

2

Апрель-июнь (98) 2022

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)

А. Ю. Большакова	4	ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ «Гори, звезда моя, не падай»: роль символа в деревенской и военной прозе XX в.
Г. М. Шигабетдинова А. В. Фёдорова	9	Скандал как способ привлечения зрительской аудитории к каналу YouTube
Д. В. Косенков В. В. Сагадеев	13	ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ Излучательная способность полуметаллов V периода периодической системы в широком температурном и спектральном интервалах
П. А. Вельмисов В. Н. Антипов А. И. Шингарова	18	Исследование динамической устойчивости балансировочного устройства
И. Ф. Дьяков В. И. Дьяков	22	МАШИНОСТРОЕНИЕ Используемые подвески транспортного сред- ства
В. Е. Шикина Ван Туан Чан Фам Тиен Мань С. К. Киселев	31	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ Информационная надёжность системы управления мобильным роботом
Т. Г. Старостина Е. В. Романенко	35	Искусственный интеллект в банковской сфере
Е. В. Дементьев С. В. Елягин В. И. Кутузов	38	Особенности разработки архитектуры многоцелевой сенсорной сети
О. В. Жилиев В. Н. Ковальногов	44	ПРИБОРОСТРОЕНИЕ Математическая модель инерционного рас- ходомера с учётом фактического профиля скоростей жидкости
В. Н. Шивринский	55	Измерение угла отклонения объекта от горизонтального положения

		ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ
Д. А. Лагунова А. Н. Никулин	59	Подходы к оценке энергопотенциала возобновляемых источников энергии на территории России
Д. А. Лагунова Е. В. Романенко	63	Оценка вероятности банкротства ПАО «Аэрофлот»
А. Н. Никулин И. И. Яхиев	66	Финансы банков и их деятельность на открытом рынке
Н. С. Бойко А. В. Лошаков	74	Прогнозирование показателей безопасности полётов с учётом внедрения управленческого решения на основе регрессионных моделей
И. А. Филиппова Т. А. Каримов П. Н. Томило	77	Последствия COVID-19 в экономике Ульяновской области

**Адрес издателя
и редакции:**

✉ 432027, Россия,
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).

Пятилетний импакт-фактор
РИНЦ – 0,205

Реферируется в ВИНТИ
РАН.

Отпечатано в ИПК

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

Подписано в печать
23.06.2022.

Дата выхода в свет
28.06.2022.

Формат 60×90/8.

Печать трафаретная.

Усл. печ. л. 10,00.

Тираж 30 экз.

Заказ 337. ЭИ № 1711.

Цена свободная.

CONTENTS

A. Yu. Bolshakova	4	HUMANITIES «Burn, my star, don't fall»: the role of a symbol in the village and military prose of the twentieth century.
G. M. Shigabetdinova A. V. Fedorova	9	Scandal as a way to attract the viewer audience to the YouTube channel
D. V. Kosenkov V. V. Sagadeev	13	NATURAL SCIENCES The emissivity of semimetals of the V period of the periodic system in a wide temperature and spectral range
P. A. Velmisov V. N. Antipov A. I. Shingarova	18	Investigation of the dynamic stability of the balancing device
I. F. Dyakov V. I. Dyakov	22	MACHINE-BUILDING Used vehicle suspensions tools
V. E. Shikina Van T. Chan Tien M. Pham S. K. Kiselev	31	INFORMATION TECHNOLOGIES Information reliability of mobile robot control system
T. G. Starostina E. V. Romanenko	35	Artificial intelligence in banking
V. E. Dementiev S. V. Elagin V. I. Kutuzov	38	Features of the multi-purpose sensor network architecture development
O. V. Zhilyaev V. N. Kovalnogov	44	INSTRUMENT ENGINEERING The mathematical model of inertia-based flowmeter considering actual velocity profile in liquid
V. N. Shivrinsky	55	Measuring the angle of deviation of an object from a horizontal position
D. A. Lagunova A. N. Nikulin	59	ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT Approaches to estimating the energy potential of renewable energy sources in the territory of Russia
D. A. Lagunova E. V. Romanenko	63	Assessment of the probability of bankruptcy of «Aeroflot»
A. N. Nikulin I. I. Yahiev	66	Finance of banks and their open market operations
N. S. Boyko A. V. Loshakov	74	Forecasting of flight safety indicators taking into account the implementation of a management solution based on regression models
I. A. Filippova T. A. Karimov P. N. Tomilo	77	Consequences of COVID-19 in the economy of the Ulyanovsk region

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 821.161.1.

«Гори, звезда моя, не падай»: роль символа в деревенской и военной прозе XX в.

Алла Юрьевна Большакова

Институт мировой литературы им. А. М. Горького (ИМЛИ РАН), Москва, Россия.

Аннотация. Посвящена символу звезды/звездопада, получающего разнообразные смыслы в прозе о мировой войне и определяющего диалог ведущих литературных направлений второй половины XX в.: деревенской и военной прозы. Данное положение рассматривается прежде всего на основе произведений В. Астафьева (в своём творчестве уникально соединяющего оба эти направления) и писателей военной темы.

Ключевые слова: деревенская проза, военная проза, образ-символ звезды/звездопада.

HUMANITIES
Scientific article

«Burn, my star, don't fall»: the role of a symbol in the village and military prose of the twentieth century.

Alla Yu. Bolshakova

Gorky Institute of World Literature (IMLI RAS) Moscow, Russia.

Abstract. It is dedicated to the symbol of the star / starfall, which receives a variety of meanings in prose about the World War and defines the dialogue of the leading literary trends of the second half of the twentieth century: village and military prose. This provision is considered primarily on the basis of the works of V. Astafyev (who uniquely combines both these directions in his work) and writers of the military theme.

Keywords: rustic prose, military prose, image-symbol of a star/starfall.

По сравнению с интерпретацией образа-символа звезды у большинства деревенщиков в традиционно поэтичном значении, он получает дополнительные смыслы в контексте военного опыта не только у таких представителей деревенской прозы, как В. Астафьев, но и в сугубо реалистической, казалось бы, прозе военной (у Ю. Бондарева, В. Некрасова, Э. Казакевича). Факт предпосылок к формированию символа в прозе о войне следует особо подчеркнуть. Можно предположить, что именно военный опыт, с точки зрения которого переосмысливал Астафьев жизнь свою и страны, дал дополнительные коннотации и распространённому поэтическому образу, возведя его до сложного символа с весьма неоднозначным историософским содержанием.

Ещё в первых послевоенных опытах русской литературы, у В. Некрасова в сугубо, кажется, реалистической повести «В окопах Сталинграда» (1946), возникают предпосылки символического письма, затем в полной мере воплощённого Астафьевым. Речь идёт о возрастании роли памяти, в субъективной сфере которой обычные, кажется, малые жизненные детали «вырастают во что-то большое, значительное, *вбирают в себя всю сущность происходящего, становятся как бы символом*» [1, 84] (Здесь и далее курсив в цитатах мой. – А. Б.).

В поэтике литературы второй половины XX в. о войне *образ звезды* обретает тройственное значение. Прежде всего это традиционно – высокое знамение, восходящее к эстетическому идеалу писателя. Свет звезды мерцает, освещая своим блеском путь любви, надежды на счастье, несмотря на военные обстоятельства и неурочное время для чувств нежных. Порою свет звез-

ды несёт судьбоносные смыслы, указывая путь герою, помогая ему выживать, сопутствуя на фронтовых дорогах. Однако в восприятии военного человека звезды имеют и эсхатологическую семантику, получая зловещую красоту в смертоносном огне взрывов, озаряя небо гибельным блеском, оттеняя холод вселенной и неизбежное одиночество человека на войне. Горящая на небе звезда для него – не обязательно природное явление. Это может быть огненный след ракеты или снаряда, своего или вражеского, но неизменно смертоносного.

И третье значение, свойственное русской литературе советского периода, спускает звезду на плечи военного или наградной лист, означая повышение в чине (дополнительную звёздочку на погонах), боевой Орден Красной Звезды за проявленную доблесть. Вспомним «шифровку» дяди Васи-Сороки в «Последнем поклоне» Астафьева, нарисовавшим в письме с фронта себя с большим погоном, на котором красовалась звёздочка. То был разгаданный лишь уже попавшим на войну рассказчиком, Витей Потылицыным, знак несбывшейся надежды: дядя-танкист мечтал стать командиром машины. Трагизм символики отражается в сцене встречи повествователя с умирающим дядей на фронте.

«Да знаем мы его, знаем, – уважительно протянул ефрейтор. – Я хоть недавно в танковой бригаде, и то слышал: «Сорока, Сорока...» На хорошем счету был. Его после Киева хотят... хотели, – поправился ефрейтор, – на офицера послать учиться... Значит, дядя Вася мечтал о военном чине – погон-то со звёздочкой с умыслом рисовал! Ну, тогда девки снопами бы валялись [2, V, 167].

Ещё в самой ранней (после) военной прозе, повести Э. Казакевича «Звезда» (1946), традиционное именование обретает сугубо военную функцию – это код, условный язык разведгруппы Травкина, проводящей одноимённую операцию против отборной танковой дивизии эсэсовцев. «Звезда» – их «позывные для далёкой «Земли»» своей дивизии [3, 49]. Диалог Звезды и Земли загадочен для непосвящённых: это «странные слова, полные таинственного значения», «таинственный межпланетный разговор» людей, чувствующих себя «затерянными в мировом пространстве» [3, 49–50]. Но «звезда» в семантике повести – и традиционный знак любви для радистки Кати, безуспешно в финале посылающей позывные погибшему Травкину. Одиночеству разлуки вторит, как затем у Астафьева, мотив падающей звезды: «И с ужасом Катя вдруг подумала, что, может быть, бесполезно её сидение здесь, у аппарата, и её беско-

нечные вызовы “Звезды”. “Звезда” закатилась и погасла» [3, 90].

В поэтике Астафьева спустившаяся на землю, закованная в металлические доспехи звезда – и скорбный символ на могиле погибшего за Отчизну воина, как в прологе его современной пасторали «Пастух и пастушка». Впрочем, символ, стёртый безжалостным временем, не пощадившим ни воина, ни его надежды и любовь. «Может, была когда-то на пирамидке *звёздочка*, но отопрела» [2, III, 7]. Скорбный мотив исчезновения – знака памяти с могилы погибшего – предваряет будущие утраты героя, потерявшего и волю к жизни, и женщину, которую полюбил. «Да и была ли ты, Люся? Была ли?!», – отделяется от мира и собственной памяти смертельно раненый войною лейтенант Костяев [2, III, 129].

В лирико-эпической миниатюре «*Звёзды и ёлочки*» из книги Астафьева «Затеси» автор-повествователь во время одной из поездок по Вологодчине видит «*звёздочки, прибитые к торцам углов сельских изб*» [2, VII, 58]. Не понимая поначалу смысла этого «украшения» и настраиваясь на весёлую праздничную волну, повествователь узнает от хозяйки дома скорбную суть символики в честь погибших. *Красный* цвет звёздочки траурно выделяется на *тёмном* избушном фоне, восстанавливая в ассоциативной сфере астафьевского читателя мотив Памяти. Здесь – вечной памяти о погибших в войну...

«*Изба пуста. Изба пуста...*» – билось у меня в голове, и я всё смотрел неотрывно – в деревенских улицах *мелькали красными пятнышками звёздочки на тёмных углах*, то единично, то россыпью, и вспоминались мне слова, вычитанные недавно в военных мемуарах о том, что в такую тяжкую войну, наверное, не осталось ни одной семьи в России, которая не потеряла бы кого-нибудь...» [2, VII, 58].

Может быть, траектория «возвышенного снижения» звёздного неба на (после) военную землю и проявилась в одном из смыслов именованья Астафьевым повести о войне и любви «Звездопад», знаменуя состояние человека между жизнью и смертью? Или – постоянное движение от жизни к смерти?

Однако – обо всём по порядку. Ведь в повести Астафьева о любви и войне картина звездопада, где только и проявляется этот символ, – финальная доминанта, знаменующая высокое и печальное торжество Памяти в её животворящем свете и восполнимых лишь ею утратах. Во всём остальном повествовании – о госпитальных буднях и драмах, о встрече и нарождающемся чувстве влюблённых, их недолгих встречах и вечной разлуке – звездопада как такового нет: только яркие и манящие звёзды на высоком небе мечты...

Свет звезды в мире Астафьева. В целом, в его прозе «звезда» появляется постоянно и во всех перечисленных значениях, притом в устойчивом взаимодействии с другими символами (световыми, цветовыми, звуковыми и пр.). Уже в раннем рассказе «Ария Каварадосси» (1955) одиночество и тоску солдата оттеняют вторящие его настроению пейзажные зарисовки, а также последующее исполнение знаменитой фронтовой песни «Тёмная ночь» и арии из оперы Пуччини «Тоска». Звёзды «тускло мерцают» в тёмной ночи русской песни. «Горели звёзды...» Опять звёзды!», – слышит рассказчик печальные звуки итальянской арии, взывающей до самой небесной выси [2, I, 206–207]. Вместе с пронзительно звучащей арией воина-смертника звезда разгорается всё ярче – как символ мечты о счастье, столь далёком, недостижимом!

Сходным образом в рассказе «Индия» (1965) – о девушке Саше, её мечте и разбивающей судьбу войне – «звезда» входит в символику русского идеализма в его высоком горении и несбыточных иллюзиях. Идеализм окрашивает в романтические тона даже низкое, бытовое – к примеру, пожарище на месте сгоревшего университета. В мотиве преображения его, через детское восприятие, в «тёмные, таинственные руины» возвращается символическое значение эпитета, на фоне которого возникает образ «вещи, до неузнаваемости преображённой огненной стихией» [2, III, 331].

Преддверие военной судьбы героини и русского идеализма – «звезда», обнаруженная в двух находках: «За время раскопок Саша нашла лишь одну пуговицу, которая немалыми стараниями была приведена в блестящий вид, и на ней обнаружилась звезда» [2, III, 332]. «Материализация» звезды, здесь входящей в состав военных знаков и символов, соотносится с инфернальной сферой девичьей грезы, переносимой её прочь от обыденности другой находкой. Она может быть и тривиальной оберткой, на которой для мечтательной девушки запечатлено... настоящее чудо и волшебство некоей другой жизни. В иное пространство и время: чудесную страну Индию на картинке с пальмами, тигром и волшебным принцем со звездой на чалме. Как и в «Звездопаде», звезда – символ мечты о сказочном и высоком чуде любви – разгорается по мере повествования, ослепительной вспышкой завершая историю любви и войны, жизни и смерти: «Голубыми глазами глядел на неё из сумрачного уголка симпатичный и родной до последней кровиночки принц в красивом плаще и жёлтой чалме, на которой ослепляюще-остро светилась алмазная звезда» [2, III, 339]. Умирание ге-

роини и её предсмертное видение чуда в таком символическом контексте осмысливается как уход в грезу, мечту о невозможном...

Звездопад. Есть в повести В. Некрасова «В окопах Сталинграда» (1946) момент, интертекстуально предваряющий повесть Астафьева «Звездопад» (1960–1972). И не только: по невольному совпадению предваряющие там изображение звездопада слова («Ночь тёмная-тёмная» [1, 148]) затем определяют название одной из глав книги Астафьева «Последний поклон». У Некрасова лейтенант Керженцев в ожидании разведчиков по привычке ищет на небе знакомые созвездия, размышляя о тайнах вселенной. Одновременно возникает необычное состояние души, которую картина звёздного неба уводит куда-то в бездны бессознательного, обычно не проявленного, скрытого за суетой будней. Но здесь такому состоянию способствует и напряжение на войне человека, остро чувствующего балансировку меж жизнью и смертью, быстротекущим и вечным:

«Мы стоим и смотрим, как мигают звёзды. Выползают откуда-то затерянные обычно в подвалах сознания мысли о бесконечности, космосе, о каких-то мирах, существовавших и погибших, но до сих пор подмигивающих нам из чёрного, беспредельного пространства. Звёзды гаснут, зажигаются. А мы ничего не знаем. И никто никогда не узнает, что в эту тёмную октябрьскую ночь умерла звезда, прожившая миллионы лет, или родилась новая, о которой тоже через миллионы лет узнают» [1, 149].

Здесь перед нами ещё не символическая картина, но – размышление героя-повествователя, связанное с образом звёздного неба. Образ этот затем только станет «переживаемым символом», наполнится не просто чувствами, но – жизнью и судьбой бывшего фронтовика, встретившего во время войны свою единственную любовь и неизменно тоскующего по ней. Яркое озарённое пронзительным светом Памяти небо будет означать – в процессе формирования символического письма – то высшее начало в жизни героя, что озарит для него серые впредь будни и не сложившуюся, верно, судьбу.

Впрочем, в повести Астафьева нет подобных сцен созерцания звёздного неба на месте боевых действий: герой показан лишь в госпитальной обстановке и затем на пересылке, то есть после и до фронта. Картина звездопада появляется лишь в светло-печальном финале, воссоздающем состояние героя в его жизни, последовавшей за историей первой любви и разлуки с любимой. Лишь в финале раскрывается суть и смысл именованная «Звездопад», как это принято у Астафьева, соединяя начало и конец повествования о первой любви – кольцом вечности.

«В яркие ночи, когда по небу хлещет *сплошной звездопад*, я люблю бывать один в лесу, смотрю, как *звёзды вспыхивают, кроют, высвечивают небо и улетают куда-то*. Говорят, что многие из них давно погасли, погасли ещё задолго до того, как мы родились, но свет их всё ещё идёт к нам, всё ещё сияет нам» [2, II, 258].

Это соединение пролога и эпилога, окольцовывающих основное повествование о любви и войне можно сравнить с тем же повествовательным приёмом в «Пастухе и пастушке».

Что же означает мотив *падения звезды*? Какими добавочными смыслами наполняется символ, преображая первичный (в истории любви Мишки и Лиды) образ звезды, актуализируя заданную названием вторую часть слова: «звездопад»? Прежде всего резко обозначается заданная прологом, (отметим в нём такую фразу: «Я *родился* при свете лампы в деревенской бане. Об этом мне рассказала бабушка. Любовь моя *родилась* при свете лампы в госпитале» [2, II, 183]) связь человека с рождением и далее – со смертью: мотив окончательности преодолевается в финале утверждением Памяти как вечной, непреходящей ценности. Восстанавливается первичное значение «звезды» как света, противодействующего разрушительному хаосу, мраку, безверию. (*Звезда́*. Общеслав. Буквально – *то, что светится, светило* – ср. др.-прус. *svāigstan* вин. п. ед. ч. – «сияние, свет, блеск», др.-осет. *zvestæ* «серебро» и др.). Здесь – света любви, счастье которой озаряет всю жизнь, даже если в реальности любовь не сбылась. Даже если... В этой точке самоуверений героя-рассказчика: «Но ведь тому, кто любил и был любим, счастьем есть и сама память о любви...» [2, II, 258], финальный символ вступает в противоречие с, казалось бы, вполне убедительной в своей умозрительности позицией.

В действие вступает с древности заложенное в этом образе-символе противоречие между высокими поэтическими представлениями и – реальностью. Как утверждалось в «Поэтических воззрениях славян на природу»: «Ночные светила: месяц и звезды, как обитатели небесного свода и представителя священной для язычника светоносной стихии, были почитаемы в особенных божественных образах» [4, I, 72]. Согласно древним верованиям, звезда – символ души: каждый человек имеет свою звезду (интуитивно об этом «вспоминает» Лида в давнем военном прошлом), которая загорается в момент рождения человека, а после смерти падает.

Таким образом, «смерть уподобляется *падающей звезде*, которая, теряясь в воздушных пространствах,

как бы *погасает*... Падающая звезда до сих пор почитается в народе знаком чьей-то смерти в селе: потому, увидя падение звезды, обыкновенно говорят: “кто-то умер!” или: “чья-то душа покати́лась!”» [5, 255].

Подобные ассоциации, входя в противоборство с финальной трактовкой «звездопада», проявляются, однако, ещё в её начале повести, когда герой-рассказчик описывает своё состояние между жизнью и смертью под операционным наркозом. Состояние, сходное с падением души-звёздочки в тёмном небе и её постепенным угасанием:

«Но неведомая сила внезапно вздымет тебя с операционного стола и бросит куда-то в бесконечную темноту, и летишь в глубь её, как *звёздочка в осеннюю ночь*. Летишь и видишь, как *гаснешь*».

И всё.

Ты уже во власти и воле людей, но для себя ты тоже не существуешь.

Я почему-то думаю – *так вот умирают люди*» [2, II, 184].

В таком контексте всё последующее повествование о случившейся любви, но утраченном счастье направлено на противодействие мотиву бессильного умирания и зависимости человека от власти и воли других людей. Оказывается, сохранить «звезду пленительного счастья» возможно в душе, памяти – наперекор разрушительным обстоятельствам. Здесь возникает, быть может, и связь с ещё одним старинным верованием, согласно которому падение звезды обладает позитивной магической силой: если в тот миг другой человек загадает желание, то оно обязательно сбудется. Люди, «завидев падающую звезду, творят молитву, будучи убеждены, что всякое желание, высказанное в то короткое время, пока звезда катится, непременно исполнится» [4, I, 73]. Оттого и вспоминаются герою в финале пушкинские строки, которые пронесёт Астафьев через всё своё творчество, вплоть до последних дней: «*Печаль моя светла...*»

Итак, «звездопад» – явление, издавна привлекавшее поэтическое внимание и многообразно толковавшееся им, обрастая легендами, версиями, иллюзиями, – в повести писателя XX в. становится и сферой преодоления (связанной с ним издревле) идеи смерти. В символическом расширении до масштабов вечности, космоса, вселенной, падение звёзд лишено окончательности, ведь «свет их всё ещё идёт к нам, всё ещё сияет нам» [2, II, 258]. Однако само по себе воссоздание символа в его возрожденческой силе относится к иллюзорной оболочке, ещё в поэтических воззрениях древних славян окутывавшей «звезду»/«звездопад». Ведь на самом деле, как

известно, падают столь красиво на небе вовсе не звёзды, а лишь камни-метеоры, эффектно пересекающие земную атмосферу. Звездопад как таковой не существует на самом деле, он есть, благодаря нашему восприятию, лишь иллюзия его. Это лишь факт памяти астафьевского героя, навсегда потерявшего свою любовь и счастье в (после) военной реальности. Вспомним оживающий в сцене окончательного расставания героев, когда Мишка попадает на пересылку, мотив смерти из начала повести: « – Убили кого-нибудь? – спросил меня из темноты тот, что давал докурить. – Убили...» [2, II, 257]. Так символ в его поэтической сущности вступает в противоборство с исторической реальностью, но побеждает ли?

Ясно одно: «звездопад» в трактовке русских писателей изображён как некий символ, знаменующий непобедимую сущность лучшей человеческой природы. То, без чего человек не может существовать: что способно хоть в какой-то мере заменить ему отобранные жестокой явью счастье, любовь, надежду.

И сердце вновь горит и любит – оттого,
Что не любить оно не может...

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Некрасов В. В окопах Сталинграда. М.: Художественная литература, 1990.
2. Астафьев В. П. Собрание сочинений: В 15 т. Красноярск: Офсет, 1997–1998.
3. Казакевич Э. Звезда. М.: Художественная литература, 1975.
4. Афанасьев А. Н. Поэтические воззрения славян на природу: В 3 т. М.: Индрик, 1994.
5. Афанасьев А. Н. Происхождение мифа: Статьи по фольклору, этнографии и мифологии. М.: Индрик, 1996.

Информация об авторе

А. Ю. Большакова – доктор филологических наук, ведущий научный сотрудник Института мировой литературы им. А. М. Горького (ИМЛИ РАН). Автор более 500 статей и 11 монографий, посвящённых проблемам русской литературы и культуры, теории литературы, творчеству современных отечественных писателей. Главный редактор собрания сочинений В. В. Личутина в 15-ти томах. Постоянный участник Международных конференций, которые прово-

дятся в УлГТУ под эгидой Международного открытого сообщества «Русская словесность: духовно-культурные контексты» (А. Ю. Большакова – сопредседатель этой ассоциации литературоведов, философов, культурологов, созданной в 2005 г. на базе гуманитарного факультета УлГТУ), постоянный автор «Вестника УлГТУ».

REFERENCES

1. Nekrasov V. V *okopah Stalingrada* [In the trenches of Stalingrad]. Moscow, *Hudozhestvennaya literatura* [Fiction], 1990.
2. Astafyev V. P. *Sobranie sochinenij: V 15 t.* [Collected works: In 15 vols]. Krasnoyarsk, Offset, 1997–1998.
3. Kazakevich E. *Zvezda* [Zvezda]. Moscow, *Hudozhestvennaya literatura*[Fiction], 1975.
4. Afanasyev A. N. *Poeticheskie vozzreniya slavyan na prirodu: V 3 t* [Poetic views of the Slavs on nature: In 3 volumes]. Moscow, Indrik, 1994.
5. Afanasyev A. N. *Proiskhozhdenie mifa: Stat'i po fol'kloru, etnografii i mifologii.* [The Origin of the myth: Articles on folklore, ethnography and mythology]. Moscow, Indrik, 1996.

Information about the author

A. Yu. Bolshakova – Doctor of Philology, Leading researcher at the Gorky institute of world literature (IMLI RAS). Author of more than 500 articles and 11 monographs devoted to the problems of Russian literature and culture, literary theory, and the work of modern Russian writers. Editor-in-chief of the collected works of V. V. Lichutin in 15 volumes. A permanent participant of International conferences held at UISTU under the auspices of the International open community «Russian literature: spiritual and cultural contexts» (A. Yu. Bolshakova is the co-chairman of this association of literary critics, philosophers, cultural scientists, established in 2005 on the basis of the Faculty of Humanities of UISTU), a regular author of the «Bulletin of UISTU».

Статья поступила в редакцию 06.04.2022;
одобрена после рецензирования 16.04.2022;
принята к публикации 28.04.2022.
The article was submitted 06.04.2022;
approved after reviewing 16.04.2022;
accepted for publication 28.04.2022.

ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 159.9

Скандал как способ привлечения зрительской аудитории к каналу YouTube

Гузель Мирхайзановна Шигабетдинова¹

Анастасия Валерьевна Фёдорова²

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

²nastyae060316@bk.ru

Аннотация. Посвящена исследованию методов увеличения YouTube-аудитории. Изучен феномен скандала как одного способа привлечения внимания к видеоролику. Приведены подходы зарубежных учёных к объяснению сущности конфликта. Перечислены и охарактеризованы актуальные приёмы продвижения видеоконтента на YouTube. В ходе контент-анализа выпуска YouTube-шоу «Музыкалити» на основании выявленных параметров исследована психология аудитории, коммуникатора и сообщения. Определено влияние провокационного эпизода на привлечение зрительской аудитории; приведены данные о количестве просмотров и комментариев под видео.

Ключевые слова: YouTube, видеоролик, психология массовой коммуникации, целевая аудитория, скандал, продвижение, просмотры.

HUMANITIES
Scientific article

Scandal as a way to attract the viewer audience to the YouTube channel

Gusel M. Shigabedinova¹

Anastasya V. Fedorova²

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

²nastyae060316@bk.ru

Abstract. It is devoted to the study of methods of increasing the YouTube audience. The phenomenon of scandal as one way to draw attention to the video is studied. The approaches of foreign scientists to the explanation of the essence of the conflict are given. The current methods of promoting video content on YouTube are listed and characterized. During the content analysis of the release of the YouTube show «Musicality» on the basis of the identified parameters, the psychology of the audience, the communicator and the message was investigated. The influence of the provocative episode on the attraction of the audience was determined; data on the number of views and comments under the video are given.

Keywords: YouTube, video, psychology, massmedia, targetaudience, scandal, promotion, views, psychologicalparameters.

Актуальность темы обусловлена стремительным развитием интернета как средства массовой коммуникации; недостаточной научной проработкой выбранной темы; особенностями восприятия аудиторией провокационного видеоконтента.

Объект исследования – методы привлечения зрительской аудитории YouTube, *предмет* – влия-

ние скандальных эпизодов на рост просмотров видеоролика. *Эмпирический объект* – YouTube-шоу «Музыкалити» (выпуск с Ларисой Долиной и Капа.вал). *Цель работы* – выявить эффективные способы увеличения зрителей на YouTube.

Как показывает многолетняя практика видеохостинга, зрители сильнее реагируют на ролики, содержащие конфликтные эпизоды. Одна из причин – потребность в психологической разрядке: переключая внимание на чужой конфликт, человек отвлекается от собственных

проблем. Поэтому скандал стал одним из способов привлечения аудитории.

Скандал – это рассогласованность взглядов, убеждений, идей оппонентов, которая проявляется в осознании сторонами невозможности одновременного осуществления их желаний. Основу конфликта составляют нарушение интересов личности с позиций морали/социальной справедливости и проблема, требующая разрешения. Наличие этих факторов приводит к проявлению защитных реакций субъекта на стрессовые ситуации. Следующим «шагом» является публичная огласка инцидента, которая обязательно приводит к общественному возмущению и порицанию. Немецкий учёный Франк Бёш писал, что особенно активно обсуждаются нарушения нравственных норм в том случае, когда в роли оппонентов выступают знаменитости [4, с. 129–130]. Среди участников медиаскандала выделяются несколько сторон: непосредственно оппоненты; средства массовой информации, включая интернет; обобщённый Другой. Являясь формой массовой коммуникации, скандал выполняет деструктивные и конструктивные функции [3, с. 155–158].

Деструктивные функции: ухудшение взаимоотношений; рост психологической напряжённости (в своём поведении стороны зачастую опираются не на разум, а на эмоции: это снижает вероятность адекватного разрешения инцидента); ухудшение репутации одного или обоих оппонентов; эскалация конфликта, расширение числа его участников.

Конструктивные функции: приобретение индивидами опыта в работе над межличностными проблемами; рост внимания к вопросам морали и социальной справедливости; стимулирование личности к положительным изменениям и развитию; выявление интересов людей, прогнозирование и профилактика разногласий в будущем.

Степень активности интернет-пользователей в обсуждении конфликта позволяет оценить эффективность его применения коммуникатором с точки зрения привлечения внимания реципиентов. Вместе с этим использование только скандала как способа увеличения просмотров видеоролика становится недостаточным. Существует множество методов продвижения YouTube-контента, которые в комплексе дают нужный результат:

В первую очередь – создание «цепляющего» заголовка. Для увеличения числа «кликов» название ролика должно быть интригующим; следует также добавлять цифры и ключевые слова. Эффективно использование скобок: по

результатам исследования компании HubSpot видео, в заголовке которых есть скобки, получают на 30% больше кликов.

Другим эффективным способом является разработка «кликабельных» превью. Превью – это небольшая картинка, при нажатии на которую происходит воспроизведение ролика. На превью следует помещать самые интересные моменты из видео. Оформлять такие картинки желательно в едином стиле – так зритель лучше запоминает канал. Необходимо использовать и конечные заставки – «подсказки» или ссылки на другие видео данного YouTube-канала, появляющихся на последних секундах ролика [1, с. 1310–1311].

Следует также применять транскрипцию видео – функцию автоматического перевода аудио в текст. Субтитры, которые видит пользователь при просмотре ленты, могут заинтересовать его и побудить к открытию ролика [2, с. 179–182].

На основе изученных теоретических источников нами выявлена структурированная критериальная основа для дальнейшего анализа эмпирического объекта: психология аудитории; психология коммуникатора; психология сообщения.

Нами было проведено эмпирическое исследование в форме контент-анализа видеоролика (выпуск YouTube-шоу «Музыкалити» от 08.04.2021).

Анализ показал, что успешность реализации функций массовой коммуникации зависит от того, насколько при разработке контента учтены три важные составляющие: психология аудитории, коммуникатора и сообщения.

Для того чтобы привлечь внимание к видеоконтенту, важно принимать во внимание *социально-демографические параметры* целевой **аудитории**. Главным из них является возраст (18–30 лет). Остальные характеристики не имеют чётких границ: пол – и мужской, и женский; образование – и среднее, и высшее; преобладающий вид деятельности – студенты или молодые специалисты, конкретного распределения по профессиям нет; география – жители как городов, так и сельской местности.

Также коммуникатору необходимо знать *индивидуально-психологические параметры* потенциальных зрителей YouTube-канала: их интересы (современная музыка); ценности и установки (свобода, искренность, творчество, самовыражение, индивидуальность, дружба, уважение к предпочтениям других людей, стремление к признанию).

Число просмотров видеоролика напрямую

зависит от *уровня цикличности аудитории*. Данный показатель отличается в зависимости от типа СМК. Цикличность аудитории YouTube выглядит следующим образом. Суточная: пик посещаемости – с 12:00 до 18:00, поэтому ролики публикуются приблизительно в 16:00. Недельная: рост числа зрителей к выходным, соответственно, шоу обычно выходит по четвергам или пятницам. Сезонная: увеличение аудитории с декабря по март и с сентября по ноябрь, вследствие чего шоу выпускается сезонами (в одном сезоне примерно 8 выпусков, шоу выходит 1 раз в неделю).

Структура **коммуникатора** в системе массовых коммуникаций (МК) включает 2 компонента: издатель и собственно коммуникатор. Издатель – это социальные институты, влияющие на МК. Издатель шоу «Музыкалити» – творческое объединение «Gazgolder». Собственно коммуникатор – лицо или группа лиц, занятых производством и распространением сообщения (журналисты, дикторы, ведущие). Коммуникатором исследуемого объекта является шоумен Максим Галкин.

Охарактеризуем *функцию издателя*. Цель шоу – познакомить зрителей и участников с музыкальными новинками; определить и показать особенности восприятия тенденций в музыке представителями разных поколений.

Индивидуально-личностные характеристики коммуникатора делятся на 2 группы: внешние (имиджевые) и внутренние (личностно-образные).

К *имиджевым характеристикам* можно отнести внешний вид (стиль одежды ведущего – спортивный, современный, т. к. целевая аудитория шоу – молодёжь). Что касается поведенческих реакций, то здесь коммуникатор преподносит информацию эмоционально, часто шутит, реагирует на высказывания гостей и даёт свои комментарии. Он достаточно активно жестикулирует, но это не вызывает раздражения реципиентов, т. к. в развлекательном шоу динамичность движений уместна.

По классификации Газарха, ведущий использует *ближнедистанционный тип общения*: он смотрит в камеру, постоянно ведёт диалог с аудиторией, задаёт вопросы. То есть происходит имитация непосредственного общения, и зритель словно включается в происходящее. Такой подход позволяет реципиенту эффективнее усвоить информацию: находясь как будто в студии, в процессе обсуждения он лучше поймёт, как оценивают музыку представители разных возрастных групп.

