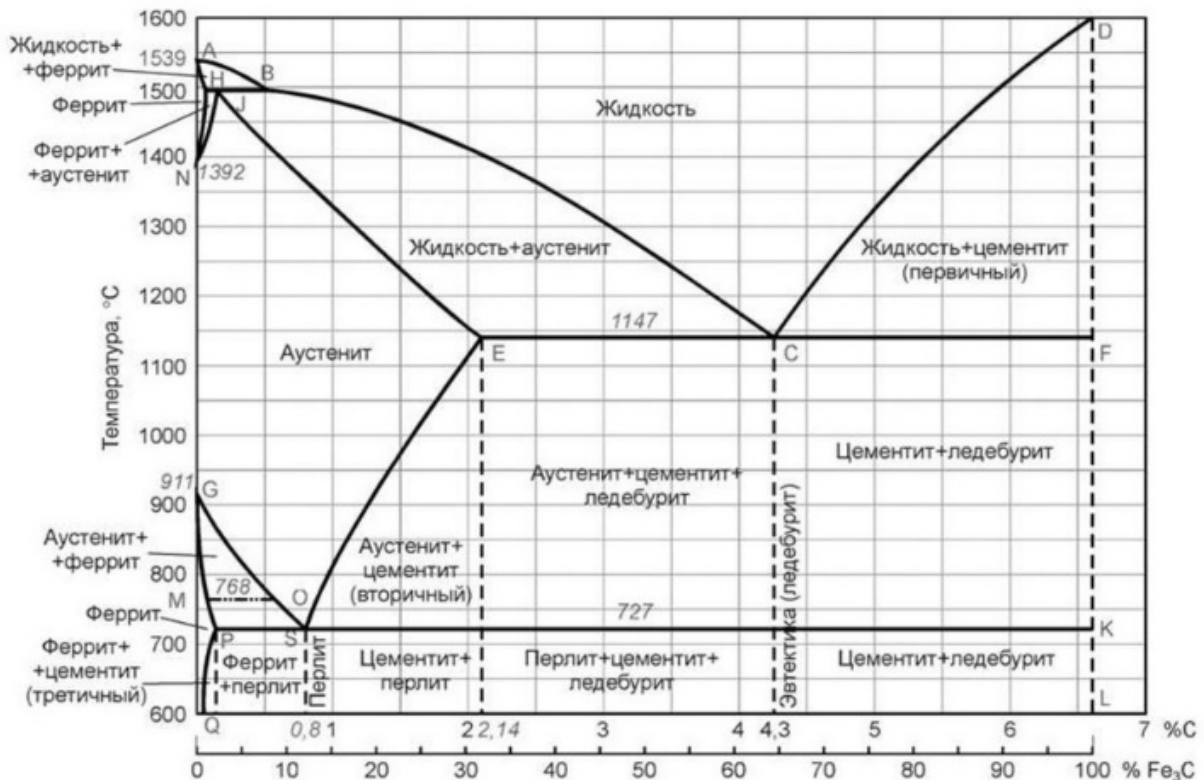


Рис. 2. Диаграмма состояния «железо-углерод»

В структуре стали также присутствуют перлит – это механическая смесь твердого раствора феррита и химического соединения цементита и цементит – химическое соединение, соответствующее формуле Fe_3C . По структуре стали бывают доэвтектоидные, эвтектоидные и заэвтектоидные [1]. Сталь 45 является доэвтектоидной и ее структура представляет собой – феррит и перлит (рис.1).

Структура стали 45 в равновесном состоянии соответствует диаграмме состояния «железо-углерод», которая графически описывает все фазовые и структурные превращения в сталях (рис.2).

После оценки структуры в равновесном состоянии образцы стали 45 были подвергнуты различным режимам термической обработки. Термическая обработка – это эффективный метод теплового воздействия по заданным режимам с целью изменения в желаемом направлении механических, физических свойств и структуры сплавов. Для сталей проводят следующие виды термической обработки: отжиг, нормализация, закалка с полиморфным превращением и отпуск [2].

Так как в стали происходит структурное превращение, то режимы термической обработки зависят от температур этих

превращений, которые называются критическими точками и соответствуют линии PSK – критическая точка A_{c1} и линия GSE – критическая точка A_{c3} .

Отжиг – термическая обработка, направленная на получения в стали равновесной структуры, может быть полный или не полный, заключается в нагреве стали выше критических точек A_{c1} и A_{c3} и последующем медленном охлаждении.

Диффузионный отжиг (гомогенизация) – устраняет химическую ликвацию по объему кристалла в крупных отливках.

Рекристаллизационный отжиг – снимает наклеп и внутренние напряжения в стали после холодной обработки давлением, что приводит к снижению твердости и росту пластичности.

Нормализация – это нагрев стали выше критической точки A_{c3} и охлаждение на спокойном воздухе.

Закалка с полиморфным превращением – упрочняющая операция, заключается в нагреве выше критических точек A_{c1} и A_{c3} .

Отпуск – операция, заключающаяся в нагреве закаленной стали до температур ниже критической A_{c1} .

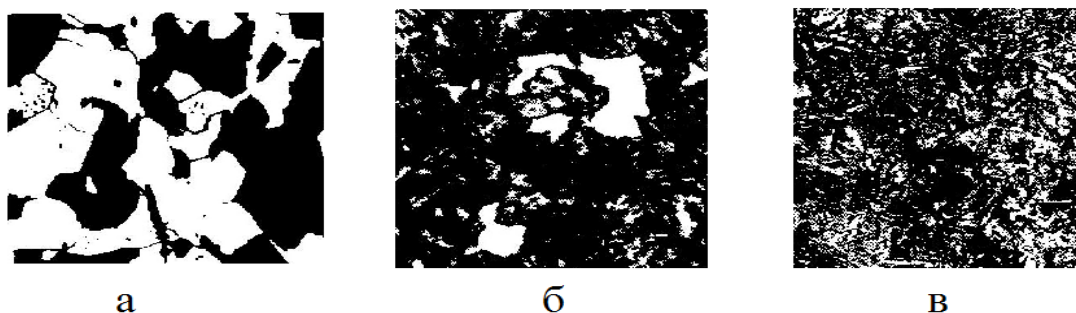


Рис. 3. Структура стали после нагрева последующего охлаждения в воде:
 а – структура перлит и феррит; б – структура мартенсит и феррит;
 в – структура мартенсит

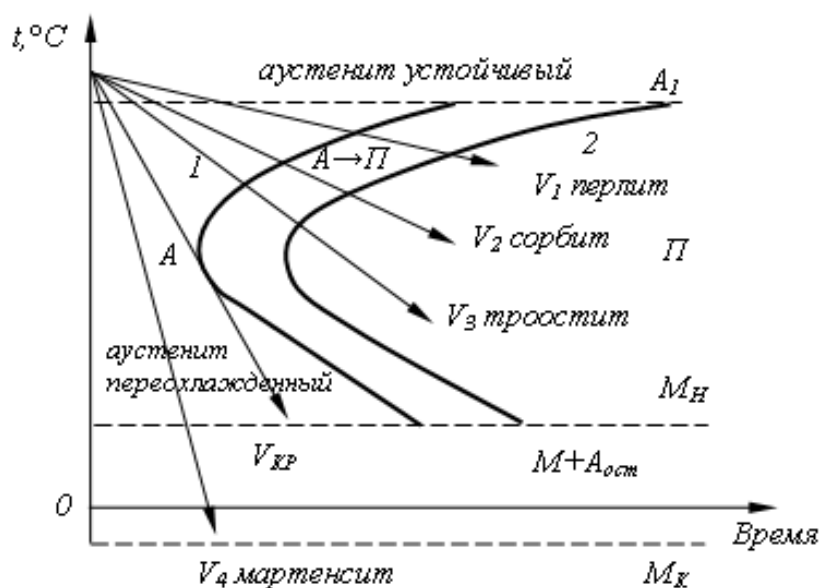


Рис. 4. Диаграмма изотермического распада аустенита

Для исследования влияния термообработки на структуру стали выбрали три температуры нагрева: 700 °С, 750 °С, 850 °С. В качестве охлаждающей среды использовали вода, масло и воздух.

При нагрев стали до 700 °С не превышает температуры критической точки A_{c1} , следовательно ни каких структурных превращений не происходит и структура остается исходной – перлит и феррит. При нагреве выше температуры 750 °С происходит не большой перенагрев выше критической точки A_{c1} , что соответствует не полной закалке стали, структура стали представляет собой мартенсит и феррит. Нагрев до 850 °С превышает температуру точки A_{c3} – получается полная закалка, что соответствует структуре мартенсита. Для закалки стали использовали электрические печи типа СНОЛ 12/16.

Охлаждение во всех случаях проходило в воде.

Микроструктурное исследование стали проходило в лабораториях кафедры «Технологии металлов и авиационного материаловедения» Самарского университета на металлографическом микроскопе МЕТАМ РВ34. Структура стали после закалки с различных температур и охлаждением в воде представлена на рисунке 3.

Структуры, получаемые при термической обработке, зависят от скорости распада аустенита. Скорость охлаждения зависит от структуры, которую необходимо получить при распаде аустенита, и обеспечивается подбором соответствующих охладителей: вода, минеральное масло, воздух, печь. Кинетика процесса, свойства и строение продуктов распада аустенита тесно связаны со степенью

переохлаждения ниже A_{c1} и A_{c3} ; степень устойчивости переохлажденного аустенита и разностью его более высокой свободной энергии и энергии продуктов распада. Указанную зависимость представляют в виде диаграммы изотермического превращения аустенита данной стали – С-образная кривая (рис. 4).

Диаграмма изотермического распада позволяет проследить превращение переохлажденного аустенита в интервале температур от критической точки A_{c1} до температуры начала мартенситного M_n , а также его превращение при непрерывном охлаждении с большими скоростями в интервале температур M_n - M_k [3].

В верхнем интервале температур продуктом изотермического превращения аустенита при температуре 720–657 °С является – перлит, при 657–600 °С – сорбит, при 600–550 °С – тростит (при охлаждении в масле). При критической скорости охлаждения (касательная к первой С-образной кривой), образуется структура мартенсита (при охлаждении в воде).

Для снятия напряжений после закалки стали для повышения вязкости и пластичности проводят отпуск. При отпуске протекают процессы, приводящие сталь в равновесное состояние, что будет достигаться выделением углерода из мартенсита и остаточного аустенита. Данный процесс делится на 3 стадии:

- первая стадия распада при отпуске заключается в выделении углерода из мартенсита, по этому наряду с твердым раствором исходной концентрации по углероду, в котором не произошло выделения карбидов, появляется мартенсит, содержащий значительно меньше углерода (0,25-0,35%), поэтому эта

стадия распада называется двухфазной;

- на второй стадии отпуска основным процессом является распад остаточного аустенита. Он в основных чертах аналогичен бейнитному превращению. Но в данном случае продуктом распада остаточного аустенита является смесь, состоящая из пересыщенного α -твердого раствора и карбидной фазы;

- к началу третьего превращения фазовый состав состоит из отпущенного малоуглеродистого мартенсита и пластинок цементита. При третьем превращении происходит полный дораспад мартенсита (содержание углерода в нем становится равным 0,01 %, т.е. равным содержанию углерода в равновесном феррите) и подрастание (коагуляция) цементитных пластин, благодаря чему уменьшаются внутренние напряжения.

Отпуск закаленной стали проходит при трех температурах: 200 °С, 400 °С, 600 °С, которые соответствуют низкому, среднему и высокому отпуску. Структуры стали после отпуска представлены на рисунке 5.

Увеличение скорости нагрева при отпуске смещает температуру начала всех превращений вверх по температурной шкале, что связано с тем, что превращения при отпуске – диффузионные и при очень быстром нагреве не успевают пройти до конца. Отпуск при 350–500 °С приводит к образованию структуры троостита, а при 500–600 °С – структуру сорбита.

Свойства стали после различных видов термической обработки, характеризуются показателями твердости. Твердость – это способность материала сопротивляться внедрению в него другого более твердого тела – индентора.

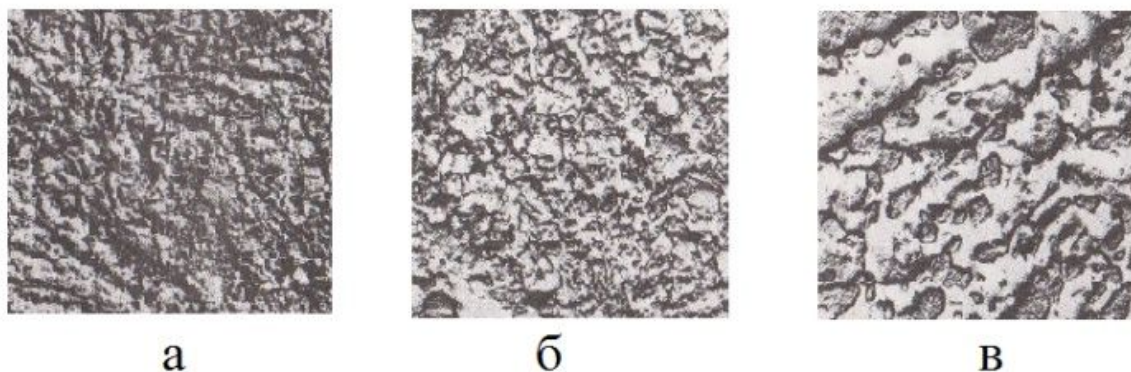


Рис. 5. Структура стали после отпуска: а – низкий отпуск – мартенсит; б – средний отпуск – тростит; в – высокий отпуск – сорбит

Таблица 2

Твердость стали 45 после различных видов термической обработки

Вид термо-обработки	№ образца	Температура, °С	Охлаждающая среда	Твёрдость	
				По Роквеллу	По Бринеллю
закалка	1	700	Вода	HRB 86	HB 170
	2	750	Вода	HRC 54	HB 532
	3	850	Вода	HRC 60	HB 600
	4	850	Масло	HRC 43	HB 367
	5	850	Воздух	HRB 88	HB 179
отпуск	1	200	Вода	HRC 56	HB 587
	2	400	Вода	HRC 38	HB 380
	3	600	Вода	HRC 25	HB 248

В зависимости от вида индентора используют различные способы замера твердости: Бринелль, Роквелл, Виккерс [2]. В наших исследованиях применялся замер твердости по Роквеллу. Измерения твердости также проходили в лабораториях самарского университета на приборе твердомер стационарный NOVOTEST ТС-БР. Для замера твердости использовали две шкалы: В – индентор стальной закаленный шарик, С – индентор алмазный конус. Значения твердости после разных видов термической обработки представлены в таблице 2.

Заключение

Таким образом, по проделанной работе можно сделать следующие выводы, что структура и свойства стали после термической обработки зависит, от следующих параметров:

- время нагрева и выдержки;
- максимальная температура нагрева;
- скорость охлаждения.

Соответственно, чем выше температура закалки стали и выше скорость охлаждения, тем выше твердость. Наибольшая твердость

получается при максимальной температуре нагрева и критической скорости закалки, что соответствует игольчатой структуре – мартенсит. Нагрев при отпуске способствует изменению пластических свойств закаленной стали, чем выше температура отпуска, тем ниже твердость, выше вязкость и пластичность.

Рекомендуемыми режимами термической обработки, при которых наблюдается оптимальное сочетание прочностных и пластических свойств – полная закалка, с последующим высоким отпуском. Такая последовательность термических обработок называется улучшение, а структура стали – сорбит.

Литература

1. Основы материаловедения (металлообработка) / В. Н. Заплатин, Ю. И. Сапожников, А. В. Дубов [и др.]. М.: Академия, 2017. 272 с.
2. Гуляев А. П., Гуляев А. А. Металловедение. М.: Альянс, 2012 643 с.
3. Арзамасов В. Б., Черепухин А. А. Материаловедение. М.: Экзамен, 2009. 350с.

STUDY OF THE CARBON STEEL STRUCTURE AFTER DIFFERENT TYPES OF HEAT TREATMENT

U. V. Finoshina, A. V. Kirillova

In this paper, we study various types of heat treatment on the structure and properties of carbon steel 45. A phase and structural analysis of the iron-carbon state diagram was carried out, and the main phases and structures were determined. The study consisted in studying the microstructure of steel after incomplete and complete hardening at different temperatures with cooling in various environments: water, oil, air. The study of the structure also took place after low, medium and high holidays. Rockwell mechanical tests were carried out after all types of processing on different scales of the device. The dependence of the steel structure on the heating temperature and cooling rate was revealed.

Key words: state diagram, microstructure, hardening, tempering, hardness.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Finoshina Yu. V., Kirillova A. V., 2020.

Finoshina Yuliya Vladislavovna (finoshina2001@bk.ru), student I course of the Institute of Space Rocket Engineering;
Kirillova Anna Viktorovna (avkirillova76@mail.ru), senior lecturer
of the Department of metal technology and aviation materials of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗМЕРА ЭЛЕМЕНТОВ РАСЧЁТНОЙ СЕТКИ И ПОСТАНОВКИ ЗАДАЧИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И УГЛА РАСПЫЛА ШНЕКОЦЕНТРОБЕЖНОЙ ФОРСУНКИ

Д. В. Якушкин, В. В. Ястребов

В работе представлены результаты моделирования процессов распыла жидкого топлива трёхзаходной шнекоцентробежной форсунки, применяемой в камере сгорания газотурбинного двигателя (ГТД). Изучено влияние минимального размера элемента расчетной сетки на результаты расчета методами CFD. Исследовались такие параметры как угол распыла топлива и расход жидкости в зависимости от перепада давления. Определен требуемый размер элемента в области распыла для расчета этих характеристик с помощью CFD при различных постановках (стационарная и нестационарная). Выявлена разница в результатах расчета при использовании стационарной и нестационарной постановок, преимущества каждой из них, а также область их применимости для задачи моделирования распыла в исследуемой форсунке. Представлено сопоставление результатов расчетов с экспериментальными данными.

Ключевые слова: топливная форсунка, процесс распыла, метод объёма жидкости, вычислительная газовая динамика, функция адаптации сетки.

Качество распыла жидкого топлива оказывает влияние на протекание процесса горения, а, следовательно, на основные характеристики камеры сгорания [1]. Поэтому, на этапе проектирования камер сгорания ГТД необходимо определять параметры топливных форсунок такие как расход топлива, угол распыла и других [1]. В данной работе представлены результаты отработки методики, основанной на методах вычислительной газовой динамики CFD в трехмерной постановке, позволяющей рассчитывать характеристики форсунок без проведения экспериментальных исследований. Предметом исследования в данной работе является топливная центробежная форсунка с трёхзаходным шнеком и диаметром сопла форсунки $d_{\text{сопл.}}=350$ мкм (рис. 1). Расчёты выполнены в трёхмерной нестационарной и стационарной постановках. Использовалась модель турбулентности $k-\omega$ [2]. В нестационарной постановке расчет проводился с переменным шагом по времени с условием сохранения числа Куранта

[3], не превышающим единицу. На входе в расчётную область задавалось избыточное давление в диапазоне 0,5 – 10 кПа.

Для определения влияния размера элементов расчеты проводились с сеточными моделями с минимальными линейными размерами элемента (l_{min}), варьирующимися в пределах от 12,5 до 100 мкм. Измельчение сетки производилось во входных каналах, сопле, камере закручивания и области распыла. Минимальный размер достигался в последней, там, где образуется угол (рис. 2).

По данным расчетов построены графики, которые отображают зависимости расхода (рис. 3) и угла распыла топлива (рис. 4) от перепада давления при использовании сеток с различными размерами элемента.

Представленные на рисунке 3 данные показывают, что расхождение между расчетными и экспериментальными данными по расходной характеристике в среднем не превышают 2 % для всех исследуемых размеров элементов сетки.

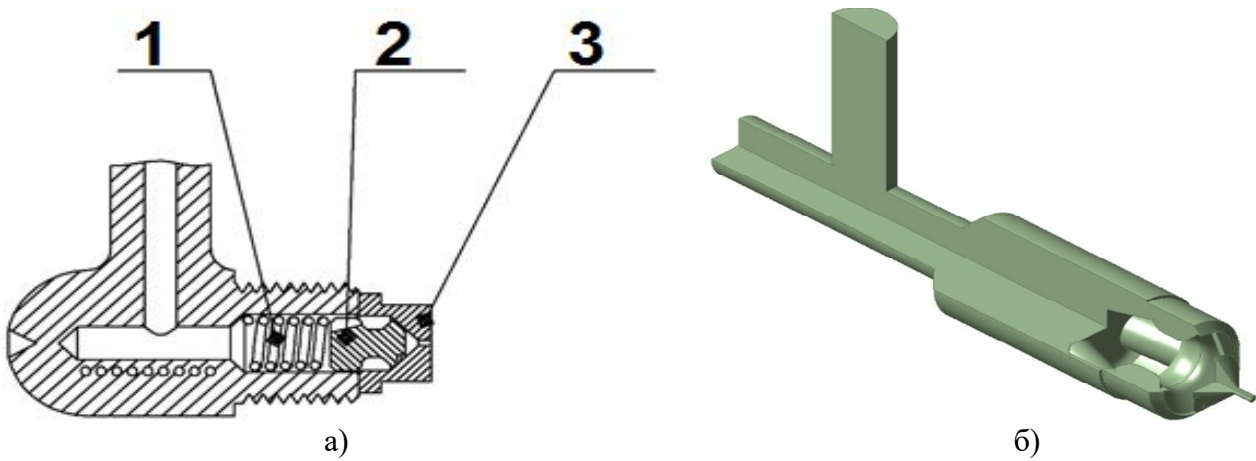


Рис. 1. Геометрическая модель трехзаходной шнекоцентрибежной форсунки
 а) – схема устройства форсунки, (1-пружина, 2-шнек, 3-сопло)
 б) – геометрическая модель проточной части внутри форсунки

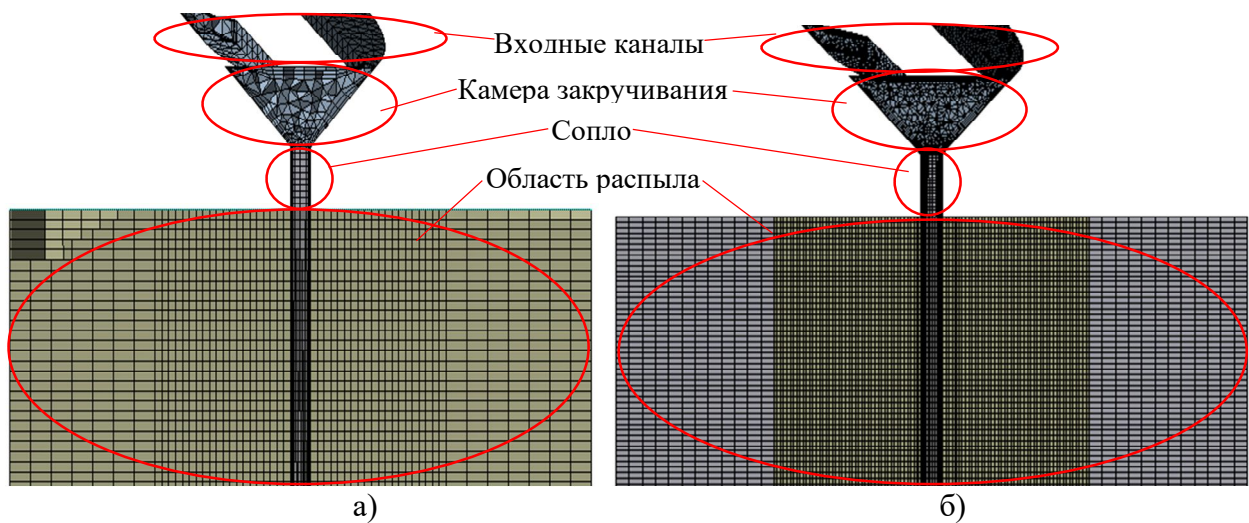


Рис. 2. Расчётная сеточная модель
 а) $l_{min}=100$ мкм, б) $l_{min}=55$ мкм

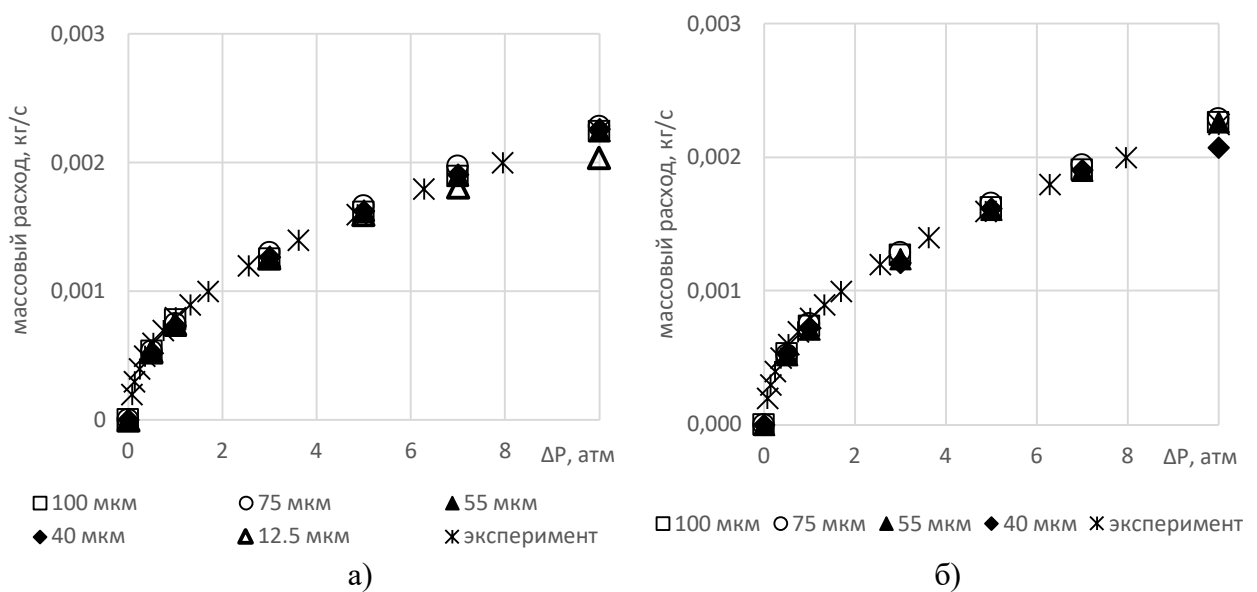


Рис. 3. Изменение массового расхода от перепада давления в стационарной (а) и нестационарной постановках (б)

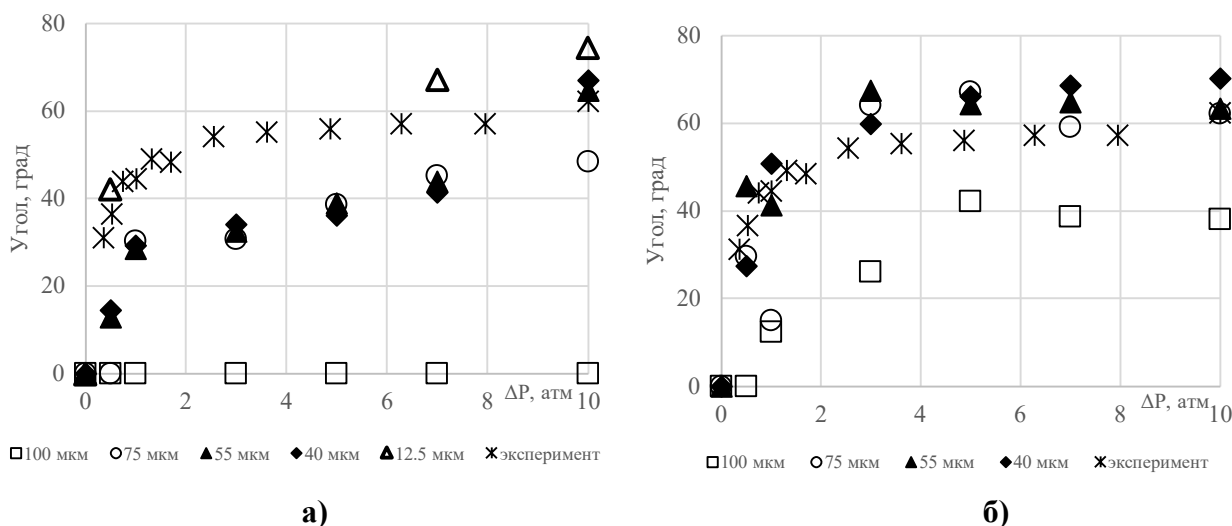


Рис. 4. Изменение угла распыла от перепада давления в стационарной (а) и нестационарной постановках (б)

Таблица 1

Среднеквадратичное отклонение результатов расчёта от данных эксперимента

I_{\min} , мкм	Среднеквадратичное отклонение, град		Среднеарифметическая относительная погрешность, %	
	стационарная постановка	нестационарная постановка	стационарная постановка	нестационарная постановка
12,5	11,9	—	17,7	—
40	16,5	9,4	26,4	16,4
55	18,9	8,9	33,1	14,6
75	23,8	15,1	42,5	21,0
100	57,6	29,3	100,0	53,4

Максимальное расхождение соответствует наиболее высокому перепаду давления ($\Delta P=10$ атмосфер) и равно 8%. Также показано, что результаты расчета расходов топлива в стационарной постановке относительно результатов при использовании нестационарной различаются не более чем на 0,5%. Таким образом для задач определения расходной характеристики форсунки можно использовать сеточную модель с относительно крупным размером элементов. Кроме этого, расчёты могут быть выполнены в стационарной постановке для уменьшения времени расчёта.

Получены результаты расчётов угла распыла топлива для разных сеток в зависимости от перепада давления.

В случае с углом распыла постановка задачи оказывает существенное влияние. Так, для $I_{\min}=100$ мкм при использовании стационарной постановки угол не образуется, данное явление отображено на графике нулевыми значениями

угла распыла. В итоге это приводит к большим отклонениям и погрешностям при использовании этой модели для расчета угла распыла и делает ее нерелевантной. При CFD расчете отклонение зависит от размера элементов, значения отклонений при разных I_{\min} сведены в таблицы, где результаты использования CFD метода сравниваются с данными эксперимента.

Таким образом, на результаты расчета угла распыла топлива существенное влияние оказывает как постановка задачи, так и размер элемента в расчётной области. Видна общая тенденция повышения отклонения при переходе к стационарной постановке и увеличении размера элемента.

Использование адаптации

Для уменьшения времени расчета использовалась динамическая адаптация расчетной сетки в области сопла форсунки. За счет ее использования было достигнуто семикратное

уменьшение количества элементов в расчетной сетке, использующей адаптацию для получения $l_{\min}=12,5$ мкм, по сравнению с сеткой, в которой данный размер был задан изначально. Адаптация проводилась по критерию, характеризующему поверхность раздела фаз – керосина и воздуха. На основе вышеизложенного можно сделать вывод о необходимости использования адаптации для оптимизации расчета, в случае необходимости малого минимального размера элемента.

Заключение

В результате работы показано, что минимальный размер элемента и постановка задачи оказывают существенное влияние на результаты расчёта угла распыла топлива. Так, при переходе к нестационарной постановке расхождение получаемых значений углов распыла с экспериментальными данными уменьшается. Уменьшение минимального размера элементов приводит к увеличению углов, получаемых с помощью CFD. В то же время оба фактора не оказывают существенного влияния на расход топлива и для его расчёта могут быть

использованы модели с меньшим количеством элементов и стационарная постановка для увеличения скорости расчёта. В связи с высоким расхождением результатов, полученных при использовании сеток с большим минимальным размером элементов, можно сделать вывод, что для определения угла распыла форсунки необходимо использовать сеточную модель с l_{\min} меньше 75 мкм. Необходимо дальнейшее расширение исследуемой области размеров элементов для определения максимального l_{\min} , после дальнейшего увеличения которого его влияние на расход становится ощутимым.

Литература

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД. М.: Мир, 1986. 566 с.
2. Rodrick V. Chima A $k-\omega$ Turbulence Model for Quasi-Three Dimensional Turbomachinery Flows. Ohio: Lewis Research Center Cleveland, 1996. 14с.
3. Храбрый А. И. Численное моделирование нестационарных турбулентных течений жидкости со свободной поверхности: дис. ... канд. физ.-мат. наук. СПб., 2014. 154 с.

DETERMINING THE DEPENDENCE OF THE CONSUMPTION CHARACTERISTICS OF THE SCREW-CENTRIFUGAL NOZZLE AND SPRAY ANGLE ON THE MINIMUM SIZE OF ELEMENTS AND SETTING

D. V. Yakushkin, V. V. Yastrebov

The paper presents the results of modeling the processes of liquid fuel atomization of a three-way centrifugal screw nozzle used in the combustion chamber of a gas turbine engine. The effect of the minimum size of a computational grid element on the calculation results by CFD methods is studied. Parameters such as the angle of fuel spray and liquid flow rate depending on the pressure drop were investigated. The required element size in the spray area was determined for calculating these characteristics using CFD for various settings (stationary and non-stationary). The difference in the calculation results when using stationary and non-stationary formulations, the advantages of each of them, as well as the area of their applicability for the problem of modeling the spray in the investigated nozzle are revealed. Comparison of calculation results with experimental data is presented.

Key words: fuel nozzle, atomization process, fluid volume method, computational gas dynamics, grid adaptation function.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Yakushkin D. V., Yastrebov V. V., 2020.

Yakushkin Denis Vladimirovich (fs_barsa@mail.ru), student III course;

Yastrebov Vsevolod Vladimirovich (seva.yastrebov@yandex.ru), student III course of the Institute of Engine and Power Plant Engineering of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

УДК 616.34-071.2

УСТРОЙСТВО ВИДЕОКАПСУЛЬНОЙ ЭНДОСКОПИИ С ЛАТЕРАЛЬНЫМ И АКСИАЛЬНЫМ ОБЪЕКТИВАМИ

Фадеев Н. И.

В данном исследовании проведен анализ существующих решений для видеокапсульной эндоскопии. Выявлены преимущества и недостатки современных систем беспроводной эндоскопии. В соответствии с анализом предложена функциональная схема устройства видеокапсульной эндоскопии с возможностью передачи изображения по радиоканалу, и наличием аккумуляторов с беспроводной зарядкой. Произведена оценка эффективности метода радиопередачи при непосредственной работе капсулы и в режиме заряда. Предложена оптимальная с точки зрения размеров и функциональных возможностей элементная база. Описан алгоритм работы основных функциональных узлов, а также подход к их использованию. Сформулированы преимущества предложенного решения над современными аналогами.

Ключевые слова: КМОП матрица, система на кристалле, панорамное изображение, ПЛИС, радиопередача, фазовая манипуляция, аккумулятор, беспроводной заряд.

На современном этапе развития медицины существует ряд методов позволяющих визуально оценить заболевания тонкого кишечника. К ним относят: колоноскопия, компьютерная томография, баллонная эндоскопия, капсульная эндоскопия.

Обзор существующих решений

Видеокапсульная эндоскопия чаще всего используется при диагностике кровотечений неясной этиологии (*obscure gastrointestinal bleeding*). Показанием к проведению капсульной эндоскопии также являются подозрение на болезнь Крона, опухоли тонкой кишки, повреждение тонкой кишки в результате приёма нестероидных противовоспалительных медикаментов, целиакии, а также наследственные полипозы [1]. Видеокапсульная эндоскопия является информативным способом диагностики тонкого кишечника, длина которого не позволяет исследовать его классическими эндоскопическими средствами. На современном этапе существует множество видеокапсул, которые можно разделить на капсулы с аксиально расположенными и латерально расположенными объективами [2].

В [3–5] отмечается, что низкая чувствительность видеокапсул с аксиально расположенными объективами к ангиэкстазиям, дивертикулам и др. получается из-за возникновения большого числа слепых зон в процессе перемещения по извилистым каналам тонкого кишечника. Пример случаев возникновения подобных зон представлен на рисунке 1.

Исследования [7–9] показывают, что диагностический выход капсул с латеральными объективами на 32% больше выхода капсул с аксиально расположенными объективами.

Изображения, полученные с помощью панорамных систем высокоинформативны, но крайне тяжело анализируемы, поскольку в них отсутствует визуализация просвета полого органа [10]. Это требует долгой адаптации врача-эндоскописта и, соответственно, ведет к увеличению времени интерпретации результатов анализа, что увеличивает временные и финансовые затраты на исследование. Поэтому существует потребность в фиксации одновременно панорамного изображения и изображения просвета кишечника.

© Фадеев Н. И., 2020.

Фадеев Никита Иванович (ssaufadeev@gmail.com), студент IV курса факультета электроники и приборостроения Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

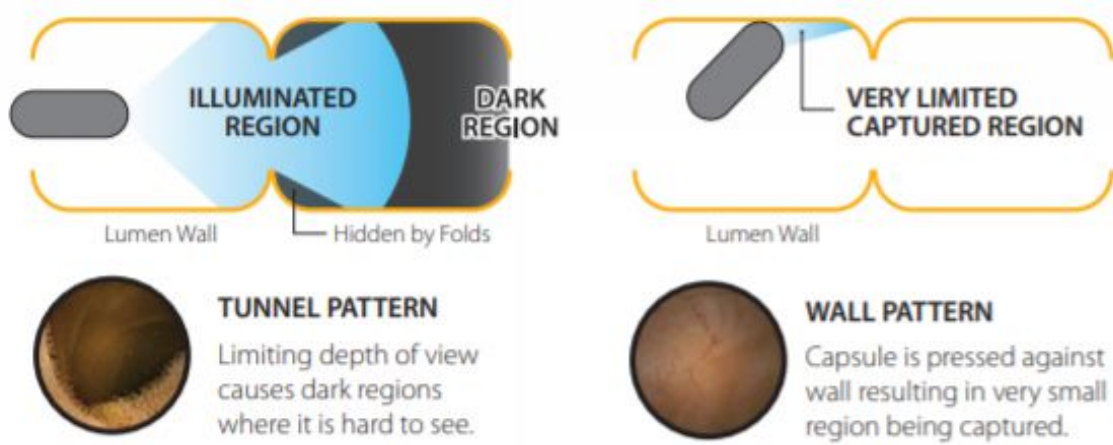


Рис. 1. Малоинформативные кадры классической аксиальной видеокапсулы [6]

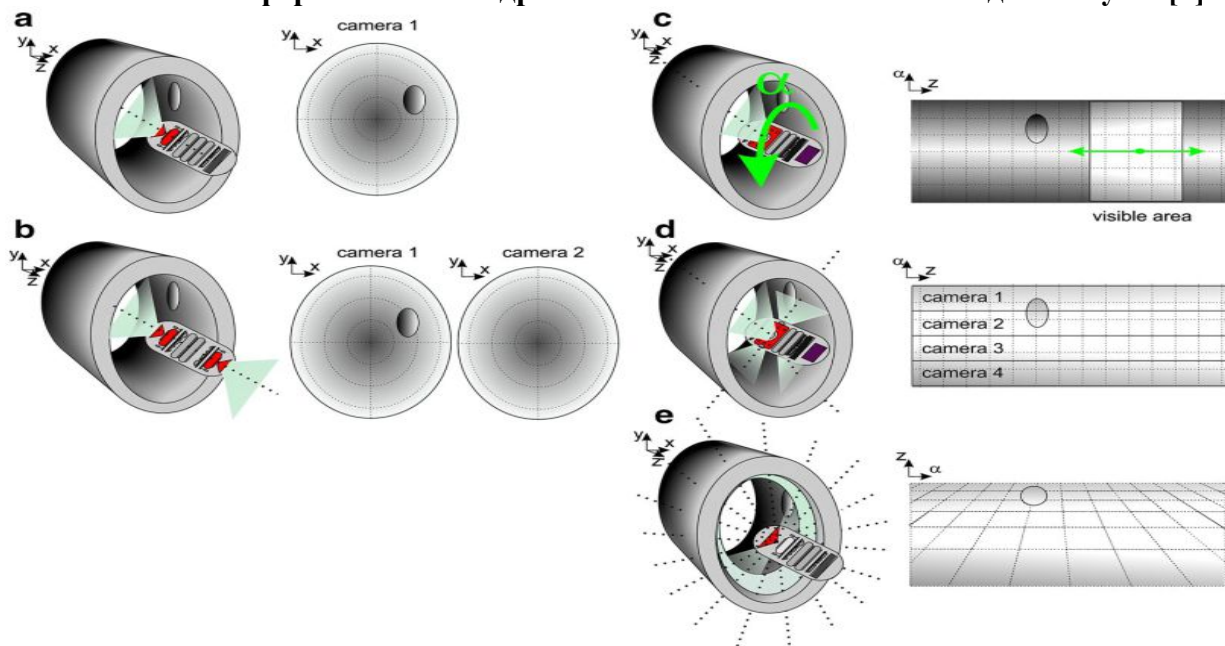


Рис. 2. Положение объектов в пространстве и на изображении для разных типов объективов [2]

Параметры пространства изображения важны при 3-D реконструкции, при локализации капсулы и особенно при определении размеров объектов на изображении [2]. Всего существуют несколько типов объективов видеокапсул (рис. 2) **a**, **b** – капсулы с аксиально расположенными объективами, **c** – с возможностью вращения матрицы вокруг неподвижной оси, **d** – объектив представляет собой несколько латерально расположенных матриц, **e** – изображение на матрице формируется с помощью конусообразного зеркала. По данным [2] минимум aberrаций и соответственно наименьшее число ошибок характерно для случая – **d**. Поэтому формирование панорамного изображения с помощью нескольких матриц предпочтительнее.

