

2

Апрель-июнь (102) 2023 16+

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель
Ульяновский
государственный
технический
университет

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Н. Г. Ярушкина

Заместитель главного редактора

В. Г. Тронин

Редакционная коллегия:

Е. В. Баландина
В. Е. Дементьев
А. А. Дырдин
М. М. Замалеев
С. К. Киселёв
В. Н. Ковальногов
А. М. Наместников
В. П. Табаков
В. В. Шишкин
Н. А. Евдокимова (отв.
секретарь)

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ	
А. В. Фёдорова Г. М. Шигабетдинова	4 Подкаст как метод популяризации здорового образа жизни
Л. П. Якимова	8 Образ «женщины с ружьём» в гендерном контексте русской литературы 20-х годов
ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ	
О. В. Жиляев В. Н. Ковальногов	18 Использование метода кинематической аналогии в анализе рабочего процесса инерционного расходомера
Е. Н. Меньшов	33 Интегралы от квадрата производной специальных функций: сферических и ортогональных
МАШИНОСТРОЕНИЕ	
А. Н. Унянин А. В. Хазов	39 Моделирование температурного поля при шлифовании кругом из эльбора с наложением ультразвуковых колебаний
В. Н. Кокорин О. И. Морозов Н. В. Мишов А. С. Корчакин К. Д. Волков И. Д. Соловьев	44 Моделирование напряжённо-деформированного состояния при холодной объёмной штамповке детали «Втулка наружная» номенклатуры ООО «УАЗ»
ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ	
А. В. Лошаков А. В. Сучков С. В. Аверин	49 Способы повышения пропускной способности аэропорта
В. В. Кузнецов Е. А. Качагин И. С. Большухина	54 Развитие человеческого потенциала как индикатор качества жизни
С. В. Смоленская	63 Снижение уровня потребительского спроса на рынках России

- А. С. Гладких** 66 Экономика России в условиях специальной военной операции
И. А. Филиппова
- Н. С. Бойко** 71 ADM – как ключевая составляющая в процессе тренажёрной подготовки пилотов гражданской авиации
Т. Г. Алексеева
Е. С. Фёдорова
Е. В. Чёрненькая
- Н. С. Бойко** 76 Особенности программы подготовки авиационных специалистов по оценке состояния безопасности и культуры безопасности
Е. В. Карсункин
А. В. Рябинов
М. В. Тамьярова

**Адрес издателя
и редакции:**

✉ 432027, Россия,
Ульяновская область,
г. Ульяновск,
ул. Северный Венец,
д. 32

☎ (8422) 43-06-43

[http://www.ulstu.ru/main/
view/article/4810](http://www.ulstu.ru/main/view/article/4810)

Журнал зарегистрирован
Государственным комите-
том Российской Федерации
по печати.

Свидетельство о регистра-
ции средства массовой ин-
формации №016797 от 14
ноября 1997 г.

Журнал включён в Россий-
ский индекс научного цити-
рования (РИНЦ).

Двухлетний импакт-фактор
РИНЦ – 0,261

Реферируется в ВИНТИ
РАН.

Отпечатано в ИПК

«Венец» УлГТУ
432027, Россия,
Ульяновская область,
г. Ульяновск,
ул. Северный Венец,
д. 32

Подписано в печать
28.06.2023.

Дата выхода в свет
30.06.2023.

Формат 60×90/8.

Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 10,00.

Тираж 50 экз.

Заказ 313.

Цена свободная.

CONTENTS

A. V. Fedorova G. M. Shigabetdinova	4	HUMANITIES Podcast as a method of popularizing a healthy lifestyle
L. P. Yakimova	8	The image of a «woman with a gun» in a gender context Russian literature of the 20s
O. V. Zhilyaev V. N. Kovalnogov	18	NATURAL SCIENCES Applying of the kinematical analogy method on analysis of working process of inertia-based flowmeter
E. N. Menshov	33	Integrals from the square of the derivative of special functions: spherical and orthogonal
A. N. Unyanin A. V. Hazov	39	MACHINE-BUILDING Modeling of the temperature field during grinding with a round from elbor with superimposition of ultrasonic oscillations
V. N. Kokorin O. I. Morozov N.V. Mishov A. S. Korchakin K. D. Volkov I. D. Solovyov	44	Modeling of the stress-strain state during cold volumetric stamping of the «Outer sleeve» part of the nomenclature of LLC «UAZ»
A. V. Loshakov A. V. Suchkov S. V. Averin	49	ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT Ways to increase airport capacity
V. V. Kuznetsov E. A. Kachagin I. S. Bolshukhina	54	Human potential development as an indicator of the quality of life
S. V. Smolenskaya	63	Decrease in the level of consumer demand in the Russian markets
A. S. Gladkikh I. A. Filippova	66	Russian economy in a special military operation
N. S. Boyko T. G. Alekseeva E. S. Fedorov E. V. Chernenkaya	71	ADM as a key component in civil aviation pilot training
N. S. Boyko E. V. Karsunkin A. V. Ryabinov M. V. Tamyarova	76	Features of aviation specialist training program for safety assessment and safety culture

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Обзорная статья
УДК 070:613.9

Подкаст как метод популяризации здорового образа жизни

Анастасия Валерьевна Фёдорова¹

Гузель Мирхайзановна Шигабетдинова²

^{1,2} Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

¹nastyak060316@bk.ru

Аннотация. Посвящена исследованию способов формирования интереса онлайн-аудитории к видеоподкастам на тему здоровья. Рассмотрено понятие подкаста как нового жанра журналистики, охарактеризованы принципы создания актуального контента для YouTube. Произведён контент-анализ выпуска шоу «Интересный подкаст», выявлены методы вовлечения аудитории видеохостинга. Сделан общий вывод о наиболее эффективных инструментах продвижения роликов о здоровом образе жизни.

Ключевые слова: подкаст, контент, YouTube, аудитория, медиа, массовая коммуникация, средства массовой информации.

HUMANITIES

Review article

Podcast as a method of popularizing a healthy lifestyle

Anastasiya V. Fedorova¹

Guzel M. Shigabedinova²

^{1,2} Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

Abstract. The article is devoted to the study of ways to form the interest of the online audience in video podcasts on the topic of health. The concept of a podcast as a new genre of journalism is considered, the principles of creating relevant content for YouTube are characterized. The content analysis of the release of the show «Interesting podcast» was made, methods of involving the audience of video hosting were identified. A general conclusion is made about the most effective tools for promoting healthy lifestyle videos.

Keywords: podcast, content, YouTube, audience, media, mass communication, mass media.

Актуальность темы обусловлена возрастанием популярности подкаста как нового жанра журналистики; недостаточной научной проработкой выбранной темы; особенностями восприятия аудиторией аудиовизуального контента.

Объект исследования – методы повышения вовлечённости аудитории YouTube, *предмет* – влияние подачи информации на повышение вовлечённости аудитории видеохостинга.

Эмпирический объект – YouTube-шоу «Интересный подкаст» – выпуск «Как исправляют зре-

ние-10. Офтальмолог о коррекции. Секреты идеального зрения» (выпуск №66 от 05.10.2022). *Цель работы* – выявить эффективные способы привлечения внимания аудитории к видеоконтенту о здоровом образе жизни.

Средства массовой коммуникации служат для освещения новостей и привлечения внимания общественности к социальным проблемам, одной из которых сегодня является здоровый образ жизни. Сегодня аудитория всё чаще отдаёт предпочтение аудиальному способу восприятия новостей, поскольку он позволяет получать информацию, не отвлекаясь от повседневных задач. Поэтому подкаст начал использоваться как

один из методов заинтересовать слушателей темой профилактической медицины.

Решая задачу изучения феномена подкаста, определили, что разработка выпусков осуществляется с целью просвещения аудитории и формирования коллективного мнения, структура адаптируется к способу организации речевого взаимодействия, а выполняемые функции ориентированы на узкую аудиторию.

В научной литературе используются разные подходы к расшифровке понятия нового жанра журналистики. Авторами использовано определение, предложенное Сметаниной Д. А. Согласно её интерпретации, *подкаст* – это цифровая запись речи, опубликованная на виртуальных платформах, где пользователи могут его прослушивать (просматривать), загружать на электронные устройства и оформлять подписку на обновление контента [4, с. 117].

Ключевые цели подкастов – формирование картины мира слушателя; обеспечение известности (организации, личности) и зарождения общественного мнения о базовом субъекте.

Как форма массовой коммуникации подкаст выполняет определённые функции. Основные из них были определены исследователем Конкиным А. А., который в своей статье назвал информационную, ценностно-регулирующую, интегративную, организаторскую, «канала социального участия», социально-креативную, психического регулирования, эстетическую функции этого жанра [2, с. 95–96].

Структура сценария выстраивается в зависимости от количества собеседников. Классический формат выпуска состоит из музыкальной заставки, представления ведущего и гостя, разговорной части и подведения итогов. Разновидности форматов корректируются дополнительными вставками.

Анализируя тематическое содержание аудиальных медиапродуктов в интернете, сформирована типология подкастов, включающая аудиоблоги; юмористические подкасты в форме стендапа; образовательные (вебинары/уроки/курсы по разным предметам); игровые; подкасты-спектакли; критические (аналитические) подкасты.

В ходе выполнения задачи рассмотрения принципов создания актуального видеоконтента на YouTube было установлено, что авторы

должны сосредоточить внимание на качестве графики и звучания, анонсировать наиболее важные моменты ролика и развивать обратную связь с аудиторией.

Высокая популярность платформы YouTube обуславливает увеличение объёма выпускаемого контента и рост конкуренции авторов. Эта тенденция приводит к появлению новых методов разработки видеороликов, позволяющих повысить вовлечённость пользователей. Ниже описаны принципы, разработанные Гореловой Т. П. и Пинчук Е. С.

Важным условием создания запоминающегося материала считается уровень визуальной и аудиальной составляющих. Зрители лучше воспринимают качественные «картинку» и звучание, которые достигаются достаточным освещением и устранением посторонних шумов при монтаже музыкальных дорожек [1, с. 124–126]. Кроме этого, одним из самых важных критериев для аудитории остаётся релевантность информации. Зрители выбирают те ролики, которые отвечают их потребностям. Поэтому наиболее эффективным становится тот контент, который создаётся на основе запросов подписчиков. Демонстрация в ролике скриншотов популярных ответов, статистики – альтернативные способы повышения лояльности зрителей [3, с. 327–328].

На основе теоретических источников авторами была разработана структурированная критериальная основа для дальнейшего изучения эмпирического объекта. Методом контент-анализа проведено эмпирическое исследование YouTube-шоу «Интересный подкаст» (выпуск №66 от 05.10.2022). Использовались следующие параметры: миссия, тематика и формат информационного продукта, целевая аудитория, постоянные рубрики, жанр медиатекста и его классификационные признаки (способ общения, степень формализации сценария, цель, продолжительность), направленность сообщения, структура. Анализ позволил выявить особую стилистику изложения информации и показал, что она способствует более качественному усвоению сведений слушателями, а техническая структура делает его удобным источником изучения материала.

Данный подкаст выпускается в формате аудиоблога. Его миссия – упростить сложные для понимания вопросы медицины, сделать их более

доступными для широкого круга лиц. Материал рассказывается «простым языком», его восприятие не требует специальной подготовки. Тема анализируемого выпуска – офтальмология: коррекция зрения и профилактика заболеваний. Целевая аудитория – женщины и мужчины 25–34 лет.

В эпизоде подкаста присутствуют постоянные рубрики: медицинские «мифы» (в данном случае – о генетических заболеваниях); объяснение терминов («что такое пресбиопия», «кто подвержен астигматизму» и т. д.); первые признаки заболеваний («как возникают близорукость или дальнозоркость», «чем характеризуется глаукома»); здоровый образ жизни («доказательная медицина», «упражнения для глаз»); вопросы от подписчиков из Telegram-канала.

Подача материала происходит в формате интервью, которое классифицируется по нескольким признакам. По способу общения – прямое; по степени формализации сценария – полуструктурированное, исходя из типологии жанров журналистики – информационное, в зависимости от темы – предметное. По цели данное интервью относится к разведывательным, по продолжительности – полномасштабное (длится более 1 часа).

Приведём характеристику направленности текста «Интересного Подкаста». Сообщения являются закрытыми, они предполагают строго заданную реакцию слушателей и не допускают различий в интерпретации. Для этого информация подаётся в доступной форме, без использования сложных терминов. Специалист заменяет медицинское понятие «стекловидное тело» на «помутнение»; обращается к научной теории (эпизод о методике профессора Жданова); передаёт профессиональный опыт (инструкция по подбору линз); приводит бытовые примеры (причины покраснения глаз); делится компетентным мнением (стоит ли делать коррекцию зрения). Чем актуальнее тот или иной вопрос, тем больше времени тратится на его обсуждение.

Рассмотрим структуру подкаста. В описании видеоролика присутствуют шоуноты. Они состоят из трёх частей: краткой характеристики гостя («Кирилл Першин – ведущий офтальмохирург, доктор медицинских наук, профессор, академик РАЕН»), рубрики

основных моментов («В этом выпуске: 1 – всё об осложнениях заболеваний глаз, 2 – как врачи избегают ошибок при операциях, 3 – ...») и ссылок на платформы, где размещены аудиоверсии. Следующий элемент – таймкоды. Это активные ссылки на различные фрагменты интервью («38:30 – Будущее медицины. Бионический глаз. Как вернуть зрение?», «01:01:03 Лечится ли дальтонизм?»). В качестве чатперсов на видеохостинге выступают плейлисты. Данный эпизод помещён в подборку «Интересный Подкаст [Сезон 6]».

Реализуя задачу определения воздействия подкаста на привлечение внимания к теме здоровья, получен следующий результат: новый жанр журналистики – действенный инструмент побуждения аудитории изучать вопросы, связанные со здоровым образом жизни.

Критерием эффективности подкаста в решении данного вопроса были выбраны количественные и качественные характеристики обратной связи. Для анализа количественных характеристик подкаста доступны три параметра: просмотры, лайки и комментарии. За 4 месяца с момента загрузки ролик набрал 585 тыс. просмотров и занял третье по популярности место среди всех выпусков на канале в 2022 г. Зрители активно делились обратной связью и оставили под видео 23 тыс. лайков и 1,5 тыс. комментариев. Под анонсом гостя в Telegram-канале насчитывается 52 вопроса, которые подписчики хотели бы услышать в новом выпуске подкаста. Качественные параметры оценивались с двух позиций: содержания вопросов и эмоциональной направленности комментариев-мнений об эпизоде. В своих вопросах пользователи интересовались признаками редких болезней, называли свои симптомы ухудшения зрения для получения предварительного диагноза, спрашивали о действии лекарственных препаратов и др. Зрители также делились впечатлениями от подкаста – тем, что информация была для них полезна и заставила задуматься о важности профилактики офтальмологических заболеваний. Многие подписчики вспоминали, как своевременное обращение к врачу помогло им сохранить здоровье глаз, а некоторые рассказали, что именно это интервью побудило их пройти медицинское обследование зрения.

Таким образом, правильно организованная коммуникация является главным инструментом, мотивирующим зрителей к просмотру видеоматериалов на тему здоровья. Самыми эффективными способами можно назвать предварительный контакт и обратная связь от автора контента. Первое даёт пользователю возможность сообщить тему, по которой он хочет узнать новую информацию. Второе – получить личный ответ специалиста на интересующий вопрос. Такие приёмы привлекают аудиторию, позволяя ей экономить время на очных консультациях, а для создателя контента служат перспективой успешного продвижения медиaproдукта.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Горелова Т. П., Серебровская Т. Б. Особенности цифрового потребления видео-контента на платформе YouTube // Современная конкуренция. 2021. Т. 15, №3(83). С. 119–130.

2. Конкин А. А. Феномен подкаста в репрезентации межкультурных и социально-политических явлений // Вестник Забайкальского государственного университета. 2021. Т. 27, №6. С. 90–100.

3. Пинчук Е. С. Мировые тенденции и динамика развития медиаотрасли // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. 2021. Т. 29, №2. С. 324–337.

4. Сметанина Д. А., Казорина А. В. Специфика функционирования просветительского подкастинга в Рунете // Молодёжный вестник ИрГТУ. 2022. Т. 12, №1. С. 117–121.

Информация об авторах

А. В. Фёдорова – студентка группы СОбд-31, гуманитарный факультет, Ульяновский государственный технический университет.

Г. М. Шигабетдинова – доцент, кандидат педагогических наук, Ульяновский государственный технический университет.

REFERENCES

1. Gorelova T. P., Serebrovskaya T. B. *Osobennosti cifrovogo potrebleniya video-kontenta na platforme YouTube* [Features of digital consumption of video content on the YouTube platform]. *Sovremennaya konkurenciya* [Modern competition]. 2021, T. 15. No. 3 (83), pp. 119–130.

2. Konkin A. A. *Fenomen podkasta v reprezentacii mezhkul'turnyh i social'no-politicheskikh yavlenij* [Podcast phenomenon in the representation of intercultural and socio-political phenomena]. *Vestnik Zabajkal'skogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Transbaikal State University]. 2021, T. 27. No. 6, pp. 90–100.

3. Pinchuk E. S. *Mirovye tendencii i dinamika razvitiya mediaotrasli* [World trends and dynamics of the development of the media industry]. *Vestnik Rossijskogo universiteta druzhby narodov. Seriya: Ekonomika* [Bulletin of the Peoples' Friendship University of Russia. Series: Economy]. 2021, T. 29. No. 2, pp. 324–337.

4. Smetanina D. A., Kazorina A. V. *Specifika funkcionirovaniya prosvetitel'skogo podkastinga v Runete* [The specifics of the functioning of educational podcasting in Runet]. *Molodezhnyj vestnik IrGTU* [Youth Bulletin of ISTU]. 2022, T. 12. No. 1, pp. 117–121.

Information about the authors

A. V. Fedorova – student of the SObd-31 group, Faculty of Humanities, Ulyanovsk State Technical University.

G. M. Shigabetdinova – Associate Professor, Candidate of Pedagogical Sciences, Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 02.03.2023;
одобрена после рецензирования 28.03.2023;
принята к публикации 17.04.2023.

The article was submitted 02.03.2023;
approved after reviewing 28.03.2023;
accepted for publication 17.04.2023.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 821.161.1

Образ «женщины с ружьём» в гендерном контексте русской литературы 20-х годов

Людмила Павловна Якимова

Институт филологии СО РАН, Новосибирск, Россия.

Аннотация. Статья обращена к рассмотрению одного из важных аспектов гендерной проблематики русской литературы 20-х- 30-х годов – мотивной ситуации маскулинизации женского образа как идейно-эстетического отклика литературы на послереволюционный процесс равноправия мужчины и женщины, нашедшего отражение в широком распространении образа «женщины с ружьём» и как его поэтико-смыслового варианта – «атаманши» и «комиссарши».

Ключевые слова: русская литература 20-30-х годов, гендерный аспект, образ «женщины с ружьём», inferнальный вариант «атаманши», конфликт социального и природного начал, поэтика мотивного напряжения.

HUMANITIES
Scientific article

The image of a «woman with a gun» in a gender context Russian literature of the 20s

Lyudmila P. Yakimova

Institute of Philology SB RAS, Novosibirsk, Russia.

Abstract. The article is addressed to the consideration of one of the important aspects of the gender issues of Russian literature of the 20s–30s – the motivational situation of masculinization of the female image as an ideological and aesthetic response of literature to the post-revolutionary process of equality of men and women, reflected in the widespread image of «a woman with a gun» and as its poetic and semantic variant – «atamanshi» and «commissars».

Keywords: Russian literature of the 20–30s, gender aspect, the image of a "woman with a gun", the infernal version of the "atamansha", the conflict of social and natural principles, the poetics of motivic tension.

«Зачем нам в литературе скрывать,
что люди в природе разделены
на мужчин и женщин?»

Виктор Шкловский.

По значимости, силе и глубине воздействия на ход мировой истории Л. Леонов связывал Великую Октябрьскую революцию с явлением Христа: мало того, что «до основанья» были разрушены вековечно существовавшие принципы экономического и государственного устройства и

рухнуло казавшееся незыблемым старое здание общественного правопорядка и религиозной веры, перестроечная воля революции решительно распространилась и на ту сферу человеческих отношений, нерушимость которой предопределялась природой и глубинным чувством национального самосохранения.

Достоинство удивления, с какой силой оперативности откликнулась на событие Революции национальная литература, каким непостижимой глубины источником познания и осмысления исторических событий мировой значимости предстала она и в сознании своего современника, и в последующие времена, включая и день сегодняшний.

Характерной особенностью литературного стиля эпохи становится стремление писателя найти способ каким-то запоминающимся образом – программно-формульно – передать преобразующе-обновлённый дух наступившего времени. В рассказе «Старый дом» Б. Пильняк прибегает к разрядке: «В семнадцатом году пошли в переселения все правды и все народы, и манеры жить россиян. Гроза прошла по России, всё размела, всех, кто жил в старом доме, всё развеяла, всех переморозила и перегрела в старом доме, все развеяла, всех переморозила и перегрела в жарах и гололедицах» [1]. В повести «Ветер» Б. Лавренёв использует приём такой высокой лексической концентрации, что читатель не может не ощутить небывалого напряжения революционного времени. «Прошлое отошло в свинцовый туман, закрылось вуалью, а на смену ему – голосования, вопросы, фракции, восьмичасовой день, аграрный вопрос, учредилка, меньшевики, большевики, эсеры, загадочный Ленин, ноты, аннексии, контрибуции, братство народов, митинги, демонстрации...» [2].

Неохватная безграничность веры в обновляющую суть Революции сказалась и на номинативном уровне произведений: наглядно обозначилась тенденция к использованию лексем со смыслом природной экстенсивности, даже катастрофами: огня, пожара, метели, ветра, наводнения, вулкана. Показательно, например, что близко друг к другу по времени выходят в свет «Ветер» Б. Лавренёва (1924), «Человеческий ветер» Б. Пильняка (1925), «Обычай ветра» В. Лидина (1927); «Наводнение» Б. Замятина и «Ледоход» Б. Пильняка и т. д.

В силу особенностей веры вершителей Революции в безграничность её преобразующей воли невиданные ранее масштабы приобретает внимание к природной сути самого человека – проблемам пола, отношений мужчины и женщины, любви, семьи, брака, и эта острота внимания молодой советской литературы к гендерной проблематике, явившись её неотъемлемой чертой и признаком, сама по себе выдвигается в качестве самостоятельного объекта исследования. Сегодня, когда причудливые, но не лишённые опасности эксперименты толерантного Запада над человеческой природой грозят распространиться на весь мир и принять силу

законного укоренения, гендерная проблематика советской литературы 20–30-х годов, выявившись как её характерная особенность, обретает новую актуальность, поворачиваясь к современности многими не только поучительно и практически значимыми сторонами, но и глубиной, яркостью, неповторимостью эстетического опыта.

В соответствии со стремительным ходом исторического времени в период Революции, когда, по выражению Е. Замятина, «земля вертится в сто раз быстрее» [3], небывало острую динамичность перемен – и в идеологическом, и правовом, и бытовом отношении претерпел и гендерный концепт, зеркально отразившись в литературе на всех её уровнях – жанровой системы, проблематики, мотивно-сюжетной и образной структуры.

Если в 20-е годы на первый план выходило провозглашение социального равенства мужчин и женщин, установление свободы половых отношений, насаждение системы коммунального быта, то 30-е годы ознаменовались уже тенденцией укрепления семьи, строгой регламентации поведения в браке наряду с вовлечением женщины в сферу общественного производства и призывом к овладению мужскими профессиями.

Провозглашённое в ходе Революции правовое равенство мужчин и женщин, законодательно закреплённое Конституцией, в реальной жизни превратным образом автоматически оказалось переведённым в план их природного уравнения, что в экстремальных условиях военного времени обернулось бурным процессом маскулинизации всего образа жизни женщин, как социального, так и бытового их поведения.

В этом контексте, когда казалось, что Революции подвластно всё, особую остроту актуальности как в конкретном социально-историческом, так и общем философско-онтологическом аспекте приобретает проблема пределов вторжения преобразовательной воли человека в природную, предопределённую сферу человеческих отношений, возникновения грозящей миру опасности низведения их понимания с высоты Бытия до быта.

В молодую советскую литературу незамедлительно вошёл образ женщины с ружьём, сознающей равное с мужчиной право участвовать в боевых походах и сражениях, добровольно отказываясь от дарованных ей

природой способности к рождению детей, исполнению роли хранительницы семейного очага. Героиня повести Б. Лавренёва «Сорок первый» своим товарищам по оружию даёт даже «подписку об отказе от бабьего образа жизни и, между прочим, деторождения до окончательной победы труда над капиталом» [4].

Смещение социальных ролей мужчины и женщины синхронно сопровождается переменной внешнего облика героини путём уподобления его мужскому. Картины и сцены преобразования женщины в мужчину, когда, «надев мужской наряд», героиня является читателю в другой, не свойственной ей от рождения ипостаси, входят в художественный текст ранней советской литературы как важный структурный элемент, интенсивно работающий на читательское восприятие её поэтико-смысловой цельности. Старательно создаёт образ своего вестового из бывшей купеческой дочки и гимназистки Ольги Зотовой эскадронный командир Дмитрий Емельянов в повести А. Толстого «Гадюка»: «Волосы вам обстригём, сапожки достану лёгонькие, у меня припасены с убитого гимназиста; на первое время, конечно, к коню ремнём будем привязывать, чтоб не свалились...» [5] Волосы «она обстригла». Потом «Емельянов доставил ей короткий кавалерийский полушубок, синие с красным кантом штаны и, как обещал, козловые щегольские сапожки» [5, с. 334]. Позднее он «преподал ей первые законы кавалерийской посадки и обращения с конём» [5, с. 335], она «обучилась владеть и клинком» [5, с. 336], пришло время и в деле показать свою боевую выучку, когда, уходя от казачьей погони, она, «баба, угробила двух мужиков» [5, с. 338].

Если героиню А. Толстого делает участником Революции сплетение роковых и во многом случайных обстоятельств, то появление – тоже купеческой дочери – Насти Секретовой из романа Л. Леонова «Барсуки» в отряде восставших против советской власти мужиков из села Воры и возглавленных бывшим красноармейцем Семёном Рахлеевым, глубоко осознанно и исходит из классового, «большого размера мести» за разорение родительского гнезда в Зарядье, из намерения и Семёна тоже «оплодотворить на подвиг ненависти, чтоб взорвался, губя всё кругом» [6]. Представленный по природе избранного жанра в большом эпическом развороте этот женский образ вбирает

целый комплекс животрепещущих актуальностью проблем революционной эпохи, но их гендерный аспект выведен писателем на первый план. По условиям жизни в лагере барсуков, как прозвали закопавшихся в земляные норы ушедших в лес крестьян, Насте приходится скрыть свою женскую суть и превратиться в статного паренька лет двадцати: «Широкая Семёнова гимнастёрка, ловко перехваченная уздечным ремешком, скрывала женские отличья. Фуражка сидела глубоко на голове, из-под козырька смеялись глаза... – Хорош? – кивнула она Семёну» [6, с. 202].

Свой «подвиг ненависти» она совершает, оказавшись за пулемётом, смертоносно направленным в сторону безоружной толпы мужиков. «... Настька, сволочь! – надрывно и хрипло кричал Семён и бежал к пулемету... Не стреляй, зарежу...»

Не было другого ответа, кроме как отстукивания пулемёта» [6, с. 237]. При этом под прикрытием мужского образа в своих далеко идущих планах Настя расчётливо пользуется своей феминностью, стравливая мужчин в ревнивом стремлении обладать ею.

Героине повести Б. Лавренёва «Сорок первый» мало что приходится добавить к своему обычному облику рыбачки в «брзентовых негнущихся штанах», разве только то, что теперь, став красногвардейкой, «рыжие косы заплетает венком под текинскую бурую папаху» [4, с. 179]. Но в деле уничтожения классового врага посредством мастерского владения винтовкой она мужчине не уступает: на боевом счету Марютки значатся сорок убитых белогвардейцев, когда поручают ей сопровождать в штаб пленного поручика Говоруху-Отрока.

Заметный вклад, отмеченный специфическими чертами регионального колорита, внесли в гендерную проблематику молодой советской литературы сибирские писатели: Вс. Иванов («Лога», «Тайное тайных»), Л. Сейфуллина («Вириная»), В. Зазубрин («Общежитие»), И. Гольдберг («Бабья печаль») и др. Если внешнее преобразование городских героинь Л. Леонова, А. Толстого и рыбачки Марютки происходит вследствие их внутренней убеждённости в равноправии с мужчинами, и ружьё в их руках значимо как подтверждение их абсолютного равенства с мужчиной, то героиню И. Гольдберга единственной женщиной в партизанском отряде делают непоправимые

обстоятельства: после того, как родную деревню сожгли казаки, деться ей, как упросить мужиков взять с собой, некуда.

«Женщину звали Парунькой», – отдельной строкой сообщает читателю автор, и по неписанным законам художественного текста новой литературы далее сибирский писатель тоже не обходится без подробного описания маскулинизации внешнего облика и всего образа жизни таёжной сибирячки. Процесс перевоплощения в мужскую ипостась происходит под руководством одиноко живущего на таёжной заимке старика Семёна: «... сама лезешь не в бабье дело – ступай... Только перво-наперво одевай штаны.

– Шта-а-ны? – изумилась Парунька.

– Да, молодуха, штаны!.. Дам я тебе мои, залазь!..

– Срамно будто, в мужичьих штанах...

– Срамно! – вскипел Семён, – а с парнями в пекло лезть не срамно? Помалкивай лучше!

– Ну ладно, – вздохнула Парунька. – Одну штаны...

– Стрелять умеешь?

– Из дробовика баловалась по чиркам.

– Коли из дробовика умеешь, стало быть, и винтовка у тебя сладится... Ну, ступай в путь... Тамо-ко я тебе штаны припас, рубаху, опояску...

Ушла Парунька в избу. Переделалась там. А потом, неловко ступая носками внутрь, вышла, смущённая, смешная, широкозадая» [7].

Из этого, тщательно прописанного диалога видно, что в отношении таёжницы Паруньки к своему внешнему преобразению нет той готовности, которую проявляют героини Л. Леонова, А. Толстого, Б. Лавренёва – Настя Секретова, Ольга Зотова, Марютка: изменив внешний образ, она не изменяет специфически «бабьим» делам, заботам, переживаниям, в соответствии со своей бабьей природой кормит и обстирывает мужиков, способна даже «по-бабьи» жалеть и сочувствовать их вынужденному плотскому воздержанию. Только в этом смысле и следует воспринимать рискованное её предложение командиру партизанского отряда: «Тяжело тебе, поди, без женщины? Сильный ты, молодой... Хошь, приду к тебе после?» [7, с. 202]. В ответ на его жёсткую отповедь не обижается, а объясняет: «Жалко мне вас... Ребята крепкие, в смертное дело пошли, а утехи никакой» (Там же).

Превратно воспринятый концепт равенства – равноправия приводит в одном случае, как у Марютки, к полному отказу от «бабьего образа жизни» вплоть «до окончательной победы труда над капиталом», а в другом, как у Паруньки, к готовности жертвенного подчинения своей «бабьей» сути общей пользе: «Я и с ребятами бы не противилась, да боюсь свары... Знаешь, как из-за нашей сестры промеж вас, мужиков, неладное выходит...» [7, с. 203].

По тому, с какой настойчивостью повторяется в рассказе И. Гольдберга специфическое сочетание «бабий» с другими обиходными понятиями – «бабья одежда», «не бабье дело», «свой бабий ум» и т.д. и как часто акцентируется при этом особость мужского и женского поведения, гендерный аспект грозового времени Революции и Гражданской войны глубоко волновал сибирского писателя, не изымая его творческих исканий из общего русла развития советской литературы и в полной мере способствуя ощущению цельности и единства её художественного текста. Не в малой степени подтверждением этому являлась и частотность мотива переодевания женщины в мужской наряд. Вот и Парунька, отправляясь по поручению партизан в разведку, «оправила на себе бабью одежду (снова переделалась в привычную лопоть, снова почувствовала себя ловкой) и зашагала» [7, с. 199]. И специально следует отметить, что скобки являются здесь авторским знаком и служат средством подчёркивания важности используемой художественной детали.

Тяжкая бабья доля настагает Паруньку и в разведке: изнасилованная белочехом возвращается она с выполненным заданием – важной вестью в отряд – «пасмурная, серая, невесёлая» [7, с. 211], и на вопрос: «А ты пошто, Парасковья, не переоблакаешься?» зло отвечает:

– Пропадите вы с одеждой-то этой!.. Не буду переоблакаться. Как есть баба – в бабьей лопоти и пойду» (Там же).

«Но что-то дрогнуло в бабе» – опять отдельной строкой отмечает это автор. «Когда никого кругом нет – прислушивается она к чему-то. Прислушивается к смутному, неясному, но неотвратимому, что растёт в ней, что переплетает свою жизнь с её жизнью» [7, с. 203]. И от того, что зреющее в ней дитя – от «окаянного, чужого, насильника» печаль её переходит в отчаяние. Отряд готовится к решительному бою, не

собирается уходить от участия в нём и Парунька, и на исход его возлагает судьбу и свою, и растущего в ней ребёнка: «Ждёт последнего кровавого крещения. Чтоб утешить безграничную тоску...» [7, с. 205].

Отсутствие определённости в развязке сюжета «Бабьей печали», о чём свидетельствует и завершающая текст не точка, а многоточие, говорит в данном случае не об авторской растерянности, а о намерении обозначить поэтико-смысловую неизведанность гендерной проблематики в новой литературе.