Наиболее значимыми оказываются *внутренние характеристики* коммуникатора. Он обладает хорошими риторическими навыками: грамотная речь, чёткая дикция, умение говорить убедительно. Зрители дают ведущему такие оценки: широко образованный, интеллектуальный, дипломатичный, вежливый, терпеливый, обладает чувством юмора, профессионал своего дела. Он способен контролировать ситуацию, переводить конфликт в шутку так, чтобы программа не потеряла своего смысла и её цель была достигнута.

Тип харизматической личности ведущего имеет название «антигерой», поскольку его образ приближен к образу зрителя. Это проявляется и во внешнем виде, и в стиле общения – ведущий разговаривает с аудиторией «на равных», как будто это просто дружеская беседа. Тип личности «антигерой» одобряется зрителями: некоторые пишут о том, что смотрят шоу не столько из-за гостей, сколько из-за ведущего.

Приведём основные результаты анализа психологии **сообщения**.

Направленность текста (по Харашу). Текст сообщения является открытым (персонифицированным). Так как в шоу обсуждается музыка, мнения аудитории с большой вероятностью будут отличаться. Сообщение, содержащее оценку музыки, носит субъективный характер. В таком случае допускаются различные интерпретации этой информации зрителями.

Классификация медиатекста осуществлялась по нескольким основаниям: по критерию канала распространения – интернет-сообщение; по жанровой принадлежности: обзор, дискуссия, развлекательное шоу; по тематике – музыкальный; по каналам восприятия – аудиовизуальный; по используемым кодам: креолизованный (состоит как из вербальных: говорение, слушание, так и невербальных: мимика, жесты, позы, взгляды) частей.

По *типологии новостей* сообщение относится к лёгким новостям. Шоу носит развлекательный характер, в сообщениях не говорится о кризисных событиях. Транслируемую информацию нельзя рассматривать в качестве безотлагательной.

Программа с провокационной ситуацией получила активную обратную связь: пользователи YouTube делились своим мнением: одни поддерживали известную артистку, другие – заступались за начинающую певицу. Обсуждение не ограничилось рамками видеохостинга: инцидент освещали интернет-СМИ («Комсомольская

правда», «Аргументы и факты», «Газета.Ру», «РИА Новости» и др.), пользователи оставляли комментарии в социальных сетях. Это означает, что скандал действительно является эффективным способом привлечения зрительской аудитории.

Обобщая вышеизложенное, можно сделать вывод: конфликтные эпизоды способны существенно повлиять на увеличение просмотров видеоконтента. Вместе с этим, успешному продвижению медиапродукта способствует комплексность применяемых методов. Издатель программы использует такие приёмы, как объединение роликов в плейлисты; конечные заставки; слоган; фирменные музыкальные заставки в начале и конце видео; единый стиль прерыва. Благодаря такой стратегии выпуск «Музыкалити» с Ларисой Долиной и Karna.val стал одним из самых просматриваемых за всю историю шоу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вопилова А. А. Эффективные способы продвижения Ютуб-канала // Молодёжь третьего тысячелетия : сборник научных статей (Омск, 01–26 апреля 2019 года). Омск: Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, 2019. С. 1308–1312.

2. Малышев В. К. Оценка эффективности способов продвижения Youtube-канала «редакция» с помощью средств массовой коммуникации // Символ науки: международный научный журнал. 2021. №4. С. 179–183.

3. Соснин В. А. Феномен скандала как форма социального конфликта // Прикладная юридическая психология. 2014. №4. С. 153–163.

4. Ушанова И. А. Скандал как форма медиатизированной коммуникации // Вестник Новгородского государственного университета. 2013. №73-1. С. 129–132.

Информация об авторах

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

А. В. Фёдорова – студентка группы СОБд-21, гуманитарный факультет, Ульяновский государственный технический университет.

REFERENCES

1. Vopilova A. A. *Effektivnye sposoby prodvizheniya YUtub-kanala* [Effective ways to promote the YouTube channel]. *Molodyozh' tret'ego tysyacheletiya : sbornik nauchnyh statej, Omsk, 01–26 aprelya 2019 goda* [Youth of the third millennium: a collection of scientific articles, (Omsk, April 01–26, 2019)]. Omsk: *Omskij gosudarstvennyj universitet im. F. M. Dostoevskogo* [Omsk State University. F. M. Dostoevsky], 2019, pp. 1308–1312.

2. Malyshev V. K. *Ocenka effektivnosti sposobov prodvizheniya Youtube-kanala «redakciya» s pomoshch'yu sredstv massovoj kommunikacii* [Evaluation of the effectiveness of ways to promote the Youtube-channel «editorial» with the help of mass media]. *Simvol nauki: mezhdunarodnyj nauchnyj zhurnal* [Symbol of science: international scientific journal]. 2021, No. 4, pp. 179–183.

3. Sosnin V. A. *Fenomen skandala kak forma social'nogo konflikta* [The phenomenon of scandal as a form of social conflict]. *Prikladnaya yuridicheskaya psihologiya* [Applied Legal Psychology]. 2014, No. 4, pp. 153–163.

4. Ushanova I. A. *Skandal kak forma mediatizirovannoj kommunikacii* [Scandal as a form of mediatized communication]. *Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*. [Bulletin of the Novgorod State University]. 2013, No. 73-1, pp. 129–132.

Information about the authors

G. M. Shigabetdinova – Associate professor, candidate of pedagogical sciences, Ulyanovsk State Technical University;

A. V. Fedorova – student of the Sod-21 group, Faculty of humanities, Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 31.05.2022;
одобрена после рецензирования 10.06.2022;
принята к публикации 12.06.2022.

The article was submitted 31.05.2022;
approved after reviewing 10.06.2022;
accepted for publication 12.06.2022.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
УДК 546.303

Излучательная способность полуметаллов V периода периодической системы в широком температурном и спектральном интервалах

Дмитрий Валерьевич Косенков¹

Владимир Владимирович Сагадеев²

^{1, 2}Казанский национальный исследовательский технологический университет, Казань, Россия.

¹*dmi-kosenkov@yandex.ru*

Аннотация. Абсолютным радиационным методом исследована нормальная интегральная и спектральная излучательная способность теллура и сурьмы в твёрдом полированном состоянии и в точке плавления элементов. Оценка погрешности эксперимента составляет 3–8%.

Ключевые слова: полуметалл, нормальная интегральная излучательная способность, нормальная спектральная излучательная способность, область плавления.

NATURAL SCIENCES
Scientific article

The emissivity of semimetals of the V period of the periodic system in a wide temperature and spectral range

Dmitry V. Kosenkov¹

Vladimir V. Sagadeev²

^{1, 2}Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia.

¹*dmi-kosenkov@yandex.ru*

Abstract. The normal integral and spectral emissivity of tellurium and antimony in the solid polished state and at the melting point of the elements was investigated by the absolute radiation method. The experimental error estimate is 3-8%.

Keywords: semimetal, normal integral emissivity, normal spectral emissivity, melting region.

ВВЕДЕНИЕ

Теллур – элемент V периода периодической системы. Этот полуметалл нашёл широкое применение в чёрной металлургии. При легировании стали теллуrom структура стали становится более однородной, а твёрдость и абразивная стойкость увеличиваются в разы, что улучшает физико-технические характеристики традиционных сталей для изготовления промышленных резцов [1, 2]. Так же этот полуметалл нашёл широкое применение в производстве активных тел оптических квантовых генераторов, изготовления солнечных панелей и т. д.

Знание излучательных характеристик применяемых материалов позволяет производить расчёты лучистого теплообмена и учитывать реальные тепловые характеристики веществ, применяемых на производствах.

В настоящей работе осуществлено исследование излучательной способности технического металлического теллура с содержанием основного элемента не ниже 99,99% в соответствии с ГОСТ 17614–2018. Экспериментальный стенд для исследования излучательной способности веществ был спроектирован и изготовлен на базе кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок» ФГБОУ ВО КНИТУ, г. Казань инициативной научной группой.

Исследование теллура проводилось с сопоставлением ранее изученной металлической сурьмы [3]. Диапазон температур и длин волн исследования был ограничен как техническими возможностями экспериментальной установки, так и температурой кипения теллура и сурьмы.

Методика проведения опытов, оценка погрешности экспериментальных результатов опубликована авторами в [4].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Экспериментальные результаты нормального интегрального излучения теллура представлены на рис.1. Исследование показывает монотонный ход роста излучательной способности ε_n в твёрдой фазе с увеличением температуры и скачок излучения в точке фазового перехода твёрдое тело → жидкость. Интегральное излучение этого элемента при плавлении уменьшается на ~13%, что объясняется перестройкой кристаллической решётки, ослаблением или ликвидированием ковалентных связей и ростом координационного числа до 7–8. Причём число свободных электронов увеличивается на несколько порядков. В жидком состоянии полуметалл теллур становится металлом или по свойствам и структуре приближается к металлам [5, 6]. В результате исследования установлено, что тепловое излучение теллура в точке плавления уменьшается.

Такое же поведение демонстрирует соседний по периоду полуметалл – сурьма (см. рис. 1), исследованный ранее в [3]. Излучательная способ-

ность ε_n таких полуметаллов, как висмут, сурьма, теллур т.д. в твёрдой полированной фазе достигают численных величин $0,2 \div 0,4$, что значительно больше значений ε_n для простых чистых металлов [7, 8]. Как показали ранее проведенные исследования [3], в точке плавления у полуметаллов наблюдается отрицательный скачок ε_n .

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Конструктивно экспериментальная установка позволяет проводить исследования нормальной спектральной излучательной способности ε_λ [9]. Измерения проводились абсолютным радиационным способом по реперным точкам – полосам пропускания узкополосных дисперсионных фильтров, расположенных в радиометре экспериментальной ячейки (табл.1).

Полученное спектральное излучение теллура было сопоставлено с имеющимися исследованиями по металлической сурьме.

В результате было получено отношение (1) нормальных спектральных излучательных характеристик расплава и твёрдого полированного полуметалла (табл.2):

$$\varphi_\lambda = \frac{\varepsilon_\lambda^{\text{жидкая фаза}}}{\varepsilon_\lambda^{\text{твёрдая фаза}}} \quad (1)$$

На рис. 2 графически представлено отношение излучения расплава к излучению в твёрдой фазе теллура и сурьмы.

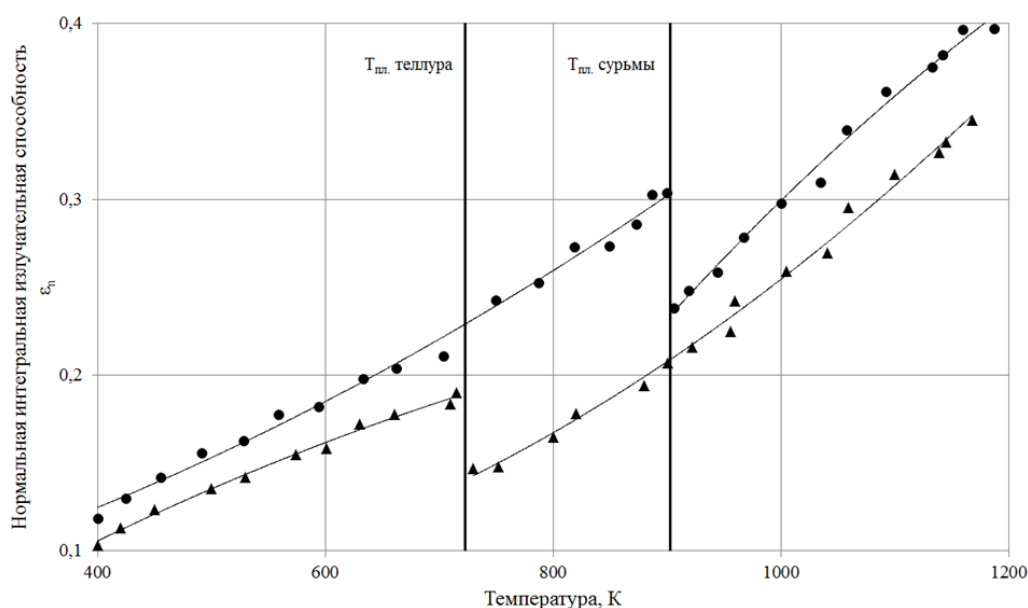


Рис. 1. Зависимость нормальной интегральной излучательной способности полуметаллов от температуры: ● – сурьма по [3]; ▲ – измерения авторов (теллур)

Таблица 1

Спектральные характеристики применяемых узкополосных фильтров

Номер фильтра	1	2	3	4	5	6
Полоса пропускания фильтра, мкм	0,69	1,63	1,97	4,2	7,3	10,6

Таблица 2

Результаты расчёта соотношения φ_λ

λ , мкм	φ_λ	
	сурьма	теллур
0,69	0,990	0,995
1,63	0,985	0,990
1,97	0,980	0,986
4,2	0,961	0,970
7,3	0,920	0,934
10,6	0,812	0,864

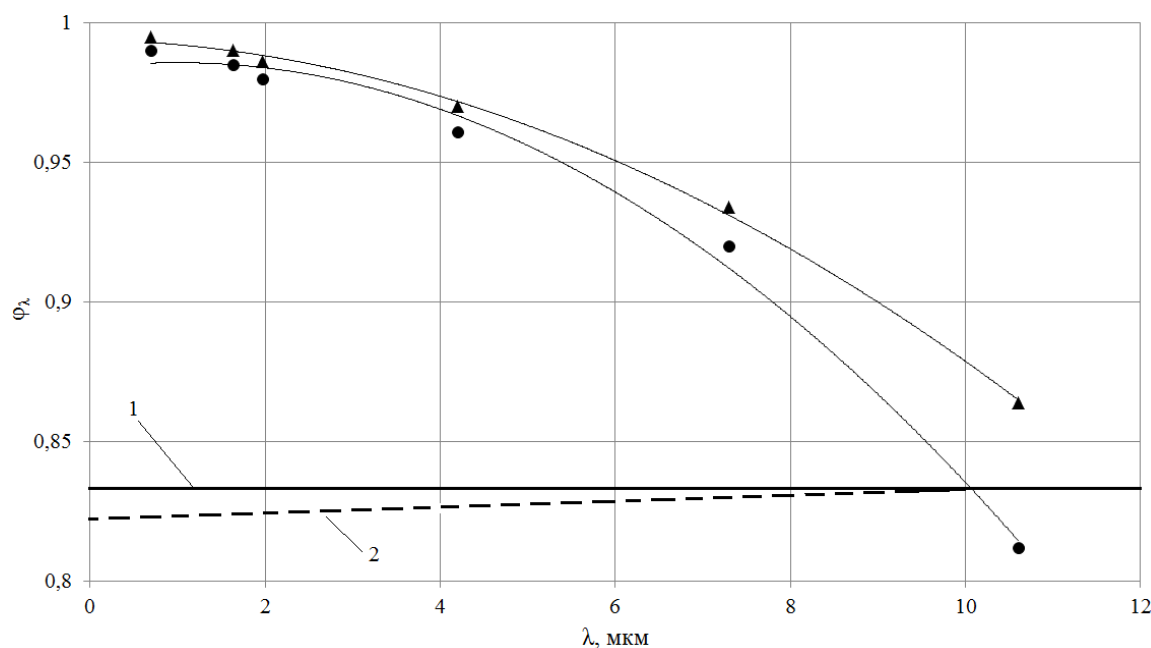


Рис. 2. Величина φ_λ в области плавления полуметаллов: ● — сурьма по [3]; ▲ — измерения авторов (теллур); линия 1 — расчёт по (2); линия 2 — расчёт по (3)

Для этих элементов вблизи видимой области спектра вблизи точки плавления $\varphi_\lambda \approx 1$. Установлено, что эти полуметаллы в твёрдой фазе и в жидком состоянии вблизи точки плавления излучают одинаково, влияние фазового перехода нет. Этот результат соответствует измерениям в коротковолновой области спектра. С ростом длины волны φ_λ начинает отклоняться от единицы, резко уходя вниз.

Авторами проведён расчёт по электромагнит-

ной теории с использованием формулы Друде и соотношения Хагена-Рубенса соответственно [10]:

$$\varepsilon(\lambda, T) = 0,365 \left(\frac{r_0}{\lambda}\right)^{1/2}, \quad (2)$$

$$\varepsilon(\lambda, T) = 0,365 \left(\frac{r_0}{\lambda}\right)^{1/2} - 0,0667 \left(\frac{r_0}{\lambda}\right) + 0,0091 \left(\frac{r_0}{\lambda}\right)^{3/2}. \quad (3)$$

Удельное электрическое сопротивление r_0 , применяемое в расчётах, для сурьмы и теллура, взяты из [11, 12].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Нормальная интегральная излучательная способность полуметаллов с ростом температуры скачкообразно изменяется с понижением значения ε_n в области фазового перехода.

2. Расчёт по электромагнитной теории не воспроизводит спектральный ход изменения излучательной способности при плавлении, не только качественно, но и количественно.

3. Полученные отношения φ_λ в зависимости от длины волны полуметаллов теллура и сурьмы в области плавления индивидуальны и подобны друг другу.

СПИСОК ОБОЗНАЧЕНИЙ: ε_n – нормальная интегральная излучательная способность; ε_λ – нормальная спектральная излучательная способность; $T_{пл}$ – температура плавления полуметалла; T – температура в эксперименте; λ – длина волны; φ_λ – отношение излучение расплава к излучению в твёрдой фазе полуметалла; r_0 – удельное электро-сопротивление полуметалла при температуре эксперимента.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Shen, Ping et al. «Application of tellurium in free-cutting steels» Journal of Iron and Steel Research International 25 (2018): 787–795.

2. Costa, Eder Silva et al. «Influence of tellurium addition on drilling of microalloyed steel (DIN 38MnS6)». Industrial Lubrication and Tribology 63 (2011): 420–426.

3. Сагадеев В. В., Аляев В. А. Излучательная способность жидких металлов и сплавов: монография; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. техн. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2018. 176 с.

4. Kosenkov D. V., Sagadeev V. V., Alyaev V. A. The degree of blackness of a number of metals of group VIII of the periodic system. THERMOPHYSICS AND AEROMECHANICS. 2021. Т. 28, в. 6. С. 951.

5. Глазов В. М., Айвазов А. А. Энтропия плавления металлов и полупроводников. М.: Металлургия, 1980. 172 с., ил.

6. Татарина Л. И. Структура твердых аморфных и жидких веществ. М.: Наука, 1983. 151 с.: ил.

7. Шейндлин А. Е. Излучательные свойства твердых металлов. Справочник. М.: Энергия, 1974. 472 с.

8. Touloukian Y. S., and DeWitt, D. P. Thermal

radiative properties: Metallic elements and alloys. Vol. 7, Thermophysical Properties of Matter, Y. S. Touloukian and C. Y. Ho, Eds., IFI/Plenum, New York, 1970.

9. Косенков Д. В., Сагадеев В. В. Изменение нормальной спектральной излучательной способности при плавлении элементов // Журнал технической физики. 2022. Т. 92, в. 3. С. 342.

10. Свет Д. Я. Оптические методы измерения истинных температур. М.: Наука, 1982. 296 с.

11. G. K. White & S. B. Woods (1958) The thermal and electrical resistivity of bismuth and antimony at low temperatures, Philosophical Magazine, 3:28, 342–359.

12. Bottom, V.E. (1952). The Hall Effect and Electrical Resistivity of Tellurium. Science, 115 2995, 570-1.

Информация об авторах

Д. В. Косенков – старший преподаватель кафедры «Вакуумная техника электрофизических установок» Казанский национальный исследовательский технологический университет. Имеет статьи в области теплофизики и теплотехники; **В. В. Сагадеев** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инженерная, компьютерная графика и автоматизированное проектирование» Казанский национальный исследовательский технологический университет. Имеет статьи, монографии и в области теплофизики, теплотехники и теплоэнергетики.

REFERENCES

1. Shen, Ping et al. «Application of tellurium in free-cutting steels» Journal of Iron and Steel Research International 25 (2018): 787–795.

2. Costa, Eder Silva et al. «Influence of tellurium addition on drilling of microalloyed steel (DIN 38MnS6)». Industrial Lubrication and Tribology 63 (2011): 420–426.

3. Sagadeev V. V., Alyaev V. A. *Izluchatel'naya sposobnost' zhidkih metallov i splavov : monografiya* [The emissivity of liquid metals and alloys : monograph]. *Minobrnauki Rossii, Kazan.nac. issled. tekhnol. un-t.* [Ministry of Education and Science of Russia, Kazan. National Research. technol. un-t]. Kazan, KNITU Publishing House, 2018, 176 p.

4. Kosenkov D. V., Sagadeev V. V., Alyaev V. A. The degree of blackness of a number of metals of group VIII of the periodic system. THERMOPHYSICS AND AEROMECHANICS. 2021. Т. 28, В. 6. P. 951.

5. Glazov V. M., Aivazov A. A. *Entropiya plavleniya metallov i poluprovodnikov.* [Entropy of melting of metals and semiconductors]. Moscow,

Metallurgiya [Metallurgy], 1980, 172 p., ill.

6. Tatarinova L. I. *Struktura tverdyh amorfnyh i zhidkih veshchestv* [Structure of solid amorphous and liquid substances]. Moscow, Nauka, 1983, 151 p., ill.

7. Sheindlin A. E. *Izluchatel'nye svojstva tvorydyh metallov. Spravochnik*. [Radiative properties of solid metals. Handbook]. Moscow, Energiya, 1974, 472 p.

8. Touloukian Y. S., and DeWitt, D. P. Thermal radiative properties: Metallic elements and alloys. Vol. 7, Thermophysical Properties of Matter, Y. S. Touloukian and C. Y. Ho, Eds., IFI/Plenum, New York, 1970.

9. Kosenkov D. V., Sagadeev V. V. *Izmenenie normal'noj spektral'noj izluchatel'noj sposobnosti pri plavlenii elementov* [Change of normal spectral emissivity during melting of elements]. *Zhurnal tekhnicheskoy fiziki* [Journal of Technical Physics]. 2022, Vol.92, v.3, p. 342.

10. Svet D. Ya. *Opticheskie metody izmereniya istinnyh temperatur* [Optical methods for measuring true temperatures]. Moscow, Nauka, 1982, 296 p.

11. G. K. White & S. B. Woods (1958) The thermal and electrical resistivity of bismuth and antimony at low temperatures, *Philosophical Magazine*, 3:28, 342–359.

12. Bottom, V.E. (1952). The Hall Effect and Electrical Resistivity of Tellurium. *Science*, 115 2995, 570-1.

Information about the authors

D. V. Kosenkov – Senior lecturer of the Department «Vacuum Technology of Electrophysical Installations» Kazan National Research Technological University. Has articles in the field of thermophysics and heat engineering;

V. V. Sagadeev – Candidate of technical sciences, Associate professor of the Department of engineering, Computer graphics and computer-aided design, Kazan National Research Technological University. Has articles, monographs and in the field of thermophysics, heat engineering and heat power engineering.

Статья поступила в редакцию 24.02.2022;
одобрена после рецензирования 04.03.2022;
принята к публикации 10.03.2022.
The article was submitted 24.02.2022;
approved after reviewing 04.03.2022;
accepted for publication 10.03.2022.

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Научная статья
 УДК 517.9:531.3

Исследование динамической устойчивости балансирующего устройства

Пётр Александрович Вельмисов¹

Валерий Николаевич Антипов²

Алёна Игоревна Шингарова³

^{1, 2, 3}Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

¹velmisov@ulstu.ru

²puantipovvn@gmail.com

Аннотация. Предложена математическая модель балансирующего устройства, представляющего собой механическую систему с двумя степенями свободы. Исследуется устойчивость решений нелинейной системы обыкновенных дифференциальных уравнений второго порядка (устойчивость по Ляпунову и явление резонанса), описывающей динамику балансирующего устройства.

Ключевые слова: балансирующее устройство, устойчивость по Ляпунову, резонанс, дифференциальные уравнения, функционал.

NATURAL SCIENCES

Scientific article

Investigation of the dynamic stability of the balancing device

Peter A. Velmisov¹

Valery N. Antipov²

Alyona V. Shingarova³

^{1, 2, 3} Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹velmisov@ulstu.ru

²puantipovvn@gmail.com

Abstract. A mathematical model of a balancing device is proposed, which is a mechanical system with two degrees of freedom. Stability of solutions of a nonlinear system of second-order ordinary differential equations (Lyapunov stability and resonance phenomenon) describing the dynamics of a balancing device is investigated.

Keywords: balancing device, Lyapunov stability, resonance, differential equations, functional.

Рассматривается механическая система с двумя степенями свободы, представляющая собой балансирующее устройство. Составными частями системы является трубка, вращающаяся в горизонтальной плоскости вокруг одного из своих концов A с упругой связью в точке A , и упруго закреплённый с помощью пружины шарик, совершающий прямолинейные колебания в полости трубки (рис. 1). Движение системы описывается нелинейными дифференциальными уравнениями. Проведено исследование динамической устойчивости [1–4] балансирующего устройства.

Уравнения, описывающие динамику устройства, имеют вид [5]:

$$m\ddot{x} - m(l_0 + x)\dot{\varphi}^2 + f(x, \dot{x}) = 0,$$

$$2m(l_0 + x)\dot{x}\dot{\varphi} + [m(l_0 + x)^2 + J]\ddot{\varphi} + g(\varphi, \dot{\varphi}) = M, \quad (1)$$

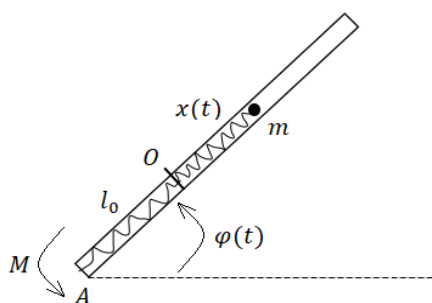


Рис. 1. Схема регулятора

где M – вращающий момент; m – масса шарика; l_0 – длина недеформированной пружины; J – момент инерции трубки относительно одного из её концов A ; $\varphi(t)$ – закон вращения трубки; $x(t)$ – закон движения шарика вдоль трубки. Функция $f(x, \dot{x})$ учитывает силу упругости пружины, силу внутреннего демпфирования пружины и силу трения шарика о стенки трубки; функция $g(\varphi, \dot{\varphi})$ определяется силой трения шарнира и силами демпфирования и упругости деформируемого упругого элемента в точке A , с помощью которого закреплён конец A трубки.

Функцию $g(\varphi, \dot{\varphi})$ можно задать, например, в виде

$$g(\varphi, \dot{\varphi}) = g_0(\varphi) + \sum_{k=1}^{\infty} g_{2k-1}(\varphi) \dot{\varphi}^{2k-1}.$$

Функцию $f(x, \dot{x})$ можно задать в аналогичном виде

$$f(x, \dot{x}) = f_0(x) + \sum_{k=1}^{\infty} f_{2k-1}(x) \dot{x}^{2k-1}.$$

Исследование устойчивости по Ляпунову

Умножим первое уравнение движения на \dot{x} , второе на $\dot{\varphi}$, и затем полученные выражения сложим (положив $M = 0$)

$$\begin{aligned} & \frac{d}{dt} \left[\frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{1}{2} m (l_0 + x)^2 \dot{\varphi}^2 + \frac{1}{2} J \dot{\varphi}^2 + \int f_0(x) dx + \int g_0(\varphi) d\varphi \right] + \\ & + \sum_{k=1}^{\infty} f_{2k-1}(x) \dot{x}^{2k} + \sum_{k=1}^{\infty} g_{2k-1}(\varphi) \dot{\varphi}^{2k} = 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Введём в рассмотрение функционал

$$J(t) = m \dot{x}^2 + m (l_0 + x)^2 \dot{\varphi}^2 + J \dot{\varphi}^2 + 2 \int f_0(x) dx + 2 \int g_0(\varphi) d\varphi. \quad (3)$$

Согласно (2), (3) для производной $\frac{dJ}{dt}$ имеем:

$$\frac{1}{2} \frac{dJ}{dt} = - \sum_{k=1}^{\infty} f_{2k-1}(x) \dot{x}^{2k} - \sum_{k=1}^{\infty} g_{2k-1}(\varphi) \dot{\varphi}^{2k}.$$

Предположим, что выполнены условия (условия устойчивости):

$$\begin{aligned} \int f_0(x) dx &\geq 0, \quad \int g_0(\varphi) d\varphi \geq 0, \\ f_{2k-1}(x) &\geq 0, \quad g_{2k-1}(\varphi) \geq 0. \end{aligned}$$

Тогда $J(t) \geq 0$, $\frac{dJ}{dt} \leq 0$, $J(t) \leq J(0)$, откуда следует устойчивость по Ляпунову (по начальным данным) нулевого решения системы дифференциальных уравнений (1).

Исследование резонансных явлений

Исследование резонансных явлений проведём в линейном приближении.

Рассмотрим малые колебания элементов балансировочного устройства. Используя метод возмущений [6, 7], представим искомые функции в виде разложений по малому параметру ε . Положим:

$$\begin{aligned} x(t) &= \varepsilon x_1(t) + \varepsilon^2 x_2(t) + \varepsilon^3 x_3(t) + \dots, \\ \varphi(t) &= \varepsilon \phi_1(t) + \varepsilon^2 \phi_2(t) + \varepsilon^3 \phi_3(t) + \dots, \\ M(t) &= \varepsilon M_1(t) + \varepsilon^2 M_2(t) + \varepsilon^3 M_3(t) + \dots, \quad \varepsilon \ll 1. \end{aligned} \quad (4)$$

Подставляя разложения (4) в исходную систему уравнений (1), оставляя члены порядка ε , ε^2 , ε^3 , и отбрасывая члены более высокого порядка, получим линейную систему дифференциальных уравнений,

описывающую малые колебания механической системы, для любых $f(x, \dot{x})$, $g(\varphi, \dot{\varphi})$.

Для конкретности положим

$$\begin{aligned} f(x, \dot{x}) &= c_1 x + c_3 x^3 + b_1 \dot{x} + b_3 \dot{x}^3 + d_1 x^2 \dot{x}, \\ g(\varphi, \dot{\varphi}) &= e_1 \varphi + e_3 \varphi^3 + a_1 \dot{\varphi} + a_3 \dot{\varphi}^3 + d_2 \varphi^2 \dot{\varphi}. \end{aligned}$$

Линейная система имеет вид:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 + b_1 \dot{x}_1 + c_1 x_1 = 0, \\ (ml_0^2 + J)\ddot{\phi}_1 + a_1 \dot{\phi}_1 + e_1 \phi_1 = M_1. \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} m\ddot{x}_2 + b_1 \dot{x}_2 + c_1 x_2 = ml_0 \dot{\phi}_1^2, \\ (ml_0^2 + J)\ddot{\phi}_2 + a_1 \dot{\phi}_2 + e_1 \phi_2 = -2ml_0 \dot{x}_1 \dot{\phi}_1 - 2ml_0 x_1 \ddot{\phi}_1 + M_2. \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} m\ddot{x}_3 + b_1 \dot{x}_3 + c_1 x_3 = 2ml_0 \dot{\phi}_1 \dot{\phi}_2 + mx_1 \dot{\phi}_1^2 - c_3 x_1^3 - b_3 \dot{x}_1^3 - d_1 x_1^2 \dot{x}_1, \\ (ml_0^2 + J)\ddot{\phi}_3 + a_1 \dot{\phi}_3 + e_1 \phi_3 = -2mx_1 \dot{x}_1 \dot{\phi}_1 - 2ml_0 (\dot{x}_1 \dot{\phi}_2 + \dot{x}_2 \dot{\phi}_1) - \\ - 2ml_0 x_1 \ddot{\phi}_2 - m(x_1^2 + 2l_0 x_2) \ddot{\phi}_1 - e_3 \phi_1^3 - a_3 \dot{\phi}_1^3 - d_2 \phi_1^2 \dot{\phi}_1 + M_3. \end{cases} \quad (7)$$

Согласно уравнениям (5), относительное (движение шарика относительно трубки) и переносное (вращение трубки) движения происходят в первом приближении независимо друг от друга, согласно (6), (7) зависимость появляется только во втором приближении.

Из системы уравнений для $x_i(t)$, $\varphi_i(t)$, $i = 1, 2, 3$, при $a_1 = 0$ следует наличие резонанса «по возмущающему воздействию» в первом, втором или третьем приближениях, если

$$M_i(t) = \alpha_i \cos(kt + \beta_i), \quad k^2 = \frac{e_1}{ml_0^2 + J}, \quad i = 1, 2, 3.$$

Исследуем теперь явление, которое назовём «внутренним резонансом», и которое возникает при определённом соотношении между частотами колебаний разных элементов конструкции. Положим $b_1 = a_1 = 0$ и изучим свободные колебания

$$\begin{aligned} \ddot{x}_1 + k^2 x_1 &= 0, \quad \ddot{\varphi}_1 + p^2 \varphi_1 = 0, \\ \ddot{x}_2 + k^2 x_2 &= l_0 \dot{\varphi}_1^2, \quad \ddot{\varphi}_2 + p^2 \varphi_2 = \frac{-2ml_0}{ml_0^2 + J} (\dot{x}_1 \dot{\varphi}_1 + x_1 \ddot{\varphi}_1). \end{aligned}$$

Здесь $k^2 = \frac{c_1}{m}$, $p^2 = \frac{e_1}{ml_0^2 + J}$.

Общие решения уравнений для x_1 , φ_1 запишем в виде

$$x_1(t) = \alpha \cos(kt + \beta), \quad \varphi_1(t) = \gamma \cos(pt + \omega),$$

где α , β , γ , ω – произвольные постоянные.