Реализация высокоточной оптической системы, состоящей из линз, зеркал и матриц

требует значительных финансовых затрат. Требования к качеству изготовления линз, зеркал, к допускам во время сборки конструкции увеличивают стоимость медицинского диагностического изделия. С развитием технологий печати систем на кристалле, КМОП матрицы становятся все более миниатюрными и доступными [11, с. 5-6]. Поэтому объектив панорамных капсул, состоящий из нескольких матриц экономически выгоднее конструкции с конусным зеркалом.

Предлагаемое решение

Учитывая преимущество и недостатки имеющихся решений, предлагается вариант конструкции видеокапсулы (рис. 3), с характеристиками, представленными в таблице 1. Глубина резкости достигается с помощью линз, расположенных на стенках капсулы.

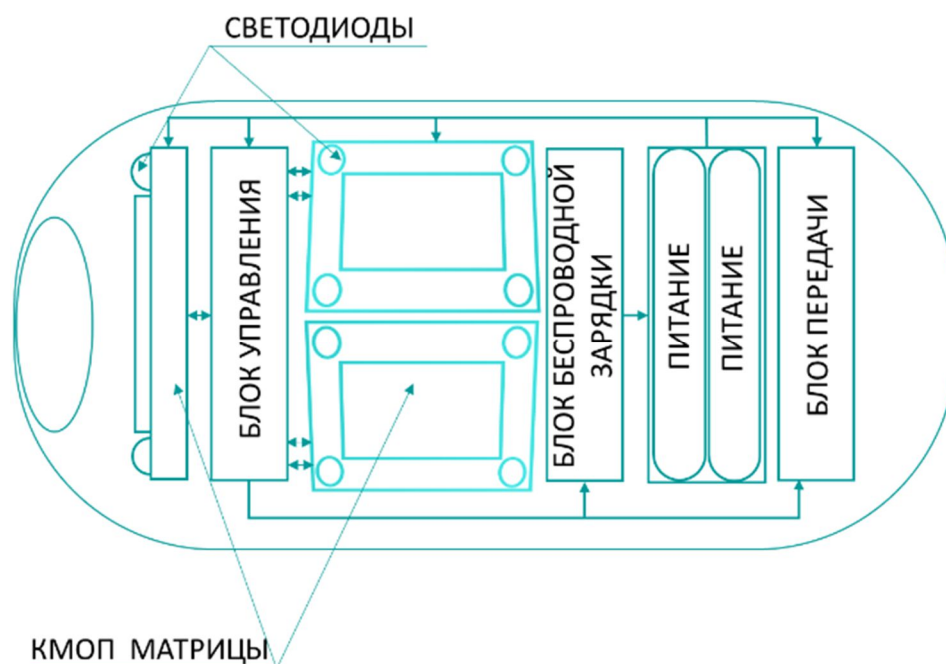


Рис. 3. Функциональная схема видеокапсулы

Таблица 1

Технические характеристики проектируемого устройства

№ п/п	Показатель	Значение	Единицы измерения	Примечание
1	глубина резкости	0-6	см	(не менее)
2	разрешение	256x256	пикс.	
3	угол обзора латерально	360	град.	
4	угол обзора аксиально	156	град.	(не менее)
5	кол-во часов в автономном режиме	8	ч	(не менее)
6	кадров в секунду	10	кадров/сек	(не менее)
7	габариты	13x30	мм	(не более)
8	передача информации на внешнее устройство			
9	бесконтактный заряд аккумуляторов			

Таблица 2

Параметры КМОП матрицы

Параметр	значение	размерность
Размеры	1x1	мм
Разрешение	249x250	пикс.
Способ передачи сигнала	LVDS	
Интерфейс	I2C	
Частота восходящего потока	2,5	МГц
Частота нисходящего потока	30	МГц
Потребление	4,7	мВт
Глубина цвета	10	бит

Выбор КМОП матриц

Основными критериями в выборе КМОП матриц в данном случае являются: размер и потребляемая мощность. Система на кристалле NanEye – матрица размером 1x1 мм

и потреблением 4,2мВт имеет 4 вывода. Два вывода для питания и два вывода LVDS - линия низковольтной дифференциальной связи, по которой осуществляется связь с внешними устройствами. NanEye произведена для

применения в эндоскопических устройствах. Технические параметры представлены в таблице 2 [12].

Матрица работает по алгоритму, представленному на рисунке 4. При подаче питания происходит инициализация и начинается передача синхронизирующего пакета. После синхронизации NanEye отправляет пакетами в 12 bit (start bit + 10 bit + stop bit) значения каждого пикселя слева направо в строке, и

сверху вниз по строкам. После этого камера принимает управляющие биты по интерфейсу I2C используя ту же линию LVDS и цикл повторяется. Таким образом происходит последовательная отправка кадров с частотой 44-62 fps. Матрица полностью автономна, управление позволяет задать, усиление АЦП, уровень черного, а также сбрасывать строки, задавая тем самым время экспозиции.

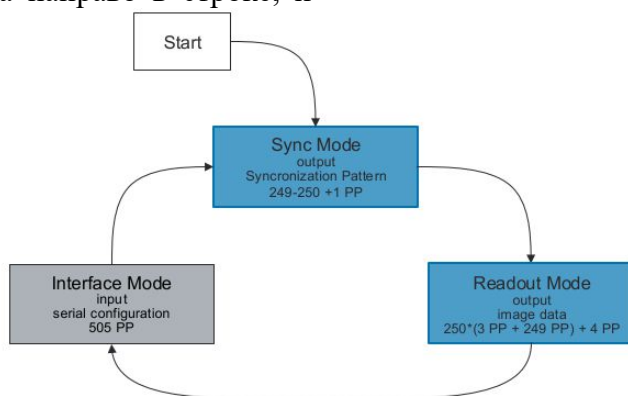


Рис. 4. Алгоритм работы NanEye [12]

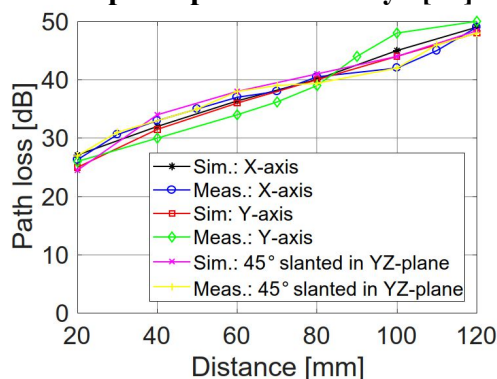


Рис. 5. Экспериментальные зависимости и зависимости, полученные в результате симуляции потерь сигнала в Дб от толщины ткани в мм, при различной ориентации антенны [14]

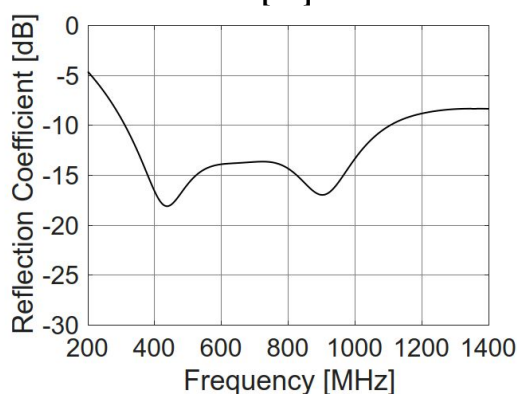


Рис. 6. Коэффициент отражения антенны в среде организма [14]

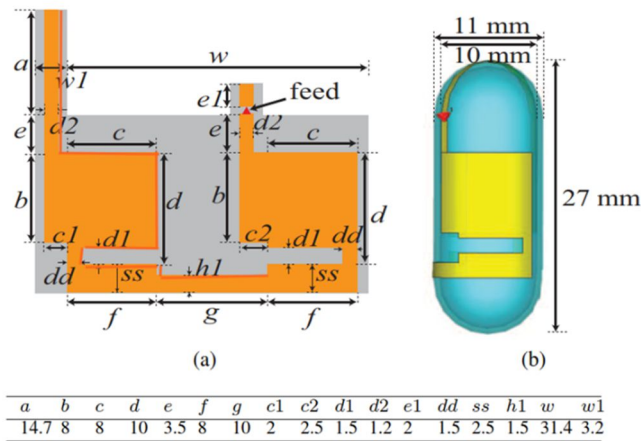


Рис. 7 - а - петлевая антенна и ее параметры, б – петлевая антенна, нанесенная на поверхность капсулы [14]

Таблица 3

Характеристики РСС114 [15]

Параметр	Значение	Размерность
КПД	До 75 %	
диапазон частот	100 МГц–6 GHz	
диапазон мощности	-17...20	Дбм
входное сопротивление	50	Ом
размер	1x0.6x0.3	мм
выходное напряжение	4,2	В
выходной ток	100	мА

Выбор блока управления

Для реализации управления капсулой используется ПЛИС. Основные требования — это наличие достаточного количества портов LVDS, компактные размеры кристалла. Необходимо иметь буфер емкостью в 1 кадр матрицы т.е. 249x250 * 10 = 623 килобит, а также внутреннюю память программ.

ПЛИС семейства MachXO3 обладают габаритами от 3.5x3.5 mm до 9x9 mm, внутренней постоянной памятью до 448 килобит + 2 мегабит, SRAM до 438+73 килобит, внутренний PLL [13].

Устройство поочередно включает камеры, синхронизируется, принимает 1 кадр, записывает в буфер и выключает камеры. Одновременно с этим информация из буфера отправляется на внешний приемник с помощью радиопередачи с частотной модуляцией.

Выбор передатчика

В данном решении используется петлевая антенна, нанесенная на поверхность капсулы (рис. 7) [14]. Сигнал формируется фазовой манипуляцией, несущая частота

которого 430МГц, с помощью встроенного PLL (ФАПЧ) и порта LVDS. Мощность сигнала на поверхности тканей $P_{\text{поверх}}$ зависит от коэффициента отражения $K_{\text{отраж.дб}} = -17,5$ Дб (рис. 6) и от поглощения радиоволн тканями $K_{\text{погл.дб}} = 50$ Дб (рис. 5). Поскольку сигнал управления антенной представляет собой меандр необходимо учесть, что мощность излучения антенны будет зависеть от соотношения мощностей гармоник в цифровом сигнале. Рассчитаем долю мощности 1 гармоники $\frac{P_1}{P_{\text{полн.}}}$ с помощью Фурье-пре-

$$\text{образования } \frac{P_1}{P_{\text{полн.}}} = \frac{\left(\frac{4U}{\pi}\right)^2}{2U^2} = 0.8.$$

Тогда учитывая все изложенные выше факторы мощность сигнала на поверхности ткани будет $P_{\text{поверх}} = P_{LVDS} \cdot K_{\text{погл.дб}} \cdot (1 - K_{\text{отраж.дб}}) \cdot \frac{P_1}{P_{\text{полн.}}} = 9,43$ нВт, где $P_{LVDS} = I_{LVDS}^2 \cdot R = 1,225$ мВт

В таком случае приемник должен обладать чувствительностью: $S = 10 \log \left(\frac{P_{\text{поверх}}}{1\text{мВт}} \right) = -50,26$ Дбм

Выбор схемы заряда

Заряд аккумуляторов осуществляется посредством харвестерного устройства преобразующего энергию радиоволн в энергию электрического тока. Основные критерии

выбора RF-DC преобразователя это частотный диапазон, согласованный с антенной и компактность.

Харвестер PCC114 имеет характеристики, представленные в таблице 3.

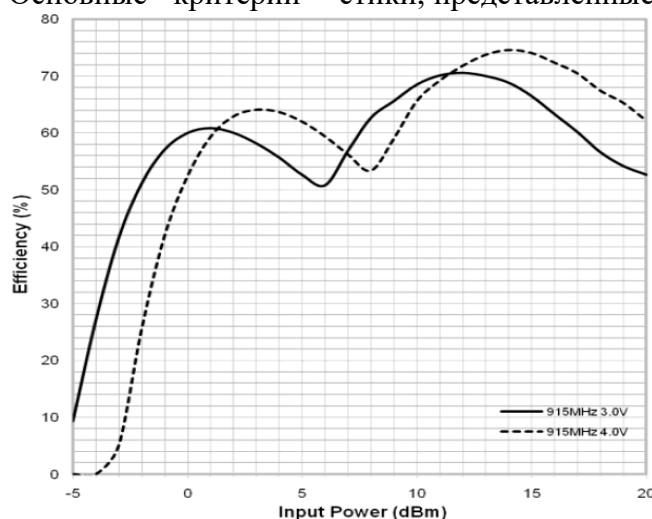


Рис. 8. Зависимость КПД от частоты и входной мощности [15]

Таблица 4

Характеристики искусственного источника освещения

Параметр	Значение	Размерность
Размер	1x0.5x0.45	мм
Прямой номинальный ток	20	мА
Номинальное напряжение	3,6	В
Угол излучения	120	град.
Цвет	белый	
Мощность рассеивания	100	мВт
Рабочая температура	-40...+85	°С

Таблица 5

Характеристики аккумуляторов

Параметр	Значение	Размерность
Ёмкость	55	мАч
Напряжение	3,8	В
Габариты (Ø x h)	10x10	мм
Максимальное напряжение заряда	4,35	В
Максимальный ток заряда	60	мА
Максимальный ток разряда	120	мА

Наибольшее КПД достигается, когда на вход харвестра поступает сигнал с частотой 915 МГц (рис. 8). На этой же частоте коэффициент отражения антенны минимален и составляет $K_{\text{отраж.дб}} = -17,5\text{дб}$ (рис. 6). Мощность заряда $P_{\text{заряд}}$ в этом случае составит $100\text{мВт} \cdot 0,62 = 62\text{мВт}$ (рис. 8).

Тогда время заряда составит: $t_{\text{заряд}} = \frac{C_{\text{акк}} \cdot U_{\text{акк}} \cdot 2}{P_{\text{заряд}}} = 7,2$ часа, где $C_{\text{акк}} = 53\text{мАч}$, $U_{\text{акк}} = 3,6\text{В}$ [16].

Выбор источников освещения

Для реализации источника искусственного освещения применяются импульсные светодиоды SMD 0402 UWC, размером 1x0.5x0.45 мм с углом излучения 120° и номинальным напряжением 3,3В. Характеристики сведены в таблицу 4 [16].

Выбор элементов питания

Основными требованиями к аккумулятору – это достаточная емкость, и габариты.

Аккумуляторы GP M10 - 10 имеют характеристики, представленные в таблице 5 [17].

Заключение

Таким образом, конструкция, функциональная схема которой представлена на рисунке 4, имеет следующие преимущества: Наличие как трех латеральных, так и аксиального объектива, что позволяет получать высокоинформативные кадры и одновременно сокращает время интерпретации результатов, поскольку врачу эндоскописту нет нужды адаптироваться к панорамному формату. Изображение с латеральных объективов формируется посредством трех матриц и линз т.е. не используется сложная и дорогая в производстве оптическая система. К тому же формирование изображения вышеизложенным способом уменьшает количество aberrаций и ошибок при 3D реконструкции и определении размеров объектов на изображении. Информация с камер транслируется на внешнее устройство в реальном времени - преимущество которого лишены существующие панорамные решения. Капсула обладает аккумуляторами и возможностью их заряда, что позволяет использовать ее повторно и сокращает, тем самым затраты на исследование, делая процедуру доступнее.

Литература

1. Van de Bruaene C, De Looze D, Hindryckx P. Small bowel capsule endoscopy: Where are we after almost 15 years of use? *World J Gastrointest Endosc* 2015; 7(1): 13-36
2. Koprowski R. Overview of technical solutions and assessment of clinical usefulness of capsule endoscopy // *BioMed Eng OnLine*. 2015. Vol. 14. P. 111.
3. Tenembaum D., Sison C., Rubin M. Accuracy of community based video capsule endoscopy in patients undergoing follow up double balloon enteroscopy // *World J. Gastrointest Endosc.* 2013. Vol. 16. Pt. 5(4). P. 154–159.
4. Comparison of the diagnostic yield of «MiroCam» and «PillCam SB» capsule endoscopy / Hong S. P., Cheon J. H., Kim T. I. [et al.] // *Hepatogastroenterology*. 2012. Vol. 59. P. 778–781.
5. A multicenter randomized comparison of the Endocapsule and the Pillcam SB / Cave D. R., Fleischer D. E., Leighton J. A. [et al.] // *Gastrointest Endosc.* 2008. Vol. 68. P. 487–494.
6. Рекламная Брошюра капсулы CapsoCam PLUS [Электронный ресурс] / Официальный сайт дистрибьютора Nicolai-Medizintechnik. URL: https://www.nicolai-medizintechnik.de/dokumente/CapsoCam_2016.pdf (дата обращения 23.10.2019)
7. Friedrich K, Gehrke S, Stremmel W, Sieg A. First clinical trial of a newly developed capsule endoscope with panoramic side view for small bowel: a pilot study // *J Gastroenterol Hepatol*. 2013. Vol. 28. P. 1496-1501.
8. Advance of video capsule endoscopy and the detection of anatomic landmarks / Nakamura M., Ohmiya N, Shirai O. [et al.] // *Hepatogastroenterology*. 2009. Vol. 56. P. 1600-1605.
9. Capsule Endoscopy to Detect Normally Positioned Duodenal Papilla: Performance Comparison of SB and SB2 / Park S., Chun H. J., Keum B. [et al.] // *Gastroenterol Res. Pract.* 2012. Vol. 20. P. 29–35.
10. Первый опыт применения у детей инновационной эндоскопической видеокapsульной системы с панорамным обзором / М. М. Лохматов, Т. Н. Будкина, В. И. Олдаковский [и др.] // *Педиатрическая фармакология*. 2016. № 13(6). С. 587–591.
11. Горбачёв А.А., Коротаев В.В., Ярышев С.Н. Твердотельные матричные фотопреобразователи и камеры на их основе. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 98 с.
12. Техническая документация к матрице NanEye 2D [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании AMS. URL: <https://ams.com/naneyeye> (дата обращения 23.04.2020).
13. Техническая документация к ПЛИС MachXO3 [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании Lattice Semiconductor. URL: <https://www.latticesemi.com/Products/FPGAandCPLD/MachXO3> (дата обращения 23.04.2020).
14. Design of Novel S-Shaped Quad-Band Antenna for MedRadio/WMTS/ISM Implantable Biotelemetry Applications / С.-К. Wu, Т. F. Chien, С.-L. Yang [et al.]. // *International Journal of Antennas and Propagation*. 2012. Vol. 10. P. 1–12.
15. Техническая документация к RF-DC преобразователю PC114 [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании

Powercast. URL: <https://www.powercastco.com/products/powerharvester-receivers/> (дата обращения 23.04.2020).

16. Техническая документация к светодиодам SMD0402UWC [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании DART. URL: [http://www.dart.ru/pdf/02-04%20LEDs%](http://www.dart.ru/pdf/02-04%20LEDs%20SMD.pdf)

20SMD.pdf (дата обращения 23.04.2020).

17. Техническая документация к аккумуляторам GP M10-10 [Электронный ресурс] / Официальный сайт компании GP. URL: <https://ind.gpbatteries.com/application/gp-mini-lithium-m10-series.html> (дата обращения 23.04.2020).

CAPSULE ENDOSCOPY WITH LATERAL AND AXIAL CAMERA

Fadeev N. I.

In this study was analyzed present capsule endoscope, was found advantages and disadvantages modern wireless capsule systems. According this analysis was offered functional diagram of wireless capsule endoscope with radio antenna and with rechargeable battery with wireless charge. Also here was evaluated effectiveness of radio channel to communication and to charge. Was offered optimal compact element base. Was described work algorithm of major modules. Study formulated advantage this solution over modern analogs.

Key words: CMOS sensor, SoC, panoramic image, FPGA, radio transmission, phase shift keying, rechargeable battery, wire-less charge.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Fadeev N. I., 2020.

Fadeev Nikita Ivanovich (ssaufadeev@gmail.com),
student IV course of the Faculty of Electronics and instrument engineering of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ПСИХОЛОГИЯ

УДК 371.134

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СПЕЦИАЛИСТА СОЦИАЛЬНОЙ РАБОТЫ КАК ВЕДУЩАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

В. Л. Асланян

Статья посвящена проблеме формирования навыков профессионального взаимодействия специалиста социальной работы. С целью решения этой проблемы анализировалась профессиональная деятельность специалиста социальной работы с позиций бихевиористского, гуманистического, комплексного подходов, что выявило необходимость выделения методологических оснований профессиональной деятельности специалиста социальной работы, среди которых – миссия, цель, принципы и функции. В результате обобщения методологических оснований профессиональной деятельности специалиста социальной работы пришли к выводу о профессиональном взаимодействии как ведущей деятельности специалиста социальной работы. Результатом исследования выступило разработанное понятие «профессиональное взаимодействие специалиста социальной работы».

Ключевые слова: бихевиористский, гуманистический, комплексный подходы к пониманию социальной работы, миссия профессиональной деятельности специалиста социальной работы, цель профессиональной деятельности специалиста социальной работы, принципы профессиональной деятельности специалиста социальной работы, функции профессиональной деятельности специалиста социальной работы.

В настоящее время возрастает актуальность исследований в области социальной работы, что объясняется нестабильной социально-экономической ситуацией в российском обществе, изменениями в функционировании социума и трансформацией социального пространства. Кроме того, динамичное развитие системы социальных служб, реализация инновационных социальных программ и проектов обуславливает рост влияния института социальной работы на общественные процессы, а увеличение частоты и усиление значимости взаимодействий в современном обществе являются факторами, без учета которых не обойтись при обеспечении общественного благополучия.

Высокая научная и практическая значимость взаимодействия специалиста социальной работы в процессе профессиональной деятельности представлена в научных исследованиях А. В. Лейфа, Н. М. Полевой [1], Е. С. Пайгиной [2] и других. Исследователь

В. В. Горшкова [3] отмечает диалогичность профессионального взаимодействия специалиста социальной работы и определяет диалог как отдельную технологию. Кроме того, значимость профессионального взаимодействия обусловлена самой практической деятельностью специалиста. Так, в профессиональном стандарте специалиста социальной работы представлены необходимые умения и трудовые действия в контексте тех или иных трудовых функций, в которые четко отражают необходимость овладения умениями и навыками профессионального взаимодействия: «обеспечивать эффективное взаимодействие с гражданами, оказавшимися в трудной жизненной ситуации», «организовывать взаимодействие специалистов в процессе реализации социальных услуг и мер социальной поддержки», «осуществлять взаимодействие в вопросах социального обслуживания граждан-получателей социальных услуг с учреждениями здравоохранения, культуры, образования, и их

© Асланян В. Л., 2020.

Асланян Виктория Левовна (aslanyan.vl@ssau.ru),
магистрант социологического факультета Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

учредителями, а также благотворительными и религиозными объединениями общественными организациями» [4].

Проблема исследования обусловлена различными противоречиями в теории и практике социальной работы. Во-первых, анализ научной литературы показывает, что недостаточно теоретически разработано определение профессионального взаимодействия, во-вторых, противоречие в практике социальной работы обусловлено необходимостью осуществления взаимодействия в рамках профессиональной деятельности специалиста по социальной работе и недостаточным владением умениями и навыками профессионального взаимодействия.

Условия и методы исследования

В данном исследовании предпринята попытка обосновать профессиональное взаимодействие как ведущую деятельность специалиста социальной работы и актуализировать подготовку будущих специалистов социальной работы к профессиональному взаимодействию.

Базой нашего исследования является кафедра теории и технологии социальной работы социологического факультета социально-гуманитарного института федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева».

На первом этапе исследования с целью обоснования профессионального взаимодействия как ведущей деятельности нами были проанализированы методологические основания деятельности специалиста социальной работы.

Второй этап, включающий в себя контент-анализ рабочих программ учебных дисциплин, рабочих программ практик и фондов оценочных средств по направлению подготовки 39.03.02 Социальная работа (профиль «Социальная работа») 2016 и 2019 года набора очной формы обучения, был направлен на выявление единиц анализа с целью актуализации подготовки будущих специалистов социальной работы к профессиональному взаимодействию.

Результаты и их обсуждение

Для выявления профессионального взаимодействия как ведущей деятельности

специалиста социальной работы важно определить особенности самой профессиональной деятельности специалиста.

За период профессионализации социальной работы обозначилась актуальность не только проблем становления и развития профессиональной деятельности, но проблема развития и формирования личностных качеств профессионала, определение особенностей его деятельности, готовности к ней (Н. М. Платонова, В. Н. Келасьев, А. Н. Смирнова) [5]. Это подчеркивают и американские ученые – А. Пинкус и А. Минахан, определяя социальную работу как вид профессиональной деятельности, в которой реализация моральных принципов осуществляется более напряженно и сложно чем во многих других профессиях» [6, с.56].

Одна из основательниц социальной работы М. Э. Ричмонд сформулировала понятие социальной работы следующим образом: «... это искусство делать разные виды совместной деятельности (социального работника и клиента), направленных на одновременное улучшение ситуации клиента и общества» [7, с.141]. Отметим, что в зарубежной науке давно сложились теоретические подходы к пониманию социальной работы, остановимся на некоторых наиболее точно характеризующих суть социальной работы как профессиональной деятельности.

Бихевиористский подход признает взаимное влияние поведения человека и событий, происходящих в его жизни, то есть в этом случае профессиональная деятельность специалиста социальной работы направлена на поведенческие реакции клиента, и вмешательство определено ресурсами личности и ее окружения, а также основано на диагностике ситуации, прогнозировании результатов и предложении способов их достижения.

В рамках гуманистического подхода (К. Роджерс) деятельность специалиста социальной работы включает в себя создание условий, базирующихся на выстраивании доверительных отношений с клиентом, ключевой ценностью выступает личность, которая обладает правом на помощь со стороны субъектов социальной работы без дискриминации по каким-либо основаниям. Гуманистические идеалы ориентируют специалистов социальной работы к взаимодействию с

клиентами/социальными группами, поощряя их к сотрудничеству.

Необходимость комплексного подхода в социальной работе была обусловлена особенностями профессиональной деятельности специалистов социальной работы, вытекающих, с одной стороны, из характера этой деятельности – она полинаправлена (социальная работа в сфере образования, здравоохранения, в пенитенциарной системе, иных сферах жизнедеятельности и с различными категориями граждан); полифункциональна (специалист социальной работы выполняет различные функции – диагностическая, информационная, воздействующая и другие, а также принимает такие роли, как «посредник», «адвокат», «воспитатель», «консультант» и т.д.); полидеятельностна (в процессе осуществления профессиональных функций специалист социальной работы решает задачи по социальной адаптации, социальной реабилитации, социальной профилактике и т.д.), с другой стороны, из предназначения социальной работы, заключающегося реализации решений социальной политики государства. Следовательно, комплексный подход позволяет выстроить некую универсальную концепцию, которая может стать фундаментом для столь сложной деятельности.

Многообразие подходов отражается и в методологических основаниях профессиональной деятельности специалиста социальной работы, к которым относим миссию, цель, принципы и функции.

Миссию социальной работы в общесоциализационном значении можно определить как «гармонизацию личностных и общественных отношений через оказание помощи отдельным индивидам, группам, находящимся в трудной ситуации жизнедеятельности» [8, с.45]. В данном определении акцент сделан на важности отношений между людьми, их качестве и необходимости содействия в их гармонизации.

Из определения миссии социальной работы как профессиональной деятельности следует, что основным условием её достижения может стать профессиональное взаимодействие специалиста социальной работы с клиентом/социальной группой и другими субъектами по поводу трудной жизненной ситуации, позволяющее глубже проанализиро-

вать причинно-следственные связи и более целенаправленно, со знанием всех особенностей ситуации подойти к поиску оптимального решения и совместных действий по выходу из трудной жизненной ситуации.

Трактовка цели профессиональной деятельности специалиста социальной работы определяет особенности этапов взаимодействия с клиентом/социальной группой и всеми субъектами социальной работы. Это подчеркивает исследователь Н. Б. Шмелева, которая цель социальной работы определяет как «...взаимодействие между отдельными людьми и обществом с тем, чтобы улучшить качество жизни для всех» [9, с. 229]. В свою очередь, уровневый подход к целеполаганию в социальной работе позволяет определить два уровня целей в работе с индивидом: первый уровень – цель-максимум, включающая в себя помощь в развитии человека и активизацию его личных ресурсов для самостоятельного разрешения возникшей проблемы; второй уровень – цель-минимум, заключающаяся в содействии клиенту в выходе из трудной жизненной ситуации, удовлетворении базовых потребностей. Таким образом, можно отметить не только значимость процесса целеполагания во взаимодействии между специалистом и клиентом/социальной группой, но и ключевую роль взаимодействия в реализации цели, независимо от уровня и характера трудной жизненной ситуации.

Стоит отметить, что любой подход подразумевает ряд принципов, без которых реализация цели невозможна. Так, к ведущим принципам социальной работы можно отнести: принцип клиентоцентризма, принцип беспристрастности, принцип конфиденциальности, принцип конгруэнтности, принцип позитивно ориентированной активности, принцип опоры на ресурсы клиента, принцип рефлексии. В своей совокупности реализация данных принципов в процессе деятельности специалиста социальной работы свидетельствует о взаимодействии как о ведущей деятельности.

Сущность профессионального взаимодействия специалиста социальной работы раскрывается в его функциях, среди которых можно выделить следующие: диагностическая, позволяющая определять причины возникновения проблемной ситуации клиента,

организовывать дальнейшую стратегию совместных действий, подбирать адекватные уровню клиента средства информации и воздействия; информационная, делающая возможным обмен профессионально значимой информацией, которая определяет дальнейшие профессиональные действия специалиста по отношению к клиенту; воздействующая, связанная с изменением состояния, поведения клиента, трансформацией ценностей; самопрезентативная, определяющая потенциал специалиста по формированию стабильного положительного представления у клиента; регулятивная, использующая профессиональные средства сознательной регуляции своего поведения и поведения клиента; организационная, осуществляющая непосредственное взаимодействие с клиентами и коллегами; побудительная, активизирующая ресурсы клиента и мотивирующая его к деятельности по самопомощи;

фасилитативная, способствующая управлению ситуацией с целью оказания помощи клиенту по выходу из трудной жизненной ситуации.

Таким образом, анализ методологических оснований социальной работы как профессиональной деятельности – миссия, цель, принципы, функции – показал, что ее особенностью выступает профессиональное взаимодействие как ведущая деятельность специалиста социальной работы (рис. 1).

В результате мы пришли к выводу о том, что профессиональное взаимодействие специалиста социальной работы – это сложный процесс, направленный на установление сотрудничества с клиентом/социальной группой для выхода из трудной жизненной ситуации, который базируется на диалоговых основаниях, способствующих развитию между его участниками субъект-субъектных отношений.

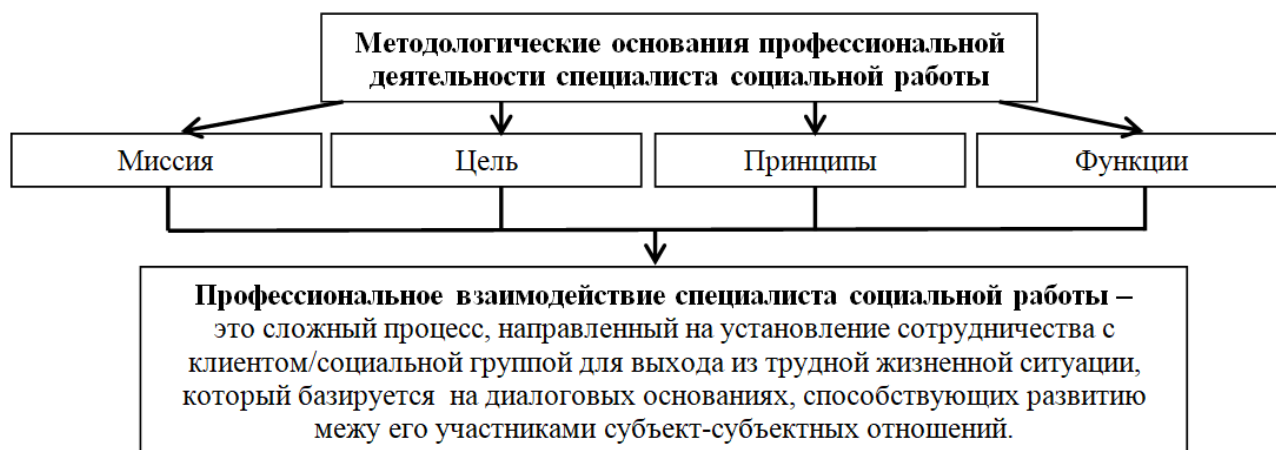


Рис. 1. Методологические основания деятельности специалиста социальной работы

Таблица 1

Результаты контент-анализа

Единица анализа	РПД, РПП и ФОС (набор 2016 г.)		РПД, РПП и ФОС (набор 2019 г.)	
	Всего (слов)	% от ядра	Всего (слов)	% от ядра
Взаимодействие	585	22	483	20
Сотрудничество	22	1	112	5
Диалог	137	5	77	3
Коммуникация	18	1	9	0,3
Итого	726	29	681	28,3

Вторым этапом исследования стал контент-анализ 173 рабочих программ дисциплин (РПД) и рабочих программы практик (РПП) вместе с фондом оценочных средств (ФОС) направления подготовки 39.03.02 Социальная работа (профиль «Социальная работа») 2016 и 2019 года набора очной формы обучения. Контент-анализ был направлен на выявление представленности таких единиц анализа как «взаимодействие», «сотрудничество», «диалог» и «коммуникация», которые характеризуют сущность профессионального взаимодействия специалиста социальной работы (табл. 1).

Из таблицы видно, что процент данных слов от общего числа ключевых слов (от ядра) незначителен как в образовательных документах 2016, так и 2019 годов набора. Единица анализа «взаимодействие» является самой многочисленной при этом, если подсчитывать процент от общего числа слов в тексте, то он будет составлять значение, приближённое к нулю. Это может говорить о том, что в рамках процесса подготовки по ряду дисциплин стабильно присутствует блок, связанный с профессиональным взаимодействием, однако ему уделена незначительная часть содержательных моментов, что показал анализ контекста употребления представленных в табл. 1 единиц анализа.

Таким образом, результаты контент-анализа подчеркнули актуальность формирования навыков профессионального взаимодействия специалиста социальной работы, начиная с этапа его подготовки к профессиональной деятельности.

Заключение

Результаты исследования продемонстрировали особенность профессиональной деятельности специалиста социальной работы, заключающуюся в определении профессионального взаимодействия как ведущей деятельности. Анализ сущности социальной работы как профессии, характеристика методологических оснований профессиональной деятельности специалиста социальной работы, контент-анализ рабочих программ учебных дисциплин, рабочих программ практик и фондов оценочных средств по направлению подготовки 39.03.02 Социальная работа (профиль «Социальная работа») позволил прийти к выводу о том, что профессиональное взаимодействие специали-

ста социальной работы – это сложный процесс, направленный на установление сотрудничества с клиентом/социальной группой для выхода из трудной жизненной ситуации, который базируется на диалоговых основаниях, способствующих развитию между его участниками субъект-субъектных отношений.

Литература

1. Полевая Н. М., Лейфа А. В. Социальное взаимодействие в системе профессиональной подготовки бакалавров социальной работы // Инициативы XXI века. 2014. № 1. С. 39–41.
2. Пайгина Е. С. Социальное взаимодействие как основа построения содержательных и процессуальных сторон профессиональной деятельности бакалавра социальной работы // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2017. Т. 6. № 2 (19). С. 118–120.
3. Горшкова В. В. Диалог как технология социальной работы. СПб.: ИОВ РАО. 2010. 166 с.
4. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 22.10.2013 №571н «Об утверждении профессионального стандарта «Специалист по социальной работе» [Электронный ресурс]. URL: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/profstandart/03.001.pdf> (дата обращения: 01.06.2020).
5. Платонова Н. М., Келасьев В. Н., Смирнова А. Н. Современная социальная работа: введение в теорию и практику. СПб.: ГИПСР. 2016. 182 с.
6. Пинкус А., Минахан А. Практика социальной работы (форма и методы). М.: Союз, 1993. 223 с.
7. Целых М. П., Пашенко Ю. А. Базовые компоненты теории профессионального образования в наследии Мери Ричмонд // Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования. 2019. № 1 (22). С. 140–144.
8. Бурцева И. В. Духовная культура в структуре профессиональной культуры бакалавра социальной работы // Мир науки, культуры, образования. 2015. № 2 (51). С. 44–46.
9. Шмелева Н. Б., Мухаметов Д. А. Понятие «коммуникативная компетентность» в социальной работе // Социум. Туризм. Образование: сб. ст. Ульяновск, 2018. С. 229–237.

PROFESSIONAL INTERACTION OF THE SOCIAL WORK SPECIALIST AS A LEADING ACTIVITY

V. L. Aslanyan

The article is devoted to the problem of the formation of skills of professional interaction of a social work specialist. In order to solve this problem, the professional activity of a social work specialist was analyzed from the perspective of a behavioral, humanistic, integrated approach, which revealed the need to highlight the methodological foundations of the professional work of a social work specialist, including mission, goal, principles and functions. As a result of a generalization of the methodological foundations of the professional activity of a social work specialist, they came to the conclusion about professional interaction as the leading activity of a social work specialist. The result of the study was the developed concept of «professional interaction of a social work specialist».

Key words: behaviorist, humanistic, integrated approaches to understanding social work, mission of professional activity of a social work specialist, purpose of professional activity of a social work specialist, principles of professional activity of a social work specialist, functions of professional activity of a social work specialist.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Aslanyan V. L., 2020.

*Aslanyan Victoria Levovna (aslanyan.vl@ssau.ru),
graduate student of the Sociological Faculty of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.*

УДК 316.354 : 37.048

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПОМОЩЬ СТАРШЕКЛАСНИКАМ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ САМООПРЕДЕЛЕНИИ

О. А. Зверева

В данной работе рассмотрены основные проблемы современной профориентологии в России, а также основные методы социально-педагогической помощи школьникам старших классов в области профессионального самоопределения. Указаны основные сложности, с которыми сталкиваются старшеклассники в процессе выбора будущей профессии, и которые существенным образом влияют на этот выбор. Проведено исследование по оценке работы профориентационной системы в различных странах мира. Представлены результаты пилотажного исследования мнений старшеклассников о преимуществах и недостатках профессионального роста в разных государствах. Сделаны выводы относительно наиболее вероятных принципов дальнейшего развития социально-педагогической помощи старшеклассникам в сфере профессионального самоопределения.

Ключевые слова: профориентация, профессия, профессиональный выбор, карьера, проблемы профессионального выбора, профориентология, профессиональное самоопределение.

Быстрые и постоянные изменения в политике и экономике диктуют необходимость тщательной проработки методов помощи в сфере профессионального самоопределения, которая во многом способствует эффективному обучению в профессиональных учебных заведениях и успеху в жизни в целом. Работодатели все сильнее с каждым годом сужают круг обязанностей каждого конкретного специалиста и при этом все больше требований предъявляют к новым кандидатам. Современное образование, несмотря на все реформы последних лет, не успевает подстраиваться под столь стремительно меняющуюся реальность рынка труда. Именно поэтому очень важно каждому старшекласснику верно определить свой дальнейший путь обучения, разработать определенную стратегию профессионального развития и уметь в таких условиях быстро и качественно её изменять и улучшать, если это потребуется [1, с. 109; 2, с. 41].