Многоаспектность её проявления подтверждает обогащение типажного ряда женщины с ружьём: известный по литературе модерна тип inferнальной героини находит теперь воплощение в образе атаманши, комиссарши, анархистки, эсерки и т. д., прототипами которых часто становятся реальные участницы Революции и Гражданской войны – от известной своими революционными подвигами Марии Никифоровой до Ларисы Рейснер. О зыбкой относительности границ, отделяющих судьбу, так сказать, рядовой «женщины с ружьём» в революции от превращения её в атаманшу не случайно рассуждает герой повести Б. Лавренёва «Сорок первый»: ... «Атаманом будешь! Тебе же одна дорога – в атаманы разбойничьи» [4, с. 223]. Одинаковая притягательность этого образа как для эстетического осмысления, так и читательского восприятия послужила сильной мотивацией к его воплощению в разных художественных жанрах – прозе, поэзии, даже оперы, достаточно вспомнить эпопею И. Сельвинского «Улялаевщина» с податаманшей Маруськой или либретто оперы «Думы про Опанаса» Э. Багрицкого с анархисткой Раисой Николаевной.

Внимание к такого рода женским образам, обусловленное стремлением писателей как можно полнее воспроизвести ветровую стихию революционной эпохи, способствовало обогащению новыми акцентами и её гендерной проблематики, что в структурных элементах художественного текста нашло заметное отражение. И поскольку в изображении такого рода женщин, как атаманша, момент маскулинизации её облика, связанный с переодеванием в мужской костюм и освоением манер мужского поведения, особенно важен, то и появление в этом текстовом сегменте новых

поворотов бесследно для читательской рецепции не проходит. Так, героиня повести Б. Лавренёва «Ветер» атаманша Лёлька при своём появлении производит потрясающее впечатление то ли «царицы персидской», то ли сказочной павы: «Пава – не пава, жар-птица, а в общем – баба красоты писаной...»

А на бабе серый кожушок новехонький, штаны-галифе нежно-розового цвета, сапоги, лакированные со шпорами, сбоку шашка висит, вся в серебре, на другой стороне парабеллум в чехле, на голове папаха чёрная с красным бантом» [2, с. 12]). Это впечатление эклектической сбивчивости всего облика, начиная с наряда героини (галифе, но «нежно-розового цвета», папаха, но «с красным бантом») не случайно, писатель усиливает его и дальше, когда, укладываясь спать, «атаманша со двора выюк притащила, на полу разостлала, одеяло вынула шелковое, цветное, всё в кружевах» [2, 130].

То же раздвоение-расслоение гендерного образа сквозит и в героине рассказа Б. Пильняка «Ледоход» (1924): сброшенная перед сном одежда полностью соответствует представлению о мужском обмундировании анархистки Маруси: «... на полу около неё валялись её галифе, гимнастёрка и сапоги, а из-под подушки свешивались ремешки от кольца» [9, с. 454], но манера сидеть за столом «ноги на стул» [9, с. 455] и сентиментальная склонность к привычке собирать брандуши – «эти первые весенние цветочки» [9, с. 475] с присвоением маскулинной ипостаси глубоко диссонируют. Показательно и то, что присвоение особенностей внешнего облика и поведения мужчин уживается в этих героях с охотой демонстрировать свои женские достоинства: «Села атаманша на полу, косу заплела, гимнастёрку стащила. Руки нежные, розовые, круглые. Груды птицей под рубахой трепещутся» [2, с. 130].

В отличие от таких героинь – «женщин с ружьём», как Ольга Зотова, Настя, Марютка, Парунька, о социальном происхождении которых читателю становится известно с первых строк, родословие героини inferнального типа темно и загадочно: как атаманша Лёлька у Б. Лавренёва то ли бывшая проститутка, – «с мальчиками гуляла», то ли дочь купеческая – «папина дочка», словом, «пришла баба, чёрт её знает какая, откуда» (Там же), так ничего, кроме имени, не известно в отряде Батьки и об анархистке

Марусе: «... подобралась, прибилась к отряду неделю назад, страшная женщина, красавица...» [9, с. 454] Она пришла перед боем, попросила коня и была в строю первой, а потом расстреливала пленных спокойно, не спеша, деловито, как и не каждый мужчина» (Там же).

Если в некрасовской женщине, которая «коня на скаку остановит, в горящую избу войдёт», черты мужественности оттеняют её героическую жертвенность и сострадательное отношение нуждающимся в помощи, то черты маскулинности в облике Маруси или Лёльки выявляют скорее чуждость их доходящей до садизма жестокости не только мужскому поведению, но и вообще нормам человеческого образа жизни.

Как закономерный исход бурной жизни в ледоходно-ветровое время Революции воспринимается мортальный конец этих героинь Лаврёнева и Пильняка: на глазах революционного полка расстреляна Лёлька, «в бою была убита» Маруся. И как бы в подтверждение их принадлежности к породе нелюдей бросает Гулявин Лёльке: «Убью, гадюка», и образ этот приобретает в литературе 20-30-х годов мотивный характер. Образ героини романа В. Вересаева «Сестры» (1931), кстати, тоже по имени Лёлька, возникает в атмосфере других социальных реалий, но в том же идеологическом пространстве, когда стремление женщины к абсолютному – «во всём» – равенству с мужской оборачивается искажением её человеческой природы вплоть до уподобления гадюке.

Общим моментом изображения судьбы героинь вышеназванных произведений Л. Леонова, А. Толстого, Б. Лавренёва, И. Гольдберга является открытость их финала: сохраняя им жизнь в экстремальных условиях Революции и Гражданской войны, авторы оставляют читателя в догадках и размышлениях о том, как сложится их дальнейшая судьба, и этот фактор сюжетостроения оказывается принципиально важным в определении и понимании характера их поэтико-смысловой стратегии – и, прежде всего, в аспекте общего осмысления гендерной проблематики литературы тех лет.

В жанровой структуре молодой советской литературы безусловное первенство принадлежало малым жанрам – рассказу и повести, и тем более оказался значим вклад Л. Леонова в гендерную проблематику, что связан был с

жанровыми возможностями романа – его эпическим дыханием, стремлением к созданию художественных образов большой социально-психологической наполненности. Важно и то, что внимание к гендерной проблеме оказалось акцентированным благодаря специфически сложившемуся составу действующих лиц по принципу «сто мужчин и одна женщина»: среди главных героев романа Настя Секретова – персонаж доминирующий. Оказавшись в отряде мужиков, восставших против советской власти, коренная москвичка из Зарядья Настя окрыляет себя мыслью о способности подвигнуть влюблённого в неё мужчину на подвиг всеограшающей мести за отторгнутое у неё наследство, и в этом смысле объяснимы её метания между упрямо ищущим правды Семёном Рахлевым и жадным искателем приключений, как «вихрь бесплодный», Мишкой Жибандой. И хотя в её отношении к Семёну больше живого, искреннего чувства, чем к Мишке, ради своих глубоко скрытых целей она спокойно идёт на уступки, и влюблённый в неё Жибанда охотно подчиняется её сильной – мужской воле, тогда как именно эти черты маскулинности явились тем порогом, который окончательно разделил её с Семёном. Не уходит из памяти Семёна тот бой, в котором проявилась необузданная жестокость Насти: «Всё бывает в драке, – раздельно и полупрезрительно, чтоб навсегда запомнилось, заговорил Семён, – но и разбойник до гроба помнит павших от его кистеня. А ты... сколько ты в ту ночь, в Гусаках, зря положила... и вот каешься в измене, на которую мне наплевать, слышишь?... а ни словом не обмолвилась о тех» [6, с. 253].

Был момент, когда, хитро маневрируя с женской привлекательностью, и предоставленным революционным временем равенством с мужчинами, она с особой остротой ощутила какой-то равный с самой природой приток сил и возможностей, и как кульминационный пункт её судьбы воспринимается картина грозы, наступившей их с Жибандой во время погони: «... Шла гроза... А двое мчались, не замедляя скорости. Уже хлестало их крупным ливнем, и ветер, как огромная метла, заметал с поля и мелкий сор, и тяжёлые обрывки травы. Одновременно шёл сплошной дождь из молний» [6, с. 315].

Исследователи справедливо отмечают символическое значение этой картины: «Здесь

даже появляется образ метлы, сопровождающий в русском фольклоре образ зловещей Бабы-Яги или другой ведьмы, раскаты грома, непрекращающийся блеск молний, всегда свидетельствующий о нечистой силе» [10], а в данном случае ещё и об иллюзорных надеждах героини. Едва кончилась гроза, как спустилась Настя с коня на землю, «вдруг замерла и прислушалась к чему-то, пугливыми глазами в синих кругах глядя себе на живот... и заплакала» (Там же). Заплакала, поняв, что красивая, злая, волевая, способная повелевать волей мужчин, в игре с природой она проиграла, подтвердив лишь неопровержимость смысла той притчи о неистовом Калафате, которую обсуждали восставшие мужики в третью ночь у костра: «Закон природы! Его не переступишь» [6, с. 221].

Столь же безоружными перед проявлением законов природы оказались и другие «женщины с ружьём» как типичные героини ранней советской литературы. Это и героиня И. Гольдберга Парунька, как в мирной жизни владеющая дробовиком, так и на войне готовая здоровой рукой нести винтовку и гореть вместе со всеми злобой борьбы [7, с. 204], но впадшая в отчаянную горечь, узнав о своей постыдно-позорной беременности.

Это и Ольга Вячеславовна Зотова – героиня повести А. Толстого «Гадюка», владеющая и карабином, и шашкой, проявившая равное с мужчиной мужество в боевых походах, но испытывавшая полное бессилие перед вызовами мирной жизни, бытом и внезапно охватившей её любовью – к чиновнику новой формации, «хозяйственному директору»: «Несколько раз она сбегала вслед за ним по лестнице, чтобы здесь же, на улице, схватить его за рукав: „Я люблю вас, я погибаю...“. Но каждый раз он садился в автомобиль, не замечая Зотовой среди других служащих...» [5, с. 350].

И трагически кончилась попытка устранить соперницу силою оружия – «маленького револьвера», сжимая который в посиневшем кулаке пришла Ольга Зотова сдаваться в отделение милиции.

Об исключительной остроте гендерной проблематики в русской литературе 20–30-х годов свидетельствует и тот факт, что некоторые произведения этого рода вошли в фонд хрестоматийных, стали предметом кинематографического искусства, что таких произведений,

как повести «Гадюка» А. Толстого и «Сорок первый» Б. Лавренёва касается безоговорочно.

Свой спор с природным предназначением, зафиксированный к тому же в «подписке об отказе от бабьего образа жизни», Марютка проиграла незримо, неожиданно, как говорится, «нечаянно». Оказавшись вместе с сопровождаемым ею пленным Говорухой-Отроком на необитаемом острове, где необходимо было пройти через совместные испытания холодом, голодом, смертельной болезнью пленника, она невольно проникается мыслью о том, что в мире больше того, что объединяет людей, чем того, что их разъединяет. Исполнен глубокого смысла тот диалог, который происходит между ними после выздоровления пленного офицера:

« – Спасибо тебе, голубушка!

Марютка покраснела и отвела его руку. – Не благодари!.. Не стоит спасибо. Что ж, по-твоему, дать человеку помирать? Зверюка я лесная или человек?

– Но ведь я кадет... Враг. Чего было со мной возиться? Сама еле дышишь.

Марютка остановилась на мгновение, недоуменно дернулась. Махнула рукой и засмеялась.

– Где уж враг? Руки поднять не можешь, какой тут враг? Судьба моя с тобой такая. Не пристрелила сразу, промахнулась, впервой отроду, ну, и возиться мне с тобой до скончания» [4, с. 212].

Ситуацию «голый человек на голой земле» писатель воссоздаёт посредством и акцентированного внимания к метасюжету Робинзона и Пятницы, и использования эпитета «голый», когда осязательным становится авторское соприкосновение с интертекстом ближнего ряда, ассоциативно приводя на память «Голой год» Б. Пильняка.

Экстремальные условия физиологического выживания неизбежно способствовали стиранию кричащих различий в уровне культурного развития героев, в обоих – по-разному обнажая черты, свойственные человеку вообще, человеку как таковому, и предопределяя неизбежность обоюдного влечения друг к другу: «Из одного мяса сделаны», – говорит Марютка, убеждая своего пленника не стесняться голого тела при крайне возникшей необходимости обсушиться у общего костра. Но всю глубину победительности

овладевшего её чувства Марютка ощутила только тогда, когда в мгновенном ослеплении памятью о социальном долге – вспомнился наказ командира: «На белых нарвётесь, живым не сдавай», – метким выстрелом из винтовки настигла пленника, в то же самое мгновение поняв, что, убив его, убила и себя: «Родненький мой! Что же я наделала? Очнись, болезный мой! Синегла-азенький!» [4, с. 226].

Текстообразующий процесс литературы 20-х годов оказался в тесной зависимости от форм организации творческой жизни писателей, характера литературного быта, когда общая тенденция к обобществлению разных сторон человеческой жизни в литературе отозвалась тягой к созданию разного рода литературных объединений – артелей, цехов, братств, товариществ... С особой силой выявилось стремление к литературной учёбе, обмену творческим опытом, что в конечном результате сказалось на формировании такого феномена, как невиданная ранее мотивная концентрация, частотность интертекстуальных переключек и пересечений. Возникла как бы единая база, общий банк исходного материала для творческого претворения, арсенал кочующих тем, сюжетов, образов, мотивов, своего рода мотивный «общак», когда трудно стало определить степень художественного первородства, установить меру новаторства, разве что исходя из времени создания и издания произведения, менее значимым стало понятие вторичности. Примером может служить «Дитё» Вс. Иванова (1921) и «Шибалково семя» М. Шолохова (1924).

В похожей творческой ситуации оказалась и повесть Б. Лавренёва «Сорок первый». Произведений, где во имя социального долга убивают близкого человека, в литературе тех лет оказалось немало. В повести самого Б. Лавренёва «Ветер» показательным примером раскаяния за неосмотрительную любовную связь с атаманшей Лёлькой воспринимается её расстрел по личному приказу самого Гулявина: «Сволочь ты... – говорит она перед смертью, – на кровати со мной валялся, а теперь...» [2, с. 142]. В рассказе С. Семёнова «Убийца» (1924) герой – комиссар, коммунист, человек железной воли и неслышимых убеждений убивает близкую ему женщину, исходя из чёткого осознания социального долга, абсолютный приоритет которого перед личным чувством не вызывает у

него сомнения как вера в незыблемость «геометрических формул», как непреложность «алгебраического закона».

Интертекстуально созвучна повесть Б. Лавренёва «Сорок первый» и рассказ В. Бахметьева «Фроська» (1923), герои которого – он и она радость взаимного чувства тоже испытали в грозовой атмосфере гражданской войны, и здесь тоже позывным знаком женской любви послужила «растревоживающая» душу синева глаз мужчины, те, по определению одной героини, «синие лужицы» [11, с. 85], в которых, по убеждению другой, «аж утонуть в них можно» [4, с. 213]. Довершает сюжетно-мотивное сходство произведений Б. Лавренёва и В. Бахметьева и то, что распознав в своём возлюбленном классового врага – белого офицера, Фроська убивает его. Но именно с этого момента открывается глубокое различие произведений, несовпадение авторских взглядов на мир, общество, человека. Убив того, в «синих лужицах» глаз которого нашли отсвет её девичьи грезы, она не впала, подобно Марютке, в отчаянное раскаяние, не испытала равного ей душевного сотрясения, а деловито отдалась поискам путей воссоединения со своим отрядом.

И если никаких перемен ни в душе Фроськи, ни в её отношении к миру не происходит, и в этом смысле финал рассказа отмечен полным совпадением его сюжета с фабулой, то меткий выстрел в голову Говорухи-Отрока рикошетом бьёт и по душе Марютки: именно с этого сюжетного поворота обостряются фабульные перспективы повести, возникает интерес читателя к дальнейшей судьбе героини, которой – по определению – прокрустовым ложем покажется данная когда-то расписка о полной подчинённости своей жизни законам мировой революции: «Родненький мой! Что же я наделала? Очнись, болезный мой! Синегла-азенький!» [4, с. 226].

В принципиальном несовпадении финалов рассказа В. Бахметьева и повести Б. Лавренёва скрывается глубокое различие их поэтико-смысловых структур, одна из которых исходит из непредпосланных заранее целей художественного исследования, другая – из жёстких постулатов социологического мышления. И это был не единственный заслон к созданию цельной картины гендерных отношений в молодой советской литературе, не меньшую опасность

представляло и массовое увлечение писателей разного рода модными тогда теориями интуитивного, бессознательного поведения человека, следствием чего явилась так называемая «половая литература», заметный след в которой оставили «Собачий переулочек» Л. Гумилевского, «Луна с правой стороны» С. Малашкина, «Рынок любви» Н. Никандрова, «Мавритания» М. Барсукова, многие рассказы П. Романова и т. д.

Что касается образа «женщины с ружьём», то ответ связанной с ним мотивной ситуации сохранился и на новых поворотах литературной истории, в частности и тогда, когда в центре писательского внимания окажется так называемая производственная проза – романы Ф. Gladкова «Цемент», Л. Леонова «Соть», М. Шагинян «Гидроцентральный» и др. В романе Ф. Gladкова «Цемент» гендерная проблема – личные, любовные, семейные связи героев предстают в неразрывности с производственными отношениями нового времени – новой экономической политики, но и во внешности, и в поведении главной героини всё ещё проглядывают черты героинь военных лет: они сказываются и в её пристрастии к одежде мужского кроя – «мужской косоворотке», и в отношении к ребёнку, воспринимаемому как помеха к осуществлению планов персонального самоосуществления, в результате чего дочка Нюрка оказывается сданной в детдом и умирает там от голодного истощения: «Ты – отец, – говорит она Глебу. – Ухаживать за ней не могу – некогда. А если хочешь быть нянькой – сиди с ней. Буду очень рада» [12, с. 25]. И при встрече с Глебом после трёхлетней разлуки она хочет видеть в нём не только мужа, но прежде всего «товарища»: «Ах, Глеб... ах, товарищ!.. совсем стал другой – новый... и родной, и чужой» [12, с. 24]. И что особенно важно: в Даше Чумаловой, самозабвенно отдающейся общественной работе, окружающие видят атаманшу, готовую любой ценой достигать социально значимой цели: «Ну вот, пришла наша атаманша...» [12, с. 32]. И заслуженность этой номинации героиней подтверждает сцена реквизируемых богатых горожан, когда предметом изъятия излишков собственности становится кукла плачущей девочки.

Неостановимый ход времени, запечатлённый в последовательности историко-литературных этапов, продолжает и сегодня потрясать неожиданностью своих поворотов, и в этом

смысле особенно важны и интересны бывают точки соприкосновения далеко отстоящих друг от друга периодов исторического развития. Сегодня нельзя не заметить, как гендерная проблематика послереволюционных лет во многом пересекается и перекликается с социально-этическими исканиями наших дней, в особенности с гендерной политикой толерантного Запада, и этот фактор новой актуальности русской литературы 20-х-30-х годов предстаёт как призыв её перепрочтению.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Пильняк Б. Старый дом // Бор. Пильняк «Расплёснутое время». Романы, повести, рассказы. Москва: Советский писатель, 1990. С. 20.
2. Лавренёв Б. Ветер. (Повесть о днях Василия Гулявина) // Борис Лавренёв. Избранные произведения в двух томах. Т. 1. Москва, 1958. С. 111–112.
3. Замятин Е. Рассказ о самом главном // Евгений Замятин. Избранные произведения. Москва: Советский писатель, 1989. С. 413.
4. Лавренёв Б. Сорок первый // Борис Лавренёв. Избранные произведения в двух томах. Т. 1. Москва, 1958. С. 179
5. Толстой А. Гадюка // Рассказ 1920-х годов. Москва: Художественная литература, 1980. С. 333
6. Леонов Леонид. Барсуки. Собр. соч. в десяти томах. Москва: Художественная литература, 1982. Т. 1. С. 213.
7. Гольдберг Исаак. Бабы печаль // Рассказ 1920-х годов. Москва: Художественная литература, 1980. С. 196.
8. См.: Симонова О. А. Образ атаманши Маруси в литературе 20–30-х годов // Женщина модерна: Гендер в русской культуре 1890-1930-х годов. М.: Новое литературное обозрение, 2022. С. 363–381. (Серия «Гендерные исследования»).
9. Пильняк Б. Собр. соч. в шести томах. Москва: Терра – Книжный клуб, 2003. С. 156–172.
10. Вахитова Т. М. Инфернальные героини Леонида Леонова перед бездной // Русская литература XIX–XX вв. Поэтика мотива и аспекты литературного анализа. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2014. С. 102.
11. Бахметьев В. Фроська. Маленькие рассказы о большой жизни. Москва–Ленинград: Земля и фабрика, 1924. С. 85.
12. Gladков Федор. Цемент. Москва: Современник, 1986. С. 8.

Информация об авторе

Л. П. Якимова – доктор филологических наук, главный научный сотрудник Института филологии СО РАН (Новосибирск), литературовед, автор работ о литературе Сибири и русской литературе советской эпохи, известный исследователь творчества Л. М. Леонова. Монографии: «Многонациональная Сибирь в русской советской литературе» (1982); «Литература и литераторы Сибири» (1988); «Литературная критика журнала «Сибирские огни» (1920–1980-е годы)» (1994 (соавт.); «Мотивная структура романа Л. Леонова „Пирамида“» (2003); «Повести Леонида Леонова 20-х годов о революции и гражданской войне как жанрово-тематический и семантический-поэтический цикл» (2007); «Вводный эпизод как структурный элемент поэтики Леонида Леонова» (2012); «А. П. Чехов после Сибири. Мотивные концепты последнего периода творчества» (2020); «Поэтика русской литературы в семиологическом освещении» (2022).

REFERENCES

1. Pilnyak B. *Staryj dom* [Old house]. *Bor. Pil'nyak «Rasplesnutoe vremya»*. [Bor. Pilnyak «Splashed time»]. *Romany, povesti, rasskazy* [Novels, novellas, short stories]. Moscow, *Sovetskij pisatel'*. [Soviet writer]. 1990. p. 20.
2. Lavrenev B. *Veter. (Povest' o dnyah Vasiliya Gulyavina)* [Wind. (The story of the days of Vasily Gulyavin)]. Boris Lavrenev. *Izbrannye proizvedeniya v dnuh tomah. Tom pervyj*. [Selected works in two volumes. Volume one]. Moscow, 1958, pp. 111–112.
3. Zamyatin E. *Rasskaz o samom glavnom»*. *Evgenij Zamyatin. Izbrannye proizvedeniya* [A story about the most important thing. Evgeny Zamyatin. Selected works]. Moscow, *Sovetskij pisatel'*. [Soviet writer]. 1989. p. 413.
4. Lavrenev B. *Sorok pervyj* [Forty-first]. Boris Lavrenev. *Izbrannye proizvedeniya v dnuh tomah. Tom pervyj*. [Selected works in two volumes. Volume one]. Moscow, 1958. p. 179.
5. Tolstoy. A. *Gadyuka». Rasskaz 1920-h godov* [The Viper. The story of the 1920s]. Moscow, *Hudozhestvennaya literatura*. [Fiction]. 1980. p. 333.
6. Leonid Leonov. *Barsuki. Sobr. soch. v desyati tomah*. [Badgers. Collected works in ten volumes]. Moscow, [Artistic literature]. 1982. Vol. 1, p. 213.
7. Goldberg Isaac. *Bab'ya pechal'. Rasskaz 1920-h godov* [Women's sadness. A story from the 1920s]. *Hudozhestvennaya literatura*. [Artistic literature]. 1980, p. 196.

8. Sm.: Simonova O. A. «*Obraz atamanshi Marusi v literature 20–30-h godov*». *ZHenshchina moderna. Gender v russkoj kul'ture 1890-1930-h godov* [See: Simonova O. A. The image of atamansha Marusia in the literature of the 20–30s. The woman is modern: Gender in Russian culture of the 1890s-1930s]. Moscow, *Novoe literaturnoe obozrenie* [New Literary Review]. 2022, pp. 363–381. (*Seriya «Gendernye issledovaniya»*) [(Series «Gender studies»)].

9. Pilnyak B. *Sobr. soch. v 6-ti tt.* [Sobr. op. in 6 tt]. Moscow: *Terra – Knizhnyj klub* [Terra – Book Club], 2003, pp. 156–172.

10. Vakhitova T. M. *Infernal'nye geroini Leonida Leonova pered bezdnoj. Russkaya literatura XIX-HKH vv. Poetika motiva i aspekty literaturnogo analiza* [Infernal heroines of Leonid Leonov before the abyss. Russian literature of the XIX-XX centuries. The poetics of motive and aspects of literary analysis]. Novosibirsk. *Izd-vo SO RAN* [Publishing House of the SB RAS]. 2014. p. 102.

11. Bakhmetyev V. *Fros'ka». Malen'kie rasskazy o bol'shoj zhizni*. [Froska. Little stories about a big life]. Moscow–Leningrad: *Zemlya i fabrika* [Land and Factory], 1924. p. 85.

12. Gladkov Fedor. *Cement* [Cement]. Moscow, *Sovremennik*. 1986. p. 8.

Information about the author

L. P. Yakimova – Doctor of Philology, chief researcher at the Institute of Philology SB RAS (Novosibirsk), a literary critic, author of works on the literature of Siberia and Russian literature of the Soviet era, a well-known researcher of the work of L. M. Leonov. Monographs: «*Multinational Siberia in Russian Soviet Literature*» (1982); «*Literature and Writers of Siberia*» (1988); «*Literary criticism of the magazine „Siberian Lights“» (1920-1980-ies)» (1994 (co-author); «The motivic structure of the novel by L. Leonov „Pyramid“» (2003); «Leonid Leonov's Novels of the 20s about the revolution and the Civil War as a genre-thematic and semantic-poetic cycle» (2007); «Introductory episode as a structural element of Leonid Leonov's poetics» (2012); «A. P. Chekhov after Siberia. Motivic concepts of the last period of creativity» (2020); «Poetics of Russian literature in semiological illumination» (2022).*

Статья поступила в редакцию 02.03.2023;
одобрена после рецензирования 28.03.2023;
принята к публикации 17.04.2023.
The article was submitted 02.03.2023;
approved after reviewing 28.03.2023;
accepted for publication 17.04.2023.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 53.082.2+532.57

Использование метода кинематической аналогии в анализе рабочего процесса инерционного расходомера**Олег Валентинович Жилияев**¹**Владислав Николаевич Ковальногов**²^{1,2} Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.¹*oleg_zhilyaev@rambler.ru*²*kvn@ulstu.ru*

Аннотация. Содержит описание метода графического представления хода рабочего процесса, специально разработанного для анализа математической модели инерционного расходомера (ИР). Целью разработки метода является устранение необходимости точной синхронизации моделированных и натурных сигналов при выполнении анализа адекватности модели. Другая цель метода – увеличение наглядности представления, получение возможности выявления определяющих параметров процесса. В представленном методе рассматривается аналогия между изменением исследуемого сигнала и движением точки некоего механизма. Показано, что применение метода аналогии при анализе сигналов ИР позволяет упростить анализ и способствует лучшему пониманию закономерностей исследуемого процесса. Приведён пример применения метода в других приложениях. Представленный метод способствует расширению арсенала средств методологии математического моделирования.

Ключевые слова: математическая модель, жидкость, плотность, массовый расход, измерение, метод аналогии.

NATURAL SCIENCES

Scientific article

Applying of the kinematical analogy method on analysis of working process of inertia-based flowmeter**Oleg V. Zhilyaev**¹**Vladislav N. Kovalnogov**²^{1,2}Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.¹*oleg_zhilyaev@rambler.ru*²*kvn@ulstu.ru*

Abstract. Contains a description of the method of graphical representation of the progress of the workflow, specially developed for the analysis of the mathematical model of the inertial flowmeter (IR). The aim of the method's development is to eliminate the need of precise synchronization of nature and model signals during the analyze of model's adequacy. The other aim of the method is to increase the visibility of the representation as well as to get the possibilities of identification of defining parameters of the process. In the method introduced an analogy is considered between the varying of signal under exploration and the movement of a point of some mechanism. It is demonstrated that applying the analogy method during the analysis of IF signals

allows to simplify it and leads to better understanding of rule of the process under exploration. An example of the applying of the method in other application is given. The method introduced contributes to broaden the variety of methodology of mathematical modeling.

Keywords: mathematical model, liquid, density, mass flow rate, measuring, analogy method.

Введение

Инерционный расходомер (ИР) предназначен для измерения массового расхода и плотности жидкости. В предыдущих работах [1], [2] представлены устройство и принцип действия расходомера. В работе [1] представлена первоначальная математическая модель (ММ) рабочего процесса ИР. Показано, что при гармонических колебаниях поршня расходомера на участках трубопровода, по которому движется измеряемый поток жидкости, возникают перепады давления $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_2(t)$, $\Delta p_3(t)$, несущие полезную информацию о массовом расходе и плотности жидкости. В работе [2] представлены результаты экспериментальной проверки адекватности первоначальной ММ. Дано описание опытной установки для проведения натуральных экспериментов, приведены результаты проведённых экспериментов. Показано, что первоначальная ММ рабочего процесса не обладает достаточной точностью. Представлены формулы усовершенствованной ММ, в которой учитывается неоднородность поля скоростей в сечении трубопровода. Вместе с тем показано, что при сравнительном анализе моделированных и натуральных сигналов ИР приходится сталкиваться с затруднениями, связанными как с необходимостью точной синхронизации (выставления одинаковой фазы) этих двух видов сигналов, так и со сложностью интерпретации расхождений. Для преодоления указанных сложностей разработан специальный метод визуализации изучаемого процесса. Описанию этого метода посвящена данная работа.

1. Затруднения в проведении сравнительного анализа данных натурального эксперимента и результатов численного эксперимента с ММ ИР.

В работе [2] описан процесс моделирования сигналов $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_2(t)$, $\Delta p_3(t)$. Приведено сравнение формы сигналов, записанных при проведении экспериментов на проливочном стенде, и моделированных сигналов, полученных в результате численных экспериментов. Определённую трудность при сопоставлении формы сигналов представляет необходимость совмещения натурального и моделированного сигналов по фазе. Поскольку мы располагаем записями реализаций процесса в виде дискретных отсчётов значений функций $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_2(t)$, $\Delta p_3(t)$ по времени, то модельный сигнал для сопоставления с натурным должен располагаться на графике в той же фазе, что и натуральный сигнал. Если положение датчика импульсов опытной установки таково, что импульс выдаётся не точно в момент прохождения поршнем крайнего положения («мёртвой точки»), а после поворота привода на угол φ_0 от этого положения, то закон движения поршня можно записать в виде

$$x_n(t) = A \cos(\omega t + \varphi_0), \quad (1)$$

где φ_0 – начальный угол поворота привода от крайнего положения поршня («мёртвой точки») до положения привода в момент выдачи импульса.

Для качественного сопоставления натурального и моделированного сигналов моделированный сигнал должен быть рассчитан также с условием

$$\varphi = \omega t + \varphi_0,$$

где начало отсчёта времени t берётся с приходом очередного импульса датчика положения привода, а начальный фазовый сдвиг φ_0 относительно моментов прохождения импульсов должен совпадать с таковым у натурального сигнала. Таким образом, для корректного сравнения натурального и моделированного сигналов необходима их синхронизация.

Другую трудность для понимания рабочего процесса ИР и понимания степени адекватности ММ рабочему процессу представляет сама функция сигналов $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_2(t)$, $\Delta p_3(t)$. В самом деле, сигналы $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_3(t)$ представляют собой комбинацию тригонометрических функций в первой и второй степенях, причём в структуре сигналов присутствуют одновременно величины плотности и массового расхода жидкости. Глядя на графики натуральных реализаций процесса и на отклонения, имеющие место быть у моделированных сигналов, затруднительно определить, какая часть модельной функции вызывает большие отклонения при описании процесса. Нам же для решения задачи идентификации

необходимо понимание, как именно изменение плотности и массового расхода жидкости влияет на форму сигнала; если имеются отклонения между натурным и моделированным сигналами, то почему они происходят, и какая часть ММ ответственна за возникающие отклонения.

Таким образом, приходим к выводу, что для более продуктивного качественного и количественного анализа ММ ИР, для анализа отклонений формы и величины моделированных сигналов нам необходим специальный метод упрощённого анализа. Этот метод должен обладать следующими полезными свойствами:

1) нечувствительность к точности синхронизации модельного и натурального сигналов; в идеальном случае – полное отсутствие привязки формы сигнала к оси времени;

2) метод должен давать возможность выделения из сигнала отдельных его составляющих. При анализе же формы временной реализации невозможно выделить явно составляющие сигнала, зависящие от массового расхода и плотности жидкости на основной и удвоенной частотах, то есть выделить отдельные слагаемые в функции сигнала.

2. Метод кинематической аналогии как один из способов применения методологии математического моделирования.

Дадим описание метода на примере обработки сигнала $\Delta p_1(t)$. Формула ММ для этого сигнала имеет вид

$$\Delta p_1(t) = -\rho \frac{C_\rho}{K} \cos \omega t - \dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2} \sin \omega t + \rho \frac{C_{\rho 2}}{K^2} \sin^2 \omega t, \quad (2)$$

где

$$C_\rho = \frac{FA\omega^2 L_1}{2},$$

$$C_m = FA\omega,$$

$$C_{\rho 2} = \frac{1}{2}(FA\omega)^2 - \text{постоянные комплексы геометрических параметров расходомера};$$

F – площадь поршня, м²;

L_1 – длина первой камеры массообмена, м;

A – амплитуда колебаний поршня, м;

t – время, с;

ω – угловая частота, с⁻¹;

ρ – плотность жидкости, кг/м³;

\dot{m}_0 – массовый расход жидкости, кг/с;

$K=kS$ – эффективная площадь сечения трубопровода, м² (описана в работе [2]);

k – коэффициент эффективной площади;

S – площадь сечения трубопровода, м².

В формуле (2) время t отсчитывается от крайнего положения поршня («мёртвой точки»). Из (2) видно, что даже один сигнал $\Delta p_1(t)$ несёт всю полноту информации о массовом расходе и плотности жидкости, поскольку в его структуре присутствуют компоненты, пропорциональные этим величинам. Дадим описание метода для сигнала $\Delta p_1(t)$.

