



АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ: ВЗГЛЯД НА БУДУЩЕЕ

I Всероссийская конференция с международным участием
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Сарапул, 30 мая 2024 г.

Минобрнауки России
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова»
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ: ВЗГЛЯД НА БУДУЩЕЕ»

I Всероссийская конференция с международным участием
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Сарапул, 30 мая 2024 г.



Издательство УИР ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова
Ижевск 2024

УДК 001:004(06)
ББК 6/8(2Р–6У)
А43

Редакционная коллегия:

Г. В. Миловзоров, доктор технических наук, профессор
Ю. Г. Подкин, доктор технических наук, профессор
И. М. Вельм, доктор культурологии, профессор
К. В. Стати, ведущий инженер-системотехник
Т. А. Войнова, заведующая сектором библиотеки

Актуальные проблемы науки и техники: взгляд на будущее // Матер. I
А43 Всероссийской конф. с междунар. участием (Сарапул, 31 мая 2024 г.). – Ижевск :
Изд-во УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024. – 119 с. – 3,08 МБ. –
Текст : электронный.

ISBN 978-5-7526-1043-1

Сборник статей подготовлен на основе докладов I Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные проблемы науки: взгляд на будущее», которая была проведена 30 мая 2024 г. в г. Сарапуле Удмуртской Республики, в СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова».

Программа конференции включала работу секций «Электротехнические комплексы и системы», «Нефтегазовое дело», «Информатика и вычислительная техника», «Информационно-измерительные системы», «Электроника и современные средства автоматизации», «Машиностроение» и др. Докладчики представили результаты исследований по различным аспектам развития науки в современной России.

Издание будет полезно преподавателям, студентам, аспирантам, докторантам и другим специалистам в представленных научных направлениях конференции.

УДК 001:004(06)
ББК 6/8(2Р–6У)

ISBN 978-5-7526-1043-1

© ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024
© Оформление. Издательство ИжГТУ
имени М. Т. Калашникова, 2024

СЕКЦИЯ № 1

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.311

Перспективы развития электростанций на возобновляемых источниках энергии в России

Т. П. Чепикова, И. М. Мартынов

В статье проводится анализ количества станций на ВИЭ в разных частях России и сравнение их с традиционными электростанциями.

Ключевые слова: возобновляемые источники энергии, электростанции, мощность, производительность.

Prospects for the development of renewable energy power plants in Russia

T. P. Chepikova, I. M. Martynov

The article analyzes the number of renewable energy plants in different parts of Russia and compares them with traditional power plants.

Keywords: renewable energy sources, power plants, capacity, productivity.

Развитие электростанций на возобновляемых источниках энергии в России является актуальной темой в современном мире, учитывая растущее внимание к проблемам изменения климата и устойчивого развития. С учетом того, что Россия является одним из крупнейших производителей энергии в мире, вопрос использования возобновляемых источников энергии становится все более важным. Развитие электростанций на солнечной, ветровой, гидроэнергетической и других возобновляемых источниках энергии [1-6] позволит снизить зависимость от традиционных источников энергии, таких как уголь и газ, что, в свою очередь, поможет снизить выбросы парниковых газов и уменьшить негативное воздействие на окружающую среду.

Могут ли современные электростанции на ВИЭ составлять конкуренцию или даже заменить традиционные электростанции в России?

Для ответа на поставленный вопрос необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить виды электростанций на ВИЭ, которые присутствуют в России.
2. Выяснить, какое количество мощности они могут вырабатывать.
3. Провести сравнение с традиционными электростанциями.
4. Проанализировать перспективы использования электростанций на ВИЭ в Пермском крае.

Использование ВИЭ в энергетике становится все более популярным из-за устойчивости и экологической чистоты этих источников. Они не только помогают снизить выбросы парниковых газов и уменьшить зависимость от ископаемых видов топлива, но и способствуют диверсификации энергетического комплекса и обеспечивают энергетическую безопасность.

Важно выбирать подходящее место для установки электростанции на ВИЭ, учитывая особенности климата, рельефа и доступности ресурсов.

Необходимо провести анализ потребления энергии и подобрать соответствующую мощность электростанции для обеспечения нужд потребителя. Важно регулярно проводить техническое обслуживание и контроль за работой электростанции, чтобы избежать возможных сбоев и аварий. Необходимо обеспечить правильное хранение и утилизацию отходов, которые могут образовываться при производстве электроэнергии на ВИЭ. Важно обеспечить безопасность при эксплуатации электростанции на ВИЭ и соблюдать все нормы и правила по охране труда и окружающей среды.

Также важно учитывать, что вырабатываемая мощность электростанций на возобновляемых источниках энергии (ВИЭ) зависит от нескольких факторов:

1. Погодных условий: мощность электростанций на солнечной энергии (солнечных батареях) зависит от уровня солнечной радиации и времени суток. Мощность электростанций на ветровой энергии зависит от скорости и направления ветра.

2. Географического расположения: расположение электростанций на ВИЭ важно для оптимального использования энергии. Например, солнечные станции будут производить больше энергии в регионах с высокой инсоляцией, а ветровые станции – в регионах с высокой скоростью ветра.

3. Технических параметров установленного оборудования: эффективность и мощность установленных солнечных батарей, ветрогенераторов или других устройств также влияют на общую мощность электростанции.

4. Эффективности работы системы хранения энергии: электростанции на ВИЭ могут быть предусмотрены с системой хранения энергии, такой как аккумуляторы, которые могут повысить эффективность общего процесса производства и использования энергии.

5. Доступности обслуживания и технической поддержки: регулярное техническое обслуживание и поддержка установленных ВИЭ станций также важны для обеспечения надежной и эффективной работы электростанции.

Все эти факторы влияют на общую мощность, которую может производить электростанция на ВИЭ.

Виды электростанций на ВИЭ [7-10]

Ветряные электростанции (ВЭС) – это устройства, которые используют энергию ветра для производства электроэнергии.

В России ветряные электростанции преимущественно располагаются в следующих регионах: Краснодарский край, Республика Калмыкия, Алтайский край, Республика Крым, Ленинградская область, Сахалинская область.

Эти регионы обладают высоким потенциалом для развития ветроэнергетики благодаря наличию благоприятных климатических условий и достаточно открытых и обширных территорий для установки ветрогенераторов.

В Краснодарском крае насчитывается 16 ветряных электростанций (табл. 1).

Таблица 1. Ветряные электростанции в Краснодарском крае

Станция	Мощность, МВт
ВЭС Каневская (Строится)	42
ВЭС-Щербиновский (Строится)	99
Береговая ВЭС (в эксплуатации)	90
Ейская ВЭС (Строится)	60
Анапская ВЭС-2 (Строится)	51
Геленджикская ВЭС-1 (Строится)	60
Геленджикская ВЭС-2 (Строится)	60
Анапская ВЭС-1 (Строится)	48
Геленджикская ВЭС-Южная-1 (Строится)	30
Геленджикская ВЭС-Южная-2 (Строится)	30
ВЭС Приморско-Ахтарская (Строится)	150
Адыгейская ВЭС (Строится)	150
Благовещенская ВЭС-1 (Строится)	123
Благовещенская ВЭС-2 (Строится)	126
Таманская ВЭС (Строится)	102
Краснодарский ветропарк (Строится)	1000

В республике Калмыкия можно выделить Приютненскую ВЭС, мощность которой составляет 2,4 МВт. Оборудование станции включает в себя две ветроустановки мощностью по 1,2 МВт. Также в конце 2020 г. введены в эксплуатацию две ВЭС – Целинская и Салынская, мощностью по 100 МВт каждая.

В Алтайском крае присутствуют две ветряных электростанции (табл. 2).

Таблица 2. Ветряные электростанции в Алтайском крае

Станция	Мощность, МВт
ВЭС Яровое	96 МВт
ВЭС Кулунда	96 МВт

В республике Крым присутствуют три ветряные электростанции (табл. 3)

Таблица 3. Ветряные электростанции в республике Крым

Станция	Мощность, МВт
ВЭС «Тарханкут»	23 МВт
ВЭС «Ялтинская»	15 МВт
ВЭС «Керченская»	10 МВт

Эти электростанции в Крыму являются одним из источников возобновляемой энергии в регионе и способствуют уменьшению зависимости от импорта электроэнергии.

В Ленинградской области присутствуют также три ВЭС (табл. 4).

Таблица 4. Ветряные электростанции в Ленинградской области

Станция	Мощность, МВт
ВЭС «Синкевическая»	35
ВЭС «Кривцовская»	65
ВЭС «Новороссийская»	201

Эти электростанции используют ветроэнергию для производства электроэнергии и являются частью общей стратегии развития возобновляемых источников энергии в регионе.

На территории Сахалинской области есть несколько ветряных электростанций (табл. 5).

Таблица 5. Ветряные электростанции в Сахалинской области

Станция	Мощность, МВт
Ветропарк «Ветряная Долина»	—
ВЭС на острове Русский	7,5

Солнечные электростанции (СЭС) – этот тип электростанции использует солнечную энергию для выработки электроэнергии.

В России солнечные электростанции преимущественно располагаются в следующих регионах: Краснодарский край, Ростовская область, Ставропольский край, Республика Крым, Алтайский край, Красноярский край, Приморский край.

Эти регионы имеют наилучшие условия для использования солнечной энергии, поэтому здесь развивается индустрия возобновляемых источников энергии, включая СЭС.

В Краснодарском крае присутствует несколько солнечных электростанций (СЭС) различной мощности (табл. 6).

Таблица 6. Солнечные электростанции в Краснодарском крае

Название	Мощность, МВт
СЭС «Кубань-Солнечная»	100
СЭС «Солнечная Балтика-1»	90
СЭС «Гелиос Фотон 1»	50
СЭС «Кубанская»	30
СЭС «Астапа»	20

На территории Ростовской области насчитывается несколько СЭС различной мощности (табл. 7).

Таблица 7. Солнечные электростанции в Ростовской области

Название	Мощность, МВт
СЭС «Водопад»	5
СЭС «Северский»	6
СЭС «Ростовская»	10
СЭС «Новочеркасская»	15

На территории Ставропольского края находятся несколько солнечных электростанций (табл. 8).

Таблица 8. Солнечные электростанции в Ставропольском крае

Название	Мощность, МВт
СЭС «Солнечная пустынь»	30
СЭС «Семья»	15
СЭС «Ставрополь»	10
СЭС «Омега-СК»	5
СЭС «Энергетика Ландшафта»	3

На данный момент в республике Крым находятся следующие СЭС (табл. 9).

Таблица 9. Солнечные электростанции в республике Крым

Название	Мощность, МВт
СЭС «Перово»	10
СЭС «Ялта-Симферополь-1»	5,2
СЭС «Ялта-Симферополь-2»	10
СЭС «Новый свет»	10
СЭС «Феодосия»	15,98

В Алтайском крае на данный момент существуют следующие станции электроснабжения (СЭС) (табл. 10).

Таблица 10. Солнечные электростанции в Алтайском крае

Название	Мощность, МВт
СЭС «Улаганская»	10
СЭС «Телецкая»	5
СЭС «Чуйская»	3

В Красноярском крае действуют следующие СЭС (табл. 11).

Таблица 11. Солнечные электростанции в Красноярском крае

Название	Мощность, МВт
СЭС «Циклон»	10
СЭС «Сибирские лучи»	15
СЭС «Заря»	5

На территории Приморского края на данный момент действует несколько солнечных электростанций (табл. 12).

Таблица 12. Солнечные электростанции в Приморском крае

Название	Мощность, МВт
СЭС «Радуга»	25
СЭС «Донбасский»	15
СЭС «Луга»	10

Электростанция на биомассе – энергетическое предприятие, которое производит электроэнергию, используя биомассу в качестве основного топлива.

Электростанции на биомассе присутствуют в различных регионах России. Некоторые из них находятся в следующих регионах: Калининградская область, Владимирская область, Удмуртская Республика, Свердловская область, Республика Татарстан. Это лишь некоторые из регионов, где находятся электростанции на биомассе. В целом, такие станции могут быть найдены по всей стране (табл. 13).

Таблица 13. Электростанция на биомассе в различных регионах России

Название	Мощность, МВт
Дзержинская ТЭЦ	60
ЩМ-ТЭЦ	12
Янтарная ТЭЦ	10

Эти электростанции производят электроэнергию из различных видов биомассы, таких как древесные отходы, солома, опилки и другие биологические материалы.

На данный момент во Владимирской области работает несколько электростанций на биомассе (табл. 14).

Таблица 14. Электростанция на биомассе во Владимирской области

Название	Мощность, МВт
Владимирская теплоэлектростанция на биомассе	13,8
Камешковская ТЭЦ на древесной биомассе	10

Общая установленная мощность электростанций на биомассе во Владимирской области составляет около 25...30 МВт.

В Удмуртской Республике действуют следующие электростанции (табл. 15).

Таблица 15. Электростанция на биомассе в Удмуртской Республике

Название	Мощность, МВт
Биомассовая электростанция в селе Новоспасское, Пушкинский район	2,5
Биомассовая электростанция в селе Тригорьево, Игринский район	7
Биомассовая электростанция в селе Лебедевка, Дебесского района	5

Эти электростанции используют отходы сельскохозяйственного производства и лесозаготовительные отходы для производства электроэнергии.

Электростанции на биомассе в Свердловской области (табл. 16).

Таблица 16. Электростанция на биомассе в Свердловской области

Название	Мощность, МВт
Электростанция на биомассе в поселке Карпинск	5
Электростанция на биомассе в городе Первоуральск	3
Электростанция на биомассе в поселке Верхняя Пышма	2

Также есть другие компании, такие как ООО «Татэнергострой» и др., которые ведут работы по строительству электростанций на биомассе в регионе Татарстана, однако их мощность пока неизвестна (табл. 17). В последние годы в регионе активно развивается производство и использование биомассы как альтернативного источника энергии, что способствует повышению энергетической независимости региона.

Таблица 17. Электростанции в Республике Татарстан

Название	Мощность, МВт
ООО «Чистая энергия Казань»	3

Из выше приведенных данных, пока представители зеленой энергетики серьезно проигрывают представителям из традиционной энергетики (табл. 18).

Особенно это видно на примере солнечной электростанции, которая требует огромных затрат на производство 1 МВт энергии и тем самым является крайне невыгодным источником энергии.

Таблица 18. Сравнение с традиционными электростанциями

Название станции	Мощность станции, МВт	Стоимость, руб./ МВт*ч	Мощность, вырабатываемая при идеальных условиях за год, МВт*ч	Общее количество затрат на выработку энергии за год за год за год, руб.
ВЭС Приморско-Ахтарская	150	7855,7	1314000	10322389800
СЭС «Кубань-Солнечная»	100	21256,6	876000	18620781600
Дзержинская ТЭЦ (Биомасса)	60	11090,4	525600	5829114240
Воткинская ГЭС	1020	8314,8	8935200	74321206560
Кольская АЭС	1760	10166,2	15417600	156738405120
ТЭС «Международная»	236	9242	2067360	19106541120

Если говорить про ветряную электростанцию, то по соотношению затрат на количество выработанной энергии у данного источника ситуация намного лучше. И если реализовать мощность ВЭС Приморско-Ахтарской подобно Воткинской ГЭС, ВЭС Приморско-Ахтарская, то по затратам она оказалась чуть выгоднее. Но не стоит забывать о том, сколько территории необходимо использовать, чтобы реализовать такую мощность, что также «отталкивает» от использования такого источника энергии как основного, но не как дополнительного. ВЭС могут стать оптимальным источником питания для небольших производств и малых хозяйств. Ну и безусловным лидером являются АЭС, так как вырабатывают большое количество энергии и не требуют большого пространства, но за такими станциями важно должным образом следить и обслуживать, так как выход таких станций из строя можно приравнять к глобальной катастрофе (например, Чернобыльская АЭС).

Список использованных источников и литературы

1. *Лукутин, Б. В.* Возобновляемые источники электроэнергии : учеб. пособие. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008.
2. *Лаврус, В. С.* Источники энергии. – Киев : ННТ, 1997 г.
3. *Огородников, И. А.* На пути к устойчивому развитию: экодом / И. А. Огородников, А. А. Огородников.
4. Энергетические ресурсы мира / под ред. П. С. Непорожного, В. И. Попкова. – Москва : Энергоатомиздат, 1995.
5. *Котельников, Г. Г.* Электростанции и сети электроснабжения : учебник / Г. Г. Котельников, А. П. Богатырев, В. Г. Котельников. – Москва : Юрайт, 2017.

6. *Нагибина, Н. И.* Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков) / Н. И. Нагибина, Г. А. Черновалова. – Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017.
7. *Берман, Н. Ф.* Электростанции : учебник для вузов. – Москва : Энергоатомиздат, 2000.
8. *Бугаев, А. Н.* Теория и расчет электрических станций. – Москва : Энергия, 1987.
9. Возобновляемая энергетика RENWEX 2024. – URL: <https://www.renwex.ru/ru/ii/vozobnovlyаемая-ehnergetika>.
10. Википедия свободная энциклопедия. – URL: <https://ru.wikipedia.org>.

Сведения об авторах

Чепикова Татьяна Петровна, кандидат технических наук, зав. кафедрой «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова», г. Ижевск, Россия; доцент кафедры «Экономики, управления и предпринимательства», Чайковский филиал ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Чайковский, Россия. chepikova_tanja@mail.ru

Мартынов Илья Михайлович, студент, Чайковского филиала ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Чайковский, Россия

СЕКЦИЯ № 2
МАТЕМАТИКА И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

УДК 532.528

**Теоретический расчет пороговых характеристик ультразвука,
необходимых для активации кавитационных процессов
в аддитивных технологиях***

Д. Р. Фатталова, Г. А. Гордеев, С. Л. Ломаев

Воздействие ультразвука при обработке металлов позволяет формировать мелкую зеренную структуру посредством кавитации. В работе показано существование двух режимов схлопывания пузырьков: резонансный и безрезонансный. Рассчитаны пороговые характеристики ультразвука, необходимые для активации кавитационных процессов.

Ключевые слова: кавитация, математическое моделирование, ультразвуковая обработка, аддитивные технологии.

**Theoretical calculation of threshold characteristics of ultrasound required
for activation of cavitation processes in additive technologies**

D. R. Fattalova, G. A. Gordeev, S. L. Lomaev

The effect of ultrasound in metal processing makes it possible to form a fine grain structure by cavitation. The paper shows the existence of two modes of bubble collapse: resonant and nonresonant. The threshold characteristics of ultrasound necessary for activation of cavitation processes are calculated.

Keywords: cavitation, mathematical modeling, ultrasonic treatment, additive technologies.

Лазерная обработка металлических образцов имеет широкий спектр применения в различных областях промышленности. Одно из самых перспективных направлений лазерных технологий: аддитивное производство металлических изделий. Одни из самых применяемых технологий 3D-печати: ПЛВ (прямое лазерное выращивание), СЛС (селективное лазерное сплавление) и СЛП (селективное лазерное плавление). Выращивание детали происходит путем послойного спекания металлического порошка лазерным лучом. Это позволяет получить

© Фатталова Д. Р., Гордеев Г. А., Ломаев С. Л., 2024

* Работа выполнена при финансовой поддержке государственного задания Министерства образования и науки РФ (№ FUUE-2024-0011).

детали сложной формы с высокой точностью построения геометрии, а также сделать детали более легкими, что дает преимущества аддитивных технологий перед традиционными.

В данных технологиях используются различные порошки, такие как нержавеющая сталь 316L, титановый сплав ВТ6, их аналоги, композиты Ti-TiB и другие. Лазер, направленный на порошок, формирует бассейн расплава, температуры которого близки к температуре испарения металлического материала. Кристаллизация также проходит с очень высокими скоростями. Из-за большого градиента температур и быстрого затвердевания формируется крупная зеренная структура металла, имеющая вытянутую форму, в результате чего свойства выращенного изделия ухудшаются, например, снижается пластичность, увеличивается хрупкость и ударная вязкость, также появляется анизотропия свойств.

Существует несколько методов воздействия на бассейн расплава, в результате чего формируется более мелкая зеренная структура: воздействие переменных [1] и постоянных [2] магнитных полей, воздействие ультразвука [3, 4] в процессе печати. Однако в первых двух исследованиях значительного измельчения структуры не наблюдалось. В исследованиях с ультразвуком было обнаружено существенное различие между полученными структурами.

В работе [3] изделие печаталось методом ПЛВ на сонотроде, который являлся внешним источником ультразвукового поля. При выращивании без ультразвука зерна металла имели линейный размер в несколько мм, ширина составляла около 0.5 мм, при включенном сонотроде формировалась равноосная мелкая зеренная структура, диаметр зерна которой составлял порядка 100 мкм. Большинство исследователей объясняют такое формирование структуры ультразвуковой кавитацией. В бассейне расплава присутствуют парогазовые пузырьки, которые под воздействием ультразвука начинают кавитировать и схлопываться. Схлопываясь, пузырьки образуют ударную волну, локально, в месте схлопывания, возрастают температура и давление, что приводит к раздроблению образующегося металлического кристалла и появлению новых центров кристаллизации.

В работах [3, 4] источником звука, как говорилось ранее, используется соноотрод. Такая генерация звука неприменима для технологий СЛС, СЛП и других порошковых технологий печати. Существуют технологии, позволяющие генерировать звуковую волну посредством оптоакустического эффекта [5]. Такая методика может использоваться в порошковых технологиях выращивания изделий и позволит генерировать ультразвук локально вблизи бассейна расплава. В отличие от соноотрода, который позволял получать интенсивный ультразвук выше порога кавитации, ультразвук, полученный посредством оптоакустического эффекта, может быть менее интенсивным и достигать значение, когда будут активироваться кавитационные процессы.

Цель данной работы – рассчитать пороговые значения ультразвука, необходимого для активации процесса кавитации, генерируемого оптоакустическим эффектом.

1. Модель, описывающая кавитационное поведение одиночного пузырька

В бассейне расплава множество пузырьков образуют кластеры, но поведение пузырьков одинаково, тогда можно рассматривать уравнение для одиночного пузырька. Пузырьки, под воздействием ультразвука, начинают пульсировать и, достигнув критического радиуса, схлопываться. Уравнение, описывающее динамику поведения кавитационного пузырька, описывает уравнение Нолтинга-Неппайреса:

$$R\ddot{R} + \frac{3}{2}\dot{R}^2 = \frac{1}{\rho} \left(\left(P_h + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} - \frac{2\sigma}{R} - 4\eta \frac{\dot{R}}{R} - \left(P_h + \frac{P_a}{2} (1 - \cos \omega_a t) \right) \right) \quad (1)$$

где $R=R(t)$ – радиус пузырька, одна и две точки над R – первая и вторая производная по времени соответственно; ρ – плотность расплавленного металла, в котором находится пузырек, R_0 – радиус пузырька до воздействия ультразвука; P_h – давление жидкости; η – поверхностное натяжение на границе жидкость-газ; γ – показатель политропы; σ – динамическая вязкость жидкости; $P_a=P_a(t)$ – акустическое давление, положительное значение имеет только на волне сжатия; $\omega_a=\omega_a(t)$ – циклическая частота ультразвука.

Аналитически уравнение (1) не имеет общего решения, но его можно упростить. Введем функцию $r=r(t)$ отклонения радиуса пузырька на малую величину:

$$r = R(t) - R_0, r \ll R_0 \quad (2)$$

Тогда, если подставить уравнение (2) в (1) будет видно, что существует резонансная частота:

$$\omega_r = \frac{1}{R_0} \sqrt{\frac{1}{\rho} \left(3\gamma \left(P_h + \frac{2\sigma}{R_0} \right) - \frac{2\sigma}{R_0} \right)} \quad (3)$$

Отсюда можно сделать вывод о двух режимах схлопывания кавитационных пузырьков: резонансный и безрезонансный.

2. Режимы схлопывания: резонансный и безрезонансный

Резонансный режим позволяет снизить пороговое давление ультразвука, необходимого для схлопывания пузырьков, рассмотрим подробнее.

Характерные размеры бассейна расплава для технологий СЛС, СЛП и ПЛВ порядка 10^{-4} м в радиусе. Средний размер пузырьков в таком случае лежит в диапазоне от 10^{-6} м до 10^{-4} м. Рассмотрим пузырек 10^{-5} м в расплаве стали 316L, показатель политропы $\gamma=1,3$, так как пузырек частично наполнен газом, частично – паром. Расчеты проводились в пакете программ Wolfram Mathematica.

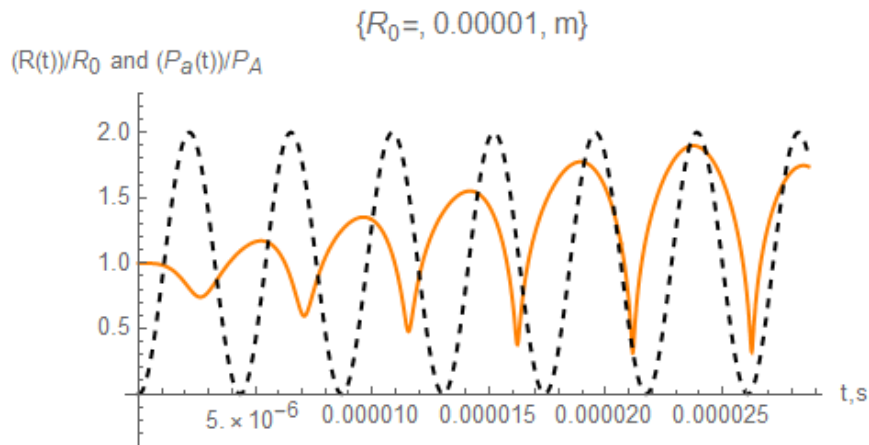


Рис. 1. Зависимость радиуса пузырька от времени (оранжевая линия), посчитанной в рамках модели Нолтинга – Неппайреса при резонансной частоте (показатель политропы 1.3), черными пунктирными линиями – воздействие акустической волны

Видно, что на стадии сжимающих давлений радиус пузырька уменьшается.

Отдельного рассмотрения заслуживает вопрос о критериях схлопывания пузырьков. В ряде экспериментальных работ были зафиксированы моменты схлопывания. Так, в работах [7] полости увеличивались в радиусе в 2,8 раз, а затем, на стадии сжимающего давления, уменьшались и схлопывались. В экспериментах [8] увеличение радиуса было 1,6 и 1,4 раз соответственно, далее, как и в предыдущих работах, пузырьки сжимались и схлопывались. Для определенности возьмем следующие критерии схлопывания: пузырек должен увеличиться в два раза, а затем сжаться до $1/3$ от радиуса пузырька до воздействия ультразвука. Беря во внимание такие критерии схлопывания и решая систему уравнений (1) и (3), получим пороговые значения для рассматриваемого пузырька: циклическая частота $\omega_a = 2,2 \cdot 10^5$ Гц, а пороговое акустическое давление $P_a = 2 \cdot 10^5$ Па.

Были рассчитаны пороговые значения ультразвука для пузырьков, радиус которых лежит в диапазоне от 10^{-6} м до 10^{-4} м в бассейне расплава двух сплавов: сталь 316L и титановый сплав ВТ6. Показано, что с увеличением радиуса пузырька пороговые характеристики, необходимые для активации процесса кавитации, уменьшаются.

Рассмотрим случай непопадания в резонансную частоту: насколько сильно изменится акустическое давление, при отхождении частоты от резонансной.

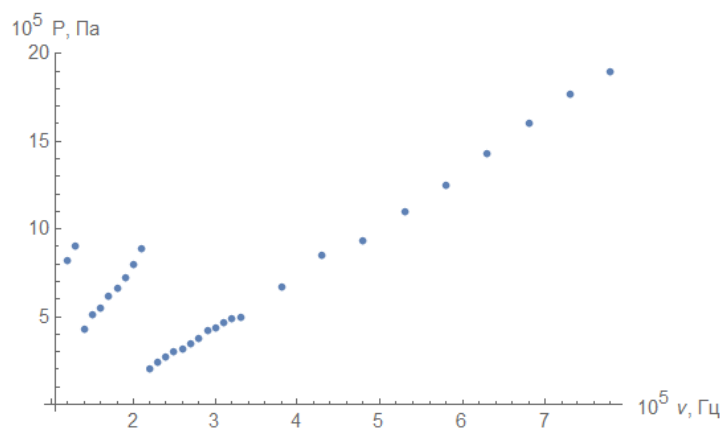


Рис. 2. Зависимость акустического давления от частоты ультразвука.
Точка локального минимума - точка резонансного режима схлопывания

Это наглядно демонстрирует, что резонансный режим наиболее выгоден для активации кавитационных процессов.

В работе были рассчитаны пороговые значения ультразвука, необходимые для активации процессов кавитации в процессе 3D-печати, сгенерированного оптоакустическим эффектом. Показано, что существует два режима схлопывания пузырьков: резонансный и безрезонансный. Продемонстрировано, что наиболее эффективный режим - резонансный.

Список использованных источников и литературы

1. Lomaev S. et al. SIMULATION OF FLUID FLOW IN LEVITATED Fe-Co DROPLETS ELECTROMAGNETICALLY PROCESSED ONBOARD THE ISS // Magnetohydrodynamics (0024-998X). – 2019. – Т. 55.
2. Gruzd S. A. et al. Analysis of the Effect of Magnetic Field on Solidification of Stainless Steel in Laser Surface Processing and Additive Manufacturing //Metals. – 2022. – Т. 12. – №. 9. – С. 15–40.
3. Todaro C. J. et al. Grain structure control during metal 3D printing by high-intensity ultrasound //Nature communications. – 2020. – Т. 11. – №. 1. – С. 142.
4. Todaro C. J. et al. Grain refinement of stainless steel in ultrasound-assisted additive manufacturing //Additive Manufacturing. – 2021. – Т. 37. – С. 101–632.
5. Гусев, В. Э. Лазерная оптоакустика / В. Э. Гусев, А. А. Карабутов – 1991.
6. Phipps C. (ed.). Laser ablation and its applications. – Springer, 2007. – Т. 129.
7. Tan D. et al. High-speed synchrotron X-ray imaging studies of the ultrasound shock-wave and enhanced flow during metal solidification processes // Metallurgical and Materials Transactions A, 2015. – Т. 46. – С. 2851–2861.
8. Xu W. W. et al. Synchrotron quantification of ultrasound cavitation and bubble dynamics in Al–10Cu melts //Ultrasonics sonochemistry, 2016. – Т. 31. – С. 355–361.

Сведения об авторах

Фатталова Динара Робертовна, инженер кафедры общей физики Удмуртского государственного университета (г. Ижевск, Россия). w_c_b_and_a@bk.ru

Гордеев Георгий Андреевич, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории физики конденсированных сред Удмуртского государственного университета (г. Ижевск, Россия). gordeevgeorgii@gmail.com

Ломаев Степан Леонидович, кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник лаборатории физики неравновесных металлических систем отдела физики и химии наноматериалов ФТИ УдмФИЦ УрО РАН (г. Ижевск, Россия). lo-mayevst@ya.ru

Стенд для испытаний композитной арматуры

К. И. Ларионов, Г. В. Миловзоров, Д. Г. Миловзоров, Р. Ш. Низамов

Описана конструкция экспериментальной установки для исследования адгезионной прочности стеклопластиковой строительной арматуры.

Ключевые слова: Стеклопластик, строительная арматура, актуатор, адгезия, прочность на срез.

Test bench for composite reinforcement

K. I. Larionov, G. V. Milovzorov, D. G. Milovzorov, R. Sh. Nizamov

The design of an experimental installation for the study of the adhesive strength of fiberglass construction fittings is described.

Keywords: Fiberglass, construction fittings, actuator, adhesion, shear strength.

В настоящее время широкое распространение приобретают конструкционные, в том числе строительные, материалы на полимерной основе. Полимерные материалы имеют ряд неоспоримых преимуществ над изделиями аналогичного функционального назначения из металлов. К таким преимуществам относится высокая коррозионная стойкость, меньшая масса при той же механической прочности, практически неограниченная сырьевая база и др. Требования к строительной арматуре из полимерных материалов установлены [1]

Описание установки

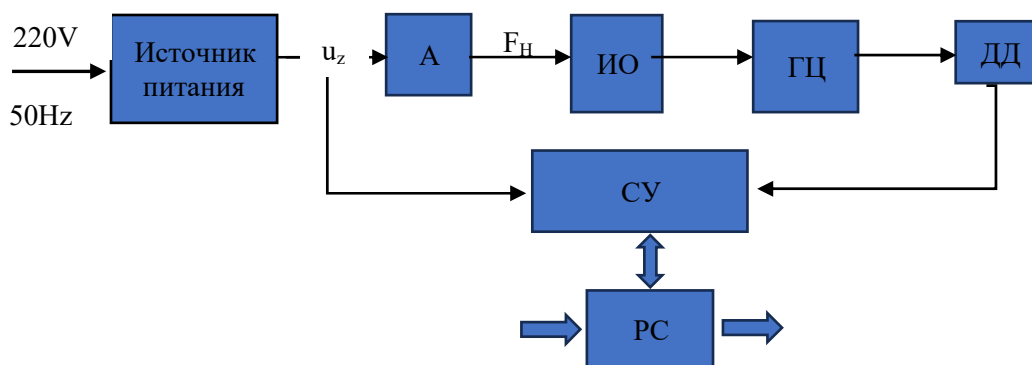


Рис. 1. Структурная схема установки

Композиционная арматура представляет собой волокнистый наполнитель, как правило, это стеклянные волокна, связанные между собой термореактивными полимерными материалами, играющими роль матрицы. Согласно указанному выше ГОСТу, степень наполнения, то есть процентное содержание волокна в готовом изделии, должно составлять не менее 80 % по массе. При этом должна быть обеспечена максимально возможная механическая прочность композита. Это означает, что требуется обеспечить высокую адгезию связующего к волокну. В этой связи возникает необходимость выходного контроля прочности на границе раздела «волокно – матрица» при производстве арматуры.