История отечественной профориентационной работы началась в СССР в начале 20-го века, а век нынешний поставил её во

главу угла развития экономических тенденций будущего, наделив важными особенностями и обозначив для профориентационной работы целый ряд высоких требований постоянно изменяющегося рынка труда.

На сегодняшний день актуальность профориентационной работы в общеобразовательных учреждениях общепризнанна и всячески акцентируется в целом ряде государственных документов и регулярных выступлениях президента и глав регионов [3, 4].

Власти страны не только подчеркивают важность профориентационной работы со школьниками, но и пытаются привлечь к ней бизнес и предприятия, наладить непосредственную связь между стартовым и конечным звеном в цепочке «Человек – Профессиональное учебное заведение – Предприятие-работодатель» [5; 6, с. 142].

Современные тенденции профориентационной работы дают старшеклассникам возможность выбрать не профессию, а область, где они смогут осваивать целый ряд схожих специальностей. Понимание, что выбранная профессия, скорее всего, не станет единст-

венной, снижает психологическую нагрузку и напряжение у выпускников школ.

Проведённые в последнее время исследования о проблемах выбора профессии среди российских школьников показали, что основными проблемами, с которыми сталкиваются старшеклассники при выборе будущей профессии (являющиеся одновременно факторами выбора профессионального пути и выбора учебного заведения), являются: недостаточная информированность; влияние авторитетных друзей и близость учебного заведения; предполагаемый, но не всегда реальный, уровень дохода от выбранной профессии; влияние родителей и членов семьи, которые иногда делают выбор не вместе с ребенком, а за него; ограниченные финансовые возможности семьи; актуальность выбранной профессии.

Проблем профессиональной ориентации учащихся в России немало, как и в любой другой стране, но нам сейчас интересно и важно сравнить российские подходы к профориентации с зарубежной практикой организации профессионального самоопределения молодежи. Анализ опыта других стран актуален еще и потому, что заграничные модели регулярно примеряются системой отечественного профессионального образования [7; 8, с. 213–214].

В школах США действует система «Гайденс», работники которой постоянно проводят мониторинг интересов учащихся, их склонности и проявляющиеся таланты. Американские специалисты в области профориентологии считают важным регулярную смену профессий в течении жизни, что позволяет сохранять востребованность на рынке, а также когнитивные функции мозга.

В Канаде профориентационная помощь начинается с подросткового возраста, когда каждый учащийся может попробовать себя во время каникул в той или иной профессии, изучить её изнутри, сравнить свои представления с реальностью.

В Израиле вся система школьного образования подчинена профориентации. Даже окончив вечернюю школу за 4 года, дети обязательно получают какую-либо из простых рабочих профессий.

Франция контролирует сферу профориентации сразу тремя министерствами и рядом

сторонних организаций, подчиняя весь процесс профессионального обучения и переобучения требованиям рынка труда.

В Германии трудоустройством занимается только Федеральный институт занятости, а значит именно ему и его требованиям подчинены все ступени профориентационной работы с молодёжью. Ни сторонние агентства, ни школы не могут принимать участие в процессе трудоустройства, поэтому они весьма ограничены в плане рекомендаций по профессиональному ориентированию.

В Японии, как и в России, существует 100-бальный рейтинг учащихся по окончании основного школьного образования. На его основе лучшие выпускники идут в престижные вузы, среднеуспевающие – в специальные колледжи и лицеи, а плохо сдавшие экзамен – в школы рабочих профессий без возможности когда-либо продолжить образование.

Китай из-за перенаселенности ориентирует своих школьников в первую очередь на продолжение образования за рубежом, в том числе в России. Именно поэтому упор делается на языковую подготовку и коммуникативные навыки. К слову сказать, существует различие в показателях коммуникативной толерантности у специалистов разной профессиональной направленности [9].

Нами было проведено пилотажное исследование мнений старшеклассников г.о. Самара о том, какое государство они бы предпочли для проживания и работы в будущем, почему они остановили свой выбор на той или иной стране и знают ли они возможности карьерного роста и развития в выбранной системе. Следует отметить, что старшеклассники достаточно проинформированы в этой области. Некоторые из них указали на то, что подобными темами интересовались у родителей, другие задавали сходные вопросы специалисту, работающему в учебном заведении по проблеме профориентации, третьи сформировали собственное мнение, анализируя опыт знакомых и друзей семьи. Среди опрошенных нами старшеклассников 60 % хотели бы остаться в России, примерно половина из них предпочитают переехать в такие города как Москва и Санкт-Петербург. Остальные 40 % выпускников хотели бы уехать за границу на постоянное место жительства. Среди тех стран, которые отмечены как привлекатель-

ные, называют США, Германию, Испанию (по 20 % респондентов); Канаду (15 % старшеклассников). Норвегию, Англию выбирают по 10 % респондентов, Литву, Казахстан – по 2,5 % будущих выпускников. Обосновывая причины выбора той или иной страны, указываются следующие аргументы.

Старшеклассники отмечают, что в Соединенных Штатах Америки права специалистов, работников, в частности учителей, защищены больше, чем в других странах.

В пользу Германии говорят такие позиции: экономическое развитие страны; пунктуальность большинства людей и их «занудство» (старшеклассники оценивают себя по данному критерию как похожих на немцев); медицина; образование; карьерные перспективы; погода («она отвратительная, но зато на пуховик не придется тратиться»); уважение к личности; уровень экологии. При этом указываются и минусы: консервативность («гиперконсервативность»), сниженная Интернет-активность; малоподвижные карьерные схемы (ориентир на стаж, а «опыт – это главный минус, так как хочу покинуть нашу страну сразу после получения высшего образования»).

Испания привлекательна высоким уровнем жизни (зарплаты составляют 2352 евро в месяц), здравоохранение считается одним из самых эффективных (четвертое место в мире) и доступна практически всем слоям населения. Некоторые указывают и на уровень цен в Испании, говоря, что «продукты, образование, медицина, недвижимость – одни из самых невысоких в Европе». По мнению старшеклассников, Испания – очень безопасная страна, испанцы очень дружелюбны и «любой прохожий сможет помочь». Современная Испания испытывает нужду в квалифицированных рабочих, врачах, инженерах и учителях, которые получают приличные зарплаты. Здесь ценятся специалисты в области энергосбережения. Наличие русскоязычных школ и школ, где вторым иностранным языком является русский – такой аргумент дают старшеклассники, которые собираются стать учителями русского языка и литературы. Вместе с тем, указывается, что сложно получить разрешение на работу. Кроме того, такие факторы личных предпочтений как испанская кухня и возможность безвизового путешествия по Европе для всех обладателей испанского вида на

жительство играют роль в выборе места работы и продвижения по карьерной лестнице.

Канада – одна из самых дружелюбных и комфортных стран для иммиграции, так как иммигранты тут отвечают за 80% прироста населения, риски столкнуться с дискриминацией или предвзятым отношением минимальные. Некоторые старшеклассники в беседе указывают и конкретные способы переезда в другую страну. В частности, в Канаду можно попасть по программе Express Entry или получить start-up визу. В любом случае, для продолжения профессиональной карьеры в этой стране необходимо знание английского и французского языков на хорошем уровне. Пройти переподготовку непосредственно в Канаде, либо выбрать такой вуз в России, диплом которого имеет международный статус. Кроме того, студенты, обучающиеся в Канаде, в том числе студенты-резиденты, каждый год подают заявки на получение гранта и/или кредита на обучение. Государство выделяет средства в соответствии с материальным положением и академическим статусом студента. Например, в Онтарио этим занимается OSAP (Ontario Student Assistance Program).

Норвегия возглавляет список стран по индексу человеческого развития, хотя когда-то это была бедная страна рыболовов и фермеров, пока на ее территории не нашли нефть и газ. Прибыль от продажи этих ресурсов не тратится, а переводится в «Фонд помощи будущим поколениям». В Норвегии чем выше доход, тем больше налог платится. Старшеклассники указывают достойную зарплату, а также их привлекает режим работы: «рабочий день длится до трех часов дня». В Норвегии очень высокий уровень образования, а получение высшего образования дает гарантию трудоустройства по профессии. Так как в стране не очень большое население, там меньше конкуренции, это поможет быстрее подняться по карьерной лестнице. На работу тут принято брать молодых специалистов без опыта работы, чтобы дать возможность молодому поколению показать свои перспективы.

В Англии смущают высокие цены на недвижимость и транспорт. Если зарплата будет низкой, то ресурсы человека быстро заканчиваются. Но вместе с тем, жизнь кажется предсказуемой, поэтому тут лучше тем, кто

«любит бегать на длинные дистанции», любит долго работать. В этой стране все «по правилам», которые упорядочивают жизнь людей, заботясь о них. Да и культурная жизнь в Лондоне – выставки, спектакли, шоу, лекции – не даст скучать молодому специалисту.

Те респонденты, которые выбирают Казахстан и Литву, являясь уроженцами этих стран, переехали в Россию на время, чтобы закончить среднее и получить высшее образование, так как «здесь учат лучше, дают больше и образование в России – лучше!». Кроме того, «в Казахстане очень ценится российское образование, можно сказать, даже больше, чем само казахстанское».

В одном все мнения опрошенных старшеклассников сходятся: возможности и рост есть во множестве стран, «главное не сидеть на месте!».

В целом, в современных мировых тенденциях профориентационной деятельности можно выделить в первую очередь обязательную языковую подготовку. Это обусловлено большим количеством международных компаний и транснациональных концернов, невозможностью карьерного роста без постоянного отслеживания мировых тенденций и глобализацией большинства сфер профессионального рынка. Молодые люди Европы стремятся получить профессию, востребованную как минимум в нескольких странах, что обеспечит им выбор места деятельности, достойный заработок и возможность трудовой миграции в условиях быстро меняющегося рынка труда [10].

Помимо необходимости знать несколько языков, еще одной важной особенностью мировой практики в сфере профессионального сопровождения является раннее начало знакомства детей с профессиями. Обычно некоторые элементы такой работы встречаются уже в младшей школе и постепенно увеличивают своё присутствие к старшим классам.

Изучив опыт зарубежных стран, и сравнив его с отечественными достижениями в этой области, мы можем увидеть явные сходства в большинстве профориентационных систем иностранных государств, которые только входят в российскую реальность. Почти везде работа по профориентации начинается с начальной школы, и мы так же

постепенно приходим к этой схеме работы. Многие страны перенимали наиболее эффективные методы работы у соседей, не создавая их заново и не тратя драгоценное время на апробацию, и мы идем тем же маршрутом, что, несомненно, правильно.

Изученные нами источники и исследования последних лет показали, что в настоящий момент в России школа не рассматривается старшеклассниками как серьезный партнер в определении будущей профессии, хотя именно здесь имеются необходимые условия для получения знаний о разнообразных профессиях, развития личностных особенностей и раскрытия талантов [11; 12, с. 121–123].

Всё это позволяет говорить о необходимости квалифицированного психолого-педагогического и социально-педагогического сопровождения школьников по пути профессионального самоопределения на протяжении всего школьного обучения, но наиболее остро данная проблема сейчас стоит именно у старшеклассников [13]. Оказавшись перед сложным выбором, им необходимо учитывать сразу множество факторов, от мнения семьи до личных физических особенностей. Хорошо, когда родители являются поддерживающим фактором не только в выборе профессии подростка [14]. При этом следует заранее рассчитать степень востребованности и успешности будущей профессии на несколько лет вперед, а также сопоставить это с выбором экзаменов для сдачи ЕГЭ и успешного поступления в вуз в дальнейшем [15, с. 34].

Заключение

Таким образом, профориентационная деятельность в старшей школе должна устранить искажения в представлениях о профессиях, дать максимально объективную картину текущего положения на рынке труда, помочь в определении наиболее сильных сторон и качеств подростка [16], которые могут помочь ему в освоении той или иной специальности. А также стать тем положительным фактором, который существенно снизит эмоциональную и психологическую нагрузку на старшеклассников и позволит им сделать верный выбор, от которого будет зависеть их успешный путь во взрослой жизни.

Изучение мирового и отечественного опыта социально-педагогической помощи в

профориентационной сфере показало, что ее осуществление возможно самыми разными методами – от бесед и ознакомительных групповых занятий, на основе диагностики интересов и склонностей, до начальных курсов профессиональной подготовки. Практически любые способы устранения тех проблем, с которыми сталкиваются старшеклассники в процессе профессионального самоопределения, допустимы и эффективны. Более того, многие из них дополняют друг друга, давая подростку наиболее четкое понимание картины его профессионального и карьерного будущего, а это одно из главных условий верного выбора.

Литература

1. Арендачук И. В. Этапы развития адаптационной готовности личности к рискам образовательной среды // Известия Саратовского университета. Новая серия. Акмеология образования. Психология развития. 2014. Т. 3. № 2. С. 108–113.
2. Акимова Т. Н., Лисицинская А. В. Профессиональная ориентация учащихся в школе как средство формирования личности выпускника // Национальная Ассоциация Ученых. 2015. № 9–1 (14). С. 40–42.
3. Ревякина В. И., Осетрин К. Е. Профориентация школьников: опыт прошлого и проблемы настоящего // Вестник ТГПУ. 2015. № 5 (158). С. 244–248.
4. Савкина А. В., Черкасова Т. В., Тимофеев А. А. Новый подход в определении будущей профессии выпускников школ // Образовательные технологии и общество. 2018. № 3. С. 305–314.
5. Балюк А. Д. Процесс управления профессиональной ориентацией школьников старшего возраста: общие принципы системного моделирования // Вестник ТюмГУ Социально-экономические и правовые исследования. 2012. № 8. С. 96–100.
6. Захарова И. В., Дудаков С. М., Солдатенко И. С. Проектирование образовательных программ в области ИКТ с учетом профессиональных стандартов // Инженерное образование. 2017. № 21. С. 140–144.
7. Гуртов В. А., Хотеева Е. А. Планирование карьерной траектории школьников: ориентация на «Хочу», «Могу» и «Надо» // Интеграция образования. 2018. №1 (90). С. 134–150.
8. Заец Н. А. Профессиональная ориентация учащихся среднего звена общеобразовательной школы // NovaInfo.Ru. 2016. Т. 1. № 40. С. 212–216.
9. Логвинова О. К., Егорова У. Г., Бердиева А. Ш. Особенности коммуникативной толерантности студентов разной профессиональной направленности // Мир науки, культуры, образования. 2018. № 1 (68). С. 286–289.
10. Толстогузов С. Н. Опыт профориентационной работы за рубежом // Образование и наука. 2015. №1 (120). С. 151–165.
11. Арендачук И. В. Проблема выбора профессии современными старшеклассниками // Профессиональная ориентация. 2017. № 1. С. 15–22.
12. Формирование ценностных ориентаций старшеклассников в профессиональном обучении / А. В. Станкевич, Е. И. Рубцов, В. И. Ансимов, В. В. Медведев [и др.] // Молодой учёный. 2017. № 34 (168). С. 120–123.
13. Психолого-педагогическое сопровождение профессионального самоопределения школьников / Е. И. Гусева, О. И. Мигovich, Л. Ф. Тихомирова [и др.] // Ярославский педагогический вестник. 2017. № 2. С. 43–49.
14. Егорова У. Г. Психологическая готовность родителей к кризису подросткового возраста: коммуникативный аспект // Вестник университета. 2013. № 22. С. 221–227.
15. Власова Е. А., Шанин С. В. Профориентация как одно из направлений социально-педагогической деятельности со старшеклассниками // Вестник Саратовского областного института развития образования. 2015. № 2. С. 30–36.
16. Егорова У. Г. Основы профориентологии: изучение интересов и склонностей в целях профориентации. Практикум. Самара, 2012. 88 с.

SOCIAL-PEDAGOGICAL HELPING TO SCHOOLCHILDREN IN PROFESSIONAL SELF-DEFINITION

O. A. Zvereva

In this article we consider main problems of contemporary Russian proforientology, basic of social-pedagogical helping to schoolchildren, when they choose future profession. The researcher defines difficulties of teenagers' professional orientation and factors, which influence to professional choice. The author estimates proforientational systems in different countries. There are pilot research results, which contains schoolchildren' opinions about pluses and weaknesses of different countries' professional carrier. In conclusion there are development principles of social-pedagogical helping to schoolchildren during their professional self-definition.

Key words: professional orientation, professional choice, profession, carrier, problem of proforientation, professional self-definition, proforientology.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ САМООПРЕДЕЛЕНИЕ УЧАЩИХСЯ

А. А. Костырева

В данной работе рассматриваются различные взгляды и подходы к понятию «профессиональное самоопределение», в том числе рассматривается процесс профессионального самоопределения как часть процесса самоопределения, анализируются работы отечественных и зарубежных исследователей-психологов по данной проблеме. Цель данной статьи – раскрыть вопросы становления профессионального самоопределения у старшеклассников. Автором предлагается структура профессионального самоопределения учеников старших классов с учетом особенностей позднего подросткового возраста, приводится описание методов профориентационной работы за рубежом, а также предлагается собственный вариант мероприятий, направленных на помощь ученикам старших классов в профессиональном самоопределении.

Ключевые слова: профессиональное самоопределение, профессиональный выбор, самоопределение, старшеклассник, структура профессионального самоопределения.

На протяжении жизненного пути перед личностью постоянно возникают ситуации, которые требуют от нее принятия решения о выборе профессии, определения своего отношения к различным специальностям, анализа собственного социального статуса и личных профессиональных достижений, и возможно принятия решения о продолжении карьеры или же смене специальности. Данный комплекс проблем объясняют понятием профессиональное самоопределение [1].

В исследовании предпринята попытка изучить особенности профессионального самоопределения школьников позднего подросткового возраста (15–18 лет, 9–11 классы). Исследование проводилось на базе общеобразовательной школы среди 116 учащихся 9-го класса (68 мальчиков и 48 девочек) методом анкетирования.

Проблема профессионального самоопределения является ключевой в психологии профессионального становления личности и личностного самоопределения индивида в целом. Профессиональное становление – это продуктивный процесс развития и саморазвития личности, освоения и самопроектирования профессионально ориентированных видов деятельности, определение своего места в мире профессий, реализация себя в профессии и само актуализация своего потенциала

для достижения вершин профессионализма [2]. В акмеологических исследованиях А. А. Деркача, Н. В. Кузьминой, А. П. Ситникова, А. И. Турчинова профессиональное становление личности трактуется как комплекс явлений, включающих в себя компоненты объективного и субъективного характера. Среди разнообразных авторских подходов к определению профессионального самоопределения можно увидеть две точки зрения. Одна группа ученых рассматривает профессиональное самоопределение как процесс, сводимый к одной точке – выбору профессии (Н. Н. Захаров, А. М. Кухарчук, В. Ф. Сафин, А. Б. Ценципер, В. В. Чебышева, С. Н. Чистякова). Другие понимают его как продолжительное явление, которое может длиться весь период трудовой деятельности, а также рассматривают профессиональное самоопределение как один из важных компонентов становления личности (Г. В. Акопов, С. А. Гильманов, К. М. Гуревич, Э. Ф. Зеер, Е. А. Климов, Т. В. Кудрявцев, Н. С. Пряжников, Д. Сьюпер, В. Ю. Шегунова и другие.). Зарубежные авторы (Д. Сьюпер, Ф. Парсон, Э. Гинцверг, Д. Холланд, Г. Рис, Д. Тидельман, и др.) в большинстве считают профессиональное самоопределение многокомпонентным и многоуровневым процессом поиска ценностных ориентиров и смысла

выполняемой деятельности [3]. Итак, суммируя вышесказанное, примем точку зрения, что профессиональное самоопределение представляет собой сложный, длительный, непрерывный и подвижный процесс формирования личностью своей позиции к профессиональной деятельности и поиск средств её воплощения с помощью личностных и социально-профессиональных потребностей, синхронизированный с этапами профессионального развития личности.

На основе анализа научной литературы, учитывая психологические особенности позднего подросткового возраста, были выделены следующие компоненты в структуре профессионального самоопределения: когнитивный, эмоционально-волевой, мотивационный.

Когнитивный компонент профессионального самоопределения представляет собой комплекс знаний о мире современных профессий, умений анализировать и прогнозировать ситуацию на рынке труда; знаний о своих профессионально важных качествах; информированность о требованиях профессии [4]. Когнитивный компонент профессионального самоопределения является одним из основополагающих, так как подростки имеют низкий уровень знаний об условиях, характере и интенсивности предстоящего труда. Также зачастую девушки и юноши перед совершением выбора не оценивают собственные способности к тем или иным видам деятельности, не учитывают особенности своего психофизиологического статуса, характера и личности. Нехватка информации, отсутствие строго выбранных профессиональных ориентиров, страх перед адаптацией к профессии в будущем – всё это может стать преградами на пути профессионального самоопределения подростка.

Эмоционально-волевой компонент профессионального самоопределения включает в себя положительное отношение к тому или иному виду деятельности, профессии; устойчивые профессионально важные особенности эмоциональных и волевых процессов; эмоционально-оценочное отношение подростка к себе, приобретаемым знаниям, умениям, навыкам. В позднем подростковом возрасте происходит серьезная перестройка психики и разрушение сложившихся форм отношений с

людьми, активный поиск себя, определение жизненных ценностей. В то же время подростки сталкиваются с необходимостью выбора учебного заведения и специальности, которая в идеале должна помочь в приобретении навыков и знаний, необходимых для овладения желаемой профессией.

Мотивационный компонент отражает ценностно-смысловое отношение человека к будущей профессиональной деятельности. Он представлен структурой мотивов профессионального самоопределения и ценностями, связанными с профессиональной деятельностью. Мотивационный компонент профессионального самоопределения включает в себя ряд внешних и внутренних факторов.

К внешним факторам относят: советы, рекомендации родственников, друзей; удачные и неудачные примеры других людей; общественные стереотипы и установки о статусе человека, который занимается выбираемой профессией; факторы «притяжения – отталкивания» (выбор престижных, модных профессий); факторы «инерции» (выбор профессии в соответствии с привычными занятиями на основе стереотипов социальных ролей). Современная молодежь является первым посткоммунистическим поколением, ставшим частью таких процессов как глобализация, компьютеризация, роботизация труда и прочих. Родственники, учителя, а также иные лица, чьё мнение является авторитетным для молодого человека, родились и жили в иную эпоху и в другом государстве, когда рынок труда был относительно стабильным, профессия часто выбиралась одна и на всю жизнь. В связи с этим советы старшего поколения относительно выбора профессии для современного школьника зачастую являются неактуальными и не отвечают сложившейся обстановке на рынке труда. Кроме того, на данную ситуацию также влияет появление новых профессий на рынке труда, рост их популярности и активная их пропаганда через средства массовой информации.

К внутренним факторам мотивационного компонента относится личная оценка процесса профессионального выбора и самой профессии; осознание возможности своей деятельностью приносить пользу обществу; возможности для реализации профессиональных целей (выбор профессии в целях

материального благополучия, общественного положения, признания, и т.д.) [5].

Анализ результатов исследования М. В. Ососовой, проведенного на базе СОШ № 167 г. Екатеринбурга (выборочная совокупность исследования 116 учащихся 9-го класса: 68 мальчиков и 48 девочек), показал, что 54 % девочек и 35 % мальчиков не определились с выбором высшего учебного заведения, в которое планируют поступать после окончания школы; не выбрали профиль обучения 65 % девочек и 68 % мальчиков (рис. 1). Опрошенные учащиеся отмечали следующие препятствия в осуществлении профессиональных намерений: плохая информирован-

ность и мире профессий у 44 % девочек и 36 % мальчиков, неуверенность в себе и низкая самооценка у 25 % девочек и 17 % мальчиков, отсутствие устойчивого интереса у 35 % девочек и 26 % мальчиков. При этом 43 % опрошенных учащихся не имеют представлений о будущей профессии (рис. 2) [6].

Приведенный пример свидетельствует о том, что большинство учащихся 9-х классов не могут совершить осознанный выбор дальнейшего пути своего развития. Причинами сложившейся ситуации являются следующие наиболее значимые с точки зрения автора факторы.

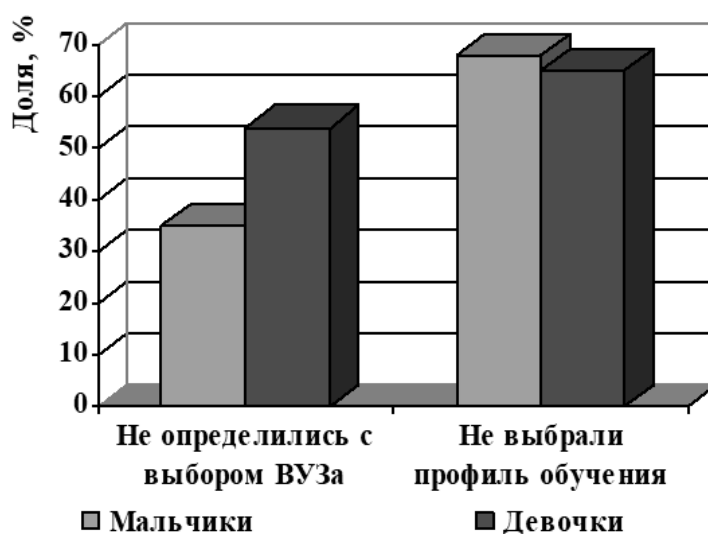


Рис. 1. Выбор вуза учащимися 9-го класса г. Екатеринбург

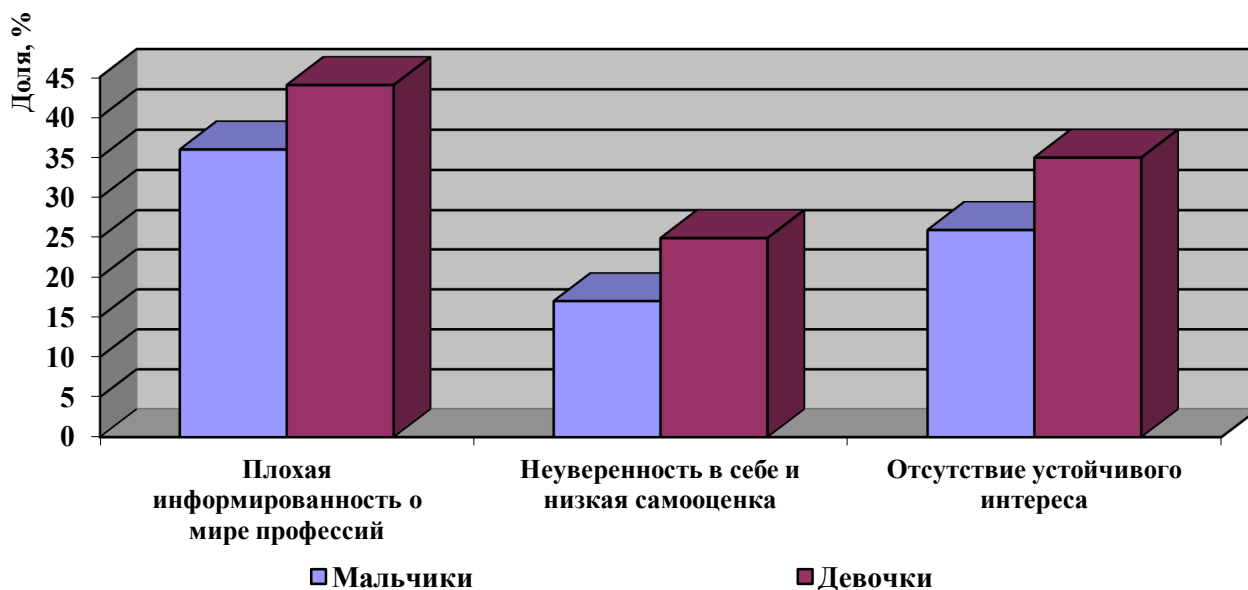


Рис. 2. Причины профессиональной неопределённости учащихся 9-го класса г. Екатеринбург

Во-первых, на выбор профессии влияет недостаточное развитие личностных качеств, необходимых для профессионального самоопределения. Во-вторых, проблему усугубляет низкая потребность в выявлении своих профессиональных склонностей и интересов. В-третьих, учащимся сложно сделать выбор вследствие отсутствия представлений о той или иной профессии, отсутствия знаний, необходимых для профессионального самоопределения.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о необходимости целенаправленного влияния на процесс профессионального самоопределения подростков. Решению указанной проблемы может способствовать анализ и последующее применение в России отдельных элементов лучших зарубежных практик профориентации школьников. Так, в современной Японии действует нестандартный подход к вопросам профессиональной ориентации, основанный на теории С. Фукуямы и его диагностическом методе «человек-профессия», которая была разработана во второй половине XIX века в ходе радикальных реформ японской школы.

Кроме школы, японские старшеклассники учатся на подготовительных курсах «Дзюку», существующих на платной основе и организующих занятия в вечернее время 2–3 раза в неделю. Дзюку, или «школа мастерства», по сути, выступает как репетиторская структура, где учащиеся закрепляют пройденный материал и получают дополнительные знания по выбранным предметам. В настоящее время эти курсы получили широкое распространение: если раньше их посещали только школьники, готовящиеся к поступлению в престижный университет, то сейчас в них получают дополнительное образование даже учащиеся, собирающиеся продолжить образование в рядовых колледжах.

В Японии система профориентации прочно интегрирована в процесс школьного образования и активно используется уже в младшей школе. Философия выбора профессии связана с глубоким самоанализом школьника и определением им всего жизненного пути [7].

При этом выбор школьника определяет весь его дальнейший жизненный путь, так как после получения высшего образования (в

ряде случаев оплачивается работодателем на условиях последующей отработки) с большей долей вероятности выпускник посвятит свою жизнь работе на одном предприятии (организации).

Интересен опыт подобной работы в США, где действует консультативная психолого-педагогическая служба «Гайденс», плотно опекающая учащихся в процессе их выбора специальности. «Гайденс» содействует старшеклассникам по нескольким направлениям: помогает подобрать учебную программу, определиться с будущей профессией и выделить личностные особенности индивида для их интенсивного развития. Научным базисом профориентационной системы «Гайденс» является прагматическая педагогика, т. е. обучение посредством деяния. Система профориентации в США децентрализована и имеет множество организационных схем. Согласно закону от 1981 г. профконсультирование учащихся идет на протяжении всего времени обучения. На каждого ученика консультантом заводится досье, которое, по окончании школы, передается в службу занятости.

В последнее время в США понятие профессия все чаще заменяется словом карьера. Для выпускников американских школ наряду с уровнем оплаты труда важен интерес к работе и возможность личностного развития. В этой связи в школах появились и эффективно используются образовательные программы «Академия X» и «От школы к работе», нацеленные на адаптацию выпускников к взрослой жизни. Активно действуют и центры по трудоустройству, причем как государственные, так и частные, в которых можно получить информацию по вакансиям на рынке труда, пройти профтестирование и даже взять направление на работу [7].

Также автор предлагает собственный вариант решения проблемы профессионального самоопределения. Например, на базе школы во время уроков профессиональной ориентации или же классных часов можно предложить учащимся выполнять индивидуальные задания, учитывая особенности их профессионального самоопределения. Если школьник определился, кем хочет стать, то он выполняет следующие задания: составляет список личностных качеств, которые требует

профессия мечты; проходит тест на определение своих личностных качеств, сопоставляет данные диагностики с первым списком, анализирует количество совпадений и выявляет несовпадения; составляет список учебных заведений, где можно получить необходимые для работы по профессии знания и умения; проводит мониторинг сайтов по поиску работы и анализирует требования работодателей, условия труда, организации, где эта профессия востребована; по возможности, общается с представителем профессии, узнает о достоинствах, недостатках работы, получает наставления.

В том случае, если школьник не может выбрать среди нескольких желаемых профессий или совсем не знает, чему отдать предпочтение, ему предлагаются следующие задания: пройти тест на выявление преобладающих личностных качеств с последующей подборкой подходящих профессий, совершить выбор в пользу 3–5 профессий; составить сравнительную таблицу с данными об условиях работы по выбранным профессиям, а также самостоятельно выделить преимущества и недостатки каждой профессии.

Предполагается, что после выполнения, представления и последующего обсуждения выполненных заданий ученики повысят уровень знаний о мире профессий; узнают о качествах своего характера и предрасположенностях к некоторым профессиям; попробуют самостоятельно проанализировать ситуацию на рынке труда. Выполнение данных заданий позволит подросткам почувствовать уверенность в уже совершенном выборе или же получить список профессий, о которых стоит подумать.

Заключение

В России существенным недостатком системы профориентации является недостаточное взаимодействие будущих работода-

телей с учреждениями среднего образования. Толчком к развитию подобной системы являлось бы приглашение учеников выпускных классов на предприятия или организации, заинтересованные в пополнении кадрового состава своих работников, с проведением ознакомительных занятий и раскрытием требований к сотрудникам. Указанная практика значительно помогла бы школьникам в познании своих сил и способностей, а также предрасположенности к той или иной профессии.

Литература

1. Бардакова Н. М. Профессиональное самоопределение школьников // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59–1. С. 64–67.
2. Зеер Э. Ф. Психология профессий. М.: Академический проект, 2008. 20 с.
3. Гридасова А. А. Профессиональное самоопределение: теоретический аспект // Политика, экономика и инновации. 2017. № 2. С. 12–17.
4. Никулина И. В. Формирование профессиональной направленности студентов // Образование в современном мире: стратегические инициативы: сб. науч. тр. Самара: Самарский университет, 2017. С. 600–604.
5. Шерайзина Р. М., Поломошнова С. А. Профессиональное самоопределение старшеклассников: структурно-содержательная характеристика // Казанский педагогический журнал. 2017. № 3. С. 91–92.
6. Ососова М. В. Особенности профессионального самоопределения современных подростков // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. 2010. № 12. С. 95–103.
7. Толстогузов С. Н. Опыт профориентационной работы за рубежом // Образование и наука. 2015. № 1. С. 158–159.

PROFESSIONAL IDENTITY OF PUPILS

A. A. Kostyreva

In this paper, we consider various opinions and approaches to the concept of definition of «professional self-determination», including the process of professional self-determination as the part of the self-determination process, analyze the work of domestic and foreign psychological researchers. The purpose of this article is to reveal the issues of the formation of professional self-determination of a high school students. The author proposes a structure for a professional self-determination of high school students taking into account the peculiarities of late adolescence, provides a description of career guidance methods abroad, and also offers its own version of measures aimed at helping high school students in professional self-determination.

Key words: professional self-determination, professional choice, self-determination, high school student, structure of professional self-determination.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Kostyreva A. A., 2020.

*Kostyreva Anastasiya Andreevna (anastasiya_-95@mail.ru),
graduate student of the Psychological Faculty of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.*

САМОАГРЕССИЯ ДЕТЕЙ РАННЕГО ВОЗРАСТА КАК СПОСОБ КОММУНИКАЦИИ

Ю. С. Логинова, Н. В. Иванушкина

В статье приведены сведения о теории развития ребенка, предложенной М. Малер и основанной на понятиях сепарации и индивидуации. Отмечены проявления самоагрессии в раннем возрасте в ответ на эмоциональную недоступность воспитывающих взрослых. Рассмотрены функции и формы поведения. Обучение функциональной коммуникации приводит к замещению проблемного поведения адекватным коммуникативным поведением. Описаны пути формирования замещающего альтернативного поведения с использованием жестовой системы коммуникации. Обоснованы преимущества использования жестов относительно других систем коммуникации детьми раннего возраста. Указаны результаты исследования, доказывающих неспособность детей до трех лет к символическому мышлению.

Ключевые слова: функции и формы поведения, функциональный анализ поведения, замещающее альтернативное поведение, жестовая система коммуникации, символическое мышление.

Одна из трудностей в выстраивании коммуникации является понимание, детерминированное способностью личности при организации взаимодействия передавать и получать информацию, правильно понимая ее смысловое значение. Речь, в этой связи, выступает как уникальный инструмент общения. К полутора годам ребенок начинает достаточно активно им пользоваться, добавляя к нему навыки самостоятельного передвижения. Речь и ходьба – достижения, которые трудно переоценить в раннем возрасте, однако они вызывают у ребёнка чувство несоместимости. Он имеет четкие представления о том, чего хочет и когда ему это нужно, но не всегда способен найти приемлемые средства для выражения своих желаний. Самоагрессия может стать реакцией на взаимодействие с другими людьми. При обучении функциональной коммуникации на смену нежелательному поведению приходит адекватное ситуации коммуникативное поведение. В этой связи, актуальность исследования заключается в рассмотрении самоагрессии детей раннего возраста как способ выстраивания коммуникации.

Характеристика возрастного периода от восемнадцати месяцев до трёх лет

М. Малер, рассматривала психологическое рождение индивидуума как процесс сепарации-индивидуации: установление чувства собственной отдельности и формирование отношений с реальным миром. Нормальный процесс сепарации-индивидуации, учитывая этапы развития, следует сразу за симбиотическим периодом, затрагивает время от восемнадцати месяцев до тридцати шести, что означает достижение ребёнком отдельного функционирования в присутствии и при условии эмоциональной доступности матери.

Под эмоциональной доступностью мы будем понимать чуткое поведение матери, когда она способна воспринять сигналы ребёнка, к примеру, его плач, правильно интерпретировать их и удовлетворить.

Сепарация и индивидуация представляют собой два взаимодополняющих процесса развития: сепарация включает выход ребенка из симбиотического слияния с матерью, а индивидуация состоит из тех детских достижений, которые служат подтверждением его собственных индивидуальных характеристик [1].

М. Малер, как и Э. Эриксон, дополняет теорию З. Фрейда о психосексуальном развитии. Э. Эриксон в основу каждой стадии развития личности поместил необходимость сделать выбор между двумя противоположными отношениями к миру и к себе. Автор период от одного года до трех лет назвал ранним возрастом, который соответствует анальной стадии, где автономия противопоставляется состояниям сомнения и стыда [2].

Эрнст Абелин, швейцарский психоаналитик и основатель теории ранней триангуляции, описал на примере клинического случая Мишеля важную роль отца в ранней триангуляции психического мира ребёнка. Фаза сепарации-индивидуации характеризуется своей глубокой противоречивостью, которая находит свое выражение в кажущейся непоследовательности и хаотичности поведения ребёнка. Абелин ярко описывает свои наблюдения за поведением Мишеля: ребёнок может то прыгнуть в кровать между родителями, а потом начать отталкивать мать, потом соединять руки родителей, затем уступать место одному из воспитывающих взрослых. Все эти организованные ребёнком игры демонстрируют сложную психическую борьбу за то, чтобы удовлетворить свои разнообразные потребности такие, как взаимодействие с каждым родителем отдельно и в то же время одновременно, чтобы почувствовать их единство как любящей пары [3].

Ребёнок может показаться негативно настроенным по отношению к матери из-за своего стремления к самостоятельности. Продолжать развиваться и избегать регресса к симбиотической стадии ребёнку помогает отец, противоположная по сравнению с матерью фигура. Отношения с отцом позволяют выработать приемлемую дистанцию к матери и сделать возможным становление объективного восприятия действительности, где мир ребёнка не ограничивается фигурой матери [4].

Самоагрессия у детей в раннем возрасте

На данном возрастном этапе ребенок становится обособленнее от своей матери, еще большее значение на развитие ребёнка начинает оказывать отец. Поле потребностей теперь не ограничивается уходом, а плач не является единственным инструментом для привлечения внимания воспитывающих взрослых.

Самоагрессия может стать реакцией на взаимодействие с другими людьми, ребенок улавливает связь между причинением себе вреда посредством ударов тела о поверхности или нанесения себе увечий и повышенным вниманием воспитывающих взрослых. В этом случае самоагрессия используется для получения внимания, так как существуют трудности с использованием речи и социальных знаков [5].

К самоповреждающему поведению обращаются люди при ощущении отсутствия другого выбора в данный момент времени. Это могут быть порезы, переедание или голод, укусы, ожоги, удары о поверхности, чрезмерные физические нагрузки, выдирание волос. Целью такого поведения становится желание сделать чувства и мысли реальными; перевести эмоциональную боль в физическую; вернуть ощущение контроля; наказать себя – за неподобающее поведение, чувства или мысли; создать повод для заботы о себе и своем теле [6].

Резкие падения и удары головой об пол, покрытие царапинами собственных лиц, отрывание кожи вокруг ногтей среди детей до трёх лет можно считать самоповреждающим поведением, если эти действия совершаются целенаправленно и неоднократно, за ними может следовать забота о теле ребёнка, он сам попросит наклеить пластырь или обработать рану.

Формы и функции поведения

Б. Хансен отмечает, что поведение включает форму и функцию, где форма выражает поведение, его частоту, влияние на окружающую обстановку, а функция – определяет цель, которой служит данное поведение. К формам можно отнести агрессию, отказ от следования инструкциям, самоповреждающее поведение.