Тогда уравнения для x_2 , φ_2 примут вид

$$\ddot{x}_2 + k^2 x_2 = l_0 \gamma^2 p^2 \sin^2(pt + \omega) = \frac{1}{2} l_0 \gamma^2 p^2 [1 - \cos 2(pt + \omega)],$$

$$\begin{aligned}\ddot{\phi}_2 + p^2 \phi_2 &= \frac{2ml_0\alpha\gamma}{ml_0^2 + J} p [\cos(kt + \beta) \sin(pt + \omega)]' = \\ &= \frac{ml_0\alpha\gamma p}{ml_0^2 + J} [\sin((k + p)t + \beta + \omega) - \sin(k - p)t + \beta - \omega)].\end{aligned}$$

Из этих уравнений следует наличие «внутреннего резонанса» во втором приближении, если $k = 2p$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Колмановский В.Б., Носов В.Р. Устойчивость и периодические режимы регулируемых систем с последствием. М.: Наука, 1981. 448 с.
2. Барбашин Е.А. Введение в теорию устойчивости. М.: Наука, 1967. 223 с.
3. Меркин Д.Р. Введение в теорию устойчивости движения. М.: Наука, 1976. 319 с.
4. Шестаков А.А. Обобщённый прямой метод Ляпунова для систем с распределёнными параметрами. М.: Наука, 1990. 320 с.
5. Вельмисов П.А., Богданов П.И., Рахманов Е.Н., Антипов В.Н. Исследование динамики регулятора скорости вращения // Вестник УлГТУ. 2021. №4. С. 38–43.
6. Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике. М.: Мир, 1972. 274 с.
7. Найфэ А. Методы возмущений. М.: Мир, 1976. 456 с.

Информация об авторах

П. А. Вельмисов – доктор физико-математических наук, профессор, зав. кафедрой «Высшая математика», УлГТУ;

В. Н. Антипов – аспирант кафедры «Высшая математика», УлГТУ;

А. И. Шингарова – аспирантка кафедры «Высшая математика», УлГТУ.

REFERENCES

1. Kolmanovsky V. B. Nosov V. R. *Ustoychivost' i periodicheskiye rezhimy reguliruyemykh system s posledstviyem* [Stability and periodic regimes of regulated systems with consequences]. Moscow, Nauka, 1981, 448 p.
2. Barbashin E. A. *Vvedenie v teoriyu ustoychivosti* [Introduction to the theory of stability]. Moscow, Nauka, 1967, 223 p.
3. Merkin D. R. *Vvedenie v teoriyu ustoychivosti dvizheniya* [Introduction to the theory of stability of motion]. Moscow, Nauka, 1976, 319 p.
4. Shestakov A. A. *Obobshchenniy pryamoy metod Lyapunova dlya sistem s raspredelonnymi parametrami* [Generalized direct Lyapunov method for systems with distributed parameters]. Moscow, Nauka, 1990, 320 p.
5. Velmisov P. A., Bogdanov P. I., Rakhmanov E. N., Antipov V. N. *Issledovaniye dinamiki regulyatora skorosti vrashcheniya* [Investigation of the dynamics of the rotation speed controller]. *Vestnik UIGTU* [Bull. of Ulyanovsk State Technical University], 2021, No. 4, pp.38–43.
6. Cole J. *Metody vozmusheniya v prikladnoy matematike* [Methods of perturbations in applied mathematics]. Moscow, Mir, 1972, 274 p.
7. Naife A. *Metody vozmushcheniya* [Methods of perturbations]. Moscow, Mir, 1976, 456 p.

Information about the authors

P. A. Velmisov – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Head of the Department of Higher Mathematics, UlSTU;

V. N. Antipov – postgraduate student of the Department of Higher Mathematics, UlSTU;

A. I. Shingarova – postgraduate student of the Department of Higher Mathematics, UlSTU.

Статья поступила в редакцию 31.05.2022;

одобрена после рецензирования 07.06.2022;

принята к публикации 17.06.2022.

The article was submitted 31.05.2022;

approved after reviewing 07.06.2022;

accepted for publication 17.06.2022.

МАШИНОСТРОЕНИЕ

Научная статья
УДК 629.027

Используемые подвески транспортного средства

Иван Фёдорович Дьяков¹
Владислав Иванович Дьяков²

¹Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия.

²Завод ООО «Евроизол», Ульяновск, Россия

¹*i.dyakov@ulstu.ru*

Аннотация Приведены расчётные схемы подвески транспортных средств, обеспечивающие плавность хода при движении по неровностям дороги. Рассмотрены расчётные уравнения потенциальной и кинетической энергии поддрессоренной массы. Степень плавности хода для различных схем отнесены к продольным колебаниям. Частота собственных колебаний поддрессоренной массы представлена в определённой последовательности. Каждое уравнение показано в операторной форме, заменив оператора дифференцирования на мнимую частоту. По переходным процессам определено время затухания колебаний рамы и двигателя.

Ключевые слова: динамическая система, линейные и угловые колебания, спектр частот, низкочастотные колебания, момент инерции балансира.

Used vehiclesuspensions tools

Ivan F. Dyakov¹
Vladislav I. Dyakov²

¹Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia.

²«Euroisol» LLC plant, Ulyanovsk, Russia

¹*i.dyakov@ulstu.ru*

Abstract. The calculated schemes of suspension of vehicles that ensure smooth running when driving on rough roads are given. The calculated equations of the potential and kinetic energy of the sprung mass are considered. The degree of smoothness of the stroke for various circuits is attributed to longitudinal oscillations. The frequency of natural oscillations of the sprung mass is presented in a certain sequence. Each equation is shown in operator form by replacing the differentiation operator with an imaginary frequency. According to transients, the attenuation time of frame and engine vibrations is determined.

Keywords: dynamic system, linear and angular oscillations, frequency spectrum, low-frequency oscillations, moment of inertia of the balancer.

Состояние вопроса. Транспортное средство представляет собой сложную динамическую систему, включающую большое количество масс, соединённых различного рода упругими связями. При движении все массы транспортного средства (ТС) совершают более или менее интенсивные линейные и угловые колебания в различных плоскостях. Возбуждение колебаний происходит в результате взаимодействия ТС с дорогой, а также из-за неравномерности работы двигателя и агрегатов трансмиссий.

Исследованиями установлено [1–3], что ускорения ТС при его движении имеют широкий спектр частот (свыше 500 Гц). Весь спектр частот ускорений можно разделить на два диапазона: низкочастотный (0... 25 Гц) и высокочастотный (свыше 25 Гц). Низкочастотные колебания в основном вызываются взаимодействием ТС с дорогой. Их уровень зависит от условий движения, параметров автомобиля и его подвески. Высокочастотные колебания обусловлены неравномерностью работы двигателя

и агрегатов трансмиссии. Они зависят от скорости движения (частоты вращения и нагрузки двигателя и трансмиссии), степени удалённости рассматриваемого элемента от источника возмущения и конструкции элементов, передающих вибрации. Колебания в высокочастотном диапазоне практически зависят от микропрофиля дороги, параметров подвески и шины [4–6].

Сопоставление расчётных и экспериментальных спектров ускорений показывает, что они достаточно близки только в низкочастотном диапазоне. Любая расчётная схема включает инерционные элементы (массы), соединённые упругими элементами, а также элементы, обеспечивающие рассеивание энергии при колебаниях масс.

Все массы элементов, имеющихся в ТС, можно разделить на две группы: подрессоренные и неподрессоренные. Массы элементов, связывающих подрессоренные и неподрессоренные части (упругие элементы, рычаги направляющего устройства, амортизаторы, тяги рулевого привода и карданный вал), относят частично к подрессоренным и неподрессоренным массам. Исследованиями установлено, что при расчётах колебаний в низкочастотном диапазоне (до 25 Гц) все подрессоренные массы могут быть объединены в одну массу m_0 – с моментом инерции J_y – относительно поперечной оси, проходящей через центр масс, и J_x – относительно продольной. Неподрессоренная масса каждого моста m_i рассматривается отдельно и считается сосредоточенной.

Основными упругими элементами в расчётных схемах являются рессоры подвесок и шины. При расчётах принимается, что все эти элементы расположены в плоскостях колёс, а их упругие свойства оцениваются приведёнными характеристиками. В первом случае сила трения и её направление зависят от скорости деформации элементов, во втором – сила трения постоянна, а её направление противоположно скорости деформации.

На схемах элементы с трением первого вида изображаются условным телескопическим амортизатором, а элементы с трением второго вида – двумя трущимися пластинами (в некоторых случаях эти элементы на схемах не показывают, хотя и учитывают при математическом описании).

Учитывая, что в наибольшей степени плавность хода определяется колебаниями в продольной плоскости, в ряде случаев при её анализе для упрощения расчётов рассматривают только эти колебания. При этом пространственная модель автомобиля заменяется плоской, в которой совмещаются правые и левые подвески и колёса мостов, а высоты неровностей дороги q считают равными полусумме высот неровностей, находящихся в определённый момент времени под правым и левым колёсами моста

$$q_i = 0,5(q_{пр_i} + q_{л_i}),$$

где $q_{пр_i}$, $q_{л_i}$ – высота неровностей дороги соответственно под правым и левым колёсами i -го моста.

Расчётные схемы двухосного ТС для исследования его колебаний в продольной плоскости приведены на рис. 1.

На схеме показаны: подрессоренная масса m_0 с моментом инерции J_y относительно поперечной оси; неподрессоренные массы m_1 и m_2 ; упругие элементы подвесок с жёсткостями $2c_{p1}$ и $2c_{p2}$; амортизаторы с сопротивлениями $2k_{p1}$ и $2k_{p2}$; силы трения $F_{тр1}$ и $F_{тр2}$; упругие элементы с жёсткостями $2c_{ш1}$ и $2c_{ш2}$ и условные амортизаторы с сопротивлениями $2k_{ш1}$ и $2k_{ш2}$, моделирующие шины. На шины действуют неровности дороги высотой q_1 и q_2 .

Решение задачи. Считается, что ТС движется с постоянной скоростью. Поэтому массы автомобиля в продольном направлении не имеют ускорений. В продольно-вертикальной плоскости подрессоренная масса совершает перемещение по координатам Z и φ , а неподрессоренные – по координатам ξ_1 и ξ_2 . Перемещение подрессоренной массы можно рассматривать и в других координатах, например в координатах Z_1 и Z_2 (перемещения точек подрессоренной массы, которые лежат над передним и задним мостом соответственно).

В системе координат $Z - \varphi$ – вертикальное перемещение точки A , находящейся на расстоянии от центра масс, $\vec{Z}_A = \vec{Z} + x\vec{\varphi}$. Это же перемещение в системе координат запишется следующим образом:

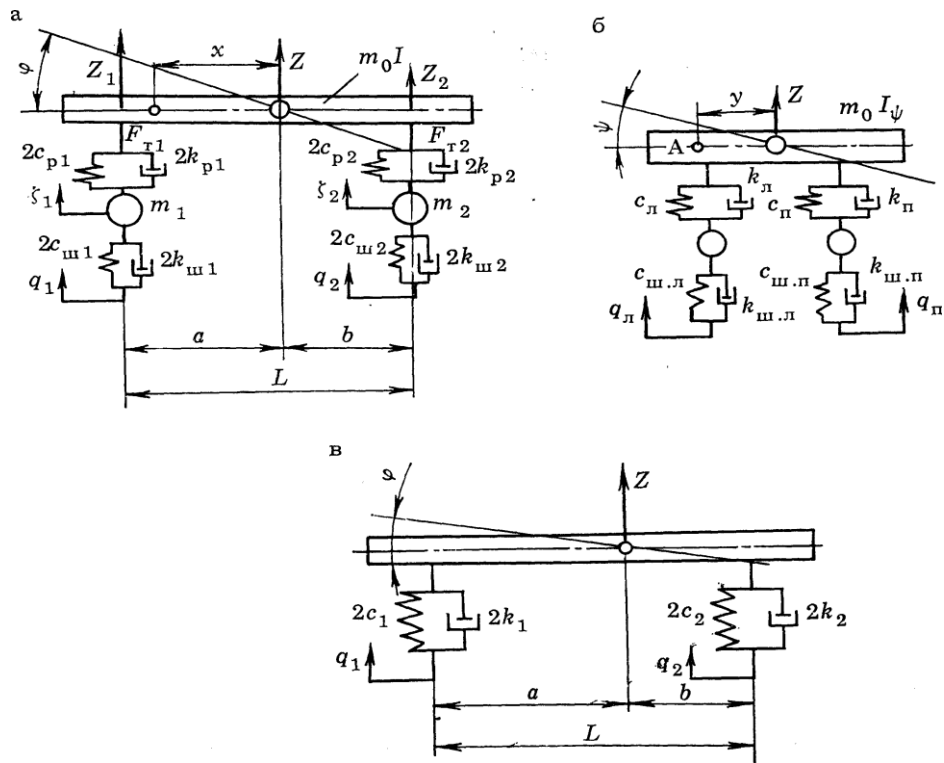


Рис. 1. Расчётные схемы, применяемые при анализе плавности хода автомобилей

$$\vec{Z}_A = \frac{b+x}{L} \vec{Z}_1 + \frac{a-x}{L} \vec{Z}_2$$

В соответствии с расчётной схемой составлены уравнения Лагранжа

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T_j}{\partial \dot{q}_j} \right) - \frac{\partial T_j}{\partial q_j} = - \frac{\partial \Pi_j}{\partial q_j} - \frac{\partial \Phi^e}{\partial q_j} - \frac{\partial \Phi^R}{\partial q_j} + Q_j,$$

где T_j, Π_j – кинетическая и потенциальная энергия системы; Φ^e, Φ^R – диссипативные функции, характеризующие потери энергии под действием сил сопротивлений поддресоренных и неподдресоренных масс; q_j – обобщённая координата j -х масс; Q_j – упругая внешняя сила, действующая вдоль координатной оси q_j .

Кинетическая энергия системы является однородной квадратичной функцией скоростей масс:

$$T_j = 0,5m_0 \dot{Z}^2 + 0,5J \dot{\varphi}^2 + 0,5m_1 \dot{\xi}_1^2 + 0,5m_2 \dot{\xi}_2^2;$$

потенциальная энергия – квадратичной функцией деформаций:

$$\Pi_j = 0,5(2c_{p1} \Delta_{p1}^2 + 2c_{p2} \Delta_{p2}^2 + 2c_{ш1} \Delta_{ш1}^2 + 2c_{ш2} \Delta_{ш2}^2),$$

где $\Delta_{p1}, \Delta_{p2}, \Delta_{ш1}, \Delta_{ш2}$ – деформации соответственно рессор и шин первого и второго моста.

Приняв допущение, что рассеивание энергии осуществляется только амортизаторами с силой сопротивления, пропорциональной скорости деформации, получаем следующее выражение для функции рассеивания:

$$\Phi_j = 0,5(2k_{p1} \dot{\Delta}_{p1}^2 + 2k_{p2} \dot{\Delta}_{p2}^2 + 2k_{ш1} \dot{\Delta}_{ш1}^2 + 2k_{ш2} \dot{\Delta}_{ш2}^2).$$

В обобщённых координатах Z_1 и Z_2 :

$$\begin{aligned} T_j &= 0,5 \frac{m_0}{L^2} \left[(bZ_1 + aZ_2)^2 + \rho^2 (Z_1 - Z_2)^2 \right] + 0,5 (m_1 \xi_1^2 + m_2 \xi_2^2); \\ \Pi_j &= c_{p1} (Z_1 - \xi_1)^2 + c_{p2} (Z_2 - \xi_2)^2 + c_{ш1} (\xi_1 - q_1)^2 + c_{ш2} (\xi_2 - q_2)^2; \\ \Phi_j^e &= k_{p1} (\dot{Z}_1 - \dot{\xi}_1)^2 + k_{p2} (\dot{Z}_2 - \dot{\xi}_2)^2; \Phi_j^R = k_{ш1} (\dot{\xi}_1 - \dot{q}_1)^2 - k_{ш2} (\dot{\xi}_2 - \dot{q}_2)^2, \end{aligned}$$

где ρ – радиус инерции подрессоренной массы.

Для записи этих выражений использованы уравнения связей:

$$\begin{aligned} \varphi &= \frac{1}{L} (Z_1 - Z_2); Z = \frac{b}{L} Z_1 + \frac{a}{L} Z_2; \Delta_{p1} = Z_1 - \xi_1; \Delta_{p2} = Z_2 - \xi_2; \\ \Delta_{ш1} &= \xi_1 - q_1; \Delta_{ш2} = \xi_2 - q_2. \end{aligned}$$

Произведя дифференцирование по обобщённым координатам и подставив полученные производные в уравнения Лагранжа, после преобразований получим следующую систему дифференциальных уравнений, описывающих движение масс рассматриваемой динамической системы:

$$\begin{aligned} m_0 \frac{b^2 + \rho^2}{L^2} Z_1 + 2k_{p1} \dot{Z}_1 + 2c_{p1} Z_1 + m_0 \frac{ab - \rho^2}{L} \ddot{Z}_2 - 2k_{p1} \xi_1 - 2c_{p1} \xi_1 &= 0; \\ m_0 \frac{a^2 + \rho^2}{L^2} Z_2 + 2k_{p2} \dot{Z}_2 + 2c_{p2} Z_2 + m_0 \frac{ab - \rho^2}{L} \ddot{Z}_1 - 2k_{p2} \xi_2 - 2c_{p2} \xi_2 &= 0; \\ m_0 \ddot{\xi}_1 + 2(k_{p1} + k_{ш1}) \dot{\xi}_1 + 2(c_{p1} + c_{ш1}) \xi_1 - 2c_{p1} Z_1 = 2k_{p1} Z_1 = 2k_{p1} \dot{q}_1 + 2c_{ш1} q_1; \\ m_0 \ddot{\xi}_2 + 2(k_{p2} + k_{ш2}) \dot{\xi}_2 + 2(c_{p2} + c_{ш2}) \xi_2 - 2c_{p2} Z_2 = 2k_{p2} Z_2 = 2k_{p2} \dot{q}_2 + 2c_{ш2} q_2. \end{aligned} \quad (1)$$

Из уравнений (1) видно, что при $ab = \rho^2$ система четырёх уравнений распадается на две самостоятельные системы из двух уравнений вида:

$$\begin{aligned} m_{o1} \ddot{Z}_i + 2k_{pi} \dot{Z}_i + 2c_{pi} Z_i - 2k_{pi} \dot{\xi}_i - 2c_{pi} \xi_i &= 0; \\ m_{o2} \dot{\xi}_i + 2(k_{pi} + k_{ши}) \dot{\xi}_i + 2(c_{pi} + c_{ши}) \xi_i - 2k_{pi} \dot{Z}_i &= 2k_{ши} \dot{q}_i + 2c_{ши} q_i, \end{aligned}$$

где $m_{o1} = \frac{b}{L} m_0; m_{o2} = \frac{a}{L} m_0$.

Компоновки современных ТС таковы, что для большинства конструкций условие $ab = \rho^2$ соблюдается с погрешностью не более 10 %. Это позволяет рассматривать колебания передней и задней частей автомобиля независимо друг от друга. Поэтому в ряде случаев, особенно когда необходимо проследить влияние характеристик отдельных элементов подвески на интенсивность колебаний, можно использовать расчётную схему, приведённую на рис. 2, моделирующую переднюю часть автомобиля.

Расчётные схемы многоосных ТС отличаются от рассмотренных только наличием большего количества мостов. Если на автомобиле применяется балансирующая рессорная подвеска, необходимо в расчётных схемах учитывать момент инерции балансира. Возможно представление балансирующей подвески тремя практически равнозначными схемами, показанными на рис. 3.

На первой схеме упругий элемент, соответствующий рессоре балансира, устанавливается между подрессоренной массой и жёстким балансиром, момент инерции которого относительно оси качения равен моменту инерции реального балансира. По второй схеме жёсткий балансиры соединяется шарнирно с подрессоренной массой, а с неподдресоренной — упругими элементами с жёсткостью, составляющей 0,5 жёсткости рессоры балансира. По третьей схеме колёса связываются жёстким безынерционным балансиром, а масса балансира распределяется между подрессоренной и неподдресоренными массами так, чтобы моменты инерции реальных и расчётных неподдресоренных масс и балансира относительно оси качения были одинаковы. В некоторых случаях при исследовании низкочастотных колебаний подрессорных масс в диапазоне ниже 0,5...5 Гц можно не учитывать инерционные воздействия неподдресоренных масс.

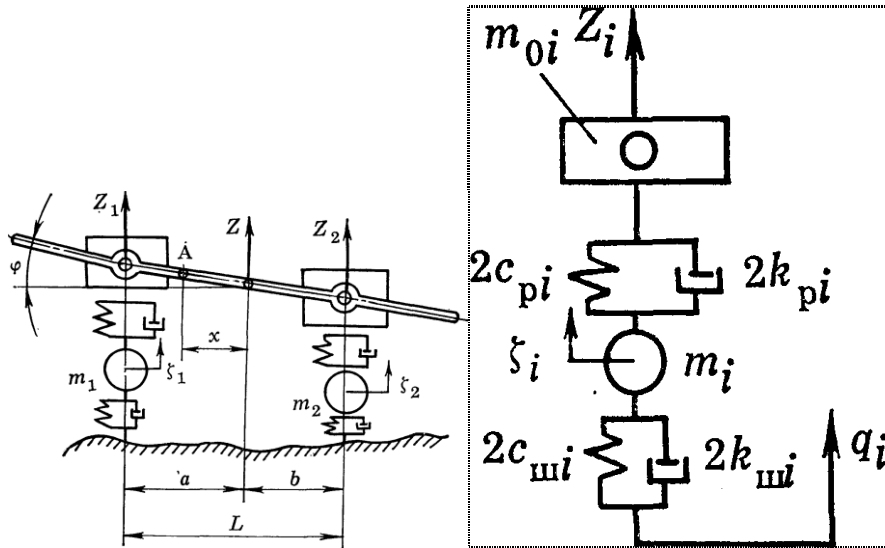


Рис.2. Расчётная схема двухосного автомобиля

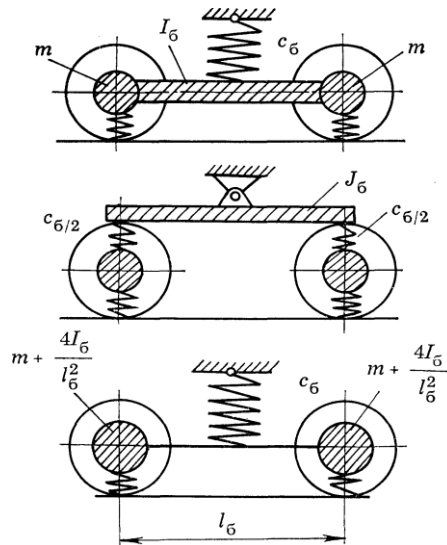


Рис. 3. Моделирование балансирной подвески

В этом случае расчётная схема двухосного ТС может быть представлена в виде балки, установленной на двух пружинах с амортизаторами (см. рис. 2). Жёсткость пружины определяется суммарной жёсткостью рессор и шин:

$$c_1 = c_{pi} c_{шi} / (c_{pi} + c_{шi}),$$

а коэффициент сопротивления амортизатора

$$\kappa_i = k_{ai} / (c_{шi} + c_{pi}).$$

Если возникающие при движении ТС колебания на человека оказывают существенное влияние на колебания поддрессоренной массы или появляется необходимость синтеза дополнительной системы амортизации человека, то целесообразно рассматривать его как колебательную систему. Многочисленные исследования отечественных и зарубежных учёных позволяют рекомендовать некоторые расчётные биодинамические модели человека. В одномассовой модели человек представляется в виде сосредоточенной массы, находящейся на упругом основании. Жёсткость упругого основания и рассеивание энергии в системе определяются жёсткостью и затуханием колебаний в элементах, предназначенных для сидения (подушки, системы поддрессоривания сиденья). Доля массы тела человека, прихо-

дящаяся на сиденье, принимается равной 55 кг (при общей массе человека 75 кг). Существующие подушки сидений имеют жёсткость 7,8...11,8 кН/м у легковых автомобилей и 14,7...19,6 кН/м у грузовых. Коэффициент относительного затухания при отсутствии специального амортизатора сиденья составляет в среднем 0,06...0,18. Такие модели целесообразно использовать при расчётах плавности хода транспортных средств с малой подрессоренной массой или при оценке плавности хода автомобиля по интенсивности колебаний человека на сиденье. Установлено, что костно-мышечные связи человеческого тела имеют нелинейные характеристики, обладающие свойством авторегуляции, т. е. способностью изменяться в зависимости от особенностей воздействующих колебаний.

Основными характеристиками любой колебательной системы являются частоты собственных колебаний и коэффициенты их относительного затухания. Они определяют частотный диапазон возмущений, при которых систему следует рассматривать как динамическую.

Нахождение частот собственных колебаний целесообразно проводить в такой последовательности: составить уравнения движения системы (по схемам без затухания и возмущений), разделить каждое уравнение на инерционный коэффициент, записать уравнения в операторной форме; составить определитель системы, заменив в нём оператор дифференцирования s на мнимую частоту $i\Omega$, и приравнять его нулю; раскрыть определитель и решить его относительно Ω^2 . Вычисление определителя для системы с n степенями свободы сводится к решению уравнения, имеющего несколько корней (значений квадратов частот собственных колебаний).

Уравнения без членов, характеризующих затухание и возмущения в системе, в операторной форме будут иметь вид:

$$\begin{aligned} (s^2 + \omega_{z1}^2)\bar{Z}_1 + \eta_z\bar{Z}_2 - \eta_{\xi1}\bar{\xi}_1 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{z2}^2)\bar{Z}_2 + \eta_z\bar{Z}_1 - \eta_{\xi2}\bar{\xi}_2 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{\xi1}^2)\bar{\xi}_1 - \gamma_{z1}\bar{Z}_1 &= 0; \\ (s^2 + \omega_{\xi2}^2)\bar{\xi}_2 - \gamma_{z2}\bar{Z}_2 &= 0; \end{aligned}$$

где $\omega_{z1}^2 = \frac{2c_{p1}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_o}$; $\omega_{z2}^2 = \frac{2c_{p2}L^2}{(a^2 + \rho^2)m_o}$; $\eta_z = \frac{ab - \rho^2}{b^2 + \rho^2}L$; $\omega_{\xi1}^2 = \frac{2(c_{p1} + c_{ш1})}{m_1}$;
 $\omega_{\xi2}^2 = \frac{2(c_{p2} + c_{ш2})}{m_2}$; $\eta_{\xi1}^2 = \frac{2c_{p1}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_o}$; $\eta_{\xi2}^2 = \frac{2c_{p2}L^2}{(b^2 + \rho^2)m_o}$; $\gamma_{z1} = \frac{2c_{p1}}{m_1}$; $\gamma_{z2} = \frac{2c_{p2}}{m_2}$.

После замены оператора дифференцирования на мнимую частоту получаем следующий определитель системы, вычислением которого могут быть получены частоты собственных колебаний системы

$$\begin{vmatrix} \omega_{z1}^2 - \Omega^2 & \eta_z & -\eta_{\xi} & 0 \\ \eta_z & \omega_{z2}^2 - \Omega^2 & 0 & -\eta_{\xi2} \\ -\gamma_{z1} & 0 & \omega_{\xi1}^2 - \Omega^2 & 0 \\ 0 & -\gamma_{z2} & 0 & \omega_{\xi2}^2 - \Omega^2 \end{vmatrix} = 0 \quad (2)$$

После аналогичных преобразований определитель системы уравнений (2)

$$\begin{vmatrix} \omega_z^2 - \Omega^2 & -\eta_{\xi} \\ -\eta_{\xi} & \omega_{\xi}^2 - \Omega^2 \end{vmatrix} = 0, \quad (3)$$

где $\omega_z^2 = 2c_p / m_{o1}$; $\omega_{\xi}^2 = 2(c_p + c_u) / m_i$; $\eta_z = 2c_p / m_{o1}$; $\eta_{\xi} = 2c_p / m_i$.

Решая уравнение (3), получаем частоты собственных колебаний системы:

$$\Omega^2 = 0,5 \left[(\omega_z^2 + \omega_\xi^2) \pm \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_\xi^2)^2 + 4\eta_z\eta_\xi} \right].$$

Если принять перед корнем знак плюс, имеем более высокую частоту

$$\Omega_6 = \sqrt{0,5 \left[(\omega_z^2 + \omega_\xi^2) + \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_\xi^2)^2 + 4\eta_z\eta_\xi} \right]}, \quad (4)$$

при знаке минус – низкую

$$\omega_z^2 = 2c_p / m_{o1}; \omega_\xi^2 = 2(c_p + c_{ш}) / m_i; \eta_z = 2c_p / m_{o1};$$

$$\Omega_6 = \sqrt{0,5 \left[(\omega_z^2 + \omega_\xi^2) - \sqrt{(\omega_z^2 - \omega_\xi^2)^2 + 4\eta_z\eta_\xi} \right]}. \quad (5)$$

Из выражений (4), (5) видно, что при наличии связи меняется частота собственных колебаний — увеличивается более высокая и уменьшается низкая. Для конструкций реальных ТС коэффициенты связи невелики. При выборе хода отбоя следует учитывать, что скорость ТС при его движении по дорогам с неровной поверхностью может ограничиваться высокой интенсивностью колебаний, передающихся водителю и пассажирам, и наличием частых ударов в ограничители хода. При правильно сконструированной подвеске ограничения скорости движения ТС в наиболее характерных дорожных условиях, вызванные обеими причинами, должны быть одинаковыми.

Результаты исследования. Уменьшить число резонансов или амплитуду колебаний можно путём подбора жёсткости опорных подушек, координат, характеристик масс относительно центра тяжести ТС и сравнения их переходных процессов, рис.4.

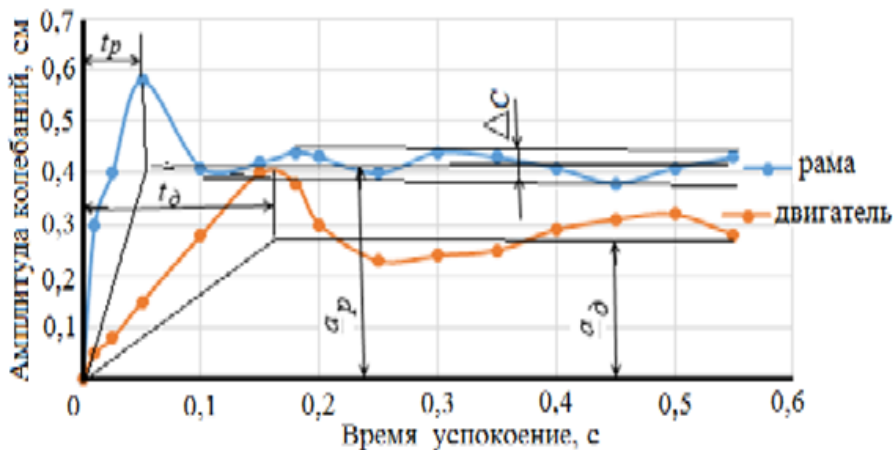


Рис. 4. Переходный процесс вертикальных колебаний рамы и двигателя

По графикам переходных процессов можно определить относительные коэффициенты их затухания. За критерий оценки подвески может быть принято время $t_{зат}$ затухания, при проектировании транспортного средства можно обеспечить снижение амплитуды колебаний поддрессоренной массы до заданной минимальной величины, используя выражение вида

$$t_{зат} = \frac{1}{\varepsilon_y \omega_0} \ln \frac{1}{\lambda(1 - \varepsilon_y^2)} \rightarrow \min,$$

где $\varepsilon_y = k_{зат} / (2m_n \omega_0) = k_{зат} / (2\sqrt{m_n / c_n})$ — степень затухания; $k_{зат}$ — коэффициент затухания, численно равный силе сопротивления подвески при скорости поддрессоренной массы, равной единице ($\dot{z} = 1$); $\omega_0 = \sqrt{c_n / m_n}$ — коэффициент частоты колебаний поддрессоренной массы, зависящий от упругих свойств подвески; c_n — жёсткость подвески; m_n — поддрессоренная масса.

Заключение. Дорожные испытания показали, что если колесо наехало на препятствие и амплитуда составила 0,9 см за 0,25 с, то коэффициент чувствительности колеса составил 4, рамы – 12,5 и двигателя 5. Временем регулирования t_p считалось то время, за которое отклонение от среднего значения приходило к допустимому значению, т. е. время, в течение которого переходный процесс «войдёт в трубку». Отношение времени максимального регулирования поддрессоренной массы к времени такого регулирования неподдрессоренной массы характеризует качества подвески. Время затухания колебаний поддрессоренной массы зависит от жёсткости опорных подушек рессоры: чем больше их жёсткость, тем больше амплитуда колебаний поддрессоренной массы и, соответственно, сильнее динамические удары. Используемые вместо резиновых опорных подушек подушки из материала закрытоячейистой структуры плотностью $0,25 \div 3,0$ кН/м³ обладают более жёсткими, износостойкими, демфирующими и виброизоляционными свойствами по сравнению с резиновыми.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Иванов К. С., Мисевич Ю. В. Дифференциальные уравнения колебаний автомобилей при движении по дорогам // Природные и технологические риски (физико-математические и прикладные аспекты). С.-Петербургский ун-т ГПС МЧС России. 2012. №1 (11). С. 99–108.
2. Дьяков И. Ф. Оптимальный выбор подвески транспортного средства // Вестник Белгородского государственного технологического университета. 2016. №8. С. 146–154.
3. Конструирование и расчёт колёсных машин высокой проходимости / под ред. Н. Ф. Бочарова, И. С. Цитовича. М.: Машиностроение, 1986. 160 с.
4. Варнаков Д. В., Афонин М. А., Пикулин Д. В. Применение методики прогнозирования надёжности двигателей военной автомобильной техники в нормальном и специальном эксплуатационных режимах // Научный вестник Вольского военного института материального обеспечения: военно-научный журнал. 2017. №2 (42). С. 85–90.
5. Методы оценки эксплуатационной надёжности автомобилей / Е. Е. Косенко, А. В. Черпаков, В. В. Косенко и др. // Инженерный вестник Дона. 2017. №3. С. 1–9.
6. Бакфиш К., Хайкин Д. Новая книга о шинах. М.: ООО «Издательство АСТ», 2003. 163 с.

Информация об авторах

И. Ф. Дьяков – доктор технических наук по специальности «Колёсные и гусеничные машины» и «САПР – Система автоматизированного проектирования (промышленность)» УлГТУ, имеет научные статьи, патенты и монографии по автомобилестроению, изданные в издательстве «Машиностроение»;

В. И. Дьяков – кандидат технических наук по специальности «Применение вычислительной техники математического моделирования и математических методов в научных исследованиях», инженер АСУТП – завод ООО «Евроизол», имеет научные статьи в области математического моделирования.