Для решения поставленной задачи была предложена экспериментальная установка, структурная схема которой показана на рис. 1.

Согласно этой схеме была спроектирована и изготовлена экспериментальная установка, показанная на рис. 2.

Установка представляет собой устройство для испытаний на срез при действии срезающей силы вдоль волокон наполнителя в образце 7. Силовой привод является стандартным актуатором (активатором, т. е. приводом движения) марки LA-180 [2] с максимальным осевым усилием 4000Н. Для проведения испытаний испытуемый образец вставляется в гнездо поршня 11, срезающая втулка 4 подводится до прикосновения к уступу на образце 7 при ускоренном перемещении штока актуатора 12 со срезающей втулкой 4. Затем актуатор создает рабочее усилие за счет осевого перемещения штока 12 в направлении образца 7. При рабочем движении срезающая втулка срезает выступ образца 7, а возникающее при этом усилие передается через поршень 11 жидкости, заполняющей гидроцилиндр. Давление, возникающее при этом, фиксируется датчиком давления 10 и регистрируется вторичной аппаратурой (показана на рис. 3). Зарегистрированное давление преобразуется в усилие, которое, в свою очередь, пересчитывается встроенным программным обеспечением системы обработки информации в напряжение среза. Полученное значение и есть цель проводимого испытания.

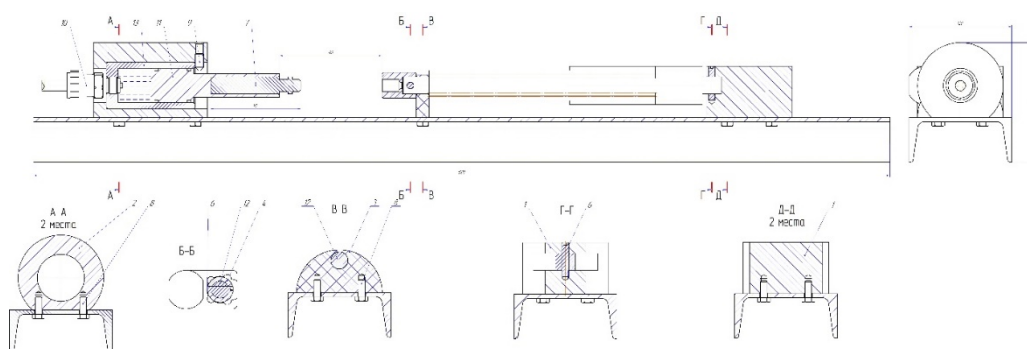


Рис. 2. Эскиз установки для испытаний композитной арматуры: 1 – задняя опора актуатора, 2 – опора гидроцилиндра, опора штока актуатора, 3 – опора штока актуатора, 4 – срезающая втулка, 6 – ось срезающей втулки, 7 – испытуемый образец, 8 – болт крепления опоры, 9 – стопор гидроцилиндра, 10 – датчик давления, 11 – поршень, 12 – шток актуатора, 13 – гидроцилиндр

Общий вид установки показан на рис.3.

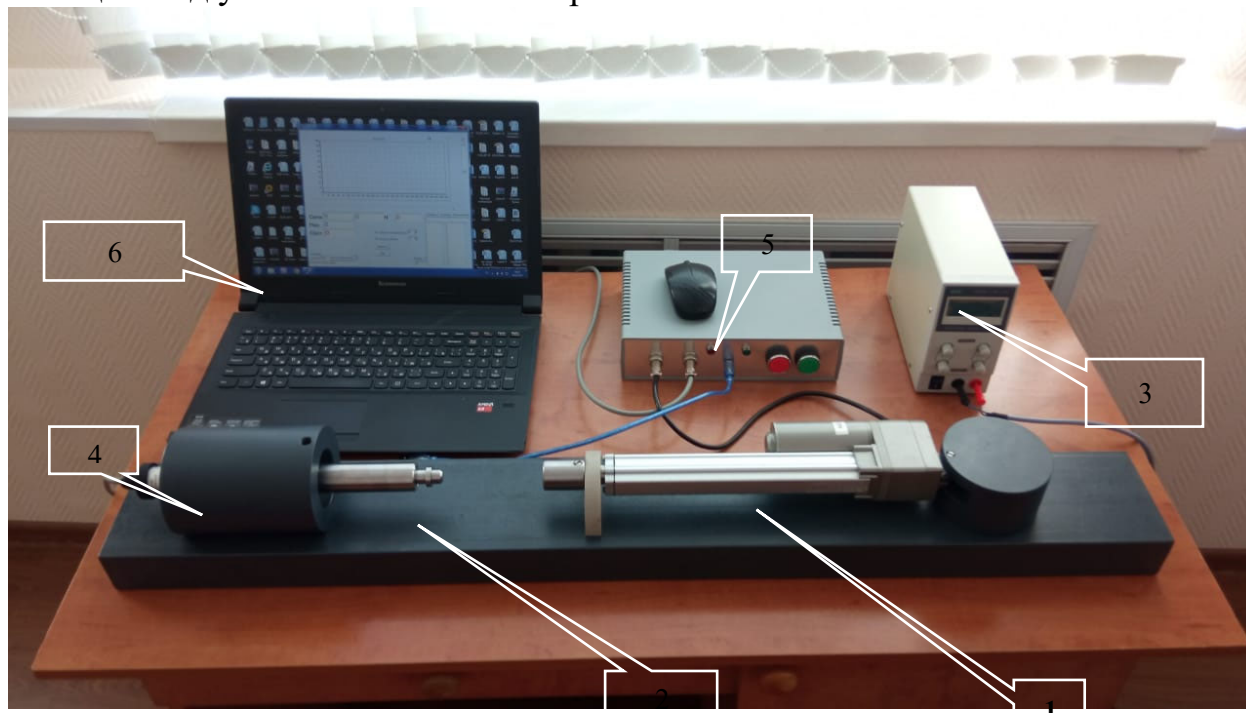


Рис. 3. Общий вид установки: 1 – актуатор LA-180 -100-1200/10-DC12, 2 – испытуемый образец, 3 – блок управления актуатором, 4 – гидроцилиндр с датчиком давления, 5 – блок измерения давления, 6 – система обработки информации

Выводы

Разработана и изготовлена экспериментальная установка для исследований прочностных свойств строительной арматуры из композиционных полимерных материалов.

Список использованных источников и литературы

1. ГОСТ 31938–2022. Арматура композитная полимерная для армирования бетонных конструкций. Общие технические условия. = Fiber-reinforced polymer bars for concrete structures/ General specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : внесён техническим комитетом по стандартизации ТК 465 «Строительство» : Принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 28 февраля 2022 г. №148-П / Разработан Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство») – Научно-исследовательским, проектно – конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А.А.Гвоздева (НИИЖБ им. А. А.Гвоздева).
2. https://www.kip-ural.ru/goods/241001409-lineyny_aktuator_la_180_100_1200_10_dc12.

Сведения об авторах

Ларионов Константин Игоревич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». СПИ (фили-

ал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия).
lario192@mail.ru

Миловzorov Георгий Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры» СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия).
gvmilovzorov@mail.ru

Миловzorov Дмитрий Георгиевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Электронная инженерия», ФГБОУ ВО «УУНиТ» (г. Уфа, Россия).
midimka@yandex.ru

Низамов Ренат Шамильевич, генеральный директор ООО «НПО ГАРАНТ КОМПОЗИТ» (Набережные Челны, Россия). nizamov@kgasu.ru

СЕКЦИЯ № 3 ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

УДК 004.78+654.94

Система оповещения персонала, оказывающего помощь инвалидам и людям с ограниченными возможностями

О. А. Игнатьев, В. В. Власов, Т. В. Кривоногова

В статье представлен алгоритм создания системы оповещения персонала, оказывающего помощь инвалидам и людям с ограниченными возможностями. Предложен выбор инструментов для разработки клиентской и серверной части, технического обеспечения, спроектированы компоненты информационной системы.

Ключевые слова: система, база данных, программирование, пользователь, система оповещения.

Alert system for personnel providing assistance to disabled people and people with disabilities

O. A. Ignatiev, V. V. Vlasov, T. V. Krivonogova

The article presents a method for creating a notification system for personnel providing assistance to disabled people and persons with disabilities. A selection of tools is proposed for the development of client and server parts, technical support, and provision of information system components.

Keywords: system, database, programming, user, warning system.

В современном обществе одной из приоритетных задач является создание доступной среды для людей с ограниченными возможностями. Это касается не только строительства пандусов и установки специальных лифтов, но и разработки систем вызова персонала, которые помогут инвалидам получить доступ в различные учреждения.

В настоящее время в большинстве учреждений на входе установлена кнопка вызова персонала, которой может воспользоваться инвалид, которому необходима помощь для входа в здание. В большинстве случаев кнопка действует по принципу дверного замка. В образовательных учреждениях звуковой сигнал приходит на вахту или охрану, а так как охранник не может покинуть рабочего места, он вызывает по телефону специалиста, который встретит инвалида и поможет ему в дальнейшей навигации в здании. Это не всегда удобно и оперативно по времени.

Предлагается разработать систему, которая передает сигнал от кнопки вызова непосредственно специалисту-ассистенту на телефон, посредством беспроводного канала.

Актуальность данной системы обусловлена рядом факторов, среди которых:

- повышение уровня комфорта для инвалидов. Системы вызова персонала позволяют инвалидам быстро и удобно связаться с сотрудниками учреждения, чтобы получить необходимую помощь или информацию;
- улучшение имиджа организации. Использование таких систем подчеркивает социальную ответственность компании и способствует улучшению ее имиджа в глазах общественности.

В качестве аналогов были рассмотрены системы, присутствующие на рынке.

Arhis PRO kb-01-1 – система, состоящая из тревожной кнопки и пейджера. К достоинствам данной системы можно отнести: кнопка является портативной, предусмотрена влагозащита, обращение происходит напрямую к конкретному специалисту, и, как следствие, быстрое время реагирования специалиста. Недостатками данной системы являются: радиус работы данной системы до 200 метров, пейджер имеет собственный аккумулятор, стоимость одного комплекта (кнопка+пейджер) 4000 рублей [1]. Таким образом, данной системой может воспользоваться только пара абонентов (инвалид и ассистент).

Приемник сигналов ПС-1999 – данное табло может работать с кнопками вызова персонала. Достоинства системы: несколько голосовых команд, выводит информацию на экран, индивидуальные кнопки позволяют вызывать специалиста в любой точке покрытия, является стационарным решением с постоянным питанием, повторное срабатывание при отсутствии реакции, имеет возможность подключения множества кнопок. Недостатками данной системы являются радиус работы данной системы до 100 метров, стоимость табло от 10000 рублей, работает с кнопками конкретного производителя [2].

STRB03-беспроводная система вызова персонала, работающая по принципу «приемник-передатчик». К достоинствам данной системы можно отнести: простота установки и использования, низкое энергопотребление, работу по каналу радиосвязи. Недостатками данной системы являются: отсутствие возможности подключить несколько кнопок, дистанция работы 80 метров, нет повторного срабатывания при отсутствии реакции [3].

После анализа рассмотренных устройств было принято решение разработать собственную систему, которая позволит реализовать функции:

- взаимодействие инвалидов и лиц с ОВЗ с сотрудниками учреждения посредством беспроводного канала;
- регистрация в системе неограниченного количества пользователей – ассистентов, работающих с инвалидами;
- установка неограниченного количества кнопок (на входе, в аудитории, в туалете и т. д.), сопряженных с веб-сервером;
- организация и управление процессом обработки запросов.

При создании системы необходимо решить ряд задач: выбрать управляющую плату, принять решение по системному программному обеспечению; при-

нять решение по техническому обеспечению; спроектировать компоненты информационной системы; реализовать интерфейс системы.

Структурная схема системы представлена на рис. 1.

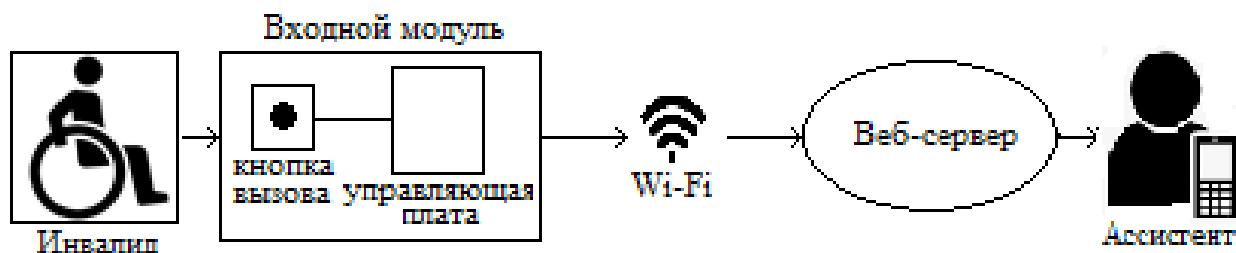


Рис. 1. Структурная схема системы

Предлагается разработать входной модуль, состоящий из кнопки и управляющей платы.

При выборе управляющей платы рассмотрим ESP32 – микроконтроллер от компании Espressif Systems [4], ArduinoUno – контроллер на ATmega328 [5], Raspberry Pi 4 – одноплатный компьютер небольшого размера [6].

Параметры контроллеров, которыми определяется выбор платы, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Параметры контроллеров

Наименование	Цена руб.	Энергопотребление Вт	Размер платы мм	Тактовая частота	Встроенный Wi-Fi модуль
ESP32	500	1,8	51×28	240 МГц	802,11
Arduino Uno	900	0,85	68,6×53,4	16 МГц	Нет
Raspberry Pi 4	8000	6,79	85×56	1,5 ГГц	802,11

Анализируя данные контроллеры, делаем выбор в пользу ESP32, что позволит реализовать компактное, надежное, дешевое устройство.

Входной модуль (рис. 2) при нажатии на кнопку через контроллер отправляет запрос на сервер, который принимает его и заносит данные в базу данных. При этом ассистенту на телефон приходит сообщение, что инвалид ожидает помощи (например, на входе в здание).

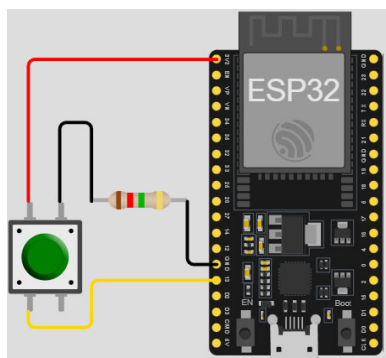


Рис. 2. Входной модуль

Для программирования и тестирования платы используется программа ArduinoIDE, программирование осуществляется на языке программирования С.

Для разработки веб-сервера необходимо выбрать инструменты. Анализ приложений для администрирования системы управления базами данных приведен [7].

Для администрирования системы управления базами данных (СУБД) выберем приложение PHPMyAdmin [8], которое позволяет администрировать СУБД MySQL [9].

MySQL из самых популярных СУБД для веб-приложений и фактически является стандартом для веб-серверов, которые работают под управлением операционной системы Linux. MySQL – это бесплатный пакет программ, однако новые версии выходят постоянно, расширяя функционал и улучшая безопасность. В бесплатной версии наибольший упор делается на скорость и надежность, а не на полноту функционала, который может стать и достоинством, и недостатком – в зависимости от области внедрения.

Для разработки клиентской части сайта планируется использовать язык программирования JavaScript (JS) [10] – мультипарадигменный язык, который поддерживает объектно ориентированный, императивный и функциональный стили.

В качестве текстового редактора выбираем Visual Studio Code [11] – редактор исходного кода, разработанный Microsoft для Windows, Linux и macOS, который можно использовать с различными языками программирования, включая С, С #, С ++, Fortran, Go, Java, JavaScript, Node.js, Python, Rust. Visual Studio Code позиционируется как «легкий» редактор кода для кросс-платформенной разработки веб и облачных приложений. Для сбора информации о проекте, написания сервиса и тестирования предлагается использовать браузер Google Chrome.

При разработке программной части системы определена структура, построенная логическая и физическая модели базы данных, рис. 3.

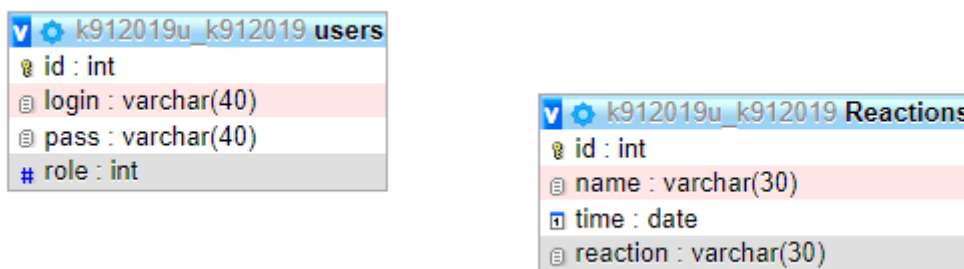


Рис. 3. Физическая модель базы данных

Затем создана веб-страница и ее элементы, указаны стили с помощью CSS и написан код на JavaScript для создания «живости» сайта, например, открытия окон по клику и написан код на PHP, для связи back-end сайта и front-end – той части, которую мы видим.

На этапе составления пользовательских сценариев установили количество экранов, их краткое содержание и положение в общей структуре. Разработаны следующие экранные формы: авторизация пользователя, главная страница сайта, админ-панель.

Также было уделено внимание защите системы от внешних угроз. Как правило, это один из наиболее острых вопросов в контексте информационной безопасности.

Чтобы исключить неправомерный доступ к информации на сайте, используются аутентификация по паролю и разграничение прав пользователей по статусу в системе.

Таким образом, разработана система, которая передает сигнал от кнопки вызова непосредственно специалисту-ассистенту на телефон, через веб-сайт, причем сайт может одновременно принимать сигналы от нескольких входных модулей и оповещать нескольких ассистентов, прошедших регистрацию в системе.

Список использованных источников и литературы

1. Arhis PRO kb-01-1. [Сайт]. – URL: <https://arhis.pro/product/chasy-pejdzher-vyzova-personala-i-pomoshhi-dlya-invalidov-model-estet>.
2. Приемник сигналов ПС-1999. [Сайт]. – URL: <https://medtehnika-1.ru/priemnik-signalov-sistemi-vizova-pomoshchi-tiflovizov-model-ps-1999>.
3. STRB03. [Сайт]. – URL: <https://m22.ru/catalog/dostupnaya-sreda/komplekt-vizova-personala-dlya-invalidov-strb03-so-shriftom-braylya-i-zaschitoy-ip67>.
4. ESP32. [Сайт]. – URL: <https://www.espressif.com/en/products/modules/esp32>.
5. Arduino Uno. [Сайт]. – URL: <https://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno> (дата обращения: 23.04.2024).
6. Raspberry Pi. [Сайт]. – URL: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-platy/obzor-plat-raspberry-pi>.
7. *Игнатъев, О. А.* Разработка автоматизированной информационной системы компаний по продаже и ремонту оборудования // Актуальные проблемы науки и техники : матер. III междунар. науч.-техн. конф. (Сарапул, 15–16 декабря 2023 г.). – Ижевск : Изд-во УИР ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова, 2024. – 277 с. – 7,1 МБ. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=65599509>.
8. Что такое phpMyAdmin. [Сайт]. – URL: <https://mchost.ru/articles/chto-takoe-phpmyadmin> (дата обращения: 22.04.2024).
9. Что такое MySQL. [Сайт]. – URL: <https://www.websiterating.com/ru/web-hosting>.
10. JavaScript - Википедия. [Сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaScript#:~:text=JavaScript%20\(%2F%20'%20d3%20a%20,программного%20доступа%20к%20объектам%20приложений](https://ru.wikipedia.org/wiki/JavaScript#:~:text=JavaScript%20(%2F%20'%20d3%20a%20,программного%20доступа%20к%20объектам%20приложений).
11. Visual Studio Code. [Сайт]. – URL: <https://code.visualstudio.com/приложения%2C%20работающие%20на%20движке%20Blink>.

Сведения об авторах

Игнатьев Олег Андреевич, студент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», направление подготовки «Информатика и вычислительная техника», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). oign142@yandex.ru

Власов Владислав Витальевич, студент кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», направление подготовки «Информатика и вычислительная техника», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). vlad_vvv_vlad@mail.ru

Кривоногова Татьяна Валерьевна, старший преподаватель кафедры «Конструирование и производство радиоаппаратуры», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). krivonogovatv@mail.ru

СЕКЦИЯ № 4 ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 681.121.8

Разработка шарикового расходомера электропроводной жидкости с четырьмя электродами и балансной схемой

Р. Р. Садыков, В. Х. Ясовеев, Ш. С. Сафинов

В данной статье рассматривается новый вариант шарикового расходомера электропроводной жидкости с четырьмя электродами и балансной схемой, благодаря чему достигается исходное равновесие схемы преобразователя. Представлены результаты опытно-конструкторских работ по созданию шариковых расходомеров электропроводной жидкости для средств автоматизации производственных процессов и социальной сферы экономики, особенно перспективно использование таких расходомеров в теплоэнергетике, в пищевой и фармацевтической промышленности.

Ключевые слова: расходомер, первичный преобразователь расхода; шариковый расходомер жидкости; струенаправляющий аппарат; операционный усилитель; компаратор; балансная схема; мостовая схема.

Development of a ball flow meter for electrically conductive liquid with four electrodes and a balanced circuit

Ruslan Sadykov, Vasikh Yasoveev, Shamil Safinov

This article discusses a new version of a ball flow meter for an electrically conductive liquid with four electrodes and a balanced circuit, thereby achieving the initial balance of the converter circuit. The results of development work on the creation of ball flowmeters of electrically conductive liquid for automation of production processes and the social sphere of the economy are presented; the use of such flowmeters in the food and pharmaceutical industries, heat meters and thermal power engineering is especially promising.

Keywords: flow meter, primary flow converter; ball flow meter; jet guide vane; operational amplifier; comparator; balanced circuit; bridge circuit.

В Уфимском университете науки и технологий возник вопрос: может ли шариковый расходомер расширить сферу применения [1] в промышленности прочно занять свое место на рынке расходомерии жидкости, вытесняя из него расходомеры других типов [2], прежде всего расходомеры зарубежного производства, что в полной мере соответствует требованиям импортозамещения в экономике России.

Анализ рынка расходомерии дает положительный ответ, но при условии, что шариковые расходомеры по точности измерения расхода жидкости не уступают другим типам расходомеров, а по динамическому диапазону измерения (Q_{MAX}/Q_{MIN} , где Q – расход жидкости) и себестоимости изделий в условиях серийного производства значительно их превосходят [3].

Анализ рынка расходомерии на основе информации о продукции отечественных и зарубежных производителей расходомеров и счетчиков количества жидкости (АО «Арзамасский приборостроительный завод», г. Арзамас; ЗАО «Тепловодомер», г. Мытищи; ООО НПО «Наука», г. Чебоксары; ЗАО «Взлёт», Санкт Петербург; АО «Метран», г. Челябинск; ООО «Термотроник», Санкт Петербург; ЗАО «Электронные и механические измерительные системы», г. Челябинск; ООО «Геолинк», Москва; АО «ИПФ СибНА», г. Тюмень; ООО «Энергетика», Москва; ПАО «Завод Старорусприбор», г. Старая Русса; KROHNEMess-technik GmbH, Германия; SiemensAG, Германия; ABBAutomationProductsGmbH, Германия; YokogawaElectricCISLtd., Япония; Schlumberger NV (Schlumberger Limited, США) и других) позволил вычислить коэффициент привлекательности для промышленности известных типов расходомеров жидкости:

$$K_{\Pi} = D/(C \cdot \Pi),$$

где D – динамический диапазон измерения ($D=Q_{max}/Q_{min}$), C – отпускная цена изделия (руб.), Π – допустимая приведенная погрешность измерения (%) [3].

Ниже в виде диаграммы (рис. 1) представлены обобщенные значения коэффициента привлекательности K_{Π} различных типов расходомеров типоразмера $Dy \leq 40$ мм [3].

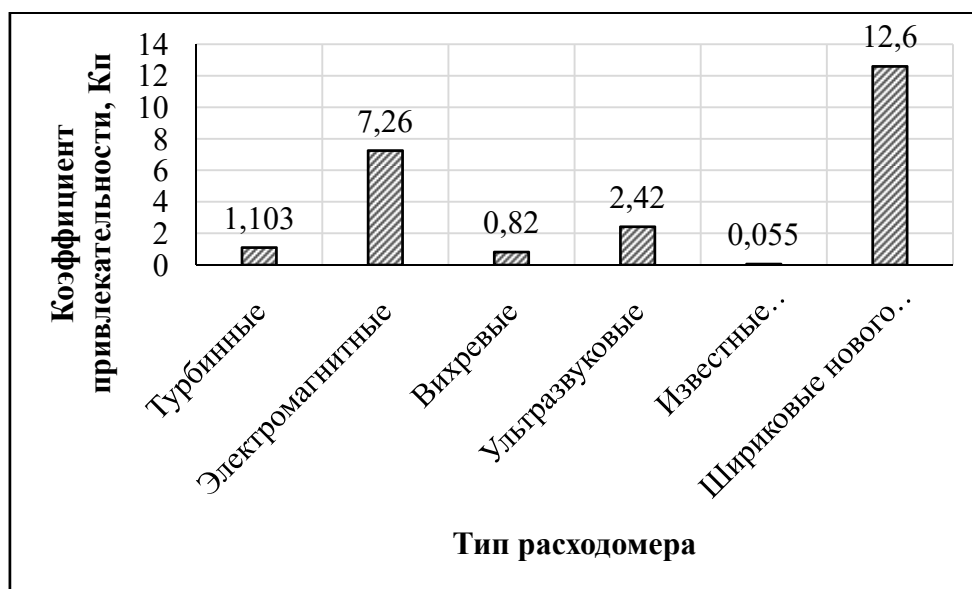


Рис. 1. Диаграмма показателей коэффициента привлекательности для различных типов расходомеров

Результаты анализа параметров и стоимости расходомеров российского и зарубежного производства явились побудительным фактором для разработки шариковых расходомеров.

Уфимским университетом науки и технологий, совместно с уфимским предприятием ООО «ДИ Роботикс Автоматизация», были разработаны три типа шариковых расходомеров жидкости: для электропроводной жидкости, для прозрачной жидкости и для любой жидкости (электропроводной и неэлектропроводной, прозрачной и непрозрачной) [4].

В данной статье излагается один из вариантов конструкций шарикового расходомера электропроводной жидкости.

Шариковый расходомер электропроводной жидкости, как и два других типа шариковых расходомеров, состоит из гидромеханической части и электронного преобразователя частоты вращения шарика, выполненного из диэлектрического материала и имеющего плавучесть [5] в измеряемой жидкости, близкую к нулевой, в частоту выходного напряжения.

В университете на начальном этапе работ были разработаны и изготовлены шариковые расходомеры жидкости с двумя [5] и тремя [6] электродами электронного преобразователя четырех типоразмеров (Ду-12, Ду-25, Ду-30 и Ду-40), которые положительно показали себя при натурных испытаниях в Государственном региональном центре стандартизации, метрологии и испытаний им. А. М. Муратшина в Республике Башкортостан. Но эти конструкции с двумя и тремя электродами имеют общий недостаток, проявляющийся при больших расходах жидкости и снижающий максимально возможный измеряемый расход жидкости – «опрокидывание» выходных импульсов и последующее их «слипание» [7].

Затем был разработан и изготовлен шариковый расходомер типоразмером Ду-50, изготовленный при помощи аддитивных технологий (3D-печать по технологии FDM).

Гидромеханическая часть шарикового расходомера электропроводной жидкости, как изображено на рис. 2, включает в себя цилиндрический корпус 1, который изготовлен из диэлектрического материала, такого как стекло, пластмасса или композитный материал. Внутри корпуса расположен струенаправляющий аппарат 2 со ступицей 3 [8]. Также присутствует шарик 4, выполненный из диэлектрика, который обладает нулевой плавучестью в жидкости и свободно вращается в кольцевом канале, образованном между внутренней поверхностью кольцевого канала корпуса 1 [5] и внешней поверхностью ступицы 3. Кроме того, внутри корпуса 1 симметрично относительно траектории движения шара 4 размещены четыре электрода: Э1, Э2, Э3 и Э4.

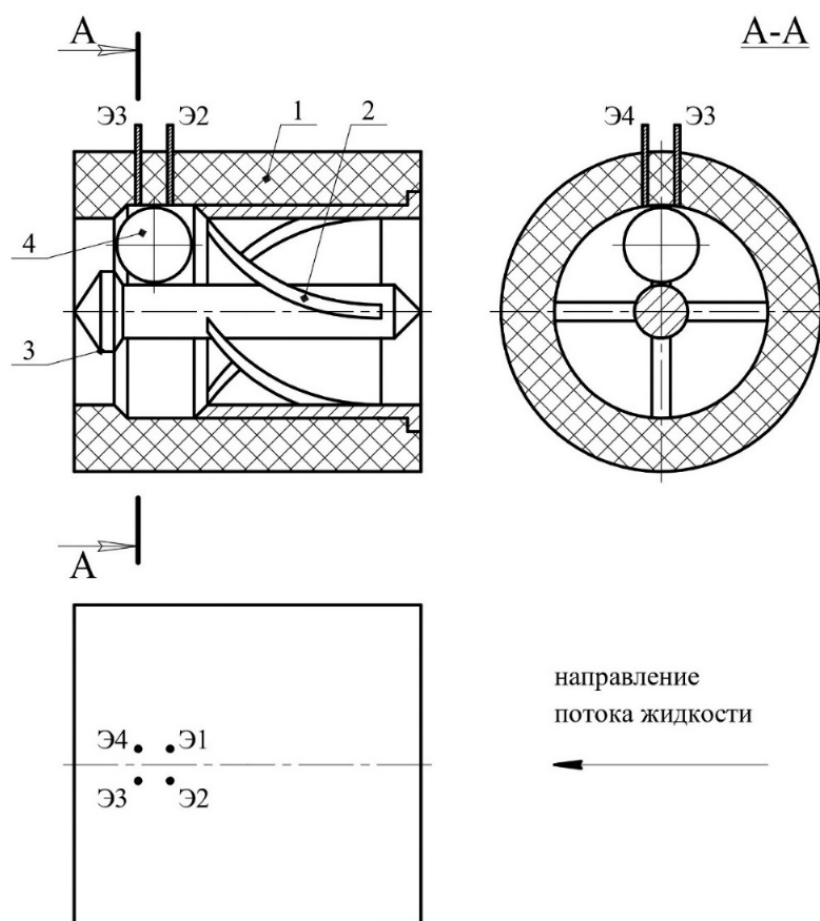


Рис. 2. Гидромеханическая часть четырехэлектродного шарикового расходомера электропроводной жидкости

Стационарный относительно корпуса 1 струенаправляющий аппарат 2 состоит из нескольких лопастей, спроектированных таким образом [9], чтобы преобразование входного линейного потока жидкости во вращающийся поток [10] происходило без потери скорости и образования завихрений [11].

Расстояние между электродами Э1 и Э2, Э3 и Э4, Э1 и Э4, Э2 и Э3 одинаково, а их размещение на корпусе 1 выбрано таким образом, чтобы траектория движения шара 4 делила расстояния между электродами Э2 и Э3, Э1 и Э4 на две равные части.

На рис. 2 показано, что шар 4 вращается по часовой стрелке относительно входа расходомера. Сначала он проходит между электродами Э2 и Э3, а затем между электродами Э1 и Э4.