Существует четыре основных функции любого поведения, затрагивающих как взрослых, так и детей. Во-первых, мы говорим про социальное внимание, когда действия и поведение одного человека направлено на получение внимания, реакции от других. Уместно говорить о положительной и отрицательной реакции, ребенок заставляет взрослого посмотреть на него, посмеяться над ним или получить критическую оценку от взрослого,

негативно окрашенное внимание в ситуации плохо налаженной коммуникации лучше, чем полное отсутствие внимания.

К другим функциям относят получение желаемых предметов или занятий; возможность избежать или прекратить сложную задачу; доступ к определённой сенсорной стимуляции. Такое поведение приносит физиологическое удовольствие, что и называется самостимулирующим, приятные ощущения уменьшают неприятные. Сенсорная стимуляция встречается среди нейроразличных и нейротипичных детей, первые могут раскачиваться взад-вперёд для успокоения, а вторые – потирать место на теле после ушиба для снижения боли.

Повторяющееся поведение, которое демонстрирует ребёнок, всегда служит для достижения определенной цели или выполняет для него какую-то функцию. Поведение сводится к выполнению двух основных функций, а именно, оно позволяет получить желаемое, и мы будем называть такое поведение положительным подкреплением, или ведет к избеганию – отрицательным подкреплением [7].

Функциональный анализ поведения

Для определения и описания функции поведения проводится функциональный анализ поведения. Оценка поведения включает три аспекта: antecedent, события, которые происходят непосредственно перед поведением; поведение, только внешне наблюдаемые формы поведения; последствия, что следует за поведением.

В основе функционального анализа поведения лежит метод наблюдения, составляются записи с указанием времени, предшествующих поведению событий, самого поведения и его последствий для регистрации повторяющегося поведения.

Воспитанница Д. младше двух лет посещает развивающие занятия в центре детского развития «МамаРада», находящегося по адресу г. Самара, Промышленный район, улица Вольская 85, имеет выраженные проблемы с речью, а именно ограниченность активного словарного запаса по отношению к пассивному, неточность в употреблении слов.

Был проведён функциональный анализ её поведения, нами была выдвинута гипотеза, когда Д. предлагали к выполнению задание,

направленное на развитие речи, она начинала плакать или покидала учебную комнату, что позволяло ей избежать занятия.

Для коррекции проблем в поведении с использованием информации о функции данного поведения необходимо обеспечить обстоятельства, в которых ребенок не испытывает жажды или голода, получает достаточно стимулов из окружающей среды, то есть не представлен сам себе, не хочет спать, после чего переходить к обучению коммуникации.

Мы создаем на занятии обстоятельства, когда предлагаем несколько любимых для нее заданий, прежде чем начинать задания, которые ею раньше избегались. В условиях, предшествующих нежелательному поведению, мы подсказываем ребенку, что сначала бы обращаемся к заданию А (нелюбимое дело), а потом снова возвращаемся к заданию Б (любимое дело). Желательным поведением станет следованием ребенком предлагаемой инструкции. Последствиями выступит возвращение к понравившемуся заданию, мы вознаграждаем следование инструкции заданием Б. Благодаря такой последовательности действий, мы обеспечиваем ребёнку ощущение безопасности, он перестанет использовать плач, убежание, вырывание из рук как средства для ухода от нежелательной деятельности. Важно отреагировать на состояние ребенка до того, как оно перейдет в самоповреждающее поведение.

Символическое мышление у детей до трёх лет

Джуди Делоахи, преподавательница психологии в Иллинойском университете, специализировалась на раннем когнитивном развитии, а именно на формировании символического мышления. Ею был проведен эксперимент с детьми двух-трех лет, целью которого стало выявление у детей раннего возраста способности понимать символы. Суть эксперимента заключалась в том, что в лаборатории был создан макет настоящей комнаты. Это была гостиная, в которой находились диван, кресло, тумбочка и шкаф. Миниатюрные предметы соответствовали реальной обстановке. Макет имел название «Комната маленького Снупи», в ней перед ребенком прятали пластмассовую игрушечную собаку небольшого размера по имени Маленький

Снупи, после чего просили малыша найти Большого Снупи, игрушечную собаку, но большего размера, спрятанного в том же месте, но в реальной гостиной.

Согласно представленным результатам успешно с задачей смогли справиться лишь дети, достигшие трёх лет, увидев, как маленькую фигурку помещают за миниатюрным диваном, переходя в реальную комнату, дети обнаруживали Большого Снупи за настоящим диваном.

Детей, чей возраст составил два с половиной года, при выполнении задания постигла неудача. Они не могли отыскать собаку в большой комнате, но при этом были способны показать на макете, где именно спрятан Маленький Снупи.

Автор эксперимента сделала вывод, что дети до трех лет неспособны применить знания о макете и сделать вывод о реальном помещении, они не улавливают взаимосвязи между символами [8].

Жестовая коммуникация

При коррекции поведения Д. нами был использована схема, где выполнение ребенком неприятного задания мы вознаграждали заданием, которое ему нравится. Обучение функциональной коммуникации является методом управления мотивационными условиями, при котором проблемное поведение, вызванное определенными побуждающими условиями, замещается адекватным коммуникативным поведением [9].

Под коммуникацией в этом случае необходимо понимать не только слова, но и широкий спектр дополнительных средств, создающих возможности для более полного выражения состояний.

Альтернативная дополнительная коммуникация не является заменой вербальных средств невербальными, а представляет собой дополнение одной системы другой. Достаточное количество символов, необходимых для репрезентации объектов, позволяет развивать и поддерживать разные виды памяти, ассоциативность мышления, лежит в основе развития когнитивных функций, в том числе речевой невербальной деятельности [10].

Разработка и применение дополнительных форм коммуникации становится тем способом введением знаков, которые позволяют

детям с недоразвитием речи не только кратко-временно выражать свои нужды, но и овладеть более сложными формами социального поведения, формулировать ход своих мыслей, строить осознанный образ окружающего мира и действовать в нём.

В случае невозможности своевременного овладения речью ребенок отказывается в ситуации социальной изоляции, что значительно усугубляет недостаточность развития высших психических функций, овладения собственным поведением, что затрудняет последующую социализацию, реализацию потенциальных возможностей ребёнка [11].

Системы дополнительной коммуникации представляют коммуникацию с помощью движений тела и жестов, а также коммуникацию с использованием специальных средств, это могут быть картинки и коммуникативные доски, устройства.

Результаты эксперимента, проведенного Джуди Делочи, дали нам понять, дети до трёх лет не способны к автоматическому обобщению полученных навыков и их переносу на другие предметы, перенос возможен, но он не является результатом педагогического воздействия. Поэтому детям, возраст которых не достиг трёх лет, в качестве дополнительной коммуникации предпочтительнее использовать жесты, а не систему карточек-подсказок PECS или электронное устройство. Когда мы говорим о жестах, мы не подразумеваем жестовый язык, используемый слабослышащими людьми, так как он имеет лингвистическую основу и позволяет выражать неограниченное количество сообщений. Жесты как средство дополнительной коммуникации используются одиночно или вместе с речью, они просты и понятны, не требуют специальной подготовки.

М. Барбера, поведенческий аналитик, рекомендует обучению языку жестов, несмотря на появление многочисленных новых систем коммуникации, мобильных коммуникативных приложений для устройств.

Достаточно выбрать не более пяти жестов, которые обозначают что-то важное для ребёнка, и могут быть многократно использованы в течение дня. Сопровождение жеста устным словом значительно улучшает устную речь ребенка, после обучения нескольким жестам впоследствии начинает

произносить несколько соответствующих слов устно [12].

Д. использует слова «дай» и «на» не по назначению. Если она хочет получить определенную вещь, то использует слово «на», слово «дай» не использует в контексте.

Для Д. вводились жесты, где дай (просьба) представляет собой неоднократное сжатие пальцев раскрытой ладони, на (предложение) – протягивание раскрытой ладони. Жесты были усвоены и использовались по назначению, но не имели устного сопровождения.

Заключение

Таким образом, в раннем детстве мир ребёнка перестаёт ограничиваться фигурой матери, большее значение приобретает роль отца в развитии ребёнка, отец разрывает симбиотическую связь матери и ребёнка. Это не означает, что ребенок больше не нуждается в матери, его дальнейшее развитие обеспечивает эмоциональная доступность матери.

Самоповреждающее поведение встречается у детей, возраст которых не достиг и трёх лет. Удары головы и тела о поверхности, вырывание волос, нанесение царапин могут стать реакцией на взаимодействие с другими людьми. Самоагрессия только форма поведения. Если поведение приобретает характер повторяющегося, то мы можем говорить о его цели или функции поведения. Поведение сводится к выполнению двух основных функций, а именно, оно позволяет получить желаемое или избежать нежелательной деятельности. Для определения и описания функции поведения проводится функциональный анализ поведения.

У детей раннего возраста нет символического мышления, поэтому в качестве дополнительной коммуникации используют жесты.

Литература

1. Малер М., Бергман А., Пайн Ф. Психологическое рождение человеческого младенца: симбиоз и индивидуация. М.: Когито-Центр, 2018. 413 с.
2. Иванушкина Н. В. Возрастная психология и педагогика. Самара: Самарский университет, 2006. 148 с.
3. Гулина М. А., Васильева Н. Л. Отцы и дети: психоаналитический взгляд на роль отца в развитии личности ребёнка // Консультативная психология и психотерапия. 2018. № 4. С. 151–168.
4. Лупекина Е. А. Роль отца в системе детско-родительских отношений: кризис триангуляции // Философия и социальные науки. 2015. № 4. С. 70–74.
5. Edelson S. M., Johnson J. B. Understanding and treating self-injurious behavior in autism. London: Jessica Kingsley Press, 2016. 304 p.
6. Тверская Е., Моисеева Т., Крысько Н. Что такое самоповреждающее поведение. М., 2018. 27 с.
7. Cosgrave G. Functions of Behavior. URL.: <http://www.educateautism.com/behavioral-principles/functions-of-behaviour.html> (дата обращения: 14.04.2020).
8. Делоачи Д. В мире символов // В мире науки. 2005. № 11. С. 54–60.
9. Купер Д. О., Херон Т. Э. Хьюард Э. Х. Англо-русский глоссарий терминов прикладного анализа поведения из книги: Прикладной анализ поведения. М.: Практика, 2016. 864 с.
10. Рыскина В. Л. Альтернативная коммуникация. Технология невербальной коммуникации. Информационно-методические материалы. Санкт-Петербург: Издательство СПб ГБУ Городской информационно-методический центр Семья, 2018. 28 с.
11. Сеница Т. Е. Психологическое основание применения альтернативных форм коммуникации в контексте концепции Л. С. Выготского // Философия и социальные науки в современном мире. 2019. С. 567–572.
12. Барбера М. Л., Расмуссен Т. Детский аутизм и вербально-поведенческий подход: Обучение детей с аутизмом и связанными расстройствами. Екатеринбург: Рама Паблишинг, 2017. 304 с.

TODDLERS' SELF-INJURIOUS BEHAVIOR AS THE WAY OF COMMUNICATION

Y. S. Loginova, N. V. Ivanushkina

In this article, there are studies of earliest development that were suggested by M. Mahler and based on concepts of separation and individuation. The article notes manifestations of toddlers' self-injurious behavior as an answer to maternal deprivation. Functional communication training substitutes self-injurious behavior for behavior communication. Also, the Verbal Behavior Approach is described in this article. The article explains the advantages of using manual signs by toddlers regarding other ways of communication. It gives the results of the research that proves an inability to symbolic thinking among children to three years old.

Key words: functional behavior assessment, functional communication training, behavior approach, behavior, signs, symbolic thinking.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Loginova Yu. S., Ivanushkina N. V., 2020.

Loginova Yuliya Sergeevna (logginova98@ya.ru),

student IV course of the Psychological Faculty;

Ivanushkina Natalia Viktorovna (inw38641@mail.ru),

head of the Department of pedagogy of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ВОСПИТАНИЕ НРАВСТВЕННО ЦЕЛОСТНОЙ ЛИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ШКОЛЫ

А. В. Радевич

В данной работе поднимается вопрос нравственного воспитания в условиях современной школы. Это особо значимая и актуальная задача, решение которой способствует формированию целостной личности. Процесс воспитания рассматривается как активное взаимодействие педагога и ученика в общей совместной деятельности. В статье раскрывается необходимость формирования таких качеств нравственного развития личности, как ответственность, самостоятельность, чувство собственного достоинства, даётся вывод о необходимости выработки у учащихся реальной самооценки, пополнению их знаний о себе. Приводится результат диагностического исследования по изучению уровня нравственной воспитанности современных школьников разных возрастов.

Ключевые слова: нравственное развитие, источники морального развития, уровень нравственной воспитанности, социальная адаптация, социальная активность, социальная зрелость.

В сегодняшнем мире вокруг человека множество разнообразных источников, которые оказывают сильное влияние, причём как позитивного, так и негативного характера. Они сильно воздействуют на ещё неокрепший интеллект, сознание ребёнка и его только формирующуюся нравственность.

Актуальность проблемы воспитания нравственно целостной личности в условиях современной школы возникает в связи с тем, что современное общество нуждается не только в подготовке широко образованных, обладающих знаниями, но и высоконравственных людей с прекрасными чертами характера.

А. М. Руденко даёт понятие личности, как совокупность индивидуальных особенностей человека, которые делают его существом нравственным и определяют его как члена общества... Личность возникает в результате культурного и социального развития. Это социально-психологическая сущность человека, совокупность уникальных черт, которые позволяют ему вносить вклад в развитие общества и культуры. Личность формируется в результате усвоения человеком общественных форм сознания и поведения, общественно-исторического опыта человечества (личностью мы становимся под влиянием

жизни в обществе, воспитания, обучения, общения, взаимодействия) [1]. Быть личностью – это значит обладать личностной свободой, иметь четкую жизненную позицию, принципиальность, способность к самоанализу, целенаправленность, уметь осуществлять необходимый выбор, прогнозировать последствия своих действий или бездействий и отвечать за последствия от принятых решений.

В воспитании подрастающего поколения на первый план выходит его нравственное определение, способность достойно строить свою жизнь. Г. М. Коджаспирова в Педагогическом словаре даёт определение нравственному воспитанию, как процессу «целенаправленного формирования системы нравственных отношений, способности к их совершенствованию и умений поступать с учетом общественных моральных требований и норм, прочной системы привычного повседневного морального поведения» [2, с. 32–33]. Значимость обладания нравственными знаниями велико еще и потому что, они дают школьнику не только понимание о нормах поведения, установленных в современном обществе, но и учат прогнозировать последствия нарушения этих норм, для него и окружающих его людей.

Л. П. Крившенко в своих научных трудах раскрывает сущность нравственного воспитания: «Нравственное воспитание оперирует такими понятиями, как нравственное сознание и нравственные потребности. Нравственное сознание предполагает наличие у субъекта воспитания определенной иерархии ценностей, в значительной степени отражающей ту, что признана обществом идеальной. Нравственная потребность – это бескорыстное стремление творить добро» [3, с. 192].

Задачами воспитания в современной школе является формирование нравственного сознания, этического поведения, развитие чувств и выработка нравственных привычек. Ученик, делая свободный выбор, должен понимать, что несет ответственность за результат своего выбора. Выполнение моральных правил учеником должно быть основано на не принуждении, а на сознательности самого школьника, на его способности определять свои нравственные обязательства, осуществлять самоконтроль.

Нравственное развитие личности – комплексный процесс. На него оказывают влияние возрастные особенности детей. Он зависит от педагогического воздействия, влияния общества в целом. Заключается в развитии положительных черт личности и способности противостоять негативным проявлениям.

Для воспитания морального духа в ребенке, его нравственного развития, нужны идеалы. Идеалы являются основными ориентирами жизни человека, целью воспитания. Первоначально они возникают произвольно. Например, дети младшего школьного возраста подражают, копируют манеры педагога. В связи с этим учителя начальных классов должны показывать пример нравственного поведения. При переходе детей в среднюю и старшую школу управление процессом воспитания усложняется. Идет возрастание социализации школьников. Классный руководитель уже не может быстро реагировать на педагогические ситуации, возникающие во время обучения. При этом он не только организует учебный процесс, но оказывает и психологическую поддержку детям. Учитель должен помочь ученику выбрать для подражания нравственный образец.

Ребёнка надо подбадривать и поддерживать, тогда он доверит педагогу свои мысли и

переживания. Беседа с учителем, который выслушает и поймет, позволяет ученику разобрататься в себе, в своих поступках. Нравственный образ, который был представлен ребенку учителем, должен стать его внутренним идеалом. Важнейшая задача школы в наше время – формирование идейных убеждений, которые проявлялись бы в делах, поступках. Убеждения возникают, когда они прочувствованы, пережиты. В школе должны разъясняться не только нормы поведения, но и создаваться условия для их осознания учениками через личный опыт. Ребёнку надо дать возможность самовыражаться и развиваться.

Нравственные чувства, ценности, суждения, понятия, а также степень их сформированности являются основными критериями морального воспитания целостной личности. Отечественный ученый А. А. Реан отмечает, что «развитие человека в школе как личности – это обязательно:

- 1) развитие интеллекта,
- 2) развитие эмоциональной сферы,
- 3) развитие устойчивости к стрессорам,
- 4) развитие уверенности в себе и самопринятия,
- 5) развитие позитивного отношения к миру и принятия других,
- 6) развитие самостоятельности, автономности,
- 7) развитие мотивации самоактуализации, самосовершенствования.

В том числе и мотивации учения как важнейшего элемента мотивации саморазвития.

Все эти идеи, вместе взятые, можно назвать позитивной педагогикой» [4, с. 17].

Школа должна воспитывать в учениках самоуважение, чувство собственного достоинства – важные средства самоконтроля, которые становятся мотивами поведения. В детях нужно развивать оптимизм и веру в себя. Развитие чувства собственного достоинства связано с воспитанием в учениках уверенности в себе. Это чувство придает человеку силу для достижения поставленной цели и является залогом успеха во всех начинаниях. При этом эмоции и мысли учащихся должны быть настроены на благополучный исход дела. Педагог должен научить детей радоваться собственному прогрессу, не отступать перед трудностями и двигаться вперёд к поставленной цели.

С. Л. Соловейчик, теоретик педагогики прошлого века, писал, что одним из самых необходимых качеств нравственного развития личности является самостоятельность. Она не только обозначает свободу, но подразумевает и воспитание ответственности. Свобода поведения – это, прежде всего, нравственная жизнь и мериллом здесь выступает совесть.

Задача учителя – развить в детях стремление к совершенству, создать в их душах внутреннюю потребность «быть лучше». Нужно воспитывать прежде всего сильный дух, человечность, принципиальность в вопросах чести, правдивость. Растить цельным, подлинным, искренним человеком – значит расти без страха перед людьми, их укорами и насмешками, не бояться выглядеть глупым, смешным, отстающим [5].

Учитель в процессе образования оказывает внутреннее и внешнее влияние на развитие духовной составляющей личности ученика. Моральный облик учителя раскрывается школьникам в его отношении к своему делу, к ученикам, к людям. Увлеченный педагог, ответственно относящийся к работе, принципиальный, заботливый и чуткий даёт детям образец морального поведения.

Воспитывать – значит учить детей относиться к окружающим по-человечески. У детей отношение к тому, что произносятся, какие требования выдвигаются перед ними, зависят от отношения к говорящему, требующему. Если школьники уважают личность учителя, то произносимую им информацию они будут воспринимать как значимую, нужную. Педагог выступает посредником между детьми и нравственными ценностями, накопленными прошлыми поколениями, поэтому важна атмосфера доброжелательности и сотрудничества.

Другим основным источником морального развития школьников является учебная деятельность. На уроках через организацию урока, правильно подобранный программный дидактический материал, его подачу преподавателем, происходит переосмысление у учеников духовных ценностей. Учебная деятельность позволяет ребенку при помощи учителя переживать чувство радости от процесса обучения.

Важным источником нравственного развития школьников является внеклассная

работа. В ней происходит самовыражение детей в коллективе. Индивидуальные черты характера, творческие способности раскрываются и развиваются именно во внеклассной работе. Она создает условия для включения детей в совместную общественную деятельность. Через нее воспитываются такие личностные черты характера, как единство слова и дела, ответственность, активность. Этому способствуют жизненные ситуации, возникающие в процессе внеурочной деятельности. Моральные установки, которые изучались на уроках, испытываются во внеклассной деятельности. Происходит переход знаний в навыки.

На поведение учеников оказывают огромное влияние чувства, при этом их воспитание идет в процессе совершенствования уже имеющихся. Для работы по формированию того или иного чувства необходимо создать соответствующую обстановку, в которой у ребенка могут возникнуть соответствующие переживания. Воздействие на чувства идет через приобщение школьников к музыке, живописи, театру, творческой деятельности. Искусство позволяет насыщать душу ребенка чувством сопереживания, расширяет нравственное восприятие окружающего мира. Воздействуя на эмоции ребенка, педагог учит ребенка управлять своими чувствами.

При проведении диагностического исследования уровня нравственной воспитанности детей разного школьного возраста были использованы методики: изучения социализированности личности учащегося (методика М. И. Рожкова) [6], методика оценки и самооценки школьниками нравственных качеств личности (по З. И. Васильевой) [6], методика Т. А. Фалькович «Диагностика нравственной самооценки» [7]. Базой исследования явились учащиеся разных школ: 8 человек 4 класса в возрасте 10–11 лет и 8 человек 10 класса в возрасте 15–16 лет.

В таблице 1 представлены в процентах результаты изучения социализированности личности учащегося (методика М. И. Рожкова): уровень социальной адаптированности, активности, автономности и нравственной воспитанности учащихся разного школьного возраста.

Таблица 1

Результаты диагностики уровня социальной адаптированности, активности, автономности и нравственной воспитанности

Возраст	Количество учащихся	Социальная адаптация						Автономность						Социальная активность						Приверженность гуманистическим нормам жизнедеятельности					
		высокая		средняя		низкая		высокая		средняя		низкая		высокая		средняя		низкая		высокая		средняя		низкая	
		человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%	человек	%
10-11 лет	∞	6	75	1	12,5	1	12,5	4	50	4	50	0	0	4	50	4	50	0	0	5	62,5	3	37,5	0	0
15-16 лет	∞	2	25	4	50	2	25	1	12,5	7	87,5	0	0	4	50	3	37,5	1	12,5	3	37,5	5	62,5	0	0

Таблица 2

Результаты диагностики уровня социальной зрелости учащихся

Возраст	Количество учащихся	Уровень социализированности					
		высокий		средний		низкий	
		человек	%	человек	%	человек	%
10–11 лет	8	2	25	6	75	0	0
15–16 лет	8	2	25	6	75	0	0

Анализ полученных результатов показал высокое значение социальной адаптации учащихся 1–11 лет. Дети этого возраста стремятся вести себя в соответствии с принятыми ценностями и нормами в группах. Они осознают себя носителями позитивных, социально желательных характеристик. У учащихся 15–16-летнего возраста этот показатель принимает среднее значение.

Среднее значение автономности личности учащихся обеих групп говорит о том, что дети зависимы от мнения и воли других и не совсем способны оказывать сопротивление внешним влияниям. Они испытывают переживания по поводу себя в коллективе.

Социальная активность определяет уровень проявления способностей и возможностей в коллективе. Среднее значение показателей говорит о недостаточной самостоятельности и инициативности личности в достижении целей. Приверженность гуманистическим нормам жизнедеятельности (нравственности) учащихся 10–11 лет выше, чем у учащихся 15–16 лет.

В целом высокий процент среднего уровня социальной зрелости (табл. 2) учащихся говорит о неопределенности жизненного выбора, о неустойчивости в поведении и отношениях. Дети находятся под влиянием ситуации по причине неуверенности в себе, низкой самооценки. Учащиеся не в полной мере готовы к принятию самостоятельных решений, на них оказывает влияние внешние обстоятельства.

Методика оценки и самооценки школьниками нравственных качеств личности (по З. И. Васильевой) может быть использована для различных диагностических целей, например, для осознания школьником себя как ученика. В таблице 3 представлены степени значимости нравственных качеств личности по мнению учащихся разных возрастных групп. Рисуя образ «примерного ученика», учащиеся разного возраста выделяют прежде всего трудолюбие, дисциплинированность и ответственность. Они отмечают у себя такие ценные качества личности для окружающих как доброта и

честность. Своим «слабым местом» ученики обеих групп считают дисциплинированность, при этом 10–11-летние добавляют – трудолюбие и ответственность, а ученики 15–16-лет – честность и самостоятельность. В образ «хорошего товарища» все испытуемые включают такую черту характера, как честность и доброта, при этом учащиеся 15–16 лет добавляют в этот образ такое качество личности как самостоятельность.

Анализ результатов учащихся обеих возрастных групп при изучении уровня сформированности коммуникативной культуры школьников, их нравственно-этической ориентации, по методике Т. А. Фалькович

«Диагностика нравственной самооценки» (табл. 4), показал высокий уровень самооценки детей 10–11 лет и средний уровень сформированности нравственной самооценки у детей 15–16 лет. Таким образом, можно сделать вывод о том, что учащиеся знают о нормах и этике поведения, но не всегда поступают в соответствии с ними.

Высокий результат уровня нравственного воспитания учащихся младшего школьного возраста определяется присутствием желания учиться. У детей 10–11 лет ещё сильны те нравственные догмы, которые были заложены родителями: быть послушными и выполнять то, что говорит учитель.

Таблица 3

Результаты оценки и самооценки школьниками нравственных качеств личности

Качество личности	Какие из перечисленных ниже качеств важны в учебной работе?		Как ты думаешь, какие из этих качеств ценят в тебе товарищи?		Какие из этих качеств ты ценишь у товарищей?		Какие из этих качеств тебе хотелось бы приобрести в ближайшее время?	
	10–11 лет	15–16 лет	10–11 лет	15–16 лет	10–11 лет	15–16 лет	10–11 лет	15–16 лет
Дисциплинированность	2	3	8	7	3	7	2	1
Трудолюбие	1	1	5	4	5	5	1	8
Ответственность	3	2	7	8	6	6	3	5
Общественная активность	7	5	7	6	8	8	7	7
Честность	5	4	2	1	1	1	4	2
Отзывчивость	6	8	3	5	4	4	6	9
Самостоятельность	4	6	6	3	7	3	8	3
Доброта	8	7	1	2	2	2	5	6
Стремление отстаивать своё мнение	9	9	9	9	9	9	9	4

Таблица 4

Результаты диагностики уровня нравственной самооценки

Возраст	Количество учащихся	Уровень нравственной самооценки					
		высокий		средний		низкий	
		человек	%	человек	%	человек	%
10–11 лет	8	5	62,5	3	37,5	0	0
15–16 лет	8	0	0	8	100	0	0

У учащихся младшего школьного возраста в школе идет процесс развития, они стараются стать лучше. Учащимся старшего школьного возраста требуется реализация, развитие их личностных качеств. Таким образом, у старшеклассников появляется цель не стать лучше, не развиваться, не соответствовать каким-либо нормам, а «показать себя». Школа же, пытаясь загнать учеников в определенные рамки, этому не способствует. Учителя навязывают свои стереотипы и не поддерживают индивидуальность детей, поэтому и показатели уровня нравственного воспитания учеников старшего школьного возраста ниже. Запал нравственного поведения, который присутствовал у детей, пришедших в школу, со временем постепенно угасает, так как в школе мало времени уделяется воспитанию нравственных качеств.

Заключение

Подводя итог диагностической работе, можно сделать вывод о необходимости воспитания реальной самооценки школьников, пополнению их знаний о себе. Педагог в ходе учебной деятельности должен способствовать воспитанию у детей нравственных качеств, выработке реальной самооценки, создавать ситуации, которые дают ученикам возможность почувствовать уверенность в себе, дадут радость от успеха, помогут осознать нравственность

своих и чужих поступков. При этом процесс воспитания должен быть индивидуальным, чтобы раскрыть все лучшие черты характера ребенка, а урок и внеклассная совместная деятельность должны стать местом накопления нравственных отношений, где дети принимают и сами оказывают помощь, отстаивают своё мнение, учатся слушать и понимать одноклассников и учителей.

Литература

1. Руденко А. М. Педагогика в схемах и таблицах: учебное пособие. Ростов н/Д: Феникс, 2016. 303 с.
2. Коджаспирова Г. М., Коджаспиров А. Ю. Словарь по педагогике (междисциплинарный). М.; Ростов н/Д.: МарТ, 2005. 448 с.
3. Крившенко Л. П., Юркина Л. В. Педагогика. М.: Проспект, 2017. 240 с.
4. Реан А. А. Психология личности. СПб.: Питер, 2018. 288 с.
5. Соловейчик С. Л. Основы и принципы воспитательного процесса. Теория и практика в обучении. М.: Амрита, 2017. 224 с.
6. Нечаева М. П., Смирнова И. Э. Диагностические методики классного руководителя. М.: Перспектива. 2008. 96 с.
7. Фалькович Т. А., Высоцкая Н. В., Толстоухова Н. С. Подростки XXI века. М.: ВАКО, 2010. 256 с.

THE EDUCATION OF A MORALLY HOLISTIC PERSONALITY IN A MODERN SCHOOL

A. V. Radevich

In this paper, the question of moral education in the conditions of a modern school is raised. This is a particularly significant and urgent task, the solution of which contributes to the formation of a holistic personality. The upbringing process is considered as an active interaction of the teacher and student in a common joint activity. The article reveals the need for the formation of such qualities of moral development of a person as responsibility, independence, self-esteem, the conclusion is made about the need for students to develop real self-esteem, to replenish their knowledge about themselves. The result of a diagnostic study on the level of moral education of modern schoolchildren of different ages is given.

Key words: moral development, sources of moral development, level of moral education, social adaptation, social activity, social maturity.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Radevich A. V., 2020.

Radevich Anastasia Vasilievna (nastya20006290@mail.ru), student I course of the Psychological Faculty of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

ФИЗИКА

УДК 533.6.011

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИБЛИЖЁННЫХ МЕТОДОВ ТАРГА-ШВЕЦА ДЛЯ ТЕЧЕНИЯ НАНОЖИДКОСТИ В КРИТИЧЕСКОЙ ТОЧКЕ НА РАСТЯГИВАЕМОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Д. С. Андриевская, В. Г. Шахов

Рассматривается течение наножидкости в критической точке на растягиваемой поверхности. Жидкость – вода, содержащая твёрдые частицы меди Cu. Составлены уравнения пограничного слоя для исследуемого течения. Проведён расчёт ламинарного пограничного слоя приближёнными методами и сравнение с ранее опубликованными результатами других авторов. Решения уравнений найдены приближённым методом Тарга-Швеца, которые сравниваются с полученными в работе. Построены графики зависимости безразмерного касательного напряжения на растягивающейся/сжимающейся пластине от безразмерной скорости её поверхности, на которых приведены сравнения с опубликованными результатами. Сделаны выводы о применимости приближённого метода Тарга-Швеца для решения данной задачи.

Ключевые слова: ламинарный пограничный слой, стационарное движение, растягивающаяся/сжимающаяся пластина, касательное напряжение, теория слоя конечной толщины.

В данной работе рассматривается течение наножидкости в критической точке на растягиваемой поверхности, в котором в качестве жидкости используется вода, а в качестве твёрдых частиц – медь [1].

Большинство обычных теплоносителей, таких как вода, этиленгликоль и моторное масло, обладают ограниченными тепловыми свойствами, что, в свою очередь, может налагать ограничения на многие тепловые приложения. С другой стороны, большинство твёрдых веществ, в частности металлы, имеют гораздо более высокую теплопроводность, примерно на 1–3 порядка величины, по сравнению с жидкостями. Следовательно, можно ожидать, что жидкости, содержащие твёрдые частицы, могут значительно повысить теплопроводность.

Поток через непрерывно растягивающуюся поверхность является важной проблемой во многих технологических процессах в

таких отраслях промышленности, как горячая прокатка, вытягивание проволоки, производство бумаги, выдув стекла, вытягивание пластиковых лент и производство стекловолокон. Качество конечного продукта зависит от скорости теплопередачи на растягиваемой поверхности.

Постановка задачи

В случае стационарного движения несжимаемой жидкости уравнения пограничного слоя [2] будут иметь вид:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0, \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = U_\infty \frac{dU_\infty}{dx} + \nu_f \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad (2)$$

а граничные условия при внешнем обтекании пластины, растягивающейся или сжимаю-

© Андриевская Д. С., Шахов В. Г., 2020.

Андриевская Дарья Сергеевна (andrievskaia.dariya@gmail.com),

студент IV курса института ракетно-космической техники;

Шахов Валентин Гаврилович (shakhov@ssau.ru),

профессор кафедры конструкции и проектирования летательных аппаратов Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

щейся в своей плоскости, запишутся так [1]:

$$\begin{cases} u = U_w, \\ v = 0 \text{ при } y = 0, \\ u \rightarrow U_\infty \text{ при } y \rightarrow \infty. \end{cases} \quad (3)$$

Здесь u и v – компоненты скорости вдоль осей x и y , соответственно; $v_f = \frac{\mu_f}{\rho_{nf}}$ – кинематический коэффициент вязкости жидкости ($\mu_f = \frac{1}{(1-\varphi)^{2.5}}$ – относительная динамическая вязкость жидкости; $\rho_{nf} = 1 - \varphi + \varphi \frac{\rho_s}{\rho_f}$ – относительная плотность наножидкости, где φ – объёмная доля наночастиц, ρ_f – плотность жидкости (в данном случае воды), ρ_s – плотность наночастиц (в данном случае меди Cu)), $U_\infty = bx$ – скорость течения жидкости, $U_w = ax$ – скорость растягивания/сжатия, где a и b – константы, $b > 0$, $a > 0$ и $a < 0$ отвечают растягивающейся и сжимающейся поверхностям, соответственно.

Уравнения (1), (2), удовлетворяющие граничным условиям (3), можно переписать в более удобной форме с помощью следующего преобразования:

$$\eta = \left(\frac{b}{v_f}\right)^{\frac{1}{2}} y, \quad \psi = (v_f b)^{\frac{1}{2}} x f(\eta), \quad (4)$$

где η – переменная подобия, ψ – функция тока, определённая как $u = \frac{\partial \psi}{\partial y}$, $v = -\frac{\partial \psi}{\partial x}$ и удовлетворяющая уравнению (1), $f(\eta)$ – безразмерная функция тока.

Используя преобразование (4), уравнение (2) примет вид

$$\frac{1}{(1-\varphi)^{2.5} \left(1 - \varphi + \varphi \frac{\rho_s}{\rho_f}\right)} f'''' + f f'' - f'^2 + 1 = 0. \quad (5)$$

Тогда граничные условия (3) запишутся следующим образом:

$$f(0) = 0, \quad f'(0) = \varepsilon, \quad f'(\eta) \rightarrow 1 \text{ при } \eta \rightarrow \infty.$$

Здесь ε – это параметр соотношения скоростей, $\varepsilon = \frac{a}{b}$. При $\varepsilon > 0$ – поверхность

растягивается, при $\varepsilon < 0$ – поверхность сжимается.

Используя условие плавности смыкания из граничного условия $f'(\eta) \rightarrow 1$ при $\eta \rightarrow \infty$ и переходя от асимптотической теории к теории слоя конечной толщины, получим четвёртое граничное условие, необходимое для нахождения толщины слоя η_∞ :

$$f''(\eta_\infty) = 0.$$

Окончательно граничные условия запишутся:

$$\begin{aligned} f(0) &= 0, & f'(0) &= \varepsilon, \\ f'(\eta_\infty) &= 1, & f''(\eta_\infty) &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Введём в (5) и (6) замену $f' = u$, тогда $f = \int_0^\eta u d\eta$.

Обозначим $A = (1 - \varphi)^{2.5} (1 - \varphi + \varphi \frac{\rho_s}{\rho_f})$ и перенесём в (5) все члены в правую часть, за исключением u'' .

Тогда уравнение (5) и граничные условия (6) запишутся в следующем виде:

$$u'' = A \left(-u' \int_0^\eta u d\eta + u^2 - 1 \right), \quad (7)$$

$$u(0) = \varepsilon, \quad u(\eta_\infty) = 1, \quad u'(\eta_\infty) = 0. \quad (8)$$

Решение задачи приближённым методом Тарга-Швеца

Простые и близкие по идее приближённые методы расчёта ламинарного пограничного слоя разработали С. М. Тарг и М. Е. Швец [3]. Эти методы не используют интегральные соотношения. Мы рассмотрим применение этих приближённых методов для решения нашей задачи.

Вычислим нулевое приближение, подставив в правую часть уравнения (7) $u = 0$.

Имеем

$$u''_0 = 0.$$

Решая это дифференциальное уравнение, получим нулевое приближение

$$u_0 = \varepsilon + \frac{1 - \varepsilon}{\eta_\infty} \eta.$$

Подстановка этого нулевого приближения в уравнение (7) даёт

$$u'' = A \left(\frac{1 - 2\varepsilon + \varepsilon^2}{2\eta_\infty^2} \eta^2 + \frac{\varepsilon - \varepsilon^2}{\eta_\infty} \eta + \varepsilon^2 - 1 \right).$$

Дважды интегрируя это уравнение и находя постоянные интегрирования из первого и второго граничных условий (7), получаем:

$$u' = A \left(\frac{1 - 2\varepsilon + \varepsilon^2}{6\eta_\infty^2} \eta^3 + \frac{\varepsilon - \varepsilon^2}{2\eta_\infty} \eta^2 + \varepsilon^2 \eta - \eta \right) + \frac{24 - 24\varepsilon + 11A\eta_\infty^2 - 2A\varepsilon\eta_\infty^2 - 9A\varepsilon^2\eta_\infty^2}{24\eta_\infty}, \quad (9)$$

$$u = A \left(\frac{1 - 2\varepsilon + \varepsilon^2}{24\eta_\infty^2} \eta^4 + \frac{\varepsilon - \varepsilon^2}{6\eta_\infty} \eta^3 + \frac{\varepsilon^2 - 1}{2} \eta^2 \right) + \frac{24 - 24\varepsilon + 11A\eta_\infty^2 - 2A\varepsilon\eta_\infty^2 - 9A\varepsilon^2\eta_\infty^2}{24\eta_\infty} \eta + \varepsilon. \quad (10)$$

Чтобы найти η_∞ , воспользуемся четвёртым граничным условием (6). После подстановки его в (9) и преобразований получим

$$\frac{1}{\eta_\infty} - \frac{\varepsilon}{\eta_\infty} - \frac{3A\eta_\infty}{8} + \frac{A\varepsilon\eta_\infty}{12} + \frac{7}{24}A\varepsilon^2\eta_\infty = 0.$$

Решая это уравнение, находим два корня:

$$\eta_{\infty 1} = -\frac{2\sqrt{6}}{\sqrt{A(9+7\varepsilon)}},$$

$$\eta_{\infty 2} = \frac{2\sqrt{6}}{\sqrt{A(9+7\varepsilon)}}.$$

Значение $\eta_{\infty 1} < 0$ не удовлетворяет условиям задачи, т.к. по определению $\eta_\infty > 0$.

Подставим найденное значение η_∞ в уравнения (9) и (10):

$$u = A \left(\frac{A}{576} (\varepsilon - 1)^2 (9 + 7\varepsilon) \eta^4 - \frac{(\varepsilon - 1)\sqrt{A(9+7\varepsilon)}\varepsilon}{12\sqrt{6}} \eta^3 + \frac{\varepsilon^2 - 1}{2} \eta^2 - \frac{A}{576} \frac{192\sqrt{6}(35 - 7\varepsilon - 28\varepsilon^2)}{7\sqrt{A(9+7\varepsilon)}} \eta \right) + \varepsilon,$$

$$u' = A \left(\frac{A}{144} (\varepsilon - 1)^2 (9 + 7\varepsilon) \eta^3 - \frac{(\varepsilon - 1)\sqrt{A(9+7\varepsilon)}\varepsilon}{4\sqrt{6}} \eta^2 + (\varepsilon - 1)^2 \eta + \frac{\sqrt{6}(5 - \varepsilon - 4\varepsilon^2)}{3\sqrt{A(9+7\varepsilon)}} \right). \quad (11)$$

Подстановка $\eta = 0$ в (11) даёт формулу для расчёта безразмерной величины напряжения трения на пластине

$$u'(0) = \sqrt{\frac{2\sqrt{6}(5 - \varepsilon - 4\varepsilon^2)}{3\sqrt{A(9+7\varepsilon)}}} A. \quad (12)$$

Выберем три значения объёмной доли наночастиц φ : 0, 0.1 и 0.2 [1]. Плотность жидкости (в данном случае воды) – $\rho_f = 997.1 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$, плотность наночастиц (в данном случае меди Cu) – $\rho_s = 8933 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$. Тогда получим три значения A : 1, 1.38, 1.48.