Введём обозначение $\varphi = \omega t$. Выражаем $\sin^2 \omega t = \sin^2 \varphi$ через $\cos 2\varphi$:

$$\sin^2 \varphi = \frac{1}{2}(1 - \cos 2\varphi).$$

Тогда выражение для $\Delta p_1(t)$ принимает вид

$$\Delta p_1(t) = -\rho \frac{C_\rho}{K} \cos \omega t - \dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2} \sin \omega t + \frac{1}{2} \rho \frac{C_{\rho 2}}{K^2} (1 - \cos 2\varphi).$$

Поскольку ρ , \dot{m}_0 , C_ρ , C_m , $C_{\rho 2}$ есть величины постоянные, то объединим их в комплексы и введём следующие обозначения:

$$\begin{aligned} D &= \rho \frac{C_\rho}{K}, \\ M &= \dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2}, \\ P &= \frac{1}{2} \rho \frac{C_{\rho 2}}{K^2}. \end{aligned} \quad (3)$$

С учётом постоянных комплексов (3) выражение (2) принимает вид

$$\Delta p_1(t) = -D \cos \varphi - M \sin \varphi + P - P \cos 2\varphi, \quad (4)$$

где $\varphi = \omega t$.

Будем рассматривать мгновенное значение сигнала $\Delta p_1(t)$ как координату точки C на оси $x = \text{Re}(\Delta p)$ комплексной плоскости Oxy . С течением времени t изменяется значение $\Delta p_1(t)$ в соответствии с выражением (4), и точно так же изменяется координата x точки C . Построим на комплексной плоскости Oxy такой механизм, чтобы при вращении его начального звена с постоянной скоростью ω вокруг стойки некая точка C этого механизма описывала траекторию, проекция которой на ось Ox совпадала бы с выражением (4) для $\Delta p_1(t)$. Так как координата $\varphi = \omega t$ однозначно определяет координату X_c проекции точки C на ось Ox , это значит, что механизм должен обладать одной степенью свободы.

Обратимся сначала к более простому примеру – определение закона изменения координат точки, движущейся равномерно по окружности (рис. 1).

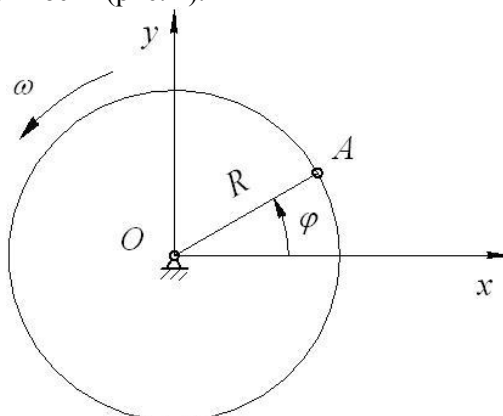


Рис. 1. К обоснованию метода кинематической аналогии

Пусть постоянный по модулю радиус-вектор $\bar{R} = \overline{OA}$ точки A вращается вокруг начала координат O с постоянной скоростью ω . Уравнение движения точки в полярных координатах

$$\begin{cases} \varphi = \omega t \\ |\bar{R}| = |\overline{OA}| = const \end{cases} \quad (5)$$

Уравнения движения точки A в декартовых координатах имеют вид

$$\begin{cases} x = R \cos \varphi \\ y = R \sin \varphi \\ \varphi = \omega t \end{cases} \quad (6)$$

Из (6) видно, что координата x соответствует первому слагаемому выражения (4) для $\Delta p_1(t)$. Следуя обозначенному принципу, строим кинематическую модель для прочих слагаемых сигнала $\Delta p_1(t)$. Получаем механизм, изображённый на рис. 2.

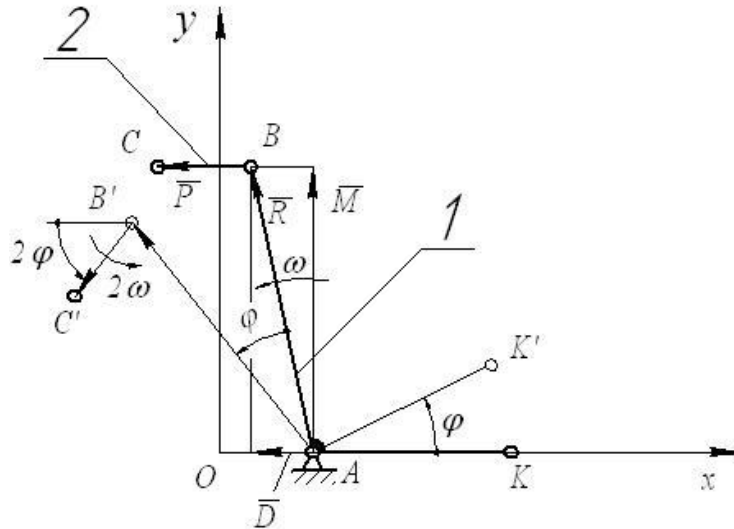


Рис. 2. Структурная схема механизма-аналога

Механизм состоит из стойки OA и двух подвижных звеньев: рычаг 1 KAB и рычаг 2 BC . Рычаг 1 образован следующим образом. Плечо KA рычага 1 предназначено для задания координаты φ – это угол между направлением OA , совпадающим с осью Ox , и линией AK рычага 1. Таким образом, рычаг 1 является начальным звеном рассматриваемого механизма, в терминологии Теории механизмов и машин [3, с. 60]. Плечо AB рычага 1 обозначает первые два слагаемых формулы (4). При $\varphi = 0$ вектор \overline{AB} , связанный с точками A и B рычага 1, имеет следующие проекции на координатные оси:

- на ось Ox – вектор \overline{D} такой, что $|\overline{D}| = D$ в формуле (4) для $\Delta p_1(t)$, а направление вектора \overline{D} противоположно Ox , так как $\cos \varphi = -1$ при $\varphi = 0$;
- на ось Oy – вектор \overline{M} такой, что $|\overline{M}| = M$ в формуле (4) для $\Delta p_1(t)$, а направление вектора \overline{M} совпадает с осью Oy , так как $\sin \varphi = 0$ при $\varphi = 0$, и при последующем вращении рычага 1 и связанного с ним вектора \overline{AB} появится проекция вектора \overline{M} на ось Ox с отрицательным знаком.

Вектор \overline{D} соответствует слагаемому $-D \cos \varphi$ в формуле (4), пропорциональному плотности жидкости ρ ; вектор \overline{M} соответствует слагаемому $-M \sin \varphi$, пропорциональному массовому расходу \dot{m}_0 . Будем называть векторы \overline{D} и \overline{M} изображающими векторами плотности и массового расхода соответственно. При вращении рычага 1 вокруг стойки OA с постоянной скоростью ω против часовой стрелки имеем нарастание угла φ . При этом точка B будет описывать окружность радиуса R вокруг точки A . Радиус-вектор

$$\overline{R} = \overline{AB} = \overline{D} + \overline{M} ,$$

его модуль

$$R = \sqrt{D^2 + M^2} .$$

Координата x точки B будет меняться по закону

$$x_B = -D \cos \varphi - M \sin \varphi + P ,$$

то есть включает в себя три первых слагаемых формулы (4) для $\Delta p_1(t)$.

Постоянный сдвиг вдоль оси Ox на величину P в (4) учитываем путём переноса центра вращения A из начала координат O вправо на эту величину.

Для отображения оставшегося слагаемого $-P \cos 2\varphi$ включаем в механизм рычаг 2 BC . Этот рычаг при $\varphi=0$ направлен против оси Ox и совершает вращение против часовой стрелки с угловой скоростью 2ω вокруг точки B . Взаимосвязь между вращением рычага 1 со скоростью ω и вращением рычага 2 со скоростью 2ω можно моделировать при помощи планетарного механизма, показанного на рис. 3.

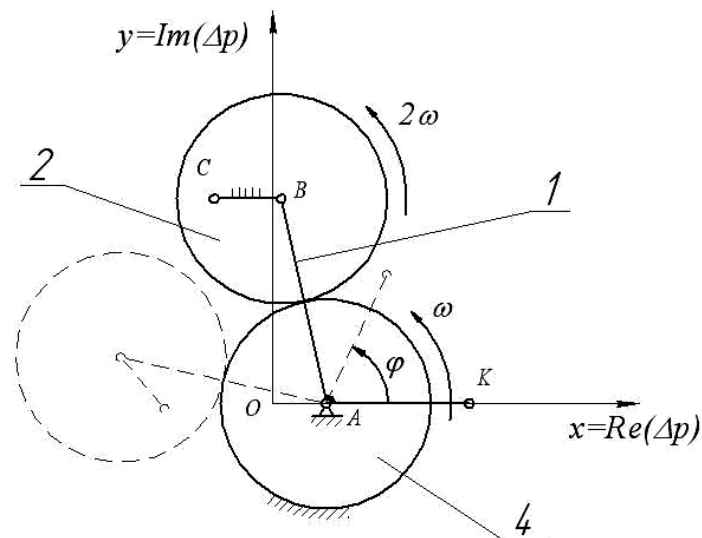


Рис. 3. Механизм-аналог в виде планетарной передачи

Планетарный механизм состоит из двух колёс 2 и 4, имеющих возможность перекачивания друг по другу без проскальзывания. Колесо 4 неподвижно и имеет своим центром точку A механизма-аналога. Колесо 2 имеет своим центром вращения точку B механизма-аналога. Также в механизме присутствует рычаг 1 KAB , как было описано выше, и выполняет функцию водила для колеса 2. Точка C механизма-аналога занимает фиксированное положение на колесе 2. Таким образом, роль рычага BC выполняет вектор \overline{BC} , жёстко связанный с колесом 2. Если диаметры центроид колёс 2 и 4 будут равны между собой, то при вращении рычага 1 со скоростью ω вокруг точки A колесо 2 будет вращаться в ту же сторону, что и рычаг (водило) 1, но с удвоенной скоростью 2ω , по свойствам планетарных передач. Поскольку точка C зафиксирована на колесе 2, то вектор \overline{BC} , связанный с этим колесом, также будет вращаться со скоростью 2ω в сторону, аналогичную вращению рычага (водила) 1.

Данный механизм называем механизмом-аналогом ММ ИР, поскольку моделирование рабочего процесса ИР по методу аналогии сводится к исследованию движения одной из точек этого механизма, а именно точки C . Как мы могли убедиться при построении механизма-аналога, координата x точки C на комплексной плоскости в точности совпадает с модельной функцией (4) закона изменения перепада давления $\Delta p_i(t)$.

Целью же применения механизма-аналога, да и вообще метода кинематической аналогии, при анализе рабочего процесса ИР является уход от параметра «время» при анализе графических характеристик процесса. Использование механизма-аналога позволяет получить на комплексной плоскости в дополнение к $x = \text{Re}(\Delta p_i(t))$ ещё одну координату изображающей точки C : $y = \text{Im}(\Delta p_i(t))$. Вместо графической диаграммы $(t, \Delta p_i(t))$ мы получаем диаграмму вида $(x(t), y(t))$, параметр «время» в которой явно не присутствует. Характеристикой рабочего процесса на такой диаграмме $(x(t), y(t))$ служит кривая, описываемая изображающей точкой во время процесса. За один кинематический цикл, то есть период движения привода ИР, получаем один образец кривой (x, y) . При измерении стационарного потока $\dot{m}_0 = \text{const}$, $\rho = \text{const}$ имеем повторение рабочего процесса

$$\Delta p_i(t + nT) = \Delta p_i(t) \text{ для } n=1, 2, \dots,$$

где n – порядковый номер кинематического цикла; T – период движения привода ИР.

Соответственно,

$$x(t + nT) = x(t), \quad y(t + nT) = y(t).$$

Это значит, что при стационарном потоке параметрические кривые (x, y) повторяют форму кривой первого рассматриваемого цикла, то есть сливаются и накладываются друг на друга.

Определим вид кривой, которую описывает изображающая точка C механизма-аналога. Вычертив траекторию путём построения планов положений механизма-аналога, убеждаемся, что в общем случае изображающая точка C описывает кривую, называемую «улитка Паскаля». Действительно, в книге [4, с. 270], приводятся сведения о математической кривой, получаемой тем же способом, который мы применяем в нашем построении. Указано, что впервые подобное построение было применено учёным и художником эпохи Возрождения Альбрехтом Дюрером, им же впервые была получена данная кривая, описан способ получения, даётся ссылка на трактат А. Дюрера «Руководство к измерению».

Приведём цитату из книги [4]. «Покажем теперь, что честь открытия кривой, известной как улитка Паскаля, в действительности принадлежит Дюреру. В главе, посвящённой Дюреру, мы неоднократно упоминали о его трактате «Руководство к измерению». В этом трактате Дюрер приводит следующее построение.

Начертив окружность, он делит её на двенадцать равных частей и нумерует точки деления так же, как на циферблате часов... Из концов радиусов 1, 2, 3, ... Дюрер проводит отрезки одинаковой длины, параллельные соответственно радиусам 2, 4, 6, ..., и соединяет свободные концы отрезков плавной кривой».

Согласно [4, с. 272], «такая кривая называется эпитрохойдой, и построение Дюрера позволяет установить, что описанный в «Руководстве» частный случай эпитрохойды является не чем иным, как улиткой Паскаля». Описанное построение показано на рис. 4. Далее в книге [4] приводится доказательство, что полученная кривая является улиткой Паскаля.

Итак, мы получили структуру и вид механизма-аналога, движение одной из точек которого – точки C – представляет собой в проекции на координатную ось Ox полную кинематическую аналогию ММ рабочего процесса ИР. Будем называть точку C механизма изображающей точкой. Уравнение движения точки C на комплексной плоскости Oxy имеет вид

$$\begin{cases} \bar{R}_C = -De^{i\varphi} + Me^{i(\varphi+\pi/2)} + P - Pe^{i2\varphi} \\ \varphi = \omega t \end{cases}, \quad (7)$$

где D, M, P – постоянные комплексы в выражении (4), \bar{R}_C – радиус-вектор точки C , выраженный в виде комплексной координаты.

С использованием метода кинематической аналогии алгоритм моделирования рабочего процесса ИР выглядит следующим образом. В качестве исходных данных при моделировании используются следующие данные:

- геометрические параметры расходомера;
- частота вращения привода ω ;
- плотность моделируемой жидкости ρ и моделируемый массовый расход \dot{m}_0 .

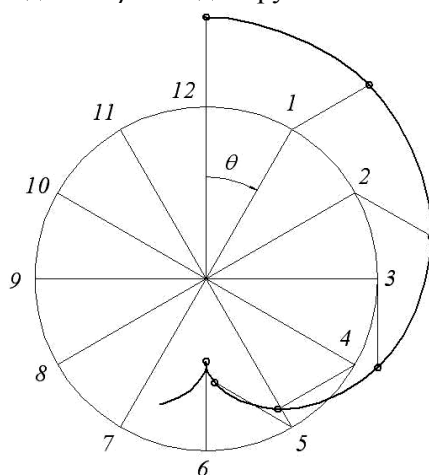


Рис. 4. Вид характеристической кривой. Изображение заимствовано из [4, с. 271]

Подставляем параметры в формулы (3), получаем значения постоянных комплексов D, M, P (они же – длины соответствующих рычагов механизма-аналога). Далее по формуле (4) строим ММ процесса в виде зависимости перепада давления от времени $\Delta p_1(t)$. Затем, используя величины D, M, P как длины рычагов механизма-аналога, строим траекторию движения изображающей точки C . Полученную на комплексной плоскости кривую – траекторию точки C – будем называть характеристической кривой, а сам описываемый метод – методом кинематической аналогии. Метод аналогий позволяет заменить рассмотрение некоего сложного процесса рассмотрением аналогичного ему по виду уравнений процесса, обладающего большей наглядностью [5, с. 95]. Приведём цитату из [5]. «В задачах механики часто встречаются случаи, когда совершенно различные по физической сущности задачи сводятся к одним и тем же дифференциальным уравнениям. Тогда между задачами может быть установлена аналогия... Часто бывает так, что в первой задаче, не решая уравнений, трудно представить себе связь между переменными x_1 и y_1 , а физическое содержание второй задачи допускает простое и наглядное толкование зависимости x_2 от y_2 . В таком случае установленная аналогия даёт возможность наглядно представить себе закономерности, существующие в первой задаче».

3. Свойства характеристической кривой

Изучим свойства характеристической кривой (рис. 5). Введём и рассмотрим её основные геометрические элементы. Кривая γ – улитка Паскаля – определяется в системе Oxy как геометрическое место точек C , подчиняющихся уравнениям

$$\left\{ \begin{array}{l} \overline{OC} = \overline{OA} + \overline{AB} + \overline{BC} \\ \overline{OA} = const, OA = P, OA_y = 0 \\ |\overline{AB}| = const, |\overline{BC}| = const \\ \vartheta = \vartheta_0 + \omega t, \Gamma = \pi + 2\omega t, \omega = const \end{array} \right. , \quad (8)$$

где θ, θ_0 – соответственно, текущий угол между осью абсцисс $Ox (Re (\Delta p_1))$ и вектором $\overline{AB} = \overline{R}$, и начальное значение этого угла; Γ – угол между осью абсцисс $Ox (Re (\Delta p_1))$ и вектором $\overline{BC} = \overline{P}$.

Вектор $\overline{D} = \overline{AD}$ – изображающий вектор инерционной плотности. В начальный момент при $\varphi=0$ вектор \overline{D} направлен против оси Ox .

Для построения характеристической кривой выбираем начальное положение механизма-аналога $\varphi = \omega t = 0$. На рис. 5 выделяем следующие векторы:

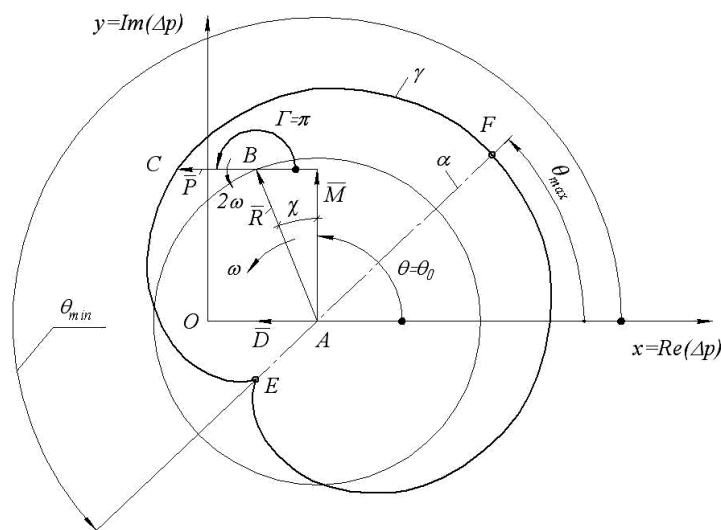


Рис. 5. Геометрические элементы характеристической кривой

Вектор $\overline{M} = \overline{AM}$ – изображающий вектор массового расхода. В начальный момент при $\varphi=0$ вектор $\overline{M} \perp Ox$.

Вектор $\overline{P} = \overline{BC}$ – изображающий вектор скоростного напора дополнительного потока. В начальный момент при $\varphi = 0$ вектор $\overline{P} \parallel Ox$ и направлен противоположно Ox .

Как уже говорилось выше, вектор \overline{P} скреплён с колесом 2 механизма-аналога на рис. 3, в то время как вектор $\overline{R} = \overline{AB}$ связан с рычагом, или водилом, этого механизма. Поэтому при повороте вектора \overline{R} вместе с водилом на любой угол $\Delta\varphi$ из начального положения вектор \overline{P} поворачивается в ту же сторону на угол $2\Delta\varphi$.

Расстояние $OA \geq P$, так как в общем случае к слагаемым, имеющимся в уравнении (4), для $\Delta p_1(t)$ может добавляться гидравлическое сопротивление, обусловленное вязкостью жидкости.

Векторы \overline{D} , \overline{M} , \overline{P} направляем таким образом, чтобы их проекции на ось Ox соответствовали нужным слагаемым в формуле (4) как в начальный момент при $\varphi=0$, так и при дальнейшем вращении векторов.

Так как $D=\text{const}$ и $M=\text{const}$, то

$$\overline{AB} = \overline{D} + \overline{M} = \text{const}. \quad (9)$$

Обозначим $\overline{AB} = \overline{R}$.

Поскольку $\overline{D} \perp \overline{M}$, то в соответствии с (9)

$$R = l_{AB} = \sqrt{\left(\rho \frac{C_p}{K}\right)^2 + \left(\dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2}\right)^2}. \quad (10)$$

Траектория точки C получается при вращении векторов \overline{AB} (вокруг точки A со скоростью ω) и \overline{BC} (вокруг точки B со скоростью 2ω) против часовой стрелки. Как уже говорилось, в соответствии с принципом построения А. Дюрера эта кривая γ является улиткой Паскаля.

Улитка Паскаля имеет ось симметрии; назовём её главной осью. В общем случае главная ось характеристической кривой имеет наклон относительно координатной оси Ox . Изучим, чем определяется этот наклон.

Обозначим точки кривой γ на оси симметрии через E и F : E – ближайшая точка кривой γ к точке A , F – наиболее удалённая от точки A точка кривой γ . Из способа получения кривой γ видно, что на главной оси векторы \overline{AB} и \overline{BC} , при вращении которых получается изучаемая кривая, коллинеарны, т. е. направлены в одну сторону или противоположны.

Когда механизм-аналог принимает положение, в котором линии AB и BC совпадают, а направление вектора \overline{BC} противоположно вектору \overline{AB} , изображающая точка C занимает положение минимальной скорости в точке E . Значение угловой координаты θ рычага 1, при которой механизм-аналог занимает положение минимальной скорости изображающей точки C , назовём углом θ_{\min} . Аналогично, значение угловой координаты θ рычага 1, при которой механизм-аналог занимает положение максимальной скорости изображающей точки C , назовём углом θ_{\max} . Определим эти углы.

При повороте рычага 1 (AB) из начального положения $\theta = \theta_0$ в положение, соответствующее точке E , на угол $\Delta\varphi_{\min}$, рычаг 2 (BC) из положения с угловой координатой $\Gamma = \pi$ поворачивается в ту же сторону на угол $2\Delta\varphi_{\min}$ и принимает положение с угловой координатой Γ_{\min} . Получаем следующие выражения:

$$\theta_0 + \Delta\varphi_{\min} = \theta_{\min}; \quad (11)$$

$$\pi + 2\Delta\varphi_{\min} = \Gamma_{\min}. \quad (12)$$

Поскольку в положении минимальной скорости точки C векторы \overline{AB} и \overline{BC} противоположны, то

$$\Gamma_{\min} = \theta_{\min} + \pi. \quad (13)$$

Решаем систему уравнений (11–13) относительно θ_{\min} , Γ_{\min} . Получаем

$$\begin{aligned}\theta_{\min} &= 2\theta_0; \\ \Gamma_{\min} &= 2\theta_0 + \pi.\end{aligned}\tag{14}$$

Отсюда следует, что угол минимальной скорости равен удвоенному значению начального угла θ_0 . Из рис. 5 видно, что угол θ_0 определяется длинами векторов \overline{D} и \overline{M} :

$$\theta_0 = \chi + \frac{\pi}{2} = \operatorname{arctg} \frac{D}{M} + \frac{\pi}{2}.\tag{15}$$

Область значений угла θ_0

$$\theta_0 \in \left(\frac{\pi}{2}; \pi \right].\tag{16}$$

Тогда

$$\theta_{\min} \in (\pi; 2\pi].\tag{17}$$

При $Q_m = 0$ $\theta_0 = \pi$, $\theta_{\min} = 2\pi$.

При $Q_m \rightarrow \infty$ $\theta_0 \rightarrow \pi/2$, $\theta_{\min} \rightarrow \pi$.

По аналогии находим угол максимальной скорости θ_{\max} .

$$\theta_{\max} = 2\theta_0 - \pi.\tag{18}$$

С учётом (19)

$$\theta_{\max} \in (0; \pi].\tag{19}$$

Так как углы θ_{\min} и θ_{\max} отсчитываются относительно одной и той же точки A , а из выражений (14) и (18) видно, что

$$\theta_{\max} = \theta_{\min} - \pi,$$

это означает, что лучи AE и AF , проведённые соответственно под углами θ_{\min} и θ_{\max} к оси Ox , лежат на одной прямой, т. е. все три точки A , E , F лежат на одной прямой. Эта прямая является главной осью улитки Паскаля.

Приведём основные свойства полученной характеристической кривой γ , имеющие для нас значение в качестве факторов, отражающих рабочий процесс ИР.

1. Характеристическая кривая γ представляет собой улитку Паскаля.

2. Исходя из кинематического способа построения кривой γ как траектории точки C механизма-аналога, кривая получается при синхронном вращении двух рычагов механизма со скоростями ω и 2ω , т. е. представляет собой также эпитрохоиду.

3. Кривая γ отличается от окружности за счёт наличия рычага 2 в механизме-аналоге, длина которого $P=BC$ есть изображающий вектор скоростного напора дополнительного потока. Если бы данный рычаг 2 отсутствовал или его длина $P = 0$, то кривая γ представляла бы собой окружность, радиус которой AB является векторной суммой:

$$\overline{AB} = \overline{M} + \overline{D},$$

где \overline{M} и \overline{D} – изображающие векторы массового расхода и плотности соответственно.

Размеры кривой γ определяются величинами изображающих отрезков D , M , P , то есть слагаемыми инерционной плотности, массового расхода и скоростного напора в уравнении (4).

4. Кривая γ имеет ось симметрии EF . Наклон оси симметрии к оси абсцисс Ox определяется соотношением между длинами изображающих отрезков M и D , то есть между комплексами, пропорциональными массовому расходу и плотности жидкости соответственно.

5. Движение изображающей точки C по кривой γ происходит с переменной скоростью; в точках E и F , лежащих на главной оси кривой, скорость принимает экстремальные значения – минимум и максимум соответственно.

6. Сложный характер движения изображающей точки и характерный «клев» улитки Паскаля объясняют сложный характер временных реализаций сигнала перепада давления, то есть графиков $\Delta p_I(t)$. Вспоминая, что сигнал $\Delta p_I(t)$ в кинематической аналогии является не чем иным, как проекцией на ось

$Ox=Re(\Delta p)$ движения точки C механизма-аналога, понимаем, что те или иные особенности графиков $\Delta p_i(t)$ при разных расходах полностью определяются соответствующими длинами рычагов механизма.

4. Обратное преобразование данных по методу кинематической аналогии.

Перейдём к обработке полученной характеристической кривой с целью осуществления обратного преобразования данных, то есть нахождения величин массового расхода жидкости и её плотности. Данная задача является одним из видов задач идентификации. В трактовке метода кинематической аналогии задача идентификации понимается следующим образом. Имея перед собой кривую (рис. 5), являющуюся траекторией точки C механизма заданной структуры (рис. 3), необходимо определить длины звеньев этого механизма.

Из полученных выше свойств характеристической кривой определяем, что для идентификации длин рычагов механизма-аналога важно определить направление главной оси кривой и центр вращения рычага 1 – точку A . Для определения главной оси находим сначала точки E и F , в которых скорость движения точки C испытывает экстремумы – минимальное и максимальные значения.

Критерии минимума и максимума скорости в точках E, F следующие.

Если $v_{Ci} \leq v_{Ci-1} \wedge v_{Ci} \leq v_{Ci+1}$, то $v_{Ci}=v_{min}$, маркируем точку i как E .

Если $v_{Ci} \geq v_{Ci-1} \wedge v_{Ci} \geq v_{Ci+1}$, то $v_{Ci}=v_{max}$, маркируем точку i как F .

Далее через точки E и F , соответствующие углам θ_{min} и θ_{max} , проводим прямую α , являющуюся главной осью улитки Паскаля γ . Точка пересечения α с осью абсцисс $Ox=Re(\Delta p)$ даёт точку A – центр вращения вектора \overline{AB} .

Далее принимаем во внимание, что на линии α – в точках E и F – векторы \overline{AB} и \overline{BC} механизма занимают коллинеарные положения. Исходя из этого, запишем основные соотношения.

$$EF = 2l_{AB} = 2\sqrt{\left(\rho \frac{C_\rho}{K}\right)^2 + \left(\dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2}\right)^2}, \quad (20)$$

$$AF - AE = 2l_{BC} = 2P = 2 \cdot \frac{1}{2} \rho \frac{C_{\rho^2}}{K^2} = \rho \frac{C_{\rho^2}}{K^2}. \quad (21)$$

Имеем два уравнения (20), (21) для определения трёх неизвестных: \dot{m}_0 , ρ , K . Дополним систему уравнением, описывающим положение главной оси характеристической кривой.

$$\theta_{min}=2\theta_0, \theta_{max}=2\theta_0 - \pi.$$

Поскольку линия α одна, как прямая, составленная из двух лучей, направляющие углы которых отличаются на π , то оставим для удобства один угол θ_{max} . Определим его через координаты точек E и F .

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \theta_{max} &= \frac{y_F - y_E}{x_F - x_E}, \\ \theta_{max} &= \begin{cases} \operatorname{arctg} \frac{y_F - y_E}{x_F - x_E} & \text{при } x_F - x_E \neq 0 \\ \frac{\pi}{2} & \text{при } x_F = x_E \end{cases}. \end{aligned} \quad (22)$$

Далее находим

$$\theta_0 = \frac{1}{2}(\pi + \theta_{max}) = \frac{\pi}{2} + \frac{1}{2}\theta_{max}. \quad (23)$$

Нас интересует угол

$$\chi = \theta_0 - \frac{\pi}{2} = \frac{\theta_{max}}{2}. \quad (24)$$

Из рис. 5 находим с учётом формул (3)

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{|\overline{D}|}{|\overline{M}|} = \rho \frac{C_\rho}{K} \cdot \frac{K^2}{\dot{m}_0 C_m} = \frac{\rho}{\dot{m}_0} \frac{C_\rho}{C_m} K. \quad (25)$$

Уравнения (20), (21), (25) составляют систему трёх уравнений относительно трёх величин \dot{m}_0 , ρ , $K=kS$:

$$\begin{cases} 2\sqrt{\left(\rho \frac{C_\rho}{K}\right)^2 + \left(\dot{m}_0 \frac{C_m}{K^2}\right)^2} = EF \\ \rho \frac{C_{\rho 2}}{K^2} = AF - AE \\ \frac{\rho}{\dot{m}_0} \frac{C_\rho}{C_m} K = \operatorname{tg} \frac{\theta_{\max}}{2} \end{cases}. \quad (26)$$

Решим её методом подстановки. Получаем после преобразований

$$K = \frac{C_{\rho 2}}{2C_\rho} \frac{EF \sin \chi}{AF - AE}. \quad (27)$$

$$\rho = \frac{C_{\rho 2}}{4C_\rho^2} \frac{(EF \sin \chi)^2}{AF - AE}. \quad (28)$$

$$\dot{m}_0 = \frac{C_{\rho 2}^2}{8C_\rho^2} \frac{(EF \sin \chi)^3}{(AF - AE)^2} \cdot \frac{1}{C_m \operatorname{tg} \chi}. \quad (29)$$

Формулы (27–29) предоставляют результат обратного преобразования данных по методу кинематической аналогии.

Таким образом, методология математического моделирования рабочего процесса ИР по методу кинематической аналогии включает в себя следующие этапы.

1. Создание математической модели процесса в виде механизма-аналога, определение длин его звеньев, вычерчивание характеристической кривой – траектории изображающей точки механизма.

2. Проведение натурального эксперимента с теми же параметрами процесса, с которыми проводится численный эксперимент с математической моделью. Или наоборот: вначале проводится натуральный эксперимент со сбором данных прямого преобразования, затем с этими же параметрами проводится численный эксперимент с моделью.

3. По данным прямого преобразования, полученным из натурального эксперимента, выполняется расчёт параметров механизма-аналога, построение характеристической кривой.

4. Производится сравнение двух характеристик – полученных в результате эксперимента натурального и численного. Выполняется анализ отклонений кривых.

5. Выполняется расчёт обратного преобразования данных натурального эксперимента по методу кинематической аналогии. Вычисляются значения относительных погрешностей определения расхода и плотности.

6. Из результатов сравнения двух кривых (п. 4) и из значений относительных погрешностей (п. 5) делается вывод об адекватности применяемой математической модели.

5. Другие применения метода кинематической аналогии

Разработанный и описанный выше метод кинематической аналогии может применяться и при анализе и решении других задач, а не только задачи об ИР. Так, например, схожий подход, с некоторыми изменениями, был использован для решения задачи определения сдвига фаз сигналов расходомера Кориолиса [6].

В настоящее время измерительный сигнал преобразователя расходомера Кориолиса в большинстве случаев представляет собой два гармонических или близких к гармоническим сигнала напряжения или тока, снимаемые с катушек, размещённых на колеблющихся участках проточного тракта расходомера.

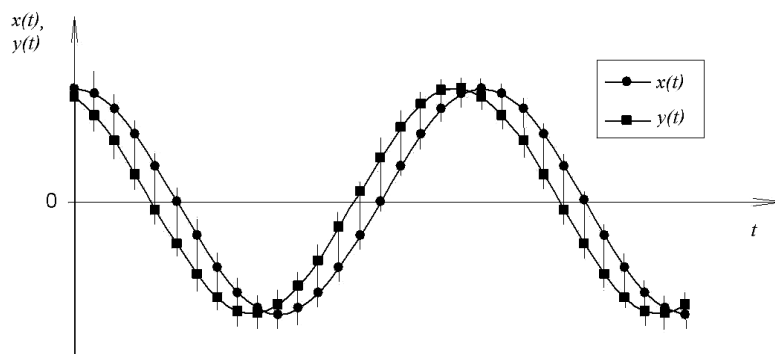


Рис. 6. Изображение заимствовано из [6]. В виде маркеров показаны значения дискретных отсчётов сигналов $x(t)$ и $y(t)$, полученные при аналого-цифровом преобразовании. Требуется найти сдвиг фаз $\Delta\varphi$ (изображение заимствовано из [6])

Сдвиг фаз между этими двумя сигналами несёт основную информацию об измеряемом расходе жидкости, будучи пропорциональным массовому расходу. Коэффициент пропорциональности между расходом и сдвигом фаз определяется при градуировке прибора. Таким образом, задача измерения массового расхода по первичным сигналам расходомера Кориолиса сводится к задаче измерения сдвига фаз двух сигналов, близких к гармоническим.