REFERENCES

1. Ivanov K. S., Misevich Yu. V. *Differencial'nye uravneniya kolebanij avtomobilej pri dvi-zhenii po dorogam* [Differential equations of car vibrations when driving on roads]. *Prirodnye i tekhnologicheskie riski (fiziko-matematicheskie i prikladnye aspekty)* [Natural and technological risks (physico-mathematical and applied aspects)]. St. Petersburg Un-t GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia. 2012, No. 1 (11), pp. 99–108.
2. Dyakov I. F. *Optimal'nyj vybor podveski transportnogo sredstva* [Optimal choice of vehicle suspension]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Belgorod State Technological University]. 2016, No. 8, pp. 146–154.
3. *Konstruirovanie i raschyot kolyosnyh mashin vysokoj prohodimosti. Pod red. N. F. Bocharova, I. S. Citovicha.* [Design and calculation of wheeled vehicles of high cross-country. Edited by N.F. Bocharov, I. S. Tsitovich]. Moscow, *Mashinostroenie* [Mechanical engineering], 1986, 160 p.
4. Varnakov D.V., Afonin M.A., Pikulin D.V. *Primenenie metodiki prognozirovaniya nadyozhnosti dvigatelej voennoj avtomobil'noj tekhniki v normal'nom i special'nom ekspluatacionnyh rezhimah* [Applica-

tion of methods of forecasting the reliability of engines of military automotive equipment in normal and special operating modes]. *Nauchnyj vestnik Vol'skogo voennogo instituta material'nogo obespecheniya: voenno-nauchnyj zhurnal* [Scientific bulletin of the Volsky military institute of material support: military scientific journal], 2017, No. 2 (42), pp. 85–90.

5. *Metody ocenki ekspluatatsionnoj nadyozhnosti avtomobilej* [Methods of assessing the operational reliability of cars] E. E., Kosenko A. V. Cherpakov, V. V. Kosenko et al. *Inzhenernyj vestnik Dona* [Engineering Bulletin of the Don], 2017, No. 3, pp. 1–9.

6. Bakfish K., Khaykin D. *Novaya kniga o shinah* [A new book about tires]. Moscow, OOO «Izdatel'stvoAST» [LLC «AST Publishing House»], 2003, 163 p.

Information about the authors

Ivan F. Dyakov – Doctor of Technical Sciences in the specialty «Wheeled and tracked vehicles» and «CAD – Computer-aided design system (industry)», has scientific articles, patents and monographs on the automotive industry published in the central press «Mechanical Engineering»;

Vladislav I. Dyakov – Candidate of Technical Sciences in the specialty «Application of computer technology of mathematical modeling and mathematical methods in scientific research», an employee of the Euroisol LLC plant – an automated control system engineer, has scientific articles in the field of mathematical modeling.

Статья поступила в редакцию 24.02.2022;

одобрена после рецензирования 02.03.2022;

принята к публикации 28.03.2022.

The article was submitted 24.02.2022;

approved after reviewing 02.03.2022;

accepted for publication 28.03.2022.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья
УДК 629.058

Информационная надёжность системы управления мобильным роботом

Виктория Евгеньевна Шикина¹

Ван Туан Чан²

Тиен Мань Фам³

Сергей Константинович Киселев⁴

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

Аннотация. Рассматривается понятие информационной надёжности системы управления, приводится пример обеспечения информационной надёжности системы управления мобильным роботом

Ключевые слова: система управления, погрешность управления, информационная надёжность, мобильный робот.

INFORMATION TECHNOLOGIES

Scientific article

Information reliability of mobile robot control system

Victoria E. Shikina¹

Van T. Chan²

Tien M. Pham³

Sergey K. Kiselev⁴

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

Abstract. The concept of information reliability of the control system is considered, an example of ensuring the information reliability of the control system of a mobile robot is given.

Keywords: control system, control error, information reliability, mobile robot.

Качество функционирования системы управления каким-либо объектом зависит от большого ряда факторов, таких как точность и быстродействие, соотношение полезных сигналов и помех (помехоустойчивость), внешние условия и воздействия, схемотехническая надёжность, параметры окружающей среды, продолжительность работы, масса, габариты, потребляемая мощность, простота или сложность конструкции, условия обслуживания и т. п.

Для удобства использования различные факторы разбиваются на группы, отражающие эффективность и надёжность функционирования. При этом выделяются и группируются показатели эффективности, посредством которых оценивается информационная, конструктивная и эксплуатационная эффективность.

Аналогично группируются показатели надёжности, которыми оценивается информационная, конструктивная и эксплуатационная надёжность.

Конструктивная (схемотехническая) надёжность определяется безотказной работой элементов системы в заданном интервале времени при заданных внешних условиях при условии отсутствия помех и ошибок. Учитывая, что элементы и узлы системы управления часто подвержены помехам и при их функционировании возникают ошибки, то для оценки надёжности работы системы управления, больше подходит информационная надёжность. Информационная надёжность определяется как способность алгоритма функционирования системы правильно выполнять свои функции при различных ошибках в исходных данных [1].

При этом информационная надёжность связана с другими показателями эффективности и надёжности следующим образом [2]:

- повышение информационной надёжности за счёт многократных измерений и их вычислительной обработки приводит к снижению информационной эффективности вследствие дополнительных затрат времени;

- повышение информационной надёжности за счёт дополнительных технических средств для обнаружения и устранения ошибок элементов системы приводит к снижению конструктивной надёжности вследствие усложнения аппаратуры;

- повышение информационной надёжности за счёт дополнительных технических средств для обнаружения и устранения ошибок элементов системы приводит к снижению конструктивной эффективности вследствие усложнения аппаратуры.

Информационная надёжность в общем случае представляет собой многомерный вектор $W_{ин}$, зависящий от входного потока данных X и от параметров системы Q :

$$W_{ин} = F(\alpha(X, Q)), \quad (1)$$

где α – частный параметрический показатель; F – некоторый функционал, объединяющий частные показатели.

В качестве частных показателей информационной надёжности могут быть использованы [2]:

- потенциальная помехоустойчивость, определяемая соотношением пороговых значений полезных сигналов и помех;

- информационный показатель, вычисляемый через соотношение энтропии входного сигнала и условной энтропии, характеризующей интенсивность помех, действующих в процессе работы на систему;

- вероятностный показатель погрешности – вероятность того, что погрешность в ходе функционирования системы не превысит заданной.

Вероятностный показатель погрешности равен:

$$\beta(\delta) = 1 - \Phi\left(\frac{\delta_{тз} - \delta_{ср}}{\delta_{ср.кв.}}\right), \quad (2)$$

где Φ – функция, выражаемая через интеграл вероятности; $\delta_{тз}$ – погрешность системы по техническому заданию; $\delta_{ср}$ и $\delta_{ср.кв.}$ – средняя и среднеквадратическая погрешности.

В работе [3], посвящённой рассмотрению вопросов информационной надёжности, контроля и диагностики навигационных систем, указано, что показателем информационной надёжности (надёжности по информационным отказам, ошибкам и сбоям) является точность

системы, с учётом того, что она включает в свой состав средства для парирования информационных ошибок, основанные на структурной, информационной и алгоритмической избыточности. А также средства контроля и диагностики информационных ошибок и отказов (СКО).

В [4] рассмотрена система и способ управления мобильным роботом при ошибках приемника спутниковой навигационной системы. Способ основан на выборе режима управления в системе – по измеренным данным положения робота в случае целостности навигационных данных спутниковой навигационной системы или по данным, вычисленным по модели робота, в противном случае. Реализация способа позволяет избежать значительных отклонений робота от заданной траектории движения на интервалах потери сигнала спутниковой навигационной системы (СНС).

Результаты моделирования движения робота по траектории при реализации описанного способа управления приведены на рис. 1.

Для оценки эффективности способа определялись отклонения ΔX , ΔY , ΔL , по координатам X и Y , возникающие при движении, а также по расстоянию L от точки на заданной траектории до точки, в которой находится робот на реальной траектории движения, а также СКО этих величин: σX , σY , σL .

Сравнительные результаты при управлении без учёта ошибок и с переключением на управление по модели робота приведены в табл. 1, 2.

Таким образом, по результатам в табл. 1, 2 видно, что при использовании рассмотренного способа с выбором режима управления по модели робота при возникновении ошибок приёмника СНС погрешности в среднем в 2–10 раз меньше, чем без изменения управления, как по абсолютным отклонениям от заданной траектории, так и по СКО.

Следовательно, данная система, реализующая, как было указано выше, средства для парирования информационных ошибок, основанные на структурной, информационной и алгоритмической избыточности (в данном случае это способ управления с переключением режима) и средства контроля и диагностики информационных ошибок и отказов (на основании работы которых происходит переключение режима управления) обеспечивает повышение информационной надёжности системы управления мобильным роботом.

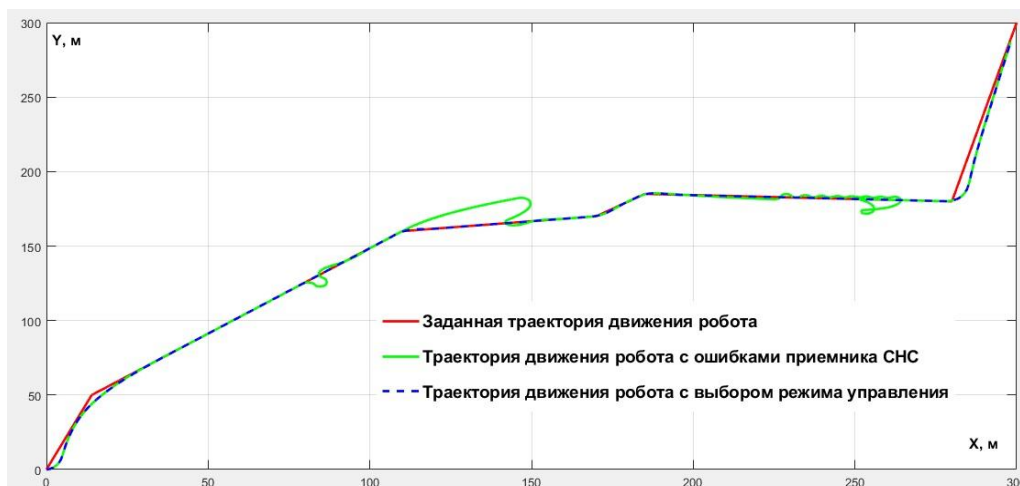


Рис. 1. Траектории движения робота при возникновении ошибок приёмника СНС без изменения способа управления и с выбором режима управления

Таблица 1
 Максимальные погрешности траектории движения робота

$\Delta_X^{\text{без управ.}}$, м	$\Delta_Y^{\text{без управ.}}$, м	$\Delta_L^{\text{без управ.}}$, м
32,99	18,80	32,99
$\Delta_X^{\text{с перекл.}}$, м	$\Delta_Y^{\text{с перекл.}}$, м	$\Delta_L^{\text{с перекл.}}$, м
3,11	5,20	7,29

Таблица 2
 Оценка СКО

$\sigma_X^{\text{без управ.}}$	$\sigma_Y^{\text{без управ.}}$	$\sigma_L^{\text{без управ.}}$
8,47	4,50	9,60
$\sigma_X^{\text{с перекл.}}$	$\sigma_Y^{\text{с перекл.}}$	$\sigma_L^{\text{с перекл.}}$
2,04	2,38	3,13

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гвардейцев М. И., Морозов В. П., Розенберг В. Я. Специальное математическое обеспечение управления. М.: Сов. радио, 1978. 512 с.
2. Чернявский Е. А., Недосекин Д. Д., Алексеев В. В. Измерительно-вычислительные средства автоматизации производственных процессов. Л.: Энергоатомиздат: Ленингр. отделение, 1989. 271 с.
3. Дмитриев С. П., Колесов Н. В., Осипов А. В. Информационная надёжность, контроль и диагностика навигационных систем. СПб.: ГНЦ РФ ОАО «Концерн «ЦНИИ Электронприбор». 2004. 208 с.
4. Киселев С. К., Чан В. Т. Управление движением наземного мобильного робота при нарушении целостности навигационных данных

спутниковой навигационной системы // Автоматизация процессов управления. 2021. №2 (64). С. 4–12.

Информация об авторах

В. Е. Шикина – старший преподаватель кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ. Имеет научные работы в области приборостроения;

Ван Туан Чан – аспирант кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ. Имеет статьи в области моделирования и исследования систем управления движением наземных мобильных роботов;

Тиен Мань Фам – аспирант кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ. Имеет статьи в области моделирования и исследования систем управления движением

наземных мобильных роботов;

С. К. Киселев – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ. Имеет статьи, монографии, изобретения в области приборостроения, разработки и исследования бортовых систем управления.

REFERENCES

1. Gvardeitsev M. I., Morozov V. P., Rozenberg V. Ya. *Special'noe matematicheskoe obespechenie upravleniya* [Special mathematical software for control]. Moscow, Sov. radio, 1978, 512 p.

2. Chernyavsky E. A., Nedosekin D. D., Alekseev V. V. *Izmeritel'no-vychislitel'nye sredstva avtomatizatsii proizvodstvennykh processov*. [Measuring and computing means of automation of production processes]. L.: *Energoatomizdat: Leningr. otd-nie*, [Energoatomizdat: Leningrad. Department], 1989, 271 p.

3. Dmitriev S. P., Kolesov N. V., Osipov A. V. *Informacionnaya nadyozhnost', kontrol' i diagnostika navigacionnykh sistem* [Information reliability, control and diagnostics of navigation systems]. St. Petersburg. :GNC RF OAO «Koncern «CNII Elektropribor» [State Scientific Center of the Russian Federation OJSC «Concern TsNII Elektropribor»], 2004, 208 p.

4. Kiselev S.K., Chan V.T. *Upravlenie dvizheniem nazemnogo mobil'nogo robota pri narushenii celostnosti navigacionnykh dannykh sputnikovoj navigacionnoj sistemy* [Control of the movement of a ground mobile robot in case of

violation of the integrity of the navigation data of a satellite navigation system]. *Avtomatizatsiya processov upravleniya* [Automation of control processes]. 2021. No. 2 (64), pp. 4–12.

Information about the authors

V. E. Shikina – senior lecturer of the Department «Measuring and computing complexes» of UISTU. He has scientific works in the field of instrument engineering;

V. T. Chan – postgraduate student of the Department of measuring and computing complexes of UISTU. He has articles in the field of modeling and research of motion control systems for ground-based mobile robots;

T. M. Pham – postgraduate student of the Department of measuring and computing complexes of UISTU. He has articles in the field of modeling and research of motion control systems for ground-based mobile robots;

S. K. Kiselev – Doctor of technical sciences, Head of the Department «Measuring and computing complexes» of UISTU. He has articles, monographs, inventions in the field of instrumentation, development and research of on-board control systems.

Статья поступила в редакцию 04.05.2022;
одобрена после рецензирования 20.05.2022;
принята к публикации 29.05.2022.
The article was submitted 04.05.2022;
approved after reviewing 20.04.2022;
accepted for publication 25.05.2022.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья
УДК 004.8:336.71

Искусственный интеллект в банковской сфере

Татьяна Геннадьевна Старостина¹
Екатерина Владимировна Романенко²

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

Аннотация. Рассмотрены сферы применения искусственного интеллекта в банковской сфере. Приведены перспективные области применения технологий искусственного интеллекта в банковской деятельности. Раскрыты барьеры, препятствующие развитию искусственного интеллекта в банках. Рассмотрены риски применения искусственного интеллекта в банковской сфере.

Ключевые слова: искусственный интеллект, банковская деятельность, машинное обучение, барьеры, риски искусственного интеллекта.

INFORMATION TECHNOLOGIES
Scientific article

Artificial intelligence in banking

Tatiana G. Starostina¹
Ekaterina V. Romanenko²

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

Abstract. The spheres of application of artificial intelligence in the banking sector are considered. Promising areas of application of artificial intelligence technologies in banking are given. The barriers preventing the development of artificial intelligence in the banking sector are revealed. The risks of using artificial intelligence in the banking sector are considered.

Keywords: artificial intelligence, banking, machine learning, barriers, risks of artificial intelligence.

Искусственный интеллект широко используется банками в своей повседневной деятельности. Сферы применения искусственного интеллекта в банковской сфере достаточно обширны и охватывают как область предоставления услуг клиентам, так и область совершенствования бизнес-процессов. Несмотря на достаточно широкий спектр применения искусственного интеллекта в банковской сфере, существуют перспективы расширения использования данной технологии. Банковские услуги подстраиваются под меняющийся рынок услуг не только путём перехода в цифровое пространство, но и путём совершенствования существующих услуг и разработке новых их видов.

На сегодняшний день банки применяют искусственный интеллект, ориентированный на выполнение узких прикладных задач, таких, например, как голосовые помощники и чат-боты.

Применение данной технологии в области коммуникации с клиентами позволяет значительно сэкономить финансовые и трудовые затраты на клиентское обслуживание. Однако не всегда поставленные перед искусственным интеллектом задачи этой области могут быть решены корректно. С другой стороны, в сфере скоринга клиентов и биометрии искусственный интеллект показывает себя как достаточно зрелая технология.

Внедрение технологии искусственного интеллекта потребовало от банков значительных финансовых затрат. Внедрение данной технологии позволило ускорить доступ к банковским продуктам, автоматизировать большинство процессов, тем самым увеличив скорость клиентского обслуживания. Использование технологии искусственного интеллекта также привело к трансформации доходов и расходов банка [4].

Переход к цифровой экономике, пандемия коронавируса и многие другие факторы ускорили

ли переход банковских услуг в дистанционный формат, что открыло новые возможности для развития искусственного интеллекта в банках. Совсем недавно основными направлениями применения искусственного интеллекта в банках являлись кредитный скоринг, оценка рисков и боты поддержки клиентов. На сегодняшний момент банки активно принимают участие в разработке программных продуктов, нацеленных на персонализацию и эмоциональную оценку клиента при его обслуживании в отделении банка (развитие эмоциональной нейросети).

Персонализация банковских продуктов на основе технологий машинного обучения позволит банкам более качественно удовлетворять потребности клиентов. Это обусловлено тем, что персонализация будет основана на опыте клиента в использовании банковских продуктов, уровне его трат, сбережений и предпочтений, активности в приложении и на сайте банка. Такой подход позволит банкам увеличить объём продаж своих продуктов. Например, резко возросшие траты клиента могут являться паттерном того, что клиенту недостаточно собственных средств и его, возможно, заинтересует предложение по кредиту. Или клиенту, у которого при начислении заработной платы за текущий месяц имеется достаточный остаток средств от предыдущей заработной платы, могут быть интересны инвестиционные продукты.

Несмотря на широкое распространение технологий искусственного интеллекта, их применение на данный момент сталкивается со следующими барьерами. Одним из основных барьеров для развития применения технологий искусственного интеллекта является возможность сбора, обработки, обмена и хранения данных клиента. С одной стороны, банковская деятельность подлежит регулированию, что обеспечивает сохранность персональных данных. С другой стороны, рынок баз данных, в том числе и от банков, пополняется постоянно, что свидетельствует об утечке данных и недостаточному механизму их защиты.

Развитие технологий искусственного интеллекта, их повсеместное применение требуют соответствующих квалифицированных специалистов в этой области. К ним относятся специалисты по обработке больших данных для решения поставленных задач, по машинному обучению, разработке программного обеспечения и т.д.

Не менее серьёзным барьером применения искусственного интеллекта является его высокая стоимость. Технология искусственного интеллекта требует затрат значительного объёма фи-

нансовых ресурсов, в том числе на оборудование. Возросшая популярность криптомайнинга и фактически полное отсутствие регулирования этого вопроса со стороны государства привели к резкому подорожанию рынка видеокарт.

Барьером, препятствующим развитию искусственного интеллекта, также является ментальная сторона взаимоотношений банка и клиента. Некоторые клиенты отказываются пользоваться услугами интернет-банкинга, предпочитая физическое посещение офиса.

Использование искусственного интеллекта в банковской сфере сопряжено с рядом рисков. Ещё на этапе зарождения вопросы этики применения искусственного интеллекта стояли достаточно остро. Для устранения такого серьёзного недостатка банками были разработаны принципы этики, в которых раскрыты пути решения этических дилемм [1, с. 37].

Риски применения искусственного интеллекта также связаны с безопасностью его применения для человека, его экономическими последствиями. Так, широкое распространение применения искусственного интеллекта в области скоринга, взаимоотношений с клиентами и в целом распространение интернет-банкинга привело к значительному сокращению количества рабочих мест.

Сложность систем, использующих искусственный интеллект, может вызвать недоверие к ним со стороны клиентов. Алгоритмы, лежащие в основе принятия решения, могут быть подвержены предвзятости и непредсказуемы. В случае выхода системы из-под контроля она может принимать ошибочные решения. Примером может служить отказ в выдаче кредита клиенту, удовлетворяющему всем требованиям банка как заёмщика.

В своей работе банки используют различные источники информации. От качества поступающей информации зависит результат работы моделей искусственного интеллекта. В связи с чем ещё одним риском применения систем искусственного интеллекта является намеренное искажение исходных данных из внешних источников. Для минимизации данного вида риска вопросам требования к системам информационной безопасности банки уделяют особое внимание.

Для построения качественных моделей необходима глубокая экспертиза команды как в области понимания алгоритмов, инструментов, так и банковских процессов. Это барьер преодолить за счёт инвестиций в развитие сотрудников и программы подготовки начинающих специалистов на стороне компаний [3].

Применение систем искусственного интеллекта позволяет оперировать огромными массивами

данных, что очень важно для финансового сектора. Использование машин для принятия управленческих и других решений, для оптимизации работы с клиентами, расчёта эффективности инвестиций без воздействия человеческого фактора или его минимизации, означает принятие решений на основе только информации без личностного подхода, который зачастую накладывает негативный оттенок, нивелируется коррупционная подоплека принятия решения [2, с. 524].

Подводя итог, можно сделать вывод, что технологии искусственного интеллекта нашли широкое применение в банковской деятельности. В настоящий момент данные технологии применяются в области кредитного скоринга, взаимоотношений с клиентами, маркетинге, риск-менеджменте, биометрии клиентов, выявлении мошеннических транзакций и т. д. Дальнейшее применение технологии искусственного интеллекта в банковской отрасли видится в таких направлениях, как персонализация банковских продуктов, развитие эмоциональной нейросети, совершенствование бизнес-процессов, взыскание задолженности и иные области.

Применение технологий искусственного интеллекта затруднено в связи с такими барьерами, как отсутствие квалифицированных кадров, высокая стоимость технологий, проблемы использования данных клиента. Использование искусственного интеллекта в банковской сфере сопряжено с рядом рисков, к которым можно отнести этические проблемы, недоверие клиентов к системам искусственного интеллекта, риск намеренного искажения данных из внешних источников.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зорин Г. Е. Искусственный интеллект и его применение в банковской сфере // Вестник Российского университета кооперации. 2020. №1 (39). С.31–36.

2. Шермухамедов Б. А. Системы искусственного интеллекта в банковской сфере // Россия: тенденции и перспективы развития. 2021. №16-2. С. 523–525.

3. Искусственный интеллект в банковской сфере: опрос раскрывает факторы успеха // Аналитическая платформа SAS. 2022. Режим доступа: https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/analytics/ai-in-banking-survey-reveals-factors-for-success.html (дата обращения: 17.05.2022).

4. Искусственный интеллект в финансах: как банки используют нейросети // РБК Тренды – кроссплатформенный проект о тенденциях в экономике, бизнесе, технологиях и обществе, которые меняют нашу жизнь. 2022. Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/social/61f162f09a79471cfba0de6c> (дата обращения: 17.05.2022).

Информация об авторах

Т. Г. Старостина – кандидат экономических наук, доцент. Заведующий кафедрой «Финансы и кредит» УлГТУ. Заместитель декана инженерно-экономического факультета по учебной работе;

Е. В. Романенко – старший преподаватель кафедры «Финансы и кредит» УлГТУ.

REFERENCES

1. Zorin G. E. *Iskusstvennyj intellekt i ego primenenie v bankovskoj sfere* [Artificial intelligence and its application in the banking sector]. *Vestnik Rossijskogo universiteta kooperacii*. [Bulletin of the Russian University of Cooperation]. 2020, No. 1(39), pp. 31–36.

2. Shermukhamedov B. A. *Sistemy iskusstvennogo intellekta v bankovskoj sfere* [Artificial intelligence systems in the banking]. *Rossiya: tendencii i perspektivy razvitiya* [Russia: trends and development prospects]. 2021, No. 16-2, pp. 523–525.

3. *Iskusstvennyj intellekt v bankovskoj sfere: opros raskryvaet fatory uspekha* [Artificial intelligence in the banking sector: a survey reveals success factors]. *Analiticheskaya platform SAS* [Analytical platform SAS]. 2022. *Rezhim dostupa* [Access mode]: https://www.sas.com/ru_ru/insights/articles/analytics/ai-in-banking-survey-reveals-factors-for-success.html (accessed: 17.05.2022).

4. *Iskusstvennyj intellekt v finansah: kak banki ispol'zuyut nejroseti* [Artificial intelligence in finance: how banks use neural networks]. *RBK Trendy – krossplatformennyj projekt o tendenciyah v ekonomike, biznese, tekhnologiyah i obshchestve, kotorye menyayut nashu zhizn'* [RBC Trends – a cross-platform project about trends in the economy, business, technology and society that are changing our lives]. 2022. *Rezhim dostupa* [Access mode]: <https://trends.rbc.ru/trends/social/61f162f09a79471cfba0de6c> (accessed: 17.05.2022).

Information about the authors

T. G. Starostina – Candidate of economic sciences, Associate professor. Head of the Department «Finance and credit» of UISTU. Deputy dean of the Faculty of engineering and economics for Academic affairs;

E. V. Romanenko – senior lecturer of the Department «Finance and credit» of UISTU.

Статья поступила в редакцию 21.05.2022;
одобрена после рецензирования 10.06.2022;
принята к публикации 14.06.2022.
The article was submitted 21.05.2022;
approved after reviewing 10.06.2022;
accepted for publication 14.05.2022.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Научная статья

УДК 004.72

Виталий Евгеньевич Дементьев¹

Сергей Владимирович Елягин²

Владислав Игоревич Кутузов³

^{1, 2, 3}Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

Особенности разработки архитектуры многоцелевой сенсорной сети

Аннотация. Посвящена исследованию особенностей разработки универсального протокола уровня L2/L3 для организации сети, узлами которой являются сенсоры (датчики) и актуаторы (исполнительных организмов). Рассматриваются некоторые особенности реализации программного обеспечения радиомодулями, позволяющие формировать сенсорные сети произвольного масштаба.

Ключевые слова: сенсорные сети, разработка сетевых протоколов, архитектура сенсорных сетей, архитектура ПО, язык C, организация сенсорной сети.

INFORMATION TECHNOLOGY

Scientific article

Features of the multi-purpose sensor network architecture development

Vitaly E. Dementiev¹

Sergey V. Elagin²

Vladislav I. Kutuzov³

^{1, 2, 3} Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

Abstract. The article is devoted to the study of the features of the development of a universal protocol of the L2/L3 level for the organization of a network, the nodes of which are sensors (sensors) and actuators (executive organisms). Some features of the software implementation by radio modules that allow the formation of sensor networks of arbitrary scale are considered.

Keywords: sensor networks, network protocol development, sensor network architecture, software architecture, C language, sensor network organization.

В ряде практических приложений возникает задача сбора данных с территориально распределённых измерительных устройств. Примером такой задачи является сбор данных о потреблённых энергоресурсах, мониторинг состояния климата в помещениях, получение информации о состоянии корневых датчиков в охранных системах и т. д. Обычно эта задача решается либо с использованием проводных соединений, либо с использованием сетей сотовой подвижной связи. Однако в ряде задач организация проводных соединений и использование модулей сетей сотовой связи оказывается экономически нецелесообразным. Одним из выходов в этой ситуации является использование сенсорных сетей передачи

данных, позволяющих осуществлять эстафетную передачу информации по автоматически формируемым радиоканалам малой мощности. Такой подход исключает необходимость в прокладке кабельных соединений или в оплате услуг оператора связи. В то же время при организации сенсорных сетей связи возникает ряд новых задач, связанных с поиском оптимальных алгоритмов маршрутизации и передачи информации. В настоящей работе рассматриваются особенности реализации таких алгоритмов. При этом в фокусе находится проблематика создания максимально универсальных программных блоков, способных запускаться на радиомодулях разного вида [1].

Рассмотрим вначале следующую общую древовидную сетевую топологию, предполагающую возможность ретрансляции пакетов в случае, если узел назначения пакета расположен вне зоны

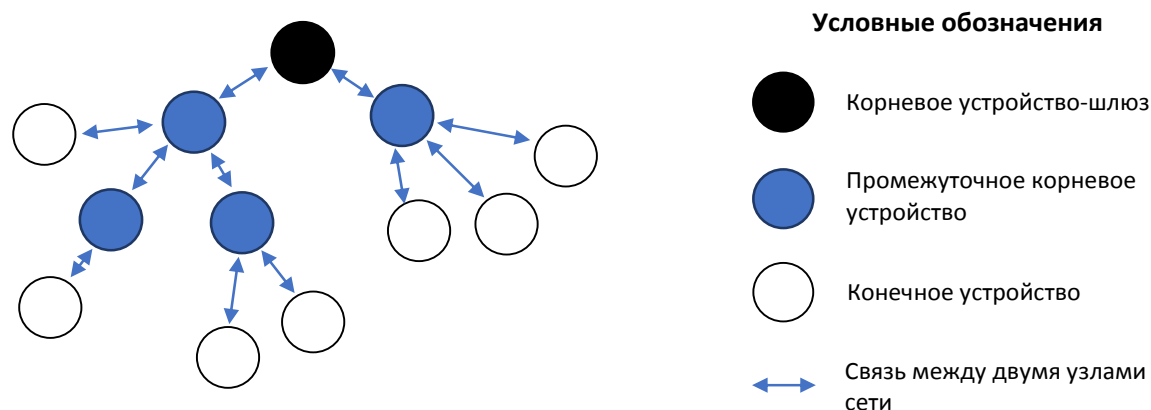


Рис. 1. Пример топологии сети разрабатываемого протокола

достижимости узла отправителя пакета. Узлы такой сети могут иметь одну из трёх ролей: корневое устройство-шлюз, промежуточное корневое устройство и конечное устройство (рис. 1).

Ясно, что такая сеть должна обладать свойством самоорганизации. Это означает, что узлы сети при подаче на них питания будут сами определять своё место в древовидной топологии сети. Поставим задачу по реализации алгоритмов взаимодействия узлов в такой сети таким образом, чтобы обеспечить, с одной стороны, максимальную совместимость с подавляющим большинством имеющихся на рынке радиомодулей, а с другой – возможность простой интеграции по внешние системы [1].

Проведённый анализ показал, что достичь максимального уровня совместимости возможно в случае, если исполняемый код будет написан на «чистом» языке C, использующим только стандартные библиотеки (stdlib.h, stdio.h, time.h). Это означает, что при написании кода будут доступны лишь базовые арифметические функции, функции ввода-вывода и набор достаточно примитивных структур данных (char, int, float и double) с модификаторами типов (signed, unsigned, short, long) [2]. При этом особое внимание при разработке протокола взаимодействия узлов в сенсорной сети необходимо уделить вопросам работы с передаваемыми массивами данных. Дело в том, что распространённой практикой при работе с массивами на языке Си является передача в аргумент функции указателя (адреса) первого элемента массива. В этом случае обеспечивается прямой доступ к ячейкам памяти, где хранится массив. Вместе с этим появляется вероятность появления критических ошибок связанных с перезаписью областей памяти, выходящих за пределы массива [3]. Распространённой проблемой при прямом доступе к памяти

также являются так называемые утечки памяти, когда программа выделяет память под некоторую временную структуру данных, но по окончании срока жизни этой структуры её не освобождает. К сожалению, использование относительно низкоуровневых универсальных функций работы с массивами потребовало особой аккуратности и тщательной проработки используемых алгоритмов.

Использование стандартных библиотек языка C и прямого доступа к памяти позволяет не только обеспечить максимальную совместимость, но также высокие показатели скорости исполнения кода микропроцессором и минимально возможное потребление памяти за счёт исключения поддержки не используемых в коде библиотек.

Существенным недостатком выбора языка C в качестве основного инструмента для реализации программного обеспечения является невозможность использования объектно-ориентированных подходов, привычных в C++, Java, C# и др., где в качестве элемента выступает такая универсальная структура данных, как объект класса. Для обеспечения необходимого уровня абстракции и целостности, а также соответствия архитектуры программ управления радиомодулями стандартам по передаче данных возьмём за основу семиуровневую модель взаимодействия открытых систем (OSI) [4] [5].

Анализ данных в представленной таблице 1 показывает, что разрабатываемое ПО должно реализовывать второй и частично третий уровни модели OSI. Взаимодействие на этих уровнях в рамках сенсорной сети упрощенно представлено на рис. 2.

В рамках второго уровня модели OSI необходимо определить адресацию узлов в сети (аналог MAC в Ethernet) и порядок доступа к эфиру. В соответствии с третьим уровнем узлы должны находить маршрут к узлу сети, с которым узел отправитель сообщения не имеет прямой связи.

Таблица 1

Семиуровневая модель взаимодействия открытых систем (OSI)

Модель OSI				
Уровень (layer)	Тип данных (PDU)	Функции	Пример (протоколы, стандарты)	Оборудование
7. Прикладной (application)	Данные (строки, xml, JSON, HTML и др.)	Доступ к сетевым службам	HTTP, FTP, POP3, WebSocket	Хосты (клиенты сети), Межсетевой экран
6. Представления (presentation)	Данные (шифрованные и/или кодированные блоки)	Представление и шифрование данных	ASCII, EBCDIC, JPEG, MIDI	
5. Сеансовый (session)	Данные	Управление сеансом связи	RPC, PAP, L2TP, gRPC	
4. Транспортный (transport)	TCP -сегменты (segment) /UDP-датаграммы (datagram)	Прямая связь между конечными пунктами и надёжность	TCP, UDP, SCTP,	
3. Сетевой (network)	Пакеты (packet)	Определение маршрута и логическая адресация	IPv4, IPv6, IPsec, AppleTalk, ICMP	Маршрутизатор, Сетевой шлюз, Межсетевой экран
2. Канальный (datalink)	Биты (bit)/Кадры (frame)	Физическая адресация, управление доступом к среде	PPP, IEEE 802.22, Ethernet, DSL, ARP, сетевая карта	Сетевой мост, Коммутатор, точка доступа
1. Физический (physical)	Биты (bit)	Работа со средой передачи, сигналами и двоичными данными	USB, RJ, 802.11 («витая пара», коаксиальный, оптоволоконный), радиоканал	Концентратор, Повторитель (сетевое оборудование), Радиоприёмопередатчик

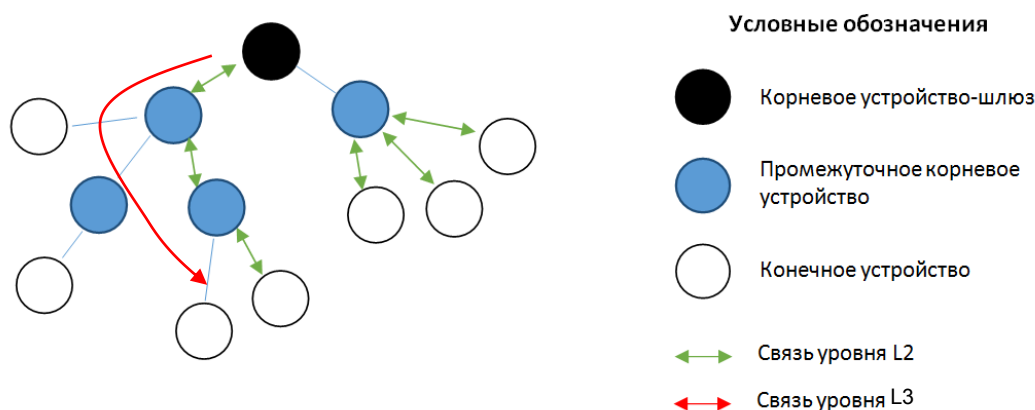


Рис. 2. Пример связей уровня L2 и L3 между узлами сети протокола

Очевидно, что для решения данной задачи каждый корневой узел (шлюз и промежуточный) должен строить таблицы маршрутизации или карту сети. Реализация вышележащих уровней (4, 5, 6, 7) ложится на сторонних разработчиков информационных систем. Нижележащий уровень (1) определяется типом используемого радиоканала (тип модуляции, помехоустойчивое

кодирование и др.) и должен быть обеспечен самим применяемым радиомодулем.