Расчёты по формуле (12) $u'(0) = f''(0)$ в зависимости от ε при разных значениях φ показаны на рис. 1.

Для сравнения на рис. 2 представлен график из [1].

Сравнивая эти два графика, видим хорошее согласование, следовательно, приближённый метод Тарга-Швеца применим к этой задаче.

Если в уравнении (7) отбросить только нелинейные члены, то получим следующее нулевое приближение:

$$u''_0 = -A.$$

Повторяя описанные выше преобразования, приходим к результатам, не имеющим физического смысла. Видимо, применимость метода Тарга-Швеца в некоторых случаях сильно зависит от начального приближения.

Заключение

При соотношении скоростей, характеризующим неравенством $\varepsilon > -1.0$ можно пользоваться простой формулой (12), полученной приближённым методом Тарга-Швеца.

Литература

1. Bachok N., Ishak A., Pop I. Stagnation-point flow over a stretching/shrinking sheet in a nanofluid // Nanoscale Research Letters 2011, Vol. 6. p. 623.
2. Лойцянский Л. С. Ламинарный пограничный слой. М.: Физматгиз, 1962. 479 с.

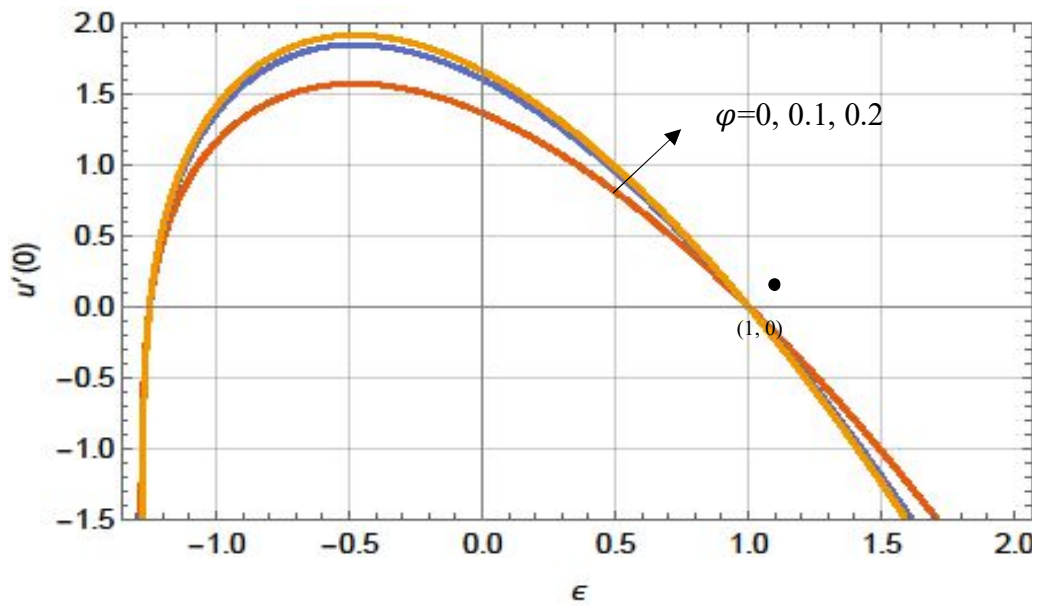


Рис. 1. Зависимость $u'(0)$ от ϵ , полученная первым способом

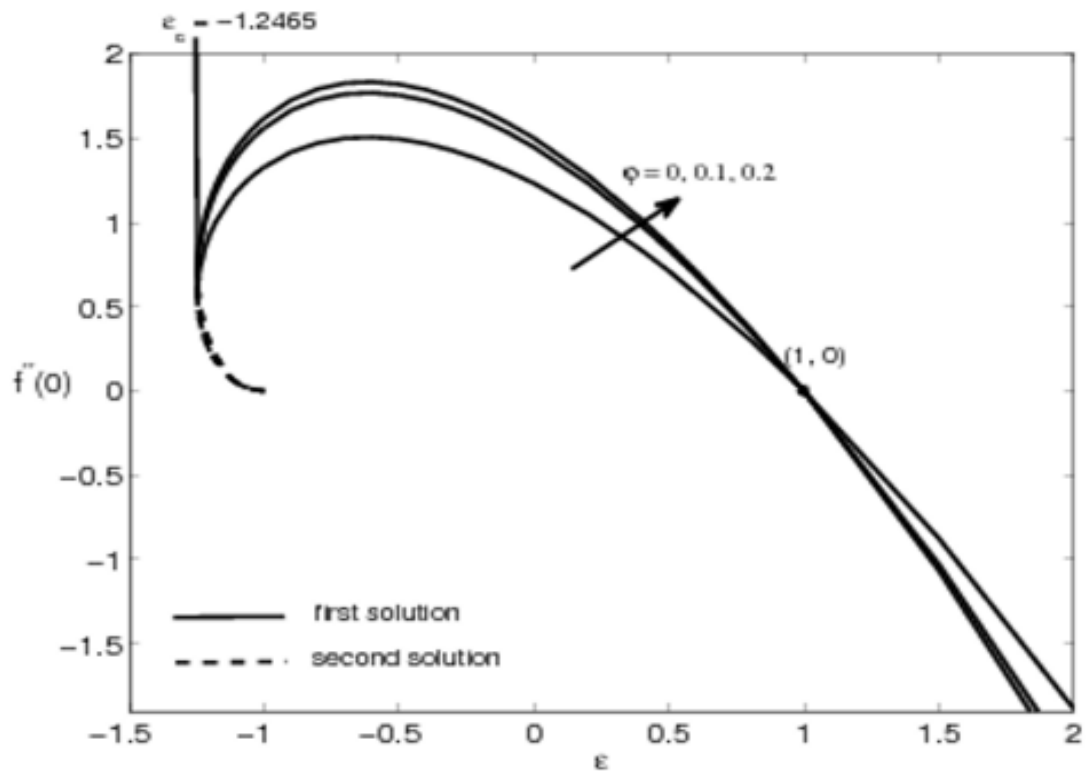


Рис. 2. Зависимость $u'(0)$ от ϵ [2]

APPLICATION OF APPROXIMATE TARG-SHVETS METHODS FOR STAGNATION-POINT FLOW OVER A STRETCHING / SHRINKING SHEET IN A NANOFLUID

D. S. Andrievskaia, V. G. Shakhov

Flow about stagnation point over a stretching/shrinking sheet in a nanofluid is discussed. Liquid is water containing solid particles of copper. The laminar boundary layer is calculated using approximate methods and compared with the previously published results. Solutions of the equations were found by the Targ-Shvets method. Graphs of dependence of dimensionless tangential tension on a stretching/shrinking surface from dimensionless speed of its surface are constructed, on which comparisons with the published results are presented. The conclusions about the applicability of the approximate Targ-Shvets method to the solution of this problem are made.

Key words: laminar boundary layer, steady state, stretching/shrinking surface, tangential tension, layers of finite thickness theory.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

УДК 535.343.1

ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОСТРУКТУРИРОВАННОГО КРЕМНИЯ

Д. С. Безмельницин, Д. А. Лизункова, И. А. Шишкин

В данной работе приводятся результаты исследований оптических свойств структур с кремниевыми нанонитями, сформированными методом металл-стимулированного химического травления (МСХТ). Была показана зависимость коэффициента отражения от времени травления. Также было проведено моделирование распространения электрического поля на поверхности нитевидной структуры кремния, что позволило описать захват электрического поля в нанонитях, приводящие к снижению коэффициента отражения во всем исследуемом спектральном диапазоне. Симуляция распределения электрического поля была проведена в пакете COMSOL Multiphysics. Моделирование прохождения света в такой структуре показало, что нити хорошо захватывают свет, однако реальная система кремниевых нитей является более сложной, что в данной модели не учитывается.

Ключевые слова: МСХТ, кремниевые нанонити, пористый кремний, наноразмерные структуры, коэффициент отражения.

Активный интерес к нанотехнологиям и наноматериалам появился во второй половине XX века и связан с обнаружением новых уникальных физических и химических свойств твердотельных структур с нанометровыми ($1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$) размерами элементов. При таких размерах наиболее ярко проявляется волновая природа электрона, и доминирующую роль приобретают квантовые процессы, что в свою очередь открывает новые возможности в развитии методов и обработки информации, получения электрической энергии, создания высокоэффективных медицинских препаратов и в других актуальных для человечества областях.

Для кремниевых нанокристаллов нитевидной формы (нанонитей) с поперечными размерами менее 10 нм реализуется так называемый квантовый размерный эффект для носителей заряда, который приводит к росту ширины запрещенной зоны и сдвигу края оптического поглощения в высокоэнергетическую область. Оптические свойства

кремниевых наноструктур с большими поперечными размерами будут существенно зависеть от эффектов, связанных с пространственным распределением локальных электрических полей, и обуславливаться рассеянием света как отдельными нанообъектами, так и их ансамблями. Изучение таких эффектов в наноструктурах в виде ансамблей кремниевых нанонитей (КНН) особенно актуально, поскольку они могут быть легко интегрируемы с устройствами микроэлектроники и сенсорики, что приведет как к улучшению характеристик последних, например, солнечные элементы, транзисторы и сенсоры, так и создание совершенно новых устройств и материалов для различных применений, включая биофотонику и медицину.

Существует ряд практических проблем для создания светочувствительных структур, в которых необходимо многократно уменьшить коэффициент отражения на границе двух сред. Моделирование распределения электрического поля на нитевидной

© Безмельницин Д. С., Лизункова Д. А., Шишкин И. А., 2020.
Безмельницин Дмитрий Сергеевич (dmitriy09-98@mail.ru),
студент IV курса факультета электроники и приборостроения;
Лизункова Дарья Александровна (daria.lizunkova@yandex.ru),
старший преподаватель кафедры наноинженерии;
Шишкин Иван Александрович (shishkinivan9@gmail.com),
магистратуры физического факультета Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

поверхности было выполнено для описания физических процессов при нестандартной геометрии поверхности.

Условия и методы исследования

Структуры с нанонитями были получены методом металл-стимулированного химического травления [1], где активным компонентом травления являлись наночастицы серебра. В данной работе был использован двухступенчатый метод травления. На первом этапе серебряные наночастицы осаждались на поверхность кремниевой подложки неравномерным слоем. Далее на втором этапе химическое травление кремниевой подложки осуществлялось за счет «активации» наночастиц серебра, где через некоторое время участки поверхности непокрытые серебром трансформировались в нанонити. Серебряные наночастицы проходили внутрь кремниевой пластины. Соответственно при разных временах травления получались разной длины нитевидные структуры. Частицы серебра с

подложки кремния удалялись с помощью азотной кислоты (рис. 1).

Исследование спектральных характеристик поглощения проводилось на спектрофотометре Shimadzu UV-2450 в диапазоне длин волн 190–1000 нм. Скорость сканирования средняя. Шаг измерения 5 нм.

Моделирование

Для описания прохождения электромагнитных волн в нитевидной структуре использовался программный пакет Comsol Multiphysics. Схематическое изображение моделируемой структуры и РЭМ изображение представлено на рис. 2.

Для решения поставленной задачи была выбрана система, где часть подложки кремния находится в воздушной среде, поэтому было взято волновое уравнение на основе перпендикулярности напряженности электрического поля для двух сред:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - k_0^2 \epsilon_r \mathbf{E} = 0.$$

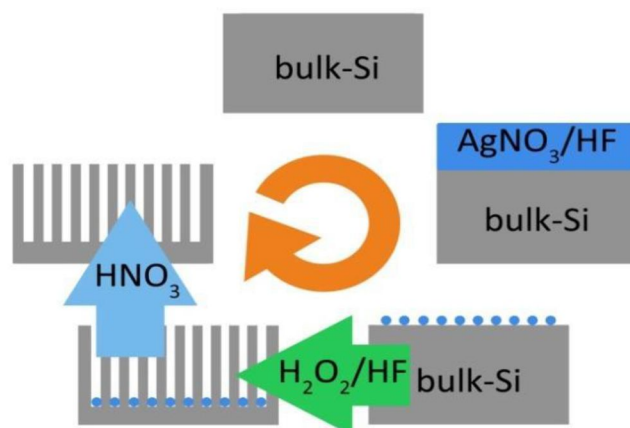


Рис. 1. Основные этапы металл-стимулированного химического травления [1]

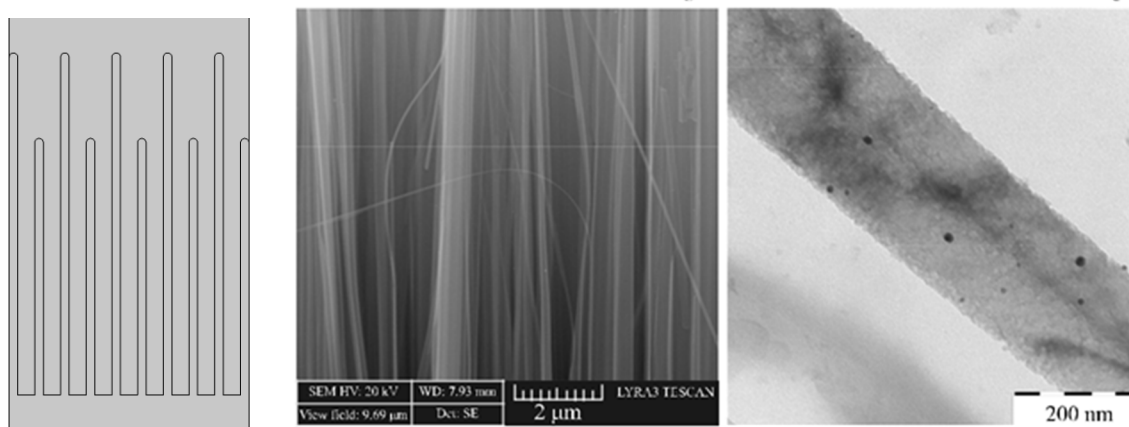


Рис. 2. Схематическое изображение моделируемой структуры и РЭМ изображение кремниевых нанонитей [2]

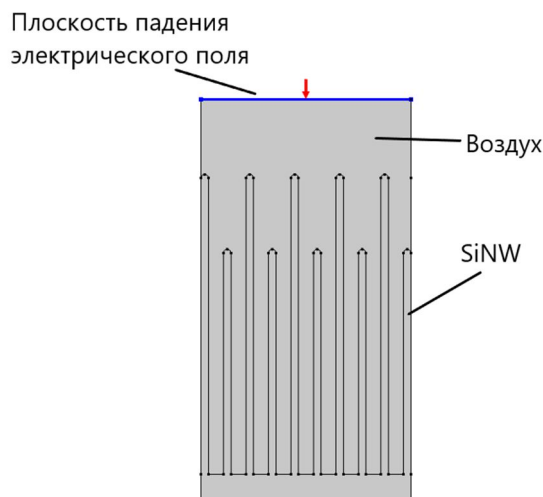


Рис. 3. 2D модель части подложки кремния с нанонитями (SiNW), используемая в пакете Comsol Multiphysics

По умолчанию в программном пакете уже прописаны основные оптические параметры двух сред для решения уравнения. В нашем случае такими средами служат воздух и кремний. Симуляция распространения эл. поля, проведенная в программном пакете в области оптического диапазона (300-1000 нм), позволяет рассчитать распределение ближнего поля.

Граничными условиями, при которых выполняется условие $n \times E = 0$, в данной системе являются боковые грани ограниченной воздушной среды. Верхняя грань данной схемы является плоскостью плотности потока энергии падающего излучения, которая выражается следующим выражением:

$$\Pi = \frac{\int_{\partial\Omega} (E - E_1) E_1}{\int_{\partial\Omega} E_1 \cdot E_1}$$

где Π – вектор Умова-Пойтинга. Поскольку модель находится в декартовой системе координат, то вектор падения эл. поля $E_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$.

На рисунке 4 представлены результаты моделирования в программном пакете Comsol Multiphysics.

Из анализа видно, что на длине волны 350 нм наблюдается минимум электрического поля в структуре, т.е. происходит минимум отражения порядка 1 % (пунктирная линия). В реальном эксперименте, на длине волны 350 нм наблюдается отражение света 5 %. В ИК диапазоне так же имеются различия в отражении от 4 до 6 %. Это объяснимо

тем, что образцы, образованные в результате травления, имеют не такую упорядоченную структуру, чем в модели.

Контурная карта распределения электрического поля (рис.4) показывает глубину проникновения света в структуру данной длины волны. Разупорядоченная структура нитей хорошо захватывает излучение, что подтверждается в данной модели.

Результаты и их обсуждение

В результате МСХТ были получены 6 образцов структур с нанонитями при различных временах травления (рис. 5). Основные параметры и режимы травления приведены в табл. 1.

Из таблицы видно, что в результате травления удаляется не только часть материала в объёме, но и поверхность. Далее был проведён анализ потери массы от времени травления (рис. 6 и табл. 2).

Из анализа результатов видно, что при увеличении времени травления образец активно теряет массу. Это объясняется ростом КНН в пластине кремния.

На (рис. 7) приведены спектральные характеристики коэффициента отражения.

Полученные образцы имеют низкий коэффициент отражения (порядка 0,1–0,25 %) для длин волн от 600 нм до 1000 нм. Особенно высокий показатель отражения имеет образец №5, который травился в течение 15 минут. Однако есть чёткая зависимость спектральных характеристик отражения от времени травления, связанный сформированием нитей в подложке кремния: до 30 минут травления

происходит изменение поверхности пластины, после 30 минут наступает активный рост нитей, который продолжается до 45 минут включительно (отражение от 0,025 % на длине волны 350 нм). После 60 минут травления отражение возрастает до 0,05 % в коротковолновой части спектра. Ход экспериментальной кривой немного повторяет теоретическую кривую, рассчитанную в паке-

те Comsol Multiphysics, однако отражение экспериментальные данные значительно ниже. Это можно объяснить сложным механизмом роста самих нитевидных структур и их разупорядоченностью. При росте нитей, их диаметр уменьшается до определенного момента, а затем верхняя часть нитей полностью стравливается и процесс повторяется.

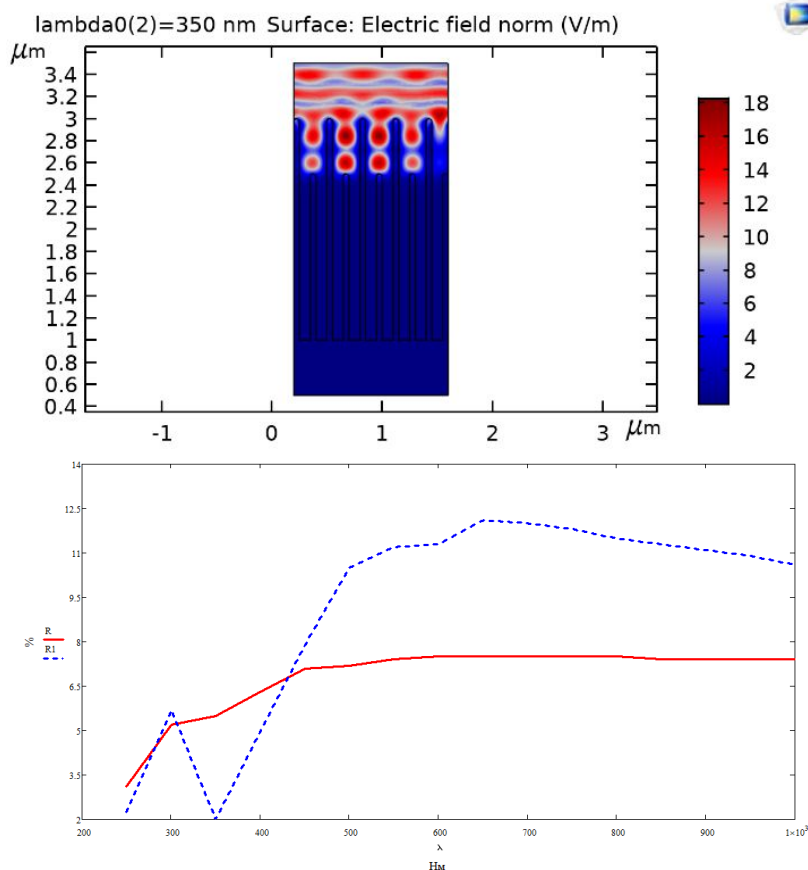


Рис. 4. 2D карта распределения электрического поля оптического диапазона при длине волны 350 нм и графики зависимости $R(\lambda)$, где пунктирная линия – модель структуры в Comsol Multiphysics и сплошная линия – экспериментальные данные [2]

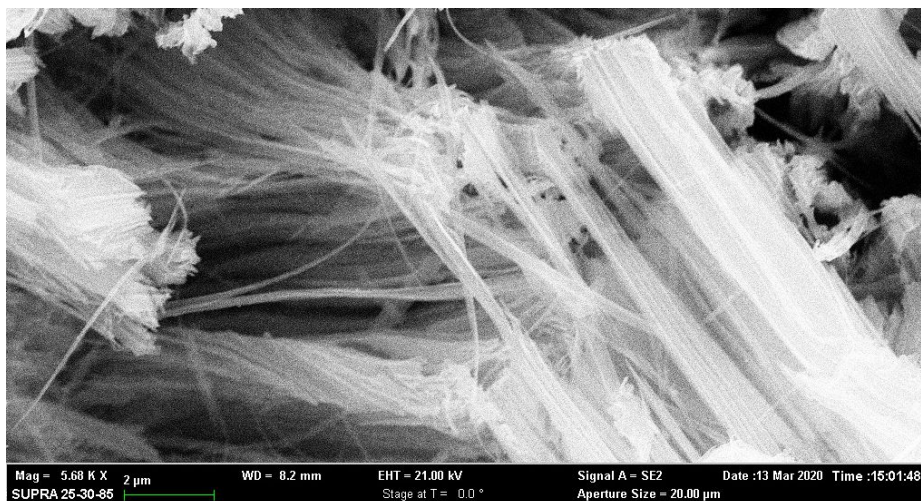


Рис. 5. РЭМ изображение полученной нитевидной структуры

Таблица 1

Основные параметры и режимы травления

Номер образца	Масса (до), мг	Время травления, мин	Толщина пластины (до), мкм	Масса (после), мг	Толщина пластины (после), мкм
1	404.3	60	335	350.1	310
2	225.4	10	325	212.5	320
3	259.6	45	335	227.7	320
5	158.7	15	330	143.6	320
6	244.2	30	340	216.6	330
7	210.8	5	330	201.9	330

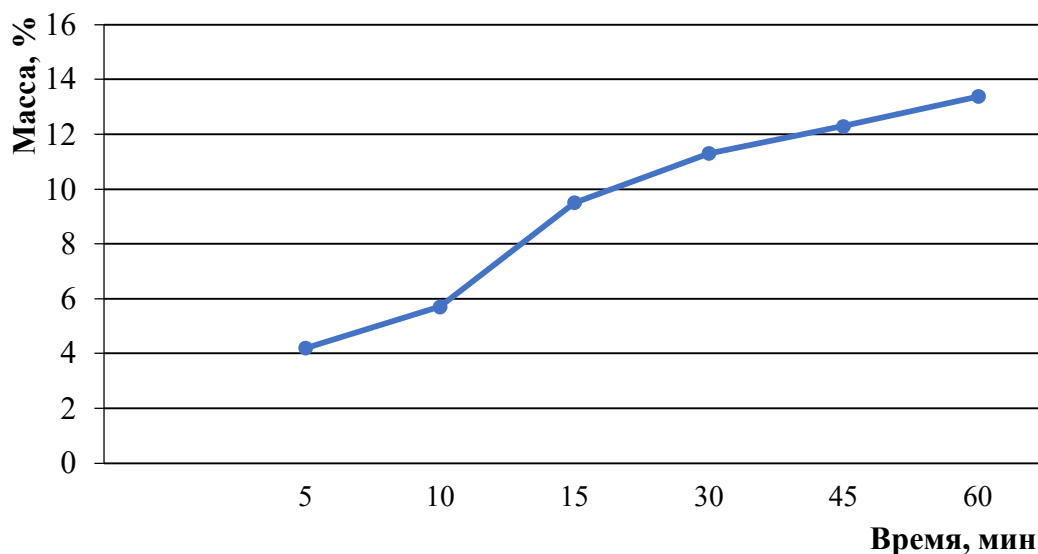


Рис. 6. Зависимость потери массы в процентах от времени травления

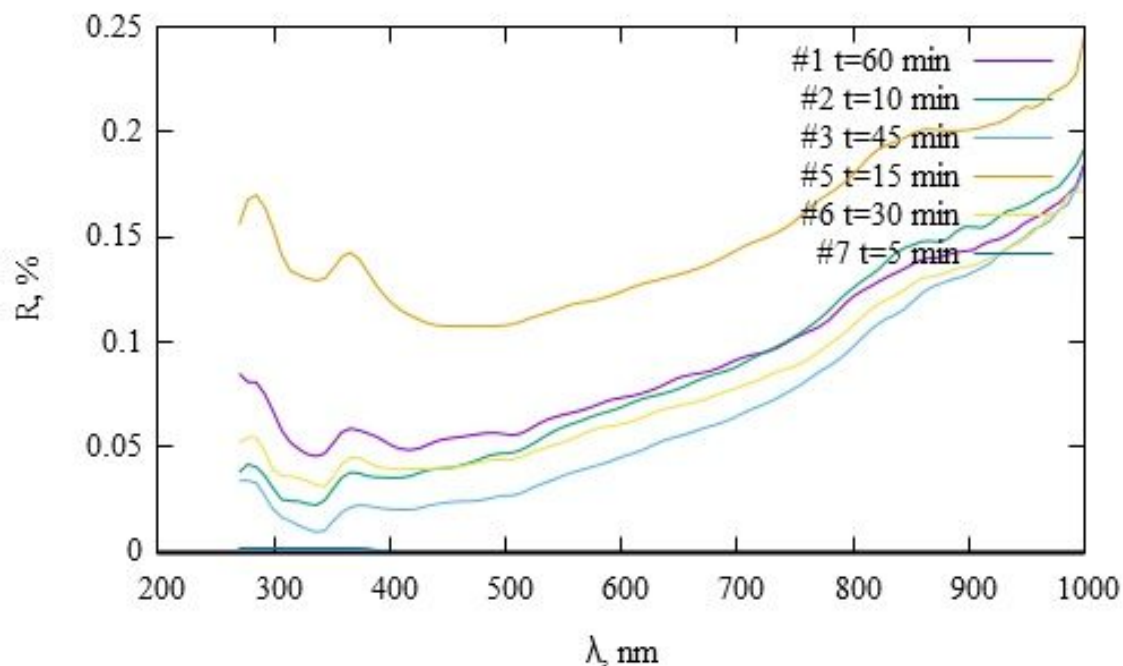


Рис. 7. Спектральные характеристики отражения образцов с КНН, изготовленных при различных временах травления

Заключение

Таким образом, исследования показали, что нити, сформированные методом МСХТ на поверхности пластины кремния, позволяют значительно снизить коэффициент отражения до 0,1–0,25 % для длин волн от 600 нм до 1000 нм. Моделирование прохождения света в такой структуре показало, что нити хорошо захватывают свет, однако реальная система кремниевых нитей является более сложной, что в модели не учитывается.

Литература

1. Optical Properties of Silicon Nanowires Fabricated by Environment-Friendly Chemistry / K. Gonchar, A. Zubairova, A. Schleusener [et. al.] // *Nanoscale Research Letters*. 2016. Vol. 11. P. 357.
2. Оптические свойства нитевидных наноструктур, полученных металлстимулированным химическим травлением пластин слабо легированного кристаллического кремния / К. А. Гончар, Л. А. Осминкина, В. Сиваков [и др.] // *Физика и техника полупроводников*. 2014. Т. 48. Вып. 12. С. 1654–1659.

NANOSTRUCTURED SILICON OPTICAL PROPERTIES

D. S. Bezmelnitsin, D. A. Lizunkova, I. A. Shishkin

This work presents the results of studies of the optical properties of structures with silicon nanowires formed by metal-stimulated chemical etching (MACE). The dependence of the reflection coefficient on the etching time shown. We also simulated the propagation of an electric field on the surface of a silicon filament structure, which made it possible to describe the capture of an electric field in nanowires, leading to a decrease in the reflection coefficient in the entire investigated spectral range. The electric field distribution simulated using the COMSOL Multiphysics software package. Modeling the transmission of light in such a structure showed that the filaments capture light well, but the real system of silicon filaments is more complex, which is not taken into account in this model.

Key words: MACE, silicon nanowires, nanoscale structures, reflection coefficient, COMSOL Multiphysics.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Bezmelnitsin D. S., Lizunkova D. A., Shishkin I. A., 2020.
Bezmelnitsin Dmitry Sergeevich (dmitriy09-98@mail.ru),
student IV course of the Faculty of electronics and instrument engineering;
Lizunkova Daria Aleksandrovna (daria.lizunkova@yandex.ru),
senior lecturer of the Department of Nanoengineering;
Shishkin Ivan Aleksandrovich (shishkinivan9@gmail.com),
graduate student of the Physics Faculty, of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 537.87

ДЕГРАДАЦИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА БАЗЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ

А. С. Ерофеев, И. А. Шишкин, Н. В. Латухина

В данной работе производился сравнительный анализ работы солнечных элементов, основанных на пористом кремнии, по вольт-амперным характеристикам (ВАХ) и падению отдаваемой мощности. Для расчетов использовались телеметрические данные, получаемые с МКА «АИСТ-2Д» в период с июля 2016 года по март 2019. Приведены графики ВАХ 14 элементов, показан постепенный процесс деградации в естественных условиях космоса. Элементы изготовлены по различным технологическим маршрутам, с различной обработкой рабочей поверхности (полированная, текстурированная, карбидизированная), с двумя видами просветляющих покрытий: ZnS и DyF₃. По итогу эксперимента, лучше всего себя показала полированная поверхность и DyF₃, пористый слой значительно увеличивает срок службы солнечного элемента.

Ключевые слова: солнечные элементы, радиационная стойкость, пористый кремний, ВАХ, отдаваемая мощность, АИСТ-2Д.

Характеристики фотоэлементов новой конструкции необходимы для понимания влияния воздействующих факторов космического пространства. Радиационная стойкость является принципиальным свойством наноструктурированных материалов. Под данным термином обычно понимают неизменность параметров материала или прибора при облучении определенным ионизирующим излучением. Препятствием для структурных нарушений в материале являются следующие факторы, а именно нанобъекты, которые медленно накапливают вводимые дефекты. Этим характеризуются нанопористые материалы. Так специалистами Самарского университета была выдвинута идея о применения пористого кремния в состав солнечных элементов как материала, устойчивого к механическим и климатическим воздействиям на этапе выведения и орбитального полёта малого космического аппарата АИСТ-2Д. Для проведения исследования было изготовлено 14 шт. экспериментальных фотоэлектрических преобразователей (ФЭП) с различными покрытиями на рабочей поверхности и различной структурой. Все образцы солнечных элементов были изготовлены в процессе

технологического цикла, который проходят кремниевые ФЭП традиционной конструкции. Основные операции цикла, кроме операций наноструктурирования, карбидизации и нанесения просветляющих покрытий, а именно ZnS и DyF₃, проводились на стандартном технологическом оборудовании. Для измерения температуры фотоэлементов были использованы датчики pt100 (100 Ом) – DIN EN 60751, установленные непосредственно под панелью с исследуемыми ФЭП.

Условия и методы исследования

С 2016 года ведётся анализ данных телеметрии, полученных с МКА «Аиста-2Д». Для ознакомления с образцами, которые были установлены на экспериментальную модель (рис. 1), ниже представлена табл. 1.

Данные приходили раз в несколько месяцев, в каждый пакет входили измерения с периодом 5 или 10 мин. При проведении расчётов выбирались значения при схожих условиях: время суток (освещённость), температура панели. В процессе работы была разработана программа для подсчёта параметров деградации (fil factor, мощность, КПД, U_{xx} , $I_{кз}$ и др.).

© Ерофеев А. С., Шишкин И. А., Латухина Н. В., 2020.

Ерофеев Алексей Сергеевич (A.Yerofyeyev@mail.ru),
студент III курса;

Шишкин Иван Александрович (shishkinivan9@gmail.com),
магистрант физического факультета;

Латухина Наталья Виленовна (natalat@yandex.ru),

доцент кафедры физики твёрдого тела и неравновесных систем Самарского университета,
443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Таблица 1

**Описание солнечных элементов, вошедших в состав экспериментальной панели,
установленной на МКА «АИСТ-2Д»**

Номер на ЭБФ	Описание
1	<i>Полированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
2	<i>Полированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – DyF₃</i>
3	<i>Полированный кремний, просветляющее покрытие – ZnS (типовая технология)</i>
4	<i>Полированный кремний, просветляющее покрытие – DyF₃ (типовая технология)</i>
5	<i>Текстурированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
6	<i>Полированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
7	<i>Текстурированный кремний, просветляющее покрытие – ZnS</i>
8	<i>Текстурированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
9	<i>Шлифованный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
10	<i>Полированный кремний с пористым слоем, двухслойное просветляющее покрытие – ZnS + DyF₃</i>
11	<i>Шлифованный кремний, просветляющее покрытие – ZnS</i>
12	<i>Шлифованный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
13	<i>Карбидизированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – ZnS</i>
14	<i>Карбидизированный кремний с пористым слоем, просветляющее покрытие – DyF₃</i>

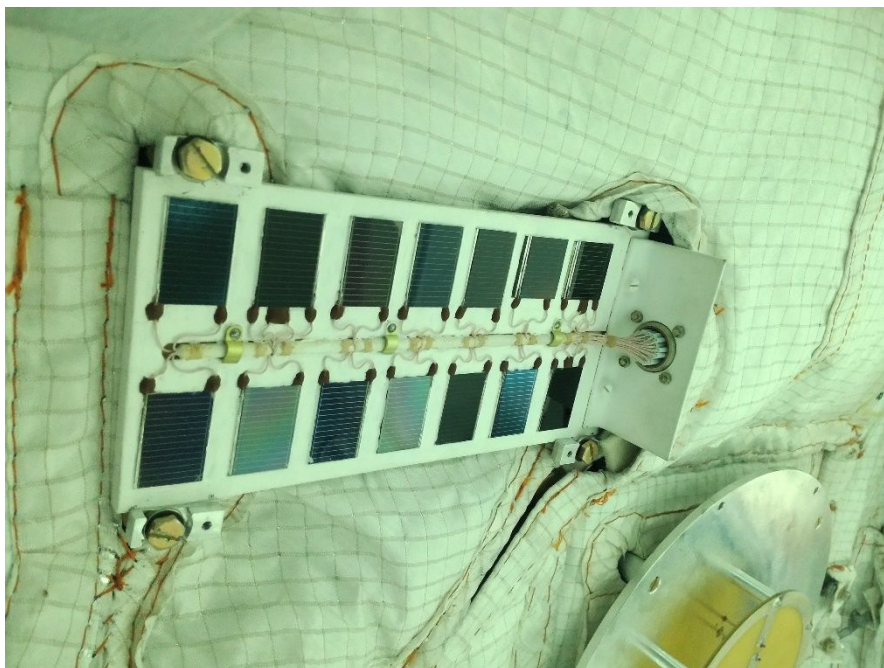


Рис. 1. Вид экспериментального образца БФ на МКА «АИСТ-2Д»

Результаты и их обсуждение

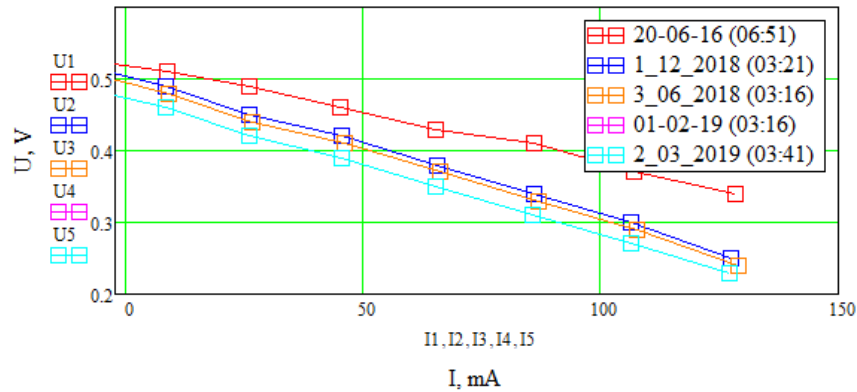
По командам, выдаваемым с наземного комплекса управления, с каждой пластины во время проведения эксперимента были

определены телеметрические данные: температура, напряжение нагрузки и сила тока. По данным построены вольт-амперные характеристики каждой из 14-ти экспериментальных

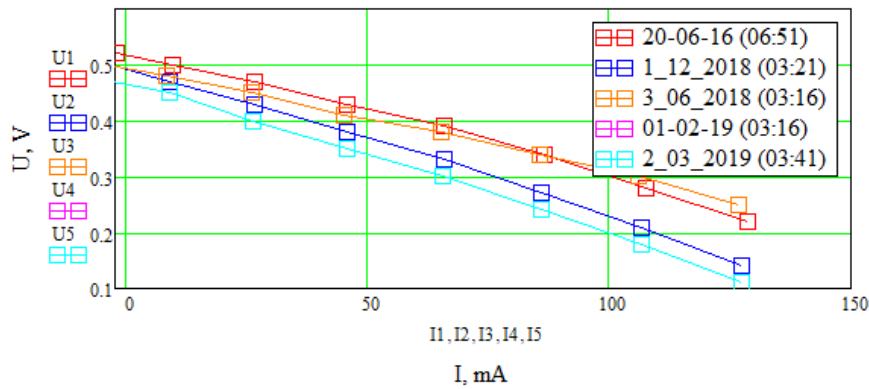
пластин для различных температур и рассчитаны их фотоэлектрические параметры. Проведённые исследования показали, что использование разработанных методик изготовления многослойных структур с пористым слоем позволяет создать фоточувствительные структуры с достаточно высокими фотоэлектрическими параметрами.

Так по результатам исследований были выбраны элементы с наилучшими эксплуатационными характеристиками. Фотоэлектри-

ческие преобразователи с пористым слоем, в которых используются соединения редкоземельных элементов показали высокую устойчивость в условиях открытого космоса. Для сравнения были выбраны элементы с использованием полупроводникового соединения сульфида цинка, где разница состояла в том, что в одном случае использовался пористый слой, а в другом нет. Ниже представлены графики вольт-амперных (рис. 2) и вольт-ваттных (рис. 3) характеристик.