Сущность метода кинематической аналогии применительно к данной задаче состоит в следующем. Сигналы регистрируют аналого-цифровым преобразователем в виде периодических отсчётов $x_i=f(t_i)$ и $y_i=f(t_i)$ для моментов времени t_i . График изменения сигналов во времени показан на рис. 6.

Как указано в описании метода применительно к задаче об ИР, исключим время из рассмотрения сигналов $x(t)$ и $y(t)$. Отложим значения дискретных отсчётов x_i вдоль оси абсцисс Ox , значения дискретных отсчётов y_i — вдоль оси ординат Oy ; или, в терминологии комплексных чисел, значения отсчётов x_i откладываем вдоль действительной оси, значения отсчётов y_i — вдоль комплексной оси. Полученные точки образуют фигуру Лиссажу, имеющую вид эллипса, главные оси которого наклонены к оси абсцисс. В процессе прохождения сигналов $x(t)$, $y(t)$ точка, соответствующая мгновенному значению этих сигналов в каждый момент времени, движется вдоль линии эллипса либо по часовой стрелке, либо против часовой стрелки в зависимости от знака сдвига фаз сигналов. Таким образом, путём исключения параметра времени вместо двух исходных функций $x(t)$ и $y(t)$ получаем одну функцию $y=f(x)$. Искомый сдвиг фаз однозначно определяется геометрическими параметрами полученной фигуры, изображающей график функции $y(x)$. Площадь фигуры пропорциональна искомому сдвигу фаз, а коэффициент пропорциональности между площадью и сдвигом фаз может быть получен либо при градуировке, либо расчётным путём.

Кинематическая аналогия в данной задаче может быть выявлена следующим образом. Гармонический сигнал $x(t)$ может быть представлен в виде проекции на ось абсцисс движения некоторой точки механизма-аналога. В то же время гармонический сигнал $y(t)$ отображается в виде проекции движения другой точки на ось ординат. Принципиальная схема механизма-аналога, реализующего указанное отображение, показана на рис. 7. Механизм состоит из колеса 1, на котором закреплены с угловым сдвигом $\Delta\varphi$ друг относительно друга два штифта 2, 3, соответствующие двум анализируемым сигналам. Эти штифты находятся в пазах кулис ползунков 4, 5, имеющих возможность прямолинейного перемещения вдоль оси Ox . Кроме того, ползун 5 взаимодействует с колесом 6, которое, в свою очередь, передаёт движение на ползун 7, обладающий возможностью вертикального перемещения. На ползуне 7 жёстко зафиксирован лист бумаги, на котором осуществляется вычерчивание характеристики, в то время как с ползунком 4 связано крепление пера самописца. При вращении колеса 1 с постоянной скоростью ω на листе бумаги механизм-аналог будет вычерчивать характеристическую кривую метода кинематической аналогии, имеющую вид эллипса.

Как видим, в обоих рассмотренных применениях метода кинематической аналогии общим приёмом является исключение параметра «время» из построения и рассмотрения диаграмм, характеризующих рабочий процесс. Вместо времени и физического параметра, характеризующего

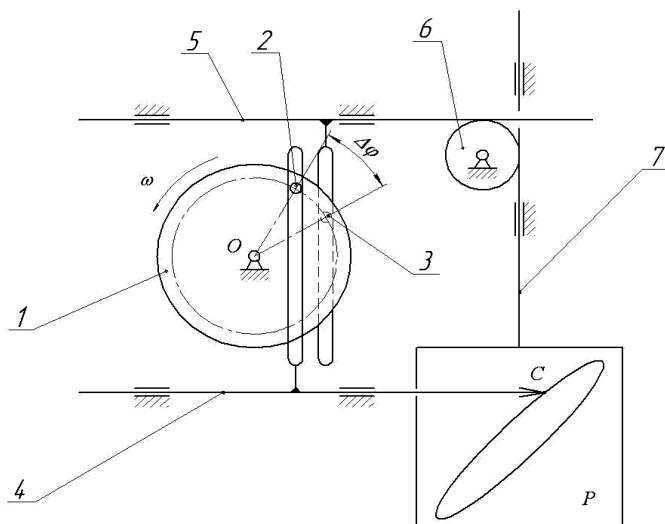


Рис. 7. Механизм-аналог для анализа сигналов расходомера Кориолиса. 1 – колесо; 2, 3 – штифты, соответствующие двум анализируемым сигналам; 4, 5, 7 – ползуны; 6 – колесо; С – точка установки пера самописца; Р – лист бумаги для вычерчивания характеристики

процесс, используется два параметра одинаковой физической природы. В случае ИР это вторая координата изображающей точки механизма-аналога, в случае расходомера Кориолиса – это значение второго анализируемого сигнала. В результате применения метода получаем кинематическую диаграмму, позволяющую отвлечься от характера изменения сигналов во времени, и вместе с тем представляющую достаточно наглядный портрет исследуемого процесса. Характеристическая кривая, описывающая этот портрет, обладает чётко выраженными геометрическими характеристиками, позволяющими выявить и идентифицировать существенные параметры процесса, провести детальный анализ адекватности ММ. Таким образом, метод кинематической аналогии, разработанный специально применительно к теме исследования ИР, является эффективным инструментом анализа в методологии математического моделирования.

Выводы.

1. Для более продуктивного качественного и количественного анализа ММ ИР, для анализа отклонений формы и величины моделированных сигналов разработана специальная методология построения графической характеристики рабочего процесса.
2. Полученная методология обладает следующими полезными свойствами:
 - метод нечувствителен к точности синхронизации модельного и натурального сигналов;
 - метод позволяет осуществлять выделение из сигнала отдельных его составляющих.
3. Применение метода кинематической аналогии при математическом моделировании упрощает понимание рабочего процесса ИР, позволяет отвлечься от привязки к временным реализациям сигналов и увеличить наглядность графического представления ММ за счёт рассмотрения характеристической кривой.
4. На основе разработанного метода получена методика и алгоритм обратного преобразования данных, приводящие к получению результата измерения.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Жилиев О. В. Инерционный способ измерения расхода и плотности среды // Вестник Ульяновского государственного технического университета. 2019. №1(85). С. 22–31. EDN OUNZHK.
2. Жилиев О. В., Ковальногов В. Н. Экспериментальная проверка адекватности математической модели инерционного расходомера // Автоматизация процессов управления. 2022. №1(67). С. 68–79. DOI 10.35752/1991-2927-2022-1-67-68-79. EDN ZLKUEB.
3. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов / К. В. Фролов, С. А. Попов, А. К. Мусатов и др.; под ред. К. В. Фролова. Москва: Высшая школа, 1987. 496 с.: ил.

4. Пидоу Д. Геометрия и искусство / Пер. с англ. Ю. А. Данилова под ред. и с предисл. И. М. Яглома. Москва: Мир, 1979. 332 с. с ил. (В мире науки и техники).
5. Сопротивление материалов / Феодосьев В. И. Москва: Главная редакция физико-математической литературы изд-ва «Наука», 1967. 552 с.
6. Патент №2762219 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/84. Способ измерения сдвига фаз сигналов расходомера Кориолиса : №2021100093 : заявл. 11.01.2021 : опубл. 16.12.2021 / О. В. Жилиев. – EDN ATHPOS.

Информация об авторах

О. В. Жилиев – аспирант кафедры «Тепловая и топливная энергетика» Ульяновского государственного технического университета. Окончил факультет «Специальное машиностроение» Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Имеет статьи и изобретения в области измерения и учёта жидкости.

В. Н. Ковальногов – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Тепловая и топливная энергетика» УлГТУ. Окончил Казанский государственный университет им. В. И. Ульянова-Ленина. Имеет статьи, монографии, изобретения и научные работы в области математического моделирования, исследования и оптимизации тепловых и гидрогазодинамических процессов в приложениях к проблемам создания энергетического оборудования и теплотехники, транспортной энергетики и энергомашиностроения.

REFERENCES

1. Zhilyaev O. V. *Inercionny`j sposob izmereniya rasxoda i plotnosti sredy* [Inertial method of measuring the flow rate and density of the medium]. *Vestnik Ulyanovskogo gosudarstvennogo texnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Ulyanovsk State Technical University]. 2019. No. 1(85), pp. 22–31. EDN OUNZHK.
2. Zhilyaev O. V. , Kovalnogov V. N. *E`ksperimental'naya proverka adekvatnosti matematicheskoy modeli inercionnogo rasxodomera* [Experimental verification of the adequacy of the mathematical model of an inertial flowmeter]. *Avtomatizaciya processov upravleniya* [Automation of control processes]. 2022. No. 1(67), pp. 68–79. – DOI 10.35752/1991-2927-2022-1-67-68-79. – EDN ZLKUEB.
3. *Teoriya mexanizmov i mashin: Ucheb. dlya vtuzov* [Theory of mechanisms and machines: Studies for higher education institutions]/ K. V. Frolov, S. A. Popov, A. K. Musatov, etc.; Ed. K. V. Frolova. Moscow, Vysshaya. shkola [Higher School], 1987. 496 p.: ill.
4. Pidou D. *Geometriya i iskusstvo. Per. s angl. Yu. A. Danilova pod red. i s predisl. I. M. Yagloma* [Geometry and Art. Translated from English by Yu. A. Danilova ed. and with a preface by I. M. Yagloma]. Moscow, Mir, 1979. 332 p. with ill. (*V mire nauki i texniki*) [(In the world of science and technology)].
5. *Soprotivlenie materialov* [Resistance of materials] / Feodosiev V. I. Moscow, *Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury` izd-va «Nauka»*, [The main editorial office of the physical and mathematical literature of the publishing house «Science»], 1967. 552 p.
6. *Patent № 2762219 SI Rossijskaya Federaciya, MPK G01F 1/84. Sposob izmereniya sdviga faz signalov rasxodomera Koriolisa* [Patent No. 2762219 C1 Russian Federation, IPC G01F 1/84]. [Method of measuring the phase shift of Coriolis flow meter signals : No. 2021100093 : application 11.01.2021 : publ. 16.12.2021] / O. V. Zhilyaev. EDN ATHPOS

Information about the authors

O. V. Zhilyaev – Postgraduate Student at the Department of Heat and Fuel Energetic of the Ulyanovsk State Technical University. Graduated from the Faculty of Special Machine Building of the Bauman Moscow State Technical University. An author of articles and inventions in the field of liquid's measuring.

V. N. Kovalnogov – Doctor of Sciences in Engineering, professor, the head of Department of Heat and Fuel Energetic of Energetic Faculty of the Ulyanovsk State Technical University. Graduated from the Ulyanov-Lenin Kazan State University. An author of articles, monographs, inventions in the field of mathematical modeling, research and optimization of heat, gas and hydrodynamic processes in applications to the problems of creation energy equipment, heat equipment, transport energetic and energy machines.

Статья поступила в редакцию 18.05.2023;
одобрена после рецензирования 28.05.2023;
принята к публикации 09.06.2023.
The article was submitted 18.05.2023;
approved after reviewing 28.05.2023;
accepted for publication 09.06.2023.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья

УДК 517.586: 517.586: 537.8

Интегралы от квадрата производной специальных функций: сферических и ортогональных

Евгений Николаевич Меньшов

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия
men@ulstu.ru

Аннотация. Разработаны методы интегрирования определенных интегралов от квадрата производных присоединённых функций Лежандра и полиномов Лагерра. Получены результаты применения разработанных методов интегрирования для вычисления энергетических характеристик стационарных замкнутых электромагнитных волн, создающих циркулирующие потоки электромагнитной мощности.
Ключевые слова: функции Лежандра, полином Лагерра, напряжённость электрического поля, магнитная индукция, вектор Пойнтинга, электромагнитная волна, энергия электромагнитного поля, кинетическая энергия вращающегося поля.

NATURAL SCIENCES
Scientific article

Integrals from the square of the derivative of special functions: spherical and orthogonal

Evgeny N. Menshov

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.
men@ulstu.ru

Abstract. Methods for integrating certain integrals from the square of derivatives of attached Legendre functions and Laguerre polynomials have been developed. The results of the application of the developed integration methods for calculating the energy characteristics of stationary closed electromagnetic waves creating circulating flows of electromagnetic power are obtained.

Keywords: Legendre functions, Laguerre polynomials, electric field strength, magnetic induction, Poynting vector, electromagnetic wave, electromagnetic field energy, kinetic energy of a rotating field.

Введение

Решение новых математических задач теоретической и физической электротехники связано с непосредственным применением аппарата специальных функций и, в частности, классических ортогональных полиномов Лагерра и сферических функций Лежандра [1]. Эти математические выражения, как частные решения дифференциальных уравнений определенного типа, нашли широкое применение в задачах квантовой механики [2–3], в которых интегралы от квадратов этих функций являются значимыми формами квантово-механических характеристик. Однако в научной и в математической справочной литературе [3–6] отсутствуют интегралы от квадрата производной полиномов Лагерра и присоединённых функций Лежандра.

Целью предлагаемой работы является вывод формул таких интегралов и их применение в математических моделях классического электромагнитного поля.

Интегралы с присоединёнными функциями Лежандра

Используем дифференциальное уравнение сферических функций

$$(1 - \xi^2) \frac{d^2 P}{d\xi^2} - 2\xi \frac{dP}{d\xi} + \left[l(l+1) - \frac{m^2}{1 - \xi^2} \right] P = 0, \quad (1)$$

решением которого являются присоединенные функции Лежандра, в частности, первого рода P_l^m степенью l и порядка m [4]. При этом уравнение (1) приводится к следующей форме:

$$\frac{d}{d\xi} \left[(1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi} \right] + \left[l(l+1) - \frac{m^2}{1 - \xi^2} \right] P_l^m = 0.$$

Умножим каждое слагаемое на $P_{l'}^m$ и интегрируем на интервале $(-1, 1)$:

$$\int_{-1}^1 P_{l'}^m d \left[(1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi} \right] + l(l+1) \int_{-1}^1 P_{l'}^m P_l^m d\xi - m^2 \int_{-1}^1 \frac{P_{l'}^m P_l^m d\xi}{1 - \xi^2} = 0.$$

Первый интеграл проинтегрируем один раз по частям и, учтя то, что свободные слагаемые будут равны нулю, получим:

$$\int_{-1}^1 (1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi} \frac{dP_{l'}^m}{d\xi} d\xi = l(l+1) \int_{-1}^1 P_{l'}^m P_l^m d\xi - m^2 \int_{-1}^1 \frac{P_{l'}^m P_l^m d\xi}{1 - \xi^2}. \quad (2)$$

При $l' \neq l$ первый правый интеграл в правой части (2) равен нулю и выражает следующее взаимное преоб-

зование интегралов

$$\int_{-1}^1 (1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi} \frac{dP_{l'}^m}{d\xi} d\xi = -m^2 \int_{-1}^1 \frac{P_{l'}^m P_l^m d\xi}{1 - \xi^2}.$$

При $l' = l$ интегралы в правой части являются табличными интегралами [3, 5] и (2) приводятся к виду:

$$\int_{-1}^1 (1 - \xi^2) \left(\frac{dP_l^m}{d\xi} \right)^2 d\xi = l(l+1) \int_{-1}^1 (P_l^m)^2 d\xi - m^2 \int_{-1}^1 \frac{(P_l^m)^2 d\xi}{1 - \xi^2}. \quad (3)$$

При вычислении следующего интеграла воспользуемся рекуррентными формулами для выражений $(1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi}$ и ξP_l^m соответственно [4], которые приводят исходный интеграл к сумме табличных интегралов:

$$\begin{aligned} \int_{-1}^1 \left((1 - \xi^2) \frac{dP_l^m}{d\xi} \right)^2 d\xi &= \int_{-1}^1 [(l - m + 1)P_{l+1}^m - \xi(l+1)P_l^m]^2 d\xi = \int_{-1}^1 \left[\frac{(l - m + 1)l}{2l + 1} P_{l+1}^m - \right. \\ &\left. - \frac{(l+1)(l+m)}{2l+1} P_{l-1}^m \right]^2 d\xi = \int_{-1}^1 \left[\left(\frac{(l - m + 1)l}{2l + 1} P_{l+1}^m \right)^2 + \left(\frac{(l+1)(l+m)}{2l+1} P_{l-1}^m \right)^2 \right] d\xi. \end{aligned} \quad (4)$$

В качестве приложения рассмотрим еще следующий интеграл:

$$\int_{-1}^1 (1 + \xi^2) (P_l^m)^2 d\xi = \left[1 + \frac{(l - m + 1)(l + m + 1)}{(2l + 1)(2l + 3)} + \frac{(l + m)(l - m)}{(2l + 1)(2l - 1)} \right] \int_{-1}^1 (P_l^m)^2 d\xi. \quad (5)$$

Интегралы с полиномами Лагерра

Полиномами Лагерра $Q_k^q(\sigma)$ являются решениями дифференциального уравнения [4]

$$\sigma \frac{d^2 Q_k^q}{d\sigma^2} + (1 + q - \sigma) \frac{dQ_k^q}{d\sigma} + kQ_k^q = 0. \quad (6)$$

Представив (6) в следующем виде

$$\frac{d}{d\sigma} \left[\sigma \frac{dQ_k^q}{d\sigma} \right] + (q - \sigma) \frac{dQ_k^q}{d\sigma} + kQ_k^q = 0$$

и умножив каждое слагаемое этого уравнения на $Q_{k'}^q$, получим

$$Q_{kr}^q \frac{d}{d\sigma} \left[\sigma \frac{dQ_k^q}{d\sigma} \right] + (q - \sigma) Q_{kr}^q \frac{dQ_k^q}{d\sigma} + k Q_{kr}^q Q_k^q = 0.$$

Далее, умножив последнее уравнение на $e^{-\sigma \sigma^q}$, интегрируем его на интервале $(0, \infty)$. Первый интеграл проинтегрируем один раз по частям и, учтя то, что свободные слагаемые будут равны нулю, получим:

$$\begin{aligned} \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q d \left[\sigma \frac{dQ_k^q}{d\sigma} \right] + \int_0^{\infty} (q - \sigma) e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q \frac{dQ_k^q}{d\sigma} d\sigma + k \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q Q_k^q d\sigma = 0. \\ - \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^{q+1}} \frac{dQ_k^q}{d\sigma} \frac{dQ_{kr}^q}{d\sigma} d\sigma + \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q \sigma \frac{dQ_k^q}{d\sigma} d\sigma - q \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q \frac{dQ_k^q}{d\sigma} d\sigma + \\ + \int_0^{\infty} (q - \sigma) e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q \frac{dQ_k^q}{d\sigma} d\sigma + k \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q Q_k^q d\sigma = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Сократив равные, но противоположные по знаку слагаемые (7), получим выражение следующего интеграла:

$$\int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^{q+1}} \frac{dQ_k^q}{d\sigma} \frac{dQ_{kr}^q}{d\sigma} d\sigma = k \int_0^{\infty} e^{-\sigma \sigma^q} Q_{kr}^q Q_k^q d\sigma. \quad (8)$$

При $k' = k$ правая часть (8) приводится к известному интегралу [2]:

Применение интегралов для расчёта энергетических характеристик электромагнитного поля (ЭМП)

В работе [7] в результате проведённых исследований фундаментальных уравнений ЭМП сосредоточено внимание на кулоновской калибровке, раскрыт её фундаментальный резерв в рамках классической теории поля и уделено внимание дополнительному току. Этот ток является дополнительным источником волнового уравнения, составленного относительно векторного потенциала при кулоновской калибровке, считался фиктивным, и ранее не проводилось его глубокого исследования. Теперь определено его физическое содержание, которое представляет собой ток смещения мгновенного кулоновского поля. Математически строго доказано, что этот ток, усреднённый за период вращения электрона по стационарной орбите произвольной формы, приводит к компенсации электронного (конвекционного тока). Это означает, что в классическом приближении отсутствует физическая причина излучения электромагнитного поля зарядом, вращающимся на стационарной орбите. При этом волновое уравнение для проекции векторного потенциала, усреднённого за период вращения электрона, становится однородным.

В теоретической электротехнике однородные обыкновенные ДУ описывают свободные процессы, которые протекают за счёт запаса внутренней энергии систем: в диссипативных системах процесс затухающий; в консервативных системах процесс стационарный.

Однородное волновое уравнение ЭМП описывает в соответствии с исходными условиями задачи стационарный свободный волновой процесс с собственной частотой колебания электромагнитного поля. Разработанный метод решения, допускающий решение такой задачи в форме решения стационарного уравнения Шредингера в центрально-симметричном электростатическом поле, приводит к орбитальному вращающемуся электромагнитному полю, порождающему замкнутую электромагнитную волну и циркуляцию плотности потока электромагнитной энергии.

В [1] показано, что поток циркулирующей электромагнитной мощности в центрально-симметричном электростатическом поле является причиной создания еще одного дополнительного микротока. Построенная математическая модель вектора Пойнтинга вращающегося электромагнитного поля позволила определить плотность этого микротока, квантованный магнитный момент и квантованный момент импульса атома водорода.

Отметим, что свободный волновой процесс ЭМП в атоме может осуществляться только за счёт внутренней энергии электрона W_{0e} , так как полная энергия орбитального электрона в атоме $W = T + U(r)$ является полностью измеряемой и контролируемой величиной, например, через процессы поглощения или излучения фотонов.

В [7] при анализе однородного волнового уравнения относительно усреднённого векторного потенциала ЭМП стационарное решение, представляющее незатухающие колебания с собственной частотой ω_e , искалось в виде произведения двух комплексных функций :

$$\langle A_n \rangle_{T_0} = A_{0n}^i(r) e^{i\omega_{cn}t},$$

что требовало решения следующего уравнения Гельмгольца

$$\nabla^2 A_{0n}(r) + \frac{\omega_{cn}^2}{c^2} A_{0n}(r) = 0. \quad (9)$$

Коэффициент уравнения (9) должен быть

$$\frac{\omega_{cn}^2}{c^2} = \frac{2m_0[W - U(r)]}{\hbar^2},$$

из которого следует значение кванта энергии замкнутой электромагнитной волны орбитального ЭМП

$$\hbar\omega_{cn} = \sqrt{2W_{0e}(W_n - U_n)} = \sqrt{W_{0e}|U_n|}. \quad (10)$$

Квант представляет собой среднеквадратическую энергию от произведения собственной энергии электрона

$$W_{0e} = m_{e0}c^2$$

с массой покоя электрона m_{e0} на модуль потенциальной энергии электрона в атоме

$$U_n = -\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r_n}.$$

В (10) W_n – полная энергия орбитального электрона на n уровне, $\omega_{cn} = c/nr_B$ – квантованная частота свободных электромагнитных колебаний, где r_B – радиус первой боровской орбиты [7].

В [1] разработаны усреднённые за период T_0 орбитального вращения электрона математические модели характеристик ЭМП. Они представлены в декартовых координатах (орты – $\bar{e}_x, \bar{e}_y, \bar{e}_z$), а функциональные зависимости их проекций выражены в сферических координатах (r, θ, φ):

– напряженность электрического поля

$$\langle \bar{E}_{xy} \rangle_{T_0} = -\omega_{cn} Y_0 \{-\bar{e}_x \sin(\Psi + \varphi_x) + \bar{e}_y \cos(\Psi + \varphi_x)\}; \quad (11)$$

– индукция магнитного поля:

$$\langle \bar{B}_{xy} \rangle_{T_0} = \frac{\langle \bar{E}_{xy} \rangle_{T_0} \partial Y_0}{-\omega_{cn} Y_0 \partial z} + \bar{e}_z \left[\frac{\partial Y_0}{\partial x} \sin(\Psi + \varphi_x) - \frac{\partial Y_0}{\partial y} \cos(\Psi + \varphi_x) + \frac{m Y_0}{r \sin \theta} \sin(\Psi - \varphi + \varphi_x) \right] \quad (12)$$

– вектор Пойнтинга:

$$\langle \bar{\Pi}_{xy} \rangle_{T_0} = -\frac{\omega_{cn} Y_0}{\mu_0} \left[\left(\frac{\partial Y_0}{\partial r} \sin \theta + \frac{\partial Y_0}{r \partial \theta} \cos \theta + \frac{m Y_0}{r \sin \theta} \right) \sin(\Psi - \varphi + \varphi_x) \right] \bar{e}_\Psi; \quad (13)$$

$$\bar{e}_\Psi = [\bar{e}_x \cos(\Psi + \varphi_x) + \bar{e}_y \sin(\Psi + \varphi_x)]; \quad (14)$$

$$Y_0 = C_0 R(r) P(\theta); \quad \Psi = m\varphi + \omega_{cn}t; \quad (15)$$

где φ_x – постоянная интегрирования; $P(\theta) = P_l^m(\theta)$ – присоединенные функции Лежандра; $R(\sigma) = e^{-\frac{\sigma}{2}} \sigma^l Q_k^{(2l+1)}(\sigma)$ – радиальная функция; $\sigma = 2r/nr_B$; n – главное квантовое число; l – орбитальное квантовое число; m – магнитное квантовое число; $k = n - l - 1$ – радиальное квантовое число.

Квадрат постоянной интегрирования C_0 , определённой в [1] ($\xi = \cos \theta$), имеет следующий вид:

$$C_0^2 = \hbar \left[\frac{\pi \omega_{cn}}{\mu_0 c^2} \int_0^\infty R^2 r^2 dr \int_{-1}^1 P^2(\xi) d\xi \right]^{-1}. \quad (16)$$

Вектора напряжённостей электрического поля (11) вращаются в плоскостях, параллельных координатной плоскости XOY. На основе фазового члена (15) определим угловую скорость вращения

$$\frac{d\varphi}{dt} = \bar{\omega}_{zm} = -\frac{\omega_{cn}}{m} \bar{e}_z, \quad (17)$$

которая имеет смысл при $m \neq 0$. В фиксированный момент времени, но при разных значениях φ вектора $\langle \bar{E}_{xy} \rangle_{T_0}$ различаются направлениями, а в каждой фиксированной точке (r, θ, φ) вектора $\langle \bar{E}_{xy} \rangle_{T_0}$ вращаются во времени. При $m = 0$ вращения векторов электрического поля отсутствуют, поэтому принимаем $\bar{\omega}_{z0} = 0$.

Вектор магнитной индукции состоит из двух составляющих. Первое слагаемое – это вращающийся вектор, направление второго вектора совпадает с осью Z, интенсивность которого изменяется по волновому закону.

Вектор Пойнтинга (13) является также, согласно (14), вращающимся вектором, интенсивность которого изменяется по волновому закону.

Используя (11) – (12) и (16), вычислим во всём объёме геометрического пространства, с учётом замены переменной $\xi = \cos \theta$, энергию электрической W_E и магнитной W_H составляющих вращающегося поля:

$$W_E = \frac{\epsilon_0}{2} \int_V (\langle \bar{E}_{xy} \rangle_{T_0})^2 r^2 dr \sin \theta d\theta d\varphi = \frac{\epsilon_0 (\omega_{cn})^2 C_0^2}{2} \int_0^\infty r^2 R^2 dr \int_{-1}^1 P^2(\xi) d\xi \int_0^{2\pi} d\varphi = \hbar \omega_{cn}, \quad (18)$$

$$\int_0^{\infty} r^2 R^2 dr = 2n(2l + 1) \left(\frac{c}{2\omega_{cn}}\right)^2 \int_0^{\infty} R^2 dr. \quad (19)$$

$$W_H = \frac{1}{2\mu_0} \int_V (\langle \bar{B}_{xy} \rangle_{\tau_0})^2 dV = \frac{\pi C_0^2}{2\mu_0} \int_0^{\infty} r^2 dr \int_0^{\pi} \left[\left(\frac{\partial Y_0}{\partial z}\right)^2 + (\text{grad} Y_0)^2 + \left(\frac{mY_0}{r \sin\theta}\right)^2 \right] \sin\theta d\theta = \left\{ \int_0^{\infty} R^2 dr \int_{-1}^1 \frac{m^2 P^2}{1 - \xi^2} d\xi + \int_0^{\infty} R^2 dr \int_{-1}^1 \left(\frac{dP}{d\xi}\right)^2 [1 - \xi^2 + (1 - \xi^2)^2] d\xi + \int_0^{\infty} r^2 \left(\frac{dR}{dr}\right)^2 dr \int_{-1}^1 P^2 (1 + \xi^2) d\xi + \int_0^{\infty} r dR^2 \int_{-1}^1 \frac{(\xi - \xi^3)}{2} dP^2 \right\} \frac{\pi C_0^2}{2\mu_0}.$$

Для вычисления второго интеграла используем формулы (3) и (4), то первый интеграл сократится; для вычисления третьего и четвертого интегралов по присоединённым функциям Лежандра используем формулу (5). В третьем интеграле применяем (8) к полиному Лагерра, то с учётом (16) и (19) получим:

$$W_H = \hbar\omega_{cn} \frac{K_H}{n(2l + 1)}, \quad (20)$$

$$K_H = \left\{ n \left(l + \frac{1}{2} \right) + \frac{1}{2} + \left[n \left(l + \frac{1}{2} \right) - \frac{3}{2} - l(l + 1) \right] \left[\frac{2l^2 + 2l - 1 - 2m^2}{(2l + 3)(2l - 1)} \right] + \frac{l^2[(l + 1)^2 - m^2]}{(2l + 3)(2l + 1)} + \frac{(l + 1)^2(l^2 - m^2)}{(2l - 1)(2l + 1)} \right\}.$$

Замкнутый поток мощности (13), характеризующийся моментом импульса $\bar{L}_{\text{пз}} = (1 - m)\hbar\bar{e}_z$ [1], обладает кинетической энергией, значение которой с учётом (17) и при $m \neq 0$ примет следующий вид:

$$T = \frac{\bar{\omega}_z \bar{L}_{\text{пз}}}{2} = \hbar\omega_{cn} \frac{(m - 1)}{2m}. \quad (21)$$

Мощность замкнутого электромагнитного потока, проходящего через фиксированную ($\varphi = \text{const}$) бесконечную полуплоскость, определим на основе вектора Пойнтинга (13):

$$P_B = \int_S \langle \Pi_{xy} \rangle_{\tau_0} (\bar{e}_\psi \bar{e}_\varphi) r dr d\theta = \frac{\omega_{cn} \sin^2(\Psi - \varphi + \varphi_x)}{\mu_0} \int_0^{\infty} r dr \int_0^{\pi} Y_0 \left(\frac{\partial Y_0}{\partial r} \sin\theta + \frac{\partial Y_0}{r \partial \theta} \cos\theta + \frac{mY_0}{r \sin\theta} \right) d\theta =$$

$$= \frac{m\omega_{cn} C_0^2 \sin^2(\Psi - \varphi + \varphi_x)}{\mu_0} \int_0^{\infty} R^2 dr \int_{-1}^1 \frac{(P_l^m)^2}{1 - \xi^2} d\xi = \frac{(2l + 1)\omega_{cn} C_0^2 \sin^2(\Psi - \varphi + \varphi_x)}{2\mu_0} \int_0^{\infty} R^2 dr \int_{-1}^1 P^2(\xi) d\xi.$$

Энергия за период вращения $T_{\text{вп}} = 2\pi m/\omega_{cn}$ через фиксированную бесконечную полуплоскость будет:

$$W_B = \int_0^{T_{\text{вп}}} P_B dt = \frac{\pi m(2l + 1) C_0^2}{2\mu_0} \int_0^{\infty} R^2 dr \int_{-1}^1 P^2(\xi) d\xi = \hbar\omega_{cn} \frac{m}{n}. \quad (22)$$

Заключение. Разработаны методы интегрирования определённых интегралов от квадрата производных присоединённых функций Лежандра и полиномов Лагерра. Получены результаты применения разработанных методов интегрирования для вычисления энергетических характеристик стационарных замкнутых электромагнитных волн, создающих циркулирующие потоки электромагнитной мощности.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Меньшов Е. Н. Представление вектора Пойнтинга через электрические характеристики электротехнических систем. Часть 2. Моделирование плотности тока // Интеллектуальная электротехника. 2022. №2. С. 30–45. [Электронный ресурс]; URL: [https://ie.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2022/2\(18\)/030.pdf](https://ie.nntu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2022/2(18)/030.pdf)
2. Фок В. А. Начала квантовой механики. Москва: Наука, 1976. 376 с.
3. Никифоров А. Ф., Уваров В. Б. Специальные функции математической физики. Москва: Наука, 1978. 320 с.
4. Янке Е., Эмде Ф., Леш Ф. Специальные функции. Формулы, графики, таблицы. Москва: Наука, 1977. 344 с.
5. Справочник по специальным функциям. С формулами, графиками и математическими таблицами / Под ред. М. Абрамовица и И. Стиган. Москва: Наука, 1979. 832 с.
6. Прудников А. П., Брычков Ю. А., Маричев О. И. Интегралы и ряды. Специальные функции. Москва: Наука, 1983. 752 с.
7. Меньшов Е. Н. Расширение возможностей классической теории электромагнитного поля // Научное обозрение. Физико-математические науки. 2020. №1. 8 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://physics-mathematics.ru/ru/article/view?id=92>

Информация об авторе

Е. Н. Меньшов – доктор технических наук, профессор кафедры «Электроснабжение» УлГТУ, имеет научные статьи в области математического моделирования электромагнитных элементов и систем.