С учётом изложенного, результатом реализации протокола на уровнях L2 и L3 является функция, принимающая некоторые входные данные в виде массива байт, и возвращающая готовый к отправке в сеть пакет. Для создания такой функции необходимо определить поля, определяющие различные данные, которые

необходимы для работы протокола (адрес узла, списки узлов, различные статусы, структуры пакетов, временные метки и т. д.). Эти поля должны быть доступны только основной и вспомогательным функциям, входящих в состав кода, реализующего протокол. Доступ на изменение рабочих полей для вспомогательных функций следует предоставлять через основную функцию протокола путём передачи в аргумент вспомогательной функции указателя на соответствующее поле. В этом случае реализации протокола можно представить в виде следующей схемы (рис. 3).

После определения внутренней структуры протокола следует рассмотреть особенности встраивания программного модуля во внешнее приложение, включая особенности взаимодействия с другими компонентами этого внешнего приложения. Для этого определим, что источником и получателем информации в сенсорной

сети будут являться сами радиомодули, сопряжённые с соответствующими измерительными и исполнительными устройствами. Передаваемые данные могут быть служебными, предназначенными для поддержания сетевого соединения, и полезными, содержащими передаваемую информацию. Это позволяет выделить несколько разнонаправленных потоков информации:

- от датчиков к радиопередатчику;
- от радиопередатчика к периферийным устройствам или подпрограмме на дополнительную обработку (агрегация, фильтрация, обновление и т. д.);
- от радиопередатчика в рамках поддержания сетевого соединения;
- от внутренних подмодулей в сеть или на периферийные устройства (реакция на различные события, планировщик заданий, повторная отправка и т. д.).

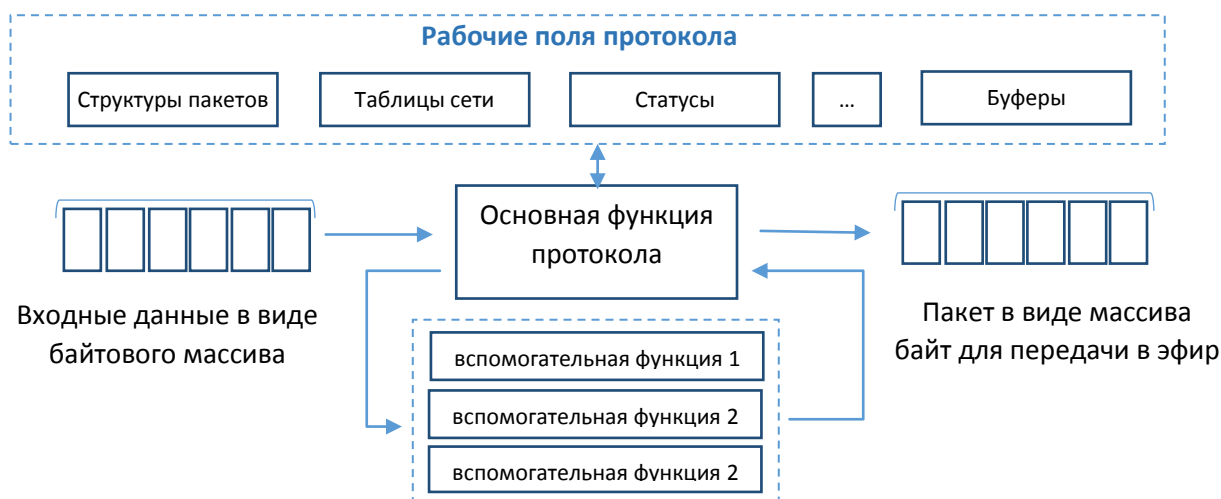


Рис. 3. Архитектура программного модуля, реализующего протокол

Наличие различных потоков информации требует соответствующих обработчиков этой информации. Эти обработчики (вспомогательные функции) можно поместить в модуль основной логики, которая будет по необходимости вызывать остальные по ходу исполнения программы. Отдельно следует выделить модули, отвечающие за взаимодействие с периферией (датчиками и модулями связи). Модуль протокола связи с помощью входящих и исходящих пакетов отвечает за взаимодействие узла с сетью. Тогда архитектура приложения, работающего в памяти одного узла сети, может быть проиллюстрирована с помощью следующего рис. 4.

Из общей схемы понятно, что модуль про-

токола связи на вход может получать данные в двух случаях: 1) когда программе необходимо отправить данные, полученные с периферийных устройств; 2) когда необходимо обработать пакет, полученный из радио модуля. В первом случае функцией основной логики при вызове функции протокола связи в качестве аргумента должен быть передан массив с данными для его упаковки в пакет. Во втором случае в качестве аргумента должен быть передан пакет в виде байтового массива. Внутри функции протокола необходимо определить механизмы валидации входных данных (пакет от радио модуля или данные с сенсора), для запуска соответствующей процедуры.



Рис. 4. Взаимодействие программного модуля протокола с остальными элементами предполагаемого приложения

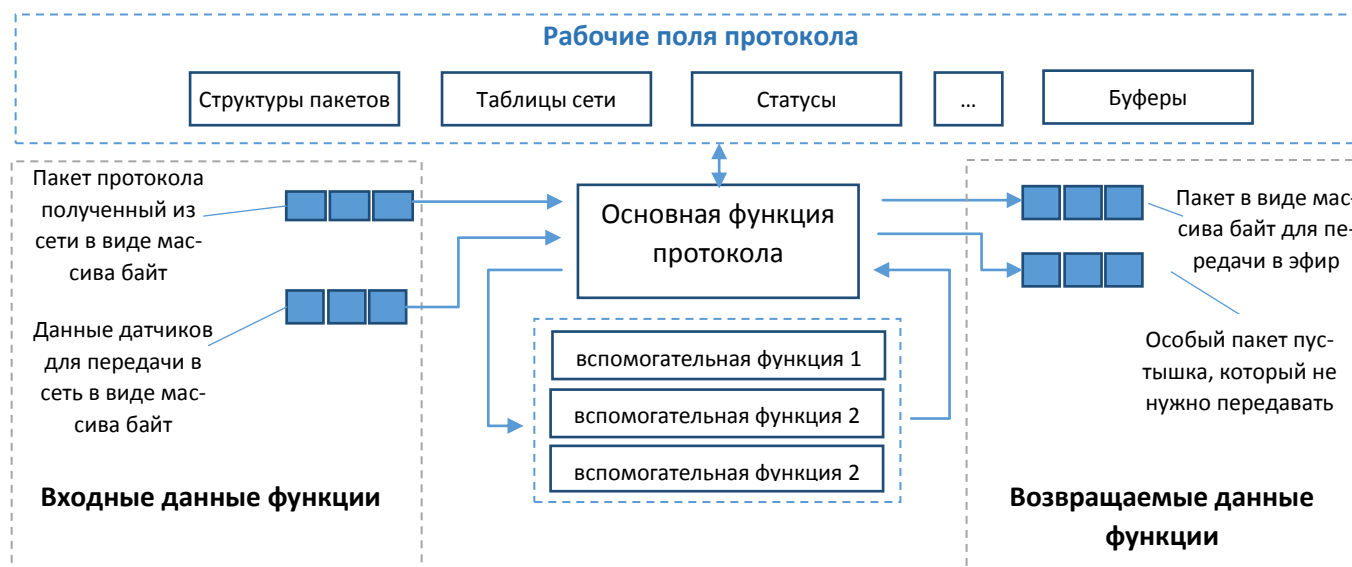


Рис. 5. Дополненная архитектура исполняемого кода, реализующего протокол

Рассмотрим теперь выход функции протокольного модуля. В зависимости от сценария, который был определён на входе, на выходе может быть массив, содержащий пакет на отправку, либо ничего не быть. Данная ситуация может возникнуть, если на некоторый пакет протокол не должен генерировать ответ, например в случае получения квитанции об успешной отправке предыдущего пакета. В этом случае

полезно будет определить массив, имеющий уникальную последовательность символов для того, чтобы модуль основной логики понимал, что в эфир ничего отправлять не надо.

Таким образом архитектура программного модуля может быть дополнена (рис. 5).

В данной статье были рассмотрены особенности разработки протокола беспроводной связи для многоцелевой сенсорной сети. Затронуты

основные требования к программной реализации протокола. Приведён пример архитектуры программного модуля, реализующего функции протокола, и описаны сценарии использования этого модуля, как часть информационной системы, опирающейся на данные сети датчиков. При этом предполагается, что все процедуры и структурные элементы (пакеты) протокола известны.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Paul C. Clements, Felix B., Len B et al. Documenting Software Architectures: Views and Beyond, Second. : Addison-Wesley Professional, 2010, pp. 5–6.
2. ISO/IEC 9899:201x. Programming language-C. 2011, pp. 39–40, 181–182.
3. Mailund T. Pointers in C Programming. Berkeley, Apress, 2021, pp. 95–100.
4. X.200, ITU-T. INFORMATION TECHNOLOGY - OPEN SYSTEM INTERCONNECTION BASIC REFERENCE MODEL: THE BASIC MODEL. 1994, pp. 28–52.
5. 2020 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT). Dementev V. E., Elyagin S. V., Klochkov V. E., A. G. Tashlinsky. Moscow IEEE inc, 2020. Algorithms,

network models and options for implementation of high-speed sensor networks.

Информация об авторах

В. Е. Дементьев – доктор технических наук, заведующий кафедрой «Телекоммуникации» УлГТУ;

С. В. Елягин – кандидат технических наук, доцент кафедры «Телекоммуникации» УлГТУ;

В. И. Кутузов – аспирант кафедры «Телекоммуникации» УлГТУ.

Information about the authors

V. E. Dementiev – Doctor of technical sciences, Head of the Department of telecommunications of UISTU;

S. V. Elyagin – Candidate of technical sciences, Associate professor of the Department of telecommunications, UISTU;

V. I. Kutuzov – post-graduate student of the Department of «Telecommunication» of UISTU.

Статья поступила в редакцию 21.05.2022;
одобрена после рецензирования 03.06.2022;
принята к публикации 10.06.2022.
The article was submitted 21.05.2022;
approved after reviewing 03.06.2022;
accepted for publication 10.06.2022.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Научная статья

УДК 53.082.2+532.57

Математическая модель инерционного расходомера с учётом фактического профиля скоростей жидкости

Олег Валентинович Жилияев¹

Владислав Николаевич Ковальногов²

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

¹*oleg_zhilyaev@rambler.ru*

²*kvn@ulstu.ru*

Аннотация. Рассматривается эволюция математической модели (ММ) инерционного расходомера (ИР), обусловленная необходимостью улучшения адекватности ММ. Дано описание опытной установки для проведения натуральных экспериментов, приведены результаты проведённых экспериментов. Показано, что первоначальная ММ ИР обладает значительной неточностью описания рабочего процесса ИР. Сделано предположение, что причиной неточности ММ является неоднородность поля скоростей жидкости в сечении трубопровода. Предложен способ, позволяющий учитывать неоднородность поля скоростей. Данный способ позволяет рассматривать течение жидкости как одномерное, а неоднородность поля скоростей учитывается за счёт новых понятий эффективной скорости, эффективной площади. Представлены формулы усовершенствованной ММ.

Ключевые слова: математическая модель, жидкость, плотность, массовый расход, трубопровод, измерение, профиль скоростей.

Благодарности: *Исследования выполнены при поддержке грантом Президента РФ, проект НШ-28.2022.4.*

INSTRUMENT ENGINEERING

Scientific article

The mathematical model of inertia-based flowmeter considering actual velocity profile in liquid

Oleg V. Zhilyaev¹

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

Vladislav N. Kovalnogov²

¹*oleg_zhilyaev@rambler.ru*

²*kvn@ulstu.ru*

Abstract. *This paper considers the evolution of mathematical model (MM) of inertia-based flowmeter (IF) which is caused by the necessity of improvement of its relevance. The description of the pilot machine being used for conducting natural experiments is given as well as the results of the experiments conducted. It is shown that the preliminary MM has significant inaccuracy of the description of working process of IF. The assumption is made that the reason of the inaccuracy is unevenness of velocity field in the pipeline cross-section. A method is supposed which makes possible to consider the unevenness of velocity field. The method allows treating the flow through IF like one-dimensional flow of liquid and the unevenness of the velocity field is considered with originally introduced concepts of effective velocity and effective cross-section area. The formulas of improved MM are introduced.*

Keywords: *mathematical model, liquid, density, mass flow rate, pipeline, measuring, velocity profile.*

Acknowledgements: *The research was carried out with the support of a grant from the President of the Russian Federation, project NSH-28.2022.4.*

Введение

Инерционный расходомер (ИР) предназначен для измерения массового расхода и плотности среды – жидкостей, газов. В предыдущих работах [1], [2], [3] была показана принципиальная возможность построения такого расходомера. Была разработана первоначальная математическая модель (ММ), описывающая в первом приближении функционирование расходомера.

Необходимость разработки ММ ИР обусловлена несколькими факторами. Во-первых, ММ необходима для описания и понимания принципа функционирования ИР, поскольку, как видно из работ [1–3], само объяснение принципа действия невозможно без применения ММ. Во-вторых, методология математического моделирования необходима для выявления точных зависимостей и получения алгоритмов обратного преобразования сигналов, с целью осуществления процесса измерения расходомером. В-третьих, разработанная ММ служит для обоснованного выбора конструктивных параметров расходомера при его проектировании.

Как указано в работе [4], «сама постановка вопроса о математическом моделировании какого-либо объекта порождает чёткий план действий. Его можно условно разбить на три этапа: *модель – алгоритм – программа*... Создав *триаду* «модель – алгоритм – программа», исследователь получает в руки универсальный, гибкий и недорогой инструмент, который вначале отлаживается, тестируется в «пробных» вычислительных экспериментах. После того как *адекватность* (достаточное соответствие) триады исходному объекту удостоверена, с моделью проводятся разнообразные и подробные «опыты», дающие все требуемые качественные и количественные свойства и характеристики объекта». Следовательно, разработанная ММ должна удовлетворять критерию адекватности.

В документе [5] приводится определение «адекватность математической модели – соответствие математической модели экспериментальным данным по выбранному критерию». Более подробный анализ понятия адекватности ММ приводится в работе [6]. Так, в работе [6] приведено определение: «под *адекватностью модели* понимают соответствие результатов, полученных на модели, поведению реального объекта». Основным методом проверки является выполнение численного эксперимента и сравнение его результатов с данными натурного эксперимента. Также в работе [6] приводятся основные критерии адекватности математической модели: «для адекватности ММ поведению оригинала достаточно убедиться в выполнении двух свойств: *точности* и *непротиворечивости*».

Результаты экспериментальной проверки адекватности ММ ИР приведены в работе [7]. Указывается, что «первоначальная математическая модель рабочего процесса инерционного расходомера непротиворечива и даёт верное качественное описание процесса». Вместе с тем в работе [7] указано и на обнаруженные несовершенства ММ: «первоначальная математическая модель рабочего процесса инерционного расходомера не даёт верного количественного описания рабочего процесса, то есть не обладает в достаточной мере свойством точности». Как следствие, приведён следующий вывод: «ММ ИР требует уточнения и совершенствования». Целью настоящей статьи является описание способа совершенствования ММ ИР.

Описание опытной установки для проведения натуральных экспериментов

Для изучения инерционного способа измерения и проверки адекватности разработанной ММ в ООО НПО «НТЭС» был спроектирован и изготовлен экспериментальный (макетный) образец расходомера. Схема макетного образца представлена на рисунке 1.

Принцип действия экспериментальной установки соответствует описанию ИР. Поток, движущийся по основному трубопроводу 1, называется основным, поток, поступающий из дополнительного трубопровода 4 или отводящийся в него, называется дополнительным. Поршень 5, установленный с минимальным зазором в цилиндрической расточке дополнительного трубопровода, приводится в движение за счёт кривошипа 6, связанного с валом мотор-редуктора (на схеме не показан). На валу кривошипа 6 имеется устройство для создания метки углового положения привода, состоящее из диска опорного сигнала 7 с прорезью 9, оптического датчика 8 наличия прорези. При вращении вала кривошипа 6 с постоянной угловой скоростью ω поршень 5 совершает гармонические колебания с той же частотой ω и амплитудой A , равной плечу (эксцентриситету) кривошипа 6. Диск 7, жёстко связанный с валом кривошипа 6, также вращается с угловой скоростью ω . При вращении диска 7 прорезь 9 в определённых положениях вала кривошипа 6 становится напротив оптического датчика 8, генерирующего электрический импульс, сигнализирующий о наличии прорези – создаются временные отметки, фиксирующие определённое положение вала кривошипа 6 и границы кинематических циклов (тактов). Информационные сигналы Δp_1 , Δp_2 , Δp_3 измеряются на соответствующих участках при помощи датчиков перепада давления, имеющих аналоговый токовый выход 4 – 20 мА.

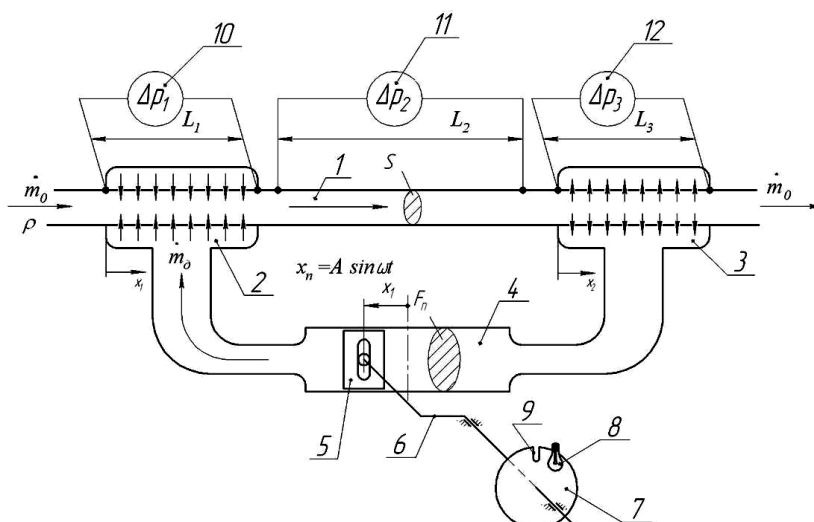


Рис. 1. Схема макетного образца инерционного расходомера. 1 – основной (прямой) участок трубопровода, 2, 3 – камеры массообмена, 4 – дополнительный трубопровод, 5 – поршень, 6 – привод (кривошип), 7 – диск опорного сигнала, 8 – оптический датчик наличия прорези, 9 – прорезь в диске, 10, 11, 12 – датчики разности давлений

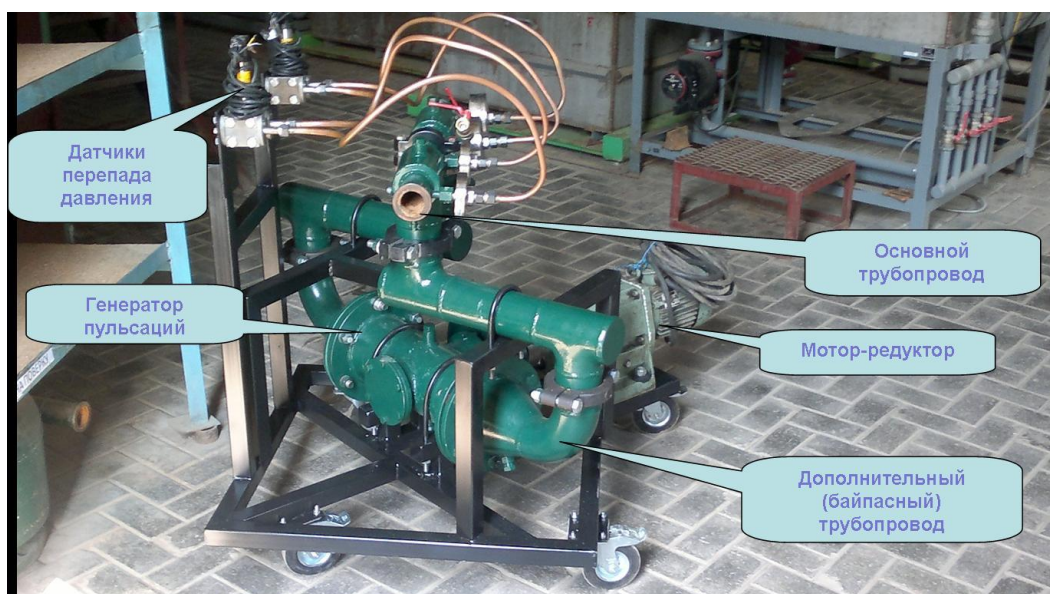


Рис. 2. Внешний вид макетного образца инерционного расходомера

Таким образом, набор информационных сигналов состоит из 4 сигналов: перепады давления Δp_1 , Δp_2 , Δp_3 , и импульсы положения привода – назовём их *imp*. Кроме того, поскольку процессы регистрируются во времени, существует ещё пятый источник информации – время, регистрируемое на часах записывающего устройства.

Внешний вид макетного образца инерционного расходомера представлен на рис. 2.

Описание проверяемой ММ

В работе [3] показано, что математическая модель ИР на рис. 1 выражается формулами

$$\Delta p_1(t) = \rho \frac{\ddot{x}_n F_n L_1}{2S} + \dot{m}_0 \frac{\dot{x}_n F_n}{S^2} + \rho \frac{\dot{x}_n^2 F_n^2}{2S^2}, \quad (1)$$

$$\Delta p_2(t) = \frac{F_1}{S} \rho L \ddot{x}_n, \quad (2)$$

$$\Delta p_3(t) = \rho \frac{\ddot{x}_n F_n L_3}{2S} - \dot{m}_0 \frac{\dot{x}_n F_n}{S^2} - \rho \frac{\dot{x}_n^2 F_n^2}{2S^2}, \quad (3)$$

где F_n , S – соответственно, площадь поршня, площадь трубопровода, \dot{m}_0 , ρ – массовый расход и плотность жидкости, ω – угловая частота колебаний поршня, t – время, \dot{x}_n , \ddot{x}_n – скорость и ускорение поршня, соответственно.

Знаки перед слагаемыми в формулах (1) – (3) соответствуют прямой полярности подключения датчиков перепада давления, когда по течению потока приёмник плюсовой подключается выше приёмника минусового.

Методика проведения экспериментов

В процессе проведения экспериментов макетный образец инерционного расходомера подключается к стенду для градуировки, поверки расходомеров, производится опытная проливка на воде и жидкости с повышенной вязкостью (глицерин), сбор исходных данных. Для инерционного расходомера исходные данные – сигналы перепада давления на датчиках перепада $\Delta p_1(t)$, $\Delta p_2(t)$, $\Delta p_3(t)$. Экспериментальные данные сопоставляем с моделированными значениями сигналов, полученными в результате вычислительных экспериментов по формулам (1) – (3). На данном этапе исследования нас интересует совпадение формы натуральных и моделированных сигналов, а также совпадение величин сигналов перепада давления.

Параметры жидкостей, используемых при проведении натуральных экспериментов:

- 1) вода, температура +20°C, плотность 998 кг/м³, кинематическая вязкость ≈ 1 мм²/с²;
- 2) раствор глицерина, температура +20°C, плотность 1230 кг/м³, кинематическая вязкость ≈ 120 мм²/с².

Результаты проведённых натуральных и численных экспериментов

Результаты экспериментов представлены в виде графиков натуральных и моделированных сигналов: для экспериментов на воде на рис. 3, для экспериментов на глицерине на рис. 4.

Из графиков на рисунках 3, 4 видно качественное совпадение формы натуральных и моделированных сигналов. Совпадают участки возрастания и убывания функций, периоды колебаний и моменты экстремумов. Следовательно, рассматриваемая ММ даёт качественно верное описание рабочего процесса ИР. Также при тестировании макетного образца расходомера было выявлено количественное несоответствие моделированных сигналов и реально возникающих при работе расходомера величин перепада давления. Наблюдаем отклонение величин перепадов давления при совпадении формы сигналов. Кроме того, видно, что величина отклонения моделированного сигнала от натурального сигнала в экспериментах на глицерине больше, чем в экспериментах на воде. Очевидно, что используемая в численных экспериментах первоначальная ММ неточно описывает рабочий процесс ИР, и степень отклонения от адекватности зависит от параметров измеряемой жидкости. Поэтому в данной работе делаем попытку разобраться в причинах этого количественного несоответствия и найти способ преодолеть его.



Рис. 3. Вид сигналов ИР при измерении на воде, расход 1,119 кг/с.
 Эксперименты проведены согласно схеме на рис. 1



Рис. 4. Вид сигналов ИР при измерении на глицерине, расход 1,155 кг/с

Гипотеза о причинах неточности ММ

Делаем предположение, что причина несовпадения количественных значений перепадов давления натуральных и моделированных сигналов состоит в неравномерности поля скоростей в поперечном сечении трубопровода. Очевидно, что для маловязкой жидкости (вода) режим течения близок к турбулентному, а для вязкой (глицерин) – к ламинарному. Так, для ламинарного режима течения жидкости ([8], с. 144) имеем параболический закон распределения скорости (рис. 5), в то время как для турбулентного режима течения – профиль скоростей, близкий к равномерному (рис. 6).

Профиль скоростей на рисунке 5 (характерный для глицерина) заметно отличается от однородного, в то время как профиль скоростей на рис. 6 (характерный для воды) в меньшей степени отличается от однородного. Мы имеем в данном случае зависимость локальной скорости жидкости на линии тока от положения линии тока, то есть её расстояния от центра трубопровода. Первоначальная ММ ИР, выражаемая формулами (1) – (3), разработана в предположении об однородном поле скоростей в сечении трубопровода. Следовательно, первоначальная ММ, рассматривающая одномерное течение, может описывать рабочий процесс ИР с большими погрешностями именно по причине отклонения профиля скоростей от однородного.

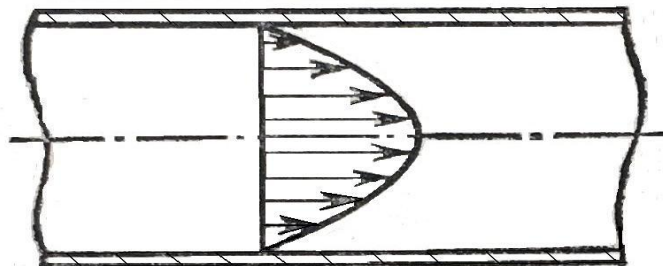


Рис. 5. Профиль скоростей при ламинарном течении жидкости в круглой трубе.
Изображение взято в [8, с. 144]

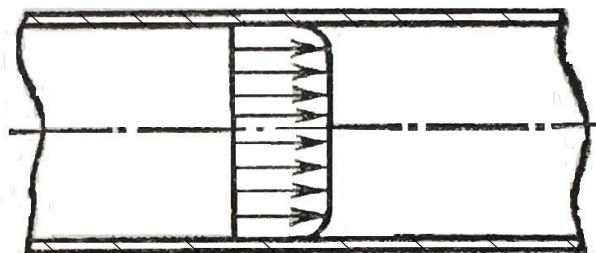


Рис. 6. Профиль скоростей при турбулентном течении жидкости в круглой трубе.
Изображение взято в [8, с. 144]

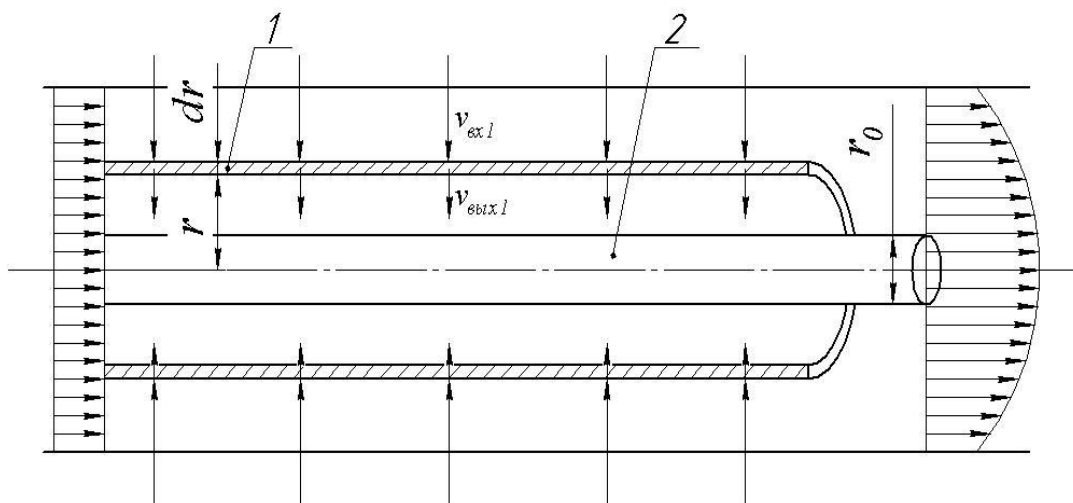


Рис. 7. Изменение равномерного профиля скоростей при взаимодействии основного и дополнительного потоков. 1 – периферийный кольцевой слой, ограниченный цилиндрическими поверхностями радиусами r и $r+dr$, 2 – ядро течения, то есть слой, окружающий ось трубы, и имеющий малый радиус r_0

Далее, перед нами встаёт следующий вопрос. Если при экспериментах на воде имеем турбулентный режим течения и профиль скоростей в сечении близок к равномерному (рис. 6), то почему и в этом случае имеем значительные отклонения моделированных и натуральных сигналов (рис. 3)? Делаем следующее предположение, что профиль скоростей основного потока при взаимодействии с дополнительным потоком изменяется, даже если изначально он был равномерным. Рассмотрим следующие рассуждения (рис. 7).

Для слоя 1 радиальные скорости дополнительного потока на входе в слой и на выходе из него примерно равны: $v_{ex1} \approx v_{вых1}$. Для слоя 2 на входе в слой имеем v_{ex2} , а выхода из слоя 2 нет: $v_{вых2} = 0$. Следовательно, в центре потока имеем сток радиальной скорости дополнительного потока. Поскольку стока вещества в данном случае нет, то вследствие условия неразрывности дополнительный поток преобразуется в рост осевой скорости жидкости преимущественно в центральной части сечения.

Таким образом, приходим к выводу, что профиль скоростей потока обладает неравномерностью в той или иной степени, что осложняет рассмотрение задачи в одномерной постановке. Поясним данное положение примером. Сравним количество движения, рассчитанное по средней и по фактической скоростям для потока с ламинарным режимом течения, профиль которого показан на рис. 5. В работе [8] для такого потока приведена зависимость локальной скорости на линии тока от расстояния линии тока от оси трубы:

$$u(r) = u_{\max} \left(1 - \frac{r^2}{R^2} \right), \quad (4)$$

где r – расстояние линии тока от оси трубопровода;

R – радиус сечения трубопровода;

u_{\max} – максимальная скорость на линии тока, проходящей через ось трубопровода;

$u(r)$ – локальное значение скорости.

Найдём значение средней скорости

$$u_{cp} = \frac{1}{S} \int_S u(r) dS.$$

Подставляя выражения (4) и $ds = 2\pi r \cdot dr$, $S = \pi R^2$, получаем после преобразований

$$u_{cp} = \frac{1}{2} u_{\max}. \quad (5)$$

Определим количество движения (импульс) потока по фактической и по средней скоростям, сравним их.

Импульс по фактической скорости равен

$$p_{\phi} = \int_S \rho u^2(r) ds = \rho \int_0^R u_{\max}^2 \left(1 - \frac{r^2}{R^2}\right) \cdot 2\pi r \cdot dr = \frac{\pi}{3} \rho u_{\max}^2 R^2. \quad (6)$$

Импульс по средней скорости равен, с учётом выражения (5):

$$p_{cp} = \rho u_{cp}^2 S = \rho \cdot \left(\frac{1}{2} u_{\max}\right)^2 \cdot \pi R^2 = \frac{\pi}{4} \rho u_{\max}^2 R^2. \quad (7)$$

Соотношение между величинами импульсов, взятыми по средней и фактической скоростям, равно:

$$\frac{p_{cp}}{p_{\phi}} = \frac{\frac{\pi}{4} \rho u_{\max}^2 R^2}{\frac{\pi}{3} \rho u_{\max}^2 R^2} = \frac{3}{4} = 0,75 \neq 1. \quad (8)$$

Как видим из выражения (8), количество движения ламинарного потока, вычисленное по значению средней скорости, заметно меньше фактического количества движения этого потока. Как следствие, значения перепадов давления, вычисленные по первоначальной ММ, меньше фактических значений, полученных в результате натуральных экспериментов.

Способ получения расчётной схемы потока

Предлагается способ схематизации потока, подходящий для любого профиля скоростей (рис. 8).