А



Б

Рис. 2. Вольт-амперные характеристики фотоэлектрических преобразователей: А – № 1, Б – № 3

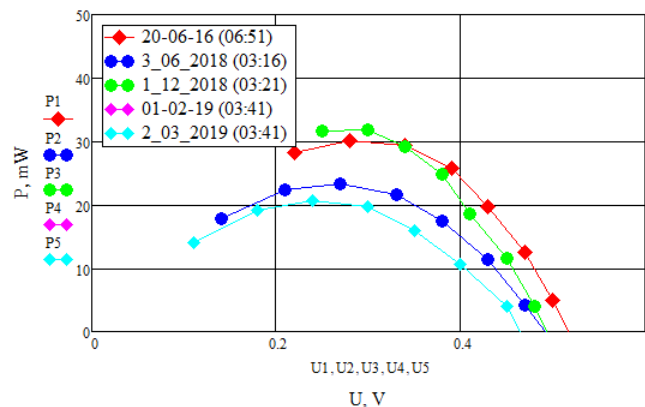
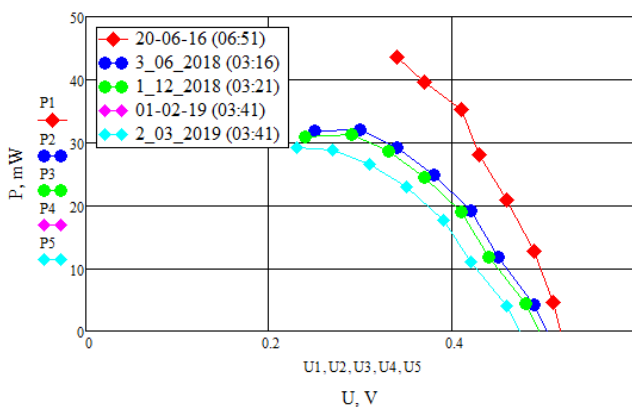


Рис. 3. Вольт-ваттные характеристики фотоэлектрических преобразователей № 1 (слева) и № 3 (справа)

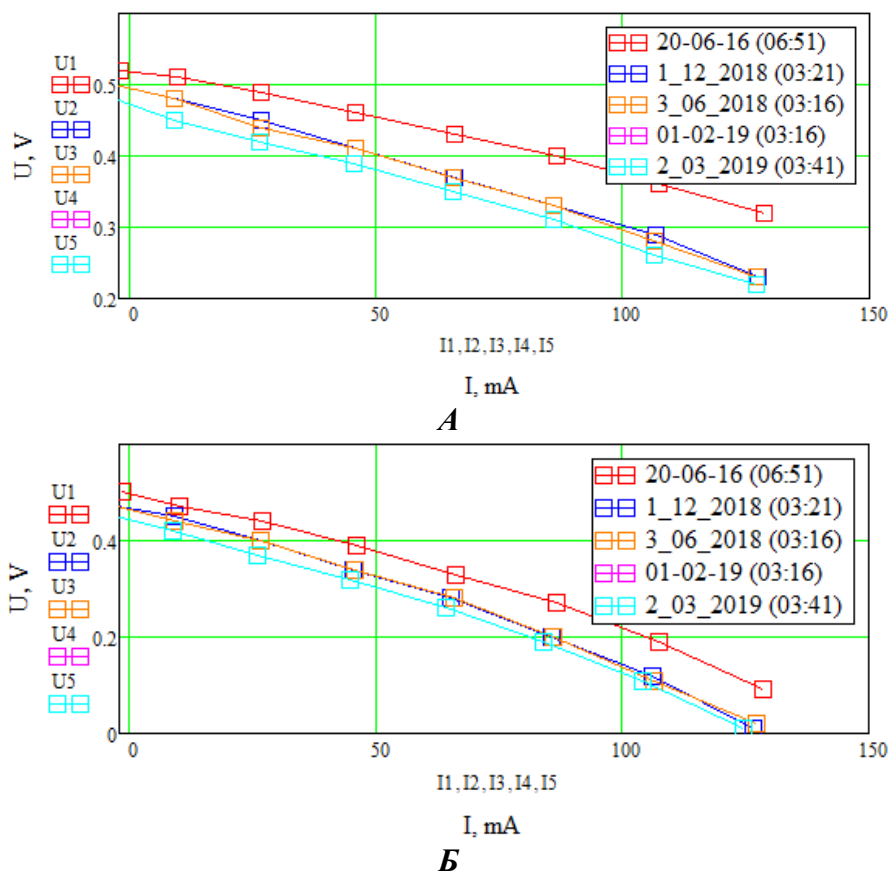


Рис. 4. Вольт-амперные характеристики фотоэлектрических преобразователей: А – № 2, Б – № 4

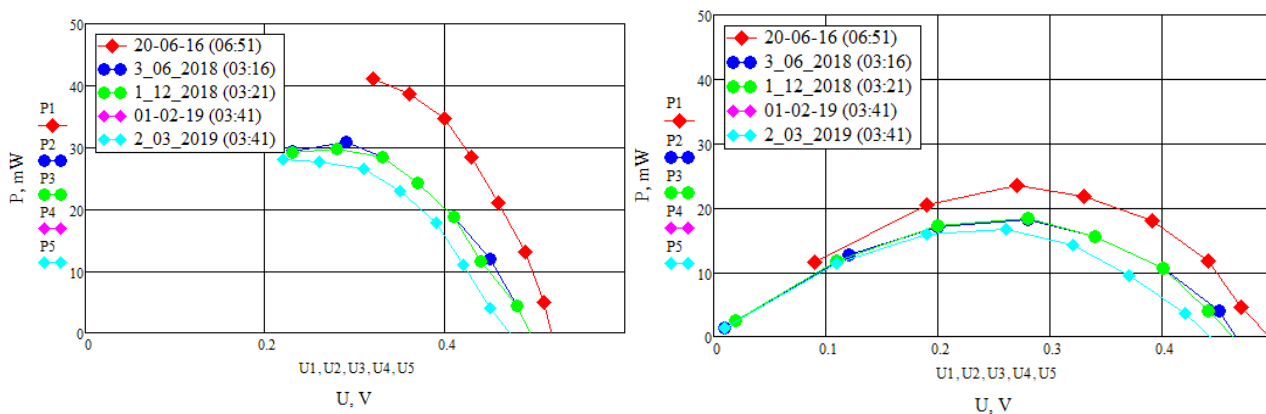


Рис. 5. Вольт-ваттные характеристики фотоэлектрических преобразователей № 2 (слева) и № 4 (справа)

Исследования показали, что для устойчивости солнечных элементов в экстремальных условиях мало нанесения просветляющего покрытия, также необходимо получение пористого слоя. Поскольку при электрохимическом травления полированная подложка приобретает эффект «чёрного кремния», что тем самым увеличивает площадь поглощения света, но и также сохраняет устойчивость при радиационном излучении. Это подтверждается данными, полученными с наземного центра управления.

Анализ характеристик образцов, которые выполнены с использованием диэлектрического материала фторида диспрозия (ФЭП № 2 и №4) показывает, что также характеристики зависят от наличия пористого слоя, который необходим для устойчивости характеристик (рис. 4 и 5). Можно сделать выводы, что пористый слой значительно влияет на радиационную стойкость образца, и просветляющее покрытие из DyF_3 предпочтительнее, так как не имеет полупроводниковых свойств, как ZnS .

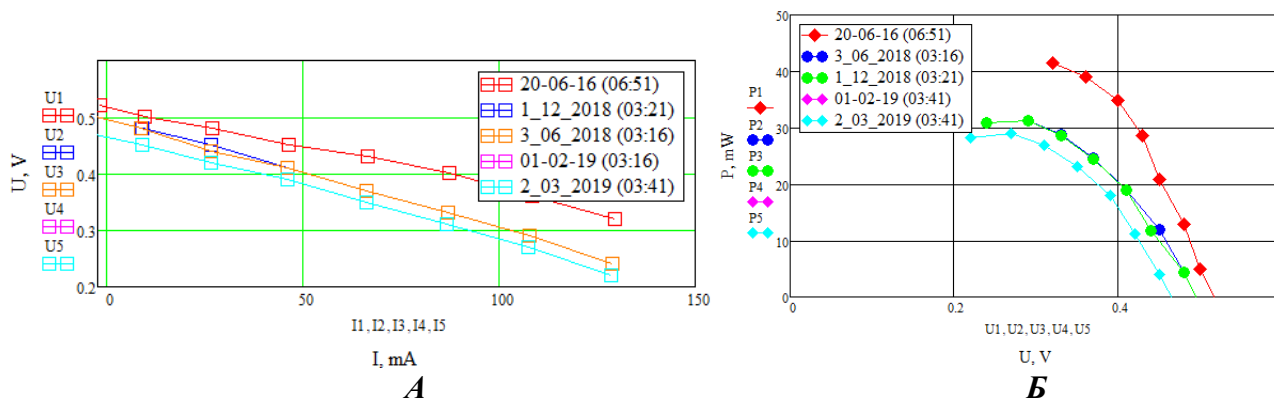


Рис. 6. Вольт-амперные (А) и вольт-ваттные (Б) характеристики фотоэлектрического преобразователя № 10

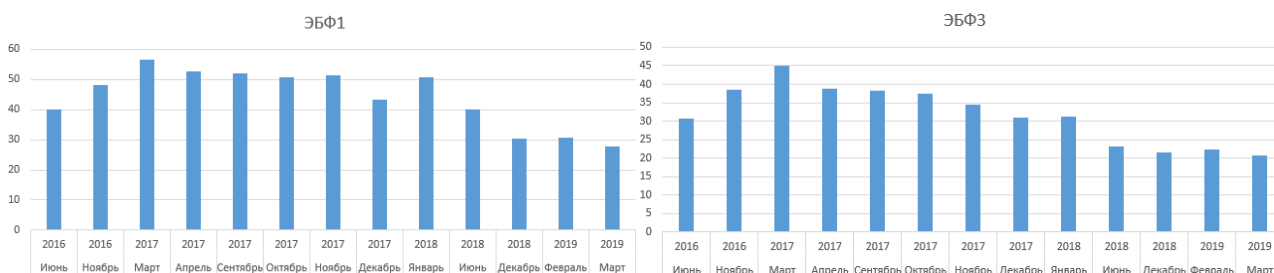


Рис. 7. Динамика мощности (в мВт) для 1 и 3 образца с 2016 по 2019 гг.

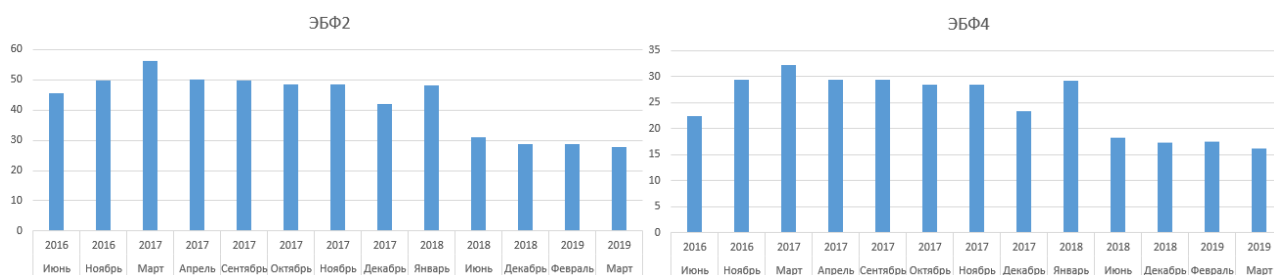


Рис. 8. Динамика мощности (в мВт) для 2 и 4 образца с 2016 по 2019 гг.

Анализ характеристик солнечного элемента с пористым слоем и двойным покрытием ($ZnS+DyF_3$) (рис. 6) показывает, что на протяжении трёх лет сохраняется медленная деградация элемента порядка 5 % в год. Также были построены диаграммы показателей максимальной мощности для исследуемых образцов.

Как следует из рис. 7 и 8, в первые два года образцы № 1–4 деградируют сильнее всего. Дальше происходит постепенная потеря своих характеристик.

Заключение

Пористый слой благодаря своей структуре мешает накоплению дефектов на поверхности кремния и этим продлевает срок службы солнечного элемента. Покрытие DyF_3 показало себя лучше, чем ZnS . Полированная и текстурированная поверхность показала хорошую радиационную стойкость.

Литература

1. Оптические свойства нитевидных наноструктур, полученных металлстимулированным химическим травлением пластин слабо легированного кристаллического кремния / К. А. Гончар, Л. А. Осминкина, В. Сиваков [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2014. Т. 48. № 12. С. 1654–1659.
2. Ерофеев А. С. Деградация солнечных элементов на базе пористого кремния: курсовая работа ... Самара, 2020. 43 с.
3. Эксплуатационные характеристики фотоэлектрических преобразователей на базе пористого кремния, участвующих в летном эксперименте на МКА «Аист-2Д» / А. С. Гуртов, С. В. Ивков, Д. А. Лизункова [и др.] // XIV Королевские чтения: матер. Междунар. конф. Самара, 2017. Т. 1. С. 503–504.

DEGRADATION OF SOLAR CELLS BASED ON POROUS SILICON

A. S. Erofeev, I. A. Shishkin, N. V. Latukhina

In this paper, a comparative analysis of the operation of solar cells based on porous silicon was performed by Volt-Ampere characteristics and power drop. Telemetry received from THE AIST-2D ICA in the period from July 2016 to March 2019 was used for calculations. Graphically shows the VACH 14 elements, shows the gradual process of degradation in the natural environment of space. The elements are manufactured using special technologies, including the following surfaces: polished, textured, carbided, as well as two types of anti-reflective coatings: ZnS and DyF_3 . As a result of the experiment, the polished surface and DyF_3 proved to be the best, the porous layer significantly increases the service life of the solar cell.

Key words: solar cells, radiation resistance, porous silicon, I-V characteristics, AIST-2D.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Erofeev A. S., Shishkin I. A., Latukhina N. V., 2020.

Erofeev Aleksey Sergeevich (A.Yerofyeyev@mail.ru),
student III course;

Shishkin Ivan Aleksandrovich (shishkinivan9@gmail.com),
graduate student of the Physics Faculty;

Latukhina Natalya Vilenovna (natalat@yandex.ru),

professor of the Solid State Physics and Nonequilibrium Systems Department of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

УДК 537.63:539.26

ВРЕМЕННАЯ ЗАВИСИМОСТЬ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТОПЛАСТИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА В СОСТАРЕННОМ АЛЮМИНИЕВОМ СПЛАВЕ АК9 ПРИ НАЛОЖЕНИИ ПОСТОЯННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Ю. В. Осинская, А. В. Покоев, С. Г. Магамедова

В данной работе представлены результаты комплексного экспериментального исследования влияния постоянного магнитного поля и времени старения на микроструктуру, микротвёрдость, параметры решётки, параметры тонкой структуры и фазовый состав состаренного алюминиевого сплава АК9. Установлено, что при наложении постоянного магнитного поля наблюдается положительный магнитопластический эффект, величина которого достигает 25 %. Обнаружена корреляция между графиками зависимости микротвёрдости и параметров тонкой структуры от времени старения. Наложение постоянного магнитного поля приводит к формированию более совершенной и однородной структуры сплава, что подтверждается увеличением интенсивности дифракционных линий и уменьшением их полуширины.

Ключевые слова: старение, микротвёрдость, фазовый состав, рентгенофазовый анализ.

Задачи модификации состава, структуры, свойств, технологии изготовления и методов обработки металлов и металлических сплавов остаются актуальными и практически важными в настоящее время [1, 2]. От их решения зависят надежность и долговечность производимых конструкций и механизмов, возможность экономии материальных, энергетических и трудовых ресурсов.

Несмотря на значительный прогресс в металловедении и металлургии, в частности в создании новых сплавов [3–7], превосходящих по свойствам сплавы системы Al-Si, силумины еще длительное время будут занимать лидирующие позиции в промышленности, что связано с их технологичностью при использовании почти всех видов литья [8]. Тем не менее, современные требования становятся все более высокими, поэтому и свойства современных металлов и сплавов должны им соответствовать.

Для улучшения свойств алюминиевых сплавов применяются различные методы термообработки. Одним из методов, которым

удается существенно упрочнить алюминиевые сплавы, является технология искусственного старения. При старении в пересыщенном твердом растворе возникают обогащенные растворенным компонентом кластеры (зоны Гинье-Престона) [9], которые тормозят движение дислокаций и тем самым во многом определяют физико-механические свойства материалов.

Известно [10, 11], что наложение постоянного магнитного поля (ПМП) на искусственное старение бериллиевой бронзы БрБ-2 приводит к значительному увеличению микротвёрдости сплава до ~30 % и изменению процессов фазообразования в нем. Таким образом, целесообразным является использование ПМП для улучшения физико-механических свойств алюминиевого сплава АК9, что позволит, в случае достижения их высоких значений, предложить усовершенствованную технологию обработки алюминиевых сплавов.

В связи с этим, целью данной работы является изучение влияния ПМП на физико-механические свойства и процесс фазообразования в алюминиевом сплаве АК9 при

© Осинская Ю. В., Покоев А. В., Магамедова С. Г., 2020.

Осинская Юлия Владимировна (ojv76@mail.ru), доцент;

Покоев Александр Владимирович (a.v.pokoev46@mail.ru), профессор;

Магамедова Селимат Габидуллаевна (shakhbanovasel@mail.ru),

аспирант кафедры физики твёрдого тела и неравновесных систем Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

старении методами микротвёрдости, металлографического и рентгеновского анализов.

Методика эксперимента

Химический состав исследуемого сплава приведён в таблице 1. В таблице 2 представлены режимы термомагнитной обработки для алюминиевого сплава АК9. Отжиг образцов проводился в ПМП в вакуумной камере при давлении остаточных паров 10^{-3} Па.

В работе использовали метод металлографического анализа и измерения микротвёрдости с компьютерной обработкой результатов измерений, а также метод рентгеновского анализа.

Экспериментальные результаты и их обсуждение

Металлографический анализ проводился на образцах алюминиевого сплава АК9 в исходном состоянии (состояние поставки), после закалки от 535 °С (2 ч) в воду 20 °С и после отжига при температуре 175 °С длительностью от 2 до 8 ч в ПМП напряженностью 557,2 кА/м и в его отсутствие. В таблице 3 представлены результаты расчёта доли площади темных участков от общей площади металлографического шлифа, а на рисунке 1 представлены типичные фотографии, снятые с поверхности образцов.

Таблица 1

Состав алюминиевого сплава АК9

Элемент	Содержание в сплаве, вес. %
Al	85,1 – 91,6
Si	8 – 11
Cu	до 1,0
Fe	до 1,3
Примеси не более	
Mn	0,2 – 0,5
Zn	0,5
Mg	0,2 – 0,4
Ni	до 0,3
Всего примесей 1,5	

Таблица 2

Режимы термической и термомагнитной обработок алюминиевого сплава АК9

Температура закалки, °С	Время выдержки, ч	Температура старения, °С	Время старения, ч	Напряжённость ПМП, кА/м
535	2 (с охлаждением в воду 20 °С)	175	2–8	557,2

Таблица 3

Доля площади, приходящейся на тёмные участки, от общей площади металлографического шлифа, %

Время отжига t , ч	$H=0$ кА/м	$H=557,2$ кА/м
Исходное состояние	48	
Закалка 535°С→20 °С	51	
2	38	47
4	16	47
6	17	22
8	22	27

В исходном состоянии на поверхности металлографического шлифа наблюдаются светлые и тёмные участки, которые идентифицируются как фазы α -твёрдого раствора на основе алюминия и чистого кремния. Согласно таблице 3 площадь, соответствующая темным участкам составляет 48 % от общей площади. Структурные составляющие ярко выражены и имеют различную ориентировку по отношению к поверхности шлифа.

После закалки сплава (рис. 1 А) структурные составляющие стали более округлой формы и равномерно распределились по поверхности шлифа. Площадь тёмных участков практически не изменилась и равна 51 %.

Старение сплава длительность от 2 до 8 ч (рис. 1 Б) приводит к существенным изменениям микроструктуры сплава, тёмные участки на поверхности шлифа приобретают вытянутую игольчатую форму, а их площадь значительно уменьшается по сравнению с закалённым состоянием и составляет от 16 до 38 % от общей площади.

При наложении ПМП на старение сплава при 2 и 4 ч форма тёмных участков микроструктуры становится более округлой формы и занимает около 47 % поверхности шлифа, а при времени 6 и 8 ч (рис. 1 В) она возвращается к вытянутой игольчатой и занимают уже от 22 до 27 %. Таким образом,

наложение ПМП на старение сплава приводит к увеличению площади тёмных структурных составляющих (чистого кремния) от 1,2 до 3 раз.

Микротвёрдость измеряли с помощью микротвердомера HAUSER при нагрузке 100 г и времени нагружения 7 с. Каждое значение микротвёрдости получали усреднением по 30 измерениям; относительная среднеквадратичная ошибка отдельного измерения составляла ~4 %. Результаты измерений влияния ПМП на микротвёрдость алюминиевого сплава АК9 представлены в таблице 4, а также наглядно изображены на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что в закалённом состоянии среднее значение микротвёрдости составляет 610 МПа. После закалки значение микротвёрдости увеличилось и достигло своего значения 790 МПа. Полученное значение микротвёрдости согласуется с литературными данными [8], что свидетельствует о достоверности результатов настоящей работы.

Старение при температуре 175 °С и времени от 2 до 8 ч приводит к увеличению микротвёрдости исследуемого сплава. Это объясняется тем, что при старении металлического сплава выделяются фазы (в частности, Mg_2Si), которые тормозят движение дислокаций и тем самым приводят к возрастанию прочностных свойств сплава [9].

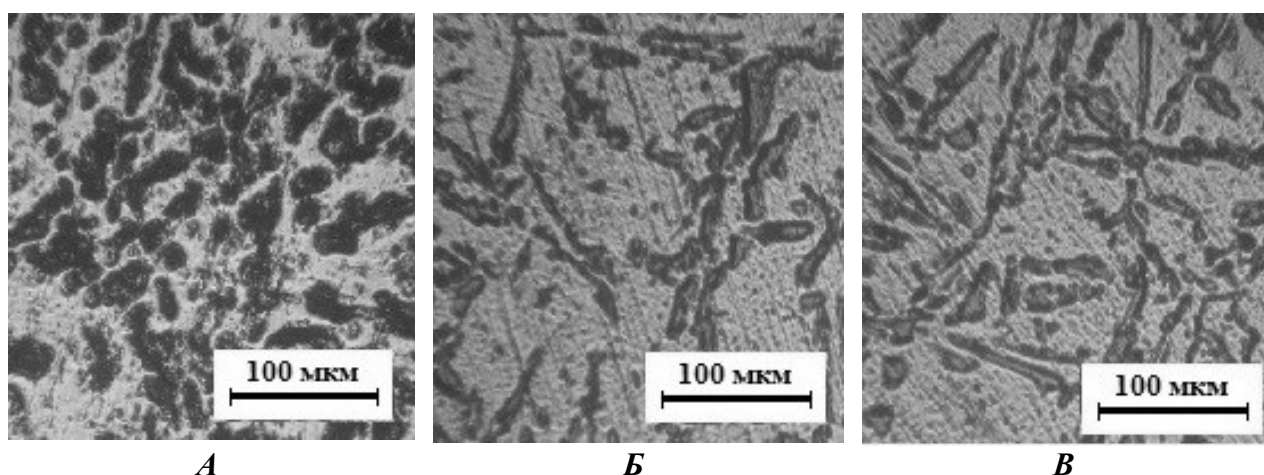


Рис. 1. Поверхность алюминиевого сплава АК9:

А – после закалки при 535 °С (2 ч)

с последующим охлаждением в воде при температуре 20 °С;

Б – после отжига 8 ч в ПМП (0 кА/м); В – после отжига 8 ч в ПМП (557,2 кА/м)

Таблица 4

Результаты измерения микротвёрдости алюминиевого сплава АК9 в исходном состоянии, после термической и термомагнитной обработок

Время отжига t , ч	Напряженность H , кА/м	$H_{\mu} \pm \Delta H_{\mu}$, МПа	$(H_{\mu, \text{отож.}} - H_{\mu, \text{закл.}}) / H_{\mu, \text{закл.}}$, %	$(H_{\mu, H \neq 0} - H_{\mu, H=0}) / H_{\mu, H=0}$, %
Исходное состояние	—	610 ± 10	—	—
Закалка $535^{\circ}\text{C} \rightarrow 20^{\circ}\text{C}$	—	790 ± 20	—	—
2	0	1080 ± 40	35	-13
	557,2	940 ± 20	18	
4	0	1180 ± 40	47	-25
	557,2	880 ± 20	10	
6	0	950 ± 10	18	-7
	557,2	880 ± 30	1	
8	0	920 ± 60	15	-12
	557,2	810 ± 30	1	

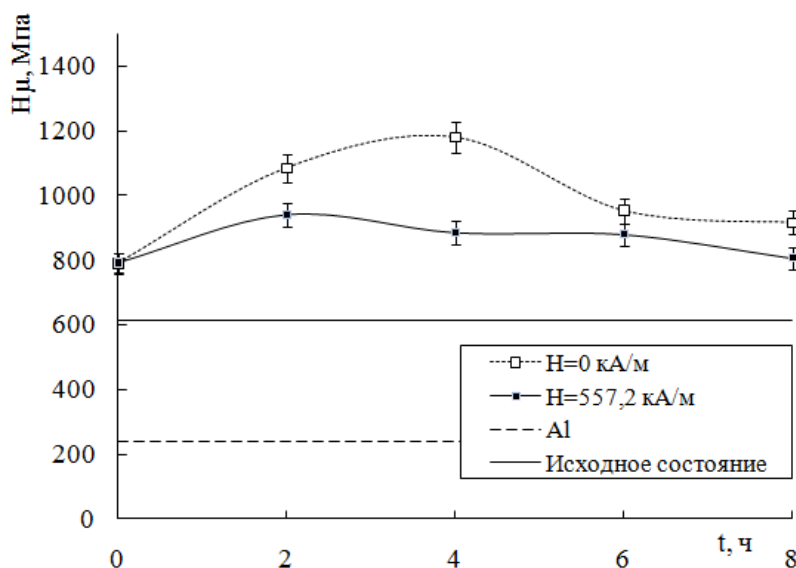


Рис. 2. Зависимость микротвёрдости алюминиевого сплава АК9 от времени старения

Наложение ПМП напряжённостью 557,2 кА/м на старение исследуемого сплава всегда приводит к уменьшению микротвёрдости до 25 %, при этом пластические свойства сплава возрастают. Наблюдается так называемый положительный магнитоэластический эффект [12–14]. Минимальное значение микротвёрдости сплава достигается при времени старения 8 ч и составляет 810 МПа.

Уменьшение микротвёрдости можно связать с тем, что при наложении ПМП структура сплава испытывает значительные изменения и становится более совершенной, однородной и менее искажённой, как показали результаты

рентгенофазового анализа, приведённые ниже. Вследствие этого, движущие дислокации встречают на своём пути меньшее количество препятствий (фазы, границ зерен и т.д.), и сплав становится более пластичным.

Рентгеновский анализ проводили в CoK_{α} -излучении на дифрактометре ДРОН-2, оснащённом аппаратно-программным комплексом управления, регистрации и обработки результатов измерений. Режимы рентгеносъёмки: анодный ток – 20 мА; напряжение на рентгеновской трубке – 30 кВ; скорость движения счётчика – 0,2 и 0,4 °/мин; щели: 1 – 4 – 0,5.

Большую информацию о структуре исследуемого материала несут сведения о параметре решётки. В связи с этим, в данной работе проведён рентгенографический анализ (РГА) образцов, отожжённых в ПМП и без него. В таблице 5 приведены типичные результаты РГА (брегговские углы, индексы отражающих плоскостей, параметры решётки) образцов, прошедших термическую и термомагнитную обработку, а на рисунке 3 представлена временная зависимость параметра решётки при температуре отжига 175 °С и времени отжига от 2 до 8 ч, построенная по результатам расчёта по линии (311).

Среднеквадратичная ошибка отдельного измерения параметра решётки составляет 0,001 Å, относительная ошибка отдельного измерения параметра решетки – 0,04 %. Из

рисунка 3 видно, что после закалки от 535 °С (2 ч) с последующим охлаждением в воде при температуре 20 °С, параметр решётки сплава больше параметра решётки чистого алюминия и составляет 4,049 Å, это связано с наличием в твёрдом растворе алюминия атомов кремния, которые являются примесью внедрения. Атомы кремния располагаются в междоузлиях кристаллической решётки алюминия, что приводит к увеличению параметра решётки сплава. В процессе старения сплава происходит перераспределение атомов кремния между α -твёрдым раствором на основе алюминия и фазой чистого кремния, в результате чего параметр решётки сплава увеличивается при всех исследованных временах старения, что наглядно видно на рис. 3.

Таблица 5

Результаты измерений параметров решетки алюминиевого сплава АК9

Исходное состояние				Закалка 535 (2 ч)→20°C			
2 θ , град	θ , град	НКЛ	a, Å	2 θ , град	θ , град	НКЛ	a, Å
44,94	22,47	111	4,048	44,98	22,49	111	4,053
52,36	26,18	200	4,056	52,45	26,23	200	4,051
77,24	38,62	220	4,053	77,30	38,65	220	4,054
91,73	45,86	311	4,137	94,14	47,07	311	4,055
Старение, 8 ч, 4 ч, 0 кА/м				Старение, 557,2 кА/м			
2 θ , град	θ , град	НКЛ	a, Å	2 θ , град	θ , град	НКЛ	a, Å
45,05	22,52	111	4,048	45,07	23,31	111	4,045
52,44	26,22	200	4,052	52,53	26,03	200	4,045
77,34	38,67	220	4,052	77,39	38,51	220	4,049
94,12	47,33	311	4,056	94,14	47,03	311	4,055

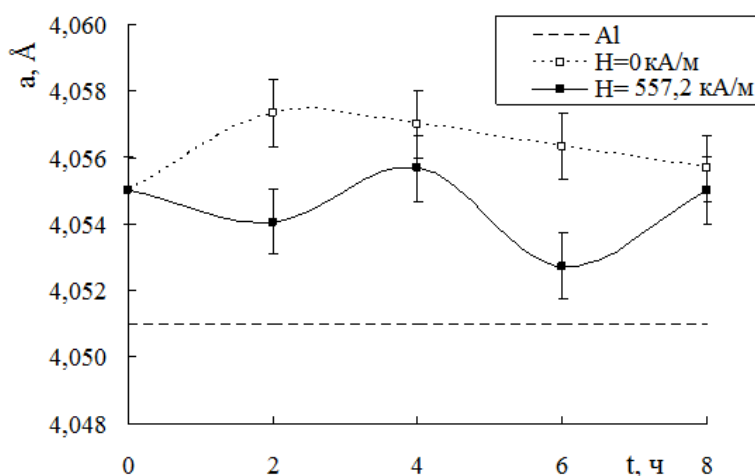


Рис. 3. Зависимость параметра решётки алюминиевого сплава АК9 от напряженности ПМП

Наложение ПМП на те же режимы термической обработки приводит практически всегда, в пределах ошибки измерения, к уменьшению параметра решётки по сравнению с закалённым состоянием. Это связано с тем, что примесь кремния уходит из α -твёрдого раствора на основе алюминия в фазы чистого кремния, что приводит к уменьшению параметра решётки. Кроме этого, из рисунка 3 видно, что значения параметров решётки сплава, состаренного в ПМП, лежат ниже значений параметров решётки сплава, состаренного в отсутствие поля, что коррелирует с временной зависимостью микротвёрдости (рис. 2).

Далее методом аппроксимации было рассчитаны параметры тонкой структуры, а именно средний размер блоков когерентного рассеяния, плотность дислокаций и величина относительной микродеформации (табл. 6). Установлено, что временные зависимости параметров тонкой структуры коррелируют с временными зависимостями микротвёрдости: максимальному значению микротвёрдости сплава, состаренного без поля, соответствует минимальное значение средних размеров блоков когерентного рассеяния и максимальное значение плотности дислокаций и величины относительной микродеформации. Также установлено, что ПМП не изменяет поведение графиков параметров тонкой структуры, т.е. не изменяет стадийности процесса старения. Кроме этого обнаружено, что значения средних размеров блоков когерентного рассеяния при наложении ПМП всегда больше, чем в его отсутствие, а величина относительной микродеформации и плотность дислокаций при наложении поля меньше, чем значения, полученные без него. Это свидетельствует о том, что структура сплава при наложении ПМП становится более однородной и совершенной. Стоит отметить, что

наложение ПМП на процесс старения сплава при 4 ч приводит к уменьшению средних размеров блоков когерентного рассеяния до наноразмеров (табл. 6), данный факт имеет большое научное и практическое значение для получения наноматериалов с заданными свойствами.

В результате проведённого рентгенофазового анализа, получены дифрактограммы исследуемых образцов (рис. 4–6), а также данные об интенсивности линий, межплоскостных расстояниях, полуширине линий каждого образца. По полученным данным были идентифицированы фазы, выделившиеся в процессе старения в ПМП и без него.

На дифрактограммах исходного и закалённого образцов (рис. 4) наблюдаются линии α -твёрдого раствора на основе алюминия, которые смещены в сторону меньших углов относительно линий чистого алюминия.

Данное смещение линий обусловлено наличием в твёрдом растворе алюминия атомов кремния, которые являются примесью внедрения. Атомы кремния располагаются в междоузлиях кристаллической решетки алюминия, что приводит к увеличению параметра решётки сплава и, как следствие, к смещению линий на дифрактограммах. Также обнаруживаются линии, соответствующие фазе Mg_2Si и чистому кремнию. Кроме этого, интенсивность всех линий уменьшается, а их полуширина увеличивается по сравнению с линиями чистого алюминия, что свидетельствует об искажённости кристаллической решётки сплава в связи с наличием примесей.

Отжиг от 2 до 8 ч без наложения поля (рис. 5) приводит к уменьшению интенсивности всех наблюдаемых линий до 2 раз и их уширению по сравнению с линиями закалённого образца.

Таблица 6

Временная зависимость параметров тонкой структуры алюминиевого сплава АК9 при температуре старения 175 °С

Время от- жига, ч	B^{311} , град		D, нм		$\Delta d/d, 10^{-4}$		$\rho, 10^9 \text{ 1/см}^2$	
	H=0 кА/м	H=557,2 кА/м	H=0 кА/м	H=557,2 кА/м	H=0 кА/м	H=557,2 кА/м	H=0 кА/м	H=557,2 кА/м
2	0,25	0,06	110	408	5,2	1,4	24,6	1,80
4	0,38	0,37	74	75	7,8	7,6	54,5	52,4
6	0,26	0,24	107	114	5,4	5,0	26,2	23,0
8	0,15	0,06	178	444	3,2	1,3	9,47	1,52

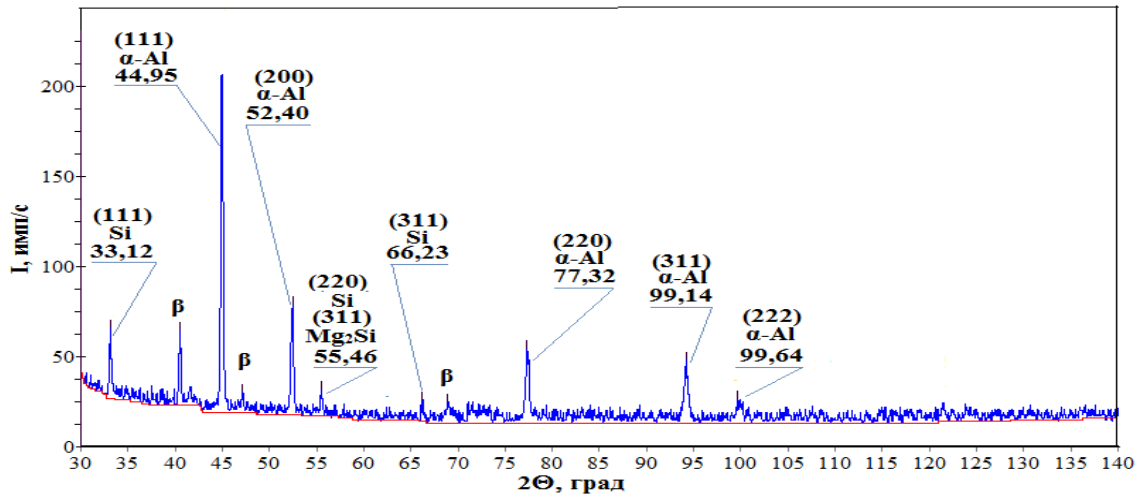


Рис. 4. Дифрактограмма, снятая с закалённого образца алюминиевого сплава АК9

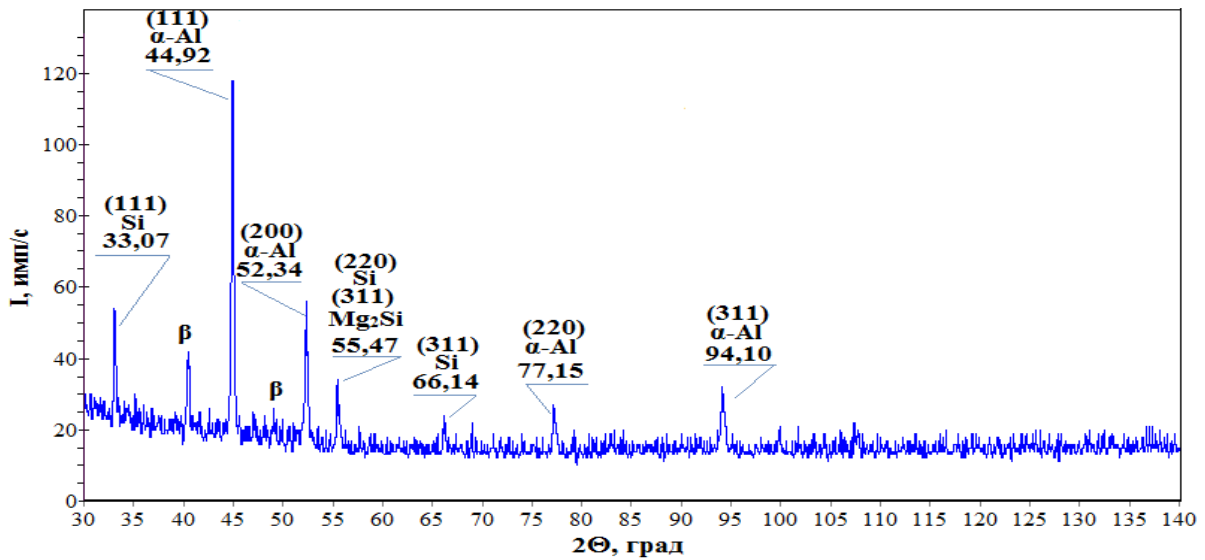


Рис. 5. Дифрактограмма, снятая с отожжённого образца АК9 (H=0 кЭ, t=6 ч, T=175 °C)

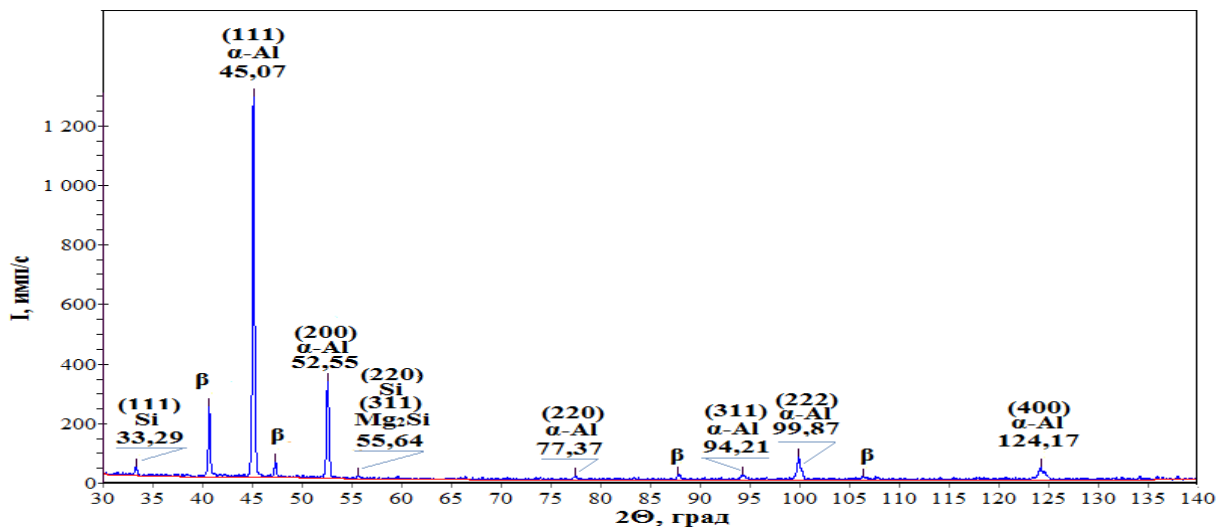


Рис. 6. Дифрактограмма, снятая с отожжённого образца АК9 (H=7 кЭ, t=6 ч, T=175 °C)

Данный факт указывает о большей искажённости кристаллической решётки, связанной с процессами старения и перестройки структуры. Кроме этого, во всем интервале времён старения наблюдается наличие фазы Mg_2Si и чистого кремния. Также во всем исследованном временном интервале наблюдается смещение линий α -твёрдого раствора на основе алюминия в сторону меньших углов, что связано с увеличением параметра решётки сплава.

Наложение ПМП напряжённостью 557,2 кА/м на те же режимы термической обработки (рис. 6) приводит к увеличению интенсивности до 10 раз всех наблюдаемых линий и уменьшению их полуширины, что свидетельствует о формировании более совершенной и однородной структуры сплава. Кроме этого, по-прежнему наблюдаются линии, соответствующие фазе Mg_2Si и чистому кремнию.

Результаты работы могут быть учтены при создании новых и развития существующих технологий термомагнитной обработки алюминиевых сплавов и прогнозирования его физико-механических свойств.