REFERENCES

1. Menshov E. N. [*Predstavlenie vektora Poyntinga через электрические характеристики электротехнических систем. CHast' 2. Modelirovanie plotnosti toka* Representation of the Poynting vector through the electrical characteristics of electrical systems. Part 2. Simulation of current density]. *Intellektual'naya elektrotehnika* [Intelligent electrical engineering]. 2022. No. 2, pp. 30–45. [Electronic resource]; URL: [https://ie.nttu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2022/2\(18\)/030.pdf](https://ie.nttu.ru/frontend/web/ngtu/files/nomera/2022/2(18)/030.pdf).
2. Fok V. A. *Nachala kvantovoj mekhaniki* [Principles of Quantum Mechanics]. Moscow, Nauka, 1976. 376 p.
3. Nikiforov A. F. and Uvarov V. B. *Special'nye funkcii matematicheskoy fiziki* [Special Functions of Mathematical Physics]. Moscow, Nauka, 1978. 320 p.
4. Yanke E., Emde F., Lesh F. *Special'nye funkcii. Formuly, grafiki, tablicy* [Special functions. Formulas, graphs, tables]. Moscow, Nauka, 1977. 344 p.
5. *Spravochnik po special'nyh funkciyam. S formulami, grafikami i matematicheskimi tablicami* [Reference for special functions. With formulas, graphs and mathematical tables]: Ed. M. Abramowitz and I. Steegan. Moscow, Nauka, 1979. 832 p.
6. Prudnikov A. P., Brychkov Yu. A., Marichev O. I. *Integraly i ryady. Special'nye funkcii* [Integrals and Series. Special features]. Moscow, Nauka, 1983. 752 p.
7. Menshov E. N. *Rasshirenie vozmozhnostej klassicheskoy teorii elektromagnitnogo polya* [Expanding the possibilities of the classical theory of the electromagnetic field]. *Nauchnoe obozrenie. Fiziko-matematicheskie nauki*. [Scientific review. Physical and mathematical sciences]. 2020. No. 1. 8 p. [Electronic resource]. URL: <https://physics-mathematics.ru/ru/article/view?id=92>.

Information about the author

E. N. Menshov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of «Power Supply», UlSTU, has scientific articles in the field of mathematical modeling of electromagnetic elements and systems.

Статья поступила в редакцию 09.06.2023;
одобрена после рецензирования 13.06.2023;
принята к публикации 16.06.2023.
The article was submitted 09.06.2023;
approved after reviewing 13.06.2023;
accepted for publication 16.06.2023.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Научная статья
УДК 621.923

Моделирование температурного поля при шлифовании кругом из эльбора с наложением ультразвуковых колебаний

Александр Николаевич Унянин¹
Александр Васильевич Хазов²

¹ Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

² АО «Ульяновский механический завод», Ульяновск, Россия.

Аннотация. Получены математические зависимости для расчёта числа абразивных зёрен, приходящихся на единицу рабочей поверхности шлифовального круга из эльбора, и критической глубины микрорезания. Разработана методика расчёта среднего расстояния между режущими зёрнами. Экспериментально доказана адекватность разработанных математических зависимостей и методики расчёта температурного поля при шлифовании с наложением ультразвуковых колебаний. Установлено, что применение колебаний при шлифовании позволяет уменьшить локальные температуры от режущих зёрен на 22 ... 26% и температуры в поверхностном слое заготовки на 11 ... 13%. Выявлены закономерности влияния рабочей скорости круга на температуру заготовки и локальные температуры.

Ключевые слова: шлифование, эльбор, моделирование, ультразвуковые колебания, температура.

MACHINE-BUILDING
Scientific article

Modeling of the temperature field during grinding with a round from elbor with superimposition of ultrasonic oscillations

Alexander N. Unyanin¹
Alexander V. Hazov²

¹Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

²JSC «Ulyanovsk Mechanical Plant», Ulyanovsk, Russia.

Abstract. Mathematical dependencies are obtained for calculating the number of abrasive grains per unit of the working surface of a CBN grinding wheel and the critical depth of microcutting. A technique for calculating the average distance between cutting grains has been developed. The adequacy of the developed mathematical dependences and methods for calculating the temperature field during grinding with superimposed ultrasonic vibrations has been experimentally proven. It has been established that the use of oscillations during grinding makes it possible to reduce the local temperatures from the cutting grains by 22 ... 26% and the temperatures in the surface layer of the workpiece by 11 ... 13%. Regularities of the influence of the working speed of the wheel on the temperature of the workpiece and local temperatures are revealed.

Keywords: grinding, elbor, modeling, ultrasonic vibrations, temperature.

Повышение работоспособности круга и улучшение качества обработанных деталей при шлифовании с наложением ультразвуковых колебаний (УЗК) связано с изменением различных параметров процесса, в том числе тепловой напря-

жённости [1]. Во многих исследованиях тепловых процессов шлифования зона контакта круга с заготовкой представляется в виде сплошного теплового источника и рассчитываются средние контактные температуры. Для оценки условий работы шлифовального круга (ШК) и параметров качества поверхностного слоя шлифуемой заго-

товки необходимо знать локальные (мгновенные) температуры, в том числе на поверхностях контакта абразивного зерна (АЗ) со стружкой и заготовкой. Для расчёта температурного поля при шлифовании с наложением УЗК разработаны физические и математические модели, алгоритмы и программное обеспечение [2]. При решении дифференциальных уравнений теплопроводности используется численный метод конечных элементов.

При использовании этой методики для расчёта температурного поля, возникающего при обработке кругами из эльбора, необходимо знать число зёрен на единичной площадке рабочей поверхности круга, критическую глубину микрорезания и среднее расстояние между зёрнами, диспергирующими материал заготовки.

Данные для определения числа зёрен на единичной площадке поверхности шлифовальных кругов из электрокорунда приведены в [3]. Для абразивных кругов из эльбора такие сведения отсутствуют.

Для расчёта числа зёрен, расположенных на единичной площадке рабочей поверхности ШК на расстоянии y от его условной наружной поверхности, использовали зависимость [4]:

$$Z(y) = z_0 \cdot F(y),$$

где z_0 – число зёрен на единичной площадке рабочей поверхности круга, $1/\text{м}^2$; $F(y)$ – функция распределения вершин зёрен:

$$F(y) = C_{\kappa 1} \cdot \left(\frac{y}{d_0} \right)^\alpha,$$

где $C_{\kappa 1}$ и α – коэффициенты [4]; d_0 – средневероятный размер зерна, м.

Для расчёта параметра z_0 выполнили преобразование зависимости для расчёта среднего расстояния между зёрнами ШК, предложенной в работе [5]. Получена зависимость:

$$z_0 = \frac{W_3 \cdot W_c}{(W_3 + W_c + W_n) \cdot W_n \cdot d_0^2}, \quad (1)$$

где W_3 , W_c , W_n – объёмное содержание соответственно зёрен, связки и пор в круге.

Для круга ЛОФ12005V (ЛО 125/100 СТ1 К) размер зерна $d_0 = 0,114 \text{ м} = 0,000114 \text{ м}$; $W_3 = 0,25$ (100%-ная концентрация); $W_n = 0,47$. Объёмное содержания связки $W_c = 1 - (W_3 + W_n) = 0,28$.

Параметр $z_0 = 11,48 \text{ 1/мм}^2 = 11,48 \cdot 10^6 \text{ 1/м}^2$.

Критерий, характеризующий границу перехода от пластического деформирования к микрорезанию [6]:

$$m_{\text{кр}} = \frac{a_{\text{кр}}}{\rho_3},$$

где $a_{\text{кр}}$ – критическая глубина микрорезания, м; ρ_3 – радиус при вершине АЗ, м.

Рабочую часть зерна приняли в виде усечённого конуса, диаметр малой окружности которого равен размеру площадки затупления, образующейся на АЗ в процессе правки и эксплуатации. В этом случае поперечное сечение зерна представляет собой многоугольник.

Для расчёта условного значения радиуса при вершине зерна, представленного в форме усечённого конуса с углом γ при вершине и величиной износа h_u , получена зависимость:

$$\rho_3 = \frac{h_u \cdot \sin \gamma}{1 - \sin \gamma}.$$

При $h_u = 0,01 \text{ мм}$ и $\gamma = 43^\circ$ параметр $\rho_3 = 0,021 \text{ мм}$.

При шлифовании кругами из эльбора $m_{\text{кр}} = 0,11$ [3, 6], поэтому критическая глубина микрорезания $a_{\text{кр}} = 0,0023 \text{ мм}$.

При плоском шлифовании максимальная глубина внедрения зерна в заготовку

$$a_{3m\text{max}} = S_{\text{прз}} \cdot \sin \alpha_{\text{max}}, \quad (2)$$

где α_{max} – угол, град [3]; $S_{\text{прз}}$ – продольная подача, приходящаяся на одно АЗ, м, которую можно определить по зависимости [3]:

$$S_{\text{прз}} = \frac{V_{\text{спр}} \cdot \ell_m}{\pi \cdot D_k \cdot n_k}, \quad (3)$$

где $V_{\text{спр}}$ – скорость продольной подачи, м/с; D_k – диаметр ШК, м; n_k – частота вращения круга, 1/с; ℓ_m – среднее расстояние между режущими зёрнами на расстоянии $(h_u + a_{3m\text{max}} / 2)$ от условной наружной поверхности круга, м:

$$\ell_m = \frac{1}{\sqrt{z_0 \cdot F\left(h_u + \frac{a_{3m\text{max}}}{2}\right)}},$$

где $F(y)$ – функция распределения вершин зёрен.

Для расчёта параметра ℓ_m необходимо знать параметр $a_{3m\text{max}}$, который, в свою очередь, зависит от ℓ_m . Чтобы найти значения параметров $a_{3m\text{max}}$ и ℓ_m , используем метод последовательных приближений.

1. Рассчитывается среднее расстояние между зернами, лежащими на глубине h_u , по зависимости

$$\ell_{m1} = \frac{1}{\sqrt{z_0 \cdot F(h_u)}}.$$

2. Рассчитывается продольная подача $S_{пр\ 31}$ на одно зерно, лежащее на глубине h_u :

$$S_{пр\ 31} = \frac{V_{сп} \cdot \ell_{m1}}{\pi \cdot D_k \cdot n_k},$$

3. Максимальная глубина внедрения зерна в заготовку:

$$a_{3m\ max\ 1} = S_{пр\ 31} \cdot \sin \alpha_{max}.$$

Поскольку при расчёте параметров ℓ_{m1} и $S_{пр\ 31}$ учтены АЗ, расположенные на глубине h_u , значения этих параметров окажутся больше действительных (искомых) значений.

При выполнении каждой из последующей i -й итерации максимальная глубина внедрения АЗ в заготовку определяется по формуле

$$a_{3m\ max\ i} = \frac{a_{3m\ max\ i-1} + a_{3m\ max\ i-2}}{2},$$

где $a_{3m\ max\ i-1}$ и $a_{3m\ max\ i-2}$ – значения, полученные при выполнении предыдущих итераций. При $i = 1$ (первая итерация) $a_{3m\ max} = 0$.

Каждая итерация включает последовательные вычисления по зависимостям:

$$\ell_{mi} = \frac{1}{\sqrt{z_0 \cdot F\left(h_u + \frac{a_{3m\ max\ i}}{2}\right)}}; S_{пр\ 3i} = \frac{V_{сп} \cdot \ell_{mi}}{\pi \cdot D_k \cdot n_k};$$

$$a_{3m\ max\ i} = S_{пр\ 3i} \cdot \sin \alpha_{max}.$$

Расчёты прекращаются, если выполняется условие:

$$|a_{3m\ max\ i} - a_{3m\ max\ i-1}| \leq \varepsilon_1,$$

где ε_1 – заданное значение.

При шлифовании кругом ЛО F120 O 5 V без наложения УЗК (амплитуда колебаний в направлении, перпендикулярном обрабатываемой поверхности, $A_y = 0$) расчётное значение средней температуры в зоне контакта оказалось ниже экспериментального значения на 8%, при наложении УЗК с амплитудой $A_y = 2$ мкм – на 5% (рис. 1). При наложении УЗК с амплитудой $A_y = 2$ мкм экспериментальное значение средней температуры в зоне контакта оказалось ниже на 15%, чем без наложения УЗК (см. рис. 1).

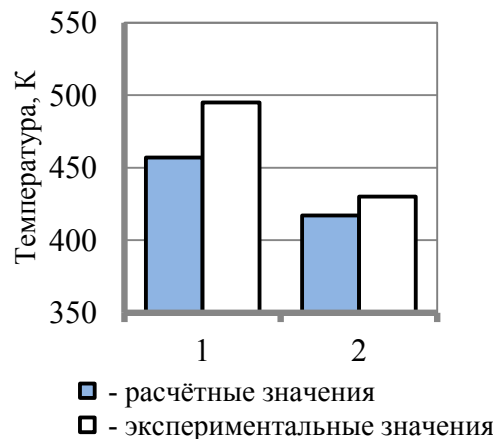


Рис. 1. Результаты сопоставления температур:
 1 – $A_y = 0$ мкм; 2 – $A_y = 2$ мкм; материал заготовки – сталь 12X18H10T; шлифовальный круг – ЛОF120O5V

Удовлетворительное согласование экспериментальных и расчётных данных свидетельствует об адекватности выбранных и разработанных математических зависимостей для расчёта температурных полей, возникающих при шлифовании заготовок с наложением УЗК.

Результаты численного моделирования параметров процесса и температур при шлифовании заготовок из стали 12X18H10T эльборовым кругом ЛОF120O5V при скорости продольной подачи $V_{сп} = 10$ м/мин и глубине шлифования $t = 0,01$ мм приведены в табл. 1, 2.

При шлифовании заготовок эльборовым кругом мощности источников тепловыделения и температура деформируемого слоя материала заготовки значительно ниже, чем при обработке кругом из электрокорунда. Причиной этого является меньшая величина площадки затупления на зёрнах эльборового круга.

При использовании колебаний амплитудой $A_y = 3$ мкм силы микрорезания и мощности источников тепловыделения уменьшаются на 10...28%. Это приводит к уменьшению температуры в поверхностных слоях заготовки T_1 на глубине 2 и 50 мкм на 13 и 11% и локальных температур на площадке контакта режущего АЗ с заготовкой T_2 и на площадке контакта АЗ со стружкой T_2' на 22...26%. Такие результаты получены при рабочей скорости ШК $V_k = 35$ и 70 м/с.

При увеличении V_k от 35 до 70 м/с увеличивается температура в поверхностных слоях заготовки на 8 ... 12% и локальные температуры T_2 и

Таблица 1

Результаты численного моделирования параметров процесса шлифования заготовок из стали 12X18H10T эльборовым кругом: $V_{s,пр} = 10$ м/мин; $t = 0,01$ мм

Рабочая скорость шлифовального круга V_k , м/с	Амплитуда УЗК A_y , мкм	Сила микрорезания P_z , Н	Мощность источника тепловыделения			Температура деформируемого слоя материала заготовки T_{1cp} , К
			от трения стружки о зерно W_{1T} , Вт	от трения зерна о заготовку W_{2T} , Вт	от работы деформирования W_{ϕ} , Вт	
35	0	0,37	2,8	1,1	9,1	406
	3	0,32	2,0	0,86	8,4	355
70	0	0,34	5,1	2,5	16,3	406
	3	0,28	3,9	1,8	15,4	358

Таблица 2

Результаты численного моделирования температур при шлифовании заготовок из стали 12X18H10T эльборовым кругом: $V_{s,пр} = 10$ м/мин; $t = 0,01$ мм

Рабочая скорость шлифовального круга V_k , м/с	Амплитуда УЗК A_y , мкм	Средняя температура заготовки T_1 , К		Температура на площадке контакта режущего АЗ с заготовкой T_2 , К	Температура на площадке контакта АЗ со стружкой T_2' , К
		на глубине 2 мкм	на глубине 50 мкм		
35	0	467	454	1168	1395
	3	407	405	871	1025
70	0	524	508	1380	1545
	3	458	452	1066	1141

T_2' на 18 ... 22 и 10 ... 11% соответственно. При шлифовании эльборовым кругом локальные температуры с повышением скорости круга увеличиваются в меньшей степени, чем при шлифовании кругом из электрокорунда.

Выводы.

1. Получены математические зависимости для расчёта числа абразивных зёрен, приходящихся на единицу рабочей поверхности шлифовального круга из эльбора, и критической глубины микрорезания; разработана методика расчёта среднего расстояния между режущими зёрнами.

2. Экспериментально доказана адекватность разработанных математических зависимостей и методики расчёта температур при шлифовании с наложением УЗК: результаты расчётов и экспериментальные значения температур в поверхно-

стных слоях заготовки отличаются не более чем на 8 %.

3. Применение УЗК при шлифовании позволяет уменьшить локальные температуры от режущих зёрен на 22 ... 26% и температуры в поверхностных слоях заготовки на 11 ... 13%.

4. Выявлены закономерности влияния рабочей скорости шлифовального круга на температуру заготовки и локальные температуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Применение ультразвука и взрыва при обработке и сборке / М. Ф. Вологин, В. В. Калашников, М. С. Нерубай, Б. Л. Штриков. М.: Машиностроение, 2002. 264 с.

2. Унянин А. Н. Исследование температур при шлифовании с наложением ультразвуковых колебаний // Вектор науки ТГУ. 2015. №2 (32–2). С. 191–195.

3. Худобин Л. В., Унянин А. Н. Минимизация засаливания шлифовальных. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 298 с.

4. Королёв А. В. Исследование процессов образования поверхностей инструмента и детали при абразивной обработке. Саратов: Издательство Саратовского университета, 1975. 191 с.

5. Николаенко А. А. Моделирование и расчёт высокопроизводительных автоматических циклов плоского глубинного профильного шлифования для станков с ЧПУ: Дис... д-ра технических наук: 05.02.08 / Южно-Уральский государственный университет. Челябинск, 1988. 349 с.

6. Ефимов В. В. Модель процесса шлифования с применением СОЖ. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1992. 132 с.

Информация об авторах

А. Н. Унянин – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Инновационные технологии в машиностроении» УлГТУ;

А. В. Хазов – заместитель главного инженера АО «Ульяновский механический завод».

REFERENCES

1. *Primenenie ul'trazvuka i vzryva pri ob-rabotke i sborke* [Application of ultrasound and explosion during processing and assembly]. M. F. Vologin, V. V. Kalashnikov, M. S. Nerubai, B. L. Shtrikov. Moscow, Mashinostroenie, 2002. 264 p.

2. Unyanin A. N. *Issledovanie temperatur pri shlifovanii s nalozheniem ul'trazvukovyh kolebanij* [Investigation of temperatures during grinding with the imposition of ultrasonic vibrations]. *Vektor nauki TGU* [Vector of Science TSU]. 2015. No. 2 (32–2), pp. 191–195.

3. Khudobin L. V., Unyanin A. N. *Minimizaciya zasalivaniya shlifoval'nyh* [Minimization of clogging of grinding wheels]. Ulyanovsk, UISTU, 2007. 298 p.

4. Korolev A. V. *Issledovanie processov obrazovaniya poverhnostej instrumenta i detali pri abrazivnoj obrabotke* [Investigation of the processes of formation of tool surfaces and parts during abrasive processing]. Saratov, *Izdatel'stvo Saratovskogo universiteta* [Saratov University Publishing House], 1975. 191 p.

5. Nikolaenko A. A. *Modelirovanie i raschyot vysokoproizvoditel'nyh avtomaticheskikh ciklov ploskogo glubinnogo profil'nogo shlifovaniya dlya stankov s CHPU: Dis... d-ra tekhnicheskikh nauk* [Modeling and calculation of high-performance automatic cycles of flat deepfeed profile grinding for CNC machines: Dissertation ... Doctor of Technical Sciences]: 05.02.08 / *YUzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet*. [South Ural State University]. Chelyabinsk, 1988. 349 p.

6. Efimov V. V. *Model' processa shlifovaniya s primeneniem SOZH*. [Model of the grinding process with the use of coolant]. Saratov, *Izd-vo Saratovskogo universiteta* [Publishing House of Saratov University], 1992. 132 p.

Information about the authors

A. N. Unianin – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of the department «Innovative technologies in mechanical engineering», UISTU;

A. V. Hazov – chief engineer, JSC «Ulyanovsk mechanical plant».

Статья поступила в редакцию 05.04.2023;

одобрена после рецензирования 20.04.2023;

принята к публикации 10.05.2023.

The article was submitted 05.04.2023;

approved after reviewing 20.04.2023;

accepted for publication 10.05.2023.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Научная статья
УДК 621.981

Моделирование напряжённо-деформированного состояния при холодной объёмной штамповке детали «Втулка наружная» номенклатуры ООО «УАЗ»

Валерий Николаевич Кокорин¹

Морозов Олег Игоревич²

Николай Викторович Мишов³

Артем Сергеевич Корчакин⁴

Константин Дмитриевич Волков⁵

Игорь Дмитриевич Соловьев⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

³*nikolaimishov@gmail.com*

Аннотация. Рассмотрены вопросы моделирования процессов холодной объёмной штамповки при использовании различных граничных условиях. Установлены основные характеристики напряженно-деформированного состояния в контактных зонах инструмента.

Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, инструмент, покрытия, смазка, площадь.

MACHINE-BUILDING

Scientific article

Modeling of the stress-strain state during cold volumetric stamping of the «Outer sleeve» part of the nomenclature of LLC «UAZ»

Valeriy N. Kokorin¹

Oleg I. Morozov²

Nikolay V. Mishov³

Artem S. Korchakin⁴

Konstantin D. Volkov⁵

Igor D. Solovyov⁶

^{1, 2, 3, 4, 5, 6} Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

³*nikolaimishov@gmail.com*

Abstract. The issues of modeling the processes of cold volumetric stamping with the use of various boundary conditions are considered. The main characteristics of the stress-strain state in the contact zones of the tool are established.

Keywords: stress-strain state, tool, coatings, lubrication, area.

Процесс объёмного холодного деформирования характеризуется высокими уровнями кон-

тактных напряжений, значительной величиной сил трения систем: «деформирующий инструмент-заготовка (деталь)», что определяет низкий ресурс работоспособности штампового инструмента холодной объёмной штамповки, как то, образование сколов, надрывов, существенный

© Кокорин В. Н., Морозов О. И., Мишов Н. В., Корчакин А. С., Волков К. Д., Соловьев И. Д., 2023

износ инструмента и, как следствие, низкое качество изделий. При этом холодному объёмному деформированию свойственно интенсивное упрочнение металла при смещении объёмов в процессе сдвига деформации, что определяет высокий уровень сопротивления деформированию и снижению штампуемости металла на заготовки в процессе нагружения. Одним из методов минимизирования данных недостатков, а также повышения технологического и инструментального ресурса холодного объёмного деформирования является применения износостойких покрытий на основе TiN.

Следует отметить, что в научно-технической литературе и технологической практике недостаточно отражены вопросы реализации покрытий, образуемых ионно-плазменным напылением, что существенно ограничивает возможности штамповки металлов в холодном состоянии [1].

В рамках анализа напряжённо-деформированного состояния (НДС) в процессе деформационного упрочнения металла предложено рассматривать процесс комбинированного деформирования, заключающегося в комплексном использовании операций высадки и дорнования, заключающийся в увеличении внутреннего диаметра при изменении наружного профиля детали «Втулка наружная» (рис. 1).

В рамках исследований произведён расчёт НДС в очаге деформации осевого нагружения в процессе комбинированного деформирования с использованием холодновысадочного инструмента.

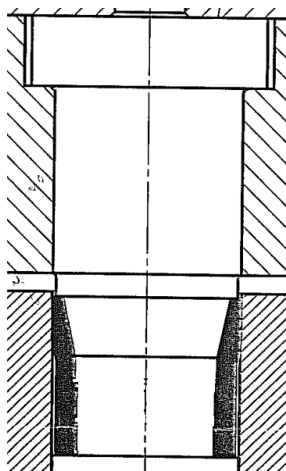


Рис. 1. Принципиальная схема холодной объёмной штамповки

Подготовка математической модели, а именно ввод исходных данных осуществлялся в программном продукте Q-Form. Задача решалась в плоскостной постановке с моделированием поперечного сечения деформируемого металла.

Материал заготовки – углеродистая сталь 45, материал инструмента пуансона – быстрорежущая сталь P6M5. Материал покрытия – TiN.

При изучение характера НДС были использованы следующими граничными условиями реализации системы: «подложка (покрытие) – заготовка»: 1) без покрытия/без смазки; 2) со смазкой/без покрытия; 3) без смазки/с покрытием; 4) со смазкой/с покрытием.

Эффективность реализации данных систем анализировалось с помощью сравнения площадей характерных зон равного уровня эквивалентного напряжения в теле инструмента. Использовался модуль просмотра результатов моделирования в ПО Q-Form. Были выделены пять характерных зон равного уровня эквивалентного напряжения, представленные на рисунках 2-3.

Характеристика площадей равного уровня эквивалентного напряжения в инструменте (пуансоне) на первой операции показана на рисунке 2.

Характеристика площадей равного уровня эквивалентного напряжения в инструменте (пуансоне) на второй операции, характеризующихся дополнительной величиной накопленных остаточных напряжений, показана на рисунке 3.

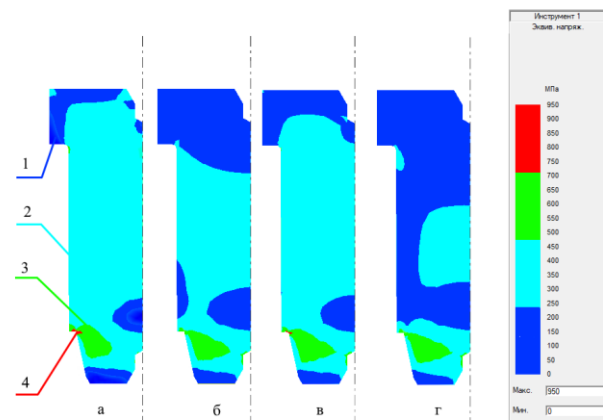


Рис. 2. Характер распределения эквивалентных напряжений в инструменте на первой операции:
а – без покрытия без смазки; б – без покрытия со смазкой; в – с покрытием без смазки;
г – с покрытием со смазкой; 1 – 0-240 МПа;
2 – 240-480 МПа; 3 – 480-710 МПа; 4 – 710 – 950 МПа

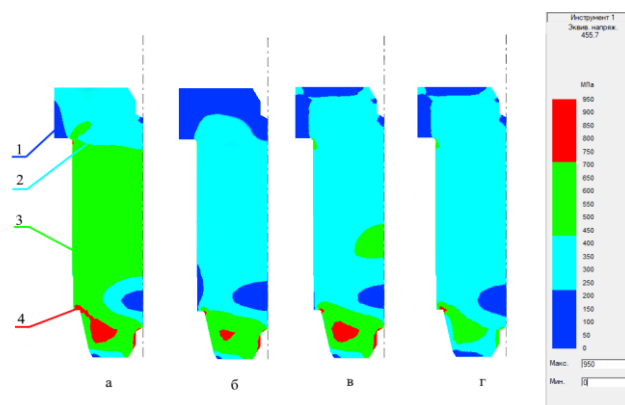


Рис. 3. Характер распределения эквивалентных напряжений в инструменте на второй операции:
 а – без покрытия без смазки; б – без покрытия со смазкой; в – с покрытием без смазки;
 г – с покрытием со смазкой; 1 – 0-240 МПа; 2 – 240-480 МПа; 3 – 480-710 МПа; 4 – 710 – 950 МПа.

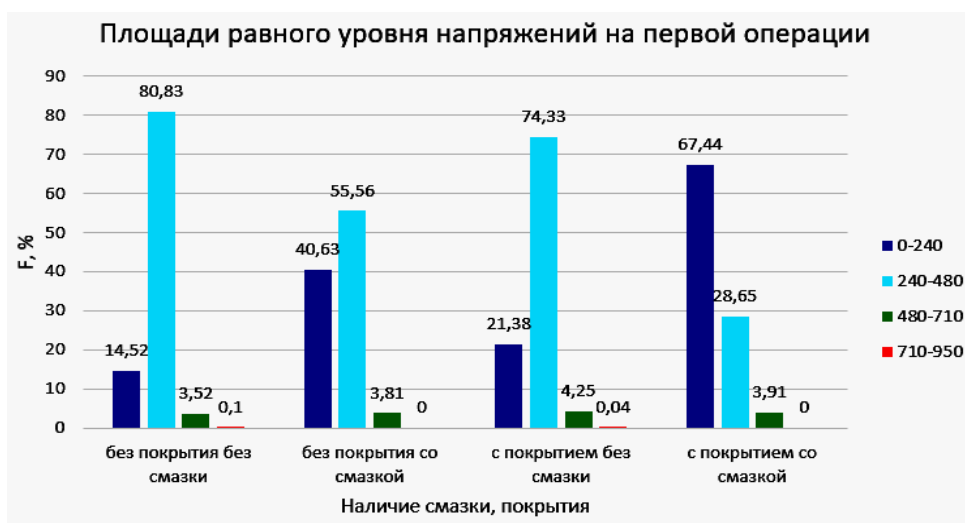


Рис. 4. Диаграмма площадей равного уровня напряжений на первой операции холодного деформирования

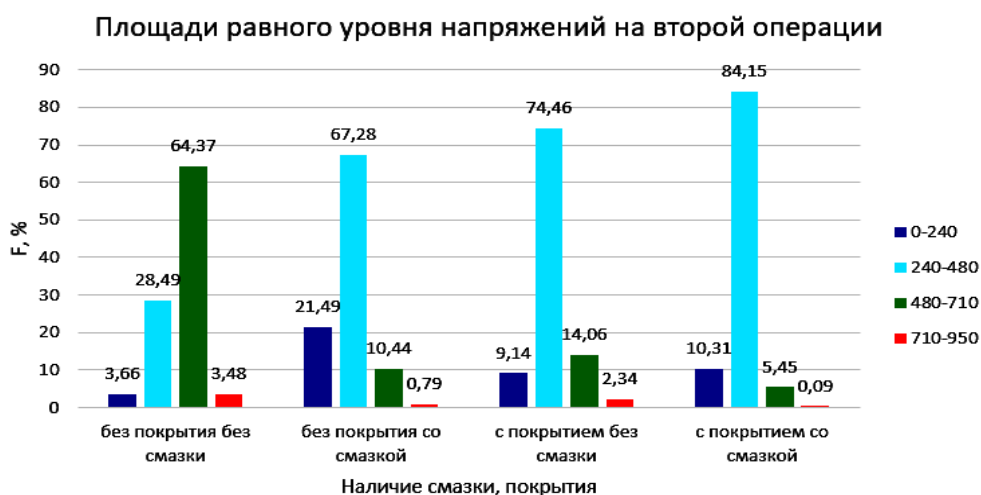


Рис. 5. Диаграмма площадей равного уровня напряжений на второй операции холодного деформирования

Таблица 1

Характеристика силового воздействия, учитывающая величину площадей
 равного уровня эквивалентных напряжений

№ зоны равного уровня (рис.2)	Виды реализованной системы контакта	σ_i , МПа	F_{i1} , мм ²	F_{i1} , %	F_{i2} , мм ²	F_{i2} , %
1	без покрытия, без смазки	0–240	226,4	14,52	57,0	3,66
2		240–480	1260,2	80,83	443,6	28,49
3		480–710	54,9	3,52	1002,2	64,37
4		710–950	15,5	0,10	54,2	3,48
1	без покрытия, со смазкой	0–240	633,4	40,63	334,6	21,49
2		240–480	866,2	55,56	1047,5	67,28
3		480–710	57,4	3,81	162,6	10,44
4		710–950	0	0	12,3	0,79
1	с покрытием, без смазки	0–240	331,2	21,38	142,3	9,14
2		240–480	1158,9	74,33	1159,3	74,46
3		480–710	66,3	4,25	218,9	14,06
4		710–950	0,6	0,04	36,5	2,34
1	с покрытием, со смазкой	0–240	1051,4	67,44	160,5	10,31
2		240–480	446,7	28,65	1310,2	84,15
3		480–710	58,9	3,91	84,9	5,45
4		710–950	0	0	1,4	0,09

Численные значения абсолютной величины площадей равного уровня напряжений на первой и второй операции представлены в таблице 1.

На рисунке 4 представлена диаграмма площадей равного уровня напряжений на первой операции.

На рисунке 5 представлена диаграмма площадей равного уровня напряжений на второй операции.

Таким образом, на первой операции использование покрытия и смазки способствует уменьшению площади зоны напряжения №2 (240–480) МПа (с 80,83% без покрытия, без смазки до 28,65% с покрытием, со смазкой) и увеличению площади зоны напряжения №1 (0–240) МПа (с 14,52% без покрытия, без смазки до 67,44% с покрытием, со смазкой). На второй операции использование покрытия и смазки способствует уменьшению площади зоны напряжения №3 (480–710) МПа (с 64,37% без покрытия, без смазки до 5,45% с покрытием, со смазкой) и увеличению площади зоны напряжения №2 (240–480) МПа (с 28,49% без покрытия, без смазки до 84,15% с покрытием со смазкой), что говорит об

общем снижении эквивалентного напряжения в инструменте, в результате использования модификации поверхности инструмента в виде использования износостойкого покрытия TiN.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Кокорин В. Н., Морозов О. И., Мишов Н. В. Анализ структурно-деформационных характеристик при локализованном пластическом сдвиге гетерофазных материалов на основе железа // Упрочняющие технологии и покрытия. 2023. Т. 19, № 4 (220). С. 164–169.

Информация об авторах

В. Н. Кокорин – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Материаловедение и обработка металлов давлением» Ульяновский государственный технический университет;

О. И. Морозов – старший преподаватель кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением», аспирант, Ульяновский государственный технический университет;

Н. В. Мишов – ассистент кафедры «Материаловедение и обработка металлов давлением»,

аспирант, Ульяновский государственный технический университет;

А. С. Корчакин – студент группы Омбд-41, машиностроительный факультет, Ульяновский государственный технический университет;

К. Д. Волков – студент группы Омбд-31, машиностроительный факультет, Ульяновский государственный технический университет;

И. Д. Соловьев – студент группы Омбд-31, машиностроительный факультет, Ульяновский государственный технический университет.