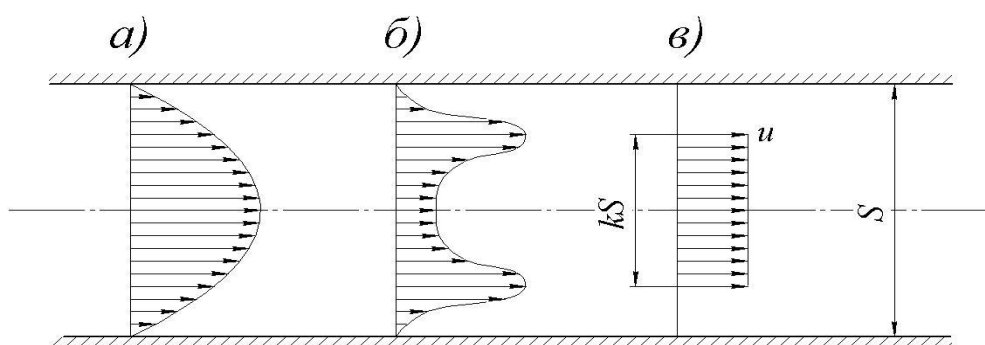


Рис. 8. Получение расчётной схемы потока для любого профиля скоростей:

- а) профиль скоростей ламинарного режима потока; б) гипотетический профиль скоростей, наблюдаемый в камере с подачей дополнительного потока в центральную часть сечения с радиальной скоростью, направленной от оси трубопровода; в) расчётная схема потока для любого профиля

Весь поток, движущийся по сечению S , условно делится на две части. Считаем, что одна часть сечения занята покоящейся жидкостью, имеющей нулевую скорость, а другая часть сечения занята жидкостью, движущейся со скоростью u :

$$u = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot kS}, \quad (9)$$

где \dot{m} – массовый расход жидкости;

ρ – плотность жидкости;

S – площадь поперечного сечения трубопровода;

k – коэффициент эффективной площади, $k \leq 1$.

В соответствии с этим **коэффициент эффективной площади** обозначает ту часть площади, по которой, в соответствии с принятой расчётной схемой, движется жидкость.

Назовём полученную скорость u **эффективной** скоростью жидкости в сечении, в отличие от **средней** скорости:

$$u_{cp} = \frac{1}{S} \int_S u(r) dS = \frac{\dot{m}}{\rho S}. \quad (10)$$

где $u(r)$ – местная скорость на линии тока, находящейся на расстоянии r от оси трубы.

Понятие средней скорости непригодно для проведения анализа, связанного с неоднородностью профиля скоростей, поскольку никаким образом не отражает степень неоднородности скорости по сечению.

Поэтому для учёта неравномерности профиля скоростей мы будем пользоваться именно эффективной скоростью, полученной в соответствии с формулой (9). Из выражений (9) и (10) видно, что коэффициент эффективной площади k равен соотношению между средней и эффективной скоростями:

$$u_{эф} = \frac{\dot{m}}{\rho \cdot kS} = \frac{u_{cp}}{k}, \quad (11)$$

где $u_{эф}$ – эффективная скорость.

Значение коэффициента эффективной площади k выбираем исходя из того, каким условиям должна удовлетворять получающаяся в результате схематизации эффективная скорость. Так, если для некоторой задачи важна сама величина скорости, то целесообразно приравнять эффективную скорость к средней скорости потока, при этом получаем $k=1$.

В случае же рассмотрения задачи об ИР для корректного описания рабочего процесса важна не величина скорости, а величины перепадов давления $\Delta p_1, \Delta p_2, \Delta p_3$, возникающие на тех или иных участках, поскольку именно эти величины перепадов давления несут измерительную информацию. Для того чтобы значение перепада давления Δp , возникающего при том или ином динамическом воздействии на жидкость, для модели (или расчётной схемы) совпадало с реальным процессом, необходимо обеспечить совпадение количества движения (импульса) реального потока и его расчётной схемы, поскольку именно количество движения и его изменение являются количественной мерой силового воздействия – разности давлений.

Обратимся опять к примеру на рис. 5. Строим для него расчётную схему потока по описанной выше методике. Определим коэффициент эффективной площади при условии эквивалентности количества движения потока.

Задаём $S_{эф} = kS$, где коэффициент эффективной площади k – пока неизвестная величина.

Эффективная скорость

$$u_{эф} = \frac{u_{cp}}{k} = \frac{u_{max}}{2k}. \quad (12)$$

Находим импульс потока по эффективной скорости:

$$p_{эф} = \rho u_{эф}^2 S_{эф} = \frac{\pi}{4k} \rho u_{max}^2 R^2. \quad (13)$$

Приравнявая $p_{ф} = p_{эф}$ (формулы (6) и (13)), находим искомый коэффициент k для ламинарного режима течения:

$$k = \frac{3}{4}.$$

Приведённый пример показывает, что для течения с любым распределением скоростей в сечении трубопровода можно подобрать значение коэффициента k такое, чтобы импульс расчётной схемы потока совпадал с фактической величиной импульса потока.

Вывод формул ММ с учётом коэффициента эффективной площади

Будем считать вначале коэффициент k зависящим от времени, поскольку естественно предположить, что при изменении дополнительного потока $Q_{дон} = f(t)$ коэффициент k также будет меняться. Проведём вывод уравнений с учётом функции $k(t)$. При выводе уравнений используем следующие допущения:

- после схематизации поля скоростей в соответствии с приведённой методикой рассматривается одномерная схема течения жидкости;
- жидкость считается идеальной, невязкой и несжимаемой;
- для получения уравнения движения жидкой частицы используется уравнение Эйлера:

$$-\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x}, \quad (14)$$

где ρ – плотность жидкости, p – давление, u – скорость, t – время, x – координата вдоль линии тока.

В результате вывода приходим к следующим формулам для перепадов давления:

$$\Delta p_1(t) = -\frac{\dot{k}}{k^2} \left(\frac{\dot{m}_0 L_1}{S} + \frac{\rho F \dot{x}_n L_1}{2S} \right) + \frac{\rho F \ddot{x}_n L_1}{2kS} + \dot{m}_0 \frac{F \dot{x}_n}{(kS)^2} + \rho \frac{(F \dot{x}_n)^2}{2(kS)^2}, \quad (15)$$

$$\Delta p_2(t) = -\frac{\dot{k}}{k^2} \left(\frac{\dot{m}_0 L_2}{S} + \frac{\rho F \dot{x}_n L_2}{S} \right) + \rho \frac{F \ddot{x}_n L_2}{kS}, \quad (16)$$

$$\Delta p_3(t) = -\frac{\dot{k}}{k^2} \left(\frac{\dot{m}_0 L_3}{S} + \frac{\rho F \dot{x}_n L_3}{2S} \right) + \frac{\rho F \ddot{x}_n L_3}{2kS} - \dot{m}_0 \frac{F \dot{x}_n}{(kS)^2} - \rho \frac{(F \dot{x}_n)^2}{2(kS)^2}, \quad (17)$$

где k – значение коэффициента эффективной площади,

$$\dot{k} = \frac{dk}{dt} \text{ – производная функции } k(t) \text{ по времени,}$$

S – площадь поперечного сечения трубопровода,

F – площадь поршня,

L_1, L_2, L_3 – длины участков согласно рис. 1,

ρ – плотность жидкости,

\dot{m}_0 – массовый расход основного потока жидкости,

\dot{x}_n – скорость поршня,

\ddot{x}_n – ускорение поршня.

Таким образом, получены формулы усовершенствованной ММ ИР, учитывающие неоднородность поля скоростей в сечении трубопровода за счёт применения коэффициента эффективной площади k . Значения коэффициента k или функции $k(t)$ будем подбирать таким образом, чтобы величины моделированных сигналов $\Delta p(t)$ совпадали с соответствующим сигналами, полученными из натуральных экспериментов.

Выводы

1. Первоначальная математическая модель инерционного расходомера, основанная на предположении об однородном поле скоростей в сечении трубопровода, даёт верное качественное описание рабочего процесса, но не даёт удовлетворительного количественного описания.

2. Сделано предположение о причине неудовлетворительного количественного описания первоначальной математической модели. Предполагается, что причина заключается в неоднородности поля скоростей жидкости в поперечном сечении трубопровода.

3. Предложен способ, позволяющий рассматривать в одномерной постановке течение с неоднородным полем скоростей в трубопроводе, с учётом степени неоднородности. Введены понятия эффективной скорости и коэффициента эффективной площади.

4. Получены расчётные формулы усовершенствованной математической модели с учётом коэффициента эффективной площади.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Майоров Е. В., Онищук В. А. Об инерционном способе одновременного измерения массового расхода жидкости и её плотности // Прикладная физика. 2005. №6. С. 18–23.

2. Жилиев О. В., Ковальногов В. Н. Анализ нового способа силового измерения массового расхода и плотности жидкости // Автоматизация процессов управления. 2020. №3(61). С. 21–30.

3. Жилиев О. В. Инерционный способ измерения расхода и плотности среды // Вестник Ульяновского государственного технического университета, 2019. №1 (85). С. 22–31.

4. Самарский А. А., Михайлов А. П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. 2-е изд., испр. М.: Физматлит, 2001. 320 с.

5. ГОСТ 24026-80. Государственный стандарт Союза ССР. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. Research tests. Experiment planning. Terms and definitions. М.: Издательство стандартов, 1991.

6. Кубланов, М. С. Проверка адекватности математических моделей // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. №211(1). С. 29–36.

7. Жилияев О. В., Ковальногов В. Н. Экспериментальная проверка адекватности математической модели инерционного расходомера // Автоматизация процессов управления. 2022. №1(67). С. 68–79.

8. Савельев И. В. Курс физики: Учебник: В 3 ч т. Т. 1: Механика. Молекулярная физика. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. 352 с.

Информация об авторах

О. В. Жилияев – аспирант кафедры «Тепловая и топливная энергетика» Ульяновского государственного технического университета. Младший научный сотрудник лаборатории междисциплинарных проблем энергетики Департамента научных исследований и инноваций 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. Mayorov E. V., Onishchuk V. A. *Ob inercionnom sposobe odnovremennogo izmereniya massovogo raskhoda zhidkosti i eyo plotnosti* [On the inertial method of simultaneous measurement of the mass flow rate of a liquid and its density]. *Prikladnaya fizika* [Applied Physics]. 2005, No. 6, pp. 18–23.

2. Zhilyaev O. V., Kovalnogov V. N. *Analiz novogo sposoba silovogo izmereniya massovogo raskhoda i plotnosti zhidkosti* [Analysis of a new method of force measurement of mass flow and density of liquid]. *Avtomatizaciya processov upravleniya* [Automation of management processes]. 2020, No. 3(61), pp. 21–30.

3. Zhilyaev O. V. *Inercionnyj sposob izmereniya raskhoda i plotnosti sredy* [Inertial method of measuring the flow rate and density of the medium]. *Vestnik Ul'yanovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of Ulyanovsk State Technical University], 2019, No. 1 (85), pp. 22–31.

4. Samarskiy A. A., Mikhailov A. P. *Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery* [Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples]. 2nd ed., ispr. M., Fizmatlit, 2001, 320 p.

5. GOST 24026-80. *Gosudarstvennyj standart Soyuza SSR. Issledovatel'skie ispytaniya. Planirovanie eksperimenta. Terminy i opredeleniya. Research tests. Experiment planning. Terms and definitions.* [The state standard of the USSR. Research tests. Experiment planning. Terms and definitions. Research tests. Experiment planning. Terms and definitions]. Moscow, *Izdatel'stvo standartov* [Publishing House of Standards], 1991.

6. Kublanov M. S. *Proverka adekvatnosti matematicheskikh modelej* [Verification of the adequacy of mathematical models]. *Nauchnyj vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta grazhdanskoj aviacii*. [Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation]. 2015, No. 211(1), pp. 29–36.

7. Zhilyaev O. V., Kovalnogov V. N. *Eksperimental'naya proverka adekvatnosti matematicheskoy modeli inercionnogo raskhodomera* [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.

8. Savelyev I. V. *Kurs fiziki: Uchebnik* [Course of physics: Textbook]: In 3 hours T. T. 1: *Mekhanika. Molekulyarnaya fizika* [Mechanics. Molecular physics]. Moscow, [Nauka. Gl. ed. phys.-mat. lit.], 1989. 352 p.

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. Junior researcher in the laboratory of interdisciplinary problems of energetic of the

Department of scientific researches and innovations of the Ulyanovsk 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 20.04.2022;

одобрена после рецензирования 30.04.2022;

принята к публикации 20.05.2022.

The article was submitted 20.04.2022;

approved after reviewing 30.04.2022;

accepted for publication 20.05.2022.

ПРИБОРОСТРОЕНИЕ

Научная статья
УДК 621.317.39

Измерение угла отклонения объекта от горизонтального положения

Вячеслав Николаевич Шивринский

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

Аннотация. Рассматривается жидкостный ёмкостный датчик для определения углового положения объекта относительно горизонтальной плоскости.

Ключевые слова: угол наклона, ёмкостный датчик, жидкий диэлектрик, сообщающиеся сосуды, измерительная схема

INSTRUMENT ENGINEERING
Scientific article

Measuring the angle of deviation of an object from a horizontal position

Vyacheslav N. Shivrinsky

Abstract. A liquid capacitive sensor is considered to determine the angular position of an object relative to the horizontal plane

Keyword: tilt angle, capacitive sensor, liquid dielectric, communicating vessels, measuring circuit

В промышленности, в строительстве, на транспорте для определения углового положения объекта относительно горизонтальной плоскости используются различные методы измерения. Известен датчик [1], состоящий из стеклянного баллона, в который вварены платиновые электроды, заполненного токопроводящей жидкостью. Имеющийся в баллоне пузырёк воздуха перемещается между электродами при наклоне датчика относительно горизонтального положения. При этом изменяется поверхность контактов, через которую проходит ток, и электрическая проводимость токопроводящего слоя.

Достоинства такого датчика – простота конструкции, возможность пропускания сравнительно больших токов, достаточных для работы измерительного прибора без дополнительного усиления. К недостаткам можно отнести сильную зависимость сопротивления электролита от температуры (при изменении температуры на 1°C удельное сопротивление электролита изменяется на 1,5-2,5%) и от степени концентрации раствора.

От недостатков электролитических датчиков свободен жидкостный ёмкостный датчик [2],

изображённый на рис. 1. Он содержит: втулку 6; общие электроды 1, 2, образующие герметичный корпус; выходные электроды 3, 4, размещённые между общими электродами 1, 2 и изолированные от них и между собой изоляционной прокладкой 7; жидкий диэлектрик 5, занимающий половину объёма внутренней полости датчика.

При наклоне датчика изменяются площади перекрытия выходных электродов 3, 4 жидким диэлектриком 5, приводящие к изменению ёмкостей дифференциального конденсатора C_1, C_2 . С увеличением диаметра датчика его чувствительность увеличивается. Так для диаметра 50 мм чувствительность составила 0,035 пФ/градус, а для диаметра 90 мм – 1,2 пФ/градус.

Для увеличения чувствительности при измерении малых углов отклонения объекта от горизонтального положения автором предлагается конструкция датчика прямоугольной формы, в котором размещены два сообщающихся сосуда с расстоянием между ними L , а внутри каждого сосуда установлен свой выходной электрод.

На рис. 2 представлена схема такого датчика. Датчик содержит первый 1 и второй 2 общие электроды и два выходных электрода 3 и 4, которые помещены в жидкий диэлектрик 5. Второй общий электрод 2 соединён с первым общим

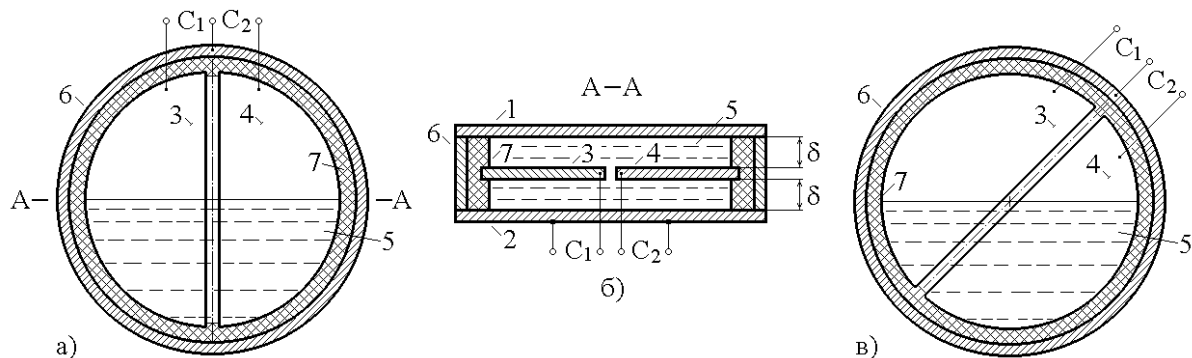


Рис. 1. Жидкостный ёмкостный датчик: горизонтальное (а) и наклонное (в) положения, б) – разрез по сечению А–А

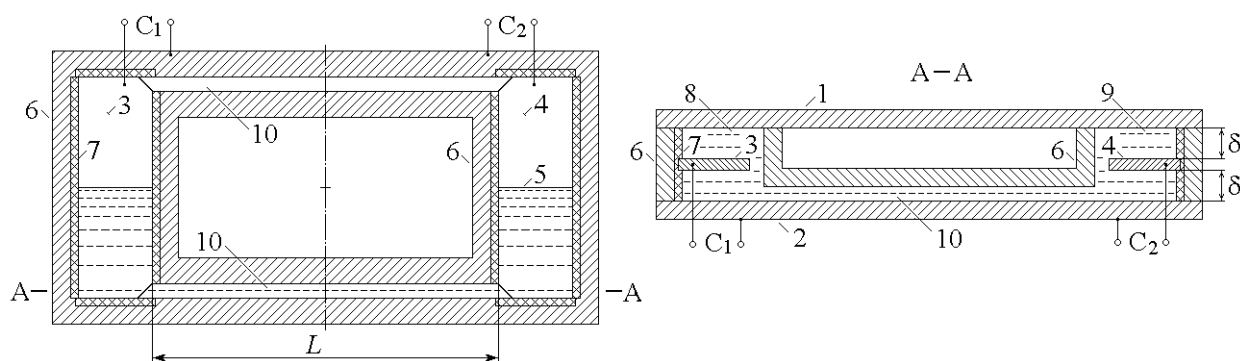


Рис. 2. Датчик угла отклонения объекта от горизонтального положения

электродом 1 металлической прокладкой 6, образуя герметичный корпус. Внутри корпуса датчика посредством изоляционной прокладки 7 закреплены два выходных электрода 3 и 4. Выходные электроды 3 и 4, расположенные в сообщающихся с помощью каналов 10 сосудах 8 и 9, образуют с первым 1 и вторым 2 общими электродами дифференциальный конденсатор. Все электроды выполнены в виде плоских пластин. Половина объёма внутренней полости датчика между общими электродами 1, 2 и выходными электродами 3, 4 заполнена жидким диэлектриком 5.

Принцип действия датчика состоит в измерении электрической ёмкости дифференциального конденсатора C_1, C_2 , образованного общими электродами 1, 2, выходными электродами 3, 4 и жидким диэлектриком 5. Ёмкость C плоского конденсатора с площадью взаимного перекрытия электродов S , параллельно расположенных на расстоянии δ в среде с диэлектрической проницаемостью ϵ , определяется выражением $C = \epsilon \cdot S / \delta$.

Ёмкость конденсатора C линейно зависит от ϵ и S . Так как жидкий диэлектрик 5 занимает половину объёма сообщающихся с помощью кана-

лов 10 сосудов 8, 9 и имеет диэлектрическую проницаемость, отличную от диэлектрической проницаемости воздуха, то при наклоне датчика будет изменяться площадь перекрытия электродов 1, 2, 3, 4 в зазоре δ , занимаемым жидким диэлектриком 5.

Устройство работает следующим образом. При горизонтальном положении датчика ёмкости дифференциального конденсатора C_1, C_2 равны между собой. При этом в зазоре δ , занимаемым жидким диэлектриком 5, площадь перекрытия электродов 1, 2 и 3 равна площади перекрытия электродов 1, 2 и 4. При отклонении датчика от горизонтального положения изменяются площади перекрытия электродов 1, 2 и 3, 4 в зазоре, занимаемым жидким диэлектриком 5.

Пример расположения выходных электродов 3, 4 и жидкого диэлектрика 5 при наклоне датчика на угол α для двух значений расстояния L представлен на рис. 3. Здесь приняты следующие обозначения: 11 – уровень жидкого диэлектрика 5 при горизонтальном положении датчика; 12 – уровень жидкого диэлектрика 5 при наклонном

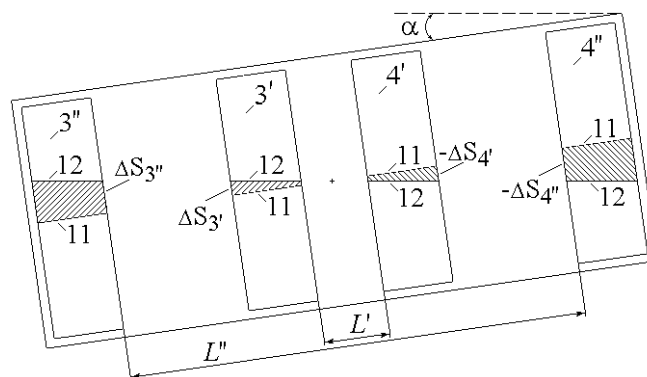


Рис. 3. Отклонение датчика от горизонтального положения

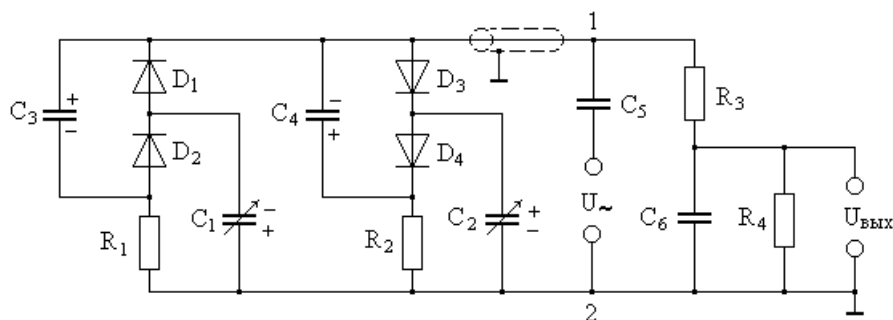


Рис. 4. Ёмкостно-диодная измерительная схема

положении датчика; 3', 4' – выходные электроды 3, 4, расположенные на расстоянии L' ; $\Delta S_{3'}$, $\Delta S_{4'}$ – изменения площади перекрытия электродов 3', 4' жидким диэлектриком 5; 3'', 4'' – выходные электроды 3, 4, расположенные на расстоянии L'' ; $\Delta S_{3''}$, $\Delta S_{4''}$ – изменения площади перекрытия электродов 3'', 4'' жидким диэлектриком 5.

При постоянном угле наклона датчика изменение дифференциальной ёмкости C_1 , C_2 зависит от расстояния L между сосудами 8, 9. При увеличении расстояния между сообщающимися сосудами чувствительность датчика к углу отклонения от горизонтального положения возрастает.

Ёмкости C_1 , C_2 изменяются дифференциально, поэтому целесообразно применить ёмкостно-диодную измерительную схему, представленную на рис. 4 [2, патент РФ № 2173859].

Источник переменного тока напряжением U_{\sim} подсоединён к точкам 1 и 2 через разделительный конденсатор C_5 . Конденсатор C_1 подключён к точкам 1 и 2 через диод D_1 . Накопительный конденсатор C_3 подсоединён к точкам 1 и 2 через резистор R_1 , а к конденсатору C_1 – через диод D_2 . Конденсатор C_2 подключён к точкам 1 и 2 через диод D_3 . Второй накопительный конденсатор C_4 подсоединён к точкам 1 и 2 через резистор R_2 , а к конденсатору C_2 – через диод D_4 . К точкам 1 и 2 подсоединён также фильтр нижних частот, со-

стоящий из последовательно соединённых резистора R_3 и конденсатора C_6 . Параллельно конденсатору C_6 включено сопротивление нагрузки R_4 , с которого и снимается выходной сигнал $U_{\text{вых}}$.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Асс Б. А., Антипов Е. Ф., Жукова Н. М. Детали авиационных приборов. М. : Машиностроение, 1979. 232 с.
2. Патент РФ № 2215992. Датчик угла отклонения объекта от горизонтального положения / Г. В. Медведев, В. А. Мишин, В. Н. Шивринский и В. В. Трибунский. МПК G01C 9/20, 9/06. Заявка: 2001128914/28, 26.10.2001. Опубликовано 10.11.2003. Бюллетень №31.
3. Патент РФ № 2173859. Устройство для измерения ёмкости конденсатора / Г. В. Медведев, В. А. Мишин и В. Н. Шивринский. МПК G01R 27/26. Заявка: 2000128165/09, 10.11.2000. Опубликовано 20.09.2001. Бюллетень №26.

Информация об авторе

В. Н. Шивринский – кандидат технических наук, доцент кафедры «Измерительно-вычислительные комплексы» УлГТУ. Имеет научные работы в области авиационного приборостроения.

REFERENCES

1. Ass B. A., Antipov E. F., Zhukova N. M. *Detali aviacionnyh priborov* [Aviation Instrument Parts]. Moscow, Mashinostroenie, 1979, 232 p.

2 *Patent RF* [Patent of the Russian Federation] No. 2215992. *Datchik ugla odkloneniya ob"ekta ot gorizontalnogo polozheniya* [Sensor for the angle of deviation of an object from a horizontal position]. G. V. Medvedev, V. A. Mishin, V. N. Shivrinsky and V. V. Tribunsky. IPC G01C 9/20, 9/06. *Zayavka* [Application]: 2001128914/28, 10/26/2001. *Opublikovano* [Published] 11/10/2003. Bulletin No. 31.

3. *Patent RF* [RF patent] No. 2173859. *Ustrojstvo dlya izmereniya emkosti kondensatora* [Device for measuring the capacitance of a capacitor] / G. V. Medvedev, V. A. Mishin and V. N. Shivrinsky. IPC G01R 27/26. *Zayavka* [Application]: 2000128165/09, 11/10/2000. *Opublikovano* [Published on] 20.09.2001. Bulletin No. 26.2.

Information about the author

V. N. Shivrinsky – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department "Measuring and Computing complexes" of UISTU. He has scientific works in the field of aviation instrumentation.

Статья поступила в редакцию 04.05.2022;
одобрена после рецензирования 20.05.2022;
принята к публикации 28.05.2022.
The article was submitted 04.05.2022;
approved after reviewing 20.04.2022;
accepted for publication 28.05.2022.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Обзорная статья
УДК 368.025.61

Подходы к оценке энергopotенциала возобновляемых источников энергии на территории России

Дарья Александровна Лагунова¹
Александр Николаевич Никулин²

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

¹lagunova.dasha@gmail.com

²ann2006@yandex.ru

Аннотация. Экологический кризис, имеющий глобальные масштабы и затрагивающий Россию, на сегодняшний день обуславливает ряд проблем территориального развития. В исторической ретроспективе кризис в сфере окружающей среды является результатом информационно-технологической эволюции городов, несёт угрозу для биологического разнообразия и здоровья населения, а также имеет постоянный фон сбоя работы энергетических систем многих поселений.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, оценка, экологический кризис, энергopotенциал, окружающая среда.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT
Review article

Approaches to estimating the energy potential of renewable energy sources in the territory of Russia

Daria A. Lagunova¹
Alexander N. Nikulin²

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹lagunova.dasha@gmail.com

²ann2006@yandex.ru

Abstract. The ecological crisis, which has a global scale and affects Russia, today leads to a number of problems of territorial development. In historical retrospect, the environmental crisis is the result of the information and technological evolution of cities, poses a threat to biological diversity and public health, and also has a constant background of failures in the operation of the energy systems of many settlements.

Keywords: renewable energy sources, assessment, ecological crisis, energy potential, environment.

Альтернативой ископаемым ресурсам является преобразование естественных потоков возобновляемой энергии, таких как:

- солнечное излучение,
- ветер,
- водные потоки,
- возобновляемое сырьё - биомасса.

Технический потенциал возобновляемых ресурсов превосходит потребности человечества в

энергии, поэтому существует возможность постепенного перехода на возобновляемую энергетику. Перераспределение и использование природных энергетических потоков характеризуется более мягкими воздействиями на биосферу и не приводит к существенным выбросам тепличных газов в атмосферу. Однако низкая удельная мощность природной энергии приводит к необходимости отводить большие площади для систем, «перехватывающих» потоки возобновляемой энергии.

В целом, при нынешней стоимости извлечения ископаемых ресурсов и уровне развития энергетических технологий, получение энергии из возобновляемых источников оказывается с экономической точки зрения в большинстве случаев менее предпочтительным, чем из традиционных источников. Относительное непостоянство солнечного излучения и ветровых потоков на многих участках поверхности вносит дополнительные сложности в возможность эффективно использования энергоустановок на их основе.

Энергетическая стратегия в области возобновляемых источников должна учитывать целый комплекс факторов, включая экономические, экологические, политические, социальные и другие, многие из которых не поддаются денежному выражению, а некоторые и количественному определению.

Комплексное использование возобновляемых источников энергии (ВИЭ) приводит к существенному повышению эффективности не только отдельных энергоустановок, но и энергосистем различного масштаба [1].

В отличие от традиционных источников, эффективность комплексного использования ВИЭ обладает синергетическим эффектом, изменяющимся в зависимости от потенциала и комплиментарности различных источников на региональном уровне.

Таким образом, появляется необходимость создания новых методик анализа и оценки возможностей эффективного комплексного вовлечения ВИЭ в региональные энергетические системы.

Успешное решение этой задачи возможно только на основе системного подхода, позволяющего проводить всестороннее рассмотрение изучаемой системы с учётом её внешних и внутренних взаимосвязей, многочисленных целей, разнообразных ограничений и возможных последствий принимаемых решений. Поэтому задача создания методики оценки эффективности вовлечения возобновляемых источников энергии в энергетический баланс на основе системного подхода, позволяющего учитывать множество противоречивых факторов в условиях неточных или неопределённых исходных данных, является актуальной.

Для климата Российской Федерации наибольший интерес представляет ветроэнергетика. Целесообразно применять несколько источников ввиду неравномерности распределения добычи такой энергии во времени.

Для развития и определения энергетической специализации каждого региона страны необходим комплексный подход к энергетике и терри-

ториальному планированию, который должен опираться на физико-технические факторы субъектов РФ. Следовательно, необходимо усовершенствование системы оценки природно-климатических и градостроительных условий.

Путём привлечения местных инвесторов к приобретению оборудования для использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) появляется возможность достичь устойчивой системы расселения с комфортной для человека средой обитания, которая может базироваться на зоне опережающего экономического роста. Это позволит создать условия, необходимые для энерго-экономической специализации субъектов страны.

Рассматривая сложившуюся в Российской Федерации стратегию энергообеспечения, основанную на условиях климата и географии местности, основным интерес вызывают объекты гидроэнергетики. В настоящее время, опираясь на стратегию энергообеспечения регионов, можно утверждать, что наиболее перспективной отраслью является гидроэнергетика [2].

Сегодня крупнейшие ГЭС не только несут в себе функции развития ВИЭ в России и создания сети гидроэлектростанций, обеспечения энергией местной промышленности и глобальной инфраструктуры, но и являются градообразующими предприятиями, местами приложения труда. Возможность освоения новых территорий ведёт за собой и увеличение возможностей гидроэнергетики. Прогрессирующими направлениями являются, например, приливные и волновые электростанции на побережьях или малые ГЭС.

При рассмотрении потенциала территории в вопросах солнечной радиации, а также применения энергии солнца в Российской Федерации, наиболее перспективными районами считаются:

1. Дальний Восток,
2. Краснодарский край,
3. Республика Крым.

Солнечные электростанции помимо неоспоримых плюсов в вопросах эффективности имеют ряд недостатков, основными из которых являются необходимость в больших площадях и минимальная запылённость воздуха.

Солнечная энергетика – наиболее доступный и чистый источник на данный момент, и видится реальным полностью обеспечить населённые пункты солнечной энергией. Основной метод выработки электроэнергии из солнечной радиации – применение фотопреобразователей – наиболее простой, эффективный и развивающийся способ добычи энергии на сегодняшний день.

Современные солнечные электростанции занимают огромные по площади территории для

размещения фотоэлектрических панелей и другого оборудования. В условиях населённого пункта такое, очевидно, невозможно, поэтому возникает потребность в размещении элементов станции непосредственно на зданиях [3].

Среди решений, предлагаемых для устранения подобных проблем, можно выделить разработку модульной системы фотоэлектрических элементов, которая органично внедряется в ограждающие конструкции и применяется для реконструкции зданий.

Рассматривая стандартную застройку современного города, можно обратить внимание на отсутствие чёткой ориентации зданий по сторонам света. Это происходит из-за большого количества других ограничивающих факторов, поэтому нельзя рассчитывать на максимальную выработку энергии при применении солнечных электростанций на существующих сооружениях.

Наиболее удачными для применения фотоэлектрических элементов являются регионы с минимальной плотностью застройки. Рассматривая солнечную энергетику в вопросе градостроительства, следует принимать во внимание технические особенности установки панелей и коллекторов в условиях плотной застройки на южно-ориентированных фасадах [3].

Следующий вид возобновляемых источников, значимых с точки зрения градостроительства, – это ветер, а отрасль – ветроэнергетика. И хотя в отношении климата этот тип электростанций наиболее удачен для территории РФ и имеет значительный потенциал, всё равно есть некоторые негативные аспекты применения ветряков. Например, имеются ограничения при строительстве мегаваттных установок. Это привело к тому, что данная отрасль находится в зависимости от иностранных производителей ветроэнергетических систем. Также имеются планировочные особенности в проектировании подобных объектов.

В отличие от солнечной энергетики в этом случае выработка ветровой энергии не циклична и имеет периоды спада и подъёма.

Основное влияние подобных установок на окружающую природу наблюдается в момент их установки и монтажа опор, что говорит о необходимости предварительной оценки энергетического потенциала станции и целесообразности её постройки с учётом влияния на среду. Кроме того, при эксплуатации ветропарков наблюдаются сильные перепады количества вырабатываемой энергии. За счёт этого энергия, вырабатываемая на других источниках, перерасходуется. Это можно объяснить ещё и ограничениями в общей сети.

Несмотря на все преимущества ветроэнергетики, повсеместное распространение установок в условиях застройки в ближайшее время представляется затруднительным в силу их негативных вибрационных и акустических воздействий на людей.