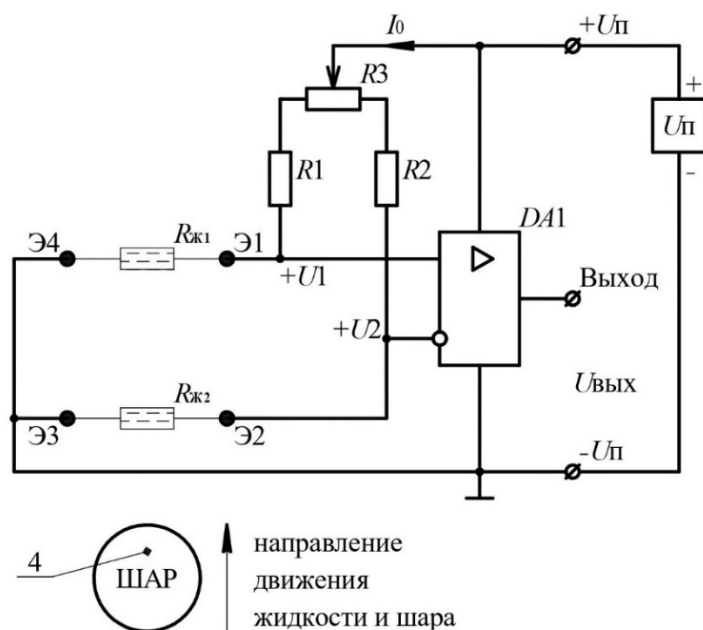


Рис. 3. Электрическая часть четырехэлектродного шарикового расходомера электропроводной жидкости

Электрическая часть шарикового расходомера жидкости, изображенная на рисунке 3, состоит из четырех электродов Э1, Э2, Э3 и Э4, трех резисторов $R1$, $R2$ и $R3$, источника стабильного питающего напряжения $U_{\text{п}}$, а также интегрального операционного усилителя (ОУ) $DA1$, работающего в качестве однопорогового компаратора.

В балансной схеме между электродами Э1 и Э4, Э1 и Э3, Э2 и Э3, Э2 и Э4 с резисторами $R1$, $R2$ и $R3$ включены сопротивления электропроводной жидкости $R_{\text{ж1}}$ и $R_{\text{ж2}}$. Мостовая схема питается стабилизированным напряжением $U_{\text{п}}$. Выходное дифференциальное напряжение этого резистивного моста подключается к неинвертирующему и инвертирующему входам ОУ $DA1$, который предназначен для нормирования выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ шарикового расходомера [12].

При вращении шарика в кольцевом канале происходит изменение сопротивлений жидкости между различными парами электродов: Э1 и Э4, Э1 и Э3, Э2 и Э3, Э2 и Э4. Это ведет к модуляции дифференциального напряжения $U1-U2$, а следовательно, к появлению импульсного выходного напряжения с очень короткими фронтами благодаря высокому коэффициенту усиления интегральных операционных усилителей. Процесс генерации такого импульсного выходного напряжения $U_{\text{вых}}$, зависящего от значений $U1$ и $U2$ на неинвертирующем и инвертирующем входах ОУ $DA1$ и углового положения шара φ относительно электродов Э1, Э2, Э3 и Э4, показан на рис. 4.

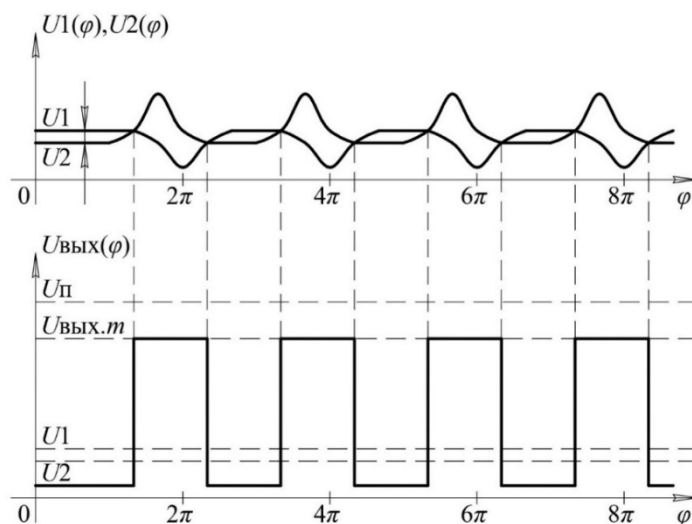


Рис. 4. Диаграммы напряжений $U1(\varphi)$ и $U2(\varphi)$ на неинвертирующем и инвертирующем входах ОУ DA1 и выходного напряжения расходомера

На рис. 5 представлены векторы токов положительных и отрицательных ионов жидкости, которые протекают между различными парами электродов: Э1 и Э4, Э1 и Э3, Э1 и Э2, Э2 и Э3, Э2 и Э4.

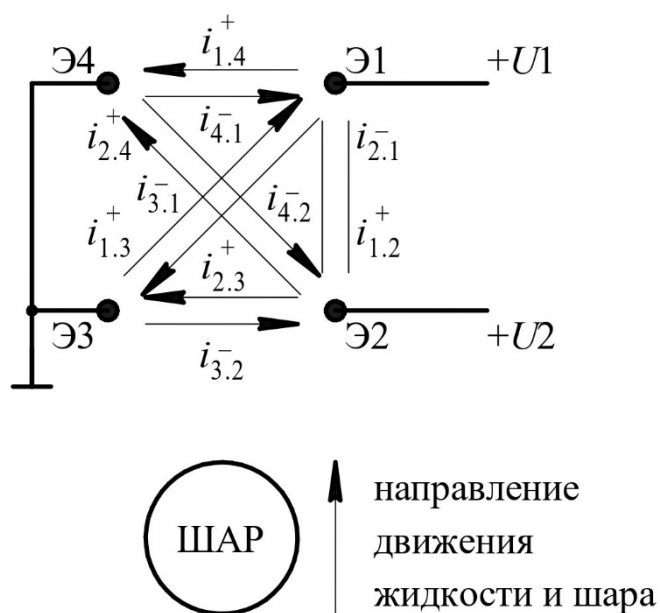


Рис. 5. Векторы токов положительных и отрицательных ионов жидкости, которые протекают между различными парами электродов

На рис. 5 не указано направление движения положительных и отрицательных ионов, протекающих через жидкость между электродами Э1 и Э2. Это связано с тем, что при прохождении шара под этими электродами направление движения ионов изменяется в зависимости от полярности дифференциального напряжения $U1-U2$.

Движущаяся жидкость одновременно сдвигает траектории движения положительных и отрицательных ионов в одном и том же направлении, это приводит к одинаковому увеличению длины соответствующих участков электропроводной жидкости и, следовательно, их электрических сопротивлений. В результате синфазные напряжения U_1 и U_2 на электродах Э1 и Э2 увеличиваются, но дифференциальное напряжение U_1-U_2 на входе ОУ DA1 остается неизменным.

Аналогично можно рассуждать в отношении влияния величины сопротивления жидкости $R_{ж}$ между электродами, зависящего от ее вида, типа и температуры. Изменение этих факторов приводит к равному изменению синфазных напряжений U_1 и U_2 , но их разность U_1-U_2 остается неизменной, поэтому начальная настройка состояния мостовой схемы не изменится [6].

Динамический диапазон Q_{max}/Q_{min} измерения расхода жидкости значительно увеличится, если дифференциальное напряжение U_1-U_2 при низких расходах жидкости будет достаточным по величине для переключения ОУ DA1.

Наконец, необходимо отметить, что вольт-амперные характеристики воды и других электропроводных жидкостей нелинейны, поэтому при фиксировании режима работы резистивной мостовой схемы следует напряжение его электропитания согласовать с тем участком вольт-амперной характеристики жидкости, где наблюдается наибольшая зависимость напряжения от величины протекающего тока. Более того, чувствительность мостовой схемы к положению шарика в кольцевом канале зависит от расстояния между электродами Э1, Э4 и Э2, Э3 и диаметра шарика.

Таким образом, представленный шариковый расходомер электропроводной жидкости достигает следующих технических результатов:

- значительное расширение динамического диапазона измерения расхода электропроводной жидкости путем подавления влияния скорости движения жидкости в кольцевом канале на выбранный режим работы электронной схемы. Это позволяет увеличить максимально допустимую величину измеряемого расхода;
- сокращение потребляемой мощности электронной схемой практически в два раза за счет использования одного источника питания (в отличие от схем с двухполярным питанием операционного усилителя);
- применение однопорогового компаратора на операционном усилителе, что способствует упрощению схемы и повышению ее надежности [7].

Список использованных источников и литературы

1. Хайруллин, Б. Д. Анализ работы тахометрических расходомеров // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: сборник научных трудов 9-й Международной молодежной научно-практической конференции, Курск, 18 ноября 2022 года. – Курск : Юго-Западный государственный университет, 2022. – С. 232–235.
2. Абрамов, Г. С. Практическая расходометрия в нефтяной промышленности / Г. С. Абрамов, А. В. Барычев. – Москва : ОАО ВНИИОЭНГ, 2002.
3. Садыков, Р. Р. Актуальность применения шариковых расходомеров в нефтегазовой отрасли / Р. Р. Садыков, В. Х. Ясовеев, Ш. С. Сафинов // Информационные техно-

логии в науке, промышленности и образовании. Молодежный научный форум : сборник трудов Всероссийской научно-технической конференции, Ижевск, 25–26 мая 2023 года. – Ижевск : Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, 2023. – С. 282-287.

4. Садыков, Р. Р. Разработка современных шариковых расходомеров жидкости в Уфимском университете науки и технологий / Р. Р. Садыков, В. Х. Ясоев, Ш. С. Сафинов // Актуальные проблемы науки и техники : материалы III Международной научно-технической конференции, Сарапул, 15–16 декабря 2023 года. – Ижевск : Управление информационных ресурсов ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2023. – С. 148–154.

5. Патент № 2471154 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/05. Шариковый первичный преобразователь расхода электропроводной жидкости: № 2011132821/28: заявл. 04.08.2011: опубл. 27.12.2012 / А. М. Муллагалеев, Ш. С. Сафинов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

6. Патент № 2566428 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/06. Универсальный электрошариковый первичный преобразователь расхода электропроводной жидкости: № 2014131864/28: заявл. 31.07.2014: опубл. 27.10.2015/ Ш. С. Сафинов, Р. Н. Галлямов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

7. Патент № 2762946 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/05. Шариковый расходомер электропроводной жидкости: № 2020142615: заявл. 22.12.2020: опубл. 24.12.2021 / Д. Н. Пущенко, Р. Р. Садыков, Ш. С. Сафинов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», Общество с ограниченной ответственностью «ДИ Роботикс Автоматизация».

8. Авторское свидетельство № 1117448 А1 СССР, МПК G01F 1/06. Шариковый расходомер: № 3640383: заявл. 31.08.1983: опубл. 07.10.1984 / Ю. Г. Бибик, В. Г. Новиков, М. С. Хабибулин, Б. Н. Линовский; заявитель ПРЕДПРИЯТИЕ П/Я В-8948.

9. Митрофанова О. В. Гидродинамика и теплообмен закрученных потоков в каналах ядерно-энергетических установок/ О. В. Митрофанова. – Moscow, 2010. – 288 с.

10. Патент № 2761416 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/05. Универсальный шариковый расходомер жидкости: № 2021100496: заявл. 12.01.2021: опубл. 08.12.2021 / Д. Н. Пущенко, Р. Р. Садыков, Ш. С. Сафинов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет», Общество с ограниченной ответственностью «ДИ РОБОТИКС АВТОМАТИЗАЦИЯ».

11. Патент № 2253843 С1 Российская Федерация, МПК G01F 1/06. шариковый преобразователь расхода: № 2004122571/28: заявл. 26.07.2004: опубл. 10.06.2005 / С. В. Архангельский, Г. Н. Байкова, Э. Г. Звенигородский [и др.]; заявитель Закрытое акционерное общество "АСИТА".

12. Патент № 2779813 С1 Российская Федерация, МПК G01R 17/16. Мостовой преобразователь сопротивления: № 2021126392: заявл. 08.09.2021: опубл. 13.09.2022 / Д. Н. Пущенко, Р. Р. Садыков, Ш. С. Сафинов; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет».

Сведения об авторах

Садыков Руслан Рашитович, технический директор ООО «ДИ Роботикс Автоматизация», аспирант, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», (г. Уфа, Россия). srr-91@mail.ru

Ясовеев Васих Хаматович, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», (г. Уфа, Россия). yasov@mail.ru

Сафинов Шамиль Саидович, кандидат технических наук, доцент ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий» (г. Уфа, Россия). safinov@mail.ru

**О влиянии вариации оси установки пространственной ориентации
на погрешность статической характеристики трехкомпонентного
феррозондового преобразователя азимута**

С. Ф. Султанов, В. Х. Ясовеев

В работе приведены результаты анализа и моделирования инструментальных погрешностей феррозондового преобразователя азимута в зависимости от значения визирного угла при исследовании на установке пространственной ориентации.

Ключевые слова: погрешность феррозондового преобразователя азимута, инструментальные погрешности, установки пространственной ориентации.

**The occurrence of an error in the static characteristic of a three-component
ferrosonde azimuth converter associated with a variation in the axis
of the spatial orientation installation**

S. F. Sultanov, V. Kh. Yasoveev

The paper presents the results of analysis and modeling of instrumental errors of a ferrosonde azimuth converter depending on the value of the sighting angle during the study on a spatial orientation installation

Keywords: the error of the ferrosonde azimuth converter, instrumental errors, spatial orientation equipment.

Феррозондовые преобразователи азимута являются компонентом инклинометра и предназначены для измерения углов пространственной ориентации инклинометра, в частности азимута.

Феррозондовые преобразователи азимута (ФПА) имеют, как правило, нелинейные статические характеристики преобразования в диапазоне измеряемых углов. Исследование и определение статических характеристик инклинометрических преобразователей [1–5, 7], а также изготавливаемого инклинометра выполняются на специально разработанных и индивидуально изготовленных установках пространственной ориентации [1, 2, 6]. Установки пространственной ориентации применяются для инклинометров и инклинометрических преобразователей, являются инструментом задания углов и обуславливают погрешности, распределенные в диапазоне задаваемых углов [6, 7].

В дальнейшем при определении статических характеристик феррозондовых преобразователей азимута данные погрешности входят в состав погрешностей преобразователя, являются систематическими и имеют существенное значение [6, 7]. С целью учета данных инструментальных погрешностей необходимо вы-

полнить анализ их влияния на значение азимута, ФПА. В настоящее время наиболее перспективными являются инклинометрические преобразователи на базе трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута [2, 3, 4, 5, 7].

Базовое векторно-матричное уравнение имеет вид [1]:

$$\overline{T_{R_i}} = A_{\varphi(Z)} \cdot A_{\theta(Y)} \cdot A_{\alpha(Z)} \cdot \overline{T_{R_0}}, \quad (1)$$

где $\overline{T_{R_i}}$ – вектор напряженности магнитного поля ($\overline{T}$) в проекциях T_{ji} базиса R_i , связанного с корпусом ФПА; $\overline{T_{R_0}}$ – вектор напряженности магнитного поля ($\overline{T}$) в исходном базисе R_0 , связанном с Землей;

$$\overline{T_{R_i}} = \begin{Bmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \end{Bmatrix}, \quad \overline{T_{R_0}} = \begin{Bmatrix} H_0 \\ 0 \\ Z_0 \end{Bmatrix},$$

где H_0 и Z_0 – горизонтальная и вертикальная составляющие вектора напряженности магнитного поля ($\overline{T}$) в базисе R_0 ;

$$A_{\alpha(Z)} = \begin{Bmatrix} \cos \alpha & \sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}, \quad A_{\theta(Y)} = \begin{Bmatrix} \cos \theta & 0 & \sin \theta \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta & 0 & \cos \theta \end{Bmatrix},$$

$$A_{\varphi(Z)} = \begin{Bmatrix} \cos \varphi & \sin \varphi & 0 \\ \sin \varphi & \cos \varphi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix},$$

где $A_{\alpha(Z)}$, $A_{\theta(Y)}$, $A_{\varphi(Z)}$ – матрицы направляющих косинусов конечных вращений опорного базиса R_0 .

Решением векторно-матричного уравнения (1) относительно T_x , T_y , T_z является система скалярных трансцендентных уравнений (2):

$$\left. \begin{aligned} T_x &= H_0 \cos(\varphi) \cos(\theta) \cos(\alpha) - H_0 \sin(\varphi) \sin(\alpha) - \cos(\varphi) \sin(\theta) Z_0 \\ T_y &= \sin(\varphi) \sin(\theta) Z_0 - H_0 \sin(\varphi) \cos(\theta) \cos(\alpha) - H_0 \cos(\varphi) \sin(\alpha) \\ T_z &= \sin(\theta) \cos(\alpha) H_0 + \cos(\theta) Z_0 \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Решением данной системы является известная базовая математическая модель трехкомпонентного ФПА с ортогональным расположением феррозондов [1]:

$$\alpha = \arctg \frac{-T_x \sin \varphi - T_y \cos \varphi}{(T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) \cos \theta + \sin \theta T_z} + \pi k, \quad (3)$$

где $k=0$ при $\text{Ч} > 0$, $\text{Зн.} > 0$; $k=1$ при $\text{Зн.} < 0$; $k=2$ при $\text{Ч} < 0$, $\text{Зн.} > 0$; где Ч – числитель дроби, Зн. – знаменатель дроби.

Векторно-матричное уравнение (1) является базовым и предназначено для упрощенного описания ориентации ФПА. С целью учета влияющих факторов необходимо дополнить базовую математическую модель (1).

Значения углов вариации визирной оси от базового положения при задании вирного угла, имеют переменный характер распределения [7].

В процессе исследования ФПА при задании визирного угла на УПО происходит изменение ориентации оси вращения УПО, обуславливающее инструментальную погрешность ФПА.

При экспериментальных исследованиях неконтролируемое изменение ориентации ФПА на УПО принято характеризовать углами отклонения плоскости поворотного стола от горизонтальной плоскости [7]. То есть пространственную ориентацию оси вращения УПО при задании визирного угла OZ_1^1 целесообразно оценивать с помощью углов γ_x, γ_y [6].

При этом учет ориентации оси поворота OZ_1^1 при задании визирного угла производят с помощью плоских поворотов базиса R_i на углы вокруг соответствующих осей OX_3, OY_3 , [4] и таким образом уравнение (1) будет представлено в виде:

$$\overline{T_{Ri}} = A_{\gamma y(Y)} A_{\gamma x(X)} A_{\varphi(Z)} A_{\theta(Y)} A_{\alpha(Z)} \overline{T_{R0}}, \quad (4)$$

где $A_{\gamma x}(X), A_{\gamma y}(Y)$ – матрицы направляющих косинусов плоских поворотов на углы γ_x, γ_y вокруг соответствующих осей OX_3, OY_3 .

Векторно-матричное уравнение (4) предназначено для описания в общем виде ориентации ФПА при задании визирного угла на УПО.

Так как γ_x, γ_y являются величинами малыми (менее 1°), то в соответствии с тригонометрическими преобразованиями

$$(\cos(\gamma i) \approx 1 \text{ и } \sin(\gamma i) \approx \gamma i, i = x, y),$$

Матрицы $A_{\gamma x}(x), A_{\gamma y}(y)$ можно представить в виде:

$$A_{\gamma x(X)} = \begin{bmatrix} 1 & \gamma_x & 0 \\ -\gamma_x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad A_{\gamma y(Y)} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & -\gamma_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \gamma_y & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$

Решением векторно-матричного уравнения относительно T_x, T_y, T_z является система скалярных трансцендентных уравнений (5):

$$\left. \begin{aligned} T_x &= \begin{aligned} &H0 \cos \varphi \cos \theta \cos \alpha - H0 \sin \varphi \sin \alpha - \\ &-\cos \varphi \sin \theta Z0 - \gamma_y H0 \cos \alpha \sin \theta - \gamma_y Z0 \cos \theta; \end{aligned} \\ T_y &= \begin{aligned} &\sin \alpha \sin \theta Z0 - H0 \sin \varphi \cos \theta \cos \alpha - \\ &-H0 \cos \varphi \sin \alpha + \\ &+\gamma_x H0 \cos \alpha \sin \theta + \gamma_x Z0 \cos \theta; \end{aligned} \\ T_z &= \begin{aligned} &\sin \theta \cos \alpha H0 + \cos \theta Z0 - \gamma_y \cos \varphi \sin \theta Z0 \\ &+\gamma_y H0 \cos \varphi \cos \theta \cos \alpha - \gamma_y H0 \sin \varphi \sin \alpha - \\ &-\gamma_x Z0 \sin \varphi \sin \theta + \\ &+\gamma_x H0 \sin \alpha \cos \varphi + \gamma_x H0 \cos \alpha \sin \varphi \cos \theta; \end{aligned} \end{aligned} \right\}. \quad (5)$$

Систему уравнений (5) целесообразно применять для оценки значений информационных сигналов феррозондов T_x, T_y, T_z при задании визирного угла на УПО и их коррекции.

На основе анализа системы уравнений (5) установлено, что:

- уравнения системы (5) по сравнению с уравнениями базовой системы (2) содержат дополнительные члены, прямо пропорциональные значениям углов γ_x, γ_y ;

- влияние параметров γ_x, γ_y на значения сигналов с феррозондов T_x, T_y, T_z имеет сложный характер, связанный функцией синуса (косинуса) со значениями задаваемых углов α, θ, φ зависящий от значений горизонтальной и вертикальных составляющих (H_0, Z_0) вектора напряженности магнитного поля Земли;

- при значениях параметров $\gamma_x = \gamma_y = 0$ система уравнений (5) переходит в базовую систему уравнений (2). То есть система уравнений (2) является частным случаем системы (5).

Из (5) значение азимута однозначно будет определяться следующим выражением:

$$\alpha = \arctg \frac{-(T_x \sin \varphi + T_y \cos \varphi + T_z \gamma_y \sin \varphi + T_z \gamma_x \cos \varphi)}{(T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) \cos \theta + \sin \theta T_z + \Delta T_z1 + \Delta T_y1 + \Delta T_x1} + \pi k, \quad (6)$$

где $\Delta T_z1 = T_z \cos \theta (\gamma_x \sin \varphi + \gamma_y \cos \varphi)$; $\Delta T_y1 = T_y \gamma_x \sin \theta$; $\Delta T_x1 = T_x \gamma_y \sin \theta$.

Выражение (6) является математической моделью трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута с ортогональным расположением феррозондов, в которой учтено изменение ориентации оси вращения УПО при задании визирного угла.

Выражение (6) целесообразно использовать для коррекции значений азимута ФПА, при известных значениях углов γ_x, γ_y .

Далее выполнена оценка влияния углов γ_x, γ_y на погрешность азимута ФПА, вносимую ориентацией оси вращения УПО при задании визирного угла φ . Разложением выражения (6) в ряд Тейлора по составляющим γ_x, γ_y [7] и ограничившись составляющими погрешностей первого порядка малости, получены выражения составляющих погрешностей азимута $\Delta\alpha$:

$$\Delta\alpha(\gamma_x) = \frac{\gamma_x(-T_z \cos \varphi \cos \alpha - \sin \alpha T_y \sin \theta - \sin \alpha T_z \cos \theta \sin \varphi)}{\cos \alpha \cos \theta (T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) + \cos \alpha \sin \theta T_z - \sin \alpha (T_x \sin \varphi + T_y \cos \varphi)}, \quad (7)$$

$$\Delta\alpha(\gamma_y) = \frac{\gamma_y(-T_z \sin \varphi \cos \alpha + \sin \alpha T_x \sin \theta - \sin \alpha T_z \cos \theta \cos \varphi)}{\cos \alpha \cos \theta (T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) + \cos \alpha \sin \theta T_z - \sin \alpha (T_x \sin \varphi + T_y \cos \varphi)}. \quad (8)$$

С учетом H_0 (5) выражения (7, 8), будут иметь следующий вид (9 - 10):

$$\Delta\alpha(\gamma_x) = \frac{\gamma_x(-T_z \cos \varphi \cos \alpha - \sin \alpha T_y \sin \theta - \sin \alpha T_z \cos \theta \sin \varphi)}{H_0}, \quad (9)$$

$$\Delta\alpha(\gamma_y) = \frac{\gamma_y(-T_z \sin \varphi \cos \alpha + \sin \alpha T_x \sin \theta - \sin \alpha T_z \cos \theta \cos \varphi)}{H_0}. \quad (10)$$

С учетом Z_0 (6) выражения (9 - 10) будут представлены как:

$$\Delta\alpha(\gamma_x) = (\gamma_x(-\sin \varphi \sin \alpha - \cos \alpha \cos \theta \cos \varphi) Z_0 - \cos 2\alpha T_z \sin \theta \cos \varphi) / H_0. \quad (11)$$

$$\Delta\alpha(\gamma_y) = (\gamma_y(\cos \theta \sin \varphi \cos \alpha - \sin \alpha \cos \varphi) Z_0 + H_0 \cdot \cos 2\alpha \sin \theta \sin \varphi) / H_0. \quad (12)$$

Учитывая равенство $Z_0/H_0 = \operatorname{tg}(\nu)$ выражения (11 - 12) будут иметь вид:

$$\Delta\alpha(\gamma_x) = \gamma_x(-\operatorname{tg}(\nu) \cos \theta \cos \varphi \cos \alpha - \sin \theta \cos \varphi \cos 2\alpha - \operatorname{tg}(\nu) \sin \alpha \sin \varphi). \quad (13)$$

$$\Delta\alpha(\gamma\gamma) = \gamma\gamma (\operatorname{tg}(\nu)\cos\theta\sin\varphi\cos\alpha - \sin\theta\sin\varphi\cos 2\alpha - \operatorname{tg}(\nu)\sin\alpha\cos\varphi). \quad (14)$$

Графики распределения погрешности азимута $\Delta\alpha$ по диапазонам азимута и зенитного углов γx , γy представлены на рис 1, 2.

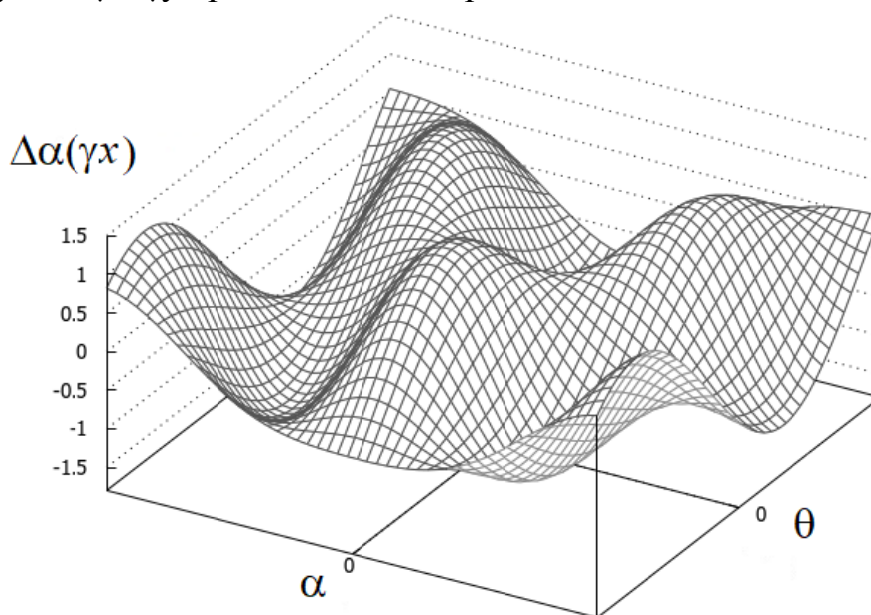


Рис. 1. График поверхности распределения погрешности азимута $\Delta\alpha(\gamma x)$ по диапазонам азимута и зенитного углов (-180 град, $+180$ град).

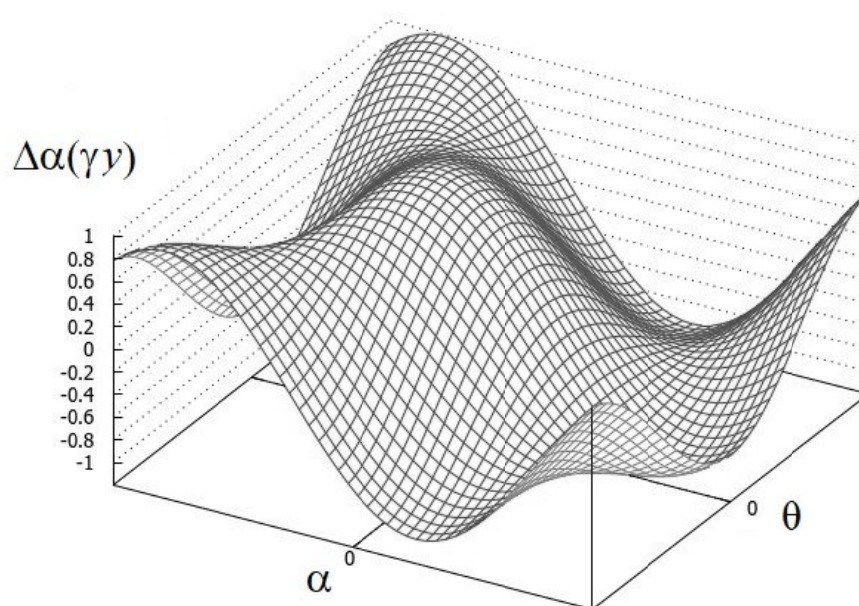


Рис. 2. График поверхности распределения погрешности азимута $\Delta\alpha(\gamma y)$ по диапазонам азимута и зенитного углов (-180 град, $+180$ град).

Выражение погрешности $\Delta\alpha$, обусловленное изменением ориентации оси поворота при задании визирного угла, будет иметь вид:

$$\Delta\alpha(\gamma x, \gamma y) = \Delta\alpha(\gamma x) + \Delta\alpha(\gamma y). \quad (15)$$

График распределения суммарной максимальной погрешности азимута $\Delta\alpha$ по диапазонам азимута и зенитного углов и постоянных параметрах γ_x , γ_y представлены на рис. 3.

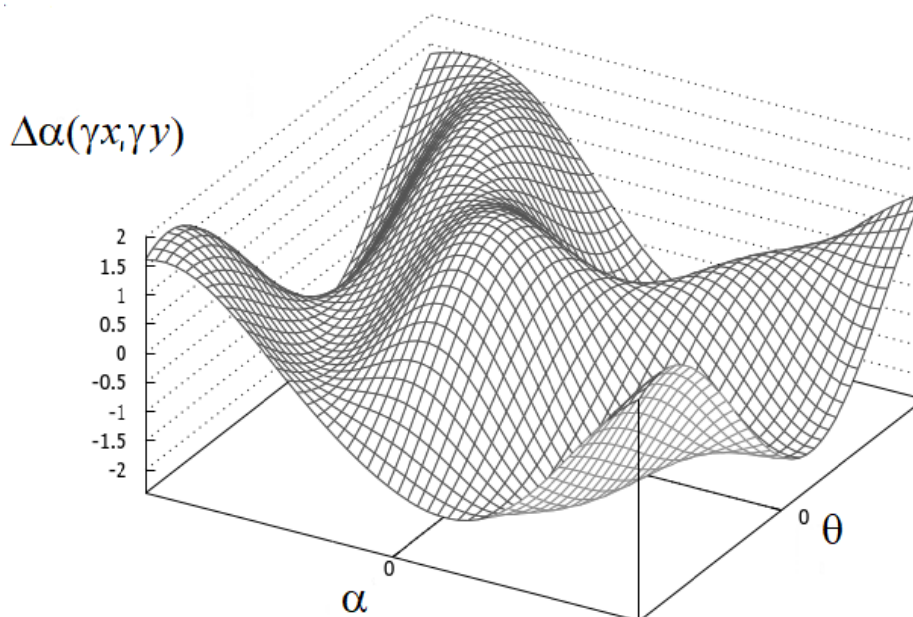


Рис. 3. График поверхности распределения погрешности азимута $\Delta\alpha$ (γ_x , γ_y) по диапазонам азимута и зенитного углов (-180 град, $+180$ град)

Полученное выражение погрешности азимута (15) в зависимости от значения визирного угла УПО целесообразно применять при коррекции инструментальных погрешностей УПО, вносимых в статические характеристики ФПА, и определения более точного значения азимута.

В результате анализа полученного выражения (15) установлено:

- Величина погрешности азимута ФПА (15) зависит от значения магнитного наклона ($\text{tg}\nu$), т.е. широты местности измерения.
- Влияние углов отклонений осей вращения УПО на погрешность определения азимута носит сложный характер, связанный функциями синуса (косинуса) со значениями задаваемых углов: азимута, зенитного и визирного.