REFERENCES

1. Kokorin V. N., Morozov O. I., Mishov N. V. *Analiz strukturno-deformacionnyh karakteristik pri lokalizovannom plasticheskom sdvige geterofaznyh materialov na osnove zheleza* [Analysis of structural and deformation characteristics in localized plastic shear of heterophase materials based on iron]./ *Uprochnyayushchie tekhnologii i pokrytiya* [Hardening technologies and coatings]. 2023. Vol. 19, No. 4 (220), pp. 164–169.

Information about the authors

V. N. Kokorin – Doctor of Technical Sciences, Head of the Department «Materials Science and Metal Processing by Pressure» UISTU;

O.I. Morozov – Senior Lecturer of the Department of Materials Science and Metal Processing by Pressure, postgraduate student, Ulyanovsk State Technical University;

N. V. Mishov - Assistant of the Department «Materials Science and Metal Processing by Pressure», postgraduate student, Ulyanovsk State Technical University;

A. S. Korchakin – student of the group OMbd-41, Faculty of Mechanical Engineering, Ulyanovsk State Technical University;

K. D. Volkov – student of the OMbd-31 group, Faculty of Mechanical Engineering, Ulyanovsk State Technical University;

I. D. Soloviev – student of the OMbd-31 group, Faculty of Mechanical Engineering, Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 08.06.2023;

одобрена после рецензирования 13.06.2023;

принята к публикации 16.06.2023.

The article was submitted 08.06.2023;

approved after reviewing 13.06.2023;

accepted for publication 16.06.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья

УДК 656.7

Способы повышения пропускной способности аэропорта

Анатолий Викторович Лошаков¹

Александр Владимирович Сучков²

Станислав Владимирович Аверин³

¹Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

^{2,3}Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия.

¹*tolik-ul7385@yandex.ru*

Аннотация. Рассмотрены способы повышения пропускной способности, которые заключаются в грамотном моделировании, анализе и предсказании часов пик, а также необходимой вместимости аэропорта в тот или иной промежуток времени, учитывая совокупность различных факторов. Первое может помочь в адекватном распределении ресурсов терминала для повышения пропускной способности в конкретные временные промежутки. Второй предусматривает использование искусственного интеллекта для проведения предполётного досмотра и процедуры регистрации пассажиров на рейс.

Ключевые слова: пропускная способность, моделирование, анализ, часы пик, вместимость аэропорта, временные промежутки, искусственный интеллект, предполётный досмотр, регистрация, пассажир, рейс, лётные службы.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Analytical article

Ways to increase airport capacity

Anatoly V. Loshakov¹

Alexander V. Suchkov²

Stanislav V. Averin³

¹Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

^{2,3}Ulyanovsk Institute of Civil aviation named after Chief Marshal of aviation B. P. Bugaev

¹*tolik-ul7385@yandex.ru*

Abstract. The ways of increasing the capacity are considered, which consist in competent modeling, analysis and prediction of rush hours, as well as the required capacity of the airport in a given period of time, taking into account a combination of various factors. The first can help in the adequate allocation of terminal resources to increase throughput at specific time intervals. The second provides for the use of artificial intelligence for pre-flight inspection and the procedure for registering passengers for a flight.

Keywords: throughput, modeling, analysis, peak hours, airport capacity, time intervals, artificial intelligence, pre-flight inspection, check-in, passenger, flight, flight services.

Каждый аэропорт ограничен заявленной и действующей ёмкостью в единицу времени, почасовая пропускная способность определяется в

пиковых операциях, которые ставят эксплуатационные ограничения аэропорта в отношении взлётно-посадочной полосы, рулёмной дорожке, пассажирскому терминалу и мощности авиационного перрона.

В связи с этим перед властями и администрацией аэропортов всё более встаёт проблема

недостаточной пропускной способности аэропортов. Поэтому научному сообществу авиационной отрасли следует скооперироваться и приложить определённые усилия для решения этого вопроса. Необходимо выработать список конкретных действий и начинать их применение, пока не произошла ситуация, в которой аэропорты не смогут удовлетворять потребности пассажиров. Авиаперевозки являются быстрорастущей отраслью на региональном, национальном и глобальном уровнях. Этот рост создал локальное и глобальное влияние на экономические и социальные области. Растущий спрос на воздушные перевозки в настоящее время обуславливает нехватку пропускной способности аэропортовой инфраструктуры, что станет серьёзной проблемой в ближайшем будущем. Это особенно справедливо для зрелых рынков авиаперевозок в США, Европе и Азиатско-Тихоокеанском регионе, где пропускная способность аэропортов зависит от различных эксплуатационных характеристик, экономических и экологических ограничений. Эти ограничения начали препятствовать будущему росту спроса на авиаперевозки [1].

Нет общего определения для ограничения пропускной способности, так как каждый аэропорт ограничен по разным поводам. Эта часть работы исследует различные определения пропускной способности аэропорта, классифицирует их несколькими способами, исследует влияние авиакомпаний на определение пропускной способности аэропорта и предоставляет примеры того, как можно преодолеть эти ограничения [6].

В настоящее время существуют следующие категории ограничений пропускной способности: техническая вместимость – максимальная проходимость, количество рулёжных дорожек (РД), количество перронов и выходов на посадку, постройки терминала; допустимая вместимость, количество пиковых часов, уровень обслуживания в терминале; разрешённая вместимость – ограничения по уровню шума и по количеству выхлопных газов.

Однако все согласны с тем, что аэропорты по-разному ограничены разными типами пропускной способности. Можно классифицировать определения, рассматривая ограничивающий элемент (рис. 1), а затем разделить определения на техническую ёмкость, приемлемую ёмкость и разрешённую ёмкость.

1. Техническая вместимость определяется как максимальное количество воздушных судов или пассажиров, которые могут быть размещены в определённый период времени на территории аэропорта, когда есть постоянный спрос. На это

влияют физические ограничения доступной инфраструктуры, такие как показатель максимальной пропускной способности взлётно-посадочной полосы или максимальное количество пассажиров, которое может быть размещено на доступной территории терминала.

2. Допустимая вместимость – максимальное количество самолётов или пассажиров, которое можно разместить в определённый период времени, принимая во внимание максимально допустимое время задержки или время ожидания, затрачиваемое на прохождение предполётного досмотра. Это понятие определяется приемлемым уровнем обслуживания. Он относится к вылетающим пассажирам и рейсам, а также прибывающим: время ожидания в области получения багажа является ещё одним примером того, как уровни обслуживания определяют приемлемую ёмкость аэропорта.

3. Разрешённая вместимость определяется правилами и законодательством, которые призваны сбалансировать экономические противоречия и любые неприятности, которые могут быть вызваны у местных жителей из-за производства полётов. Так, например, в рамках реализации Программы по компенсации выбросов парниковых газов в ПАО «Аэрофлот» внедрён онлайн-калькулятор выбросов CO₂, разработанный в соответствии с передовыми практиками, применяемыми в авиационной отрасли, и согласно существующим методологиям ИКАО. В настоящее время размещённый на официальном сайте «Аэрофлота» онлайн-калькулятор выбросов CO₂ функционирует для ознакомления с уровнем выбросов парниковых газов выбранного рейса в расчёте на каждого пассажира. В будущем предполагается предоставить пассажирам возможность компенсировать свой углеродный след посредством добровольного пожертвования на поддержку экологических проектов, уменьшающих выбросы парниковых газов [1].

График вместимости (рис. 1) иллюстрирует категории ограничений. Он изображает наиболее существенные поведения ёмкости в целом: задержки или время ожидания, как правило, возрастают экспоненциально, если спрос увеличивается и ёмкость аэропорта становится недостаточной.

Пропускная способность аэропорта не определяется как явный феномен, а является определением, зависящим от множества точек соприкосновения. Определения различаются в зависимости от принятой точки зрения [2].

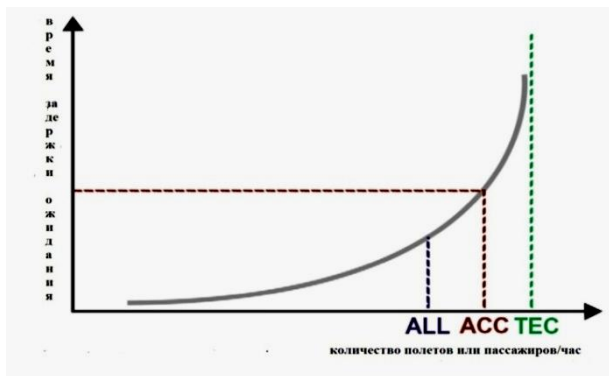


Рис. 1. График категорий вместимости:
ALL – разрешённая вместимость;
ACC – допустимая вместимость; TEC – техническая
вместимость

Техническая вместимость (ТЕС) достигается, когда нет дополнительных воздушных судов и / или пассажиры могут быть физически размещены на территории; это отмечено правой вертикальной пунктирной линией на графике вместимости. Приемлемая вместимость (ACC) ограничена приемлемым уровнем обслуживания пассажиров в час пик. Горизонтальная линия может быть, например, максимально приемлемым временем ожидания регистрации. Это ограничивает практическую пропускную способность по количеству пассажиров, что уменьшает количество полётов в час [3].

Наконец, если правительство определит, что нужно ограничить количество вылетающих самолётов по уровню шума, то разрешённая вместимость (ALL) наложит свой предел в виде левой вертикальной пунктирной линии. Таким образом, все зависимости от того, какими значениями будут обладать техническая и допустимая пропускные способности, будут всегда ограничены по нижнему пределу разрешённой пропускной способности, которая в свою очередь накладывает самые жёсткие ограничения на осуществление операционной деятельности аэровокзального предприятия.

Ещё один способ определения пропускной способности аэропорта – условия обслуживания пассажира в здании терминала во время перелёта. Ёмкость терминала объясняется по-разному: от максимальной пропускной способности до стандарта качества. По данным ИКАО это число пассажиров и тонн груза в течение определённого периода времени, которое может обрабатываться в здании терминала [4].

Терминальная ёмкость Международной ассоциацией воздушного транспорта (ИАТА) определяется уровнем обслуживания: функция от пре-

доставленного места на пассажира и максимального время ожидания [5].

Таким образом, пропускная способность терминала в основном определяется станциями обработки. Когда одна из станций становится слабым звеном в цепочке, несмотря на то, что другие станции могут обеспечивать приемлемый уровень обслуживания, пропускная способность снизится из-за одной станции.

После прохождения терминала пассажир прибывает к выходу на посадку: район аэропорта, обеспечивающий зону ожидания для пассажиров перед посадкой в самолёт. Максимальная пропускная способность одного выхода должна соответствовать типу и размерам самолёта на соответствующем месте перрона.

Перрон – это воздушная зона аэропорта, где размещается самолёт. Статическая вместимость перрона – это количество доступных стоянок или количество самолётов, которые могут занять перрон в любой момент. Динамическая мощность перрона – это количество самолётов в час, которое может быть размещено, учитывая интервал времени между последовательными занятиями перрона двумя разными самолётами. Мощность перрона становится ограниченной, когда количество и размер стоянок не соответствуют фактическому количеству и размерам самолётов. Очередь на рулёжной дорожке будет возникать, когда максимальная пропускная способность достигнута, эта очередь возникнет только в случае максимального часа пик [6].

Эта классификация может быть объединена с описанной ранее (техническая, допустимая и разрешённая вместимости). Каждый этап в процессе имеет свои технические возможности, а разрешённая мощность – это сумма всего процесса.

На рис. 2 представлены следующие объекты: терминал, выход на посадку, перрон, рулёжная дорожка, взлётно-посадочная полоса, окружающая среда.

Последний способ связать различные виды пропускной способности друг с другом – разделить их на три периода времени, которые описывают эксплуатационные ограничения аэропорта: годовая пропускная способность, сезонная пропускная способность и почасовая пропускная способность.

1. Годовая пропускная способность.

Аэропорты могут быть ограничены на ежегодной основе такими проблемами, как количество самолётов, шумовые помехи и качество воздуха. Например, аэропорт Схипхол (AMS) (Нидерланды) имеет теоретическую пропускную способность 630 000 самолётов в год, но

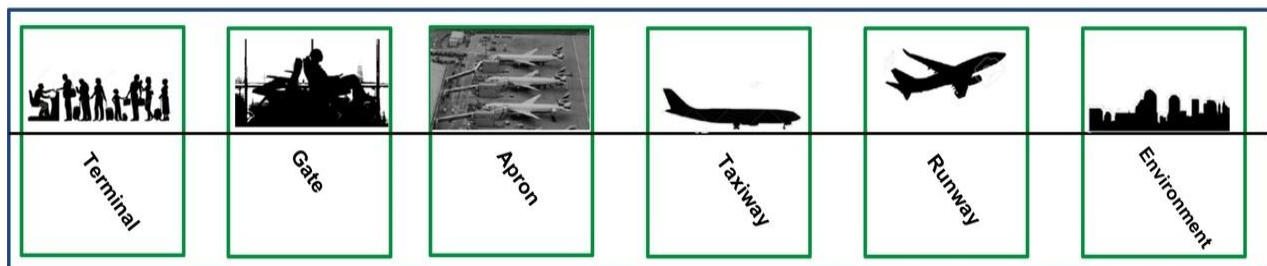


Рис. 2. Влияние различных этапов пассажирского путешествия друг на друга

фактически ограничен 500 000 самолётов в год. Примеры аэропортов с ограничениями по шуму и связанным с ними процедур понижения шума, а также с политикой, борьбой с загрязнением окружающей среды:

- Хитроу (Великобритания) (LHR), который применяет шумовые квоты в ночное время,
- Схипхол (AMS), который использует годовые планы по уровню шума [9].

Местное качество воздуха измеряется также ежегодно. Качество воздуха обычно определяется стандартами качества воздуха Европейской комиссии. Каждое Государство-член этого комитета совместно со своими аэропортами внимательно следит за качеством воздуха. Эта работа связана с определёнными квотами для менее экологичных ВС и экономическим стимулированием более чистых самолётов в аэропорту путём взимания различных сборов с разных типов самолётов [7].

2. Сезонная пропускная способность.

Этот тип пропускной способности имеет значение, если аэропорт испытывает сезонные концентрации трафика. Степень сезонной концентрации, вероятно, варьируется между аэропортами, но обычно она выше в меньшем аэропорте по сравнению с более крупным. Несколько факторов способствуют сезонной вместимости:

- страна происхождения пассажиров,
- структура трафика (внутренние или международные услуги),
- цель обслуживания аэропорта (например, аэропорты, которые обслуживают только районы для отдыха и курорты).

Аэропорт города Ибица (Испания) служит ключевым примером аэропорта, который испытывает сезонные колебания мощности. Пассажирский спрос сосредоточен летом, в месяцы с мая по октябрь, с пиком в августе. Эта концентрация спроса дополнительно подчёркивается тем фактом, что спрос на пассажирские перевозки в пиковый месяц август в 10,3 раза больше, чем в январе [8].

3. Часовая пропускная способность.

Итак, функционирование авиатранспортного рынка, организация управления аэропортом влияют на аспекты стратегического и тактического авиатранспортного маркетинга. Для решения проблемы перегруженности аэропорта в долгосрочной перспективе важно все различные сдерживающие элементы рассматривать как часть более крупной системы. Необходимо признать, что отдельные особенности различных ограничительных факторов влияют друг на друга и что решение одной части может переместить проблемы в другую. Обязательно рассматривать аэропорт комплексно и в целом и включать все заинтересованные стороны, чтобы определять наиболее подходящий и устойчивый способ смягчения перегруженности аэроузлов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Немчинов О. А. Авиационный маркетинг: экономическая эффективность функционирования: учебное пособие. Самара: Издательство Самарского университета, 2020. 96 с.
2. Gelhausen M. C., Berster P. & Wilken D. (2013). Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic? *Journal of Air Transport Management*, 28. pp. 3–13. doi:10.1016/j.jairtraman.2012.12.004 <http://ideas.repec.org/a/eee/jaitra/v28y2013icp3-13.html> (дата обращения: 30.05.2023).
3. Wilken D. (2014). Course: Airport Capacity and Slot Management. Cologne, Germany: DLR. http://www.aviationfacts.eu/uploads/thema/file_en/57cd346e7072f15bd000000/Airport_Capacity_final.pdf (дата обращения: 30.05.2023).
4. ICAO (2004). DOC 9626: Manual of the Regulation of International Air Transport. https://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/Provisionak_Doc_9626.pdf (дата обращения: 30.05.2023).
5. IATA (2014). New Level of Service Concepts. Retrieved from – https://www.iata.org/services/consulting/Documents/Level-of_Service_Assessment_Handout.pdf (дата обращения: 30.05.2023).

6. Бойко Н. С. Воздушное право: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство «Юрайт», 2023. 217 с. (Высшее образование) – Текст: электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/519906> (дата обращения: 30.05.2023).

7. Kuiper B., Visser H. & Heblj S. (2011). Efficient use of the noise budget at Schiphol airport through minimax optimization of runway allocations. (No.1). Virginia Beach, VA: AIAA Aviation. <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-use-of-the-Noise-Budget-at-Schiphol-of-Kuiper-Visser/cceba1f02fda27c70788345fc2c845c88b06e> (дата обращения: 30.05.2023).

8. European Commission. (2015). Air quality standards. Retrieved from: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm> (дата обращения: 30.05.2023).

9. Майоров Н. Н., Фетисов В. А., Гардюк А. Н. Технологии и методы моделирования пассажирских перевозок на воздушном транспорте. СПб.: ГУАП, 2014. 215 с.

Информация об авторах

А. В. Лошаков – кандидат исторических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и общенаучные дисциплины» Самолётостроительного факультета Ульяновского государственного технического университета;

А. В. Сучков – старший преподаватель, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

С. В. Аверин – старший преподаватель, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева.

REFERENCES

1. Nemchinov O. A. *Aviacionnyj marketing: ekonomicheskaya effektivnost' funkcionirovaniya: uchebnoe posobie* [Aviation marketing: economic efficiency of functioning: textbook]. Samara, *Izdatel'stvo Samarskogo universitetara* [University Press], 2020, 96 p.

2. Gelhausen M. C., Berster P. & Wilken D. (2013). Do airport capacity constraints have a serious impact on the future development of air traffic? *Journal of Air Transport Management*, 28, pp. 3–13. doi:10.1016/j.jairtraman. 2012.12.004 <http://ideas.repec.org/a/eee/jaitra/v28y2013icp3-13.html> (accessed: 30.05.2023).

3. Wilken D. (2014). *Course: Airport Capacity and Slot Management*. Cologne, Germany: DLR. http://www.aviationfacts.eu/uploads/thema/file_en/57cd346e7072f15bd000000/Airport_Capacity_final.pdf (accessed: 30.05.2023).

4. ICAO (2004). DOC 9626: Manual of the Regulation of International Air Transport. https://www/icao.int?Meetings?a39?Documents?Provisionak_Do c_9626.pdf (accessed: 30.05.2023).

5. IATA (2014). *New Level of Service Concepts*. Retrieved from – https://www.iata.org/services/consulting/Documents/Level-of_Service_Assessment_Handout.pdf. (accessed: 30.05.2023).

6. Boyko N. S. *Vozdushnoe pravo: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Air law: a textbook for universities]. Moscow: *Izdatel'stvo «YUrajt»* [«Yurayt» Publishing House], 2023. 217 p. (*Vysshee obrazovanie*) [(Higher education)] – Text: electronic // *Obrazovatel'naya platforma YUrajt* [Yurayt Educational platform] [website]. – URL: <https://urait.ru/bcode/519906> (accessed: 30.05.2023).

7. Kuiper B., Visser H. & Heblj S. (2011). Efficient use of the noise budget at Schiphol airport through minimax optimization of runway allocations. (No.1). Virginia Beach, VA: AIAA Aviation. <https://www.semanticscholar.org/paper/Efficient-use-of-the-Noise-Budget-at-Schiphol-of-Kuiper-Visser/cceba1f02fda27c70788345fc2c845c88b06e> (accessed: 30.05.2023).

8. European Commission. (2015). Air quality standards. Retrieved from: <http://ec.europa.eu/environment/air/quality/standards.htm>. (accessed: 30.05.2023).

9. Mayorov N. N., Fetisov V. A., Gardyuk A. N. *Tekhnologii i metody modelirovaniya passazhirskih perevozok na vozdushnom transporte* [Technologies and methods of modeling passenger transportation by air transport]. St. Petersburg, GUAP, 2014, 215 p.

Information about the authors

A. V. Loshakov – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department «Information Technologies and General Scientific Disciplines» of the Faculty of Aircraft Engineering of Ulyanovsk State Technical University;

A. V. Suchkov – senior lecturer of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

S. V. Averin – senior lecturer of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev.

Статья поступила в редакцию 29.04.2023;

одобрена после рецензирования 10.04.2023;

принята к публикации 11.06.2023.

The article was submitted 29.03.2023;

approved after reviewing 10.04.2023;

accepted for publication 11.06.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья

УДК 332.1

Развитие человеческого потенциала как индикатор качества жизни

Виталий Васильевич Кузнецов¹Евгений Александрович Качагин²Ирина Сергеевна Большухина³^{1,2} Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.³ Ульяновский филиал Российской Академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте РФ, Ульяновск, Россия.³ *isbolshuhina@yandex.ru*

Аннотация. Раскрываются основные тенденции изменения ключевых показателей развития человеческого потенциала, характеризующих качество жизни населения в странах мира. Приведены статистические показатели ожидаемой продолжительности жизни, уровня образования и денежных доходов населения в России и Ульяновской области. Отдельно рассмотрены вопросы соотношения роста доходов и расходов населения в Ульяновской области.

Ключевые слова: человеческий потенциал, качество жизни, индекс человеческого развития (ИЧР).

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Analytical article

Human potential development as an indicator of the quality of life

Vitaly V. Kuznetsov¹Evgeny A. Kachagin²Irina S. Bolshukhina³^{1,2} Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.³ Ulyanovsk Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Ulyanovsk, Russia.³ *isbolshuhina@yandex.ru*

Abstract. The article reveals the main trends in the key indicators of human development that characterize the quality of life of the population in the countries of the world. Statistical indicators of life expectancy, level of education and monetary income of the population in Russia and the Ulyanovsk region are given. Separately, the issues of the ratio of income growth and spending of the population in the Ulyanovsk region are considered.

Keywords: human potential, quality of life, human development index (HDI).

С 1990 года Организация Объединённых Наций (ООН) ежегодно публикует результаты ранжирования качества жизни в странах мира. Ранжирование стран ООН представляет по основным показателям: ожидаемая продолжительность жизни, уровень образования и покупательная способность населения.

В советское время основным термином, определяющим качество жизни, было «благосостояние народа». Следует отметить, что в конце 80-х годов прошлого столетия СССР по индексу развития человеческого потенциала находился среди высокоразвитых государств (в середине рейтинга). С началом реформ 90-х произошло резкое снижение всех макроэкономических показателей в России.

Основным теоретическим инструментом оценки уровня и качества жизни в настоящее

время в России используется индекс человеческого развития (ИЧР) (до 2013 года использовался показатель «индекс развития человеческого потенциала»), в основу которого положены также три элемента: средняя продолжительность предстоящей жизни, уровень образования и уровень среднедушевого дохода населения.

1) Продолжительность предстоящей жизни населения.

В 2018 году Президент России В.В. Путин сказал: «В последние годы темп роста средней продолжительности жизни в России – один из самых высоких в мире. Продолжительность жизни увеличилась более чем на семь лет и составляет 73 года. Сегодня мы обязаны поставить перед собой цель принципиально нового уровня. К концу следующего десятилетия Россия должна уверенно войти в клуб стран «80 плюс», где продолжительность предстоящей жизни превышает 80 лет. Это в том числе такие страны, как Япония, Франция, Германия».

Продолжительность предстоящей жизни населения Ульяновской области в 2020 году составила 71 год, в том числе: женщин – 76 лет и мужчин – 66 лет (таблица 1).

Из данных табл. 1 видно, что в регионе рождаемость снижается, а смертность в последние годы увеличивается.

«Я прошу Правительство, – указывает Президент в отчётном выступлении за 2022 год, – в начале следующего года подготовить специальный пакет мер, чтобы переломить эту тенденцию. Понимаю, что это непростая задача целого ряда обстоятельств, но нужно над этим работать, нужно изменить ситуацию к лучшему, обеспечить повышение рождаемости и рост продолжительности жизни в России»[1].

Так, было принято важное решение о ежемесячных выплатах семьям с детьми в возрасте от восьми до 17 лет. Это решение напрямую коснулось более пяти миллионов детей.

2) Уровень образования населения.

Безусловно, необходимо согласиться с высказыванием академика Э.Н. Дроздовского, что «Современный человек не может быть только рабочей силой, а должен быть тем центром, вокруг развития и потребностей которого должны создаваться планы и прогнозы» [2].

Уровень образования относится к факторам формирования качества рабочей силы, уровня его квалификации и культуры нации.

В табл. 2 показаны данные по уровню образования населения в России и в Ульяновской области в сравнении с Приволжским федеральным округом.

Происходящие реформы в экономике, политической жизни заметно ухудшили показатели общего образования как в России, так и в Ульяновской области. Произошло снижение численности населения, особенно в сельских районах, сократилось количество общеобразовательных школ и других социальных объектов (детских садов, медицинских учреждений, благоустроенных дорог и др.).

Сокращение численности работников товарно-производящих отраслей экономики привело к уменьшению числа студентов в вузах (табл. 3) и средних профессиональных учебных заведениях. Численность студентов, обучающихся по программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в регионе за последние 10 лет сократилась на 34,5%. Заметно уменьшилась численность обучающихся в вузах области за счёт бюджета.

Таблица 1

Основные демографические показатели Ульяновской области

Показатели	2005 г.	2012 г.	2015 г.	2020 г.
Родившихся, чел.	11995	14702	15005	10317
Умерших, чел.	22759	18135	18748	20717
Естественная убыль (–) населения, чел.	–1164	–3433	–3743	–10400
Миграционный прирост, чел.	–3100	–4174	–1185	–1030
Продолжительность предстоящей жизни, лет:				
оба пола	65,2	68,8	70,6	70,98
мужчины	58,6	62,6	64,7	65,9
женщины	72,6	75,0	76,4	75,9

Таблица 2

Уровень образования населения в 2020 году (на 1000 чел.) [3]

Наименование административно-территориального образования	Имеют образование							не имеют начального общего
	профессиональное				общее			
	высшее	неполное высшее	среднее	начальное	среднее полное	основное	начальное	
Российская Федерация	198	17	191	102	140	75	58	12
Приволжский федеральный округ	197	15	230	114	148	74	60	13
Ульяновская область	164	12	199	104	155	76	49	11

Таблица 3

Количество мест обучения в вузах Ульяновской области [4]

Наименование учебного заведения	Всего мест, в т. ч.		Бюджетная форма обучения		Внебюджетная форма обучения	
	2015 г.	2022 г.	2015 г.	2022 г.	2015 г.	2022 г.
Ульяновский гос. технический университет (УлГТУ)	4396	2609	1371	848	3025	1 761
Ульяновский государственный университет (УлГУ)	3607	2315	1290	932	2317	1 383
Ульяновский гос. педагогический университет (УлГПУ)	2558	1439	1113	999	1445	440
Ульяновский гос. аграрный университет (УлГАУ)	1531	1136	476	505	1055	631
Ульяновский институт гражданской авиации (УИ ГА)	848	941	485	542	363	399
Ульяновский филиал РАНХиГС	210	470	30	10	180	460

Таблица 4

Динамика денежных доходов и расходов населения РФ, млрд руб.

Показатели	1990 г.		2000 г.		2020 г.	
	млрд руб.	%	млрд руб.	%	млрд руб.	%
Доходы, всего, в т. ч.:	383,2	100	3984	100	63399	100
- оплата труда	292,7	76,4	2502	62,8	40837	64,4
- социальные выплаты	56	14,7	551	17,7	13614	21,5
- доходы от собственности, предпринимательской деятельности и прочие	34	8,9	271	6,2	3692	5,8
Расходы, всего, в т. ч.:	364,0	100	3984	100	63399	100
- покупка товаров и оплата услуг	288,3	79,2	3009	75,5	47939	75,6
- обязательные платежи и взносы	46,8	17,7	310	7,8	9696	15,3

В рамках федеральных программ развития системы образования в 2023–2024 гг. по всей стране планируется провести капитальный ремонт более 3000 школ.

3) Денежные доходы населения.

Важнейшим показателем, который характеризует состояние бюджетов семей и в значительной степени качества жизни населения, являются денежные доходы. Следует отметить, что ООН третьим пунктом, характеризующим ранжирование стран по качеству жизни человека, назвал «покупательную способность населения».

Рассмотрим подробнее денежные доходы и расходы бюджетов семей.

Из данных табл. 4 видно, что основным источником доходов населения является оплата труда. По России доля этого дохода снизилась с 76,4% в 1990 г. до 64,4% в 2020 г. Значительно

хуже обстоит ситуация в Ульяновской области (табл. 5).

Основной причиной различия уровня оплаты труда в области по сравнению с РФ является фактор резкого сокращения численности занятых, особенно в товаропроизводящих отраслях экономики (табл. 6).

В табл. 6 приводятся статистические показатели занятости населения за 30 лет в основных отраслях экономики Ульяновской области. Сокращение физических объемов производства в отраслях повлекло за собой «корректировку» структуры добавленной стоимости и численности занятых во всех отраслях товарного производства. «Ушли» за эти годы из промышленности Ульяновской области 141 тыс. чел., из строительства – 43,5 тыс., образования – 25,8 тыс. работников, из сельскохозяйственного производства – 73,6 тыс., ранее занятых в колхозах и совхозах.

Таблица 5

Динамика денежных доходов и расходов населения Ульяновской области, млн руб.

Показатели	1990 г.		2010 г.		2020 г.	
	млн руб.	%	млн руб.	%	млн руб.	%
Доходы, всего, в т. ч.:	3233,5	100	200738	100	361292,5	100
- оплата труда	2232,5	69,0	67779	33,8	199170,5	55,1
- социальные выплаты	577,3	17,9	48051	23,9	111994,8	31,0
- доходы от собственности, предпринимательской деятельности и прочие	н.д.	-	84908	42,3	50127,2	13,9
Расходы, всего, в т. ч.:	3163,5	100	200738	100	328152,9	100
- покупка товаров и оплата услуг	2536,2	80,2	135275	67,4	282116,5	86,6
- обязательные платежи и взносы	383,0	12,1	16478	8,2	44304,0	13,1

Таблица 6

Структура численности занятых по отраслям и видам экономической деятельности в Ульяновской области

Отрасли экономики и социальной сферы	Численность занятых, тыс. чел., в т.ч.:				в 2020 к 1990 году, %	Снижение в 2020 г. к 1990 г., тыс. чел.
	1990 г.	2000 г.	2011 г.	2020 г.		
Всего, в т. ч.	650,0	619,3	605,3	539,8	83,0	-110,2
Промышленность	256,4	178,0	160,4	115,0	44,9	-141,4
Сельское, лесное, рыбное хозяйство	112,1	98,0	83,0	38,5	34,3	-73,6
Строительство	82,8	38,0	35,0	39,3	47,5	-43,5
Образование	70,6	61,4	50,4	44,8	63,5	-25,8
ЖКХ	27,8	25,4	41,0	19,0	68,3	-8,8
Торговля	51,1	75	80,5	85,8	167,9	+34,7
Здравоохранение	35,8	42,6	43,4	37,6	105,0	+1,8
Транспорт и связь	45,2	40,9	42,3	46,6	103,1	+1,4

Из реального сектора экономики ушло более 250 тыс. работников, а это – интеллектуальный капитал, на подготовку к труду которого были затрачены ресурсы по всей образовательной цепочке. Статистика Ульяновской области показывает, что третья часть обратившихся в службу занятости имеет высшее образование. Если эти молодые люди не нашли работу сегодня, то как они смогут трудоустроиться, когда государство по пять лет увеличило пенсионный возраст работающих мужчин и женщин? Получается, что мы силой выталкиваем этих молодых людей из нашей области.

Следует отметить и то обстоятельство, что Россия значительно отстаёт по уровню оплаты труда учителям в школах и преподавателям в вузах: так, оплата труда педагогов выше, чем в России, – в Южной Корее, США (выше в 30 раз), Тунисе, Чехии, Турции и в ряде других стран (выше в 10 раз).

В табл. 7 приведены данные по соответствию должностных окладов отдельных образовательных организаций высшего образования ПФО установленным нормативно-правовым актом (НПА) размерам.

В 2022 г. в УлГТУ низкооплачиваемым категориям работников были увеличены оклады на 8%, а в марте 2023 дополнительно увеличены на 4%.

Безусловно, сокращение численности занятых не могло не сказаться на благополучии населения территорий. Показатель «Социальная удовлетворённость», который в регионе по сравнению со многими регионами России имеет отрицательное сальдо миграции, вызывает «утечку» населения из области. За период с 1992 на начало 2020 года население Ульяновской области сократилась с 1443,7 до 1229,8 тыс. чел.

С учётом этих обстоятельств, в соответствии с указанием Президента, в 2023 г. Правительство ставит приоритетной задачей увеличение минимального размера оплаты труда в субъектах Федерации для обеспечения заметного роста реальных заработной платы. К началу 2024 г. МРОТ должен составить более 16 тысяч рублей в месяц.

Оплата труда остаётся основным источником формирования денежных доходов населения. В условиях сокращения работников в товаропроизводящих отраслях экономики (табл. 5), «оплата труда», как основной источник бюджетов семей, постепенно теряет своё место, уступая малому бизнесу: на селе – новые собственники пашни, в городах – торговля, оказание услуг населению (в сферах образования, здравоохранения и обслуживания, транспортные услуги и др.).