Заключение

Методами микротвёрдости, металлографического и рентгеновского анализов выполнено экспериментальное исследование влияния ПМП напряжённостью 557,2 кА/м на микроструктуру, микротвёрдость, параметры решётки, параметры тонкой структуры и кинетику фазообразования в алюминиевом сплаве АК9, состаренном во временном интервале от 2 до 8 ч при температуре отжига 175 °С.

Методом металлографии установлено, что наложение ПМП на старение сплава приводит к увеличению площади тёмных участков, соответствующих чистому кремнию, до трёх раз.

Наблюдается положительный магнитоэластический эффект, приводящий к уменьшению микротвёрдости до 25 %, при этом пластические свойства сплава возрастают.

Установлена корреляция между временными зависимостями микротвёрдости, параметрами решётки и параметрами тонкой структуры: при наложении ПМП значения микротвёрдости, параметров решётки, плотности дислокаций и относительной величины

микрореформации меньше, чем без поля, а средний размер блоков когерентного рассеяния больше.

Наложение ПМП на процесс старения сплава при 4 ч приводит к уменьшению средних размеров блоков когерентного рассеяния до наноразмеров, данный факт имеет большое научное и практическое значение для получения наноматериалов с заданными свойствами.

Обнаружено, что наложение ПМП на старение алюминиевого сплава АК9 приводит к увеличению интенсивности до 10 раз всех наблюдаемых линий (α -твёрдого раствора на основе алюминия, фазы Mg_2Si и чистого кремния) и уменьшению их полуширины, что свидетельствует о формировании более совершенной и однородной структуры сплава.

Литература

1. Каблов Е. Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» // Авиационные материалы и технологии. 2015. № 1 (34). С. 3–33.
2. Антипов В. В. Стратегия развития титановых, магниевых, бериллиевых и алюминиевых сплавов // Авиационные материалы и технологии. 2012. № S. С. 157–167.
3. Каблов Е. Н., Антипов В. В., Клочкова Ю. Ю. Алюминий-литиевые сплавы нового поколения и слоистые алюмокомпозиты на их основе // Цветные металлы. 2016. № 8. С. 86 – 91.
4. Каблов Е. Н., Оспенникова О. Г., Вершков А. В. Редкие металлы и редкоземельные элементы – материалы современных и будущих высоких технологий // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2013. № 2. С. 3–10
5. Климов В. Н., Козлов Д. М. Современные авиационные конструкционные сплавы. Самара: Изд-во Самарского университета, 2017. 40 с.
6. Антипов В. В., Клочкова Ю. Ю., Романенко В. А. Современные алюминиевые и алюминий-литиевые сплавы // Авиационные материалы и технологии. 2017. С. 195–211.
7. Изменение структуры сплава АК9ч., полученного селективным лазерным

спеканием, в процессе термической обработки / Д. К. Рябов, Д. В. Зайцев, Н. В. Дынин [и др.]. // Труды ВИАМ: электрон. науч.-технич. журн. 2016. № 9 (45). С. 20–29.

8. Белов Н. А., Савченко С. В., Хван А. В. Фазовый состав и структура силицидов: Справочное издание. М.: МИСИС, 2008. 283 с.

9. Бунин К. П., Баранов А. А. Металлография. М.: Металлургия, 1970. 254 с.

10. Осинская Ю. В., Покоев А. В. Упрочнение бериллиевой бронзы при старении в постоянном магнитном поле // Физика и химия обработки материалов. 2003. № 3. С. 12–17.

11. Osinskaya J. V., Pokoev A. V., Perov N. S. The Magneto-Plastic Effect at Beryllium Bronze after Aging in the Constant Magnetic Field // Defect and Diffusion Forum. 2006. Vol. 249. P. 111–114.

12. Альшиц В. И., Даринская Е.В., Колдаева М.В. и др. Магнитопластический эффект: основные свойства и физические механизмы // Кристаллография. 2003. Т. 48. С. 838–867.

13. Головин Ю. И. Магнитопластичность твёрдых тел // Физика твердого тела. 2004. Т. 46. Вып. 5. С. 769–803.

14. Моргунов Р. Б. Спиновая микромеханика в физике пластичности // Успехи физических наук. 2004. Т. 174. № 2. С. 131–153.

TIME DEPENDENCE OF PARAMETERS OF THE MAGNETOPLASTIC EFFECT IN AGED ALUMINIUM ALLOY AK9 UNDER A CONSTANT MAGNETIC FIELD

Ju. V. Osinskaya, A. V. Pokoev, S. G. Magamedova

This paper presents the results of the complex experimental study of the effect of the constant magnetic field and aging time on the microstructure, microhardness, lattice parameters, fine structure parameters and phase composition of aged AK9 aluminum alloy. It has been established that when the constant magnetic field is applied, a positive magnetoplastic effect is observed, the value of which reaches 25 %. The correlation was found between the plots of microhardness and fine structure parameters versus aging time. The application of the constant magnetic field leads to the formation of a more perfect and uniform structure of the alloy, as evidenced by an increase in the intensity of diffraction lines and a decrease in their half-width.

Key words: aging, microhardness, phase composition, X-ray phase analysis.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Osinskaya Ju. V., Pokoev A. V., Magamedova S. G., 2020.

Osinskaya Julia Vladimirovna (ojv76@mail.ru), associate professor;

Pokoev Alexander Vladimirovich (a.v.pokoev46@mail.ru), professor;

Magamedova Selimat Gabibullaevna (shakhbanovasel@mail.ru),

postgraduate student of the Solid State Physics and Nonequilibrium Systems Department of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ В ПОРИСТО–ТЕКСТУРИРОВАННОЙ СТРУКТУРЕ

И. А. Шишкин, Л. А. Лизункова, Н. В. Латухина

В данной работе производилось моделирование распространения электрического поля световой волны на поверхности текстурированной структуры кремния, что позволило выявить оптимальные параметры пористого слоя, приводящие к снижению коэффициента отражения во всем исследуемом спектральном диапазоне. Симуляция распределения эл. поля была проведена в пакете COMSOL Multiphysics. Результаты моделирования распределения электрического поля показали, что полное отражение практически отсутствует. Большая часть электрического поля концентрируется в микропоры и на грани пирамид. Это наглядно подтверждает, что пористо-текстурированная поверхность с неупорядоченной системой пор разных диаметров может понизить коэффициент отражения до значения ниже 0,1 %.

Ключевые слова: светочувствительные структуры, пористый кремний, текстурированная поверхность, MACE, COMSOL Multiphysics.

Существует ряд практических проблем для создания светочувствительных структур, в которых необходимо многократно уменьшить коэффициент отражения на границе двух сред. В этой работе была выбрана текстурированная кремниевая подложка, которая изначально имела хорошие оптические характеристики, и было проведено химическое травление для улучшения поглощения света. Моделирование распределения электрического поля на пористой и исходной текстурированной поверхности было выполнено, чтобы описать физические процессы для данной геометрии поверхности.

Пористые структуры были получены в результате металл-стимулированного химического травления (MACE) на текстурированной поверхности (рис. 1 А), где наночастицы серебра действовали в качестве катализатора [1, 2]. В результате травления поры порядка 1 микрона образовались на гранях пирамид и в промежутках между ними (рис. 1 Б). Распределение электрического поля на такой

поверхности моделировалось в математическом пакете COMSOL Multiphysics.

Условия и методы исследования

При построении модели нужно было учитывать два фактора. Первый заключался в том, что для получения результатов наглядного характера необходима реализация 3D модели поверхности кремния и объема среды нахождения данной подложки. Все моделирования осуществлялись в программном пакете КОМПАС-3D (рис. 2 А). Второй факт заключался в том, что после химических реакций на поверхности кремния видно, что помимо «щелевидных» пор на стыках пирамид, возникают поры также и на самих гранях. Можно заметить по масштабу снимка, полученного с растрового электронного микроскопа (рис. 1 А), что диаметры пор составляют 0,1–0,7 мкм. Поэтому приближенно сконструирована 3D модель структуры, где присутствуют и щелевидные поры, и хаотично расположенные микропоры на гранях пирамид (рис. 2 Б).

© Шишкин И. А., Лизункова Д. А., Латухина Н. В., 2020.

Шишкин Иван Александрович (shishkinivan9@gmail.com), магистрант физического факультета;

Лизункова Дарья Александровна (daria.lizunkova@yandex.ru),

старший преподаватель кафедры наноинженерии;

Латухина Наталья Виленовна (natalat@yandex.ru),

доцент кафедры физики твёрдого тела и неравновесных систем Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

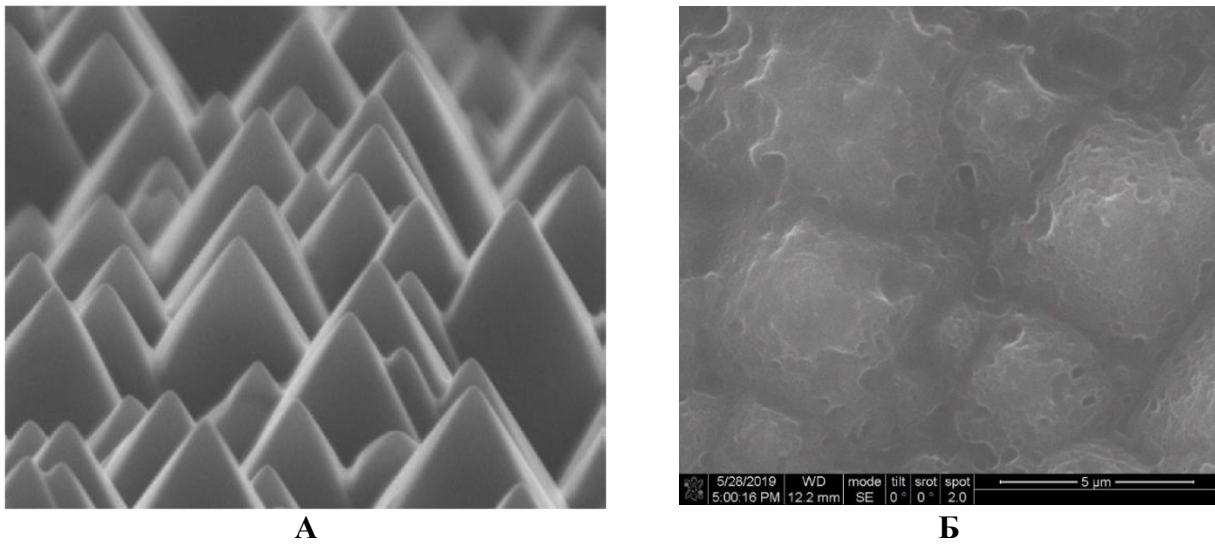


Рис. 1. РЭМ-изображение текстурированной поверхности кремния:
А – до металл-стимулированного химического травления,
Б – после металл-стимулированного химического травления

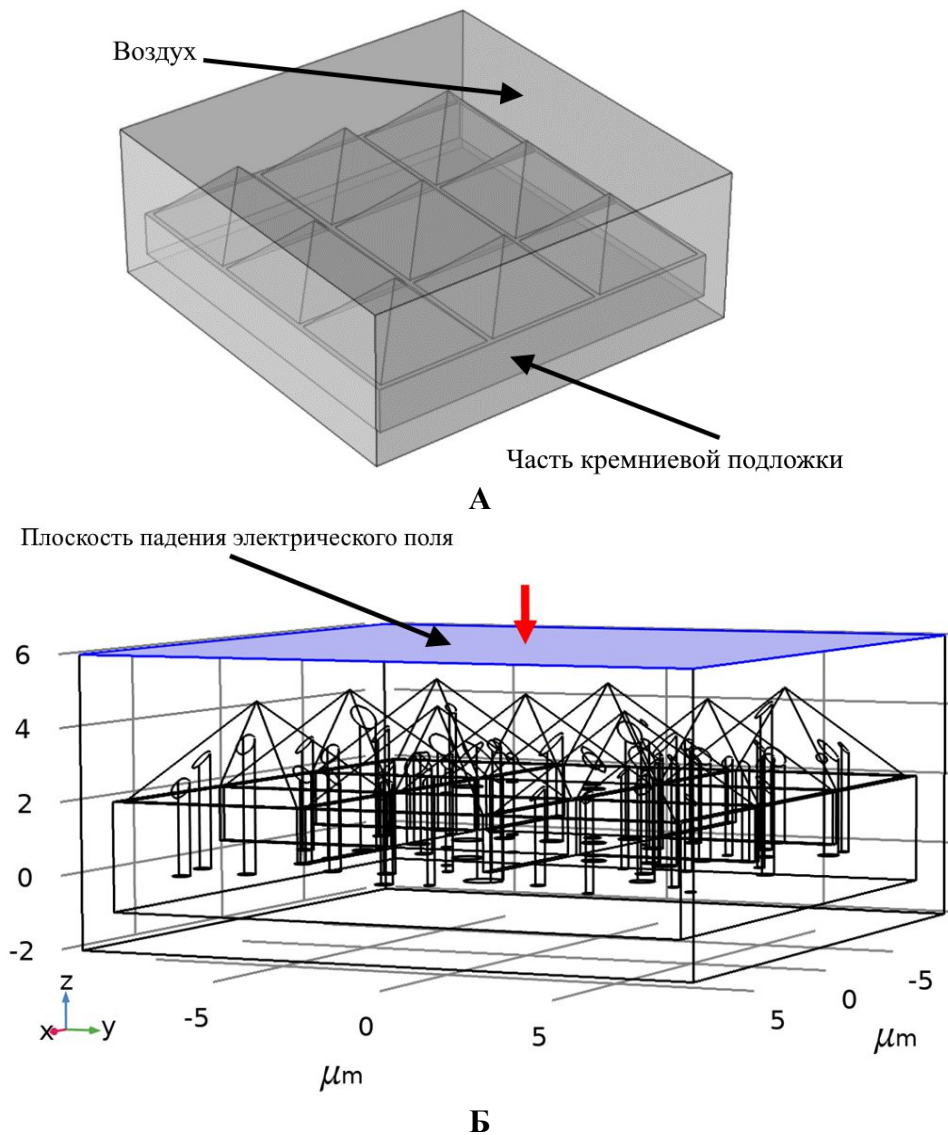


Рис. 2. 3D модель части текстурированной подложки кремния,
использующиеся в пакете Comsol Multiphysics

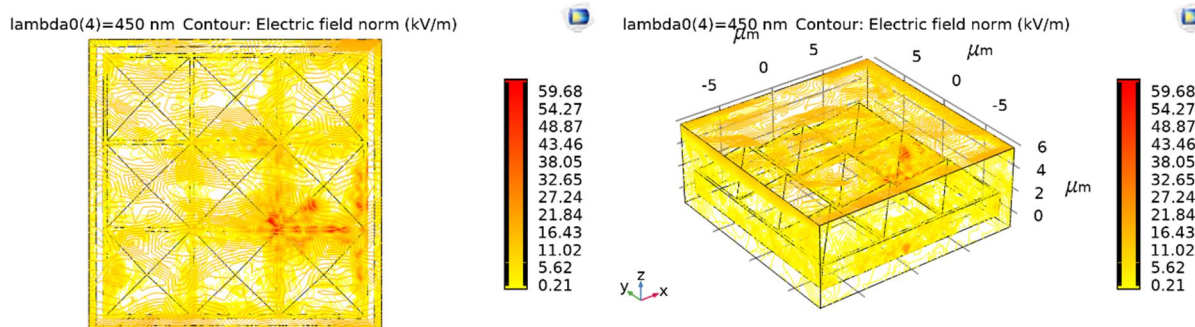


Рис. 3. Результаты моделирования распределения электрического поля на текстурированной подложке

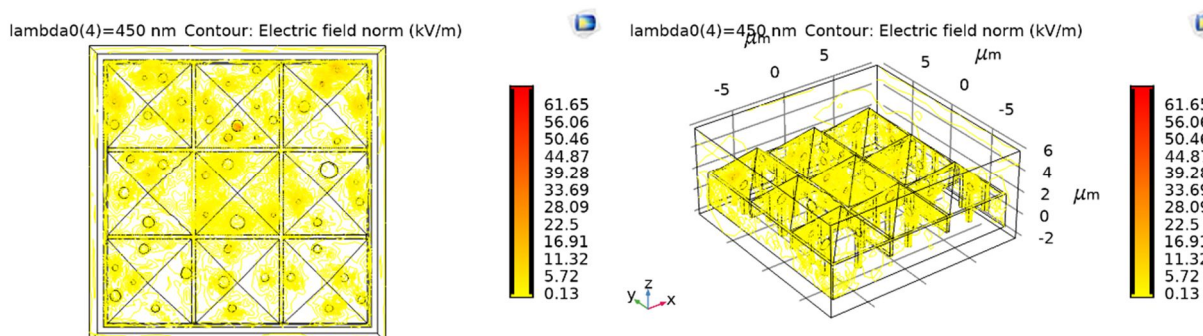


Рис. 4. Результаты моделирования распределения электрического поля на пористо-текстурированной подложке

Для решения поставленной задачи была выбрана система, где часть подложки кремния находится в воздушной среде, поэтому было взято волновое уравнение на основе переменной напряженности электрического поля для двух сред:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) - k_0^2 \epsilon_r \mathbf{E} = 0$$

По умолчанию в программном пакете уже прописаны оптические параметры, такие как волновой вектор (k_0) и диэлектрическая проницаемость (ϵ_r) материала для каждой среды. В нашем случае такими средами служат воздух и кремний. Симуляция распространения эл. поля, проведенная в программном пакете в области оптического диапазона (400–1000 нм), позволяет рассчитать распределение ближнего поля.

Граничными условиями, при которых выполняется условие $n \times \mathbf{E} = 0$, в данной системе являются боковые грани ограниченной воздушной среды. Верхняя грань, ограниченного объема, в общем случае является плоскостью плотности потока энергии падающего излучения, которая выражается следующим выражением:

$$\mathbf{\Pi} = \frac{\int_{\partial\Omega} (\mathbf{E} - \mathbf{E}_1) \mathbf{E}_1}{\int_{\partial\Omega} \mathbf{E}_1 \cdot \mathbf{E}_1}$$

где $\mathbf{\Pi}$ – вектор Умова - Пойтинга. Поскольку модель находится в декартовой системе координат, то вектор падения $\mathbf{E}_1 = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$.

Численным методом для решения поставленной задачи являлось построение сетки конечных элементов для всей системы. Размеры одного элемента сетки составляли от 0,1 до 5 мкм.

Результаты и их обсуждение

Результаты моделирования в программном пакете показаны на рис. 3 и 4. В случае, когда свет с длиной волны около 450 нм падает на текстурированную поверхность без пор, распределение электрического поля в основании текстурированной поверхности намного выше, чем на вершинах и гранях пирамид. При получении графиков отражения от той или иной структуры, обычно наблюдают наименьшее отражения в видимом диапазоне (450–550 нм), поэтому результаты моделирования распределения электрического поля на текстурированной подложке были взяты при длине волны 450 нм.

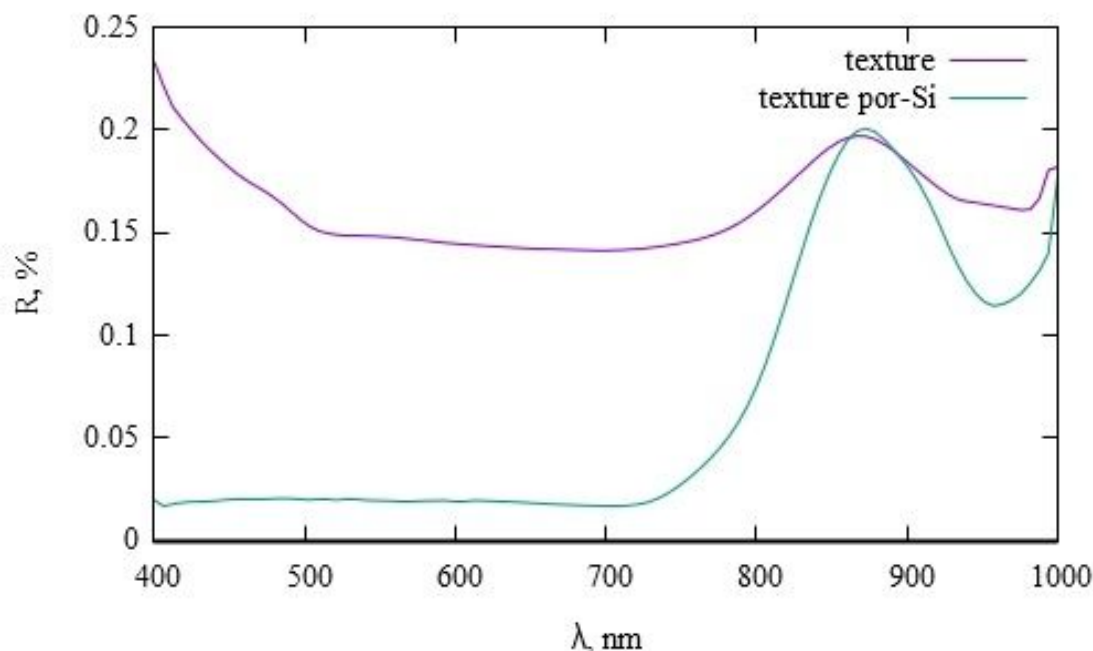


Рис. 5. Спектральные характеристики коэффициента отражения для текстурированной и пористо-текстурированной поверхности

Контурная карта распределения электрического поля (рис. 2) подтверждает, что текстурированная поверхность отражает свет между гранями пирамидок, тем самым увеличивает площадь поглощения света. При этом стоит учитывать и недостатки данной морфологии, а именно то, что свет может падать на поверхность при разных углах, это приводит к полному отражению, либо к «переотражениям» от граней пирамид. Все эти минусы можно наблюдать на самих контурных картах. Полное отражение света наблюдается на верхней плоскости объема воздуха. Многочисленные отражения от граней пирамидальной поверхности подтверждаются повышенным распределением эл. поля у основания подложки. Это связано с особенностями геометрии поверхности.

Ситуация меняется, когда поверхность пирамид покрыта микропорами. Электрическое поле равномерно распределено по всей поверхности, где видно, что в микроканалах высокая плотность эл. поля. Поры на поверхности граней пирамиды действуют как концентратор излучения, и, учитывая, что свет отражается на гранях пирамиды во время падения, мы получаем почти полное поглощение света. Симуляция распространения электрического поля наглядно подтверждает, что пористо-текстурированная поверхность может понизить коэффициент отражения до значения ниже 0,1 %.

Для проверки результатов моделирования исследованы экспериментальные зависимости коэффициента отражения кремниевых подложек размером 2,5 x 2,5 см. На рис. 5 показано, что в диапазоне длин волн от 400 до 750 нм наблюдается существенная разница в полученных кривых, где их разность составляет 0,1–0,15 %. В инфракрасном диапазоне пористая структура уже менее светочувствительна, поскольку размер пор в среднем составляет около 0,1–0,7 мкм, что меньше длины падающего излучения.

Заключение

Таким образом, исследования показали, что пористо-текстурированная поверхность кремния может служить хорошим решением для создания светочувствительных структур, которые смогли работать в оптическом диапазоне, а также и в ИК-области, учитывая сам факт того, что для прохождения волн выше 1000 нм необходимо проводить электрохимическое травление или МАСЕ при больших временах, для получения макропор. В таком случае можно добиться коэффициента отражения при значениях меньше 0,5 % при данных диапазонах.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм

предприятий в научно-технической сфере № 12980ГУ/2018.

Литература

1. Оптические свойства нитевидных наноструктур, полученных металлстимулированным химическим травлением пластин слабо легированного кристаллического кремния / К. А. Гончар, Л. А. Осминкина,

В. Сиваков [и др.] // Физика и техника полупроводников. 2014. Т. 48. № 12. С. 1654–1659.

2. Формирование кремниевых нанонитей методом металл-стимулированного химического травления и исследование их оптических свойств / А. В. Бондаренко, К. В. Гирель, С. А. Невзоров [и др.] // Доклады БГУИР. 2016. № 2 (96). С. 5–10.

3D MODEL OF ELECTRIC FIELD DISTRIBUTION IN A PORES-TEXTURED STRUCTURE

I. A. Shishkin, D. A. Lizunkova, N. V. Latukhina

In this article, we simulated the propagation of an electric field on the surface of a textured silicon structure. This made it possible to identify the optimal parameters of the porous layer, which contribute to a decrease in the reflection coefficient in the entire studied spectral range. Simulation of the distribution of the electric field was carried out in the COMSOL Multiphysics package. The results of modeling the distribution of the electric field showed that largely there is no full reflection. Most of the electric field is concentrated in micropores and on the verge of pyramids. This clearly confirms that a porous-textured surface with a disordered system of pores of different diameters can lower the reflection coefficient to a value below 0,1 %.

Key words: photosensitive structures, porous silicon, textured surface, MACE, COMSOL Multiphysics.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Shishkin I. A., Lizunkova D. A., Latukhina N. V., 2020.

Shishkin Ivan Aleksandrovich (shishkinivan9@gmail.com), graduate student of the Physics Faculty;

Lizunkova Daria Aleksandrovna (daria.lizunkova@yandex.ru),

senior lecturer department of nanoengineering;

Latukhina Natalya Vilenovna (natalat@yandex.ru),

professor of the Solid State Physics and Nonequilibrium Systems Department of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

UDC 621.373.826 + 681.7.064.452 + 681.7.064.454

INTERFERENCE COATING CALCULATION FOR DPSS LASER CAVITY END MIRROR

A. R. Rymzhina, S. A. Avdeyko, K. V. Cherepanov

The paper gives a basic idea of laser operation and its general classification. The interference coating calculation results for two sides of a DPSS pulsed solid-state laser with a passive Q-switching and extracavity frequency doubling cavity end mirror are also discussed. It is shown that the obtained calculation results satisfy the requirements for coatings of optical elements. The calculated interference coatings provide the necessary percent of radiation reflection and transmission at certain wavelengths. The necessity of such calculations lies in the fact that in order to achieve the required percent of radiation transmission at specific wavelengths, specific interference coatings are applied. Qualitative calculation implies the possibility of fabricating optical elements with a similar coating, that is the number of layers should not be too large, and their thickness should not be too small.

Key words: optical element, reflection, transmission, complex coating, thin films, resonator.

Lasers or optical quantum generators are sources of coherent radiation with a number of unique properties. When the first working laser was reported in 1960, it was described as «a solution looking for a problem» [1]. One of the most important properties of laser radiation is an extremely high degree of its monochromaticity, which is unattainable from natural sources. Lasers are widely used in materials processing technology, medicine, optical navigation, communication and location systems, in precision interference experiments, chemistry, everyday life, etc.

Optical quantum generators are classified according to many criteria:

- according to the operating mode: pulsed and continuously operated lasers;
- according to the active medium: liquid; gas; solid state; free electron lasers;
- according to the method of a laser active medium excitation (pumping): gas-discharge; gas-dynamic; diode; chemical; optically pumped; nuclear pumped; lasers with electron beam pumping (special types of semiconductor and gas lasers).

In order to understand the basics of laser operation, it is necessary to study more carefully

the processes of photon absorption and emission. An atom can be in different energy states with energies E_1 , E_2 , etc. A stable state in which an atom can remain indefinitely in the absence of external disturbances is the state with the lowest energy. This state is called the ground state. All other states are unstable. An excited atom can remain in these states only for a very short time about 10^{-8} s, then it spontaneously passes into one of the lower states, emitting a quantum of light. Such radiation is called spontaneous emission. At some energy states, an atom can remain much longer – about 10^{-3} s. Such atom energy states are called metastable states [2].

An atom jump to a higher energy state can occur during resonant absorption of a photon, the energy of which is equal to the difference in the atom energy in the final and initial states. Atom jumps are not necessarily related to the photon absorption or emission. In 1916, A. Einstein predicted that the electron transition from the upper energy state to the lower one can occur under the external electromagnetic field influence, the frequency of which is equal to the natural transition frequency. The obtained radiation is called stimulated or induced emission. As a

© Rymzhina A. R., Avdeyko S. A., Cherepanov K. V., 2020.

Rymzhina Anastasiia Romanovna (*nasty.a.rymzhina.98@mail.ru*),

student IV course of the Faculty of electronics and instrument engineering;

Avdeyko Svetlana Albertovna (*asa210770@mail.ru*),

senior lecturer of the Department of Foreign Languages and Russian as a Foreign Language;

Cherepanov Konstantin Vladimirovich (*konstant-ch@yandex.ru*),

postgraduate student of the Faculty of electronics and instrument engineering of the Samara University, 443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

result of the interaction of an excited atom and a photon, an atom emits another photon of the same frequency, propagating in the same direction. That is, an atom emits an electromagnetic wave that has the same frequency, phase, polarization, and direction of propagation as the original wave. In the stimulated photon emission, the amplitude of the propagating wave in the medium increases. Due to the interaction of an excited atom with a photon, the frequency of which is equal to the transition frequency, two completely identical photons appear. It is the induced emission of radiation that is the physical basis for lasers operation [2].

In order to amplify the wave passing through the layer of material, it is necessary to create a population inversion of states. Such a medium is thermodynamically nonequilibrium. The medium in which the population inversion of states is created is called active medium. It can be used as a resonant light signal amplifier. To start a light generation, it is necessary to use feed-back. To do this, the active medium must be placed between two mirrors that reflect light strictly back so that it passes through the active medium many times, causing an avalanche-type process of induced coherent photons emission. In this case, the population inversion of states must be maintained in the medium. This process is called pumping.

Under certain conditions, the start of an avalanche-type process in such a system can be caused by a random spontaneous act in which radiation directed along the system axis emerges. After some time, a steady-state regime occurs in such a system. This is the laser. Laser beam is coupled out through one of the mirrors, which has partial transparency [3]. To provide the necessary percent of reflection and transmission of mirrors between which the active medium is located, special interference coatings are applied.

The aim of this work is to calculate the antireflective and reflective interference coating for wavelengths of 808 nm and 1064 nm for two

sides of a DPSS pulsed solid-state laser with a passive Q-switching and extracavity frequency doubling cavity end mirror.

1. The operation principle of DPSS pulsed solid-state laser with a passive Q-switching and extracavity frequency doubling

A Diode-pumped solid-state laser (DPSS) is a type of solid-state laser in which a laser diode (LD) is used for pumping [4]. DPSS lasers are highly efficient and compact in comparison with gas and other solid state lasers. In recent years, DPSS lasers have gained favor as radiation sources in laser pointers of green, yellow, and some other colors. In a typical DPSS laser scheme shown in fig. 1, the pump source is a powerful infrared LD (from 100 mW to several hundred watts) with a wavelength of 808 nm. This LD is optically coupled by means of transfer optics with the active medium of a solid-state laser. Let us assume that the active medium emits at a wavelength of 1064 nm. If a nonlinear optical crystal (KTiOPO₄, KTP) is attached to its output, then the initial radiation frequency doubles in it and the output beam has a wavelength of 532 nm. This corresponds to the green color of visible radiation. The efficiency of such a system is approximately 20 %. The main advantage of DPSS lasers in comparison with LD is the high radiation quality, both in terms of monochromaticity and in terms of focusing and beam divergence. DPSS lasers have a narrower wavelength range (less than 1 nm in comparison with 5–20 nm in case of diode lasers) and much smaller beam divergence [4].

2. Optical cavity

An optical cavity or resonator is a combination of several reflective optical elements, organizing an open resonator forming a standing light wave. Optical resonators provide positive feedback to ensure multiple pass of laser radiation through the active medium, which results in light flux amplification [3].

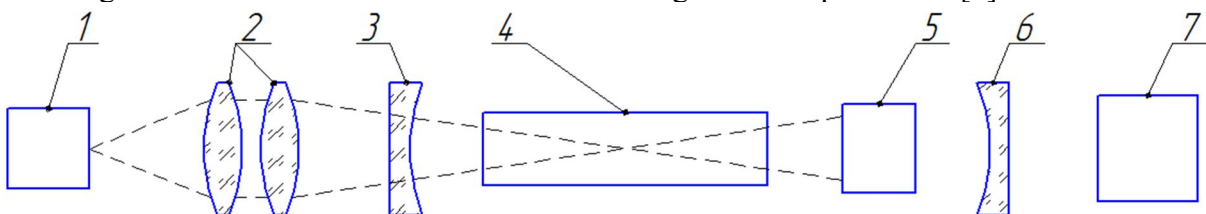


Fig. 1. Scheme of DPSS pulsed solid-state laser with a passive Q-switching and extracavity frequency doubling: 1 – pump radiation source, 2 – condenser, 3 – cavity end mirror, 4 – Nd:YAG crystal, 5 – passive Cr:YAG modulator, 6 – output mirror, 7 – KTP nonlinear crystal

Light is reflected many times, thereby forming standing waves with certain resonant frequencies. In general, optical cavities formed by two reflective elements are used. Resonators with spherical mirrors are most commonly used. The resonator geometric parameters are selected based on the requirements of stability and on such factors as, for example, the formation of the smallest beam waist.

The resonator is called unstable when an arbitrary beam, successively reflected from each of the mirrors, is removed at an unlimited distance from the cavity axis. Conversely, a resonator in which a beam remains within a limited region is called stable.

To ensure stability, the ratio of the mirrors curvature radii R_1 , R_2 and the cavity optical length L must satisfy the following formula [3]:

$$0 \leq \left(1 - \frac{L}{R_1}\right) \left(1 - \frac{L}{R_2}\right) \leq 1$$

To ensure the necessary percent of reflection and transmission of mirrors in the laser resonator, special optical coatings in a form of thin films, are applied to these optical elements.

Thin films are thin layers of material, the thickness of which ranges from fractions of a nanometer (monoatomic layer) to several microns. They differ fundamentally from thick films by methods of deposition on a substrate. Solid thin films deposited on the surface of various objects are widely used.

Conditions and research methods

The MCalc software was used to calculate the antireflection and reflection interference coatings for the cavity end mirror. Titanium oxide was chosen as the coating material with a higher refractive index, and silicon oxide was chosen as the coating material with a lower refractive index. The number of layers was selected by reasons of the possibility of producing such a coating in practice, provided that the necessary percent of radiation transmission at specific wavelengths (808 nm and 1064 nm) was provided.

Results and discussion

Figure 2 shows a sketch of a cavity end mirror for which an interference coating was calculated. Coating was calculated for two sides of a cavity end mirror.

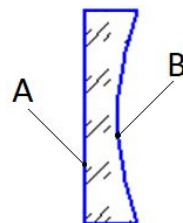


Fig. 2. Cavity end mirror

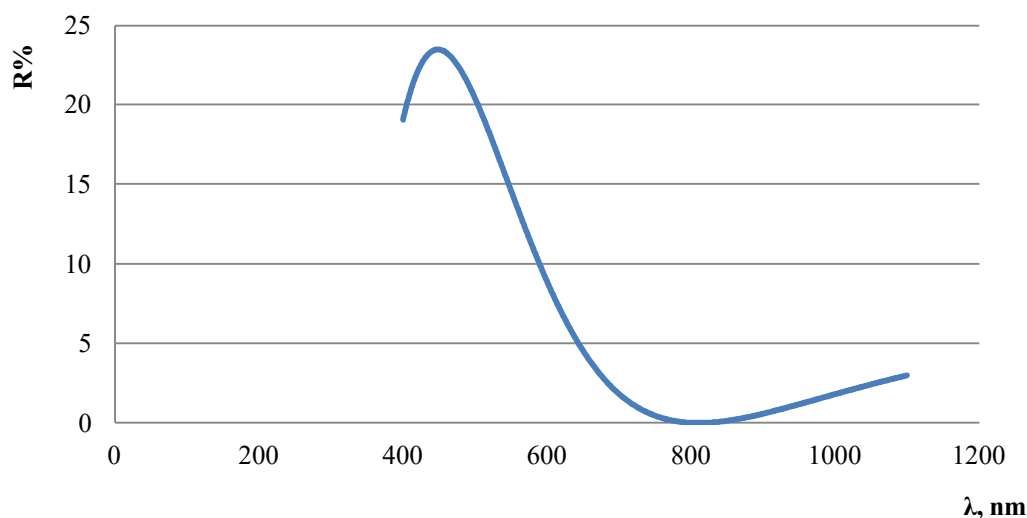


Fig. 3. Dependence of the reflection of a cavity end mirror side A with calculated antireflection coating on the incident beam wavelength

Table 1

Interference coating calculation results for side A

1.51/HL/ 1						
No	layer ID	Material	Refr. Indx	Opt. Thkn.	Phys. Thkn.	Monitoring Wl
1	H	TiO ₂	2,320	0,244	21,272	808
2	L	SiO ₂	1,428	1,323	187,228	808
Wavelength: 808 nm						

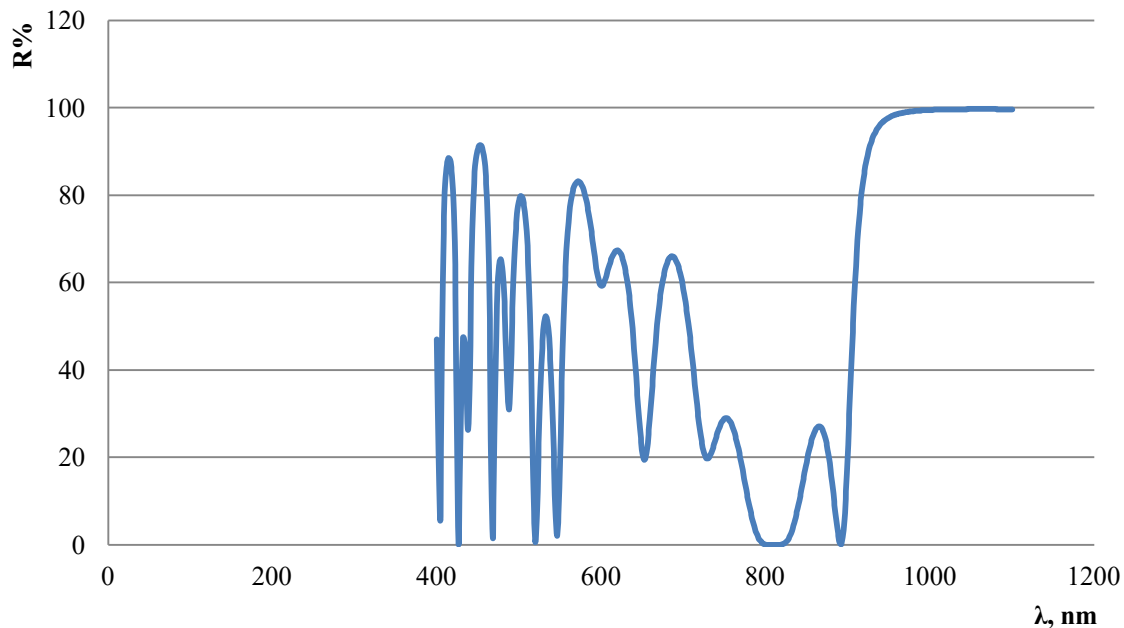


Fig. 4. Dependence of the reflection of a cavity end mirror side B with calculated antireflection and reflection coatings on the incident beam wavelength

For side A, it was necessary to obtain such a thin film that would allow radiation with a pump wavelength of 808 nm to completely pass into the resonator. As a result of the calculation, the dependence of reflection on the wavelength on side A was obtained, which is shown in fig. 3. At a wavelength of 808 nm, the reflection is 0.0005063826%, that is, all incident radiation with a given wavelength will completely pass into the cavity through the cavity end mirror. Table 1 shows the antireflection coating calculation results for side A. Here H is the coating layer with a bigger refractive index; L is the layer with a lower refractive index. To achieve the required antireflection degree at a wavelength of 808 nm, only two layers were needed – a layer of silicon oxide and titanium oxide.

For side B, it was necessary to obtain such a thin film that would transmit radiation with a wavelength of 808 nm into the cavity and reflect radiation with a laser wavelength of 1064 nm. As a result of calculation, the dependence of reflection on

wavelength on side B was obtained, which is shown in fig. 4. At a wavelength of 808 nm, the reflection is 0.02409379%, that is, all incident radiation with a given wavelength will completely pass into the cavity through the cavity end mirror. At a wavelength of 1064 nm, the percentage of reflection is 99.7338%, which is permitted by the specified tolerance, that is, all incident radiation with a given wavelength will be reflected from the cavity end mirror inside the cavity.

Table 2 shows the coating calculation results for side B. To achieve the desired result, 15 layers of silicon oxide and titanium oxide were required.