Предельное значение погрешности азимута по выражению (15) будет иметь вид (16):

$$|\Delta\alpha| \leq (1 + 2\text{tg}\nu) * |\gamma_x| + (2 + \text{tg}\nu) * |\gamma_y|. \quad (16)$$

При значении угла магнитного наклона (ν), равного 720 , т. е. $\text{tg}\nu=3,078$ выражение (3.47) примет вид:

$$|\Delta\alpha| \leq 7,16 * |\gamma_x| + 5,08 * |\gamma_y|. \quad (17)$$

Таким образом, доминирующее влияние на погрешность определения азимута оказывает параметр γ_x .

При $\gamma_x = \gamma_y = \delta$ значение погрешности азимута не превысит:

$$|\Delta\alpha| \leq 12,24 * |\delta|.$$

В соответствии с формулой (17) оценим значения углов γ_x , γ_y , считая их значения равновероятными и предполагая, что погрешность определения азимута не превысит ± 1 град. Тогда необходимо, чтобы значения углов, характеризующих инструментальные погрешности ФПА, при задании визирного угла (3.48) не выходили за пределы: $\gamma_x \leq 0,070 = 4,2$ угл. мин. и $\gamma_y \leq 0,100 = 6$ угл. мин.

Выражение (15) целесообразно применять для коррекции значений азимута при определении статических характеристик ФПА на УПО.

Список использованных источников и литературы

1. Ковшов, Г. Н. Инклинометры (Основы теории и проектирования) / Г. Н. Ковшов, Р. И. Алимбеков, А. В. Жибер. – Уфа : Гилем, 1998. – 380 с.
2. Миловzorov, Г. В. Инклинометрические преобразователи для систем управления бурением наклонно направленных и горизонтальных скважин : дисс. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. – Уфа, 1997. – 434 с.
3. Milovzorov D. G., Yasoveyev V. Kh. Angular installation options errors correction for three-component vector-measuring transducers with accelerometer at calibration phase//Всборнике: Proceedings- 2017 2nd International Ural Conference on Measurements, UralCon 2017.- 2017.-С.23-28.
4. Milovzorov D. G., Yasoveyev V. K. Mathematical models of inclination parameter converters based on double-axis accelerometers. Optoelectronics. Instrumentation and Data Processing, 2017.-Т.53.- N 1.-С.9-14.
5. Milovzorov D., Yasoveyev V. Mathematical modelling of the determining azimuth process for inclinometric systems for small incline angles// Всборнике: 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 – Proceedings,2016.-С.7911606.
6. Бачманов, Н. А. Исследование погрешности задания углов устройствами для проверки инклинометров и ориентаторов / Н. А. Бачманов, И. А. Бушугин, М. Н. Рябов // Геофизическая аппаратура. – 1985. – № 82. – С. 111–118.
7. Ясовеев, В. Х. Исследование влияния установок пространственной ориентации на характеристики инклинометрических преобразователей / В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты : III Международная научно-практическая конференция. – Москва : Перо, 2015. – С. 509–615 с.

Сведения об авторах

Ясовеев Василь Хаматович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). Yasov@mail.ru

Султанов Салават Фаритович, кандидат технических наук, доцент кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). sultanov-sf@ya.ru

**О влиянии отклонения оси поворота на зенитный угол установки
пространственной ориентации на погрешность
феррозондового преобразователя азимута**

С. Ф. Султанов

В работе приведены результаты анализа и моделирования инструментальных погрешностей феррозондового преобразователя азимута в зависимости от значения зенитного угла при исследовании на установке пространственной ориентации

Ключевые слова: погрешность феррозондового преобразователя азимута, инструментальные погрешности, установки пространственной ориентации.

**The analysis of the error of ferrosonde azimuth converter when setting
the zenith angle of the spatial orientation installation with the deviation
of the axis of rotation**

S. F. Sultanov

The paper presents the results of analysis and modeling of instrumental errors of a ferrosonde azimuth converter depending on the value of the zenith angle when studying a spatial orientation installation

Keywords: the error of the ferrosonde azimuth converter, instrumental errors, spatial orientation equipment.

Повешение точности определения траектории скважинного ствола является актуальной задачей в плане повышения контролируемости буровых работ и в перспективе успешного освоения месторождения: повышения отдачи и снижения начальных затрат.

Инклинометрическими преобразователями называют устройства для измерения наклона скважины в заданных точках траектории ствола скважины. Конструкции инклинометрических преобразователей являются различными [1–3] и наиболее перспективными из них считаются инклинометрические преобразователи на основе трехкомпонентных феррозондовых ортогонально расположенных преобразователей азимута, а также на базе трехкомпонентных акселерометрических устройств [2, 3].

При задании зенитного угла в процессе исследования ИП на УПО происходит неконтролируемое изменение ориентации ИП, обуславливающее инструментальные погрешности ФПА [4, 5]. С целью исследования и учета инструментальных погрешностей ФПА и, соответственно, ИП необходимо разработать соответствующую математическую модель ФПА [5].

Пространственную ориентацию оси вращения УПО относительно исходного базиса при задании зенитного угла характеризуют с помощью углов χx , χz (рис. 2.5, а) [5]. Ориентацию оси вращения OY_2^I УПО целесообразно учитывать на основе плоских поворотов базиса R_i на углы χx , χz вокруг соответствующих осей OX_2 , OZ_2 (рис. 2.5, б) [5], и, следовательно, базовое векторно-матричное уравнение [1, 2] будет представлено в виде:

$$\overline{T_{R_i}} = A_{\varphi(Z)} \cdot A_{\theta(Y)} \cdot A_{\chi z(Z)} \cdot A_{\chi x(X)} \cdot A_{\alpha(Z)} \cdot \overline{T_{R_0}}, \quad (1)$$

где $A_{\chi x(x)}$, $A_{\chi z(z)}$ – матрицы направляющих косинусов плоских поворотов на углы χx и χz вокруг соответствующих осей OX_2 , OZ_2 .

Векторно-матричное уравнение (1) предназначено для описания в общем виде ориентации ФПА при задании зенитного угла на УПО.

Так как χx и χz являются величинами малыми, то с погрешностями, не превышающими первого порядка малости, тригонометрические функции можно преобразовать следующим образом $\cos(\chi i) \approx 1$ и $\sin(\chi i) \approx \chi i$, ($i = x, z$). Тогда матрицы $A_{\chi x(x)}$, $A_{\chi z(z)}$ можно представить в виде:

$$A_{\chi x(X)} = \begin{vmatrix} 1 & \chi x & 0 \\ -\chi x & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}, \quad A_{\chi z(Z)} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & \chi z \\ 0 & -\chi z & 1 \end{vmatrix}.$$

Решением векторно-матричного уравнения (1) относительно Tx , Ty , Tz является система скалярных трансцендентных уравнений (2).

$$\left. \begin{aligned} & \chi z H_0 \sin \varphi \cos \theta \cos \alpha - \chi z H_0 \cos \varphi \sin \alpha + \\ & + \chi z \sin \varphi \sin \theta Z_0 + H_0 \cos \alpha \cos \varphi \cos \theta - H_0 \sin \varphi \sin \alpha - \\ Tx = & -Z_0 \sin \theta \cos \varphi + \chi x Z_0 \sin \varphi \cos \theta + \chi x H_0 \cos \alpha \sin \varphi \sin \theta; \\ \\ & \sin \varphi \sin \theta \quad Z_0 - H_0 \sin \varphi \cos \alpha \cos \theta - \\ & - H_0 \cos \varphi \sin \alpha + \chi z H_0 \sin \alpha \sin \varphi + \\ Ty = & -\chi z H_0 \cos \alpha \cos \theta \cos \varphi + \chi z Z_0 \cos \varphi \sin \theta + \\ & + \chi x Z_0 \cos \varphi \cos \theta + \chi x H_0 \cos \alpha \cos \varphi \sin \theta; \\ \\ Tz = & \sin \theta \cos \alpha H_0 + \cos \theta Z_0 + \chi x H_0 \sin \varphi; \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

На основе анализа системы уравнений (2) установлено, что:

- уравнения системы (2) по сравнению с уравнениями базовой системы (2.2) содержат дополнительные члены, прямо пропорциональные значениям углов χ_x, χ_z ;
- влияние углов χ_x и χ_z на значения сигналов с феррозондов T_x, T_y, T_z имеет сложный характер, связанный функцией синуса (косинуса) со значениями задаваемых углов α, θ, φ и зависящий от значений горизонтальной и вертикальных составляющих (H_0, Z_0) вектора напряженности магнитного поля Земли;
- при значениях параметров $\chi_x, \chi_z = 0$ система уравнений (2) совпадает с базовой системой уравнений (2.2); то есть, система уравнений (2) является более общей по сравнению с системой (2.2).

Из (2) значение азимута ФПА будет определяться следующим образом:

$$\alpha = \arctg \frac{-(T_x \sin \varphi + T_y \cos \varphi + \chi_z (T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) + T_z \chi_x)}{(T_x \cos \varphi - T_y \sin \varphi) \cos \theta + \sin \theta T_z + \Delta T_y1 + \Delta T_x1} + \pi k, \quad (3)$$

где

$$\begin{aligned} \Delta T_y1 &= T_y \cos \varphi (-\chi_z \cos \theta + \chi_x \sin \theta), \\ \Delta T_x1 &= T_x \sin \varphi (-\chi_z \cos \theta + \chi_x \sin \theta). \end{aligned}$$

Выражение (3) является обобщенной статической математической моделью трехкомпонентного ортогонального феррозондового преобразователя азимута. С учетом принятых допущений на основе данной математической модели целесообразно оценивать значение азимута ФПА при задании зенитного угла на УПО. Выражение (3) получено впервые и по сравнению с базовой моделью [1] является более общим.

Для практического применения выражения (3) необходимо измерить значения углов χ_x, χ_z и разработать соответствующее программно-алгоритмическое обеспечение.

Необходимо оценить влияние углов χ_x, χ_z на инструментальную погрешность азимута ФПА, вносимую ориентацией оси поворота УПО при задании зенитного угла. Разложением выражения (3) в ряд Тейлора [2] по составляющим χ_x, χ_z и, ограничившись членами ряда первого порядка малости, получены выражения составляющих погрешности азимута $\Delta \alpha$.

Выражения составляющих погрешности азимута представляют собой уравнения влияния соответствующих параметров χ_x, χ_z , выраженные через функции синуса (косинуса) азимута α , зенитного θ , визирного φ углов и значения сигналов T_x, T_y, T_z трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута с ортогональным расположением феррозондов.

Учитывая выражение H_0 , МПЗ Z_0 и $Z_0/H_0 = \operatorname{tg}(\nu)$, уравнение (3) будет представлено следующим образом.

С учетом равенства $Z_0/H_0 = \operatorname{tg}(\nu)$ составляющие погрешности азимута ФПА будут представлены в виде (4), (5):

$$\Delta \alpha(\chi_x) = -\chi_x (\operatorname{tg}(\nu) \cos \theta \cos \varphi \cos \alpha + \sin \theta \cos 2\alpha), \quad (4)$$

$$\Delta\alpha(\chi_z) = \chi_z (-\operatorname{tg}(\nu)\sin\theta\cos\alpha + \cos\theta\cos 2\alpha). \quad (5)$$

Выражения составляющих погрешности азимута ФПА (4), (5) предназначены для описания влияния каждого параметра χ_x , χ_z на значение вносимой составляющей инструментальной погрешности азимута ФПА.

Графики распределения значений, составляющих погрешности азимута по соответствующим диапазонам, представлены на рис. 1, 2.

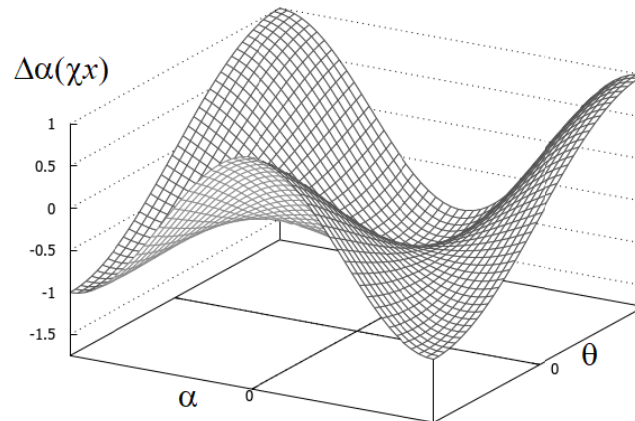


Рис. 1. Распределение составляющей погрешности $\Delta\alpha(\chi_x)$ в диапазоне азимута и зенитного углов от $-\pi$ до $+\pi$ при фиксированном значении визирного угла $\varphi=0$

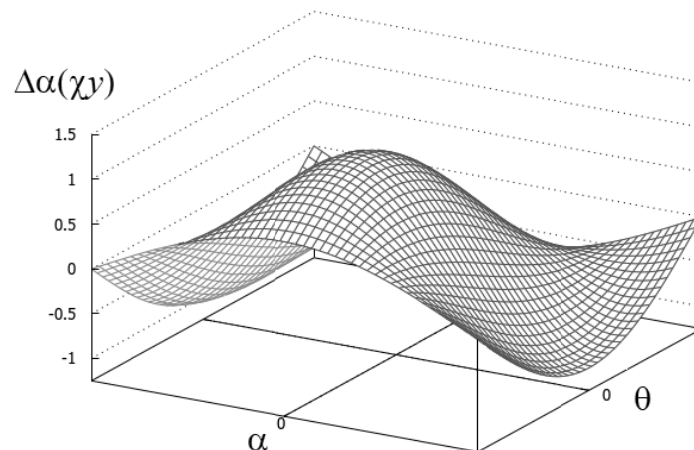


Рис. 2. Распределение составляющей погрешности $\Delta\alpha(\chi_y)$ в диапазоне азимута и зенитного углов от $-\pi$ до $+\pi$ при фиксированном значении визирного угла $\varphi=0$

Таким образом, получено выражение погрешности азимута ФПА, обусловленной изменением пространственной ориентации оси поворота УПО при задании угла азимута:

$$\Delta\alpha(\chi_x, \chi_z) = \Delta\alpha(\chi_x) + \Delta\alpha(\chi_z). \quad (6)$$

Графики распределения значений, составляющих погрешности азимута ФПА по соответствующим диапазонам, представлены на рис. 3.

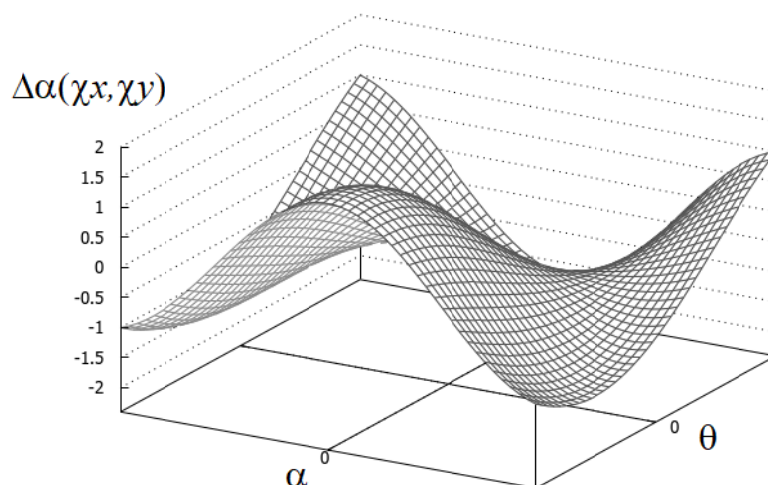


Рис. 3. Распределение составляющей погрешности $\Delta\alpha(\chi y)$ в диапазоне азимута и зенитного углов от $-\pi$ до $+\pi$ при фиксированном значении визирного угла $\varphi=0$

На основе анализа выражения (6) и графиков распределения значений составляющих погрешности азимута установлено, что погрешность азимута ФПА $\Delta\alpha$ не зависит от значения визирного угла; погрешность азимута зависит от значения тангенса угла магнитного наклона (ν), функций синуса (косинуса) зенитного угла.

Выражение (6) целесообразно применять при коррекции значений азимута ИП при соответствующем алгоритмическом обеспечении, учитывающем инструментальные погрешности ИП.

Для априорного определения возникающих инструментальных погрешностей ФПА при исследовании ИП на УПО необходимо получить выражения предельного значения погрешности азимута ФПА.

Предельная погрешность азимута ФПА в соответствии с выражением (6) определяется следующим образом:

$$|\Delta\alpha| \leq |(1 + \operatorname{tg} \nu) * \chi x| + |(1 + \operatorname{tg} \nu) * \chi z|. \quad (7)$$

При значении угла магнитного наклона $\nu = 72^\circ$ т.е. $\operatorname{tg} \nu = 3,078$ выражение (7) будет представлено в виде:

$$|\Delta\alpha| \leq *|4,078 * \chi x| + |4,078 * \chi z|. \quad (8)$$

При равенстве углов $\chi x = \chi z = \delta$ погрешность азимута ФПА не превысит:

$$|\Delta\alpha| \leq 8,16 * |\delta|. \quad (9)$$

Оценим значения углов χx , χz , считая их равновероятными и предполагая, что погрешность азимута ФПА не превысит $\pm 1^\circ$: $\chi x = 0,12^\circ = 7,2$ угл. мин., $\chi z = 0,12^\circ = 7,2$ угл. мин.

На основе проведенного анализа установлены требования к значениям углов χx , χz , характеризующих ориентацию оси вращения УПО при задании зенитного угла, по априорно заданной инструментальной погрешности азимута

трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута с ортогональным расположением феррозондов.

В связи с простотой полученного выражения погрешности азимута (6) по сравнению с (2), (3) коррекцию значений азимута ФПА наиболее целесообразно проводить по выражению (6) при соответствующем алгоритмическом обеспечении.

Значение tgv места исследования ИП и tgv скважинных измерений, как правило, различаются. То есть при обработке результатов скважинных измерений необходимо учитывать влияние инструментальной погрешности ФПА, связанной с определением статической характеристики ФПА на установке пространственной ориентации типа УНЭИИП-1 при задании зенитного угла. В выражении (6) значение тангенса магнитного наклона представлено явно, т. е. данное выражение целесообразно применять для коррекции значений азимута ИП на основе ФПА и АПЗВУ при известном значении угла магнитного наклона.

Список использованных источников и литературы

1. Ковшов, Г. Н. Инклинометры. (Основы теории и проектирования) / Г. Н. Ковшов, Р. И. Алимбеков, А. В. Жибер. – Уфа : Гилем, 1998. – 380 с.
2. Миловзоров, Г. В. Инклинометрические преобразователи для систем управления бурением наклонно направленных и горизонтальных скважин : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. – Уфа, 1997. – 434 с.
3. Milovzorov D., Yasoveyev V. Mathematical modelling of the determining azimuth process for inclinometric systems for small incline angles. В сборнике: 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 - Proceedings. 2016. С.7911606.
4. Бачманов, Н. А. Исследование погрешности задания углов устройствами для поверки инклинометров и ориентаторов / Н. А. Бачманов, И. А. Бушугин, М. Н. Рябов // Геофизическая аппаратура. – 1985. – № 82. – С. 111–118.
5. Ясовеев, В. Х. Исследование влияния установок пространственной ориентации на характеристики инклинометрических преобразователей / В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты : III Международная научно-практическая конференция. – Москва : Перо, 2015. – С. 509–615 с.

Сведения об авторах

Султанов Салават Фаритович, кандидат технических наук, доцент кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). sultanov-sf@ya.ru

Метрологическое обеспечение: методика поверки трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута на установке пространственной ориентации при задании азимута и визирного угла

С. Ф. Султанов

В работе приведены подходы к дополнению методики поверки феррозондового преобразователя азимута в зависимости от задаваемых значений азимута и визирного угла при исследовании на установке пространственной ориентации.

Ключевые слова: погрешность феррозондового преобразователя азимута, визирный угол, инструментальные погрешности, установки пространственной ориентации.

Metrological support: the method of verification of a three-component ferrosonde azimuth converter on the installation of spatial orientation when setting the azimuth and sighting angle

S. F. Sultanov

The paper presents approaches to complement the verification technique of a ferrosonde azimuth converter depending on the set value of the azimuth and sighting angle when studying a spatial orientation installation.

Keywords: the error of the ferrosonde azimuth converter, instrumental errors, spatial orientation equipment.

Повышение точностных показателей инклинометрических преобразователей, в том числе трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута, является актуальной задачей, нацеленной в конечном итоге на улучшение параметров проводки ствола скважины по проектному профилю в заданную точку месторождения [1–6].

Поверка трехкомпонентных феррозондовых преобразователей азимута с ортогональным расположением осей чувствительности компонентов (3х_ФПА) инклинометров выполняется с целью установления соответствия показателей точности изготовленного и применяемого датчика заявленным значениям параметров и характеристик, отраженных в паспорте прибора и в свидетельстве утверждения типа средств измерений. Методика поверки средств измерений отражает последовательность и требования к проведению установления значений данных параметров и характеристик и применяемых для этого образцовых средств измерений.

Основными контролируемыми параметрами 3х_ФПА являются значение погрешности определения угла азимута в заданном диапазоне измерения,

статическая характеристика преобразования. Современный 3х_ФПА является комплексным аппаратно-программным средством измерения сигналов с осей чувствительности трехкомпонентного феррозондового датчика и программно-алгоритмического вычисления значения азимута по сигналам феррозондов, с учетом значений зенитного и визирного углов, входящих в функцию преобразования [4–6].

Определение статических характеристик 3х_ФПА выполняется на установках пространственной ориентации инклинометров и инклинометрических преобразователей называемых также поворотными столами, установками калибровочными, установками поверочными и др.

Задание исходных углов при выполнении калибровки, поверки ИП выполняется на УПО предварительно по показаниям отсчетных устройств и уточняются с помощью образцовых приборов (теодолита и оптического квадранта), позволяющих задать требуемые значения азимута, зенитного и визирного углов в точке проведения измерений. Особенность выполнения измерений заключается в месте установки данных приборов на исходные базовые площадки, связанные с верхней платформой установки и средней частью установки, не позволяющих контролировать пространственное положение (ориентацию) инклинометрического преобразователя в месте его пространственного размещения (верхней части установки). Сложностью в этом случае является изменение пространственного положения инклинометрического преобразователя, которое меняется в процессе изменения пространственной ориентации 3х_ФПА при проведении поверочных работ. Проведенные исследования показали, что итоговая ориентация инклинометрического преобразователя на УПО типа УНЭИИП-1, заданная по показаниям отсчетных устройств УПО и контролируемая с помощью образцовых приборов имеет погрешность задания углов в месте размещения ИП (например, азимута), связанные с отклонением осей поворота задаваемые углы азимута, зенитного и визирного углов [3–5]. Данные отклонения формируют систематические и, частично, случайные погрешности, ухудшающие точностные показатели 3х_ФПА [3–5].

В связи с этим при поведении калибровочных и поверочных работ необходимо учитывать влияние данных отклонений осей (в частности, при задании азимута и визирного угла) на показания измерительного преобразователя 3х_ФПА и дополнить существующие методики поверки инклинометрического преобразователя необходимыми этапами выполнения исследований.

Актуальным является учет влияния отклонения оси при задании азимута и при задании визирного угла на значения информационных сигналов трехкомпонентного 3х_ФПА и разработка соответствующей методики, дополняющей существующее методическое обеспечение.

Проведение поверки 3х_ФПА в диапазоне задания визирного угла на УПО при наличии углов отклонения оси поворота γ_x и γ_y будет представлена следующей последовательностью операций.

Данная методика предназначена для исследования значений информационных сигналов 3х_ФПА при учете углов γ_x и γ_y , имеющих изменяющиеся значения параметров в диапазоне задаваемого угла ϕ .

Методика состоит из следующих пунктов.

Этап 1. Задание исходного базиса УПО с целью установки начальных показаний УПО.

1. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОХ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность верхней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение визирного угла УПО.

2. Далее выполняют выравнивание верхней платформы от горизонтальной плоскости относительно оси ОХ с помощью опорных винтов регулировки УНЭИИП-1. Выравнивание выполняется путем задания минимального значения отклонения от горизонтальной плоскости $\gamma_x = 0$ при нулевом значении визирного угла φ . Контроль величины отклонения выполняют с помощью оптического квадранта КО-10.

3. Затем оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОУ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность верхней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение визирного угла УПО.

4. Далее выполняют выравнивание верхней платформы от горизонтальной плоскости относительно оси ОУ с помощью опорных винтов регулировки УНЭИИП-1. Выравнивание выполняется путем задания минимального значения отклонения от горизонтальной плоскости $\gamma_y = 0$ при значении визирного угла φ равном 90 град. Контроль величины отклонения от горизонтальной плоскости выполняют с помощью оптического квадранта КО-10.

Этап 2. Измерение значений информационных сигналов феррозондов $3x_ФПА$ в координатах исходного базиса УПО.

1. Еще раз контролируют наличие нулевых значений углов γ_x, γ_y .

2. Далее выполняют измерение значения информационных сигналов феррозондов $3x_ФПА$ (T_x, T_y, T_z) (например, амплитуды 2-й гармоники частоты возбуждения феррозондов).

3. Полученные значения параметров в данной точке характеристики измеряют не менее 3 раз (от 3 до 5 раз в соответствии с результатами планируемого полнофакторного эксперимента).

4. Результаты заносят в таблицу в соответствующие графы.

Этап 3. Измерение значений информационных сигналов феррозондов $3x_ФПА$ в диапазоне задаваемого на УПО угла φ .

Далее циклически выполняют измерения значений информационных сигналов феррозондов $3x_ФПА$ при разных значениях визирного угла с учетом контроля текущих значений углов γ_x, γ_y отклонения верхней платформы от горизонтальной плоскости. С учетом того, что для разных установок присутствуют разные значения вариации показаний при подходе справа или слева, измерения выполняют в двух направлениях, вначале последовательно наращивая значе-

ние визирного угла при подходе справа, и выполняют весь цикл измерений от минимального до максимального значения, затем повторяют этот же цикл при подходе слева от минимального до максимального значений. Это представлено в виде последовательности следующих операций.

1. Выполняют наращивание визирного угла при подходе справа. Выполняют следующие операции.

2. К текущему значению визирного угла прибавляют шаг изменения угла, как правило равный 10 град. И получают следующее значение точки измерения визирного угла. Шаг изменения зависит от целых значений меток шкалы измерения УПО.

3. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОХ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность верхней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение визирного угла УПО.

4. Выполняют измерение угла α отклонения верхней платформы УПО от горизонтальной плоскости относительно оси ОХ с помощью оптического квадранта КО-10 размещенного на установке УНЭИИП-1.

5. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОУ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность верхней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение визирного угла УПО.

6. Выполняют измерение угла γ отклонения верхней платформы УПО от горизонтальной плоскости относительно оси ОУ с помощью оптического квадранта КО-10, размещенного на установке УНЭИИП-1.

7. Далее выполняют измерение значения информационных сигналов феррозондов $3x_ФПА (T_x, T_y, T_z)$.

8. Полученные значения параметров в данной точке характеристики измеряют не менее 3 раз (от 3 до 5 раз).

9. Результаты заносят в таблицу в соответствующие графы.

10. Далее цикл измерений в точке визирного угла повторяют, задавая необходимое значение с фиксированным шагом.

11. Таким образом проходят весь диапазон измерений инклинометрического преобразователя визирного угла при подходе справа.

Этап 4. Далее выполняют задание значения визирного угла при подходе слева. Выполняют перечень предыдущих операций (см. п.п. этапа 3).

Этап 5. Выполняют статистическую обработку результатов измерений на основе накопленных данных эксперимента.

1. Статистическую обработку результатов измерений производят на основе применения метода наименьших квадратов.

2. Для визуализации полученных результатов строят сравнительные графики распределения значений азимута $3x_ФПА$ в диапазоне задаваемого угла при измеренных значениях углов отклонений осей ОХ и ОУ от

горизонтальной плоскости при вращении верхней платформы относительно идеализированного варианта.

3. Затем выполняют расчет значений абсолютных погрешностей информационных составляющих сигналов феррозондов $3x_ФПА$ (ΔT_x , ΔT_y , ΔT_z), связанных с параметрами χ и γ по результатам экспериментальных исследований и вычисленных в соответствии с функциями преобразований [4, 5].

4. Далее выполняют расчет значений азимута по математическим моделям $3x_ФПА$ с учетом экспериментально измеренных значений углов χ и γ [4, 5].

5. Следующим шагом является расчет значения абсолютной погрешности азимута, связанной с углами χ и γ .

6. Для визуализации полученных $3x_ФПА$ в диапазоне задаваемого визирного угла.

Проведение поверки $3x_ФПА$ в диапазоне задания азимута на УПО при наличии углов отклонения оси поворота δx и δy будет представлена следующей последовательностью операций.

Данная методика предназначена для исследования значений информационных сигналов $3x_ФПА$ при учете углов δx и δy , имеющих изменяющиеся значения параметров в диапазоне задаваемого угла α .

Этап 1. Задание исходного базиса УПО с целью установки начальных показаний УПО.

5. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОХ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность нижней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение азимута УПО.

6. Далее выполняют выравнивание нижней платформы от горизонтальной плоскости относительно оси ОХ с помощью опорных винтов регулировки УНЭИИП-1. Выравнивание выполняется путем задания минимального значения отклонения от горизонтальной плоскости $\delta x = 0$ при нулевом значении азимута α . Контроль величины отклонения выполняют с помощью оптического квадранта КО-10.

7. Затем оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОУ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность нижней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение азимута УПО.

8. Далее выполняют выравнивание нижней платформы от горизонтальной плоскости относительно оси ОУ с помощью опорных винтов регулировки УНЭИИП-1. Выравнивание выполняется путем задания минимального значения отклонения от горизонтальной плоскости $\delta y = 0$ при значении азимута α , равном 90 град. Контроль величины отклонения от горизонтальной плоскости выполняют с помощью оптического квадранта КО-10.

Этап 2. Измерение значений информационных сигналов феррозондов 3хФПА в координатах исходного базиса УПО.

5. Еще раз контролируют наличие нулевых значений углов δx , δy .

6. Далее выполняют измерение значения информационных сигналов феррозондов 3хФПА (T_x , T_y , T_z) (например, амплитуды 2-й гармоники частоты возбуждения феррозондов).

7. Полученные значения параметров в данной точке характеристики измеряют не менее 3 раз (от 3 до 5 раз в соответствии с результатами планируемого полнофакторного эксперимента).

8. Результаты заносят в таблицу в соответствующие графы.

Этап 3. Измерение значений информационных сигналов феррозондов 3хФПА в диапазоне задаваемого на УПО угла α .

Далее циклически выполняют измерения значений информационных сигналов феррозондов 3хФПА при разных значениях азимута с учетом контроля текущих значений углов δx , δy отклонения нижней платформы от горизонтальной плоскости. С учетом того, что для разных установок присутствуют разные значения вариации показаний при подходе справа или слева, измерения выполняют в двух направлениях, вначале последовательно наращивая значение азимута при подходе справа и выполняют весь цикл измерений от минимального до максимального значения, затем повторяют этот же цикл при подходе слева от минимального до максимального значений. Это представлено в виде последовательности следующих операций.

12. Выполняют наращивание азимута при подходе справа. Выполняют следующие операции.

13. К текущему значению азимута прибавляют шаг изменения угла, как правило равный 10 град. И получают следующее значение точки измерения азимута. Шаг изменения зависит от целых значений меток шкалы измерения УПО.

14. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОХ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность нижней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение азимута УПО.

15. Выполняют измерение угла δx отклонения нижней платформы УПО от горизонтальной плоскости относительно оси ОХ с помощью оптического квадранта КО-10 размещенного на установке УНЭИИП-1.

16. Оптический квадрант КО-10 размещают и ориентируют в направлении оси ОУ исходного ортонормированного базиса $\{X_0, Y_0, Z_0\}$, в соответствии с которым ориентировано УПО. Размещение КО-10 выполняют на горизонтальную поверхность нижней платформы УПО УНЭИИП-1, задающую значение азимута УПО.

17. Выполняют измерение угла δy отклонения нижней платформы УПО от горизонтальной плоскости относительно оси ОУ с помощью оптического квадранта КО-10, размещенного на установке УНЭИИП-1.

18. Далее выполняют измерение значения информационных сигналов феррозондов 3хФПА (T_x , T_y , T_z).

19. Полученные значения параметров в данной точке характеристики измеряют не менее 3 раз (от 3 до 5 раз).

20. Результаты заносят в таблицу в соответствующие графы.

21. Далее цикл измерений в точке азимута повторяют, задавая необходимое значение с фиксированным шагом.

22. Таким образом проходят весь диапазон измерений инклинометрического преобразователя азимута при подходе справа.

Этап 4. Далее выполняют задание значения азимута при подходе слева. Выполняют перечень предыдущих операции (см. п.п. этапа 3).