Таблица 7

Соответствие должностных окладов отдельных образовательных организаций высшего образования ПФО* установленным НПА размерам

Образовательная организация высшего образования	Ассистент	Старший преподаватель	Доцент	Профессор	Заведующий кафедрой	Декан, директор	Специалист по УМР	Научный сотрудник
Ульяновский государственный педагогический университет								
Ульяновский государственный технический университет								
Ульяновский государственный университет								
Уфимский государственный нефтяной технический университет								
Чувашский государственный университет								
Казанский государственный энергетический университет								

*Примечание:

Ниже МРОТ	Ниже применяемого положения	Ниже индекса. применяемого положения	Выше индекса. применяемого положения
-----------	-----------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

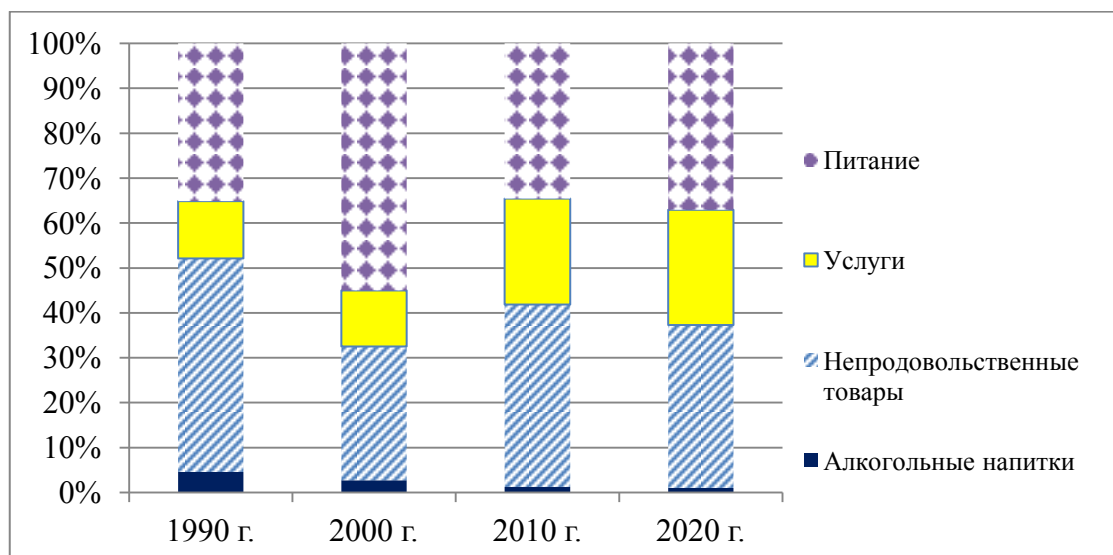


Рис. 1. Структура потребительских расходов домашних хозяйств, %
 (по материалам выборочного обследования бюджетов домашних хозяйств)

Таблица 8

Расходы на платные услуги на душу населения в Ульяновской области, руб. [5]

Показатели	1995 г.	2000 г.	2005 г.	2021 г.	Рост в 2021 г. к 1995 г., раз
Платные услуги – всего, в т. ч.	539	2329	10404	51212,6	95
жилищно-коммунальные	68	461	3512	19935,9	293
связи	32	237	2160	7250,6	227
образовательные	44	139	690	2956	67
физкультуры и спорта	1	7	13	484,2	484
медицинские	27	189	435	4585,9	170
санаторно-оздоровительные	26	114	250	578,3	22
правового характера	10	103	175	584,9	58

С 2000-х годов сохраняется тенденция по перераспределению потребительских расходов населения в пользу роста услуг с одновременным сокращением их удельного веса на покупку продуктов питания, и непродовольственные товары (рис. 1).

Разумеется, на такое резкое изменение существенно повлиял перевод многих услуг (в образовании, здравоохранении, ЖКХ и др.) на коммерческую основу. Доля отдельных платных услуг в структуре расходов бюджетов семей по Ульяновской области выросла за три десятилетия (1995-2021 гг.) почти в 3 раза. Важно отметить, какие услуги определили этот «скачок» и легли бременем на бюджеты населения.

В табл. 8 показана динамика некоторых ключевых расходов (почти все изменения связаны с реформами 1990-х гг.) [7]:

- жилищно-коммунальные услуги: включают расходы на капитальный ремонт приватизированных жилых помещений; кроме того, значительное место в них занимают расходы по выплате кредитов населения по приобретению жилья;

- расхода на медицину: создание десятков структур, предоставляющих населению все виды медицинских услуг на коммерческой основе, включая стоимость лекарств;

- расходы на образование: на внебюджетной основе созданы множество курсов по получению квалификации, включая программы высшего и среднего профессионального образования;

- с расширением использования мобильной связи и интернет выросли услуги на связь;

- санаторно-оздоровительные расходы: ранее значительная часть которых оплачивалась предприятиями-работодателями, но в связи с отменой специальных фондов в организациях произошли сокращения (вплоть до полной отмены) обеспечения работников жильём и социальная поддержка в виде социальных выплат (по коллективным договорам), в т. ч. и в части оздоровления работников.

Кроме услуг, показанных в таблице, не менее активно влияют на бюджеты семей следующие тенденции:

- систематический рост цен на все виды расходов, включая расходы на транспорт, продовольственные и непродовольственные товары и проч.;

- несогласованность в размерах оплаты труда работников и доходов собственников предприятий;

- изменение качества и структуры питания населения, вызванные сокращением сельскохозяйственного производства в условиях земельных реформ 1990-2000-х гг. и др.

В последние годы резко выросла сумма просроченных долгов населения, что в абсолютном выражении составляет 460 млрд рублей. В Ульяновской области, где долг на душу населения достигает 59 тыс. рублей, жители задолжали банкам почти четыре своих месячных дохода. Всё это – из тех же доходов населения! Срок возраста ипотечных кредитов банкам в Ульяновске может достигать 50 лет. На сегодня почти 31 тысяча семей, проживающих в Ульяновске и области, получили сертификат на материнский капитал, из них около девяти тысяч семей частично или полностью погасили материнским капиталом жилищные кредиты.

Подводя итог анализу отдельных показателей индекса человеческого развития (ИЧР), приведём

данные его динамики в России и Ульяновской области (табл. 9).

Если ИЧР находится в пределах 0,800 и выше, страна (регион) характеризуются очень высоким уровнем человеческого развития, к странам (регионам) с высоким уровнем развития относятся те территории, где ИЧР составляет от 0,700 до 0,799, со средним – от 0,550 до 0,699, а при величине ИЧР менее 0,550 территории относятся к категории низкого уровня человеческого развития.

В 2019 году значение ИЧР в России составило 0,870 по сравнению с 0,737 в среднем по миру. Россия заняла 52 место в рейтинге из 189 стран, попав в группу стран с «очень высоким уровнем человеческого развития». При этом Россия находится в нижней части группы стран с очень высоким развитием, и значение ИЧР заметно ниже, чем в среднем по группе (0,898). По некоторым показателям Россия отстаёт даже от среднего уровня по группе стран с «высоким уровнем человеческого развития». Например, ожидаемая продолжительная жизни при рождении в России составляет 72,6 лет при среднем значении 75,3 лет в группе стран с «высоким уровнем человеческого развития» и 79,6 лет в группе стран с «очень высоким уровнем человеческого развития».

В 2019 г. в двадцатку регионов РФ с наиболее высоким индексом человеческого развития вошли 2 субъекта Приволжского федерального округа: Республики Татарстан и Самарская область. Эти регионы индустриальные и многопрофильные, в них сочетаются отрасли экспортной экономики, в основном нефтяной и химической, с развитой пищевой промышленностью. Об уровне их развития свидетельствует и максимальное соотношение валового национального дохода (ВНД) на душу населения по паритету покупательной способности (ППС) в 2019 г. (0,895 и 0,839 в Республике Татарстан и Самарской области соответственно).

Таблица 9

Индекс человеческого развития в России и Ульяновской области [7]

Индекс	Российская Федерация			Ульяновская область		
	2001 г.	2011 г.	2019 г.	2001 г.	2011 г.	2019 г.
ИЧР, в т. ч.	0,769	0,854	0,870	0,740	0,830	0,839
Индекс дохода	0,716	0,904	0,857	0,633	0,829	0,773
Индекс долголетия	0,672	0,741	0,806	0,683	0,742	0,799
Индекс образования	0,919	0,910	0,952	0,903	0,918	0,955

Ульяновская область в рейтинге субъектов РФ 2019 года занимала 52 место. Наименьшее значение индекса соответствовало индексу дохода (0,773), сократившемуся с 2011 года на 0,056 пункта. Остальные индексы с 2001 года имеют положительную динамику, хотя индекс долготлетия в регионе (0,799) ниже среднероссийского значения (0,806).

В ходе рассмотрения вопросов развития человеческого потенциала как индикатора качества жизни нами были отмечены состояние ряда показателей, характеризующих их до включения в число Национальных Проектов развития России (май 2018 года) и фактическое состояние их по состоянию на начало 2023 года:

1) строительство автомагистралей, связующих Западные и Восточные регионы с выходом в Монголию и Китай с Россией, «Север – Юг» с выходом на международный коридор, связующих Россию со странами Ближнего Востока и с Индией;

2) укрепление технологического суверенитета и опережающий рост обрабатывающей промышленности, обеспечивающие построение экономики, обладающей полным производственным, кадровым и научным суверенитетом;

3) обеспечение финансового суверенитета страны;

4) создание новых рабочих мест;

5) строительство и ремонт инфраструктуры сетей, коммуникаций систем общественного транспорта;

6) обеспечение роста реальной заработной платы.

В качестве заключения следует привести высказывание В. Путина на заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам: «Мы продолжим развитие нашей страны, несмотря ни на какие внешние давления. Более того, мы обязательно станем сильнее, реализуем качественно новые проекты, выведем Россию на более высокий технологический уровень, обеспечим её экономический, финансовый, технологический и кадровый суверенитет» [1].

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Выступление В. Путина на заседании Совета по стратегическому развитию и национальным проектам от 15.12.2022 [электронный ресурс]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/70086>.

2. Дроздовский Э. Е. Некоторые принципы формирования региональных программ устойчивого развития. Ульяновск: УлГТУ, 1999.

3. Результаты Всероссийской переписи населения 2020 года [электронный ресурс]. – URL: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul

4. Портал «Поступи онлайн» [электронный ресурс]. – URL: <https://ulyanovsk.postupi.online/vuzi/>

5. Денежные доходы и расходы населения Ульяновской области за 1990, 1995, 1998–2001 годы: стат. сборник. Ульяновск, 2002. С. 30; Денежные доходы и расходы населения Ульяновской области в 2001–2005 годах: стат. сборник. Ульяновск, 2006. С. 34–35; [https://uln.gks.ru/storage/mediabank/Реализация платных услуг населению в 2021 году.html](https://uln.gks.ru/storage/mediabank/Реализация_платных_услуг_населению_в_2021_году.html)

6. Большухина И. С. Социальное партнёрство как механизм совершенствования системы социально-трудовых отношений. Ульяновск: УлГТУ, 2010.

7. Список субъектов Российской Федерации по индексу человеческого развития [электронный ресурс]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список субъектов Российской Федерации по индексу человеческого развития](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_субъектов_Российской_Федерации_по_индексу_человеческого_развития); Индекс человеческого развития в России: региональные различия: аналит. зап. Москва: Аналитический центр при Правительстве РФ, 2021.

Информация об авторах

В. В. Кузнецов – профессор кафедры «Экономика и менеджмент» Ульяновского государственного технического университета и по совместительству профессор кафедры «Экономика и государственное управление» Ульяновского филиала Российской Академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, доктор экономических наук, профессор. Область научных интересов – региональная экономика, экономика труда, демография.

Е. А. Качагин – заведующий кафедрой «Маркетинг» Ульяновского государственного технического университета, кандидат экономических наук, доцент. Область научных интересов – региональная экономика, экономика труда, маркетинг.

И. С. Большухина – доцент кафедры «Экономика и государственное управление» Ульяновского филиала Российской Академии народного хозяйства и государственной службы при

Президенте Российской Федерации, кандидат экономических наук, доцент. Область научных интересов – региональная экономика, налогообложение, экономика труда.

REFERENCES

1. *Vystuplenie V. Putina na zasedanii Soveta po strategicheskomu razvitiyu i nacional'nyh proektam ot 15.12.2022* [V. Putin's speech at the meeting of the Council for Strategic Development and National Projects dated] 12/15/2022 [electronic resource]. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/transcripts/70086>.

2. Drozdovsky E. E. *Nekotorye principy formirovaniya regional'nyh programm ustojchivogo razvitiya* [Some principles of formation of regional programs of sustainable development]. Ulyanovsk, UISTU, 1999.

3. *Rezultaty Vserossijskoj perepisi naseleniya 2020 goda* [Results of the All-Russian Population Census of 2020] [electronic resource]. – URL: https://rosstat.gov.ru/vpn_popul.

4. *Portal «Postupi onlajn»* [The portal «Act online»] [electronic resource]. – URL: <https://ulyanovsk.postupi.online/vuzi/>

5. *Denezhnye dohody i raskhody naseleniya Ul'yanovskoj oblasti za 1990, 1995, 1998–2001 gody: stat. sbornik* [Monetary incomes and expenditures of the population of the Ulyanovsk region for 1990, 1995, 1998–2001: stat. collection. Ulyanovsk, 2002. p. 30; *Denezhnye dohody i raskhody naseleniya Ul'yanovskoj oblasti v 2001–2005 godah: stat. sbornik* [Monetary incomes and expenditures of the population of the Ulyanovsk region in 2001–2005: stat. collection]. Ulyanovsk, 2006, pp. 34–35; [https://uln.gks.ru/storage/mediabank/Implementation of paid services to the population in 2021.html](https://uln.gks.ru/storage/mediabank/Implementation_of_paid_services_to_the_population_in_2021.html)

6. Bolshukhina I. S. *Social'noe partnerstvo kak mekhanizm sovershenstvovaniya sistemy social'no-trudovyh otnošenij* [Social partnership as a mechanism for improving the system of social and labor relations]. Ulyanovsk, UISTU, 2010.

7. *Spisok sub"ektov Rossijskoj Federacii po indeksu chelovecheskogo razvitiya* [List of subjects

of the Russian Federation on the Human Development index] [electronic resource]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Spisok_sub"ektov_Rossijskoj_Federacii_po_indeksu_chelovecheskogo_razvitiya](https://ru.wikipedia.org/wiki/Spisok_sub); *Indeks chelovecheskogo razvitiya v Rossii: regional'nye razlichiya: analit. zap.* [SPICE_SUBJECT_RUSSIAN_federation_index_human_Development; Index of human development in Russia: regional differences: analit. zap. Moscow: Analytical Center under the Government of the Russian Federation], 2021.

Information about the authors

V. V. Kuznetsov – Professor of the Department of Economics and Management of Ulyanovsk State Technical University and concurrently Professor of the Department of Economics and Public Administration of the Ulyanovsk Branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Doctor of Economics, Professor. Research interests – regional economics, labor economics, demography.

E. A. Kachagin – Head of the "Marketing" Department of Ulyanovsk State Technical University, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor. Research interests – regional economics, labor economics, marketing.

I. S. Bolshukhina – Associate Professor of the Department of Economics and Public Administration of the Ulyanovsk branch of the Russian Academy of National Economy and Public Administration under the President of the Russian Federation, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor. Research interests – regional economics, taxation, labor economics.

Статья поступила в редакцию 20.03.2023;

одобрена после рецензирования 30.03.2023;

принята к публикации 15.04.2023.

The article was submitted 20.03.2023;

approved after reviewing 30.03.2023;

accepted for publication 15.04.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья
УДК 339.133(470+571)

Снижение уровня потребительского спроса на рынках России

Светлана Владимировна Смоленская

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.
lana.smolenskaya@bk.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению потребительского спроса в качестве основополагающей категории рыночного хозяйства, а также его влияния на различные рыночные процессы

Ключевые слова: потребительский спрос, величина спроса, рыночная экономика, инфляционные ожидания, предпринимательская деятельность, отечественный рынок, приоритетные направления государственной политики, дефицит.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Analytical article

Decrease in the level of consumer demand in the Russian markets

Svetlana V. Smolenskaya

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.
lana.smolenskaya@bk.ru

Abstract. The article is devoted to the study of consumer demand as a fundamental category of market economy, as well as its impact on various market processes

Keywords: consumer demand, quantity of demand, market economy, inflation expectations, entrepreneurial activity, domestic market, priority directions of state policy, deficit.

Значение экономики в жизни каждого общества велико. В процессе функционирования экономики создаются и распределяются разнообразные блага. Чем выше уровень развития экономики, тем богаче страна и её граждане.

Одним из главных элементов рыночной экономики является спрос и предложение. Спрос – это форма выражения потребности или платёжеспособная потребность, т. е. сумма денег, которую покупатели могут заплатить за нужные им товары и услуги. Потребности переходят в спрос тогда, когда есть денежные средства для приобретения данного товара. Практика показывает, что средний потребитель имеет достаточно отчётливую систему предпочтений в отношении

товаров и услуг, предлагаемых на рынке, при этом учитывается стоимость товара. Если рассматривать спрос с позиций отдельного покупателя, то речь идёт об индивидуальном рыночном спросе, а если с позиции всех покупателей, присутствующих на данном рынке, то говорят об общем рыночном спросе. Величина спроса зависит от уровня цены, по которой продаётся товар. Чем выше цена, тем меньше число покупателей, которые захотят купить данный товар, то есть ниже уровня спроса. Если же цена ниже, то больше покупателей и больше количество покупаемого товара. Исключением из данного правила является случай, когда имеются инфляционные ожидания, когда покупатели ждут дальнейшего роста цен и стремятся имеющиеся деньги превратить в товары, в результате спрос возрастает.

Необходимым элементом рынка является предпринимательская деятельность. Термин «предприниматель» был введён французским экономистом Р. Кантиллоном (1680–1734 гг.) в начале XVII века. Предпринимательские способности (предприимчивость) – это набор качеств, умений, способностей человека, позволяющих предпринимателю находить и использовать лучшее сочетание факторов производства и идти на допустимый, оправданный риск [3]. В соответствии с Гражданским кодексом РФ (ст. 2) предпринимательская деятельность рассматривается как самостоятельная, осуществляемая на свой риск деятельность, направленная на систематическое получение прибыли от использования имущества, продажи товаров, выполнения работ или оказания услуг [1]. Каждому предпринимателю хочется снизить степень риска в сфере бизнеса.

В современных условиях вопросами организации и управления экономикой занимается класс предпринимателей. Всем им приходится решать такие общие проблемы экономического развития, как:

- что производить, какие товары и услуги, в каком количестве, качестве и ассортименте. Экономическое благополучие фирмы во многом определяется успешным решением этого вопроса. Для этого предпринимателю необходимы хорошие знания в области теории и практики маркетинга;

- как производить эти товары и услуги. А производить надо более эффективно, используя в экономике достижения науки и техники, новые методы и способы научной организации и управления производством и прочее;

- для кого производить товары, для каких покупателей.

Если предприниматель сумеет найти на рынке своих покупателей, изучить их запросы, потребности, доходы, то вся производимая продукция быстро дойдёт до потребителя. Это обеспечит получение хороших стабильных доходов.

В истории России можно выделить две основные тенденции развития платёжеспособного спроса 1980–2000-х гг.:

- в дореформенный период потребительский спрос характеризовался растущими потребностями общества, но ограничивался рыночным дефицитом;

- в период становления рыночной экономики (1990–2000 гг.) потребительский спрос был огра-

ничен в первую очередь платёжными возможностями населения на фоне расширенного рыночного предложения [2].

Сегодня ситуация на рынке несколько иная. Развивается рыночная конкуренция, наблюдается большое количество продавцов, предлагающих обществу различные виды экономических благ. На отечественном рынке не наблюдается дефицита, диктатура продавца отсутствует, а потребители свободно осуществляют своё право на выбор. В результате у населения возрождается чувство потребительской полноценности. Монополия государства соблюдается лишь в некоторых общественно значимых отраслях. Темпы инфляции в стране замедляются.

Существенную роль в развитии потребительского спроса сыграл Интернет – многие покупки, в том числе крупные, сегодня совершаются в режиме онлайн. Более того, товары сразу могут быть приобретены у зарубежных продавцов, которые обеспечивают доставку товара на территорию страны.

В то же время в последние годы наблюдается изменение вектора потребительских предпочтений. Некоторые отрасли характеризуются спадом (например, продовольственная отрасль). Согласно одним опросам – россияне сокращают покупки, согласно другим, наоборот, чаще ходят в магазины. Схожим образом ведёт себя и статистика.

Итак, реальная активность потребителей, а вместе с ней и потребительский спрос угасают. В условиях снижения качества продукции и санкций со стороны стран Запада расходы населения на приобретение потребительских товаров снижаются, а страна начинает переживать «кризис потребления».

Сегодня, как никогда, должны быть чётко определены приоритетные направления государственной политики по обеспечению развития «прогрессивного» потребительского спроса:

- денежно-кредитной (совершенствование системы потребительского и ипотечного кредитования, развитие института электронных денег);

- научно-технической (стимулирование НИ-ОКР, формирование открытого доступа к научным исследованиям);

- образовательной (внедрение практикоориентированного подхода, развитие технического образования, формирование компьютерно грамотного общества);

- инновационной (содействие развитию венчурного предпринимательства, совершенствование института интеллектуальной собственности);
- налоговой (внедрение прогрессивной шкалы налогообложения, уменьшение налогов для субъектов малого бизнеса в сфере производства инновационных товаров и услуг);
- социальной (развитие социальной защиты населения, повышение заработных плат работников бюджетной сферы).

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гражданский кодекс Российской Федерации (от 30.11.1994 №51-ФЗ). Статья 2. Отношения, регулируемые гражданским законодательством [электронный ресурс] Режим доступа – URL: <http://www.consultant/cons> (дата обращения: 30.01.2023).

2. Павлюшина В., Хейфец Е. Бюллетень о текущих тенденциях российской экономики. Потребительский спрос: региональные различия. – 2020, № 63. Электронный ресурс. – Режим доступа – URL: <https://as.gov.ru/uploads/2> (дата обращения: 29.03.2023).

3. Райсберг Б. А., Лозовский Л. Ш., Стародубцева Е. Б. Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: ИНФРА-М, 2006. 494 с.

Информация об авторе

Смоленская Светлана Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономическая теория» УлГТУ.

REFERENCES

1. *Grazhdanskij kodeks Rossijskoj Federacii ot 30.11.1994 №51-FZ. Stat'ya 2. Otnosheniya, reguliruemye grazhdanskim zakonodatel'stvom* [Civil Code of the Russian Federation No. 51-FZ dated 30.11.1994. Article 2. Relations regulated by civil legislation]. [Electronic resource] Access mode – URL: <http://www.consultant/cons> (accessed: 30.01.2023).

2. Pavlyushina V., Kheifets E. *Byulleten' o tekushchih tendenciyah rossijskoj ekonomiki. Potrebitel'skij spros: regional'nye razlichiya* [Bulletin on current trends in the Russian economy. Consumer demand: regional differences]. 2020, No. 63. [Electronic resource]. Access mode: <https://as.gov.ru/uploads/2> (accessed: 29.03.2023).

3. Raisberg B.A., Lozovsky L. Sh., Starodubtseva E. B. *Sovremennyj ekonomicheskij slovar'* [Modern Economic dictionary]. 5th ed., reprint. and add. Moscow, INFRA-M, 2006. 494 p.

Information about the authors

S. V. Smolenskaya – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of «Economic Theory» of UlSTU.

Статья поступила в редакцию 18.05.2023;
одобрена после рецензирования 30.05.2023;
принята к публикации 05.06.2023.

The article was submitted 18.05.2023;
approved after reviewing 30.05.2023;
accepted for publication 05.06.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Обзорная статья
УДК 338.2

Экономика России в условиях специальной военной операции

Алина Сергеевна Гладких¹

Ирина Александровна Филиппова²

^{1,2}Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

²*fia282@mail.ru*

Аннотация. Посвящена анализу и оценке экономической системы России в условиях специальной военной операции. Российская экономика столкнулась с огромным количеством мероприятий, направленных на изолирование страны от внешнего мира, в связи с этим главной задачей государства является поддержка российских производителей и обеспечение экономической безопасности страны.

Ключевые слова: специальная военная операция, санкции, меры поддержки, предприниматели, сырьё, экономическая система, экономика.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT
Review article

Russian economy in a special military operation

Alina S. Gladkikh¹

Irina A. Filippova²

^{1,2}Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

²*fia282@mail.ru*

Abstract. It is devoted to the analysis and evaluation of the economic system of Russia in the conditions of a special military operation. The Russian economy has faced a huge number of measures aimed at isolating the country from the outside world, in this connection, the main task of the state is to support Russian producers and ensure the economic security of the country.

Keywords: special military operation, sanctions, support measures, entrepreneurs, raw materials, economic system, economy.

Россия год назад начала вынужденно пере-
страивать свою экономическую систему в связи с
проведением специальной военной операции,
направленной на защиту граждан Донецкой и
Луганской Народных Республик. Многие меро-
приятия удалось подготовить заранее благодаря
проведённой работе по совершенствованию
экономической системы страны, начатой ещё в
2014 году. В частности, именно благодаря про-
грамме импортозамещения и действиям Цент-

ральногобанка России удалось сохранить мно-
гие производства в стране, а также работу пла-
тёжной системы. С начала специальной воен-
ной операции было введено против России в
общей сложности десять пакетов европейских
санкций. Данные действия были направлены на
подавление интересов и прав россиян, бизнесме-
нов и различных российских производителей.

Весь прошлый год страны Европейского сою-
за способствовали уничтожению российской
экономики, а также их главной целью было
изолирование страны от внешнего мира. Были

запрещены продажи России самолётов и запасных частей к ним, воспрепятствовалось страхование воздушных судов и передача их в лизинг, для российской авиации были закрыты полётные зоны над Европой, оказались под запретом поставки продукции двойного назначения, были заморожены резервы Банка России [1].

Также Европа запретила импорт российской сталелитейной продукции и экспорт в Россию «предметов роскоши», перекрыла возможности для любых сделок с некоторыми государственными предприятиями, связанными с оборонно-промышленным комплексом, запретила въезд на свою территорию грузовых машин из России и заход российских судов в свои порты, ввела запрет на импорт угля, калийных удобрений, цемента, а также на покупку российской нефти.

Важно отметить такую важную меру, которая была нацелена на изоляцию российской экономики странами Запада, как введение потолка цен на нефть и нефтепродукты. За нарушение данных санкций была предусмотрена ответственность.

Вслед за введёнными ограничениями на внутреннем рынке последовали инфляционный всплеск, валютная волатильность и полный пересмотр большей части компаний деловой активности и дальнейшей бизнес-стратегии. По данным мониторинга Российского союза промышленников и предпринимателей (РСПП), наиболее негативным фактором, ограничивающим деятельность российских компаний в 2022 году, стало ухудшение условий поставки сырья и комплектующих. Тем не менее, как отмечают в РСПП, появившиеся ограничения на поставку оборудования, комплектующих и технологий вынудили российские компании в срочном порядке или искать новых поставщиков, или самим заняться производством импортзамещающей продукции [1].

Обратимся к фактическим данным на декабрь 2022 года, из России «ушло» около 180 компаний, порядка 400 компаний прекратили свою деятельность или находятся в процессе остановки и выхода, около 700 компаний приостановили в том или ином виде работу и анализируют возможные шаги. Одновременно более 1,5 тыс. компаний сохраняют активность на российском рынке, и из них более 300 её даже увеличили [4].

Итак, почти 60% российских компаний в санкционных условиях нашли новых поставщиков сырья. Большая часть из них (68,6%) пере-

ключилась на российских производителей, а четверть из них стала закупать необходимое для своей предпринимательской деятельности сырьё преимущественно у новых зарубежных поставщиков из дружественных стран.

Заместитель министра экономического развития России Полина Крючкова, отвечающая за разработку макропрогноза, в интервью ТАСС, рассказала, что результаты по основным показателям экономической системы России прошлого года оказались довольно оптимистичными, несмотря на выставленные пакеты санкций. Данная ситуация была достигнута благодаря следующим мерам государства:

1) меры Центрального банка России, которые позволили остановить панику на финансовом и валютном рынках, не допустили кризиса наличности и обеспечили бесшовный переход платёжных систем [2];

2) адаптивные способности бизнеса – предприниматели перенастраивали производственные цепочки, систему поставок, рынки и ориентацию на внутреннее производство;

3) стабильная макроэкономическая ситуация и запас прочности, созданный в предыдущие годы в стране, в т. ч. правила Центробанка, которые позволили разумно подходить к денежно-кредитной политике [1].

ВВП России на фоне вышеперечисленных пакетов санкций и изменений экономической системы страны по итогам 2022 года снизился лишь на 2,1% [2]. Расходы домашних хозяйств снизились на 1,8% в постоянных ценах, а инвестиции в основной капитал выросли на 5,2%. Данный результат был получен за счёт: объёмов и добычи нефти, экспорта нефти, мерам, которые принимались государством по поддержке кредитования бизнеса, ипотеки и доходов населения через выплаты многодетным, пособий мобилизованным, повышение денежного довольствия, а также увеличения выпуска отраслей военно-промышленного комплекса. Все эти меры позволили избежать существенного падения доходов населения (рисунок 1).

По прогнозам Международного валютного фонда, ожиданий правительства и Банка России, в 2023 году экономика России может вернуться к росту по итогам года, однако есть и риски. Эмбарго на российский экспорт (в т. ч. нефти) и легальный импорт, а также контрсанкционные



Рис. 1. Динамика ВВП России [4]



Рис. 2. Вклад динамики выпуска отрасли в общий индекс промышленного производства России [4]

Платежный баланс

\$ млрд. Платежный баланс — это сальдо всех поступлений в страну из-за рубежа и оттоков за рубеж (по торговому счету и финансовому счету — доходы от зарубежных активов, выплаты по внешнему долгу и т.д.)

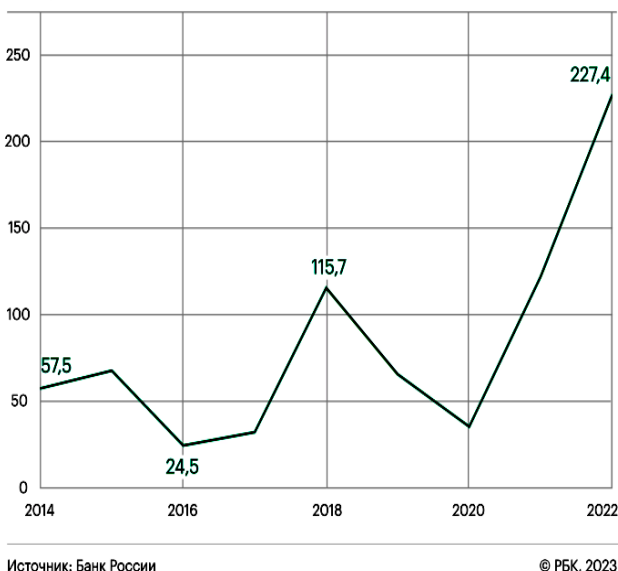


Рис. 3. Динамика платёжного баланса России [4]

Импорт отдельных стран из России

\$ млрд. Для ЕС официальные данные в евро пересчитаны в доллары по курсу на 9 февраля, для Японии — в иенах по курсу на 9 февраля.

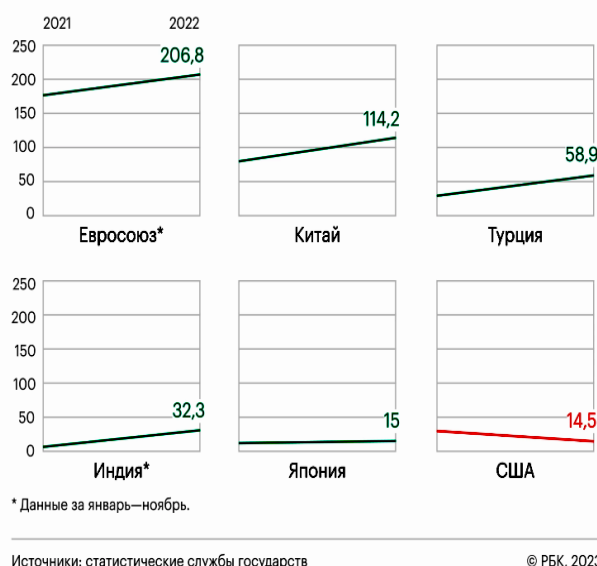


Рис. 4. Импорт отдельных стран из России [4]

меры в конце 2022 года привели к резкому сокращению профицита торгового баланса. К этому добавляется угроза вторичных санкций в отношении стран – источников параллельного импорта оборудования и инвестиционных товаров в Россию [3].

Индекс производства также стал показателем с негативной динамикой в 2022 году, которая, однако, оказалось лучше прежних ожиданий. Промышленный выпуск по итогам года снизился на 0,6%. Самые значительные отрицательные вклады в общепромышленный индекс внесли автотранспортная промышленность и отрасли, ориентированные на экспорт: химическое производство и лесная промышленность. Одновременно крупнейшими положительными вкладами в динамику индекса отметились: нефтегазовый сектор и производство готовых металлических изделий (рисунок 2) [3].

Также в 2022 году профицит платёжного баланса России установил рекорд – \$227 млрд. Это стало прямым следствием введённых против России санкций, которые, с одной стороны, сократили импорт в страну, а с другой – привели к резкому удорожанию нефти и нефтепродуктов в первой половине года и, соответственно, увеличению стоимостных объёмов экспорта. Сыграла свою роль и запрет на вывод резидентами недружественных стран своих инвестиций и доходов из России, введённый в ответ на заморозку международных резервов страны (рисунок 3) [3].

При этом России удалось эффективно перенаправить экспорт сырой нефти от Европы и США в страны Азии – прежде всего Индию, Китай и Турцию. Стоит отметить, что импорт России начинает активно восстанавливаться с лета 2022 года (рисунок 4) [3].