Итак, сравнивая ветроэнергетические и солнечные электростанции применительно к территории РФ, заметим, что ветроэнергетические установки обеспечивают более стабильную энерговыработку.

Успешность проектов территориального планирования во многом зависит от правильного распределения и взаимодействия различных источников энергии, в том числе и ВИЭ. Возобновляемые источники в широком понимании, помимо ветроэнергетики и солнечных установок, включают в себя и топливо на основе этанола, биогаза и биодизеля [2].

При решении задач о размещении установок с технологией ВИЭ необходимо принимать во внимание основополагающие принципы:

- целостности территории по элементам (неразрывности планировочных связей) природно-экологического каркаса;
- ландшафтно-визуального, экобиологического разнообразия и геоэкологической устойчивости;
- планировочной взаимосвязи и подчинённости объектов возобновляемой энергетики и элементов природно-экологического каркаса.

Можно сформулировать некоторые предпосылки к определению комплексного подхода при градостроительном планировании с учётом энергетического потенциала каждой территории.

1. Необходимо рассматривать источник энергии и здание, на котором предполагается его устанавливать, как единое целое, с общими системами управления. Это ведёт к повышению эффективности применения ВИЭ в градостроительстве.

2. В задаче экономии территориального ресурса технологии возобновляемых источников превосходят любые другие в силу их компактного расположения на сооружениях, что не требует отведения для них дополнительных площадей населённого пункта.

3. Системы ВИЭ эффективны в условиях сложного рельефа или повышенной озеленённости.

4. Оборудование, внедренное в систему сооружения, позволяет повысить так называемую энергоэффективность и эколого-экономическую

оценку самого здания, особенно при применении фотоэлектрических элементов.

5. Природно-экологический каркас обеспечивает комплексное освоение структуры и функционирование природных комплексов территории при размещении на ней возобновляемых источников, даёт наиболее полную оценку значимости элементов среды и природно-энергетического потенциала, например при планировании стратегического развития муниципального образования [1].

Подводим итог: учёт новейших технологий ВИЭ и внедрение их в градостроительные объекты при учёте мероприятий по охране окружающей среды ведёт к прогрессу и в вопросах территориального планирования.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник ресурсов возобновляемых источников энергии России. Справочник-каталог / под ред. П. П. Безруких. М. : Directmedia, 2018. Т. 26. 272 с.

2. Возобновляемые источники энергии: Материалы 5-й Всероссийской научной молодёжной школы / под общ. ред. А. А. Соловьева. М. : Кн. дом «Университет», 2016. 133 с.

3. Стребков Д. С. Роль солнечной энергии в энергетике будущего // Малая энергетика. 2019. №1–2. С. 48–55.

Информация об авторах

Д. А. Лагунова – студент гр. ФКбд-41, бакалавр инженерно-экономического факультета УлГТУ;

А. Н. Никулин – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Финансы и кредит» УлГТУ.

REFERENCES

1. *Spravochnik resursov vozobnovlyаемых istochnikov energii Rossii. Spravochnik-katalog* [Directory of renewable energy resources of Russia. Directory-catalog]. *pod red. P. P. Bezrukikh* [edited by P. P. Bezrukikh]. Moscow, Directmedia, 2018, Vol. 26, 272 p.

2. *Vozobnovlyаемые istochniki energii: Materialy 5-j Vserossijskoj nauchnoj molodyozhnoj shkoly* [Renewable energy sources: Materials of the 5th All-Russian Scientific Youth School]. *pod obshch. red. A. A. Solov'eva* [under the general editorship of A. A. Solovyov]. Moscow, Kn. dom «Universitet» [Publishing House «University»], 2016, 133 p.

3. Strebkov D. S. *Rol' solnechnoj energii v energetike budushchego* [The role of solar energy in the energy of the future]. *Malaya energetika* [Small power engineering]. 2019, No.1-2, pp. 48–55.

Information about the authors

D. A. Lagunova – student gr. Fkd-41, Bachelor of Engineering and Economics Faculty of UlSTU (Ulyanovsk, Russia);

A. N. Nikulin – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Finance and Credit of UlSTU.

Статья поступила в редакцию 14.01.2022;

одобрена после рецензирования 10.02.2022;

принята к публикации 01.03.2022.

The article was submitted 14.01.2022;

approved after reviewing 10.02.2022;

accepted for publication 01.03.2022.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья
УДК368.025.61

Оценка вероятности банкротства ПАО «Аэрофлот»

Дарья Александровна Лагунова¹

Екатерина Вадимировна Романенко²

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

¹*lagunova.dasha@gmail.com*

Аннотация. Ни одна компания, даже в период роста, не может окончательно быть уверенной в своём будущем. Поэтому проблема прогнозирования и оценки риска банкротства организации сегодня чрезвычайно актуальны в Российской Федерации. Проводится анализ банкротства компании ПАО «Аэрофлот».

Ключевые слова: банкротство, прогнозирование, модель Таффлера, модель Беликова-Давыдовой, анализ.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT
Analytical article

Assessment of the probability of bankruptcy of «Aeroflot»

Daria A. Lagunova¹

Ekaterina V. Romanenko²

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹*lagunova.dasha@gmail.com*

Abstract. No company, even in a period of growth, can be completely confident in its future. In this regard, the problem of forecasting and assessing the risk of bankruptcy of an organization is extremely relevant in the Russian Federation today. This article analyzes the bankruptcy of Aeroflot.

Keywords: bankruptcy, forecasting, Taffler model, Belikov-Davydova model, analysis.

В настоящее время для прогнозирования финансового положения и оценки вероятности банкротства предприятий используют различные математические модели и методы, основанные на расчёте отдельных финансовых коэффициентов и их комбинаций.

Наиболее известными многофакторными моделями прогнозирования несостоятельности предприятий являются как зарубежные модели (четырёхфакторная модель Таффлера и Тишоу, двухфакторная модель Альтмана, пятифакторная модель Альтмана, четырёхфакторная модель Лиса), так и отечественные (Модель диагностики банкротства Беликова-Давыдовой, пятифакторная модель Савицкой) [2].

Аэрофлот (юридическое название – ПАО «Аэрофлот – российские авиалинии») – лидер воздушного транспорта России, член глобального авиационного альянса SkyTeam. Аэрофлот входит в число мировых лидеров по обеспечению безопасности полётов[4].

Основным направлением деятельности группы «Аэрофлот» являются пассажирские авиаперевозки. По итогам 2020 года компания заняла лидирующую позицию на рынке, набрав более 20% российского рынка авиаперевозок по пассажиропотоку.

Для прогнозирования вероятности банкротства ПАО «Аэрофлот» используем Модель диагностики банкротства Беликова-Давыдовой и Факторную модель Таффлера. Это позволит наиболее объективно определить вероятность банкротства. Данные используются с 2019 по 2021 год.

Одна из первых отечественных моделей прогнозирования банкротства предприятия была предложена А.Ю. Беликовым в своей диссертации в 1998 году. Научным руководителем у него была Г.В. Давыдова. Поэтому более правильно называть эту модель оценки финансовой устойчивости предприятия – модель Беликова. Зачастую эту модель называют моделью ИГЭА[2].

Проведём оценку вероятности банкротства посредством российской методики – Четырёхфакторной модели Беликова-Давыдовой (табл. 1).

Регрессионная формула модели выглядит следующим образом:

$$Z = 8,38 \times K_1 + 1 \times K_2 + 0,054 \times K_3 + 0,63 \times K_4,$$

где K_1 – отношение оборотного капитала к активам; K_2 – отношение чистой прибыли к собственному капиталу; K_3 – выручка, делённая на активы; K_4 – чистая прибыль, делённая на себестоимость.

Таблица 1

Данные для расчёта четырёхфакторной модели

Показатель	2019 год	2020 год	2021 год
K_1	0,626	0,640	0,647
K_2	0,076	-1,812	-0,786
K_3	2,774	0,848	1,056
K_4	0,010	-0,291	-0,079

Проведём расчёт показателя вероятности банкротства за 3 года:

$$Z_{2019} = 8,38 \times 0,626 + 1,0 \times 0,076 + 0,054 \times 2,774 + 0,63 \times 0,010 = 5,482$$

$$Z_{2020} = 8,38 \times 0,640 - 1,0 \times 1,812 + 0,054 \times 0,848 - 0,63 \times 0,291 = 3,415$$

$$Z_{2021} = 8,38 \times 0,647 - 1,0 \times 0,786 + 0,054 \times 1,056 - 0,63 \times 0,079 = 4,639$$

При анализе банкротства по модели Беликова-Давыдовой максимальная вероятность банкротства наступает, если $Z < 0$, а минимальная степень банкротства, если $Z < 0,42$. Исходя из наших результатов, за весь рассматриваемый период вероятность банкротства минимальна.

Далее проведём оценку вероятности банкротства с использованием факторной модели Таффлера.

Модель Таффлера – методика прогнозирования банкротства предприятий на основе его финансовых показателей, предложенная в 1977 году британскими учёными Р. Таффлером и Г. Тишоу. Данная модель была разработана ими по результатам тестирования более ранней модели Альтмана на данных отчётности британских компаний как более соответствовавшая новым экономическим реалиям [1].

Четырёхфакторная модель Таффлера имеет следующий вид:

$$Z = 0,53 \times X_1 + 0,13 \times X_2 + 0,18 \times X_3 + 0,16 \times X_4,$$

где X_1 – отношение прибыли от продаж до уплаты налога к сумме текущих обязательств; X_2 – отношение суммы текущих активов к общей сумме обязательств; X_3 – отношение суммы текущих обязательств к общей сумме активов; X_4 – отношение выручки к общей сумме активов.

Таблица 2

Данные для расчёта модели Таффлера

Показатель	2019 год	2020 год	2021 год
X_1	0,044	-0,686	-0,190
X_2	0,965	0,797	0,730
X_3	0,602	0,519	0,472
X_4	2,774	0,848	1,056

Проведём расчёт показателя вероятности банкротства за 3 года:

$$Z_{2019} = 0,53 \times 0,044 + 0,13 \times 0,965 + 0,18 \times 0,602 + 0,16 \times 2,774 = 0,701$$

$$Z_{2020} = -0,53 \times 0,686 + 0,13 \times 0,797 + 0,18 \times 0,519 + 0,16 \times 0,848 = -0,031$$

$$Z_{2021} = -0,53 \times 0,190 + 0,13 \times 0,730 + 0,18 \times 0,472 + 0,16 \times 1,056 = 0,248.$$

Нормативное значение данного показателя показывает, что при $Z < 0,2$ у компании высокая вероятность банкротства, а при $Z > 0,3$ низкая вероятность.

В 2019 году наблюдается низкая вероятность банкротства. В 2020 году была высокая вероятность, а в 2021 средняя (табл. 2).

Проведённый анализ показывает, что последние два года ПАО «Аэрофлот» находится на ступени высокой вероятности банкротства, что говорит о снижении платёжеспособности и ликвидности компании, что негативно сказывается на финансовой устойчивости компании.

Однако благодаря мероприятиям, проводимых компанией, финансовые результаты в 2021 году улучшились в сравнении с прошлым годом. Благодаря росту спроса на авиаперевозки в летний период, а также развитию производственных программ на рынке внутренних перевозок, компания получила чистую прибыль[3].

Стоит отметить то, что итоговые показатели ПАО «Аэрофлот» по модели Таффлера не совпадают с итогами по четырёхфакторной модели Беликова-Давыдовой. Согласно модели Беликова-Давыдовой, в период с 2019 год до 2021 год компания находится в стабильном состоянии и вероятность банкротства минимальна. В тот

момент как в расчётах по модели Таффлера отчётливо видно негативное влияние Covid-19 на авиаперевозки.

Общественную ситуацию ещё нельзя назвать устойчивой, однако ПАО «Аэрофлот» использует все возможности и ресурсы для улучшения финансовых результатов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Модель Таффлера (Z-счёт Таффлера) https://www.audit-it.ru/finanaliz/terms/analysis/model_tafflera_z_schet_tafflera.html (дата обращения: 10.02.2022).

2. Модели прогнозирования банкротства предприятия (MDA-модели) <https://finzz.ru/modeli-prognozirovaniya-bankrotstva-rossijskix-predpriyatij-mda-modeli.html> (дата обращения: 11.03.2022).

3. Публичное акционерное общество «Аэрофлот – Российские авиалинии». Сведения об организации из БФО. <https://bo.nalog.ru/organizations-card/4444528> (дата обращения: 10.02.2022).

4. Публичное акционерное общество «Аэрофлот» <https://cargotime.ru/airlines/pao-aeroflot/> (дата обращения: 12.03.2022).

Информация об авторах

Д. А. Лагунова – студент гр. ФКбд-41, бакалавр инженерно-экономического факультета УлГТУ;

Е. В. Романенко – старший преподаватель кафедры «Финансы и кредит» УлГТУ.

REFERENCES

1. *Model' Tafflera (Z-schyot Tafflera)* [The Taffler model (Taffler's Z-score)] https://www.audit-it.ru/finanaliz/terms/analysis/model_tafflera_z_schet_tafflera.html (accessed: 10.02.2022).

2. *Modeli prognozirovaniya bankrotstva predpriyatiya (MDA-modeli)* [Enterprise bankruptcy forecasting models (MDA models)] <https://finzz.ru/modeli-prognozirovaniya-bankrotstva-rossijskix-predpriyatij-mda-modeli.html> (accessed: 11.03.2022).

3. *Publichnoe akcionernoe obshchestvo «Aeroflot – Rossijskie avialinii». Svedeniya ob organizacii iz BFO* [Public Joint Stock Company «Aeroflot-Russian airlines». Information about the organization from the PFD]. <https://bo.nalog.ru/organizations-card/4444528> (accessed: 10.02.2022).

4. *Publichnoe akcionernoe obshchestvo «Aeroflot»* [Public Joint Stock Company «Aeroflot»]. <https://cargotime.ru/airlines/pao-aeroflot/> (accessed: 12.03.2022).

Information about the authors

D. A. Lagunova – student of gr. FCbd-41, bachelavr of the Faculty of Engineering and Economics of UISTU;

E. V. Romanenko – senior lecturer of the Department of Finance and Credit of UISTU.

Статья поступила в редакцию 21.03.2022;

одобрена после рецензирования 30.03.2022;

принята к публикации 01.04.2022.

The article was submitted 21.03.2022;

approved after reviewing 30.03.2022;

accepted for publication 01.04.2022.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Обзорная статья
УДК 336.7

Финансы банков и их деятельность на открытом рынке

Александр Николаевич Никулин¹

Ильгиз Искандерович Яхиев²

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

¹*ann2006ni@yandex.ru*

²*ilgiz.yahiev13@gmail.com*

Аннотация. Банковские институты являются активными участниками рынка ценных бумаг во многих странах. Вложения банков в различные виды ценных бумаг иногда составляют значительную долю активов. Выступая активными игроками данного финансового сегмента, банки обладают рядом преимуществ перед другими участниками: значительные материальные ресурсы, развитая инфраструктура, квалифицированный персонал. Кроме собственных операций, банки оказывают услуги инвесторам и другим участникам по проведению операций с ценными бумагами

Ключевые слова: коммерческий банк, рынок ценных бумаг, открытый рынок, эмиссия ценных бумаг

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT
Review article

Finance of banks and their open market operations

Alexander N. Nikulin¹

Ilgiz I. Yahiev²

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

¹*ann2006ni@yandex.ru*

²*ilgiz.yahiev13@gmail.com*

Abstract. Banking institutions are active participants in the securities market in many countries. Banks' investments in various types of securities sometimes constitute a significant part of assets. Being active players in this financial segment, they have a number of advantages over other participants: developed resources, well-developed infrastructure, qualified personnel. In addition to our own operations, we provide services to investors and other participants in transactions with securities

Keywords: commercial bank, securities market, open market, securities issue

Финансовый рынок представляется весьма важным компонентом развития экономики страны. Сообщество профессиональных участников и институциональных инвесторов, участвующих в операциях на открытом рынке, создаёт положительный настрой в атмосфере инвестиционно-го климата, а также стимулирует возможности применения финансовыми институтами новых технологий на фондовом рынке, обусловленных развитием внебиржевых систем торговли как

ценными бумагами, так и структурными продуктами посредством интернет-трейдинга.

Являясь посредниками на финансовом рынке, коммерческие банки, часто выступают эмитентами различных видов ценных бумаг. Они эмитируют не только акции и облигации, но и инструменты денежного рынка – депозитные и сберегательные сертификаты, векселя. Если на основе эмиссии акций и облигаций формируется собственный и заёмный капитал банка, то выпуск сертификатов и векселей можно рассматривать как привлечение управляемых депозитов, или безотзывных вкладов. Право эмиссии собственных

акций и облигаций имеет коммерческий банк, образованный как акционерное общество, и это право обусловлено его формой собственности. Депозитные сертификаты и векселя может выпускать любой коммерческий банк по истечении двух лет деятельности.

Оказание некоторых видов услуг на рынке ценных бумаг в РФ регулируется особым образом. Речь идёт об операциях, которые именуется «профессиональная деятельность на рынке ценных бумаг». Российское законодательство, в частности Закон о рынке ценных бумаг, определяет следующие виды деятельности на рынке ценных бумаг как профессиональную деятельность:

– брокерская – совершение банком гражданско-правовых сделок с ценными бумагами в качестве поверенного или комиссионера, действующего на основании договора поручения или комиссии, а также доверенности на совершение таких сделок при отсутствии указаний на полномочия поверенного или комиссионера в договоре;

– дилерская – совершение банком сделок купли-продажи ценных бумаг от своего имени и за свой счёт путём публичного объявления цен покупки и (или) продажи определённых ценных бумаг с обязательством покупки и (или) продажи этих ценных бумаг по объявленным им ценам;

– деятельность форекс-дилера – деятельность по заключению от своего имени и за свой счёт с физическими лицами, не являющимися индивидуальными предпринимателями, не на организованных торгах: договоров, которые являются производными финансовыми инструментами, обязанность сторон по которым зависит от изменения курса соответствующей валюты и (или) валютных пар и условием заключения которых является предоставление форекс-дилером физическому лицу возможности принимать на себя обязательства, размер которых превышает размер предоставленного этим физическим лицом форекс-дилеру обеспечения; а также двух и более договоров, предметом которых является иностранная валюта или валютная пара, срок исполнения обязательств по которым совпадает, кредитор по обязательству в одном из которых является должником по аналогичному обязательству в другом договоре и условием заключения которых является предоставление форекс-дилером физическому лицу возможности принимать на себя обязательства, размер которых превышает размер предоставленного этим физическим лицом форекс-дилеру обеспечения;

– деятельность по управлению ценными бумагами – осуществление банком от своего имени за вознаграждение в течение определённого сро-

ка доверительного управления переданными ему во владение и принадлежащими другому лицу в интересах этого лица ценными бумагами; денежными средствами, предназначенными для инвестирования в ценные бумаги; денежными средствами и ценными бумагами, получаемыми в процессе управления ценными бумагами;

– депозитарная – оказание услуг по хранению сертификатов ценных бумаг и (или) учёту и переходу прав на ценные бумаги;

– деятельность по ведению реестра владельцев ценных бумаг – сбор, фиксация, обработка, хранение и предоставление данных, составляющих систему ведения реестра владельцев ценных бумаг; имеют право заниматься только юридические лица, именуемые в этом случае держателями реестра; держателем реестра может быть эмитент или профессиональный участник рынка ценных бумаг, осуществляющий деятельность на основании поручения эмитента.

Исторически сложилось так, что кредитные организации получают лицензии профессионального участника и осуществляют такие виды профессиональной деятельности на рынке ценных бумаг, как:

– брокерская;

– дилерская;

– деятельность по доверительному управлению ценными бумагами;

– депозитарная.

Осуществление деятельности по ведению реестра и деятельности форекс-дилера не допускает их совмещения с другими видами профессиональной деятельности на рынке ценных бумаг. В связи с этим данными операциями занимаются профессиональные участники рынка ценных бумаг, именуемые регистраторами и форекс-дилерами, для которых эта деятельность является исключительной. Также Закон о рынке ценных бумаг (ст. 10) не разрешает профессиональным участникам, осуществляющим брокерскую, дилерскую и деятельность по управлению ценными бумагами, выполнять операции по централизованному депозитарному обслуживанию, клиринг и расчётам на организованных рынках ценных бумаг. Соответственно, банки не осуществляют данные виды деятельности – ими занимаются другие участники рынка ценных бумаг. В частности, централизованное клиринговое и расчётное обслуживание проводят небанковские кредитные организации, специально учреждаемые для этих целей, для которых данные операции являются исключительными.

Таблица 1

Сведения о банках–профессиональных участников рынка

	Дилеры банки	Доля в общем количестве, %	Брокеры банки	Доля в общем количестве, %	Депозитарии банки	Доля в общем количестве, %	ДУ-банки	Доля в общем количестве, %
17.10.2014	415	49	413	49	351	60	272	37
23.10.2015	369	54	356	52	307	59	222	38
11.03.2016	341	55	319	53	282	59	183	36
17.02.2017	291	62	248	57	231	59	109	33
09.02.2018	261	62	216	57	199	58	80	30

Источник: официальный сайт Банка России — www.cbr.ru/, реестры профессиональных участников.

В таблице 1 представлены данные о профессиональных участниках – банках и их доле в общем числе профессиональных участников.

Статистика, представленная в таблице 1, демонстрирует преобладание банков среди профессиональных участников и постепенный рост их доли. Как уже отмечалось ранее, это обусловлено особенностями формирования российского рынка ценных бумаг – первостепенным созданием *организованного рынка ценных бумаг* (ОРЦБ) и преобладанием банков на нём, а также наличием у банков всех необходимых возможностей по предоставлению клиентам комплексного финансово-банковского обслуживания. Определённую роль в этом процессе сыграл и выбор Банка России в качестве мегарегулятора финансового рынка РФ.

Дилерская деятельность кредитных организаций в первую очередь связана с биржевым рынком ценных бумаг РФ. Среди кредитных организаций наибольшее распространение получили операции на ОРЦБ. Возможность осуществлять операции и оказывать услуги на ОРЦБ обусловлена необходимостью получения статуса дилера – заключением многостороннего соглашения с Банком России, торговой системой, депозитарной системой (Центральным депозитарием). Аналогичный порядок применяется и на других биржевых сегментах. Необходимо отметить, что банки-дилеры, как правило, осуществляют не только дилерскую деятельность, но и брокерскую, а иногда также депозитарную. В качестве примера можно привести сегменты облигаций

федерального займа (ОФЗ) и субфедеральных облигаций, где кредитные организации проводят операции от своего имени и за свой счёт, осуществляют сделки покупки/продажи по поручению клиентов и являются субдепозитариями.

Брокерская деятельность осуществляется банками как на биржевом рынке, так и на внебиржевом, на последнем – в значительно меньших объемах [5, с. 43]

В современных условиях российские банки-брокеры имеют возможность предлагать своим клиентам совершать сделки как с российскими финансовыми инструментами [1, с. 136]:

- акции и российские депозитарные расписки (РДР);
- корпоративные облигации;
- ОФЗ;
- облигации Банка России;
- облигации субъектов РФ и муниципальные облигации;
- инвестиционные паи ПИФов;
- производные финансовые инструменты, так и с иностранными финансовыми инструментами:
- акции и депозитарные расписки (АОВ; ОВ и т. д.);
- ETF.

Продукты брокерского обслуживания банками и, соответственно, сопровождающие их операции, разрабатываются на основе анализа потребностей различных групп клиентов, их требований к брокеру, а также стиля их инвестирования.

Выполняя поручение клиента, банк может удовлетворить его заявку на покупку ценных

бумаг как на открытом рынке, так и за счёт собственного портфеля ценных бумаг. Аналогично, исполняя заявку клиента на продажу ценных бумаг, банк имеет право приобрести данные ценные бумаги для собственного портфеля ценных бумаг или предложить их к продаже на открытом рынке.

Широка практика предоставления банками брокерского обслуживания дистанционно. Клиенты банков-брокеров могут осуществлять операции в режиме удалённого доступа с помощью систем интернет-трейдинга, что позволяет формировать и передавать в торговую систему заявки на сделки с ценными бумагами в режиме онлайн. Указанные заявки подписываются электронной цифровой подписью или аналогом собственноручной подписи клиента, что гарантирует юридическую ответственность клиента за результат проведённой финансовой операции.

Осуществление управления ценными бумагами российскими банками имеет некоторые особенности. Операции доверительного управления имуществом, согласно Закону о банках и банковской деятельности кредитными организациями проводятся на основании лицензии на осуществление банковских операций. В то же время доверительное управление ценными бумагами и денежными средствами, предназначенными для инвестирования в ценные бумаги, подпадает под действие Закона о рынке ценных бумаг, и для совершения указанных операций банки получают лицензию профессионального участника рынка ценных бумаг на осуществление деятельности по управлению ценными бумагами. Таким образом, на доверительное управление ценными бумагами и денежными средствами, предназначенными для инвестирования в ценные бумаги, распространяются как общие требования, предъявляемые к доверительному управлению, так и требования, предъявляемые законодательством о рынке ценных бумаг к осуществлению данного вида профессиональной деятельности. Рассмотрим особенности банковского доверительного управления в случае, когда объектом управления являются ценные бумаги и денежные средства для инвестирования в ценные бумаги.

Широкое повсеместное применение бездокументарных, безналичных технологий обращения ценных бумаг, когда ценные бумаги не оформляются на бумажных носителях-сертификатах, обусловило высокий спрос на депозитарные услуги на рынке ценных бумаг. Поскольку банки способны предоставлять клиентам комплексное обслуживание на финансовых рынках, в том числе и по операциям с ценными бумагами: бро-

керские операции, доверительное управление, депозитарное обслуживание, то среди зарегистрированных депозитариев значительное число кредитных организаций. Это объясняется как экономической политикой банков, так и наличием значительной материально-технической базы, по сравнению с профессиональными участниками – некредитными организациями.

Депозитарная деятельность включает в себя обязательное предоставление клиентам (депонентам) услуг по учёту и удостоверению прав на ценные бумаги, учёту и удостоверению передачи ценных бумаг, включая случаи обременения ценных бумаг обязательствами. Таким образом, депозитарная деятельность является услугой, которую депозитарий оказывает своему клиенту за определённое вознаграждение. Порядок, формы и условия оказания данных услуг определяются договором между депозитарием и его клиентом, регулирующим их отношения в процессе депозитарной деятельности и именуемым депозитарным договором или договором о счёте депо.

Осуществление депозитарной деятельности в банке возлагается руководством на отдельное подразделение, для которого данная деятельность должна быть исключительной. Это необходимо для предупреждения случаев ненадлежащего использования сотрудниками кредитной информации о владении ценными бумагами и связанных с ними операциях для целей, не связанных с их должностными обязанностями. Для этого кредитная организация разрабатывает и утверждает процедуры, препятствующие использованию информации, полученной в связи с осуществлением депозитарной деятельности, в целях, не связанных с указанной деятельностью. Как правило, это определяется документами о правилах внутреннего контроля в депозитарии, о которых ниже.

Депозитарный учёт ведётся по принципу двойной записи: т.е. ценная бумага, находящаяся на депозитарном хранении, одновременно учитывается по месту хранения и по принадлежности владельцу. Таким образом, счета депо подразделяются на активные и пассивные. Активный счёт депо – счёт депо, предназначенный для учёта ценных бумаг в разрезе мест хранения (счета депо мест хранения). Пассивный счёт депо – счёт депо, предназначенный для учёта ценных бумаг в разрезе владельцев (счета депо депонентов). В качестве мест хранения могут рассматриваться хранилище депозитария, хранилище филиала, арендуемое хранилище, другие депозитарии, реестродержатель. Для обеспечения своей

деятельности и проведения различных операций депозитариям разрешено открывать следующие основные виды счетов [6, с. 240]:

- счёт депо владельцев;
- счёт депо доверительного управляющего;
- счёт депо номинального держателя (в том числе иностранного);
- счёт депо депозитарных программ (в том числе по российским депозитарным распискам);
- депозитный счёт депо;
- казначейский счёт депо эмитента;
- торговые счета депо;
- клиринговый счёт депо.

Коммерческие банки связаны также с операциями по обслуживанию государственных ценных бумаг.

Рассмотрим возможные операции с государственными облигациями и порядок их проведения на организованном рынке. В настоящее время на рынке государственных облигаций предусмотрено проведение следующих операций [2, с. 150]:

- 1) проведение аукционов (эмиссия, первичный рынок);
- 2) покупка-продажа государственных облигаций на вторичном рынке;
- 3) операции РЕПО;
- 4) кредитование Банком России под залог ценных бумаг.

1. Эмиссия государственных облигаций осуществляется в форме отдельных выпусков. Решение о новом выпуске, основных параметрах выпуска (объём, цена отсечения и т.д.) принимает Министерство финансов РФ по согласованию с Банком России. Министерство финансов РФ за несколько дней до проведения аукциона передаёт Банку России глобальный сертификат на размещаемый выпуск для помещения его на хранение в Депозитарий и поручение на проведение аукциона и обслуживание данного выпуска. Дилеры для участия в аукционе передают Банку России заявки на приобретение. Заявка дилера может включать информацию как о ценных бумагах, приобретаемых за свой счёт, так и по поручению клиентов. Заявки, подаваемые дилерами для приобретения государственных облигаций на аукционе, могут быть конкурентными (содержащими цену приобретения ценных бумаг) и неконкурентными (удовлетворяемые по цене отсечения аукциона).

2. На вторичном рынке осуществляется в основном биржевая торговля, все сделки купли-продажи государственных облигаций совершаются через Торговую систему, но предусмотрен

механизм проведения внесистемных сделок. Заключение сделок осуществляется только на основании конкурентных заявок дилеров на покупку или продажу облигаций. Заявки дилеров, поступившие в Торговую систему, удовлетворяются в соответствии со следующими правилами:

- приоритет цен – независимо от времени подачи заявка с более выгодной ценой удовлетворяется раньше, чем заявка с менее выгодной ценой;
- приоритет времени – при равенстве цен первой удовлетворяется заявка, поданная раньше;
- размер заявки на её приоритет не влияет;
- сделка заключается по цене заявки, находящейся в очереди первой;
- разбивка лота – если заявка удовлетворяется частично, то неисполненная её часть рассматривается как отдельная заявка;
- заключение сделки купли-продажи не требует дополнительного согласия дилеров, подавших удовлетворённые заявки.

3. Рынок РЕПО существует практически во всех странах с развитой рыночной экономикой. Операции РЕПО на организованном рынке направлены на поддержание ликвидности рынка государственных ценных бумаг. Операция РЕПО представляет из себя двухстороннюю сделку по продаже ценных бумаг с обязательством их обратного выкупа через определённый срок (рис. 1).

ПЕРВАЯ ЧАСТЬ СДЕЛКИ



ВТОРАЯ ЧАСТЬ СДЕЛКИ

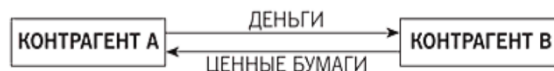


Рис. 1. Механизм проведения сделки РЕПО

Операции РЕПО на рынке государственных облигаций обеспечивают следующие возможности: для Банка России – гибкий инструмент для управления ликвидностью банковской системы в краткосрочном плане; для коммерческих банков и других финансовых институтов – дополнительный инструмент для инвестирования свободных ресурсов, а также механизм краткосрочного кредитования под залог ценных бумаг.

В настоящее время на рынке ОФЗ применяются следующие виды сделок РЕПО: междилерское РЕПО и РЕПО, одной из сторон в которой является Банк России. Операции РЕПО с Банком России в свою очередь подразделяются на

«прямое» РЕПО и «обратное» РЕПО. В случае «прямого» РЕПО Банк России в первой части сделки приобретает ценные бумаги у дилера, тем самым кредитует последнего. При «обратном» РЕПО заключается противоположная сделка. Операции РЕПО проводятся Банком России только с дилерами – кредитными организациями. Для проведения операций РЕПО банки-дилеры заключают с Банком России отдельное соглашение. Выпуски государственных облигаций, используемые в сделках РЕПО в качестве обеспечения, именуются базовыми выпусками. Сделки РЕПО, как и другие сделки купли-продажи на организованном рынке, осуществляются только через Торговую систему [3, с. 504].

4. Кредитование Банком России под залог ценных бумаг является неотъемлемой частью системы рефинансирования и направлено на поддержание ликвидности банковской системы. Перечень ценных бумаг, принимаемых в обеспечение, устанавливается Банком России и именуется ломбардным списком. Для получения таких кредитов банки-дилеры заключают специальный договор с Банком России.

В последние годы эмитенты ценных бумаг для организации выпуска и обращения собственных ценных бумаг всё чаще обращаются к профессионалам рынка ценных бумаг, оказывающим такого рода услуги. В их число входят не только инвестиционные, финансовые компании, но и банки, осуществляющие инвестиционную банковскую деятельность. С помощью профессионалов рынка ценных бумаг организуются выпуски акций, а также облигаций – инструмента краткосрочного заимствования, который в последнее время достаточно широко используется хозяйствующими субъектами для финансирования тех или иных инвестиционных проектов.

Рассмотрим более подробно деятельность инвестиционных банков.

Отдельного внимания заслуживает вопрос о понимании содержания и сущности «инвестиционной банковской деятельности». Я. М. Миркин определяет инвестиционный банк как финансовый институт, который является профессиональным участником рынка ценных бумаг и объединяет:

- а) дилерские операции (открытие твёрдых котировок за свой собственный счёт);
- б) андеррайтинг (обслуживание первичного размещения ценных бумаг, полный или частичный выкуп либо гарантирование выкупа эмиссии);
- в) брокерство (на основании договоров комиссии и поручения);

- г) финансовое консультирование;
- д) доверительное управление инвестиционными фондами;
- е) обслуживание реорганизаций (слияний, поглощений, выделений и т. п.) компаний;
- ж) персональное управление активами (PEM);
- з) инвестиции за свой счёт и спекулятивную деятельность;
- и) депозитарную деятельность и кастодиальные услуги.

Инвестиционный банкинг (или инвестиционное банковское дело) – традиционное значение термина (в США) подразумевает деятельность по консультационному обслуживанию, финансовому посредничеству в первичном размещении ценных бумаг и гарантированию указанного размещения, включая полный или частичный выкуп эмиссии [4, с. 111].

На современном этапе к основным направлениям инвестиционной банковской деятельности принято относить:

- посредническую деятельность (организация IPO, SPO, андеррайтинг, управление активами, секьюритизация активов);
- корпоративное финансирование (организация слияний и поглощений, финансирование слияний и поглощений);
- проектное финансирование.