Этап 5. Выполняют статистическую обработку результатов измерений на основе накопленных данных эксперимента.

7. Статистическую обработку результатов измерений производят на основе применения метода наименьших квадратов.

8. Для визуализации полученных результатов строят сравнительные графики распределения значений азимута 3хФПА в диапазоне задаваемого угла при измеренных значениях углов отклонений осей ОХ и ОУ от горизонтальной плоскости при вращении нижней платформы, относительно идеализированного варианта.

9. Затем выполняют расчет значений абсолютных погрешностей информационных составляющих сигналов феррозондов 3хФПА (ΔT_x , ΔT_y , ΔT_z), связанных с параметрами δx и δy по результатам экспериментальных исследований и вычисленных в соответствии с функциями преобразований [4, 5].

10. Далее выполняют расчет значений азимута по математическим моделям 3хФПА с учетом экспериментально измеренных значений углов δx и δy [4, 5].

11. Следующим шагом является расчет значения абсолютной погрешности азимута, связанной с углами δx и δy .

12. Для визуализации полученных результатов строят сравнительные графики распределения погрешности 3хФПА в диапазоне задаваемого азимута.

Предложенные дополнения в типовые методики поверки 3х_ФПА позволяют более точно учитывать фактически заданные значение азимута, зенитного и визирного углов на УПО типа УНЭИИП-1 с учетом влияния углов отклонения оси поворота на малые углы γ_x и γ_y , при задании визирного угла, а также с учетом влияния углов отклонения оси поворота на малые углы δx и δy при задании азимута на УПО.

Список использованных источников и литературы

1. Миловзоров, Г. В. Инклинометрические преобразователи для систем управления бурением наклонно направленных и горизонтальных скважин : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. – Уфа, 1997. – 434 с.

2. *Milovzorov D., Yasoveyev V.* Mathematical modelling of the determining azimuth process for inclinometric systems for small incline angles. В сборнике: 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 - Proceedings. 2016.- С.7911606.

3. *Ясовеев, В. Х.* Исследование влияния установок пространственной ориентации на характеристики инклинометрических преобразователей / В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты : III Международная научно-практическая конференция. – Москва : Перо, 2015. – С. 509–615 с.

4. *Султанов, С. Ф.* Анализ инструментальных статических погрешностей трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута, обусловленных исходной ориентации УПОСOCIETY – SCIENCE – INNOVATIONS Collection of articles based on the results of International scientific and practical conference (Sterlitamak, 21 March 2023)). – Sterlitamak: RussianFederationAgencyofinternationalresearch, 2023. - С.74-77.

5. *Султанов, С. Ф.* Методика коррекции инструментальных погрешностей инклинометрических преобразователей, вносимых установками пространственной ориентации Традиционная и инновационная наука: история, современное состояние, перспективы: материалы международной научно-практической конференции. – Уфа : МЦИИ ОМЕГА САЙНС, 2018. – С. 39–41.

6. *Султанов, С. Ф.* Влияние ориентации оси вращения угла азимута поверочной установки на значения измеряемых углов трехкомпонентного акселерометрического преобразователя // Новая наука: современное состояние и пути развития: материалы международной научно-практической конференции. – Москва : Перо, 2017. – С. 223–227.

Сведения об авторах

Султанов Салават Фаритович, кандидат технических наук, доцент кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). sultanov-sf@ya.ru

Исследование акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов на установке пространственной ориентации при задании визирного угла

В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов

В работе приведены результаты анализа и моделирования инструментальных погрешностей акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов в зависимости от значения визирного угла на поверочной установке типа УНЭИИП-1.

Ключевые слова: погрешность акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов, инструментальные погрешности, поверочная установка.

Investigation of the accelerometric converter of the zenith and sighting angles on the installation of spatial orientation when setting the sighting angle

V. Kh. Yasoveev, S. F. Sultanov

The paper presents the results of analysis and modeling of instrumental errors of the accelerometric converter of the zenith and sighting angles, depending on the value of the sighting angle on the verification unit of the type UNEIIP-1.

Keywords: the error of the accelerometric converter of the zenith and sighting angles, instrumental errors, spatial orientation equipment.

Акселерометрический преобразователь зенитного и визирного углов входит в комплект оборудования инклинометра в качестве независимого измерителя зенитного и визирного углов и задействованы в вычислении значения азимута.

Наиболее перспективной конструкцией акселерометрического преобразователя считается схема на базе трехкомпонентных ортоориентированных интегральных акселерометрах плоскостного типа (3х_АПЗВУ). Исследование параметров изготовленного преобразователя, определение статических характеристик инклинометрических преобразователей (ИП) [1–5, 7, 8], и в итоге изготавливаемого инклинометра выполняются на установках пространственной ориентации (УПО) называемых поверочными или калибровочными установками [1, 2, 6]. Данные поверочные установки применяются при исследованиях инклинометров и инклинометрических преобразователей и являются инструментом задания углов позиционирования в пространстве и обуславливают погрешности, распределенные в диапазоне задаваемых углов [6–8].

В дальнейшем при определении статических характеристик акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов данные погрешности входят в состав погрешностей преобразователя, являются систематическими и имеют существенное значение [6, 7]. С целью учета данных инструментальных погрешностей необходимо выполнить анализ их влияния на значение зенитного и визирного углов. Среди различных схмотехнических и конструктивных особенностей поверочных установок наиболее перспективной является установка типа УНЭИИП.

В процессе исследования ИП при задании визирного угла на поверочной установке ось конечного вращения (поворота) произвольно отклоняется от идеального базиса, что и обуславливает соответствующие инструментальные погрешности $3x_АПЗВУ$ и, соответственно, ИП. Отклонение оси поверочной установки при задании визирного угла (OY_1) от исходного положения учитывают с помощью преобразований Эйлера на значения углов γ_x, γ_y , характеризующих отклонения оси от исходного положения. Значения углов γ_x, γ_y являются малыми – менее 1,00 град, что позволяет существенно упростить применяемые функции и итоговые выражения. Таким образом, уравнение пространственных преобразований будет представлено следующим векторно-матричным выражением:

$$\overline{G_i} = A_{\gamma_x}(X) \cdot A_{\gamma_y}(Y) \cdot A_{\varphi}(Z) \cdot A_{\theta}(Y) \cdot A_{\alpha}(Z) \cdot \overline{G_0}, \quad (1)$$

где $A_{\gamma_x}(X), A_{\gamma_y}(Y)$ – матрицы направляющих косинусов, соответствующие пространственным преобразованиям при коррекции положения оси на углы γ_x, γ_y при задании значения визирного угла.

Результат решения векторно-матричного уравнения (1) при малых значениях углов γ_x, γ_y представлен в виде системы скалярных трансцендентных уравнений:

$$\left. \begin{aligned} G_x &= -G \sin \theta \cos \varphi + \gamma_y G \cos \theta \\ G_y &= G \sin \varphi \sin \theta + G \gamma_x \cos \theta \\ G_z &= G \cos \theta - G \sin \theta \gamma_y \cos \varphi - G \sin \theta \gamma_x \sin \varphi \end{aligned} \right\}. \quad (2)$$

Данная система уравнений отражает связь сигналов на выходе акселерометров со значениями задаваемых углов (зенитного и визирного) и учитывает влияние углов γ_x, γ_y , характеризующих отклонения оси поворота при задании визирного угла.

На основе анализа системы уравнений (2) установлено, что:

- влиянием значения угла γ_y на значение информационного сигнала G_y акселерометров $3x_АПЗВУ$ в первом приближении можно пренебречь; влиянием угла γ_x на значение информационного сигнала G_x акселерометров $3x_АПЗВУ$ в первом приближении можно пренебречь;
- влияние углов γ_x, γ_y на значение информационных сигналов G_x, G_y акселерометров $3x_АПЗВУ$ связано со значением косинуса зенитного θ угла

и не зависит от значения визирного φ угла и прямо пропорционально значению модуля ускорения свободного падения G ;

- влияние углов γ_x, γ_y на значение информационных сигналов G_z акселерометров 3х_АПЗВУ связано со значениями синуса зенитного θ угла и синуса (косинуса) визирного φ угла и значением модуля ускорения свободного падения G .

Из системы (2) значения зенитного и визирного углов определяются:

$$\theta = \arctg \frac{\sqrt{G_x^2 + G_y^2}}{G_z} + \pi k, \quad (3)$$

где $G_{xy} = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$.

$$\varphi = \arctg \frac{G_{xy} \gamma_z G_x + G_{xy} G_y + G_{yx} G_x}{-G_{xy} G_x + G_{yx} G_z + G_{xy} \gamma_z G_y} + \pi k, \quad (4)$$

где $G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2 + G_z^2}$ – модуль вектора $\vec{G}$.

Выражения (3), (4) целесообразно применять при учете погрешностей зенитного и визирного углов ИП, обусловленных ориентацией оси поворота ОУ2 УПО при задании визирного φ угла.

Уравнения (3), (4) представляют собой статические математические модели трехкомпонентного акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов, описывающих ориентацию 3х_АПЗВУ в составе ИП при задании зенитного угла на УПО.

Уравнения целесообразно применять для расчета значений зенитного и визирного углов 3х_АПЗВУ при учете инструментальных погрешностей ИП, обусловленных углами, и при соответствующем алгоритмическом обеспечении.

Для исследования характеров распределений и оценки предельных значений инструментальных погрешностей 3х_АПЗВУ, обусловленных ориентацией оси вращения поверочной установки при задании визирного угла, необходимо получить аналитические выражения погрешностей 3х_АПЗВУ. Аналитические выражения погрешностей зенитного и визирного углов целесообразно разрабатывать на основе выражений относительных погрешностей информационных сигналов акселерометров 3х_АПЗВУ. В результате преобразований система скалярных трансцендентных уравнений (2) примет вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\Delta G_x}{G} &= -\gamma_y \cos \theta \\ \frac{\Delta G_y}{G} &= \gamma_x \cos \theta \\ \frac{\Delta G_z}{G} &= -G \sin \theta \gamma_y \cos \varphi - G \sin \theta \gamma_x \sin \varphi \end{aligned} \right\}, \quad (5)$$

где $\Delta G_x, \Delta G_y, \Delta G_z$ – отклонение значений сигналов акселерометров $3x_АПЗВУ$ при наличии углов γ_y, γ_x ориентации оси поворота поверочной установки при задании визирного угла.

Система (5) предназначена для описания относительных изменений проекций вектора ускорения свободного падения в базисе инклинометрического преобразователя при ориентации на УПО.

На основе решения системы (5) получены выражения абсолютных погрешностей визирного и зенитного углов (6, 7):

$$\Delta\varphi = \operatorname{ctg}\theta\gamma_x\cos\varphi - \operatorname{ctg}\theta\gamma_y\sin\varphi. \quad (6)$$

$$\Delta\theta = \gamma_y\cos\varphi - \gamma_x\sin\varphi. \quad (7)$$

Графики распределения погрешностей визирного и зенитного углов представлены на рис 1, 2.

На основе анализа выражений (6), (7) установлено следующее.

1. При значениях зенитного угла $\theta \in [-45, 45] \cup [135, 225]$ погрешность визирного угла $3x_АПЗВУ$ значительно возрастает.

2. Влияние углов γ_x и γ_y на значение погрешностей зенитного и визирного углов $\Delta\theta, \Delta\varphi_{3x_АПЗВУ}$ существенно и необходимо учитывать при исследовании ИП на основе трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута ($3x_ФПА$) и $3x_АПЗВУ$.

3. Погрешности зенитного и визирного углов $3x_АПЗВУ$ прямо пропорциональны значениям углов γ_x и γ_y .

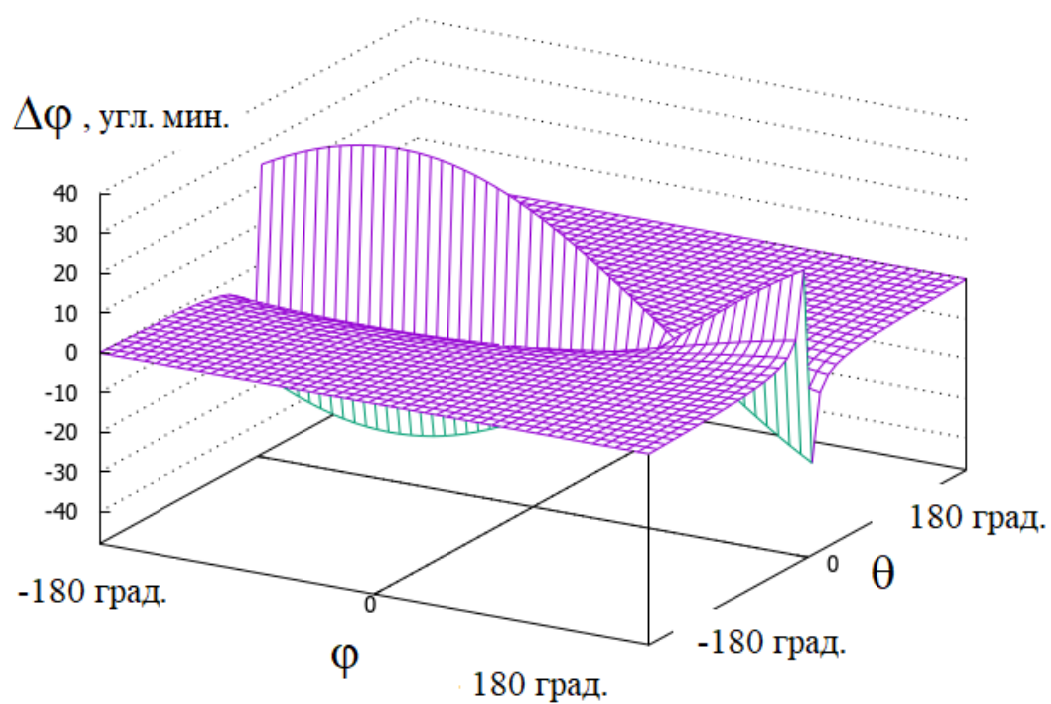
Предельные значения абсолютных погрешностей $\Delta\varphi$ (для диапазонов $\theta \in [45, 135] \cup [225, -45]$, $\varphi \in [0, 360]$) и $\Delta\theta$ в полных диапазонах зенитного и визирного углов будут иметь вид:

$$\Delta\varphi = \sqrt{2}|\gamma_x|, \quad \Delta\theta = |\gamma_y|. \quad (8)$$

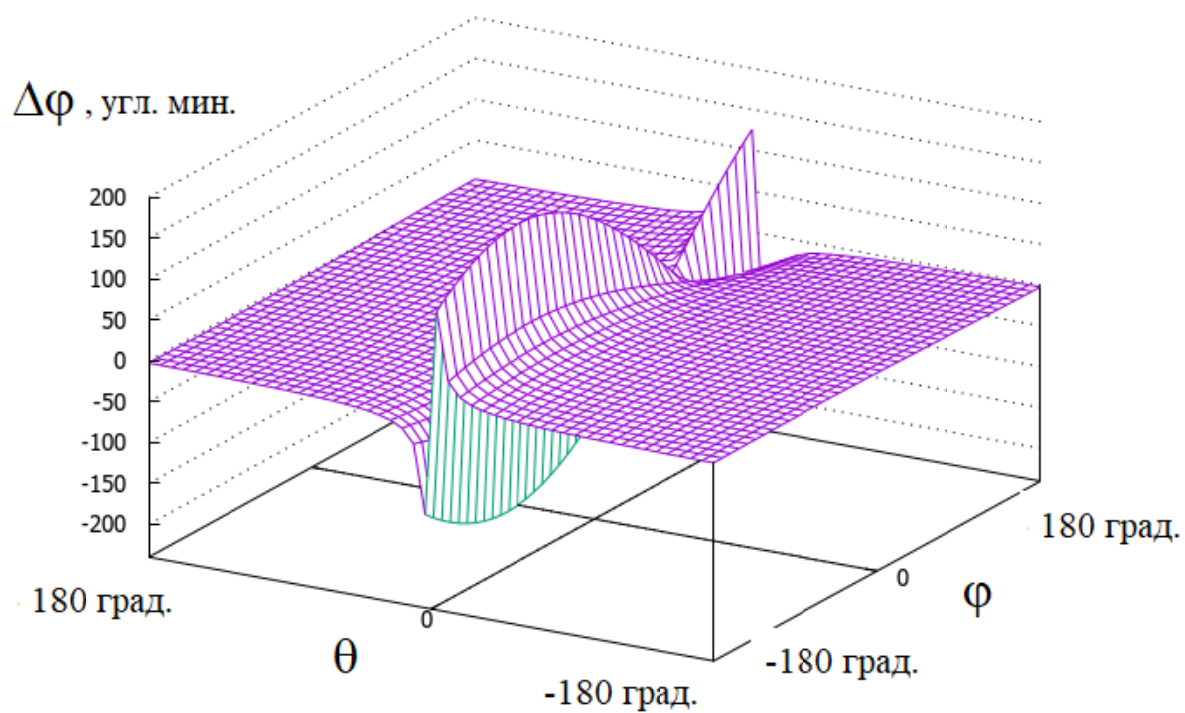
При равновероятных значениях углов $\gamma_x = \gamma_y = \delta$ выражения будут представлены в виде:

$$\Delta\varphi \leq 1.41|\delta|, \quad \Delta\theta \leq |\delta|. \quad (9)$$

В соответствии с выражениями (9) необходимо оценить значения углов γ_x, γ_y , считая их равновероятными и предполагая, что погрешность определения визирного и зенитного углов $3x_АПЗВУ$ не превысит ± 10 угл. мин.



1а.



1б (повернуто +90 град)

Рис. 1. Распределение погрешности визирного угла (угл. мин.) в диапазонах изменения зенитного θ и визирного φ углов от -180 град до $+180$ град.

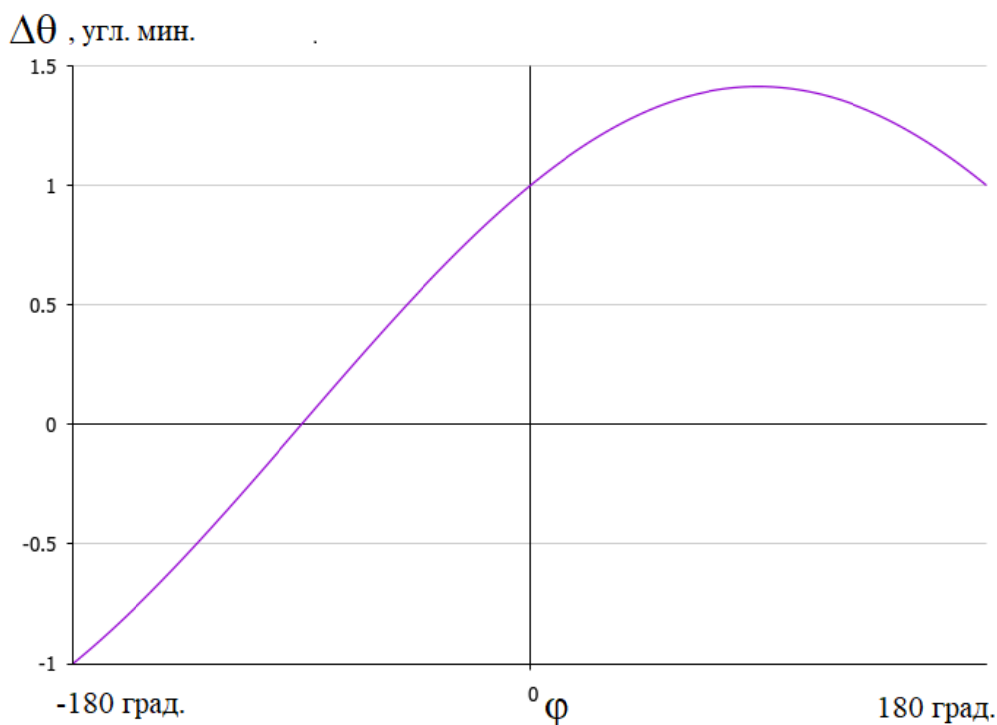


Рис. 2. Распределение погрешности зенитного угла θ (угл. мин.) в диапазонах изменения визирного φ углов от -180 град до $+180$ град

Для визирного угла φ значение абсолютной погрешности не превысит:

$$\gamma_x = \gamma_y = \delta \leq 7 \text{ угл. мин.}$$

Для зенитного угла θ значение абсолютной погрешности не превысит:

$$\gamma_x = \gamma_y = \delta \leq 10 \text{ угл. мин.}$$

В соответствии с выражениями (9) необходимо оценить значения углов γ_x , γ_y , считая их равновероятными и предполагая, что погрешность определения визирного и зенитного углов $3x_АПЗВУ$ не превысит ± 10 угл. мин.

Для визирного угла: $\gamma_x = \gamma_y = \delta \leq 7$ угл. мин.

Для зенитного угла: $\gamma_x = \gamma_y = \delta \leq 10$ угл. мин.

В соответствии с выражением (9) при равновероятных значениях параметров γ_x , γ_y в диапазоне задания зенитного угла $\theta \in]-45; 135[\cup]135, 225[$ погрешность визирного угла $\Delta\varphi$ в 1,41 раза превышает погрешность зенитного угла $\Delta\theta$.

В связи с простотой выражений погрешностей $3x_АПЗВУ$ (6), (7) по сравнению с (3), (4), (6), коррекцию значений визирного и зенитного углов наиболее целесообразно проводить по выражениям (6, 7) при соответствующем алгоритмическом обеспечении.

Список использованных источников и литературы

1. Ковшов, Г. Н. Инклинометры. (Основы теории и проектирования) / Г. Н. Ковшов, Р. И. Алимбеков, А. В. Жибер. – Уфа : Гилем, 1998. – 380 с.
2. Миловзоров, Г. В. Инклинометрические преобразователи для систем управления бурением наклонно направленных и горизонтальных скважин : дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.05. – Уфа, 1997. – 434 с.

3. *Milovzorov D.G., Yasoveyev V.Kh.* Angular installation options errors correction for three-component vector-measuring transducers with accelerometer at calibration phase. In Proceedings 2017 2nd International Ural Conference on Measurements, UralCon 2017. 2017.C.23-28.

4. *Milovzorov D.G., Yasoveyev V.K.* Mathematical models of inclination parameter converters based on double-axis accelerometers. Optoelectronics. Instrumentation and Data Processing. 2017. T. 53. N 1. C. 9-14.

5. *Milovzorov D., Yasoveyev V.* Mathematical modelling of the determining azimuth process for inclinometric systems for small incline angles. In 2016 2nd International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing, ICIEAM 2016 - Proceedings. 2016. C.7911606.

6. *Бачманов, Н. А.* Исследование погрешности задания углов устройствами для проверки инклинометров и ориентаторов / Н. А. Бачманов, И. А. Бушугин, М. Н. Рябов // Геофизическая аппаратура. – 1985. – № 82. – С. 111–118.

7. *Ясовеев, В. Х.* Исследование влияния установок пространственной ориентации на характеристики инклинометрических преобразователей / В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов // Наука сегодня: теоретические и практические аспекты : III Международная научно-практическая конференция. – Москва : Перо, 2015. – С. 509–521.

8. *Ясовеев, В. Х.* Исследование инструментальных погрешностей инклинометрических преобразователей с применением установки пространственной ориентации / В. Х. Ясовеев, С. Ф. Султанов // Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе : сборник трудов IV международной научно-практической конференции. – Sterlitamak : Sterlitamaksky filial BashGU, 2019. T. I. – С. 538–543.

Сведения об авторах

Ясовеев Василь Хаматович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий». Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). yasov@mail.ru

Султанов Салават Фаритович, кандидат технических наук, доцент кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Институт электротехнического инжиниринга (г. Уфа, Россия). sultanov-sf@ya.ru

СЕКЦИЯ № 5
ЭЛЕКТРОНИКА И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

УДК 621.3.083

**Разработка программно-аппаратного комплекса диагностики
и управления для штанговой глубиннонасосной установки**

А. О. Тимофеев, В. Х. Ясовеев

Статья посвящена анализу алгоритмических и схемотехнических решений в процессе создания программно-аппаратного комплекса диагностики и управления для штанговой глубиннонасосной установки.

Ключевые слова: динамометрирование, ваттметрирование, скважина, штанговый глубинный насос.

**Software and hardware complex development for diagnostics and control
of the sucker rod pumping unit**

A. O. Timofeev, V. Kh. Yasoveev

The article is devoted to the analysis of algorithmic and circuitry solutions in the process of creating a software and hardware complex for diagnostics and control for a sucker rod pumping unit

Keywords: dynamometry, wattmetry, well, beam pump.

Процесс нефтедобычи при помощи штанговых глубиннонасосных установок (ШГНУ) является одним из самых энергоэффективных: удельная себестоимость добычи таким способом является одной из минимальных. В то же время штанговый насос является одним из самых надежных устройств нефтедобычи – средняя наработка на отказ оказывается значительно выше остальных устройств нефтедобычи. Несмотря на это, требования по обеспечению контролепригодности и экологичности предписывают постоянный контроль состояния скважинного куста в целом и ШГНУ в частности. Особое значение имеет быстроедействие системы контроля. Современные системы мониторинга и контроля предполагают наличие удаленного сервера, позволяющего анализировать информацию с каждого из кустов скважин и устанавливать режим управления для каждой.

Примером такого подхода является программно-технологический комплекс [1], структурная схема которого приведена на рис. 1. В состав комплекса входит станция управления, датчики динамометрирования, каналы телемеханики, сер-

вер. Станция управления позволяет контролировать параметры нефтяной скважины и управлять ее режимами в автоматическом или ручном режиме.

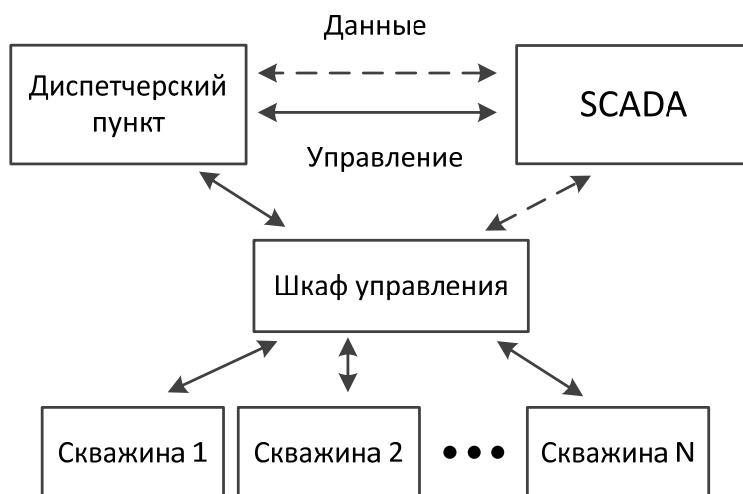


Рис. 1. Структура типового программно-технологического комплекса мониторинга и контроля ШГНУ

Получение достоверной информации в реальном времени о состоянии ШГНУ является одним из ключевых условий эффективного ее функционирования. Решающими показателями для такого снижения являются эффективное использование нефтедобывающего оборудования ШГНУ и снижение энергозатрат на добычу нефти. Для достижения этих показателей необходимо применять диагностику наземного и подземного оборудования ШГНУ и на ее основе выбирать оптимальные режимы эксплуатации и периоды технического обслуживания оборудования, тем самым получать значительную экономию электроэнергии и снижение затрат на проведение технического обслуживания.

Среди наиболее информативных способов получения информации о состоянии ШГНУ выделяют динамометрирование и ваттметрирование. Динамометрирование позволяет оценить состояние подземного оборудования ШГНУ, в то время как ваттметрирование направлено главным образом на диагностику наземного оборудования ШГНУ [2]. Характерной особенностью ваттметрирования является определение энергетических параметров наземного оборудования путем анализа электрических характеристик (напряжения, тока и мощности) в цепи электрооборудования. На основе данных параметров можно сделать вывод об эффективности ШГНУ в целом. Помимо этих способов следует выделить специализированные методы диагностики и контроля ШГНУ, которые позволяют контролировать и уменьшать дополнительные механические потери на несбалансированность станка-качалки. [3, 4]. Достоинством таких методов является относительная простота определения несбалансированности, повышенная точность определения механических потерь, а также снижение издержек на

эксплуатацию и ремонт за счет применения беспроводных технологий передачи информации [5, 6].

Внедрение таких способов диагностики и контроля в единый аппаратно-программный комплекс позволяет существенно улучшить глубину и полноту контроля оборудования ШГНУ, тем самым обеспечить автономность и энергоэффективность работы ШГНУ.

Главной отличительной особенностью разрабатываемого программно-аппаратного комплекса является его автономность, которая позволяет осуществлять работу ШГНУ в полностью автоматическом режиме с учетом внешних и внутренних факторов. Для поддержания функции автономности разрабатываемый комплекс содержит алгоритмические и аппаратные улучшения. Аппаратные улучшения основаны на применении унифицированных компонентов с диапазоном работы от минус 40 до плюс 50 °С с учетом их взаимного влияния: при их изготовлении применяются материалы и комплектующие, исключающие пожар и выделение ядовитых газов от перегрева элементов конструкции, в том числе в результате короткого замыкания электроцепей или в результате других неисправностей комплекса. При этом исключается опасное воздействие на технический персонал во время проведения регламентных работ или технического обслуживания комплекса.

Аппаратная часть разрабатываемого комплекса оснащается двумя высокопроизводительными 32-разрядными микроконтроллерами STM32F407VGT6, один из которых входит в модуль сбора информации, второй – в модуль обработки информации и управления. Структурная схема разрабатываемого комплекса представлена на рис. 2. Модуль сбора информации выполняет функции сбора диагностической информации от датчиков ШГНУ, а также прием, хранение и передачу диагностической информации на диспетчерский пункт.

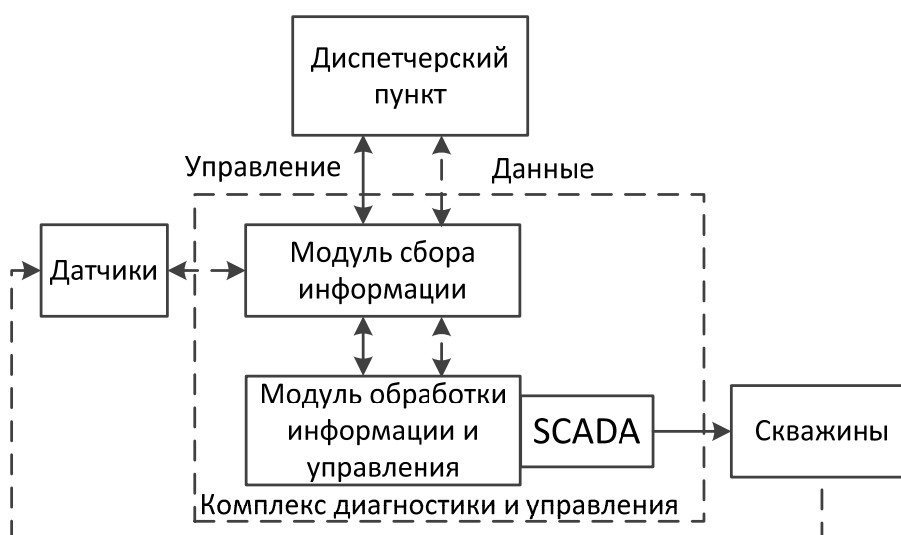


Рис. 2. Структура разрабатываемого программно-аппаратного комплекса диагностики и управления ШГНУ

Передача информации осуществляется по радиоканалу и проводным линиям связи (интерфейсы RS-485, I²C). Ключевая диагностическая информация записывается во внешнюю энергонезависимую память (Flash-память). Внутрикалальный обмен между модулями осуществляется по CAN-протоколу (2.0 В). Структурная схема модуля сбора информации представлена на рис. 3. Модуль обработки информации и управления реализует алгоритмы управления и прогнозирования, построенные на основе искусственной нейросети. При этом данный модуль выполняет часть функций SCADA-системы: контроль состояния оборудования ШГНУ, обработка информации с датчиков, а также установка режима от качки для ШГНУ. Блок-схема алгоритма управления представлена на рис. 4.

При подаче питания микроконтроллер начинает процессы инициализации главного контроллера, портов ввода-вывода и искусственной нейросети.