В целом, санкции, контрсанкции и бойкоты ряда западных поставщиков уже привели к фундаментальной перестройке российской внешней торговли. По оценке Минэкономразвития, доля недружественных стран в товарном экспорте России (по стоимости) сократилась до 35% по сравнению с 58% в начале 2022 года, а в общем товарообороте России их доля снизилась до 45%. Прямой экспорт из США в Россию в 2022 году уменьшился с \$6,4 млрд до \$1,7 млрд. Прямой экспорт из Евросоюза в Россию снизился с \$89,2 млрд до \$55,2 млрд. На этом фоне основным поставщиком товаров в Россию стал

Китай: его доля в российском импорте выросла с 25 до 34% [3, 4].

Таким образом, можно сделать следующий вывод – последствия санкций, направленных на падение экономической системы России и полное её изолирование от внешнего мира, тем не менее повлияли на многие сферы производства. Однако важно подчеркнуть эффективность принятых правительством страны мер поддержки экономики и, что самое главное, способность бизнеса выдерживать испытания и кризисные ситуации. Нынешние непростые условия компенсируются возвратом ресурсов в экономику страны, фокусом компаний на собственной капитализации.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новости в России и мире – ТАСС [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://tass.ru> (дата обращения: 18.05.2023);
2. Ежегодный отчёт Правительства РФ от 23.03.2023 «О результатах контрольной работы СП РФ» [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.government.ru> (дата обращения: 18.05.2023);
3. Официальный сайт РБК [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://www.rbc.ru> (дата обращения: 18.05.2023);
4. Статистические данные Росстат [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru> (дата обращения: 18.05.2023).

Информация об авторах:

А. С. Гладких – студентка четвёртого курса Ульяновского государственного технического университета инженерно-экономического факультета;

И. А. Филиппова – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Экономическая теория» УлГТУ.

REFERENCES

1. *Novosti v Rossii i mire* – TASS [News in Russia and the world – TASS] [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://tass.ru> (accessed: 18.05.2023).
2. *Ezhegodnyj otchet Pravitel'stva RF ot 23.03.2023 «O rezul'tatah kontrol'noj raboty SP RF»* [Annual report of the Government of the Russian

Federation dated 03/23/2023 «On the results of the control work of the Joint Venture of the Russian Federation»] [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.government.ru> (accessed: 18.05.2023).

3. *Oficial'nyj sajt RBK* [The official website of RBC] [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://www.rbc.ru> (accessed: 18.05.2023).

4. *Statisticheskie dannye Rosstat* [Statistical data of Rosstat] [Electronic resource]. Access mode: URL: <https://.rosstat.gov.ru> (accessed: 18.05.2023).

Information about the authors

A. S. Gladkikh – fourth-year student of the Ulyanovsk State Technical University of Engineering and Economics Faculty;

I. A. Filippova – Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of «Economic Theory» of UlSTU.

Статья поступила в редакцию 25.05.2023;

одобрена после рецензирования 31.05.2023;

принята к публикации 10.06.2023.

The article was submitted 25.05.2023;

approved after reviewing 31.05.2023;

accepted for publication 10.06.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья

УДК 656.7

ADM – как ключевая составляющая в процессе тренажёрной подготовки пилотов гражданской авиации

Наталья Семёновна Бойко¹

Татьяна Григорьевна Алексеева²

Екатерина Сергеевна Фёдорова³

Елена Владимировна Чёрненькая⁴

^{1,2,3}Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия.

⁴Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

Аннотация. Предпринята попытка раскрыть ADM (aeronautical decision making) как уникальную концепцию, которая широко используется в авиационной среде. ADM – системный подход к оценке управления риском и стрессом, так как именно общей чертой многих авиационных происшествий является неспособность пилотов принимать обоснованные решения.

Ключевые слова: ADM, авиационная среда, мыслительный процесс, пилот, системный подход, оценка управления риском, стресс, авиационные происшествия, полёт, безопасность полётов.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Analytical article

ADM as a key component in civil aviation pilot training

Natalia S. Boyko¹

Tatiana G. Alekseeva²

Ekaterina S. Fedorov³

Elena V. Chernenkaya⁴

^{1,2,3}Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia.

⁴Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

Abstract. The article attempts to reveal ADM (aeronautical decision making) as a unique concept that is widely used in the aviation environment. ADM is a systematic approach to risk and stress management assessment and it is a common feature of many air accidents that pilots are unable to make informed decisions.

Keywords: ADM, aviation environment, thought process, pilot, system approach, risk management assessment, stress, aviation accidents, flight, flight safety.

Общей чертой многих авиационных происшествий является неспособность пилотов принимать обоснованные решения. Это может быть

игнорирование известного риска, готовность продолжать полёт в условиях, не подходящих для пилота, или отсутствие информации для принятия правильного решения об этом полёте (например, неадекватная информация о погоде). Для того чтобы представить данную концепцию, нужно также понять, как личное отношение пи-

лота может повлиять на принятие решений, и как оно может быть изменено для повышения безопасности в кабине пилотов.

ADM – уникальная концепция, которая широко используется в уникальной авиационной среде, с одной стороны, это систематический подход к мыслительному процессу, используемый пилотами для последовательного определения наилучшего образа действий в ответ на данный набор обстоятельств, а с другой стороны, ADM – системный подход к оценке управления рисками и стрессом. Значимость изучения и понимания эффективности навыков ADM невозможно переоценить [1].

Анализ программ обучения полётам в ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева» показал, что в ходе выполнения

самостоятельных полётов курсант, находясь один в кабине на протяжении всего полёта, должен сам принимать решения (подготовка ведётся по специальности 25.05.05 – Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения, специализация 25.05.05_01 – Организация лётной работы) [2].

- Количество самостоятельных вылетов курсантов на первом уровне обучения равно 10.30 ч, а на втором – 44.40 ч (из них 21.50 ч в качестве 2-го пилота).
- Успех решения проблемы будет зависеть от его компетентности и обученности, таким образом, обучение навыку ADM является ключевой составляющей в процессе тренажёрной подготовки. Известно, общей чертой многих авиационных происшествий является неспособность пилотов принимать обоснованные решения.

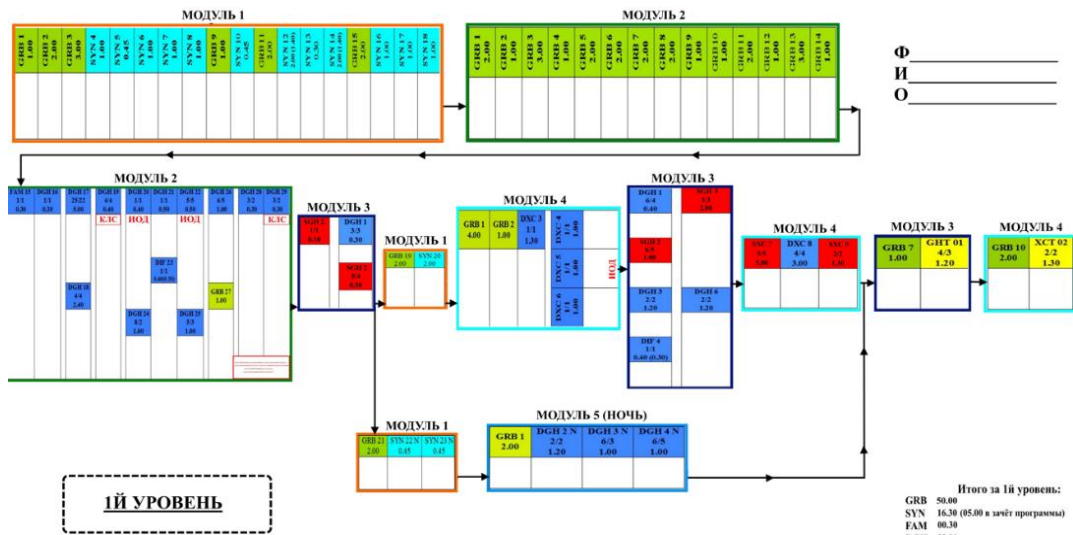


Рис. 1. Программа обучения 1-го уровня

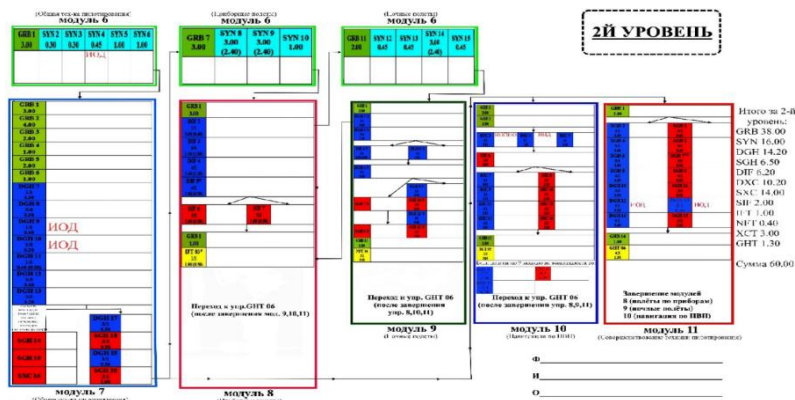


Рис. 2. Программа обучения 2-го уровня



- 1 Определение опасности
- 2 Оценивание рисков
- 3 Анализ элементов управления
- 4 Принятие решений
- 5 Использование управления
- 6 Контролирование результата

Рис. 3. Управление рисками

ADM (aeronautical decision making) – уникальная концепция, позволяющая пилотам заблаговременно не только оценивать, но и уменьшать риски [3]. Исследования в этой области побудили Федеральное управление гражданской авиации США (FAA) провести обучение, направленное на улучшение процесса принятия решений пилотами, и привели к принятию действующих правил FAA, которые требуют, чтобы процесс принятия решений изучался как часть учебной программы обучения пилотов[4].

Цель управления рисками – заблаговременное выявление опасностей и снижение связанных с ними рисков. Формальный процесс принятия решений по управлению рисками включает шесть шагов. Правильное принятие решения влияет на заблаговременную оценку риска[5].

Одним из способов управления рисками является заполнение анкеты по оцениванию рисков, которая включает в себя широкий спектр связанных с авиацией действий, характерных для пилота.

Анкетирование способствует оцениванию рисков, оно позволяет оценить качество: сна, самочувствия, текущей погоды, настрой на текущий день, время суток, качество и уровень подготовки пилота (курсанта) к полёту.

В итоге баллы суммируются, общий балл попадает в различные диапазоны, и пилот может оценить риск выполнения полёта. Но оценка риска – это только часть процесса принятия решения. После определения уровня риска необходимо его снизить, если он высок. Находить все возможные риски и применять все различные методы для их уменьшения путём применения карт контрольных проверок – одна из задач пилота при выполнении полёта.

Анализ программы обучения курсантов в ФГБОУ ВО «Ульяновский институт гражданской

авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева» выявил, что данная программа не направлена на обучения курсантов принятию решения. Учитывая уникальность концепции ADM, применяемой в авиационной среде и позволяющей подготовить пилота как к последовательному определению оптимального образа действий в ответ на данный набор обстоятельств, так и способствующей системному подходу к оценке управления риском и стрессом и её результативность, подтверждённую независимыми исследованиями FAA и GAJSC, в ходе которых курсанты/пилоты проходили подготовку в сочетании со стандартной учебной программой полётов.

В ходе анкетирования выяснилось, что пилоты, прошедшие ADM-подготовку, допустили меньше ошибок в полёте, чем те, кто не прошел обучение ADM. Различия были статистически значимыми и варьировались примерно от 10 до 50 процентов. Кроме этого, проводился эксперимент, где эксплуатант, налетавший около 400 000 часов в год, продемонстрировал снижение аварийности на 54%. Поэтому ряд национальных авиационных властей выступили с инициативами по разработке и внедрению SRM, где больший акцент будет делаться на использование процесса обучения FITS, для того чтобы пилот/курсант, находясь один в кабине, смог грамотно и своевременно принять решение на определённом этапе полёта. FITS подготовит пилота к принятию решений, необходимых в обычных, внештатных и аварийных ситуациях, и разовьёт умственные способности, необходимые для безопасного пилотирования [6, 7]. Данный подход может быть представлен различными способами:

А) Урок СBT «Single String – единственный выбор». Пилоту предоставляется сценарий полёта, где необходимо принять решение. Ситуации включают проблемы, связанные: с отказом

систем самолёта; необходимостью изменения планов полёта из-за неблагоприятных погодных условий, а также любые аварийные случаи. Когда пилот ответит на каждый набор вопросов, он получит мгновенную обратную связь по своему ответу. После того как решение будет оценено, сценарий продолжится по заданной схеме. В конце тренировки пилот будет оценён по точности данных ответов и исправлен до 100%.

Б) Урок СВТ «Multiple string – множественные выборы». Данный метод очень похож на предыдущий, единственное отличие состоит в том, что после того, как пилот принял решение на определённом этапе полёта, он сталкивается с новым набором проблем, основанным на предыдущем решении. Преимущества этого урока в том, что каждое решение является результатом решений, принятых ранее, поэтому пилот учиться оценивать и решать ситуацию исходя из множества факторов и комбинаций, как это бывает в реальных полётах.

В) Урок СВТ «Hypothetical Case Study – Гипотетическое исследование». Пилоту предлагается тематическое исследование, основанное на серии инцидентов, происшествий. После того как пилот ознакомится со сценарием, ему будет представлена серия подробных вопросов. Вопросы требуют от пилота принятия решения так, как если бы он или она были в этой ситуации. В качестве «сценариев» рекомендуется использовать опыт самостоятельных полётов курсантов, назовем их «личные истории курсантов».

Анализ существующей программы обучения курсантов к полётам: в неблагоприятных атмосферных условиях; с измененным планом маршрута; потерей радиосвязи в контролируемом воздушном пространстве; попаданием в зону ливневых осадков, обледенения; отказом ECU на взлёте; попаданием птицы в горизонтальном полёте; с низким уровнем напряжения генератора; незапланированным изменением маршрута и другие, не включённые в перечень отрабатываемых действий на тренажере. «В таких ситуациях понимаешь, что чем лучше ты подготовлен, знаешь большое количество комбинаций и пути выхода из них, тем выше вероятность того, что ты справишься с любой ситуацией и примешь верное решение...», – считают курсанты.

Таким образом, представляется, что необходимо усовершенствовать программу путём опроса курсантов, прошедших лётную подготовку для того, чтобы собрать наиболее полный список ситуаций, отклоняющихся от полётного плана, в которых они побывали, и на основе данной базы

создать сценарии для тренировочных занятий. Проблему снижения влияния человеческого фактора на безопасность полётов можно урегулировать также путём применения карт контрольных проверок.

Преимущество концепции ADM при первоначальном обучении заключается в том, что:

1. Постоянное использование карт контрольных проверок в полёте и до позволит увеличить безопасность полётов, что в итоге приведёт к уменьшению авиационных катастроф и инцидентов.

2. Регулярное применение карт способствует воспитанию таких качеств, как дисциплинированность и компетентность, что особенно важно при первоначальном обучении.

3. Выполняя все необходимые процедуры, экипаж снимает с себя эмоциональную напряжённость, связанную с возможным упущением определённых действий, и тем самым увеличивает свою продуктивность в работе[8].

Исследование показало, что в настоящее время в программе обучения пилотов отсутствует обучение курсантов способам принятия решения в ситуациях, отклоняющихся от полётного плана.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Ефремова Н. Е. Роль системного анализа в диагностике систем управления // Вестник Тульского филиала Финуниверситета. «Социально-экономическое развитие региона: теория и практика». Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. С. 122–126.

2. Подготовка ведётся по специальности 25.05.05 – Эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения, специализация 25.05.05_01 – Организация лётной работы. URL: <https://www.uvauga.ru/struktura/unr> (дата обращения: 10.12.2022).

3. Aeronautical Decision Making (ADM)/ URL: <https://www.faa.gov/newsroom/safety-briefing/aeronautical-decision-making-adm> (accessed: 10.12.2022).

4. Демин Г. А. Методы принятия управленческих решений [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г. А. Демин; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2019. 88 с. – URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/> (дата обращения: 10.12.2022).

5. Бойко Н. С. Воздушное право: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство «Юрайт», 2022. 217 с.

6. Нёльке М. Учимся принимать решения. Быстро, точно, правильно/пер. с нем. Москва: Омега-Л, 2006. 127 с.

7. Моргенштерн О., Нейман Дж. Фон. Теория игр и экономическое поведение. Москва: Книга по Требованию, 2012. 708 с.

8. Яресь О. Б. Методы принятия управленческих решений: учебное пособие. Владимир; Владимир. гос. ун-т, 2011.

Информация об авторах

Н. С. Бойко – кандидат юридических наук, доктор исторических наук, профессор кафедры летной эксплуатации и безопасности полётов Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

Т. Г. Алексеева – доцент кафедры лётной эксплуатации и безопасности полётов Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

Е. С. Фёдорова – старший преподаватель кафедры лётной эксплуатации и безопасности полётов Ульяновского института гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

Е. В. Чёренькая – кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и общенаучные дисциплины» Ульяновского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Efremova N. E. *Rol' sistemnogo analiza v diagnostike sistem upravleniya* [The role of system analysis in the diagnosis of control systems]. *Vestnik Tul'skogo filiala Finuniversiteta. «Social'no-ekonomicheskoe razvitie regiona: teoriya i praktika»* // [Bulletin of the Tula branch of the Financial University. «Socio-economic development of the region: theory and practice»]. Tula: Tula: Izd-vo TulGU [TulSU Publishing House], 2014, pp. 122–126.

2. *Podgotovka vedyotsya po special'nosti* [Training is conducted in the specialty] 25.05.05 – *Ekspluatatsiya vozdushnyh sudov i organizatsiya vozdushnogo dvizheniya, specializatsiya 25.05.05_01 – Organizatsiya letnoj raboty* [Aircraft operation and air traffic management, specialization 25.05.05_01 – Organization of flight work]. URL: <https://www.uvauga.ru/struktura/unr> (accessed: 10.12.2022).

3. Aeronautical Decision Making (ADM) URL: <https://www.faa.gov/newsroom/safety-briefing/aeronautical-decision-making-adm> (accessed: 10.12.2022).

4. Demin G. A. *Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij* [Methods of managerial decision-making] [Electronic resource]: *ucheb. posobie* [textbook. Manual] / G. A. Demin; Perm. gos. nac. issled.un-t. [Perm. state. National. research un-T]. Perm, 2019, 88 p. – URL: <http://www.psu.ru/files/docs/science/books/uchebnie-posobiya/> (accessed: 16.12.2022).

5. Boyko N. S. *Vozdushnoe pravo: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Air law: a textbook for universities]. Moscow, Izdatel'stvo «Yurajt» [Yurayt Publishing House], 2022. 217 p.

6. Nelke M. *Uchimysya prinimat' resheniya. Bystro, tochno, pravil'no* [Learning to make decisions. Quickly, accurately, correctly]. *per. s nem* [translated from German]. Moscow, Omega-L, 2006. 127 с.

7. Morgenstern O., Neiman J. Von. *Nejman Dzh. Fon. Teoriya igr i ekonomicheskoe povedenie* [Game theory and economic behavior]. Moscow, *Kniga po Trebovaniyu* [Book on Demand], 2012. 708 p.

8. Yares O.B. *Metody prinyatiya upravlencheskih reshenij: ucheb. posobie* [Methods of managerial decision-making: studies. Manual]. Vladimir, Vladimir. gos. un-t. 2011.

Information about the authors

N. S. Boyko – Candidate of Law, Doctor of History, Professor of the Department of Flight Operation and Flight Safety of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

T. G. Alekseeva – Associate Professor of the Department of Flight Operation and Flight Safety of the Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

E. S. Fedorova – Senior Lecturer, Department of Flight Operations and Flight Safety, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

E. V. Chernenkaya – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies and General Scientific Disciplines of Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 29.03.2023;
одобрена после рецензирования 28.04.2023;
принята к публикации 30.05.2023.
The article was submitted 29.03.2023;
approved after reviewing 28.04.2023;
accepted for publication 30.05.2023.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Обзорная статья
УДК 678.4:378

Особенности программы подготовки авиационных специалистов по оценке состояния безопасности и культуры безопасности

Наталья Семёновна Бойко¹
Евгений Васильевич Карсункин²
Анатолий Владимирович Рябинов³
Майя Владиславовна Тамьярова⁴

¹Ульяновский государственный педагогический университет им. И. Н. Ульянова, Ульяновск, Россия

^{2, 3}Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева, Ульяновск, Россия

⁴Институт авиационных технологий и управления Ульяновского государственного технического университета, Ульяновск, Россия

¹*nboyko2005@mail.ru*

⁴*stprepod@mail.ru*

Аннотация. Предпринята попытка исследовать особенности программы подготовки авиационных специалистов по оценке состояния безопасности и культуры безопасности и влияние человеческого фактора на безопасность полётов в области гражданской авиации.

Ключевые слова: индекс дистанции власти (ИДВ), безопасность полётов, процесс обучения, члены экипажа, авиационный персонал, производство полётов, человеческий фактор.

INFORMATION TECHNOLOGY

Review article

Features of aviation specialist training program for safety assessment and safety culture

Natalia S. Boyko¹
Evgeny V. Karsunkin²
Anatoly V. Ryabinov³
Maya V. Tamyarova⁴

¹Ulyanovsk State Pedagogical University named after I. N. Ulyanova, Ulyanovsk, Russia

^{2, 3}Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia

⁴Institute of Aviation Technologies and Management of Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹*nboyko2005@mail.ru*

⁴*stprepod@mail.ru*

Abstract. An attempt has been made to investigate the features of the training program for aviation specialists in assessing the state of safety and safety culture and the influence of the human factor on flight safety in the field of civil aviation

Keywords: power distance index, flight safety, training process, crew members, aviation personnel, flight production, human factor.

К данной теме преподаватели вузов, связанные с подготовкой пилотов, обращаются неоднократно, так как культура безопасности непосредственно влияет на состояние безопасности полётов.

Для своевременной и актуальной оценки состояния безопасности полётов, а также для внедрения улучшений в программы подготовки и нормативные документы, появилась острая необходимость в создании метода эффективной и должной оценки текущего состояния безопасности полётов. Для того чтобы выяснить, имеет ли какая-либо организация эффективную и находящуюся на должном уровне культуру безопасности или имеет определённое намеченное стремление к её достижению, можно применить модель Д. Ризона, которая и в настоящее время наиболее полно описывает и затрагивает текущее положение дел в области компетенции, обязательств и знания, и широко применяется в области гражданской авиации.

Как правило, авиационные происшествия имеют несколько причин, поэтому предвидеть их не всегда легко. Ещё труднее разглядеть сопутствующие факторы, которые влияют на «видение» организацией будущих проблем в области безопасности полётов. К ним относятся скрытие инцидентов из-за страха наказания; готовность идти на неоправданный риск; нежелание обмениваться информацией по причине взаимного недоверия и так далее [1].

Под понятием «человеческий фактор» понимается сложная совокупность психофизиологических особенностей, процессов и деталей, требующая детального и глубокого изучения, а также постоянного контроля и внимания с целью недопустимости развития катастрофической или опасной ситуации. Большую роль в формировании факторов опасности играют показатели типологии культурных измерений, выделенных теорией социолога Г. Хофстида. Одним из главных и доминантных показателей, описывающих культурные особенности социальных групп и различных народов, является индекс дистанции власти. Учитывая то, что индекс дистанции власти в совокупности с другими составляющими теории Г. Хофстида оказывает влияние на безопасность полётов, необходимо тщательно анали-

зировать особенности каждого человека или этнической группы для совершения эффективных и безопасных полётов [2].

Ключевым фактором в изучении влияния культурных особенностей, в частности, показателя индекса дистанции власти, на безопасность полётов является правильное применение этих знаний на практике для эффективного построения рабочего процесса и процесса обучения. Само по себе наличие членов экипажа или других лиц авиационного персонала с высоким и низким показателем индекса дистанции власти не является опасностью. Однако данный аспект должен тщательно учитываться на всех этапах подготовки и производства полётов [3].

Корректный анализ данных показателей возможен только при наличии должных знаний и приемлемого уровня осведомлённости о тех или иных особенностях. Поддержание должного уровня безопасности полётов напрямую связано с созданием и непрерывной доработкой программ подготовки авиационных специалистов с учётом особенностей каждой группы обучающихся, а также с осмысленным и безукоризненным выполнением нормативной документации и инструкций [4].

Примером влияния культурных и этнических аспектов различных народов является случай, возникший при поставке российских истребителей в ряд арабских стран. Данная ситуация демонстрирует ещё и то, что при учёте культурных особенностей тех или иных групп необходимо детально рассматривать все факторы, которые могут оказать влияние на использование авиационной техники. В данном случае так же показательно то, что для некоторых стран с высокими показателями ИДВ важно обращать внимание даже на незначительные особенности конструкции и эргономики летательных аппаратов. На военных и гражданских самолётах существует устойчивая практика оборудования кабины речевым информатором для предотвращения выхода воздушного судна на критические режимы полёта. Звуковая сигнализация предупреждает пилота от превышения скорости, углов атаки, перегрузки, а также при случайном снижении ниже безопасной высоты полёта и при приближении к земле [5].

Значительное количество международных и отечественных исследований доказали факт того, что в военной авиации женский голос информатора привлекает внимание сильнее мужского. Более того, лётчики неоднократно замечали, что в усложнённых условиях полёта женский голос воспринимается спокойнее и легче, а значит вывод самолёта в нормальный и безопасный режим полёта происходит значительно быстрее. При этом в военной авиации женский голос используется ещё и из соображений лучшей слышимости, поскольку кабина истребителей и бомбардировщиков уступает пассажирским самолётам в уровне звукоизоляции. Частотная характеристика и тембр женского голоса ярче выделяется на фоне монотонного и низкого шума двигателей. В настоящее время российские истребители комплектуются речевым информатором «РИТА», в который так же записан женский голос для выдачи команд экипажу. Однако при поставке отечественных военных самолётов за рубеж в арабские страны возникли существенные трудности с началом их эксплуатации [6]. При начале тренировочных полётов и использовании тренажёров, имитирующих кабину реального самолёта, арабские лётчики отметили непригодность системы речевого информирования «РИТА». Дело в том, что культурные особенности данных народов не предполагают выполнения мужчинами указаний и приказов женщин. В случае же с эксплуатацией самолёта пилоты были недовольны и незамедлительно обратились к российским специалистам с просьбой заменить женский голос на мужской. Экипажи военных лётчиков не смогли адекватно реагировать на речевые сообщения с женским голосом даже в штатных ситуациях и тренировках. В результате чего проблема разрешилась загрузкой нового ПО с мужским голосом. Данная ситуация послужила причиной существенных финансовых убытков из-за задержки поставок, однако не повлияла на безопасность полётов благодаря раннему обнаружению и устранению [6].

В связи с вышеизложенным представляется необходимым предложить ряд рекомендаций по составлению и совершенствованию программ подготовки авиационных специалистов. Само по себе то или иное значение индекса дистанции власти не несёт прямой опасности при выполне-

нии полёта или мероприятий по подготовке к его выполнению. Однако корректный и взвешенный подход к учёту культурологических особенностей личностей — членов экипажа играет большую роль в успешном выполнении задания на полёт. Фактором опасности в этом случае является именно неумение членов экипажа правильно определить и принять во внимание наличие культурных особенностей каждого члена экипажа или лица, вовлечённого в деятельность гражданской авиации и выполнение авиационных работ [7].

По мнениям экспертов, существует несколько причин, по которым авиационный персонал не может правильно скоординировать свои действия и подготовиться к тем или иным особенностям взаимодействия с третьими лицами. Вопросы правильного и эффективного взаимодействия косвенно связаны с множеством программ и аспектов подготовки авиационных специалистов. Острая необходимость правильных программ подготовки и управления рисками организационного характера, включая учёт культурных особенностей и аспектов поведения, неоднократно подчёркивалась Д. Ризоном (Джеймс Ризон (1938) – английский психолог, изучающий ошибки человеческой деятельности, нерешаемость проблемы человеческого фактора в авиации). Ризон является общепризнанным профессионалом в области авиационной психологии, а также автором множества теорий, научных трудов, в том числе и знаменитой модели «швейцарского сыра». Рассматривая управление рисками организационного характера, влияющими на состояние безопасности полётов, доктор Джеймс Ризон утверждает, что для корректного обеспечения безопасности авиакомпания жизненно важны три составляющих, которые относятся к деятельности руководителей и управленцев: компетенция, обязательства и знания [8].

В руководстве ИКАО по управлению безопасностью полётов (DOC 9859 AN-474, второе издание, пункт 2.8.5) отмечено, что «Наибольшее поле деятельности для создания и развития эффективной культуры для управления безопасностью полётов находится на организационном уровне [9].

Таким образом, организационная культура является краеугольным камнем для принятия решений руководством и сотрудниками.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Новосельский А. В. Культура безопасности полётов в государственной авиации: необходимая реальность // Мир науки, культуры, образования. 2014. №6(49). С. 217–219.
2. Пушных В. А., Струкова О. С. Деловая культура России: измерение по Г. Хофстиду // Менеджмент в России и за рубежом. Москва. 2014. №2. С. 71–78.
3. Пономаренко В. А. Психология жизни и труда лётчика. М.: Воениздат, 1992. 224 с.
4. Бойко Н. С. Воздушное право: учебное пособие для вузов. Москва: Издательство Юрайт. 2022. 217 с.
5. Hofstede G. H. *Cultures and organizations: software of the mind*. Mc Graw Hill. 2015. 279 p.
6. «Рита» подскажет: в Индии заинтересовались голосовым помощником пилота МиГ-35. Военное обозрение от 13.06.2020. <https://topwar.ru/172119-rita-podskazhet-v-indii-zainteresovalis-golosovym-pomoschnikom-pilota-mig-35.html> (дата обращения: 01.12.2022).
7. ICAO 9966. State of Global Aviation Safety Report 2019/ International Civil Aviation Organization. – Режим доступа: <https://cdn.aviation-safety.net/airlinesafety/industry/reports/ICAO-Safety-Report-2019.pdf>. – Загл. с экрана. (дата обращения: 01.12.2022).
8. Шерри Г. Насколько уязвим ваш ЦОД? Журнал ИКС №03-04.2015. <https://www.iksmedia.ru/articles/5204316-Naskolko-uyazvim-vash-CZOD.html> (дата обращения: 01.12.2022).
9. Руководство по управлению безопасностью полётов (РУБП). Изд 2-е, 2009. Дос 9859 ИКАО, С. 318. http://aerohelp.ru/sysfiles/374_294.pdf. (дата обращения: 01.12.2022).

Информация об авторах

Н. С. Бойко – кандидат юридических наук, доктор исторических наук, профессор кафедры права Ульяновского государственного педагогического университета им. И. Н. Ульянова;

А. В. Рябинов – старший преподаватель, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

Е. В. Карсункин – доцент, Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б. П. Бугаева;

М. В. Тамьярова – кандидат технических наук, декан самолётостроительного факультета института авиационных технологий и управления Ульяновского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Novoselsky A. V. *Kul'tura bezopasnosti polyotov v gosudarstvennoj aviacii: neobhodimaya real'nost'* [The culture of flight safety in state aviation: a necessary reality]. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya* [World of science, culture, education]. 2014, No.6(49), pp. 217–219.
2. Pushnykh V. A., Strukova O. S. *Delovaya kul'tura Rossii: izmerenie po G. Hofstidu* [Business culture of Russia: measurement by G. Hofstede]. *Menedzhment v Rossii i za rubezhom* [Management in Russia and abroad]. Moscow, 2014, No.2, pp. 71–78.
3. Ponomarenko V. A. *Psihologiya zhizni i truda lyotchika* [Psychology of life and work of a pilot]. Moscow, Voenizdat, 1992. 224 p.
4. Boyko N. S. *Vozdushnoe pravo: uchebnoe posobie dlya vuzov* [Air law: a textbook for universities]. Moscow, *Izdatel'stvo Yurajt*. [Yurayt Publishing House]. 2022, 217 p.
5. Hofstede G. H. *Cultures and organizations: software of the mind* [Cultures and organizations: software of the mind]. Mc Graw Hill. 2015, 279 p.
6. «Rita» podskazhet: v Indii zainteresovalis' golosovym pomoshchnikom pilota MiG-35. *Voennoe obozrenie ot 13.06.2020* [«Rita» will tell you: in India, they are interested in the voice assistant of the MiG-35 pilot. Military Review from 13.06.2020]. <http://topwar.ru/172119-rita-podskazhet-v-indii-zainteresovalis-golosovym-pomoschnikom-pilota-mig-35.html> (accessed: 01.12.2022).
7. ICAO 9966. State of Global Aviation Safety Report 2019/ International Civil Aviation Organization. – Access mode: <https://cdn.aviation-safety.net/airlinesafety/industry/reports/ICAO-Safety-Report-2019.pdf>. – Blank from the screen. (accessed: 01.12.2022).
8. Sherry G. Naskol'ko uyazvim vash COD?. *Zhurnal IKS* [How vulnerable is your data center?. X Magazine] No.03-04.2015. <https://www.iksmedia.ru/articles/5204316-Naskolko-uyazvim-vash-CZOD.html> (accessed: 01.12.2022).

9. *Rukovodstvo po upravleniyu bezopasno-st'yu polyotov (RUBP). Izd 2-e* [Safety Management Manual (RUBP). 2nd edition], 2009. ICAO Doc 9859, p. 318. http://aerohelp.ru/sysfiles / 374_294. pdf. (accessed: 01.12.2022).

Information about the authors

N. S. Boyko – Candidate of Law, Doctor of Historical Sciences, Professor of the Department of Law of the Ulyanovsk State Pedagogical University named after I. N. Ulyanova;

A. V. Ryabinov – Senior Lecturer, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

E. V. Karsunkin – Associate Professor, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation B. P. Bugaev;

M. V. Tamyarova – Candidate of Technical Sciences, Dean of the Aircraft Engineering Faculty of the Institute of Aviation Technologies and Management of Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 29.03.2023;

одобрена после рецензирования 10.04.2023;

принята к публикации 25.05.2023.

The article was submitted 29.03.2023;

approved after reviewing 10.04.2023;

accepted for publication 25.05.2023.



**Ульяновский государственный
технический университет**