В российском банковском законодательстве понятие «инвестиционный банк» не определено, все банки, действующие на территории РФ, являются коммерческими банками. Таким образом, для российских коммерческих банков нет законодательных ограничений для занятия инвестиционной банковской деятельностью. В российской практике реализованы обе модели инвестиционной банковской деятельности. В группе Сбербанк создана отдельная компания SberbankCIB, осуществляющая инвестиционную банковскую деятельность. Аналогичной моделью воспользовалась банковская группа ВТБ, создав ВТБ Капитал. Это примеры реализации англосаксонской модели. Другой моделью – континентальной, воспользовался Газпромбанк, создав отдельное внутреннее структурное подразделение, оказывающее услуги инвестиционного банкинга.

Организация выпуска и размещения ценных бумаг различных эмитентов (компаний и организаций) занимает значимое место в деятельности инвестиционного банка наряду с собственными и клиентскими спекулятивными, инвестиционными операциями на рынке ценных бумаг. Предметом размещения могут быть любые эмиссионные ценные бумаги, как корпоративные акции и

облигации, так и государственные (федеральные и субфедеральные), муниципальные облигации.

Оказывая помощь эмитентам в организации выпуска ценных бумаг, инвестиционный банк может предложить услуги:

- по организации первичного публичного предложения акций (IPO);
- организации повторного (вторичного) публичного предложения акций (SPO);
- организации частного размещения акций (private placement);
- организации выпуска корпоративных облигаций;
- организации выпуска еврооблигаций.

Российские инвестиционные банки также принимают активное участие в организации и выпуске еврооблигаций российских эмитентов. Sberbank CIB, ВТБ Капитал, Газпромбанк, ФК Открытие, Альфа-Банк в последние годы осуществили выпуски еврооблигаций РУСАЛа, Газпрома, РЖД и др.

Не менее важную роль в организации выпуска ценных бумаг и их размещении играет андеррайтер выпуска. Его основная функция – обеспечение размещения всего выпуска ценных бумаг в наиболее короткие сроки и на лучших для эмитента условиях. Именно на андеррайтере лежит ответственность по размещению выпуска ценных бумаг эмитента.

В западной практике для целей гарантированного размещения всего объёма выпуска ценных бумаг и их эффективной реализации создаётся инвестиционный синдикат, который включает в себя не только организаторов выпуска ценных бумаг, но и андеррайтеров. В российской практике функции организатора выпуска ценных бумаг и андеррайтера, как правило, выполняет одно и то же лицо.

Правовые основы и характер деятельности позволяют утверждать, что андеррайтерами могут быть только профессиональные участники рынка ценных бумаг, осуществляющие брокерскую деятельность, также дилерскую деятельность, если договор с эмитентом предусматривает обязательство выкупа размещаемых ценных бумаг от имени и за счёт андеррайтера. Например, согласно законодательству большинства европейских стран и США андеррайтингом могут заниматься исключительно инвестиционные компании и инвестиционные банки, являющиеся профессиональными участниками фондового рынка. Их деятельность строго регулируется специальными органами (например, SEC в США).

Оценивая масштабы выполняемых функций, следует отметить, что для формирования на базе существующего банка структуры «инвестиционного банка» требуется наличие не только соответствующих лицензий профессионального участника рынка ценных бумаг, но и кадрового ресурса, способного обеспечить проведение необходимых юридических процедур и мероприятий, организацию непосредственного размещения ценных бумаг и работу с потенциальными инвесторами. И именно банковская структура в большинстве случаев позволяет создать необходимые условия для развития данного направления.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Дубровина Д. С., Никулин А. Н. Оценка акций Сбербанка // Закономерности и тенденции инновационного развития общества: Международная научно-практическая конференция (Магнитогорск, 20 декабря 2017 года): сборник статей в 6 ч. Магнитогорск: Общество с ограниченной ответственностью «Аэтерна», 2017. С. 135–138.
2. Ковалева Н. А. Деятельность коммерческих банков на рынке ценных бумаг: учебное пособие. Москва: КНОРУС, 2019. 224 с.
3. Киячков А. А. Рынок ценных бумаг: учебник. М.: Юрайт, 2015. 857 с.
4. Кирюхина Ю. С., Жидова О. Е., Никулин А. Н. Модели оптимизации портфеля инвестиций // Региональная экономика: актуальные вопросы и новые тенденции : сборник научных трудов (Ульяновск, 17–23 апреля 2017 года). Ульяновск: УлГТУ, 2017. С. 110–112.
5. Никулин А. Н., Кирюхина Ю. С., Жидова О. Е. Оценка эффективности банковских технологий // European research: innovation in science, education and technology: сборник статей по материалам XXXIV Международной научно-практической конференции (Москва, 14–15 декабря 2017 года). Москва: Проблемы науки, 2017. С. 42–43.
6. Сребник Б. В. Рынок ценных бумаг: учебное пособие. Москва: КНОРУС, 2016. 288 с.

Информация об авторах:

А. Н. Никулин – доцент, кандидат физико-математических наук, Ульяновск, Россия, Ульяновский государственный технический университет;

И.И. Яхиев – студент инженерно-экономического факультета, кафедра «Финансы и кредит» УлГТУ.

REFERENCES

1. Dubrovina D. S., Nikulin A. N. *Ocenka akciy Sberbanka* [Evaluation of Sberbank shares] *Zakonomernosti i tendencii innovacionnogo razvitiya obshchestva* [Patterns and trends of innovative development of the company]. *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya (Magnitogorsk, 20 dekabrya 2017 goda): sbornik statej v 6 ch.* [International Scientific and Practical Conference (Magnitogorsk, December 20, 2017): collection of articles in 6 hours]. *Magnitogorsk, Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Aeterna»* [Magnitogorsk, Aeterna Limited Liability Company, 2017], pp. 135–138.
2. Kovaleva N. A. *Deyatel'nost' kommercheskih bankov na rynke cennyh bumag: uchebnoe posobie.* [Activity of commercial banks in the securities market: textbook]. Moscow: KNORUS, 2019, 224 p.
3. Kilyachkov A. A. *Rynok cennyh bumag: uchebnyk.* [Securities market: textbook]. Moscow, Yurayt, 2015, 857 p.
4. Kiryukhina Yu. S., Zhidova O. E., Nikulin A. N. *Modeli optimizacii portfelya investicij* [Investment portfolio optimization models]. *Regional'naya ekonomika: aktual'nye voprosy i novye tendencii: sbornik nauchnyh trudov (Ulyanovsk, 17–23 aprelya 2017 goda)* [Regional economy: Current issues and new trends: collection of scientific papers (Ulyanovsk, April 17–23, 2017)]. Ulyanovsk, UISTU, 2017, pp. 110–112.
5. Nikulin A. N., Kiryukhina Y. S., Zhidova O. E. *Ocenka effektivnosti bankovskih tekhnologij* [Evaluation of the effectiveness of banking technologies]. *European research: innovation in science, education and technology: sbornik statej po materialam HXXIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii (Moskva, 14–15 dekabrya 2017 goda)* [European research: innovation in science, education and technology: a collection of articles based on the materials of the XXIV International Scientific Practice (Moscow, December 14–15, 2017)]. Moscow, *Problemy nauki* [Problems of Science], 2017, pp. 42–43.
6. Srebnik B. V. *Rynok cennyh bumag: uchebnoe posobie.* [Securities market: textbook]. Moscow, KNORUS, 2016, 288 p.

Information about the authors

A. N. Nikulin – Associate professor, candidate of physical and mathematical sciences, Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University;

I. I. Yakhiev – student of bachelor of the Faculty of engineering and economics, Ulyanovsk, Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 18.05.2022;
одобрена после рецензирования 01.06.2022;
принята к публикации 10.06.2022.
The article was submitted 18.05.2022;
approved after reviewing 01.06.2022;
accepted for publication 10.06.2022.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Научная статья

УДК 338.27:347.822.4

Прогнозирование показателей безопасности полётов с учётом внедрения управленческого решения на основе регрессионных моделей

Наталья Семёновна Бойко¹

Анатолий Викторович Лошаков²

¹Ульяновский государственный педагогический университет, Ульяновск, Россия

²Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

¹nboyko2005@mail.ru

²tolik-ul7385@yandex.ru

Аннотация: Предпринята попытка рассмотреть оптимизацию расходов (затрат) на обеспечение безопасности по двум критериям: повышение безопасности полётов (БП), и снижение финансовых убытков в результате наступления авиационного события (АС), так данный вид поддержки принятия решений обосновывается тем, что финансовые возможности операторов аэродромов во многом зависят от объёма перевозок эксплуатантов, количества обслуженных пассажиров.

Ключевые слова: бюджет, прогнозирование, авиационный случай, безопасность полётов, пассажиры, метод, оценка, эксперты.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Scientific article

Forecasting of flight safety indicators taking into account the implementation of a management solution based on regression models

Natalia S. Boyko¹

Anatoly V. Loshakov²

¹Ulyanovsk State Pedagogical University, Ulyanovsk, Russia

²Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹nboyko2005@mail.ru

²tolik-ul7385@yandex.ru

Abstract. An attempt is made to consider the optimization of costs (costs) for ensuring safety according to two criteria: improving flight safety (BP), and reducing financial losses as a result of an aviation event (AS), so this type of decision support is justified by the fact that the financial capabilities of airfield operators largely depend on the volume of operators' traffic, the number of passengers served.

Keywords: budget, forecasting, aviation accident, flight safety, passengers, method, assessment, experts.

Регрессионное моделирование – один из методов статистического анализа [1] и прогнозирования. Многообразие его применения представлено в обобщающей статье [2]. Основная идея регрессионного анализа заключается в составлении уравнения регрессии. Такое уравнение отражает зависимость одной переменной (зависимой) от нескольких других переменных (независимых). В нашем случае регрессионное моделирование может быть использовано для прогнозирования величины двух показателей, соответствующих двум критериям, относительно которых выполняется оптимизация управленческих решений (УР).

Напомним, таковыми критериями являются:

1. Уровень безопасности полётов, который отражает показатель безопасности полётов (БП) – SPI.

2. Ущерб, который был нанесён авиапредприятию в результате наступления авиационного события (АС), который отражает финансовый показатель ущерба – L.

Регрессионное моделирование позволит определить зависимость данных показателей от воздействия факторов опасности (ФО).

Как уже отмечалось ранее, управление БП достигается благодаря воздействию внедряемых управленческих решений. Как правило, в начале каждого года руководство авиакомпании составляет план – некий перечень УР, который планируется ввести в их деятельность.

Однако, согласно концепции «управленческой дилеммы», УР подлежат дополнительной поддержке. Термин «поддержка принятия решения» широко используется в теории принятия решений [2], а вопросу о методах поддержки принятия решений уделяется

много внимания в различных областях науки, что подтверждается многочисленными публикациями исследований, такими как [1–9] и другими.

В данной работе в качестве поддержки принятия решения рассматривается оптимизация расходов (затрат) на обеспечение БП по двум критериям – повышение БП, и снижение финансовых убытков в результате наступления АС. Данный вид поддержки принятия решений обосновывается тем, что финансовые возможности операторов аэродромов во многом зависят от объёма перевозок эксплуатантов, количества обслуженных пассажиров и т. д. Поэтому внедрение всего планируемого перечня УР в один момент является невыполнимой задачей в связи с временно ограниченным бюджетом. В то же время полный отказ от внедрения некоторых УР является недопустимой мерой по внешним независимым причинам. Для реализации данного метода поддержки принятия решения экспертам необходимо выполнить оценку, определить, на сколько процентов снизится влияние каждого обобщённого фактора опасности после внедрения каждого из УР. Данный метод оценки имеет

схожий характер с методом фон Неймана–Моргенштерна и методом непосредственных оценок, а также с методом, использованным для выбора наиболее эффективных мероприятий повышения БП группой CAST (США), что отражено в работе [3].

Критерии экспертных оценок приведены в табл. 2. Для примера в табл. 2 приведены данные о возможных УР с указанием их стоимости внедрения (в у. е. денежного эквивалента) и процентном влиянии на ОФО (коэффициенты эффективности УР–Kij). Данные коэффициенты должны быть оценены опытными экспертами на основании критериев, приведённых в табл. 1.

Исходя из вышеприведённых данных, представляется возможным скорректировать среднемесячные (за весь предыдущий год) коэффициенты вклада каждого ОФО в показатель после внедрения каждого УР, используя формулу

$$M_{ij} = M_i \text{ ср} - M_i \text{ ср} K_{ij} = M_i \text{ ср} (1 - K_{ij}),$$

где $M_i \text{ ср}$ – среднемесячные значения ОФО за прошлый год;

K_{ij} – коэффициенты эффективности управленческих решений.

Таблица 1

Критерии экспертных оценок влияния УР на формирование обобщённых факторов опасности (ОФО)

Процентное влияние на ОФО, %	Пояснение
100	Максимальное влияние на ОФО. Полностью исключает возможность возникновения ОФО после внедрения УР (на практике невыполнимо, приведено для формирования понимания принципа экспертного оценивания)
50	После внедрения УР вероятность проявления ОФО снижена в 2 раза
5	УР внесёт серьёзный вклад в снижение влияния ОФО
3	УР внесёт средний вклад в снижение влияния ОФО
1	УР внесёт небольшой вклад в снижение влияния ОФО
0,5	Минимальное влияние на ОФО. УР внесёт незначительный вклад в снижение влияния ОФО

Таблица 2

Экспертные оценки влияния УР на ОФО

Название управленческого решения	Стоимость УР, у. е.	Коэффициенты эффективности (Kij)					
		AS (воздушная скорость)	ET (расчётное время)	TC (истинный курс)	P (запретная зона)	CH (компасный курс)	EC (технический контроль)
1. Обновить разметку на аэродроме (рулевая дорожка и взлётно-посадочная полоса)	400	0,015	0,035	0,015	0,01	0,005	0,005
2. Разработать автоматизированную программу для ЭВМ обмена данными	160	0	0	0,005	0,005	0,005	0
3. Совершенствовать технологию взаимодействия Управления воздушного движения и службы орнитологического обеспечения	260	0	0	0,02	0,02	0	0
4. Приобрести радиостанции	500	0	0,035	0,01	0,005	0,01	0,005
5. Провести курсы повышения квалификации (обучение) взаимодействующих служб	300	0	0,035	0,005	0,005	0,005	0,005
6. Ремонт покрытия взлётно-посадочной полосы и рулевой дорожки	3000	0,015	0,015	0,005	0,05	0,005	0
7. Установить ограждение от водоёма	250	0	0,005	0,02	0,01	0	0
8. Приобрести спец. технику (комплектующие и прочее)	1500	0	0,01	0,05	0,01	0	0
9. Ремонт/совершенствование аэродромной тележки	400	0,005	0,005	0	0,01	0	0

Вывод: Используя регрессионные модели, созданные ранее на основе исходных данных за прошлый год, можно спрогнозировать показатели на следующий год с учётом внедрения каждого УР. В результате формируется перечень УР с указанием степени целесообразности внедрения каждого из них. Низкая степень целесообразности означает, что внедрение этого решения повлечёт слишком большие финансовые затраты, не оказав равноценно существенного влияния на улучшение безопасности полётов. Также данное ранжирование УР можно интерпретировать как оптимальную очерёдность их внедрения в деятельность оператора аэродрома при временных финансовых ограничениях.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Лушкин А.М. Методика автоматизированного мониторинга безопасности полётов авиакомпании // Проблемы безопасности полётов. 2015. №5. С. 3–11.
2. Nisula J. Operational Risk Assessment. Next Generation Methodology [Электронный ресурс]. 2009. Режим доступа: [http://essi.easa.europa.eu/documents- Заглавие с экрана](http://essi.easa.europa.eu/documents-Заглавие с экрана).
3. Tolstykh S. A., Sharov V. D. Method of sms basic elements development for the aerodrome operator. Civil Aviation High Technologies. 2018;21(4):29–38. (In Russ.), Режим доступа: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2018-21-4-29-38> – Заглавие с экрана.
4. Шаров В. Д. Методология управления риском безопасности полётов на уровне авиапредприятия: диссертация ... доктора технических наук. М.: МГТУ ГА, 2016. 285 с.
5. Орлов А.И. Выявление отклонений в контроллинге (на примере мониторинга уровня безопасности полётов) [Электронный ресурс] // Научный журнал КубГАУ., Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf>. Заглавие с экрана.
6. Glendon A. I., Clarke S. G., Mckenna E. F. Human Safety and Risk Management. Florida: CRC Press, 2006.
7. Leveson N.G. Engineering a Safer World. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2011.
8. Лушкин А. М. Облик корпоративной системы управления безопасностью полётов воздушных судов // Транспортный вестник. 2017. №2. С. 1–13.
9. Гузий А. Г. Подготовка персонала авиапредприятий в области системного управления безопасностью полётов // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2016. №3. С. 89–94.

Информация об авторах

Н. С. Бойко – доктор исторических наук, профессор кафедры права Ульяновского государственного педагогического университета им. И. Н. Ульянова;

А. В. Лошаков – кандидат исторических наук, доцент кафедры «Общественные дисциплины» Ульяновского государственного технического университета.

REFERENCES

1. Lushkin A. M. *Metodika avtomatizirovannogo monitoringa bezopasnosti polyotov aviakompanii* [Methodology of automated monitoring of airline flight safety]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Problems of flight safety]. 2015, No.5, pp. 3–11.
2. Nisula J. Operational Risk Assessment. Next Generation Methodology [Electronic resource]. 2009. Access mode: [http://essi.easa.europa.eu / documents](http://essi.easa.europa.eu/documents). Title from the screen.
3. Tolstykh S. A., Sharov V. D. Method of sms basic elements development for the aerodrome operator. Civil Aviation High Technologies. 2018;21(4):29–38. (In Russ.), Access mode: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2018-21-4-29-38>. Title from the screen.
4. Sharov V. D. *Metodologiya upravleniya riskom bezopasnosti polyotov na urovne aviapredpriyatiya: dissertaciya ... doktora tekhnicheskikh nauk*. [Methodology of flight safety risk management at the level of an aviation enterprise: dissertation ... Doctor of Technical Sciences]. Moscow, MGTU GA, 2016, 285 p.
5. Orlov A. I. *Vyyavlenie otklonenij v kontrollinge (na primere monitoringa urovnya bezopasnosti poletov)* [Identification of deviations in controlling (on the example of monitoring the level of flight safety)]. [Electronic resource]. *Nauchnyj zhurnal KubGAU*. [Scientific journal of KubGAU], Prestupa mode: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/08.pdf>. *Zaglavie s ekrana*[Title from the screen].
6. Glendon A. I., Clarke S. G., Mckenna E. F. Human Safety and Risk Management. Florida, CRC Press, 2006.
7. Leveson N. G. Engineering a Safer World. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2011.
8. Lushkin A.M. *Oblik korporativnoj sistemy upravleniya bezopasnost'yu polyotov vozdushnyh sudov* [The appearance of the corporate system of aircraft safety management]. *Transportnyj vestnik*. [Transport Bulletin]. 2017, No. 2, pp. 1–13.
9. Guziy A. G. *Podgotovka personala aviapredpriyatij v oblasti sistemnogo upravleniya bezopasnost'yu polyotov* [Training of personnel of aviation enterprises in the field of system management of flight safety]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychajnyh situacij*[Problems of safety and emergency situations]. 2016, No. 3, pp. 89–94.

Information about the authors

N. S. Boyko – Doctor of Historical Sciences, Professor of the Department of Law of the Ulyanovsk State Pedagogical University named after I. N. Ulyanov;
A. V. Loshakov – Candidate of Historical Sciences, Associate Professor of the Department of «General Scientific Disciplines» of the Ulyanovsk State Technical University.

Статья поступила в редакцию 25.04.2022;
одобрена после рецензирования 03.05.2022;
рекомендована к публикации 15.05.2022.
The article was submitted 25.04.2022;
approved after reviewing 03.05.2022;
accepted for publication 15.05.2022.

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ

Аналитическая статья
УДК [338.14:614.4] (470.42)

Последствия COVID-19 в экономике Ульяновской области

Ирина Александровна Филиппова¹

Тимур Айратович Каримов²

Полина Николаевна Томило³

^{1,2,3}Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск, Россия

¹*fia282@mail.ru*

²*timur.karimov2003@mail.ru*

³*polinka.ru04@mail.ru*

Аннотация. Посвящена актуальной проблеме последних двух лет – последствия и результаты пандемии COVID-19, которая затронула и Ульяновскую область. Авторы рассматривают, как поменялась экономическая ситуация на разных предприятиях в городе и области.

Ключевые слова: экономика, COVID-19, пандемия, Ульяновск, сфера, промышленность, последствия.

ECONOMICS AND QUALITY MANAGEMENT

Analytical article

Consequences of COVID-19 in the economy of the Ulyanovsk region

Irina A. Filippova¹

Timur A. Karimov²

Polina N. Tomilo³

^{1,2,3}Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk, Russia

¹*fia282@mail.ru*

²*timur.karimov2003@mail.ru*

³*polinka.ru04@mail.ru*

Abstract. It is devoted to an urgent problem of the last two years – the consequences and results of the COVID-19 pandemic, which also affected the Ulyanovsk region. The authors consider how the situation of the economy of different enterprises in the city and region has changed.

Keywords: economy, COVID-19, pandemic, Ulyanovsk, sphere, industry, consequences.

Сейчас мировой общественностью активно обсуждается пандемия и экономический кризис. Ситуация с распространением коронавирусной инфекции в Ульяновской области обсуждается в средствах массовой информации постоянно, а что же с экономикой? Из-за закрытия торговых предприятий и остановки производств появились некоторые экономические проблемы, но каков в целом их масштаб? [1]. Рассмотрим несколько ведущих отраслей экономики нашего региона: машиностроение, сферу услуг, пищевую промышленность, здравоохранение [2].

Начнём анализ с машиностроения. Машиностроение – это необходимое звено любого индустриального комплекса. В Ульяновской области 4 крупных предприятий машиностроения: Ульяновский автомобильный завод (УАЗ), Ульяновский механический завод, Авиастар-СП, Ульяновский моторный завод (УМЗ). Из-за пандемии COVID-19 отрасль столкнулась с такими проблемами: временные остановки производства в связи с локдауном, перебои с поставками сырья, переносы и отмены запланированных инвестиций. В 2020 году из-за пандемии выручка Ульяновского механического завода снизилась почти в три раза – с 75 до 27 миллионов рублей, а Ульяновский автомобильный завод понёс убытки в

размере около 2 млрд рублей. Такие финансовые потери не могли не отразиться на работниках градообразующих предприятий Ульяновской области. Например, УАЗ во время пандемии привлекал к работе лишь 25% рабочего состава, что помогло немного снизить расходы предприятия [3]. Результатом пандемического удара в 2020 года стало общее падение машиностроительного комплекса в регионе на рекордные 12,1% [6]. Такая динамика вызвана тем, что ульяновские предприятия направлены преимущественно на торговлю на внутреннем рынке, где совокупный спрос на продукцию серьёзно снизился [4]. Таким образом, падение производства в машиностроительной отрасли Ульяновской области – одно из последствий кризиса, возникшего из-за пандемии [5].

Проанализируем сферу услуг. Именно эта отрасль экономики нашей области очень трудно пережила 2020 год. В числе подотраслей, понесших наибольшие потери, туристические агентства, фитнес-центры, транспорт, предприятия общественного питания и другие.

Туристический бизнес до 2020 года стабильно развивался в нашей области. В нём было занято примерно 150 человек. К сожалению, туроператоры и турагентства на 90% перешли в режим оптимизации, весной 2021 г. прошло сокращение работников компаний, в результате которого число занятых в сфере туризма снизилось. Ситуацию на рынке туристического бизнеса рассмотрим на примере туристического агентства ООО «ЦЕНТРАЛЬНОЕ ТУРАГЕНТСТВО». В 2020 году организация получила выручку в сумме 33 тыс. руб., что на 82%, меньше, чем годом ранее. Такая тенденция обусловлена тем, что на протяжении полугода границы России были закрыты, а интерес к внутреннему туризму среди россиян не был высок.

Рассмотрим фитнес-индустрию. В ней занято более 600 человек. Около 240 из них попали под угрозу сокращения. Банкротство ожидают до 70% компаний, продажи в начале весны 2021 года снизились на 98%. Так, например, популярная сеть фитнес-центров в Ульяновской области «Мир Фитнеса» за 2020 год получила выручку в размере 22 млн руб., что на 14,2 млн руб., или на 39,2%, меньше, чем годом ранее. То есть за год пандемического кризиса фитнес-центр потенциально потерял около 14,2 миллионов рублей. Результатом работы компании за 2020 год стала прибыль в размере 689 тыс. руб. Это на 51,8% меньше, чем в 2019 г. Стоит отметить, что деньги потеряла не только фирма, но и государство,

так как получило меньший объём налогов из-за снижения прибыли фирмы.

В Ульяновской области в сфере общественного питания задействовано около 798 фирм, 102 из которых рестораны, кафе и бары. В отрасли занято более 1100 человек, и около половины под угрозой сокращения. За неделю полного локдауна с 30 октября по 7 ноября 2021 года выручка заведений общественного питания сократилась примерно на 70%, и это ещё не предел [7]. Компании, занятые в общественном питании, понесли самые большие убытки из-за пандемии COVID-19. Было предусмотрено субсидирование пострадавших предприятий, и государство не дало им обанкротиться, многие фирмы получили помощь от государства. Но многие предприятия просто «не дожили» до этих субсидий, к тому же эти субсидии не покрыли всех убытков компаний, которые они несли во время кризиса. Поэтому общественное питание в регионе можно считать самой пострадавшей подотраслью экономики.

В Ульяновске снизилось количество рейсов общественного транспорта. Региональное правительство отметило, что именно общественный транспорт, «в котором в час пик люди набиваются как сельди в бочке», является одним из основных мест заражений коронавирусом. Поэтому, с точки зрения мер по предотвращению заражения инфекцией, сокращение рейсов достаточно эффективно, но при этом количество жителей, которые ежедневно пользуются общественным транспортом, от этого не станет меньше. Иными словами, если уменьшить количество автобусов на маршруте, то людей на одно маршрутное транспортное средство станет в разы больше, чем было до, следовательно, цель достигнута не будет. Напомним, что большинство маршрутов в Ульяновске обслуживаются частными предпринимателями. Введение такой меры нанесло бы финансовый ущерб лицам, обслуживающим маршруты, и усугубило бы положение и в этой подотрасли. Но данная инициатива не была реализована.

Далее рассмотрим пищевую промышленность. В Ульяновской области предприятия этой отрасли продолжают работать, но принятые меры по повышению безопасности в условиях пандемии привели к уменьшению отгрузок по налаженным каналам сбыта и к проблемам в транспортной и складской логистике, и, как следствие, уменьшению запланированных доходов. Дополнительные санитарные меры также повлияли на объёмы выпускаемой продукции. Проверка температуры тела каждого сотрудника предприятия при начале смены, разделение

работников на производственной линии и разобщение коллектива привели к снижению КПД на предприятии. К тому же доходы населения в Ульяновской области упали, и в целях экономии потребители, в основном, стали приобретать товары первой необходимости. Многие граждане и вовсе потеряли работу, оказавшись в жёстких рамках покупательной способности. Потребители теперь делают выбор в пользу более дешёвой продукции, или дожидаются скидок. Отражение такого поведения можно заметить в потребительской корзине в разные периоды пандемии. К несчастью, производители не успевают следить за изменяющимися тенденциями поведения покупателей, ввиду чего терпят убытки. Аналитики Ульяновской области прогнозируют, что пищевая промышленность пострадает от пандемии, но всё-таки переживёт её.

Теперь перейдём к самой актуальной отрасли экономики в пандемический кризис – здравоохранению. Особенно много на пандемическом кризисе заработали платные клиники. Например, на данный момент они зарабатывают на платной госпитализации заболевших ковидом, анализе крови на наличие антител, ПЦР-тестах. Такие платные медицинские точки повысили свой бюджет за счёт ковидных больных более чем на 8% за год. Например, можно рассмотреть частную клинику ВМ КЛИНИК. По состоянию на 2020 год общие активы организации составили 97,6 млн руб. Это на 55,8 млн рублей, или на 133,5%, больше, чем годом ранее, в 2019 году.

Отметим, правительство Ульяновской области планирует оставить финансирование здравоохранения на повышенном уровне, что отлично на фоне сложной ситуации с пандемией, но для экономики и бюджета области в целом это дополнительная нагрузка. Общий объём финансирования здравоохранения увеличится в 2022 году на 1,5 миллиарда рублей, это связано с оказанием гражданам бесплатной медицинской помощи. Борьба с эпидемией COVID-19 вызвала дополнительные расходы на закупку средств индивидуальной защиты, оборудования, лекарств и выплаты различным категориям медицинского персонала. Кроме того, в связи с непредсказуемостью развития эпидемии, могут потребоваться дополнительные инвестиции в здравоохранение.

Итак, от пандемического кризиса сильно пострадали все отрасли экономики Ульяновской области. Для преодоления его последствий правительство нашей страны выделило из резервного фонда 47 миллионов 447 тысяч 800 рублей на

здравоохранение, позволяя региональному управлению перераспределить средства в пользу других пострадавших отраслей.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Андрей Семёнов. Ульяновская область вошла в число регионов, наиболее пострадавших от пандемии. [https://73online.ru/r/ulyanovskaya_oblast_voshla_v_chislo_regionov_naibolee_postradavshih_ot_pandemii-97377] (дата обращения: 10.02.2022).

2. Бухгалтерская отчётность АО «Ульяновский механический завод» за 2020 год [<https://e-ecolog.ru/buh/2020/7303026762>] (дата обращения: 11.02.2022).

3. Из-за коронавируса на УАЗе могут возникнуть перебои с поставками деталей. [https://73online.ru/r/izza_koronavirusa_na_uaze_mogut_vozniknut_pereboi_s_postavkami_detaley_-75910](дата обращения: 09.02.2022).

4. Контрагент ООО «ЦЕНТРАЛЬНОЕ ТУРАГЕНТСТВО». [https://www.audit-it.ru/contragent/1067325034061_ooo-tsentralnoe-turagentstvo] (дата обращения: 09.02.2022).

5. Минпромтранс. Промышленные предприятия Ульяновской области возобновляют производство в условиях пандемии коронавируса. [<https://ulianovsk.bezformata.com/listnews/promishlennie-predpriyatiya-ulyanovskoj/84463611/>] (дата обращения: 10.02.2022).

6. ООО «Ульяновский автомобильный завод»: бухгалтерская отчётность и финансовый анализ. [https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7327077188_ooo-ulyanovskiy-avtomobilnyy-zavod] (дата обращения: 10.02.2022).

7. Рената Алиулова. «Мы как на пороховой бочке». Ульяновские рестораторы о жизни во времена локдауна и QR-кодов. [https://ulpravda.ru/tv/novost_dnia/my-kak-na-porokhovoibochke-ulyanovskie-restoratory-o-zhizni-vo-vremena-lokdauna-i-qrkodov] (дата обращения: 10.02.2022).

Информация об авторах

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

Т. А. Каримов – студент первого курса Ульяновского государственного технического университета инженерно-экономического факультета;

П. Н. Томило – студентка первого курса Ульяновского государственного технического университета инженерно-экономического факультета.

REFERENCES

1. *Andrej Semyonov. Ulyanovskaya oblast voshla v chislo regionov, naibolee postradavshih ot pandemii.* [Andrey Semenov. The Ulyanovsk region is among the regions most affected by the pandemic]. [https://73online.ru/r/ulyanovskaya_oblast_voshla_v_chislo_regionov_naibolee_postradavshih_ot_pandemii-97377] (accessed: 10.02.2022).
2. *Buhgalterskaya otchyotnost' AO «Ulyanovskij mekhanicheskij zavod» za 2020 god* [Accounting statements of JSC «Ulyanovsk mechanical plant» for 2020]. [<https://e-ecolog.ru/buh/2020/7303026762>] (accessed: 11.02.2022).
3. *Iz-za koronavirusa na UAZe mogut vozniknut pereboi s postavkami detalej* [Due to the coronavirus, there may be interruptions in the supply of parts on the UAZ]. [https://73online.ru/r/izza_koronavirusa_na_uaze_mogut_vozniknut_pereboi_s_postavkami_detaley_-75910] (accessed: 09.02.2022).
4. *Kontragent OOO «CENTRAL'-NOE TURAGENTSTVO»* [Counterparty of CENTRAL TRAVEL AGENCY LLC]. [https://www.audit-it.ru/contragent/1067325034061_ooo-tsentralnoe-turagentstvo] (accessed: 09.02.2022).
5. *Minpromtrans. Promyshlennye predpriyatiya Ulyanovskoj oblasti vozobnovlyayut proizvodstvo v usloviyah pandemii koronavirusa* [The Ministry of Industry and Transport. Industrial enterprises of the Ulyanovsk region resume production in the conditions of the coronavirus pandemic]. [<https://uliyanovsk.bezformata.com/listnews/promishlennie-predpriyatiya-ulyanovskoj/84463611/>] (accessed: 10.02.2022).
6. *OOO «Ulyanovskij avtomobil'nyj zavod»: buhgalterskaya otchetnost' i finansovyj analiz* [LLC «Ulyanovsk automobile plant»: accounting statements and financial analysis]. [https://www.audit-it.ru/buh_otchet/7327077188_ooo-ulyanovskiy-avtomobilnyy-zavod] (accessed: 10.02.2022).
7. *Renata Aliulova. «My kak na porohovoj bochke». Ulyanovskie restoratory o zhizni vo vremena lokdauna i QR-kodov* [Renata Aliulova. «It's like we're on a powder keg» Ulyanovsk restaurateurs about life during lockdown and QR-codes]. [https://ulpravda.ru/tv/novost_dnia/my--kak-na-porokhovo-i-bochke-ulyanovskie-restoratory-o-zhizni-vo-vremena-lokdauna-i-qrkodov] (accessed: 10.02.2022).

Information about the authors

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

T. A. Karimov – first-year student of the Ulyanovsk State Technical University of Engineering and Economics Faculty;

P. N. Tomilo – first-year student of the Ulyanovsk State Technical University of Engineering and Economics Faculty.

Статья поступила в редакцию 29.03.2022;
одобрена после рецензирования 20.04.2022;
принята к публикации 30.04.2022.
The article was submitted 29.03.2022;
approved after reviewing 20.04.2022;
accepted for publication 30.04.2022.