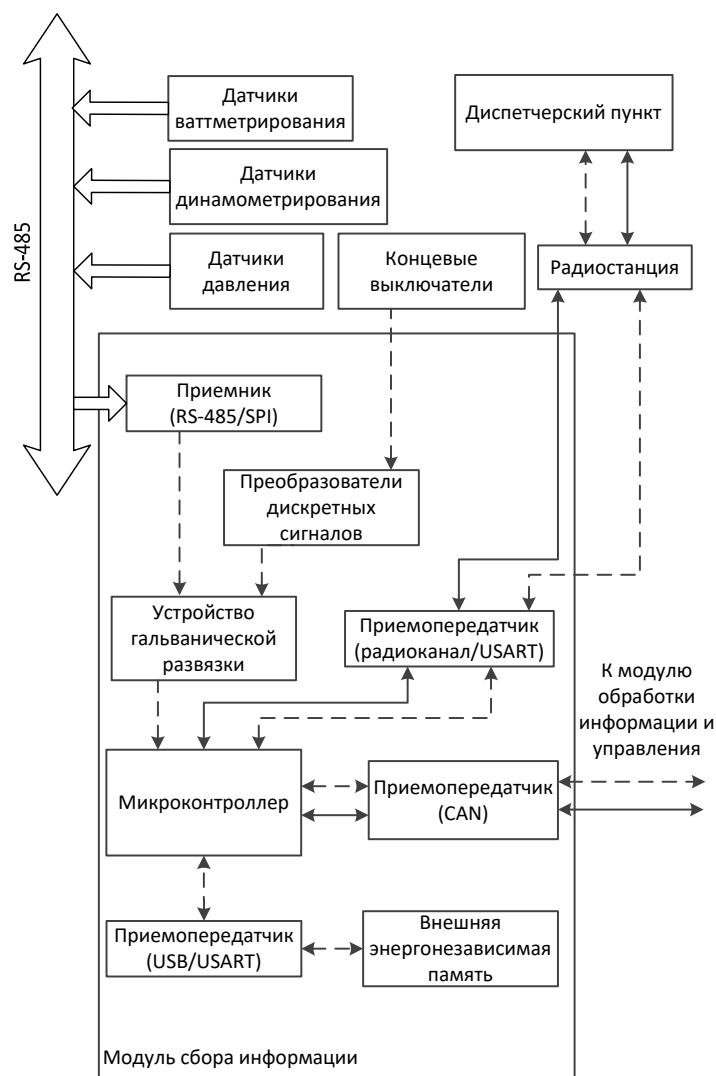


Рис. 3. Структурная схема модуля сбора информации

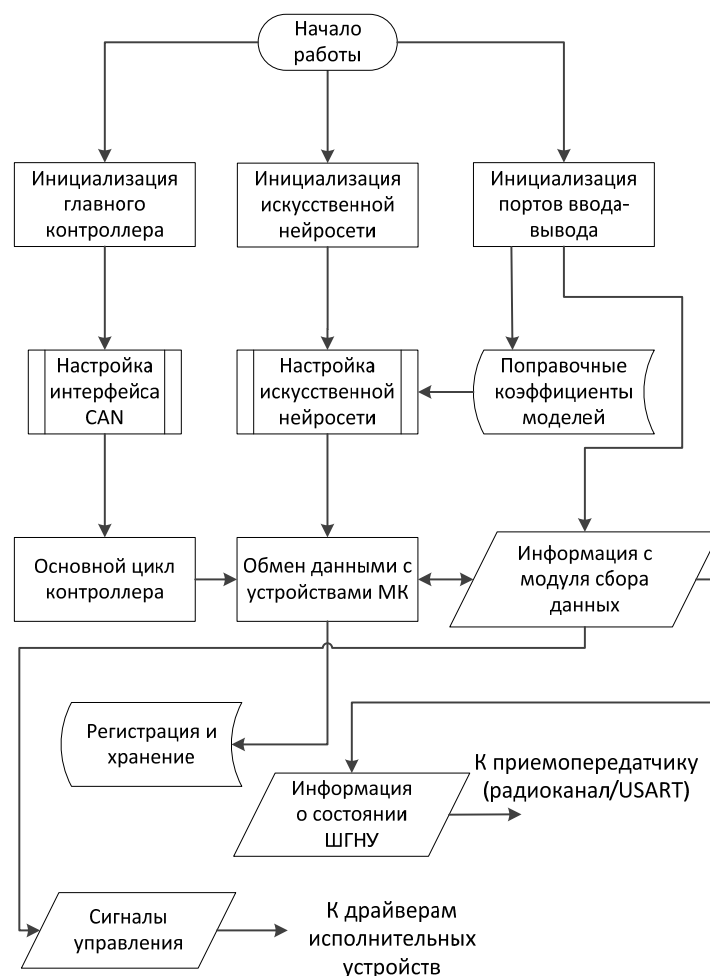


Рис. 4. Блок-схема алгоритма управления

Особенностью реализации искусственной нейросети (ИНС) является возможность корректировки веса функций (тренировки) путем ввода поправочных коэффициентов моделей на основе дополнительной статистической информации (уточненных карт неисправностей оборудования, скорректированных моделей прогнозирования состояния оборудования и т. п.).

Применяемая нейросеть позволяет определить значение вероятности безотказной работы исследуемого компонента на основе значений его эксплуатационных параметров. Это позволяет оценить работоспособность компонента, его остаточный ресурс и спрогнозировать вероятность его функционального отказа. Структурная схема полученной ИНС показана на рис. 5. Во входной слой поступают значения измеренных эксплуатационных параметров исследуемого объекта, приведенные к нормальным условиям эксплуатации. Для скрытых слоев использована log-sigmoid передаточная функция, а количество скрытых слоев варьируется от трех до пяти. Выходной слой описывается линейной функцией. Значение интенсивности отказов элемента определяется исходя из математических моделей прогнозируемой надежности компонента, которые описаны в [8]. При расчете значения интенсивности отказов элементов необходимо принять во внимание внешние факторы эксплуатации, такие как темпера-

тура окружающей среды, жесткость условий эксплуатации. Значения указанных факторов измеряются датчиками, расположенными в зоне установки исследуемого компонента.

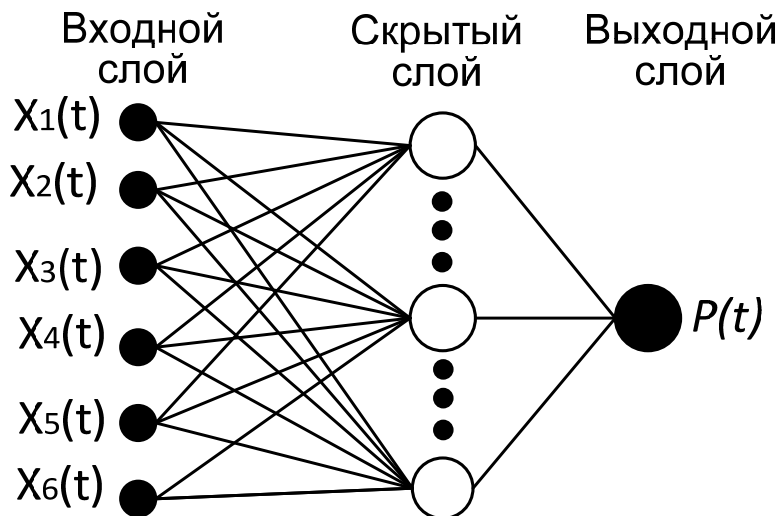


Рис. 5. Структура полученной искусственной нейронной сети

Проверка предложенного метода была проведена при помощи данных о надежности полупроводникового стабилитрона 2С482А, применяемого в датчике динамометрирования ДПН-Т50.

Для обучения ИНС была использована выборка показателей надежности 2С482А объемом в 348 записей. Результат спрогнозированных (точки) и истинных значений (прямая линия) вероятности безотказной работы приведены на рис. 6.

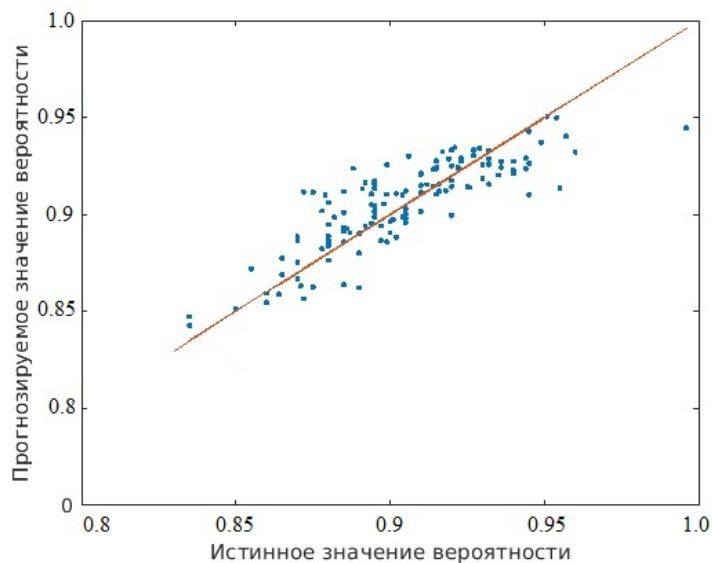


Рис. 6. График спрогнозированных значений вероятности и истинных значений вероятности безотказной работы

Был рассчитан коэффициент корреляции полученных значений вероятности при помощи функции «CORRCOEF» пакета прикладных программ MATLAB. Значение коэффициента корреляции составило 0,84, что в свою очередь говорит о высокой сходимости результата прогнозирования со статистическими данными.

Заключение

Предложенный программно-аппаратный комплекс позволяет проводить диагностику наземной и подземной частей оборудования ШГНУ, проводить диагностику несбалансированности, а также проводить анализ состояния оборудования при помощи искусственной нейросети. Метод прогнозирования надежности оборудования ШГНУ, построенный на ИНС, имеет относительно высокую точность прогнозирования и может быть использован для диагностики оборудования ШГНУ.

Список использованных источников и литературы

1. *Закиров, А. А.* Программно-аппаратные комплексы для мониторинга, управления, метрологического обеспечения, анализа и диагностики работы скважин, оборудованных УШГН // Инженерная практика. – 2015. – № 9. – С. 88–94.
2. Обработка практических динамограмм на ПЭВМ / Ш. Ф. Тахаутдинов и др. – Казань : Новое Знание, 1997. – 76 с.
3. *Тимофеев, А. О.* Анализ корреляции между скважинной динамограммой и энергией, потребляемой электродвигателем станка-качалки / А. О. Тимофеев, В. Х. Ясоев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2016. – Т. 12, № 2. – С. 85–89.
4. *Тимофеев, А. О., Ясоев В. Х.* Способ определения неуравновешенности станка-качалки скважинной штанговой насосной установки. Патент на изобретение RU 2621435 С, публ. 06.06.2017.
5. *Тимофеев, А. О.* Автономный датчик усилия системы динамометрирования штанговой скважинной глубиннонасосной установки / А. О. Тимофеев, В. Х. Ясоев // Вестник УГАТУ, 2015. – Т. 19 – № 4 (70). – С. 34–39.
6. *Тимофеев, А. О.* Беспроводной бесконтактный датчик положения штока скважинной штанговой глубиннонасосной установки / А. О. Тимофеев, В. Х. Ясоев // Электротехнические и информационные комплексы и системы. – 2019. – Т. 15, № 1. – С. 94–99.
7. *Ясоев, В. Х.* Интеллектуализированная информационно-измерительная система для диагностики состояния скважинной штанговой насосной установки / В. Х. Ясоев, А. О. Тимофеев // Proceedings of the 2nd International Conference. – Уфа, 2014. – С. 37–40.
8. NPRD-2016 – Nonelectronic Parts Reliability NPRD-2016.

Сведения об авторах

Ясоев Васих Хаматович, доктор технических наук, профессор кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», УУ-НиТ (г. Уфа, Россия). yasov@mail.ru

Тимофеев Александр Олегович, старший преподаватель кафедры электронной инженерии, ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», УУНиТ (г. Уфа, Россия). aleck07@mail.ru

УДК 620.22-419.8:53

Силы резания при механической обработке дисперсно-упрочненного композиционного материала

В. Н. Тюкпиеков

На основе теории механики разрушения рассмотрены силы резания, возникающие при механической обработке композиционного материала лезвийным режущим инструментом. Предложена связь между технологическими и физическими составляющими сил резания.

Ключевые слова: композиционный материал, механическая обработка, сила резания, стружкообразование.

Cutting forces in machining dispersion-strengthened composite material

V. N. Tyukpiekov

This article deals with the identification of cutting forces in machining polymer composite material based on the theory of the damage mechanics of materials. A relationship between technological and physical cutting force components is proposed.

Keywords: composite material, machining process, cutting force, chip morphology.

Обработка резанием дисперсно-упрочненных композиционных материалов обладает рядом особенностей, отличающих ее от аналогичной обработки металлов. Это объясняется особыми характерными свойствами и структурой обрабатываемого материала [2, 3].

Схема сил, действующих в зоне резания, при обработке композиционного материала на основе твердокаменных пород с учетом сил на задней поверхности инструмента приведена на рис. 1. На передней и задней поверхностях действуют нормальная к передней поверхности инструмента сила N_n и нормальная к задней поверхности инструмента сила N_z и сила трения на задней поверхности F_z . Отсутствие сил трения на передней поверхности резца объясняется особенностями стружкообразования хрупких материалов, при котором трение стружки по передней поверхности практически не наблюдается.

Сила, необходимая для образования элемента стружки R_c , возникает в момент внедрения резца в обрабатываемый материал, когда срезаемый слой начинает испытывать упругую деформацию. Возрастание силы R_c происходит до

тех пор, пока напряжения вблизи режущей кромки не достигнут уровня достаточного для образования трещины скалывания.

При этом максимальное значение силы R_c определяется в основном величиной, необходимой для страгивания трещины скалывания.

Механизм стружкообразования зависит от переднего угла инструмента, так при положительном значении γ полагаем, что срезаемый слой испытывает внецентренное сжатие и с образованием трещины скалывания она под действием силы N_{π} начинает работать на изгиб. При этом резко возрастают величины растягивающих напряжений перед вершиной трещины, что способствует распространению трещины в направлении наибольших напряжений. При достижении ею критической длины $l_{кр}$ трещина уже развивается самопроизвольно со скоростью 1500–3000 м/с.

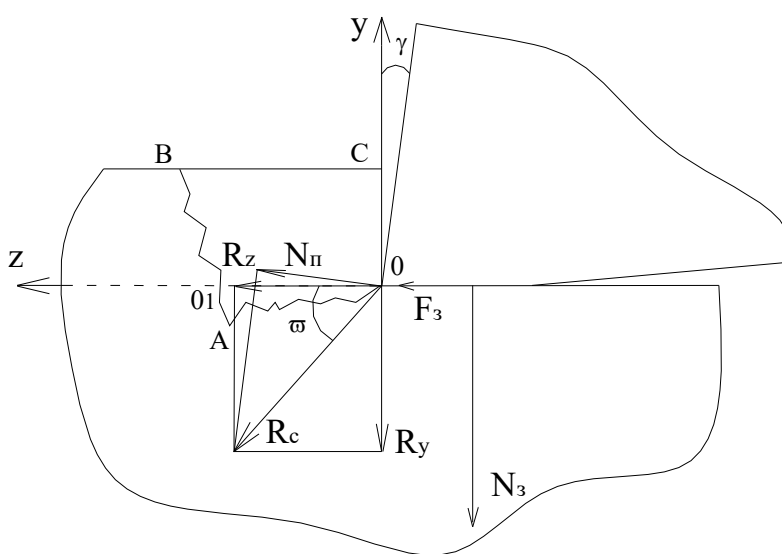


Рис. 1. Составляющие сил резания

Полагаем, что предельная величина силы R_c соответствует критической нагрузке необходимой для страгивания трещины. Применив выражение, полученное в теории механики разрушения для определения критической нагрузки [1], для R_c получим следующее выражение:

$$R_c = \left(\frac{32\pi}{3,76(1-2\nu)^2(1-\nu^2)} \right)^{\frac{3}{2}} \frac{1,15k^2\rho^2}{E^{\frac{1}{2}}} \left(\frac{\gamma}{l} \right)^{\frac{3}{2}} \left(\frac{y}{\rho} \right)^6 b,$$

где $k = 9 \left[(1-\nu^2) + (1-\nu_1^2) \frac{E}{E_1} \right] / 16$ – фактор, учитывающий упругие постоянные режущего инструмента (E_1, ν_1) и обрабатываемого материала (E, ν), ρ – радиус округления режущей кромки, y – расстояние от линии среза, l – первоначальный размер микротрещины, γ – удельная поверхностная энергия разрушения, b – ширина среза.

Силы, действующие на задней поверхности, возникают в результате упругого восстановления обрабатываемого материала. Величина этих сил при резании определяется в основном площадкой износа на задней поверхности инструмента и модулем упругости эпоксидного связующего материала (рис. 2).

Под действием режущего клина положение зерна композиционного материала в направлении оси Y деформируется на величину δ , которую можно приравнять к радиусу округления режущей кромки ρ , кроме этого, ось зерна поворачивается на угол ν .

Поворот оси зерна осуществляется за счет воздействия крутящего момента от приложенной силы P_y :

$$M_{кр}(t) = P_y c(t),$$

где $c(t)$ – расстояние от линии действия силы P_y до оси симметрии зерна, являющейся функцией времени.

Предполагая, что угол поворота ν зависит от модуля упругости связующего $E_{св}$, для определения его максимального значения можно применить следующую зависимость:

$$tg\nu_{max} = \frac{P_y(3,6 + \nu_{св})}{\pi E_{св}}.$$

При прохождении инструмента через ось симметрии OY величина ν меняет знак, что приводит к уменьшению фактического заднего угла инструмента и служит дополнительным фактором повышенного износа резца по задней поверхности.

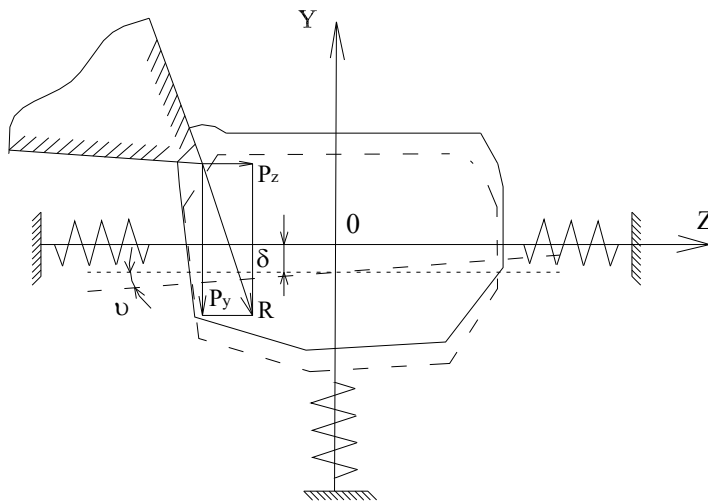


Рис. 2. Схема деформации зерна под действием режущего инструмента

Проектируя силы на оси Oy и Oz (рис. 1), получаем связь между технологическими и физическими составляющими сил резания:

$$\begin{aligned} P_z &= R_c \cos \varpi + F_3, \\ P_y &= R_c \sin \varpi + N_3. \end{aligned}$$

Из-за структурных особенностей обрабатываемого материала и циклического характера стружкообразования значения сил P_z и P_y будут меняться. Под структурными особенностями имеется в виду различие прочностных характеристик полимерного связующего и заполнителя, которыми и будут определяться колебания сил при резании.

Полученные расчетные зависимости для определения сил резания при механической обработке дисперсно-упрочненных композиционных материалов позволяют прогнозировать их величину на основе назначения режима резания и выбора материала режущей части инструмента и ее геометрических параметров.

Список использованных источников и литературы

1. *Морозов, Е. М.* Контактные задачи механики разрушения / Е. М. Морозов, М. В. Зернин. – Москва : Машиностроение, 1999. – 544 с.
2. *Подураев, В. Н.* Резание труднообрабатываемых материалов. – Москва : Высш. шк., 1974. – 590 с.
3. *Ромалис, Н. Б.* Разрушение структурно-неоднородных тел / Н. Б. Ромалис, В. П. Тамуж. – Рига : Зинатне, 1989. – 204 с.

Сведение об авторе

Тюктиев Владимир Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). tu9@mail.ru

Применение роторного принципа для предварительного и окончательного хонингования отверстий

Н. А. Перминов

Рассматривается вопрос о применении роторного принципа обработки заготовок на технологической операции хонингования глубоких отверстий в стальных заготовках типа толстостенная втулка, состоящей из двух технологических переходов: предварительного и окончательного хонингования.

Ключевые слова: роторный принцип, хонингование, головка, предварительное, окончательное, отверстие, цикл, комплект брусков, станок, шпиндель, капитальные затраты, производственные площади.

Application of the rotary principle for preliminary and final honing of holes

N. A. Perminov

The article considers the application of the rotary principle of workpiece processing in the technological operation of honing deep holes in steel billets of the thick-walled sleeve type, consisting of two technological transitions: preliminary and final honing.

Keywords: rotary principle, honing, hole, preliminary, final, head, cycle, set of bars, machine, spindle, capital costs, production areas.

В машиностроении, кроме изобретения и внедрения новых технологий изготовления металлических деталей, идет постоянная работа по совершенствованию применяемых способов финишной обработки металлов резанием и устройств для их осуществления, которые удовлетворяли бы высоким требованиям к характеристикам точности размеров и шероховатости поверхностей деталей массового производства. Одним из таких способов является алмазное хонингование отверстий, имеющее широкое распространение на заводах, занимающихся точной металлообработкой. Кроме того, повсеместное внедрение в машиностроительное производство роторного принципа подачи заготовок к зоне обработки позволило подтвердить тезис о повышении производительности изготовления деталей.

В нашем проекте речь пойдет о хонинговании глубоких отверстий в стальных заготовках типа толстостенная втулка и о применении роторного принципа подачи заготовок на позицию предварительного и на позицию окончательного хонингования на одном рабочем месте существующей технологической линии.

Хонингование отверстий в одну технологическую операцию предварительно и окончательно производится хонинговальной головкой, содержащей комплект алмазных брусков для предварительного и комплект для окончательного хонингования, например описанная в авторском свидетельстве № 841933 СССР [1]. Оба вида хонингования производятся последовательно брусками различных характеристик: сначала предварительными, а после реверса вращения – окончательными. Итого в результате осуществляется не один, а два цикла обработки по времени на одном станке, плюс к нему вспомогательное время на смену заготовки в приспособлении, и всё это в сумме может являться недостатками данного варианта.

Чтобы снизить количество циклов обработки в массовом производстве широко применяется способ хонингования отверстий в две технологические операции [2, с. 29]. По времени это составляет один цикл, а недостатками является использование двух хонинговальных станков и производственных площадей по ним и удвоенная оплата труда основных рабочих.

Предлагаемое в проекте устройство для предварительного и окончательного хонингования отверстий позволяет объединить две технологические операции хонингования в одну, выполняемую на одношпиндельном станке. Оно содержит две хонинговальные головки, получающими рабочие движения от одного шпинделя одновременно. Конструкция хонинговальной головки, дающая, возможность создания устройства для присоединения двух головок к шпинделю одного станка, показана в авторском свидетельстве № 872224 СССР [3].

Кроме того, конструкция устройства, содержащего две хонинговальные головки, дает возможность использовать на хонинговальном станке роторный принцип подачи заготовки на две рабочие позиции последовательно. Для этого используется поворотный стол с тремя зажимными приспособлениями: в грузочной позиции в первом приспособлении разжимают и снимают заготовку после окончательного хонингования, а затем устанавливают и зажимают следующую заготовку для перевода в рабочую позицию предварительного хонингования, а две других заготовки проходят обработку хонингованием: во втором приспособлении – предварительную, в третьем – окончательную, что позволяет сократить вспомогательное время до минимальных затрат, то есть на расфиксацию, поворот и фиксацию роторного стола в следующей позиции.

На рисунке изображена схема одношпиндельного хонинговального станка с устройством, содержащим две жесткие хонинговальные головки: одну 1 – для предварительного, другую 2 – для окончательного хонингования отверстий и поворотный трехпозиционный стол 3, на котором установлены три зажимных приспособления с плавающими заготовками 4, 5, и 6: приспособление 7 для зажима и снятия заготовки 4 (на рисунке не показаны), приспособление 8 – для предварительного хонингования заготовки 5, приспособление 9 – для окончательного хонингования заготовки 6.

Использование предлагаемого устройства позволяет хонинговать отверстия в двух заготовках предварительно и окончательно за один цикл на одном станке, что обеспечивает экономию капитальных затрат на оборудование и затрат

на заработную плату основных рабочих, экономию производственных площадей, а также в комплекте с поворотным трехпозиционным столом с зажимными цанговыми приспособлениями – снижение времени цикла обработки за счет выполнения установки заготовки в зажимном приспособлении и ее удаления во время, когда происходит хонингование двух других деталей: одной предварительно, другой окончательно, то есть вспомогательное время технологической операции перекрывается основным.

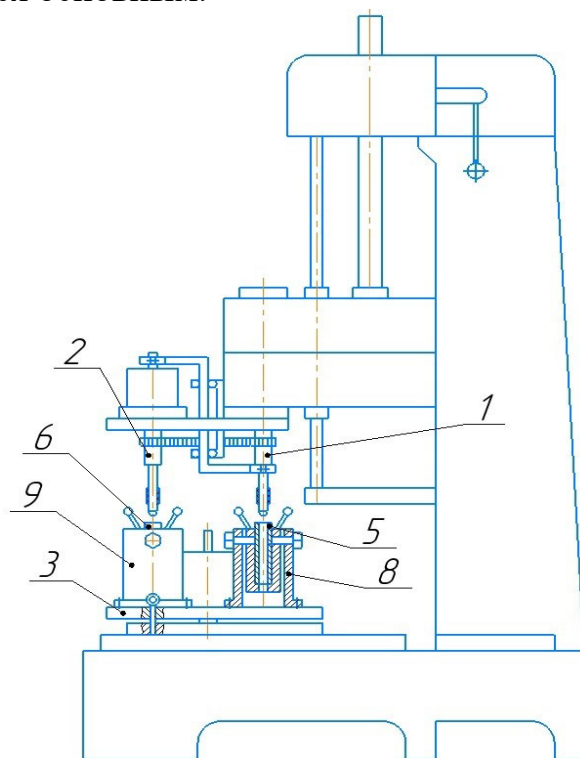


Схема одношпиндельного вертикально-хонинговального станка с двумя хонинговальными головками и трёхпозиционным поворотным столом

Список использованных источников и литературы

1. Авторское свидетельство № 841933 СССР, МПК В24В 33/02 (51) Хонинговальная головка: № 2752393: заявлено 16.04.1979: опубликовано 30.06.1981, Бюл. № 24 / Перминов Н. А. – 3 с.: ил.
2. Бакуль, В. Н. Алмазное хонингование / В. Н. Бакуль, А. А. Сагарда, И. Х. Чеповецкий. – Киев: Техника, 1966. – 41 с.
3. Авторское свидетельство № 872224 СССР, МПК В24В 33/08 (51) Хонинговальная головка: № 2410810: заявлено 12.10.1976: опубликовано 15.10.1981, Бюл. № 38 / Перминов Н. А. – 2 с.: ил.

Сведения об авторе

Перминов Николай Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия).
na_perminov@mail.ru

Устройство для предварительного и окончательного хонингования отверстий

Н. А. Перминов, Р. Р. Мазитов

Рассматривается конструкция устройства, устанавливаемого на хонинговальном станке и содержащего две хонинговальные головки, получающие рабочие движения от одного шпинделя: первая – для предварительного, вторая – для окончательного хонингования отверстия в заготовке.

Ключевые слова: устройство, хонингование, предварительное, окончательное, отверстие, головка, станок, шпиндель.

Device for preliminary and final honing of holes

N. A. Perminov, R. R. Mazitov

The design of a device mounted on a honing machine and containing two honing heads receiving working movements from one spindle is considered: one for preliminary, the other for final honing of the hole in the workpiece.

Keywords: device, honing, preliminary, final, hole, head, machine, spindle.

Из курса «Резание металлов» известно, что финишную операцию алмазного хонингования отверстий рационально делить на два технологических перехода: предварительное, снимающее припуск и обеспечивающее точность размера, и окончательное, обеспечивающее заданную шероховатость поверхности [1].

Предлагаемое в проекте устройство позволяет выполнять оба технологических перехода одновременно на одном вертикально-хонинговальном станке.

Конструкция устройства базируется на типе схемы хонингования «жесткий хон – плавающая заготовка», так как для одновременного предварительного и окончательного хонингования отверстий каждая хонинговальная головка должна при движении вниз точно входить в плавающее в радиальном направлении и одновременно имеющее возможность качания от вертикального направления обрабатываемое отверстие заготовки и при хонинговании жестко направлять его по своей вертикальной оси. Конструкция обеих хонинговальных головок одинакова и изложена в авторском свидетельстве № 872224 СССР [2].

Устройство содержит (см. рисунок) две хонинговальные головки: первую 1 – для предварительного хонингования, установленную на шпиндель 2 станка, и вторую 3 – для окончательного хонингования, установленную на шпиндель шпиндельного узла 4, закрепленного параллельно шпинделю 2 станка на консольной пластине 5, прикрепленной к нижней грани корпуса шпиндельной го-

ловки 6 станка. Узел разжима 7 алмазных брусков хонинговальной головки 1 через направляющую 8 соединен с узлом разжима 9 алмазных брусков хонинговальной головки 3 стержнем 10 ломаной формы шарикоподшипниковыми узлами: нижним 11 и верхним 12 на концах его горизонтальных участков, вертикальный участок стержня 10 расположен в направляющих качения 13, закрепленных на консольной пластине 5. Узел осевого движения толкателя 14, находящийся в шпинделе шпиндельного узла 4, на который установлена хонинговальная головка 3, снабжен пружиной сжатия 15. Обе хонинговальные головки 1 и 3 модернизированы для совместной работы в устройстве: снабжены в верхней части шкивами 16 и соединены между собой ремённой передачей 17, а также направляющая 8 хонинговальной головки 1 через втулки 18 и 19 соединена с шарикоподшипниковым узлом 11.

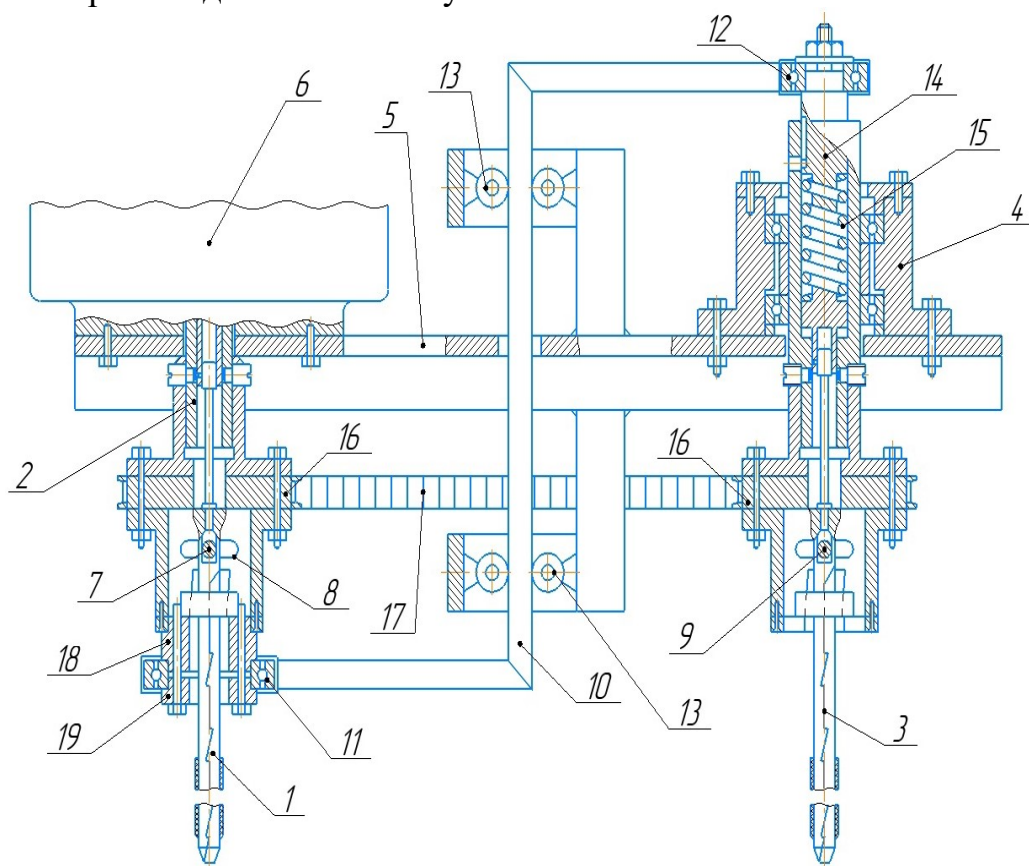


Схема устройства для предварительного и окончательного хонингования отверстий

Устройство работает следующим образом.