Conclusion

As a result of this work, the fundamental principles of the laser operation were presented, and the interference coating was calculated for both sides of a DPSS pulsed solid-state laser with a passive Q-switching and extracavity frequency doubling cavity end mirror.

Table 2

Interference coating calculation results for side B

1,51/(HL) ⁷ H/1						
№	layer ID	Material	Refr. Indx	Opt. Thkn.	Phys. Thkn.	Monitoring Wl
1	H	TiO ₂	2,320	1,210	138,782	1064
2	L	SiO ₂	1,427	0,517	96,479	1064
3	H	TiO ₂	2,320	1,451	166,366	1064
4	L	SiO ₂	1,427	0,861	160,569	1064
5	H	TiO ₂	2,320	0,780	89,428	1064
6	L	SiO ₂	1,427	1,117	208,325	1064
7	H	TiO ₂	2,320	0,883	101,257	1064
8	L	SiO ₂	1,427	1,347	251,072	1064
9	H	TiO ₂	2,320	0,704	80,677	1064
10	L	SiO ₂	1,427	0,883	164,669	1064
11	H	TiO ₂	2,320	1,263	144,803	1064
12	L	SiO ₂	1,427	0,827	154,265	1064
13	H	TiO ₂	2,320	0,947	108,560	1064
14	L	SiO ₂	1,427	1,028	191,677	1064
15	H	TiO ₂	2,320	1,226	140,533	1064
Wavelength: 1064 nm						

The calculated complex coatings provide the necessary fraction of radiation reflection and transmission at given wavelengths. The need for such calculations lies in the fact that in order to achieve the required percent of transmission at specific wavelengths, specific interference coatings are applied. Qualitative calculation implies the possibility of fabricating of optical elements with a similar coating, that is, the number of layers should not be too large, and their thickness should not be too small. It is shown that to achieve the necessary radiation transmission at a wavelength of 808 nm, a two-layer coating is required – a layer of silicon oxide and titanium oxide, and for simultaneous radiation transmission at a wavelength of 808 nm and radiation reflection at a wavelength of 1064 nm, 15 layers of silicon oxide and titanium oxide are required. Thus, the calculation performed fully satisfies

the requirements outlined above, proving out the fact that this coating can be fabricated in practice.

Literature

1. Townes C. H. The first laser // A Century of Nature: Twenty-One Discoveries that Changed Science and the World. University of Chicago Press, 2003. P. 107–112.
2. Федоров Б. Ф. Лазеры. Основы устройства и применение. М.: ДОСААФ, 1988. 190 с.
3. Звелто О. Принципы лазеров. М.: Мир, 1990. 560 с.
4. Волков В. Г. Твердотельные лазеры с накачкой мощными лазерными диодами, используемые в системах обеспечения безопасности // Системы управления, связи и безопасности. 2016. №2. С. 142–181.

РАСЧЁТ ИНТЕРФЕРЕНЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ГЛУХОГО ЗЕРКАЛА ДЛЯ DPSS ЛАЗЕРА

А. Р. Рымжина, С. А. Авдейко, К. В. Черепанов

В данной статье даётся базовое представление о работе лазеров, их общая классификация, а также обсуждается проведённый расчёт интерференционного покрытия для двух сторон глухого зеркала импульсного твердотельного DPSS лазера с пассивной модуляцией добротности и внрезонаторным удвоением частоты. Показано, что полученные расчёты удовлетворяют требованиям, предъявляемым к покрытиям оптических элементов. Рассчитанные интерференционные покрытия обеспечивают необходимую долю отражения и пропускания излучения на заданных длинах волн. Необходимость подобных расчётов заключается в том, что для осуществления требуемой степени пропускания на конкретных длинах волн наносятся конкретные интерференционные покрытия. Качественный расчёт подразумевает возможность изготовления оптических элементов с подобным покрытием, то есть количество слоев не должно быть слишком большим, а их толщина – слишком маленькой.

Ключевые слова: оптический элемент, отражение, пропускание, сложное покрытие, тонкие пленки, резонатор.

Статья поступила в редакцию 08.06.2020 г.

ХИМИЯ

УДК 548.31

ОСОБЕННОСТИ КООРДИНАЦИИ АТОМОВ ГЕРМАНИЯ В КОМПЛЕКСАХ GeC_n

Ю. Н. Костромина, М. О. Карасев

В данной работе с помощью стереоатомной модели строения кристаллов охарактеризованы особенности координации атомов четырехвалентного германия в комплексах GeC_n, которые входят в состав кристаллов германийорганических соединений. С использованием комплекса компьютерных топологических программ Торос методом пересекающихся секторов установлены координационные числа всех атомов, рассчитаны важнейшие характеристики полиэдров Вороного-Дирихле атомов германия в окружении атомов углерода и проведен статистический анализ полученных данных. Показано, что атомы германия (IV) по отношению к атомам углерода проявляют координационные числа 3 и 4, реализуя координационные полиэдры в виде плоского треугольника и искаженного тетраэдра.

Ключевые слова: германийорганические соединения, полиэдры Вороного-Дирихле, кристаллохимический анализ, метод пересекающихся секторов.

Германий находится практически в центре периодической системы, в результате чего обладает свойствами присущими как металлам, так и неметаллам. В промышленности германийорганические соединения используются в качестве теплоносителей и прекурсоров для химического осаждения паров диоксида германия [1]. В тоже время органические производные германия не нашли широкого применения в современном органическом синтезе [1]. Одной из причин этого ограничения является стоимость органических производных германия. Несмотря на это, химия и кристаллохимия германия представляет теоретический интерес, поскольку позволяет проследить закономерности изменения тех или иных свойств в ряду C–Si–Ge–Sn–Pb. Поскольку к настоящему моменту охарактеризовано более 5000 соединений, содержащих одновременно атомы германия и углерода, представляется важным установить основные особенности стереохимии германия, образующего в структурах кристаллов комплексы состава GeC_n.

Методика кристаллохимического анализа

Первичная кристаллоструктурная информация о строении органических производных германия была отобрана из базы данных о строении органических и координационных соединений [2]. Кристаллохимический анализ проводился с применением комплекса структурно-топологических программ ТОПОС [3], с помощью которого были рассчитаны полиэдры Вороного-Дирихле (ПВД) всех атомов и осуществлена статистическая обработка полученных данных. Кристаллохимическому анализу подвергались структуры удовлетворяющие следующим требованиям: структура решена с фактором недостоверности $R \leq 0.1$, в ней определены координаты абсолютно всех атомов, отсутствует статистическое разупорядочение каких-либо атомов, а также в структуре присутствуют координационные полиэдры (КП) Ge(IV)C_n. С учётом указанных критериев объектами кристаллохимического анализа явились 281 структура, содержащая 377 кристаллографически независимых атомов германия.

Согласно [4], полиэдром Вороного-Дирихле атома называют выпуклый многогранник, образованный путем пересечения плоскостей, проходящих перпендикулярно через середины отрезков, соединяющих данный атом со всеми окружающими его. В общем случае состав ПВД любого атома A можно охарактеризовать формулой AX_nZ_m , в которой X обозначает атомы, образующие химические связи с атомом A , n – координационное число атома A , Z – атомы, ПВД которых имеют общие грани с ПВД атома A , но не образующие с последним химических связей, m – количество атомов Z . Сумма $(n + m)$ определяет число граней (N_f) ПВД атома A . В качестве примера рассмотрим ПВД атома $Ge(1)$ в структуре 4-(триметилгермил)бензойной кислоты $Me_3GeC_6H_4COOH$ [5] (табл. 1, рис. 1). Соединение $Me_3GeC_6H_4COOH$ кристаллизуется в триклинной сингонии с пространственной группой $P\bar{1}$. На рис. 1в

представлена структура элементарной ячейки 4-(триметилгермил)бензойной кислоты.

В структуре 4-(триметилгермил)бензойной кислоты $Me_3GeC_6H_4COOH$ атом германия имеет КЧ 4 и образует химические связи с атомами углерода, длина которых лежит в диапазоне 1.940–1.956 Å (табл. 1). Однако, помимо таких четырех сравнительно коротких связей, атом германия образует 12 дополнительных более длинных невалентных контактов с атомами водорода ($d(Ge \cdots H) = 2.447–3.583$ Å). В результате ПВД атома $Ge(1)$ в обсуждаемой структуре имеет 16 граней (рис. 1).

Для определения координационного числа атомов германия был использован метод пересекающихся секторов [6], позволяющий однозначно и точно разделить все парные взаимодействия на химические ($A-X$) и нехимические ($A \cdots Z$) контакты. Пример расчета КЧ атомов германия по методу [6] представлен в таблице 1.

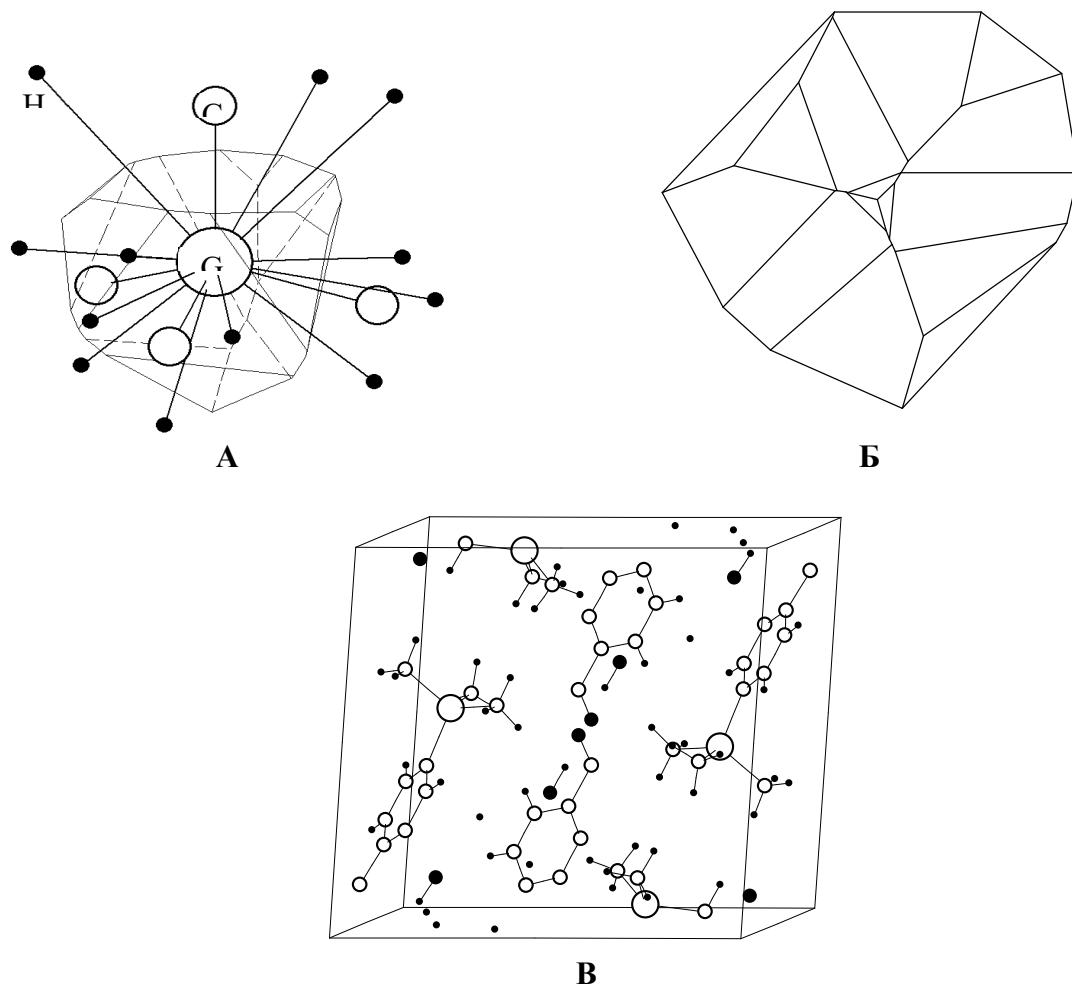


Рис. 1. Полиэдр Вороного-Дирихле атома $Ge(1)$ (А) и его проекция Шлегеля (Б) в структуре $Me_3GeC_6H_4COOH$ (В)

Таблица 1

Анализ координации атомов Ge(1) в структуре Me₃GeC₆H₄COOH

Характеристики ПВД атома Ge(1)*			Величина перекрытия (Å ³) двух сфер атомов Ge(1) и X с радиусами**				Тип перекрытия Ge-X***
Атомы окружения X	r(Ge-X), Å	Ω(Ge-X), %	r _s ×r _s	r _s ×R _{сд}	R _{сд} ×r _s	R _{сд} ×R _{сд}	
C(10)	1.94	16.12	0.0002	0.4782	0	0.3952	П ₃
C(8)	1.942	16.00	0.0001	0.4680	0	0.3810	П ₃
C(9)	1.945	16.05	0.0001	0.4704	0	0.3894	П ₃
C(5)	1.956	20.57	0	0.6427	0.0023	0.7565	П ₃
#H(12)	2.447	3.38	0	0.2301	0	0.8443	П ₀
#H(14)	2.447	3.02	0	0.1927	0	0.6914	П ₀
#H(13)	2.447	2.92	0	0.1877	0	0.6712	П ₀
#H(6)	2.449	3.23	0	0.2052	0	0.7477	П ₀
#H(8)	2.449	3.26	0	0.2121	0	0.7765	П ₀
#H(7)	2.45	2.84	0	0.1790	0	0.6424	П ₀
#H(9)	2.452	3.37	0	0.2185	0	0.8110	П ₀
#H(11)	2.452	3.02	0	0.1906	0	0.6952	П ₀
#H(10)	2.452	3.22	0	0.2116	0	0.7833	П ₀
#H(4)	2.999	1.46	0	0	0	0.1503	П ₀
#H(3)	3.006	1.09	0	0	0	0.1604	П ₀
#H(16)	3.583	0.45	0	0	0	0.0037	П ₁

Примечание: * r(Ge-X) – расстояния между атомами, Ω(Ge-X) – телесный угол, выраженный в процентах от 4π стерадиан, под которым общая грань ПВД атомов Ge и X видна из ядра любого из них. Символом # отмечены атомы Z, для которых отрезок M··Z не пересекает соответствующую ему грань ПВД [7];

** во всех случаях первым указан радиус сферы атома Ge, а вторым – атома X. Нулевое значение указывает на отсутствие пересечения соответствующих сфер;

*** в соответствии с [6], типы пересечения П₀ и П₁ следует интерпретировать как невалентные взаимодействия Ge··X, в то время как химическим связям Ge-X соответствуют типы перекрытия П₂, П₃ и П₄.

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным атомы германия (IV) по отношению к атомам углерода проявляют координационные числа 3 и 4, при этом тетракоординированное состояние является наиболее характерным. На долю комплексов GeC₄ приходится 365 комплексов, что соответствует 96.8% от изученной выборки. Комплексы GeC₄ образуются в результате координации алкильных и/или арильных лигандов к атому германия. КП таких комплексов представлен искаженным тетраэдром. Как известно, симметрия тетраэдра описывается точечной группой T_d [8]. Однако, ни один комплекс GeC₄, характеризующийся тетраэдрической координацией, не занимает в структуре кристалла позиционной

симметрии T_d. Симметрия КП GeC₄ в изученных структурах понижена до C₁, C₂, C₃, C_s и S₄. Наиболее часто комплексы GeC₄ располагаются в общих позициях в структурах кристаллов. На симметрию C₁ приходится 327 полиэдров GeC₄. На втором месте по частоте встречаемости располагается позиционная симметрия C₂. В изученной выборке сайт-симметрией C₂ характеризуются 22 комплекса GeC₄. Симметрия C₃, C_s и S₄ реализуется в случае 2, 6 и 8 КП GeC₄ соответственно. На рис. 2 представлены проекции Шлегеля ПВД тетракоординированных атомов германия, различающихся позиционной симметрией.

Трёхкоординированное состояние атомов германия (IV) встречается всего в 12

комплексах. В таких соединениях атомы германия образуют КП в виде плоского треугольника. При этом количество образуемых связей Ge–C равно 4. Три из этих связей представляют собой σ -связи, а четвертая связь – π -связь с одним из органических лигандов. Например, на рис. 3 представлена структура гексансольвата 5,8-бис(бис(2-*t*-бутил-4,5,6-триметилфенил)гермилен)-додека-6-ина, в которой трехкоординированный атом германия образует с двумя фенильными заместителями две σ -связи, а две другие связи (одну σ - и одну π -связь) реализуются с атомом углерода, находящимся в пропаргильном положении додека-6-ина.

Атомы германия в комплексах GeC_3 чаще всего располагаются в структурах кристаллов в общих позициях – на долю сайт-симметрии C_1 в данном случае приходится 10 комплексов. Оставшиеся два комплекса GeC_3 располагаются на поворотных осях второго порядка, занимая тем самым позиции с сайт-симметрией C_2 .

Согласно полученным данным объем ПВД атома германия (IV) не зависит от КЧ и составляет в среднем $10.8(8) \text{ \AA}^3$. Данный факт свидетельствует в пользу модели атома как “мягкой”, обладающей способностью легко деформироваться сферы [9, 10], объем которой фиксирован и зависит исключительно от степени окисления центрального атома и химической природы атомов окружения.

Длины связей $d(\text{Ge}-\text{C})$ в изученной выборке лежат в диапазоне $1.77\text{--}2.06 \text{ \AA}$ и в среднем составляют $1.95(3) \text{ \AA}$. Отметим, что использование ПВД позволяет находить не только наиболее значимые химические взаимодействия, но и невалентные контакты, в которых принимают участие атомы в структурах кристаллов. Так, в структурах обсуждаемых соединений подавляющее большинство невалентных контактов, в которых принимают участие атомы Ge(IV) , приходится на контакты $d(\text{Ge}\cdots\text{C})$, лежащие в диапазоне $2.44\text{--}4.54 \text{ \AA}$ и в среднем составляющие $3.06(38) \text{ \AA}$.

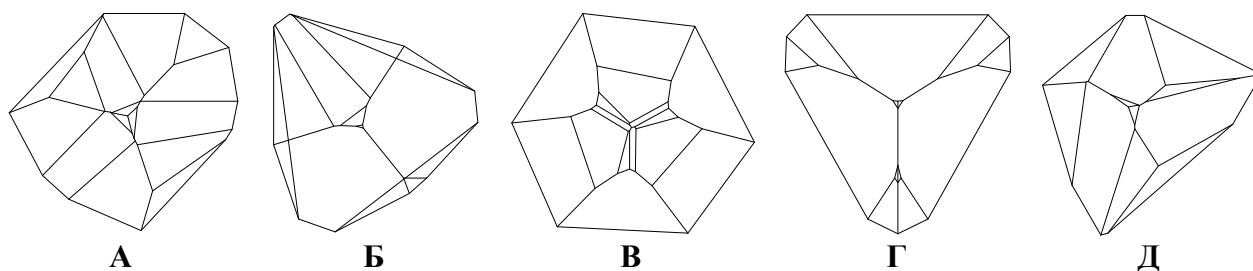


Рис. 2. Проекция Шлегеля ПВД атомов германия в комплексах GeC_4 с сайт-симметрией C_1 (А), C_2 (Б), C_3 (В), C_s (Г) S_4 (Д)

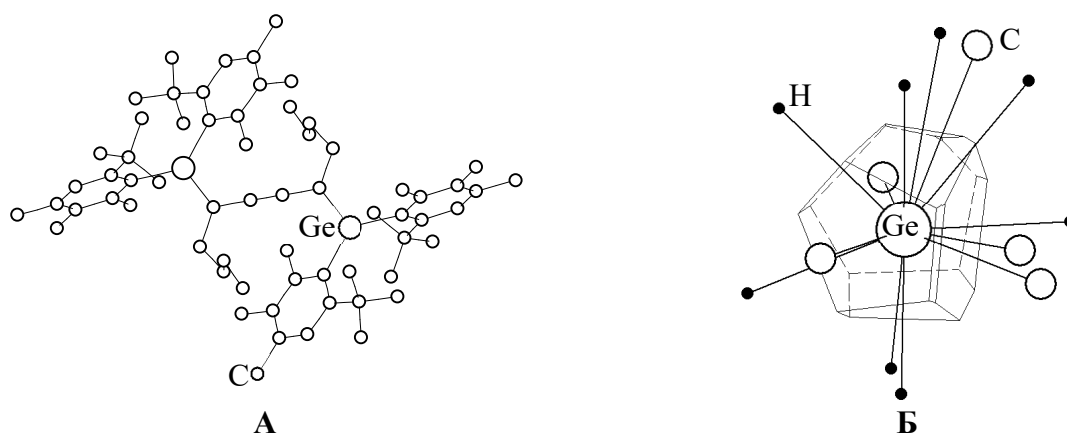


Рис. 3. Молекула (А) и ПВД атома германия (Б) в структуре гексансольвата 5,8-бис(бис(2-*t*-бутил-4,5,6-триметилфенил)гермилен)-додека-6-ина. Для упрощения на рисунке 3А не показаны атомы водорода

Заключение

В результате кристаллохимического анализа органических соединений четырехвалентного германия определены возможные КЧ атомов Ge по отношению к атомам C. Показано, что объем ПВД атомов Ge в комплексах GeC_n не зависит от величины n . Установлено, что в подавляющем большинстве случаев атомы германия располагаются в общих позициях в структурах кристаллов германийорганических соединений.

Литература

1. Эльшенбройх К. Металлоорганическая химия. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний. 2011. 746 с.
2. Cambridge Structural Database System, Version 5.32 (Crystallographic Data Centre, Cambridge, 2019).
3. Blatov V. A., Shevchenko A. P., Serezhkin V. N. Computer-aided crystallochemical analysis: TOPOS program package // Russian Journal of Coordination Chemistry. 1999. Vol. 25. № 7. P. 483–497.
4. Вайнштейн Б. К., Фридкин В. М., Инденмоб В. Л. Современная кристаллография в четырех томах. М.: Наука, 1979. Т. 1. 161 с.
5. Knauer L, Barth E. R., Golz C., Strohmann C. // Chin. J. Struct. Chem. 2015. Vol. 71. № 6. P. 687–689.
6. Blatova O. A., Blatov V. A., Serezhkin V. N. Analysis of lanthanide π complexes in terms of Voronoi-Dirichlet polyhedra // Russ. J. Coord. Chem. 2000. Vol. 26. № 12. P. 847–856.
7. Serezhkin V. N., Mikhailov Yu. N., Byslaev Yu. A. The Method of Intersecting Spheres for Determination of Coordination Numbers of Atoms in Crystal Structures // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 1997. Vol. 42. № 12. P. 1871–1910.
8. Егоров-Тисменко Ю. К. Кристаллография и кристаллохимия. М.: КДУ, 2005. 592 с.
9. Сержкин В. Н., Блатов В. А., Шевченко А. П. Полиэдры Вороного-Дирихле атомов урана (VI) в кислородсодержащих соединениях // Координац. химия. 1995. Т. 21. № 3. С. 163–171.
10. Serezhkin V. N., Byslaev Yu. A. Stereochemical Effect of Lone Pair Electrons in Antimony Fluorides // Russian Journal of Inorganic Chemistry. 1997. Vol. 42. № 7. P. 1064–1071.

FEATURES OF COORDINATION OF GERMANIUM ATOMS IN COMPLEXES GeC_n

Ju. N. Kostromina, M. O. Karasev

In this work, using the stereo-atomic model of the crystal structure, the coordination characteristics of tetravalent germanium atoms in GeC_n complexes, which are part of the crystals of organo-germanium compounds, are characterized. Using the Topos computer topology software package, the intersecting sectors method was used to determine the coordination numbers of all atoms, calculate the most important characteristics of the Voronoi-Dirichlet polyhedral of germanium atoms surrounded by carbon atoms, and carried out a statistical analysis of the data. It was shown that germanium (IV) atoms with respect to carbon atoms exhibit coordination numbers 3 and 4, realizing coordination polyhedral in the form of a flat triangle and a distorted tetrahedron.

Key words: organo-germanium compounds, Voronoi-Dirichlet polyhedral, crystal chemical analysis, intersecting sector method.

Статья поступила в редакцию 08.07.2020 г.

© Kostromina Yu. N., Karasev M. O., 2020.
Kostromina Julia Nikolaevna (kostrominau@mail.ru),
student III course of the Faculty of Chemistry;
Karasev Maksim Olegovich (maxkarasev@inbox.ru),
associate professor of the department of Inorganic Chemistry of the Samara University,
443086, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ

К публикации в журнале «Вестник молодых учёных и специалистов Самарского университета» допускаются оригинальные результаты научных исследований, проводимых студентами и молодыми специалистами (до 35 лет), обучающимися и работающими **в Самарском университете**, а также **в других вузах** Самарской области. К опубликованию принимаются работы ранее не опубликованные и не представленные к опубликованию в других изданиях (журналах) по актуальной для Самарской области научной проблематике по следующим отраслям науки: **авиация и ракетно-космическая техника, астрономия, биология, информатика, история, литературоведение, математика, машиностроение и машиноведение, педагогика, приборостроение, психология, радиотехника и связь, социология, философия, физика, химия, экономика и менеджмент, юриспруденция, языкознание.**

Представляемая в журнал работа должна быть законченным научным исследованием и содержать новые научные результаты. Статьи должны подписываться всеми авторами, что означает их согласие на передачу всех прав на распространение работ с помощью печатных и электронных носителей информации Самарскому университету.

Рукопись может быть подготовлена на русском или английском языке, при этом авторы обязаны предъявлять повышенные требования к стилю изложения и языку материала. Решение об опубликовании принимается редколлегией журнала на основании рецензий. Авторам рекомендуется ознакомиться с правилами подготовки рукописей перед представлением их в редакцию. Работы, оформленные не по правилам, редколлегией рассматриваться не будут.

Требования к оформлению рукописей одинаковы для всех номеров.

В один номер желательно подавать не более двух рукописей с фамилией одного автора (в том числе в соавторстве).

Самарским авторам статей экземпляр журнала выдаётся в редакции бесплатно, иногородним (по желанию авторов) высылается наложенным платежом (оплачивается только стоимость пересылки).

Рукопись должна быть оформлена в соответствии со следующими правилами.

Рукописи статей представляются в двух форматах: электронный вариант и твёрдая копия, распечатанная с одной стороны листа формата А4, представленная по адресу: 443011, г. Самара, ул. Академика Павлова, 1, каб. 311 х/б, Корчикову Евгению Сергеевичу (ответственному редактору журнала) или 443086, г. Самара, Московское шоссе, 34, 316 каб, За корпус в канцелярию Самарского университета в ячейку № 27. Электронный вариант должен полностью соответствовать печатному, и его нужно отправить по адресу: smuissu@gmail.com.

Статья должна содержать следующие элементы: на русском **и** английском языках название работы, фамилия, имя, отчество авторов с указанием места работы и адресов электронной почты каждого из них, короткую аннотацию перед основным текстом, ключевые слова; на русском **или** английских языках основной текст, который рекомендуется разделять на подразделы с целью облегчения чтения работы, заключение с краткой характеристикой полученных результатов.

Название работы должно адекватно отражать содержание работы и быть, по возможности, кратким. Не допускается включение формул в название работы и в текст аннотации.

Статья должна быть снабжена индексом универсальной десятичной классификации (УДК), который можно определить по ссылке <http://weblib.samsu.ru/level243.html>.

Объём статьи рекомендуется не превышать 10 листов машинописного текста (12 кегль, шрифт Times New Roman, одинарный интервал, выравнивание по ширине страницы, разрешить перенос слов, абзацный отступ 1 см, поля по 2 см со всех сторон, разрешить переносы слов и всякие строки). Сокращения должны быть обязательно расшифрованы в тексте.

В тексте допускается включение рисунков или таблиц. Нумерация рисунков и таблиц должна быть сквозной по тексту статьи. Не допускается размещать в тексте рисунки и таблицы до появления ссылки на них и далее одной страницы после первого их упоминания в тексте. Если рисунок или таблица заимствованы из литературного источника, то нужно в заголовке

сделать ссылку на данный источник, в противном случае подразумевается присвоение авторских прав на рисунок или таблицу непосредственно автору статьи.

Рисунки и фото следует оформлять чёрно-белыми или цветными с разрешением не менее 300 точек на дюйм. Иллюстрации должны быть вставлены в текст, размещены по центру текста и располагаться не далее одной страницы после первого упоминания о них в тексте. Подписи к рисункам должны размещаться снизу, содержать их краткое описание и, возможно, объяснение использованных символов и обозначений. Также файл с иллюстрацией нужно прислать отдельно в формате «png». Если рисунок сделан в табличном редакторе (Microsoft Excel, OpenOffice.org Calc и др.), то для стилистической правки редакцией нужно представлять рисунок в виде отдельного файла табличного редактора. Вставляя рисунок, следует сделать отсылку к нему в тексте в обычных круглых скобках, например, (рис. 1). Затем вставить рисунок и подписать его снизу, выровняв подпись по центру строки без абзацного отступа и без кавычек, 12 кеглем, **полужирным** шрифтом, например: «Рис. 1. Численность населения некоторых стран Европы».

Указатель таблицы должен быть размещен справа сверху от таблицы. Заголовок таблицы и сама таблица должны быть расположены по центру текста без абзацного отступа. Вставляя таблицу, следует сделать к ней отсылку в тексте в круглых скобках, например, (табл. 1). Допускается использовать в таблице и более мелкий шрифт – до 10 кегля, но заголовок оформляется всегда 12 кеглем, **полужирным** шрифтом.

Текст статьи должен быть подготовлен текстовыми редакторами с поддержкой форматирования: Microsoft Word (любая версия) или OpenOffice.org.Writer (LibreOffice).

В тексте не может быть более одного пробела подряд. После любого знака препинания следует пробел, а перед любым знаком препинания пробела быть не должно (исключения: открывающая скобка, открывающая кавычка, дефис, тире). Если подряд идут два знака препинания, между ними пробела нет. При написании инициалов между фамилией, именем и отчеством ставят пробел как между тремя разными словами. Не может быть более трех переносов в подряд идущих строках.

Для инициалов фамилий, наименований единиц измерения массы, длины, объема, сокращенных названий «тов.», «гр.», «г.», «р.» и прочих нужно использовать неразрывный пробел (сочетание клавиш Ctrl+Shift+Space) между соответствующими пробелами вместо «обычных» пробелов (Space), например, «Д.•И.•Менделеев», «д•р•Иванов», «155•см», «58•г», «35•мин», «15•°С», «г.•Самара», «р.•Волга».

Следует различать знаки дефис и тире: первый – рекомендуется использовать в составных словах (горько-соленый, девочки-школьницы), второй – для указания диапазона чисел (длина 85–90 мм), «двойных» фамилий (закон Бойля–Мариотта), знака «минус» (–5 °С), в сложных предложениях (диоксины – это...). Не допускается перенос слов вручную, для этого устанавливают автоматический перенос слов.

Для математических обозначений рекомендуется употреблять, по возможности, стандартные и наиболее простые символы. Не следует применять индексы из букв русского алфавита. Векторы и тензоры выполняются жирным шрифтом. Вместо одинаковых повторяющихся блоков в формулах желательнее использовать их сокращенные обозначения. В десятичных дробях нужно использовать знак «запятая». Рекомендуется для формул использовать редактор формул (например, MathType).

При нумерации формул нужно пользоваться десятичной системой. Рекомендуется двойная нумерация: первая цифра – это номер раздела статьи, вторая после точки – номер формулы внутри раздела. Номер должен стоять справа от формулы. Не стоит нумеровать формулы, на которые нет ссылок в тексте.

Теоремы, леммы, примеры, утверждения выполняются обычным шрифтом, но их заголовки даются жирным шрифтом.

Список литературы составляется **по порядку цитирования**, располагается в конце статьи и должен быть выполнен в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5–2008 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка. Общие требования и правила

составления» (введён 01.01.2009). Указание в списке литературы всех цитируемых работ обязательно. Для книг сообщается следующая информация: фамилии и инициалы авторов, полное название книги, город, издательство, год издания и *общее* количество страниц; для статей в сборниках и журналах – фамилии и инициалы авторов, полное название статьи, название журнала (сборника) полностью или, если есть стандартное сокращение, сокращенно, полная информация об издании (серия, том, номер, выпуск, год), номера *начальной и конечной* страниц статьи.

В настоящем журнале принята затекстовая система библиографических ссылок с размещением номера источника в квадратных скобках, например, [2]. Если ссылку приводят на конкретный фрагмент текста документа, то указывается страница или диапазон страниц, например, [2, с. 47] или [2, с. 47–48]. Если даются ссылки на несколько работ, то литературные источники приводятся по возрастанию через точку с запятой, например, [2; 3; 5–7]. Цитаты помещаются в кавычки и снабжаются указанием на номер страницы.

При указании издателя в списке литературы сведения о его форме собственности (ЗАО, ООО, LTD и др.) опускаются. Например, вместо «Оренбург: ООО «Оренбурггазпром-сервис»» следует указывать: «Оренбург: Оренбурггазпромсервис». Тематическое название издательства приводится без кавычек. При наличии тематического названия издателя сведения об издательской функции организации (выраженные словами «издательство», «издатель» и т. д.) также опускаются, а при отсутствии тематического названия – сохраняются, если имя издателя и эти слова грамматически связаны, например, «Ульяновск: Издатель А. Ф. Качалин».

Ссылки на иностранные источники приводятся обязательно на языке оригинала с указанием всех необходимых выходных данных, как для русскоязычного источника литературы.

Ссылки на гранты и другие источники финансирования исследования помещаются в конце статьи в разделе «Благодарности».

Невыполнение авторами перечисленных выше правил может повлечь за собой задержку с опубликованием работы.

В журнале указывается дата поступления работы в редакцию. В случае существенной переработки статьи указывается также дата получения редакцией окончательного текста. Просьба редакции о переработке рукописи не означает, что статья принята к печати; после переработки статья рассматривается редколлегией журнала как вновь поступившая.

Будущим авторам нужно зарегистрироваться в роли автора по ссылке <https://journals.ssau.ru/index.php/smus/user/register>, при этом достаточно заполнить основные поля, отмеченные «*», выбирая статус «автор» и «читатель». Затем нужно войти в свой аккаунт, нажать на «Новая рукопись» и отправить рукопись (в формате doc или docx) через форму, заполнив все поля.

В разделе «дополнительные файлы» нужно присоединить в отсканированном виде **отзыв** на статью научного руководителя (для не имеющих учёную степень), заверенный в отделе кадров или в деканате, а также **экспертное заключение**, для оформления которого авторам из Самарского университета рекомендуется пройти по ссылке http://www.ssau.ru/info/official_docs/expert/. Подробная инструкция по заполнению экспертного заключения находится по ссылке <https://bbb.ssau.ru/playback/presentation/2.0/playback.html?meetingId=e11d2e33a16fe62db3cc62a47d95909cfdc96e2f-1621052291013>. Если статья рекомендуется к печати по результатам молодёжной научной конференции Самарского университета, то прикладывается подписанный **протокол**, где указано, что данная статья рекомендована к публикации.

При указании учреждения и адреса автора статьи указываются юридический адрес организации, например, для авторов из Самарского университета, независимо от нахождения их кафедры или института, адрес такой: 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34. В разделе «звание, должность, подразделение» указывают факультет, курс для студентов и аспирантов, кафедру (институт) для сотрудников. Телефон, Scopus Author ID и другие публикационные индексы автора указывают по желанию. Сам текст статьи вставляют только на основном языке статьи.

Авторы статей несут полную ответственность за точность приводимой информации, ссылок и используемой литературы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов.

Пример оформления статьи

УДК 582.29

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ

И. И. Иванов, А. А. Сидоров

В данной работе получено..., доказано... (не менее 700 знаков с пробелами, 10 кегль, одинарный интервал)

Ключевые слова: не менее 5 слов или словосочетаний, они не должны встречаться в заглавии

В настоящее время данная проблема изучена слабо. Так, в работе И. И. Петрова [1] было показано...

Условия и методы исследования

Наши исследования осуществлялись ...

Результаты и их обсуждение

На территории Самарской области обитает...

Заключение

Таким образом, ...

Благодарности

Работа выполнена при поддержке....

Литература

1. Петров И. И. Самарская область. Самара: Самарский университет, 2000. 100 с.

Иванов Иван Иванович (ivanov@inbox.ru), студент IV курса биологического факультета Самарского университета, 443086, Россия, г. Самара, Московское шоссе, 34.

Сидоров Анатолий Александрович (sidorov@mail.ru), старший научный сотрудник Института экологии Волжского бассейна РАН, 445003, Россия, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Комзина, 10.

НАЗВАНИЕ СТАТЬИ (на английском языке)

I. I. Ivanov, A. A. Sidorov

In this article there are... (не менее 500 знаков с пробелами, 10 кегль, одинарный интервал)

Key words: не менее 5 слов или словосочетаний, они не должны встречаться в заглавии

Ivanov Ivan Ivanovich (ivanov@inbox.ru), student IV course of the biological faculty of the Samara University, 443011, Russia, Samara, Moskovskoye Shosse, 34.

Sidorov Anatoly Aleksandrovich (sidorov@mail.ru), senior research associate of the Institute of Ecology of the Volga River Basin RAS, 445003, Russia, Togliatti, Komzina str. 10.

ПРИМЕРЫ ОФОРМЛЕНИЯ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ**1. Статья с одним, двумя, тремя авторами:**

1. Лавринович М. О. К вопросу о влиянии большого мозга на дыхание // Физиол. сборник А. Я. и В. Я. Данилевских. Харьков, 1891. Т. 2. С. 523–536.

2. Александров В. Г., Александрова Н. П. Респираторные эффекты локального раздражения инсулярной области коры головного мозга крысы // Российский физиол. журн. им. И. М. Сеченова. 1998. № 84 (4). С. 316–322.

3. Coppins В. J. A taxonomic study of the lichen genus *Micarea* in Europe // Bulletin of the British Museum (Natural History). 1983. Vol. 11. № 2. 214 p.

4. Welsh D. K., Takahashi J. S., Kay S. A. Suprachiasmatic nucleus: cell autonomy and network properties // Ann. Rev. Physiol. 2010. Vol. 72. P. 551–577.

2. Монография с одним, двумя и тремя авторами:

5. Сергиевский М. В. Дыхательный центр млекопитающих животных. М.: Медгиз, 1950. 450 с.

6. Белова Т. И., Голубева Е. Л., Судаков К. В. Гомеостатические функции locus coeruleus (синего пятна). М.: Наука. 1980. 120 с.

7. Rear M. Intervention, Ethnic Conflict and State-Building in Iraq: A Paradigm for the Post-Colonial State. N. Y.; Abington: Routledge, 2008. 279 p.

4. Монография с числом авторов более четырех:

8. Методы изучения лесных сообществ / под ред. В. Т. Ярмишко, И. В. Лянгузовой. СПб.: НИИ Химии СПбГУ, 2002. 240 с.

9. The write stuff: Evaluations of graphology, the study of handwriting analysis / ed. by В. L. Beyerstein, D. F. Beyerstein. Amherst; N. Y.: Prometheus Books, 1992. 515 p.

5. Статья с четырьмя и более авторами:

10. Список лишайников, собранных на территории Жигулевского заповедника в 1945 г. / А. М. Семенова–Тян-Шанская, З. П. Губонина, Е. А. Мальгина [и др.] // Самарская Лука: бюлл. 1991. № 2. С. 210–214.

11. Purification and characterization of eightpeptides from *Galleria mellonella* immune hemolymph / М. Cytrynska, P. Mak, A. Zdybicka-Barabas [et al.] // Peptides Rev. 2007. Vol. 285. P. 533–546.

6. Диссертация:

12. Пяттаев А. В. Разработка методов кооперации и оценки качества кооперативной передачи в сетях сотовой подвижной связи: дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2013. 130 с.

7. Автореферат диссертации:

13. Сайфутдинов Б. Р. Термодинамика сорбции производных ароматических гетероциклов из растворов по данным высокоэффективной жидкостной хроматографии: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Самара, 2010. 24 с.

8. Ресурсы глобальной сети:

14. Index Fungorum. URL: www.indexfungorum.org (дата обращения: 30.05.2014).

15. Бязров Л. Г. Видовой состав лишенобиоты Монголии. Версия 1., 2003. URL: <http://www.sevin.ru/laboratories/biazrov.html> (дата обращения: 25.04.2014).

9. Электронные ресурсы:

16. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации от 18.12.2001 № 174-ФЗ (ред. от 21.07.2014) [Электронный ресурс]. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».