Хонинговальные головки 1 и 3 получают движение вниз вместе со шпиндельной головкой 6 станка. В нижнем положении включается вращение и возвратно-поступательное движение хонинговальных головок 1 и 3, а также осевое движение узла разжима 7 алмазных брусков хонинговальной головки 1, который осуществляет сначала подвод алмазных брусков к обрабатываемой поверхности (на рисунке не показана) и, после срабатывания реле слежения за мощностью, переводит их на дозированную подачу разжима при резании. В то же время хонинговальная головка 3 через стержень 10 ломаной формы и шарикоподшипниковый узел 11

коподшипниковые узлы 11 и 12 получает подвод алмазных брусков к обрабатываемой поверхности (на рисунке не показана) от хонинговальной головки 1 и в этом же движении происходит сжатие пружины 15, обеспечивающее усилие разжима алмазных брусков хонинговальной головки 3 при резании.

Использование заявляемого устройства позволяет хонинговать отверстия двумя головками одновременно в двух заготовках: в первой – предварительно, во второй – окончательно за один цикл на одном станке, получая рабочие движения от шпиндельного узла станка и обеспечивая тем самым совмещение основного операционного времени двух технологических переходов операции хонингования отверстия и снижение его до времени одного технологического перехода, занимающего из двух большее время.

Список использованных источников и литературы

1. Бакуль, В. Н. Алмазное хонингование / В. Н. Бакуль, А. А. Сагарда, И. Х. Чеповецкий. – Киев : Техника, 1966. – 41 с.
2. Авторское свидетельство № 872224 СССР, МПК В24В 33/08 (51) Хонинговальная головка: № 2410810: заявлено 12.10.1976: опубликовано 15.10.1981, Бюл. № 38 / Перминов Н. А. – 2 с. : ил.

Сведения об авторах

Перминов Николай Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). na_perminov@mail.ru

Мазитов Руслан Разилевич, студент направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия). ruslik-fufel@mail.ru

Конструкция трехпозиционного поворотного стола и зажимных приспособлений для хонинговального станка

Н. А. Перминов, М. В. Столяров

Рассматривается конструкция устройства, устанавливаемого на столе хонинговального станка и содержащего трехпозиционный поворотный стол и закрепленные на каждой позиции зажимные цанговые приспособления: первое – для смены заготовки, второе и третье – для хонингования отверстия в заготовке предварительно и окончательно.

Ключевые слова: устройство, хонингование, предварительное, окончательное, отверстие, припуск, станок, шпиндель.

The design of the three-position turntable and clamping devices for honing machine

N. A. Perminov, M. V. Stolyarov

The design of a device mounted on a honing machine table and containing a three-position turntable and clamping collet devices fixed at each position is considered: the first is for changing the workpiece, the second and third are for honing holes in the workpiece preliminary and final.

Keywords: device, honing, preliminary, final, hole, allowance, machine, spindle.

К способам финишной обработки металлов резанием относится алмазное хонингование отверстий, обеспечивающее достижение высоких характеристик точности размеров и шероховатости отверстий в деталях массового производства. В большинстве случаев операция алмазного хонингования делится на два основных технологических перехода: предварительное, снимающее припуск и обеспечивающее точность размера отверстия, и окончательное, обеспечивающее заданную шероховатость обрабатываемой поверхности [1].

Предлагаемый в проекте трехпозиционный поворотный стол, установленный на вертикально-хонинговальном станке, позволяет выполнять вместе оба основных технологических перехода одновременно со вспомогательным технологическим переходом зажима-разжима заготовки.

Трехпозиционный поворотный стол, устанавливаемый на столе хонинговального станка, несет три одинаковых зажимных приспособления для заготовок – толстостенных втулок с центральным отверстием. Схема процесса хонингования – «жесткий хон – плавающая заготовка». На шпиндель станка устанавли-

ливается устройство для предварительного и окончательного хонингования, состоящее из двух хонинговальных головок, конструкция которых одинакова и основана на схеме хонинговальной головки, изложенной в авторском свидетельстве № 872224 СССР [2].

Конструкция предлагаемого в проекте трехпозиционного поворотного стола базируется на осуществлении роторного принципа подачи заготовок с позиции зажима-разжима в позиции обработки отверстия: поворотный стол, несущий на себе три зажимных цанговых приспособления, периодически поворачивается на одну позицию, и в этом движении заготовка проходит четыре технологических перехода: вспомогательный – зажим, два основных: предварительное и окончательное хонингование, и вспомогательный – разжим.

На рис. 1 показана схема устройства.

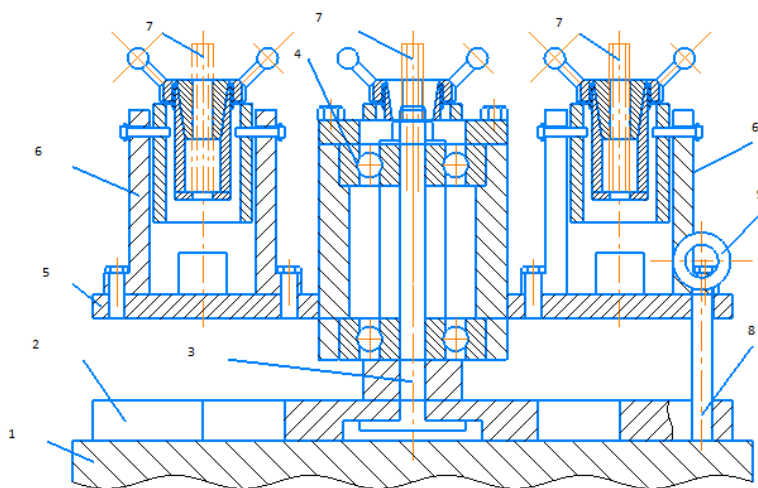


Рис. 1. Схема трехпозиционного поворотного стола с зажимными приспособлениями

Поворотный стол содержит закрепляемое на столе 1 хонинговального станка (на рисунке не показан) трехлапое по форме под углом 120 градусов основание 2 с вертикальной осью 3 в центре, на которой расположен шарикоподшипниковый узел 4, на котором в свою очередь горизонтально установлен с возможностью вращения диск 5 с тремя зажимными цанговыми приспособлениями 6 для заготовок 7. Основание имеет на конце одной из лап вертикальное отверстие 8, а диск – три соответствующих ему отверстия для фиксации пальцем 9 со шляпкой заготовок после поворота в позициях.

Три зажимных приспособления (рис. 2) одинаковы по конструкции и содержат неподвижный толстостенный цилиндрический корпус 10 с двумя радиальными резьбовыми отверстиями 11 в верхней части, в которых установлены детали «винт-штифт» 12 своей резьбовой частью, а на направленных внутрь цилиндрических их частях висит толстостенная втулка 13 с возможностью качания и горизонтального перемещения скольжением внутри корпуса на двух

ответных гладких отверстиях 14, а также с двумя другими под углом 90 градусов радиальными резьбовыми отверстиями 15, в которых аналогично установлены винты-штифты 12 своей резьбовой частью, а на направленных внутрь цилиндрических их частях внутри висит корпус 16 цанги 17 с возможностью качания и горизонтального перемещения скольжением на двух ответных радиальных гладких отверстиях 18. Вращающаяся зажимная часть цанги 19 расположена во внутренней резьбе корпуса 16 и содержит две ручки 20 для зажима-разжима заготовки 21. Кроме того, корпус 16, в виде толстостенного стакана, в дне имеет центральное отверстие диаметром более диаметра центрального отверстия в заготовке 21, но менее ее наружного диаметра.

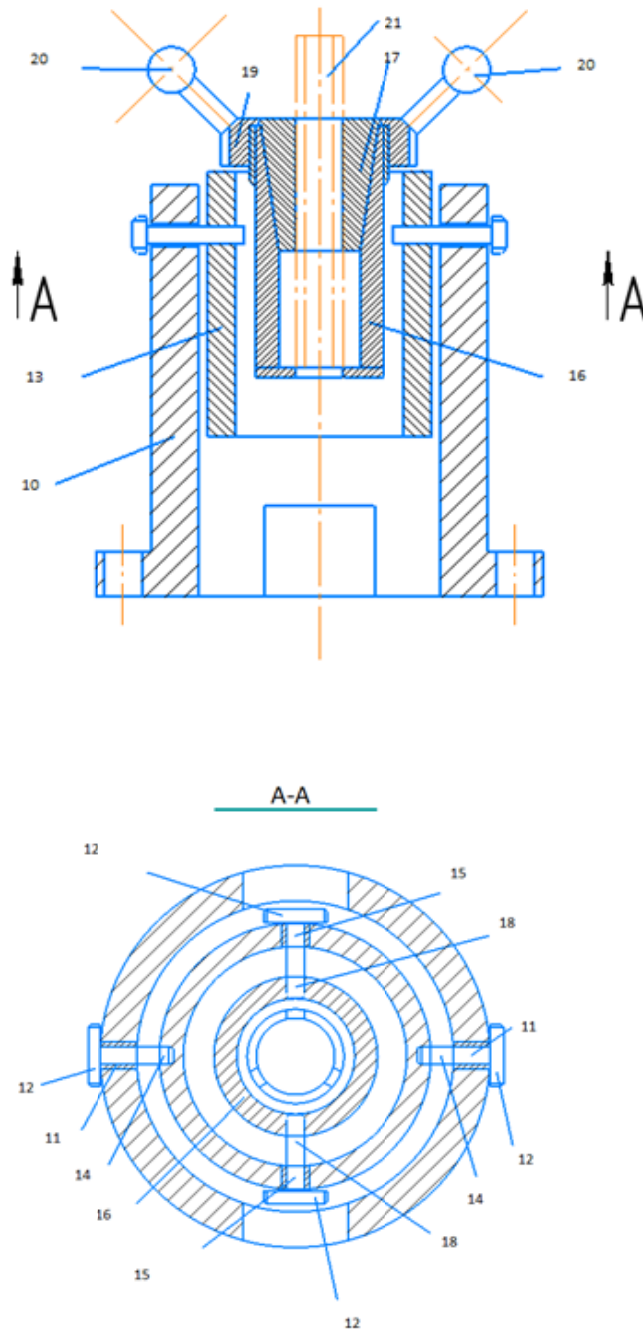


Рис. 2. Схема зажимного цангового приспособления для заготовок типа толстостенная втулка с центральным отверстием

Поворотный стол устанавливают на столе 1 хонинговального станка (на рисунке не показан) и закрепляют на нем лапы основания 2, располагая ось диска 5 на столе 1 таким образом, чтобы две рабочие позиции зажимных приспособлений были соосны: первая – оси шпинделя станка, вторая – оси шпинделя хонинговальной головки для окончательного хонингования, а третья позиция зажимных приспособлений для зажима-разжима заготовки 21 получается обращённой к наружному краю стола.

Пальцем 9 со шляпкой фиксируют позиции приспособлений. Далее осуществляют зажим первой заготовки 21, которую устанавливают в цангу 19, упирая в дно корпуса 16 и поворотом ручек 20 закрепляют для обработки, расфиксируют палец 9, поворачивают приспособление на следующую позицию, фиксируют палец 9, включают цикл обработки. Заготовка 21 проходит технологический переход предварительного хонингования. В это время производят зажим следующей заготовки. Далее все действия повторяются: первую заготовку переводят в позицию окончательного хонингования, и одновременно следующая заготовка переходит в позицию предварительного хонингования.

Использование зажимного устройства позволяет хонинговать отверстия одновременно в двух заготовках: в первой позиции – предварительно, во второй – окончательно за один цикл на одном станке, и исключить из времени цикла вспомогательное время на «зажим-разжим» заготовки, которые производят во время хонингования двух других заготовок.

Список использованных источников и литературы

1. Бакуль, В. Н. Алмазное хонингование / В. Н. Бакуль, А. А. Сагарда, И. Х. Чеповецкий. – Киев : Техника, 1966. – 41 с.
2. Авторское свидетельство № 872224 СССР, МПК В24В 33/08 (51) Хонинговальная головка: № 2410810: заявлено 12.10.1976: опубликовано 15.10.1981, Бюл. № 38 / Перминов Н. А. – 2 с. : ил.

Сведения об авторах

Перминов Николай Алексеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия).
na_perminov@mail.ru

Столяров Максим Владиславович, студент направления 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Сарапул, Россия).
maxs26022004@mail.ru

СЕКЦИЯ № 7 ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

УДК 658.8 (476)

Связь торгового маркетинга в цепочке производителя и конечного потребителя

А. М. Котов

В статье рассматривается понятие «трейд-маркетинг», его связь между участниками рынка. Показана важность использования трейд-маркетинга в местах продаж. Показаны цели и требования торговли и производителей к трейд-маркетингу. Рассмотрены факторы успеха, направленные на повышение эффективности трейд-маркетинга; его эффективность и результативность. Указаны недостатки оценки эффективности трейд-маркетинга на предприятии.

Ключевые слова: трейд-маркетинг, торговля, сфера fmcg, ритейл, производитель, конечный потребитель, дистрибьютер, эффективность трейд-маркетинга.

The connection between trade marketing in the chain of manufacturer and final consumer

A. M. Kotov

The article discusses the concept of “trade marketing” and its connection between market participants. The importance of using trade marketing at points of sale is shown. The goals and requirements of trade and manufacturers for trade marketing are shown. Success factors aimed at increasing the effectiveness of trade marketing are considered; its efficiency and effectiveness. The disadvantages of assessing the effectiveness of trade marketing in an enterprise are indicated.

Keywords: trade marketing, trade, fmcg sector, retail, manufacturer, end consumer, distributor, trade marketing effectiveness.

Трейд-маркетинг как подраздел маркетинга в наши дни приобретает все большее значение. В частности, в сфере FMCG (fast-moving consumer goods – товары повседневного спроса) ценовые войны и агрессивные рекламные акции доминируют в повседневной деятельности. При этом потребители все чаще принимают решение о покупке только в непосредственных точках продаж, что приводит к тому, что производители и дистрибьюторы пользуются возможностью и направляют свои усилия для удовлетворения нужд потребителя непосредственно в месте размещения товара.

В связи с этим эффективность классической рекламы, особенно во времена огромной информационной перегрузки, способствует увеличению значимости мер по стимулированию сбыта. Все больше внимания уделяется торговым точкам, где принимается около 70 % всех решений о покупке [1]. В торговых точках это показывает, убедительны ли маркетинговые идеи на полке или они «проваливаются» в пустоту.

В эпоху насыщенных рынков конечный потребитель не находится под каким-либо давлением со стороны потребителей. Постоянные выпуски новых продуктов, растущее количество конкурирующих товаров и, в конечном итоге, заменяемых предложений обеспечивают целенаправленный отбор со стороны конечных потребителей. Новые медиапрограммы, различные программы лояльности обеспечивают большую прозрачность и более быстрый сбор информации. В результате этих изменений можно наблюдать отсутствие лояльности к магазинам, фрагментацию аудитории и снижение лояльности к бренду. Этот факт затрудняет коммерцию и производителей в наши дни для реализации успешных маркетинговых стратегий и достижения успеха на рынке.

Однако для того, чтобы оказывать выгодное влияние на решение потребителей о покупке, необходимо сотрудничество между дистрибьюторами (посредниками) и производителями. Трейд-маркетинг создает необходимый «мост» в этом процессе, обеспечивая эффективное использование всех идей, средств и мер, которые используются для стимулирования продажи товаров.

Однако при выполнении действий в торговле успех может наступить только в том случае, если эффект не даст сбоев, а реализация будет максимально эффективной. Изменение рыночных условий, усиление конкуренции и снижение объемов продаж требуют более целенаправленного планирования использования мер стимулирования сбыта и тщательного изучения их эффективности. При этом не только разработка мер и инструментов, направленных на обеспечение оптимального взаимодействия с потребителями, но и процессы, связанные с реализацией маркетинговых мероприятий, обладают большим потенциалом для повышения эффективности.

Предпосылкой для такого оптимизированного, ориентированного на покупателя подхода к потребителям является интенсивное сотрудничество между производителем и торговлей. В данном случае и в дальнейшем под термином «торговля» понимаются крупные торговые сети, розничные торговые точки либо все типы посредников, обеспечивающих поставки продукции в эту точку. При этом в месте продажи часто возлагается задача производителя напомнить потенциальному покупателю посредством POS-материалов о конкурентных преимуществах своего продукта [2].

Таким образом, трейд-маркетинг предназначен для управления продажами ассортимента в соответствии с целями производителя и с учетом потребностей покупателей. Чтобы определить потребности покупателя, необходимо провести детальный анализ. Торговля (ритейл), как промежуточный и непосредственный покупатель продукции, а также конечный потребитель, входят в число целевых

групп трейд-маркетинга. Следовательно, у производителей есть два рынка, потребности которых необходимо удовлетворить.

Между маркетингом производителей и коммерческим маркетингом торговых сетей существует скрытый конфликт, основанный на различных интересах управления продуктом, с одной стороны, и индивидуальных экономических, преимущественно региональных интересах торговли – с другой. Торговые сети в основном стремятся к самостоятельному профилированию своего ассортимента по сравнению со своими конкурентами. С другой стороны, маркетинг производителей нацелен на целенаправленное ожидание клиентов в месте принятия решения о покупке.

С учетом сказанного, в то время как производители пытаются достичь своих целей в области продаж с помощью рекламных акций, активизация торговли в значительной степени самостоятельно определяет поддержку мер по стимулированию продаж со стороны производителя и, таким образом, в значительной степени диктует маркетинговую стратегию в точках продаж. Однако обострение конкурентной ситуации, особенно в продуктах повседневного спроса, способствует усилению тенденции к действиям в точках продаж.

По сути, на этом этапе остается констатировать, что производители и торговля находятся в сильной взаимозависимости. Только при наличии понимания постановки проблем друг друга в этой области может быть достигнут успех мер трейд-маркетинга. Потому что в конечном итоге потребитель занимает лидирующие позиции в канале сбыта. Поэтому производители и торговля руководствуются поведением потребителей, которое резко изменилось за последние десятилетия.

Для трейд-маркетинга это, как следствие, означает, что производителю необходимо активно взаимодействовать со своим торговым партнером, чтобы иметь возможность эффективно и действенно обращаться к своим покупателям, конечным потребителям, с помощью торговли. Таким образом, при ограниченном использовании средств можно добиться видимого успеха [3].

Хотя производители и торговля, как правило, преследуют взаимодополняющие цели, но в некоторых областях наблюдается расхождение в целевых показателях. Успешное сотрудничество между производителем и торговлей в основном зависит от того, в какой степени удастся определить различные цели и превратить их в общую стратегию. По сути, целенаправленные действия в точках продаж позволяют добиться таких эффектов эффективности, как:

- снижение затрат на хранение, транспортировку и обработку;
- повышение производительности, возможностей размещения и распродажи;
- увеличение числа потенциальных покупателей.

Потребности торговли находят свое обоснование в переходе от рынка продавца к рынку покупателя. Учитывая изменившуюся исходную ситуацию, производитель также адаптируется к новой ситуации. Доминирование брендов-производителей на POS-презентациях и рекламных кампаниях по всему торговому рынку встречает все большее неприятие.

Однако вместе обе стороны стремятся достичь как можно большего экономического успеха в своей деятельности. Вот почему задача трейд-маркетинга

закключается в том, чтобы согласовать различные точки зрения таким образом, чтобы это было взаимовыгодно, и заранее устранить возникающие конфликты.

В целом, важность интенсивного управления взаимоотношениями между партнерами по созданию ценности очевидна. Решающим фактором успеха здесь является улучшение культуры сотрудничества, а также интеграция этого коммуникационного инструмента в общую стратегическую концепцию. Последовательное внедрение многоступенчатого и интегрированного процесса обработки рынка позволяет целенаправленно обращаться к конечному потребителю и, таким образом, способствует успеху как со стороны производителя, так и со стороны продавца.

В трехстороннем треугольнике участников трейд-маркетинга между производителем, торговлей и конечным потребителем последний играет решающую роль. Как клиент торговли и в то же время конечный потребитель продукции производителей, он играет центральную роль в направлении трейд-маркетинга. В целом, в наши дни можно наблюдать следующие тенденции в поведении потребителей:

- более высокая осведомленность о ценах: примерно у двух третей потребителей фактор цены имеет решающее значение для совершения покупки, что отражается в снижении лояльности к бренду и магазинам;

- сегментация рынков в зависимости от уровня цен: победителями считаются премиальные бренды и недорогие товары. Средний сегмент явно теряет свое значение;

- увеличение числа потенциальных покупателей;

- информационная перегрузка: ежедневно транслируется около 5000 рекламных роликов и множество других источников информации, и масса рекламных импульсов подавляет потребителя;

- информационная перегрузка: ежедневно транслируется около 6500 рекламных роликов и множество других источников информации, и масса рекламных импульсов подавляет потребителя.

Чтобы сделать торговый маркетинг ориентированным на цели, параллельно с этими тенденциями развития необходимо дополнительно рассмотреть различные целевые группы. В области маркетинговых исследований существует множество исследований, посвященных отдельным слоям покупателей компании. Понимание целевой аудитории служит средством принятия решения о том, какие маркетинговые действия должны охватывать каждую целевую аудиторию и, следовательно, находить реализацию [4].

Трейд-маркетинг представляет собой целостную систему обработки рынка, и поэтому его можно сделать эффективным только в том случае, если будет обеспечено целостное согласование с учетом интересов всех участников рынка. Большой потенциал для повышения эффективности трейд-маркетинга часто обеспечивают существующие процессы планирования и реализации отдельных мер.

Но также нельзя пренебрегать вниманием к целевой аудитории, к конечному потребителю во времена постоянных изменений на рынке. Эффективное и дей-

ственное нацеливание маркетинговых усилий на конечного потребителя остается главной целью и в будущем. Даже в торговле понимают, что не только ассортимент играет решающую роль в выборе места для покупки.

Список использованных источников и литературы

1. *Randall, G.* [Trade Marketing Strategies]. – The Partnership between Manufacturers, Brands, and Retailers / G. Randall; 2nd ed., Oxford: Butterworth-Heinemann, 1994. – 176 p.
2. FREY, ULRICH DIRK: Sales Promotion Power für mehr Umsatz, Landsberg/Lech 1997– 24 p.
3. Corstjens, J. Store Wars –The Battle forMindspace and Shelfspace /J. Corstjens, M. Corstjens. – 1st ed., New York: Wiley, 1999. – 112 p.
4. *Corstjens, M.* An International Empirical Analysis of the Performance of Manufacturers and Retailers / M. Corstjens, S. Richard // Journal of Retailing and Consumer Services, 2008. – 15 (3). – P. 95–102.

Сведения об авторе

Котов Александр Михайлович, аспирант Белорусского государственного экономического университета (г. Минск, Республика Беларусь). xbgcs@mail.ru

Модель внутреннего трансфера знаний для повышения творческого потенциала персонала

Е. А. Родионова, М. З. Эпштейн

Рассматривается необходимость мотивации сотрудников к сохранению накопленного в компании знания и опыта. Предложена математическая модель формирования установки персонала к участию во внутреннем трансфере знаний для повышения эффективности труда и усиления конкурентоспособности организации.

Ключевые слова: экономика знаний, цифровизация технологий управления, внутренний трансфер знаний, экономико-математическая модель, мотивация персонала.

A model of internal knowledge transfer to enhance the creative potential of staff

E. A. Rodionova, M. Z. Epstein

The necessity of motivating employees to preserve the knowledge and experience accumulated in the company is considered. A mathematical model for the formation of personnel attitudes to participate in internal knowledge transfer to increase labor efficiency and strengthen the competitiveness of the organization is proposed.

Keywords: knowledge economy, digitalization of management technologies, internal knowledge transfer, economic and mathematical model, staff motivation.

Введение

Основными ресурсами, определяющими развитие компании в настоящее время, являются нематериальные активы – знания и профессиональные компетенции, которыми обладают сотрудники организации. Исследования показывают, что нематериальный капитал воплощается в продукции с помощью инноваций, определяемых в том числе навыками работников, знанием рынка, внутренней координацией в системе управления. Инновации обеспечивают производство новых товаров и услуг. Навыки добавляют ценность за счет улучшения качества разработок, получение более надежных товаров и услуг, обеспечивают повышение эффективности производства [1].

Используемые подходы и методы

Современные условия хозяйствования характеризуются непрерывным изменением условий деловой среды, широким использованием на практике достижений науки и техники, серьезными изменениями международной ситуации. Все вышесказанное порождает необходимость перемен в современных технологиях управления персоналом. В основу управленческих решений должна

быть положена концепция совершенствования системы управления знаниями организации, основанная на оптимальном использовании накопленных профессиональных знаний и компетенций, их активном распространении внутри организации. Этот процесс должен развиваться параллельно с приобретением новых навыков в условиях постоянной цифровой трансформации и сопровождаться адаптацией опыта высококвалифицированных специалистов старшего возраста к новым условиям.

Развитие творческого потенциала работников должно происходить в нескольких направлениях – приобретения нового знания, обусловленного внедрением новых систем производства и управления, и усвоения накопленного профессионального опыта за счет внутреннего трансфера знаний. Выявление и дополнительное использование внутренних ресурсов обеспечит эффективное использование знаний работников для усиления конкурентных преимуществ, укрепления взаимосвязи между работниками, внедрение новаций, связанных с современной организацией труда.

Для работников разного возраста менеджменту организации необходимо найти главные стимулы привлечения к активному участию в системе трансфера знаний. Следует обратить внимание на создание системы целостного охвата персонала идеями корпоративного обучения, участия в инновационных преобразованиях и повышения собственного интеллектуального капитала. В эпоху цифровых трансформаций общества, безусловно, необходимы образовательные программы, включающие повышение уровня информационных знаний всего персонала. Вместе с тем должен быть организован перенос накопленных профессиональных знаний на новые цифровые платформы. Активное участие в этом процессе должны принимать опытные сотрудники старшего возраста при поддержке молодых сотрудников.

Основной раздел

Построим математическую модель организации трансфера знаний внутри организации, используя структурно-кадровый подход [2]. Рассмотрим подразделение, занятое в определенной части производственного цикла. Выделим три основные группы сотрудников

- активно вырабатывающие новые идеи, имеющие высокую мотивацию к творческому процессу, легко ориентирующиеся в информационной среде организации;
- не проявляющие креативных способностей, но имеющие достаточные навыки использования информационных технологий;
- работники старшего возраста, накопившие значительный опыт профессиональной деятельности, но испытывающие сложности работы в современной информационной системе.

На изменение установки работников по приобретению нового знания в разной степени влияют разные факторы. Для сотрудников первой группы характерна уверенность в собственных силах, они следуют собственному мнению о необходимости приобретения знаний и готовы к активному сотрудничеству. Работники второй группы в значительной степени подвержены влиянию окру-

жающих, что проявляется в эффекте подражания. Сотрудникам третьей группы в большей степени свойственно чувство долга, ответственности за качество выпускаемой продукции, т. е. влияние внешнего стандарта. Их отличает накопленный опыт, профессионализм, знание производственных секретов и готовность передачи знания молодым сотрудникам.

Управление персоналом компании должно разрабатывать и поддерживать систему оптимального взаимодействия сотрудников разных групп, создание корпоративной культуры взаимоотношений для повышения конкурентоспособности компании. При переходе к новой системе управления на основе цифровизации организации сотрудники первой группы могут активно помогать с усвоением нового знания более старшим работникам, которые, в свою очередь, повысят интеллектуальный потенциал работников других групп своими знаниями тонкостей производственных процессов. Такое взаимодействие обеспечит укрепление взаимосвязей внутри коллектива, позволит эффективно использовать знания для повышения конкурентоспособности и создаст предпосылки для активизации НИР и ОКР на предприятии. Будет создана «спираль знаний» как источник повышения производительности и качества труда [3].

Будем считать, что индивидуальная эффективность труда работника прямо пропорциональна его вовлеченности в трудовой процесс (индивидуальной установке) и может проявляться как стремление к повышению качества труда и увеличению поощрительного фонда подразделения. Рассматривая подразделение как референтную группу [4], примем, что на изменение отношения к новшествам влияют сформировавшиеся внутренние стандарты работника к выполнению своих трудовых обязанностей, мнение коллектива и внешнее воздействие – работа менеджмента.

Опишем динамику изменения установок следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = P_1 \left(\sum_{k=1}^3 \alpha_k x_k - x_1 \right) + Q_1 (b_1 - x_1) + C_1 (u - x_1) + D_1 (a_3 x_3 - x_1) \\ \frac{dx_2}{dt} = P_2 \left(\sum_{k=1}^3 \alpha_k x_k - x_2 \right) + Q_2 (b_2 - x_2) + C_2 (u - x_2) + D_2 (a_3 x_3 - x_2) + D_3 (a_1 x_1 - x_2) \\ \frac{dx_3}{dt} = P_3 \left(\sum_{k=1}^3 \alpha_k x_k - x_3 \right) + Q_3 (b_3 - x_3) + C_3 (u - x_3) + D_4 (a_1 x_1 - x_3) + D_5 (a_2 x_2 - x_3) \end{cases} \quad (1)$$

$$x_1(0) = x_{10}, x_2(0) = x_{20}, x_3(0) = x_{30},$$

где P_i, Q_i, S_i, D_i – коэффициенты, отражающие влияние базовых факторов, n_k – численность сотрудников k -й подгруппы, $\alpha_k = \frac{n_k}{\sum_{i=1}^3 n_i}$.

Здесь подражательный эффект представлен выражениями $\sum_{k=1}^3 \alpha_k x_k - x_i$, обозначающими отклонение от средней установки в группе (кроме высококвали-

фицированных специалистов, имеющих собственную мотивацию на успех, поэтому примем $P_1=0$), самосознание описано разностями $b_i - x_i$. Внешняя мотивация представлена выражениями $C_i(u - x_i)$, определяющими работу менеджмента по приобретению нового знания. Слагаемые $D_i(a_j x_j - x_k)$ описывают передачу знаний между работниками, u – показатель внешнего стандарта, задаваемый менеджментом компании. Этот показатель должен определяться комплексно с учетом мнения экспертов и наиболее опытных сотрудников и экономических показателей деятельности компании.

В работе [5], посвященной исследованию вопроса о приращении знаний внутри организации, приводится следующая структура транзакционных издержек приращения знаний с учетом функциональной классификации (таблица).

Транзакционные издержки приращения знаний

Категории издержек	Относительная величина, %
Издержки планирования	20
Издержки организации	19
Издержки контроля	40
Издержки мотивации	21

Авторы подчеркивают, что основное внимание должно уделяться соотношению издержек планирования и мотивации, величина которых в значительной степени определяет скорость приращения знания. Таким образом, может быть установлены необходимые пропорции деления поощрительного фонда при реализации процесса передачи накопленного знания внутри организации.

Согласно эмпирическим результатам исследования психофизических особенностей поведения индивида в референтной группе, приведенным в [4], соотношения значений коэффициентов подражания, собственного мнения и склонности к внешнему влиянию связаны соотношениями

$$\frac{P_i}{Q_i} \approx 7, \quad \frac{C_i}{Q_i} \approx 4.$$

Каждое подразделение организации будет характеризоваться своими числовыми значениями коэффициентов модели (1). Один из вариантов их получения – организация управлением персонала внутренних опросов относительно готовности сотрудников к приобретению нового знания для повышения своей квалификации и важности материального и морального стимулирования. Для представления качественных характеристик работников в виде числовых показателей могут также быть использованы модели, построенные на основе информационного подхода к анализу систем [2]. Оценки степени влияния личностных характеристик исполнителей предлагается выводить с помощью исследования комплексных оценочных функций вида

$$F = Il + L \frac{dI}{dt} + p \int Idt.$$

Здесь p, l – оценки психофизических характеристик, связанных с емкостью памяти и временем реакции на событие, L – сопротивляемость восприятию новой информации, I – информация [2]

Анализ результатов

Отметим, что решение задачи (1) даст возможность оценить эволюцию установок работников вследствие реализации управляющих воздействий менеджмента организации, описываемые показателем u . Стационарное решение (1) при $t \rightarrow \infty$ позволит получить для набора дискретных значений u_i соответствующие решения x_j ($j=1, 2, 3$) и исследовать вопрос о рациональном привлечении средств для морального и материального стимулирования сотрудников.

Перед менеджментом организации стоит задача создания комплексной системы управления кадрами, основой которой являются принципы экономического стимулирования и обеспечение социальных гарантий. Источником надбавок и дополнительных выплат за рост индивидуальной эффективности может выступать дополнительная прибыль, полученная за счет повышения производительности труда. Представляет практический интерес использование модели распределительных отношений, согласно которой средства поощрительного фонда зависят от вклада подразделения в совокупный доход организации, а не распределяются пропорционально численности сотрудников [6]

$$F_i = \frac{F}{\sum_{i=1}^k (P_i + A_i)} (P_i + A_i).$$

Здесь F – совокупный поощрительный фонд, F_i – размер поощрительных средств, выделяемых i -му подразделению, P_i – нормативный фонд оплаты труда, A_i – дополнительные средства, производные от экономической эффективности работы подразделения, K – число подразделений в организации.

Предлагается следующая схема учета сформированных системой трансфера знаний установок работников:

для i -го подразделения ввести коэффициенты участия сотрудников каждой из трех подгрупп в трансфере знаний N_m^i

$$N_m^i = \frac{x_m^i}{\sum_{i=1}^N x_m^i}, m=1,2,3,$$

обобщенный коэффициент участия подразделения

$$N^i = N_1^i + N_2^i + N_3^i$$

и дополнительные средства стимулирования распределять пропорционально N^i

$$A_i = \frac{D}{\sum_{i=1}^k N^i} N^i.$$

Здесь D – прирост экономической эффективности организации.

Заключение

Ускорение процесса приобретения знаний из опыта и умений сотрудников, реализация принципа группового взаимодействия для перевода накопленного

интеллектуального капитала в современную цифровую среду способствуют повышению результативности деятельности организации. Управление трансфером знаний внутри компании позволяет выявить и эффективно использовать внутренние ресурсы. Построение и реализация математических моделей может помочь в получении количественных оценок для использования в дальнейшем при принятии обоснованных управленческих решений.

Предлагаемая модель описания системы внутреннего трансфера знаний через взаимодействие сотрудников может быть использована для совершенствования системы управления организацией с целью усиления ее конкурентных преимуществ.

Список использованных источников и литературы

1. *Мильнер, Б.* Нематериальные активы компании // Проблемы теории и практики управления. – 2008. – № 3. – С. 109–119.
2. *Волкова, В. Н.* Теория систем и системный анализ: учебник для академического бакалавриата / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2014. – 616 с.
3. *Реген, В.* Самоорганизация как фактор конкурентоспособности компании. – Санкт-Петербург : Стройиздат СПб., 2004. – 108 с.
4. *Евдонин, Г. А.* Математическое моделирование и управление социально-экономическими и политическими процессами : учеб. пособие. – Санкт-Петербург : Изд-во СЗИ РАНХ и ГС, 2012. – 322 с.
5. *Попов, Е.* Функциональная классификация трансакционных издержек / Е. Попов, М. Власов, А. Веретенникова // Проблемы теории и практики управления. – 2010. – № 1. – С. 55–63.
6. *Погудин, О.* Творческая активность персонала и инновационная среда организации / О. Погудин, А. Тарасов // Проблемы теории и практики управления. – 2010. – № 1. – С. 32–41.

Сведения об авторах

Родионова Елена Александровна, доцент высшей школы прикладной математики и вычислительной физики, кандидат физико-математических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (г. Санкт-Петербург, Россия). e_a_rodion@mail.ru

Эпштейн Михаил Залманович, доцент кафедры международного бизнеса, кандидат экономических наук, доцент, Санкт-Петербургский государственный экономический университет (г. Санкт-Петербург, Россия). m-epstein@yandex.ru

УДК 1174

**Роль научно-исследовательской деятельности вузов
и основные критерии ее качества**

М. А. Назмутдинова, О. М. Буренкова

Рассматривается вопрос научно-исследовательской деятельности преподавателей и студентов в вузе, определяются критерии качества научных работ, подчеркивается ответственность регионов в организации исследований.

Ключевые слова: научно-исследовательская работа, логическая аргументация, финансирование, критерии качества, ответственность регионов.

Research activities of universities and the main criteria for their quality

M. A. Nazmutdinova, O. M. Burenkova

The issue of research activities of teachers and students at the university is considered, criteria for the quality of scientific work are determined, and the responsibility of the regions in organizing research is emphasized.

Keywords: research work, logical reasoning, financing, quality criteria, regional responsibility.

Высшие учебные заведения в России играют центральную роль в постоянном диалоге со всеми общественными силами. Выполняя эту роль, они предоставляют услуги, имеющие решающее значение для научного, экономического, социального и культурного развития.

Исследованиям вопросов коллаборации теории и практики на основании научной деятельности вузов посвящено немало публикаций [1–6]. Их авторы отмечают, что, будучи организационными центрами научной системы, вузы могут рассчитывать на уникальную структуру, которая является результатом непрерывной подготовки молодых ученых, практического единства исследований и преподавания [2, с. 27; 4, с. 52]. На рационально-прикладной характер научной деятельности обращал внимание Т. Parsons, он отмечал, что одна «из главных характеристик науки – это ее “рациональность, можно сказать – прагматичность”» [1].

Современные вузы характеризуются наличием преподавателей с научными и профессиональными знаниями, которые работают над развитием личности,

успешным вхождением подрастающего поколения в рынок труда, передают знания и навыки, используя современные методы преподавания и обучения, готовят студентов к научно-исследовательской деятельности.

Вузы оказывают огромное влияние на экономику и общество, прививают способность анализировать и решать сложные проблемы во время учебы. В процессе практической подготовки менеджеров и талантливых специалистов, а также посредством сотрудничества с представителями бизнеса и общества в области преподавания, фундаментальных исследований, вузы являются «двигателями» экономических и социальных инноваций.

Вместе с тем в настоящее время перед российскими вузами стоят задачи, определенные современными требованиями развития общества. Указом Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» определены основные направления развития общества [7]. В связи с этим научные исследования преподавателей и вузов должны быть направлены на решение поставленных задач, которые и определяют критерии к ним. Основные критерии научно-исследовательских работ в настоящее время, по мнению авторов, выражены в тезисах, описанных ниже.

1. Актуальность относится к научному прогрессу, которому должна способствовать каждая научная работа. Это включает в себя написание соответствующей научной работы, результаты которой имеют определенную степень общей достоверности.

2. Научная работа должна быть объективной. Это означает, что результаты исследования и их представление должны быть независимы от исследователя. Цель научного исследования состоит в том, чтобы сделать утверждения, которые можно было бы как можно более обобщить. Поэтому собственное отношение и личные оценки становятся актуальными только в отношении оценки результатов исследования.

3. Логическая аргументация повышает понятность и прозрачность работы, поскольку все читатели могут понять аргументы.

4. Честность в научной работе касается как процесса исследования, так и представления результатов. Все результаты измерений должны быть изложены правдиво, а научный метод должен быть объяснен в доступной форме, включая любые непредвиденные трудности, которые могут повлиять на результат исследования. Конечно, это также применимо, если исследовательский проект терпит неудачу. Честность также подразумевает правдивое и полное раскрытие всех используемых источников.

5. Надежность выражает точность измерений. С высокой достоверностью результат первого измерения может быть воспроизведен в идентичных условиях при повторном измерении.

6. Прослеживаемость. Только в том случае, если понятность аргументации станет ясной, читатель сможет понять работу и оценить ее соответствующим образом. Прослеживаемость обусловлена также такими критериями, как объек-

тивность, проверяемость, надежность, валидность, понятность, актуальность и логическая аргументация.

7. Валидность. Обоснованность и пригодность применения методик и исследования в конкретных условиях результатов. Валидность также относится к точности измерений. Измерение достоверно, если оно действительно измеряет то, что должно быть измерено. В частности, неточная формулировка вопросов может повлиять на достоверность результатов исследования.

8. Ответственность как критерий качества научной работы представляет собой этические принципы, которые необходимо соблюдать на разных уровнях. Это касается честности по отношению к себе и своим исследованиям, социальной ответственности. Например, по отношению к обследуемым людям (защита персональных данных), ответственности перед самой наукой (недопущение неправомерных действий и соблюдение критериев качества) и, наконец, социальной ответственности. Возможные непредвиденные последствия собственных исследований необходимо заранее взвесить и по возможности избегать.

9. Оригинальность подразумевает, с одной стороны, отсутствие плагиата в научной работе, а с другой стороны, подход к разрабатываемой теме. Лишь очень немногие исследовательские проекты достигают чего-то, чего раньше никогда не делалось, и открывают новые научные горизонты. Почти каждая тема уже обсуждалась и рассматривалась в той или иной форме. Оригинальность научной работы определяется независимым подходом к теме. Это может заключаться в выборе вопроса (связывание различных теорий, перевод теории из одной научной области в другую) или выборе методологического подхода.

10. Логическая аргументация повышает понятность и прозрачность работы, поскольку все читатели могут понять аргументы. Аргумент состоит из одной или нескольких утверждений и заключения.

По мнению авторов, научно-исследовательская работа преподавателей и студентов касается и решения региональных проблем. Вузы проводят профессиональное обучение, организуют клиники, оказывают социальные консультативные услуги местному населению, поддерживают инфраструктуру общественного пользования (библиотеки, спортивные сооружения) и т. д.

Таким образом, они работают над программами городского и регионального развития. Однако, прежде всего, университеты должны стать центральными партнерами по контактам и сотрудничеству для региональных компаний, ассоциаций и образовательных учреждений в сфере преподавания, исследований и разработок, которые часто жизненно зависят от технологических и социальных возможностей университетов.

Следующим важным аспектом научно-исследовательской деятельности становится сохранение и развитие культурного наследия. Благодаря взаимодействию традиций и современности вузы должны вносить долгосрочный вклад в сохранение культурного наследия региона и его развитие. Новыми задачами становятся исследования связи между религиозным и духовно-культурным развитием региона, поддержание взаимопонимания культур и религий.

Поскольку спрос на высшее образование продолжает оставаться высоким, его финансирование становится все труднее из государственных средств, в связи со сложившейся ситуацией. В государственных дотациях в основном нуждается медицинское образование и гуманитарные науки, такие как социология, педагогика, психология, социальная работа и другие. В долгосрочной перспективе необходимо создать условия для генерации дополнительных частных средств. В этом направлении могут помочь венчурные инвестирования крупных производителей. В Республике Татарстан, например, с вузами интегрировано пытаются работать такие компании, как ПАО «КамАЗ» (Набережные Челны), АО «Нижекамск – Нефтехим», АО «Татнефть» (Альметьевск), группа компаний СИБУР (Нижекамск), «Татанефтехиминвест – холдинг» (Казань), «Казань – оргсинтез» (Казань), Казанский оптико-механический завод, АО «Аммоний» (Менделеевск) и другие.

Перспективным направлением является коллаборация высшей школы КХТИ и АО «Аммоний». В вузе уже реализуются целевые программы магистратуры по заказу предприятия, специалисты «Аммония» проходят обучение по программам дополнительного образования, а преподаватели КХТИ – стажировки на действующих производствах. В перспективах научно-исследовательской деятельности будет создание лаборатории для потребностей «Аммония» на базе университета.

Таким образом, мы четко видим, что передовая научно-исследовательская работа преподавателей вузов будет содействовать дальнейшей интеграции производства и науки, что позволит улучшить его потенциал и саму исследовательскую инфраструктуру. Для реализации перечисленных выше инициатив, объединяющих производство и науку, необходимо, чтобы каждый вуз вооружился данной политикой и мотивировал профессоров и преподавателей, занимающихся данной деятельностью.

Список использованных источников и литературы

1. *Parsons T. The professions and social structure // Parsons T. Essays in sociological theory. Glencoe (IL): Freepress, 1954. – P. 34-49.*
2. *Ковальчук, А.О. Динамика и тенденции развития научно-инновационного потенциала высшей школы // Вестник Ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2022. – № 1. – С. 31–40.*
3. *Куликова, Ю. П. Управление инновациями высшей школы на основе интеграции образования и научной деятельности // Вопросы региональной экономики, 2021. – Т. 10, № 1. – С. 56–60.*
4. *Полонский, В. М. Оценка качества научно-педагогических исследований. – Москва, 2017. – С. 40.*
5. *Сагинова, О. В. Связь научных исследований и образовательного процесса в вузах / О. В. Сагинова, Н. Б. Завьялова, Д. А. Штышно // Вестник РЭУ имени Г.В. Плеханова. – 2022. – № 12 (54). – С. 456–457.*
6. *Шевень, Л. Н. Инновационная деятельность в высшей школе и проблема воспроизводства научно-педагогических кадров // Теория и практика общественного развития. – 2021. – № 3. – С. 342–344.*

7. Указ Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 года № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года». – URL: <https://rg.ru/documents/2024/05/07/prezident-ukaz309-site-dok.html>.

Сведения об авторах

Назмутдинова Мунира Ахматзакиевна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков и перевода, Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (г. Набережные Челны, Россия). bachtegarai@mail.ru

Буренкова Ольга Михайловна, кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков и перевода, Казанский инновационный университет имени В. Г. Тимирязова (г. Казань, Россия). chelnyola@mail.ru

Взаимоотношения Древней Руси с хазарами: военно-политический аспект

А. А. Кондратенко

В статье рассматриваются военно-политические отношения между Древнерусским государством и Хазарским каганатом. Статья содержит анализ древнерусских летописных сводов относительно рассматриваемой проблематики. Предпринята попытка классификации русско-хазарских отношений на определенные хронологические этапы. Статья включает эволюционную модель взаимоотношений между Русью и Хазарией.

Ключевые слова: Древняя Русь, хазары, военные столкновения, летопись, политика, славяне, князь Святослав Игоревич.

Relations between Ancient Rus and the khazars: military-political aspect

A. A. Kondratenko

The article examines the military-political relations between Ancient Russian state and Khazar Kaganate. The article contains an analysis of ancient russian chronicles regarding the issues under consideration. An attempt has been made to classify russian-khazar relations into certain chronological stages. The article includes an evolutionary model of the relationship between Russia and Khazaria.

Keywords: Ancient Rus, khazars, military clashes, chronicle, politics, slavs, prince Svyatoslav Igorevich.

Первоначальный период исторического развития Руси напрямую связан не только с объединительной тенденцией восточнославянских племенных княжений возле основного политического центра, но и с ранней средневековой дипломатией Древнерусского государства с наиболее могущественными и влиятельными странами. Невзирая на усилия князей Древней Руси на протяжении второй половины IX – первой половины X в. по укреплению своего авторитета на присоединенные земли и племена, в новообразованном государстве существовали внутривнутриполитические проблемы, которые дополнились вскоре внешнеполитическими.

Внутриполитический кризис Древней Руси выражался в неустоявшейся к началу X в. иерархической вертикали древнерусской политической знати и неурегулированной системе сбора дани с покоренных народов. Внешнеполитический фактор кризисных явлений на Руси в обозначенный период времени характери-

зовался активной военной деятельностью князей по расширению территориальных границ и подчинению новых народов.

В рассматриваемых завоевательных усмотрениях древнерусских князей прослеживалась специфическая дипломатическая тактика, которая предполагала прежде всего поход войной, а в дальнейшем и договоренности о мире. В связи с этим вскоре славянский мир столкнулся с многочисленными кочевьями тюркоязычных степных народов, которые совершали постоянные переселения и оттеснялись друг другом на новые степные рубежи. Таким образом, Древнерусское государство уже к концу IX в. столкнулось с воинствующими кочевыми племенами. Одним из ранних и сильных противников Руси на тот момент времени стало Хазарское государство. Хазары уже к IX в. смогли консолидироваться политически и территориально, развить военное искусство и стать устойчивым государственным образованием с активной завоевательной внешней политикой [1, с. 9].

Цель статьи – исследовать характер взаимоотношений Древнерусского государства с Хазарским каганатом на протяжении IX–X вв.

Для достижения поставленной цели необходимо выявить следующую задачу исследования: проанализировать сведения древнерусских летописей, а также основные монографические фундаментальные издания по рассматриваемой тематике, и на основании всего изученного выделить ключевые этапы развития и характер отношений хазар с Древней Русью.

Источниковедческой базой статьи стали древнерусские летописи, а именно «Повесть временных лет» и «Ипатьевская летопись». В дополнение к основным историческим источникам изучались и анализировались труды таких историков, как Л. Н. Гумилев, Е. В. Круглов, А. В. Седов, И. П. Новосельцев и А. Н. Сахаров.

Статья написана с соблюдением принципов исторического исследования: объективности, историзма, системности и ценности в истории.

Из истории формирования Хазарского каганата

Хазары как этническая общность прошли длительный этап формирования собственного государственного образования. Поначалу хазарские племена были преимущественно кочевым народом тюркского происхождения [2, с. 514]. Первые сведения о хазарах датируются VI в. н. э., и в связи с этим упоминанием имеется представление о начальном ареале кочевания хазар – Средняя Азия, в основном степные районы возле р. Сырдарьи [2, с. 514]. Однако к концу VI в. хазарские орды совершают перекочевку в предкавказскую степную полосу [2, с. 516].

В VII в. хазары обосновываются уже в прикаспийской степной зоне и постепенно начинают отходить от власти Западно-Тюркского каганата, который претерпевал свой политический упадок в связи с частыми междоусобными столкновениями. Это событие датируется 632 г., когда в Прикаспийском регионе начинают зарождаться истоки кочевого политического объединения – Хазария [2, с. 520].

Во второй половине VII в. происходит дальнейшее усиление хазар в данном географическом ареале, но вскоре к концу столетия на Хазарию нависает угроза

со стороны арабов. С последними правители Хазарии, то есть хазарские каганы, будут вести ожесточенную войну за влияние в своем регионе на протяжении практически всего VIII в. [3, с. 67]. Вскоре после военных действий с арабами хазары предприняли очередную попытку переселения. Так они обосновались в Поволжье, где окончательно сформировали свое частично кочевое государство – Хазарский каганат.

Распространение влияния Хазарского государства на восточнославянские племенные объединения

К началу IX в. Хазарский каганат уже представлял собой мощное в политическом и военном отношениях государственное формирование. Хазары к этому времени устремили свои внешнеполитические амбиции на северные регионы, где расселились восточнославянские племенные объединения. Конечной целью хазар было покорение и присоединение этих племен в сферу своего территориального влияния. Однако летописец в «Повести временных лет» не имеет представления о разграничении таких этносов, как «хазары» и «скифы» и характеризует их как единый народ с несколькими вариациями этнонимов: «Когда же славянский народ... жил на Дунае, пришли от скифов, то есть от хазар, так называемые болгары...» [4, с. 8].

Согласно летописным сведениям, еще до образования государства у восточных славян около 840 г. хазары смогли наложить данническую зависимость на племя полян: «Стали притеснять полян древляне и иные окрестные люди. И нашли их хазары и сказали: «Платите нам дань»» [4, с. 11]. По-видимому, это событие стало основополагающим в складывании дальнейших славяно-хазарских взаимоотношений. Первоначальный контакт восточнославянского племени с хазарами носил мирный, дипломатический характер, так как летопись не приводит свидетельства о военных столкновениях между хазарами и полянами на данном этапе отношений.

Первоначальная дань от полян Хазарскому каганату была в виде меча. И в связи с этим в «Повести временных лет» содержится вставка фольклорного сюжета в виде предания-предсказания с мифологизированным подтекстом: «Поляне дали от дыма по мечу, и отнесли их хазары к своему князю... они же показали меч. И сказали старцы хазарские: “Не добрая дань эта...им суждено собирать дань и с нас, и с иных земель”» [4, с. 12]. Так Хазарский каганат смог положить начало своему военно-политическому господству в данном регионе. К 859 г. в подчинении хазарского кагана были не только поляне, но и другие славянские племена, такие как северяне и вятичи, которые облагались данью [5, с. 15].

Несмотря на распространение хазарской власти на племенные союзы восточных славян, неоспоримая военно-политическая гегемония Хазарского каганата не была поддержана местным оседлым населением. Но Хазария стремилась удержать власть в данном регионе. Этому способствовала нестабильная внутриполитическая ситуация, которая имела место быть среди племенных объединений славян. Зачастую племена враждовали друг с другом с целью политического возвышения племени над остальными. Но вскоре ситуация переменялась, когда в 862 г. призвали племена словен, чудь и кривичей на свою землю варяж-

ских конунгов-братьев – Рюрика, Синеуса и Трувора [5, с. 19]. Рюрик положил конец племенным усобицам на землях славян.

В этом же году, по летописному известию, знатные мужи Рюрика смогли консолидировать варяжских воинов и выступить против хазар, чтобы ликвидировать зависимость полян от Хазарии: «Аскольд же и Дир остались в этом городе, собрали у себя много варягов и стали владеть землею полян...» [5, с. 21]. В итоге Хазарский каганат столкнулся с первым успешным сопротивлением Толььпротив своей захватнической политики на землях восточных славян. Позиции каганата оставались по-прежнему сильны.

На протяжении 20 лет, с момента освобождения от хазар полян Хазарский каганат поступательно укреплял свою власть на территории южной Руси. Рюрик стремился сдержать эту агрессию, но безуспешно. А смерть князя в 879 г. лишь заставила окончательно признать вассальную зависимость Аскольда от хазарского кагана [6, с. 143]. Примечательно, что летописец «Повести временных лет» умолчал об этих обстоятельствах.

Таким образом, к моменту прихода к власти в Киеве князя Олега, прямого родственника Рюрика, Хазарский каганат оказывал давление на славянские земли, которые продолжали уплачивать в пользу этого государства дань.

Политика первых киевских князей

по преодолению военной экспансии хазар на земли Древней Руси

882 г. датируется летописное событие, когда князь Олег, применив хитрый военный план по захвату власти в Киеве, смог свергнуть Аскольда и Дира и единолично стал управлять киевлянами [5, с. 32]. Именно это событие и стало фундаментом для зарождения Древнерусского государства – главного военного соперника Хазарского каганата. Князь Олег, будучи дальновидным воином и политиком своего времени, приступил к покорению всех восточнославянских племен под своей единоличной властью, а также превратил Киев в стольный город и главный административно-политический центр Руси.

Внешнеполитические амбиции князя Олега были направлены на полное ослабление влияния Хазарии на южные земли Руси. Поэтому окончательно от даннических тягот первыми были освобождены поляне, событие датируется 882 г. [5, с. 32]. В 884 г. хазары утратили свою власть и над племенем северян [5, с. 34]. А на следующий год, в 885 г., был организован военный поход князя Олега на радимичей с целью освобождения их от хазарской зависимости и подчинения князю [5, с. 34]. Посредством активной объединительной политики древнерусского князя Олега Хазарский каганат к концу IX в. теряет контроль над южнорусскими территориями.

Чтобы окончательно дистанцироваться от военной угрозы, исходившей от Хазарии, князь Олег «Вещий» предпринял попытку военно-политического сближения с Ромейской (Византийской) империей, которая с 840-х гг. пребывала в конфронтации с хазарами. Единый внешний враг в лице Хазарского каганата сыграл первостепенную роль в заключении союзного договора между Русью и Византией в 911 г. [4, с. 17].

После смерти первого легендарного древнерусского князя Олега в 912 г. во-

зобновляется новый виток давней военной угрозы хазар на Древнерусское государство. По мнению российского историка Л. Н. Гумилева, хазары вновь подчинили себе древнерусские земли [7, с. 120]. Однако древнерусские летописи не содержат какой-либо информации по этому поводу.

Рационально полагать, что следующий древнерусский князь, сын Рюрика, Игорь также стремился ослабить военную мощь Хазарского каганата. С этой целью в 944 г. между византийцами и Русью был принят очередной союзный договор, который укрепил военное сотрудничество между обеими сторонами [4, с. 25]. «Повесть временных лет» содержит информацию о данном русско-византийском союзе: «да воюет на тех странах, и та страна не покоряется вам, и тогда, аде вой у нас князь Русский да воюет, да дам ему, елико ему будет тебе» [4, с. 28]. Здесь имеется в виду, что император Византии готов оказать помощь своему военному союзнику, то есть князю Игорю, войском, чтобы окончательно сокрушить захватническую политику Хазарии.

Закат военного потенциала Хазарского каганата приходится на период правления древнерусского князя Святослава Игоревича. Соправителем князя Святослава являлась его мать, княгиня Ольга, ведь на момент вхождения на киевский престол Святослав был ещё ребенком. Во внешней политике княгиня Ольга придерживалась политического курса ее покойного супруга, князя Игоря. И главным врагом по-прежнему оставался Хазарский каганат.

Княгиня Ольга отличалась холодным рассудком, острым умом и дальновидностью. Поэтому решила вывести взаимоотношения с хазарами на новый, более сдержанный уровень, то есть прибегла к дипломатическому сотрудничеству. Так, в 946 г. в Киеве разместился военный гарнизон хазар и начала работать хазарская администрация [8, с. 212]. Однако это лишь была хитрая политическая тактика княгини относительно Хазарии. Ольга одновременно ковала план военного похода своего сына Святослава против хазар.

Выступил князь Святослав со своим войском против хазар в 965 г. Данное сражение было решающим в судьбе Хазарского каганата. Святослав одержал блестящую победу над хазарским войском, была взята столица – город Итиль [8, с. 224].

На протяжении IX–X вв. отношения между Древней Русью и Хазарским каганатом носили в основном военный характер. Однако иногда обе стороны склонялись и к мирному, дипломатическому взаимоотношению. Поэтому рационально разделить весь хронологический этап русско-хазарских взаимоотношений на следующие периоды:

- 1) Около 840–862 гг. – установление даннической зависимости восточнославянских племен от Хазарского каганата;
- 2) 862–879 гг. – борьба князя Рюрика за ликвидацию уплаты славянами дани хазарам и относительная сдерживающая политика каганата;
- 3) 879–882 гг. – расцвет военно-политической экспансии Хазарии на землях Руси;
- 4) 882–946 гг. – постепенное ослабление военного потенциала Хазарского каганата и его политического влияния на Русь;

5) 947–965 гг. – закат могущества Хазарии.

Таким образом, победа над Хазарским каганатом стала своеобразным эволюционным звеном в развитии государственности Руси и поднятию ее международного авторитета на тот исторический момент времени.

Список использованных источников и литературы

1. *Круглов, Е. В.* Хазары – история только начинается // Хазары. Второй Международный коллоквиум. Тезисы. – Москва, 2002. – С. 9–11.
2. *Седов, А. В.* История древнего Востока: От ранних государственных образований до древних империй / А. В. Седов, В. А. Якобсон ; редкол. : Г.М. Бонгард-Левин (пред.) и др. ; Ин-т востоковедения. – Москва : Вост. лит., 2004. – 895 с.
3. *Гаркави, А. Я.* Сообщения о хазарах // Хазарские письма. Еврейская библиотека VII, 1879. – 104 с.
4. Повесть временных лет / сост. Д. С. Лихачев ; ред. В. П. Адрианова-Перетц. – Москва ; Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР в Ленинграде, 1950.
5. Ипатьевская летопись / [отв. ред. В. И. Буганов] // [Репр. воспроизведение изд. 1908 г.]. – Москва : Яз. рус. культуры: Кошелев, 1998. – 938 стб.
6. *Новосельцев, И. П.* Хазарское государство и его роль в истории Восточной Европы и Кавказа. – Москва : Наука, 1990. – 264 с.
7. *Гумилев, Л. Н.* Древняя Русь и Великая степь. – Ленинград, 1989. – 433 с.
8. *Сахаров, А. Н.* Дипломатия Святослава. – Москва : Международные отношения, 1982. – 244 с.

Сведения об авторе

Кондратенко Алина Андреевна, аспирант кафедры философии, истории и методологии образования, ГУО «Республиканский институт высшей школы» (г. Минск, Республика Беларусь). kondratenkoa782@gmail.com

Психолого-педагогический аспект самообразования в профессиональном образовании

Е. И. Архиповская, Т. А. Нам

В данной статье рассмотрены психолого-педагогические характеристики самообразования как осознанной активной деятельности студента. С опорой на исследования отечественных ученых составлен список общих положений, лежащих в основе данного феномена. Предложенная статья способствует более четкому пониманию ключевых факторов, которые обеспечивают и выстраивают процесс самообразования студентов в реалиях стремительного и динамичного развития технологической, экономической сферы развития общества, а также постоянного реформирования системы профессионального образования.

Ключевые слова: самообразование, образовательный процесс, студенты, профессиональное образование, личностный рост, саморазвитие, саморегуляция, мотивация.

Psychological and pedagogical aspect of self-education in professional education

E. I. Arkhipovskaya, T. A. Nam

This article examines the psychological and pedagogical characteristics of self-education as a conscious active activity of a student. Based on the research of Russian scientists, a list of general provisions underlying this phenomenon has been compiled. The proposed article contributes to a clearer understanding of the key factors that ensure and build the process of self-education of students in the realities of the rapid and dynamic development of the technological, economic sphere of society, as well as the constant reform of the vocational education system.

Keywords: self-education, educational process, students, professional education, personal growth, self-development, self-regulation, motivation.

В настоящее время профессиональное образование играет важнейшую роль в развитии личности молодого специалиста. Но, учитывая динамичность, высокие темпы развития общества, турбулентность во всех сопровождающих процессах, основная образовательная программа в образовательной организации высшего образования на сегодняшний день сталкивается с проблемой оперативного реагирования и постоянной актуализации знаний, чтобы научить студентов тем навыкам, которые требуются в конкретной профессиональной деятельности или узкоспециализированной отрасли. Поэтому даже при обучении в университете возникает вопрос о самообразовании как параллельном и одновременном процессе основной образовательной программы обучения в ходе построения индивидуальной траектории развития студента [1]. В качестве цели

авторы статьи определили анализ существующих теорий и практик, исследований отечественного психолого-педагогического сообщества, обобщение знаний и накопленного опыта по данной теме.

Вопрос развития самообразования является областью научных поисков и педагогов, и психологов. Данный факт объясняется тем, что в основе самообразовательного процесса стоит собственно мотивация личности, побуждающая ее к повышению своего профессионального уровня, а в педагогике рассматривается поддержание эффективности продуктивной познавательной деятельности через активное освоение содержания образования [2]. Успешность личности в открытии своего потенциала вызывает возрастающий интерес исследователей, поэтому тема не только не теряет, а приобретает все большую актуальность в современной концепции профессионального образования.

В научно-педагогическом сообществе существуют различные теории и точки зрения в понимании сущности самообразования и его роли в профессиональном образовании. На наш взгляд, наиболее полное и точное определение самообразования представил советский и российский педагог А. Я. Айзенберг. Согласно его теории, важнейшие признаки самостоятельного получения образования как процесса – это целенаправленность и систематичность. Он определял самообразование как познавательную деятельность, управляемую самой личностью, служащую для дополнения формального образования и обеспечения его непрерывности. Важнейшей функцией самообразования, по мнению Айзенберга, является восполнение пробелов в академических знаниях и духовном развитии [3].

Русский педагог, основоположник научного подхода в педагогике К. Д. Ушинский уделял особое внимание самообразованию. Он считал, что развитие индивида во многом определяется им самим, и сам индивид определяет направленность процесса его развития [4]. Опираясь на множество его работ, можно прийти к выводу, что самообразование как добровольный процесс получения новых знаний – это проявление некой внутренней закономерности [5], то есть в каждом человеке изначально есть внутренняя сила, толкающая его к развитию.

Также необходимо отметить, что стремление личности к самообразованию связано не только с информационным обогащением. Опираясь на работы И. О. Ганченко, Т. В. Машаровой, Н. А. Рубакина мы можем прийти к выводу о том, что самостоятельная познавательная деятельность выходит за пределы профессиональной деятельности, значительная часть усилий индивида в процессе самообразования направлена на совершенствование психологических качеств личности. Н. А. Рубакин, русский писатель и популяризатор науки, особо акцентировал внимание педагогов и студентов: «Дело самообразования – не только дело интеллекта, это дело всей личности в целом» [6].

Исходя из этого актуальным выступает изучение ресурсов личности, позволяющих достичь максимальной эффективности в самостоятельном и осмысленном построении образовательного процесса. В этой статье рассматриваются связанные с данными характеристиками психологические и педагогические аспекты самообразовательной деятельности.

Психологический аспект изучаемого феномена предполагает изучение его внутренних характеристик и процессов в структурах личности, целью которых является осознанное воздействие на эффективность образовательного процесса [7].

В контексте психологического аспекта выделяются несколько ключевых элементов, первые из них – мотивация и мотивационная регуляция, играющие решающую роль в самообразовании. Мотивация – это ведущий фактор регуляции продуктивности образовательного процесса [8]. Она побуждает человека к активному действию и непрерывно влияет на его интенсивность.

Процесс мотивационной регуляции запускается, когда человек испытывает проблемы с текущей мотивацией, характеризующиеся снижением интереса к познавательной деятельности и уровня прикладываемых усилий. Этот процесс включает в себя набор определенных стратегий, используемых студентами для поддержания или усиления того уровня мотивации, который необходим для сохранения вовлеченности в решение академических задач. Эти стратегии разделяются на две основные группы: внутренняя и внешняя мотивация [9]. Внутренняя мотивация связана напрямую с содержанием деятельности и относится непосредственно к студенту (совокупности его целей, эмоций и потребностей). В данную категорию входят следующие элементы:

1. Контроль и поддержка своего эмоционального состояния: удовлетворение от достижения целей, положительные эмоции от учебного процесса, борьба со стрессом.
2. Поддержание интереса и увлеченности к предмету изучения.
3. Удовлетворение личных потребностей в связи с высокой динамикой развития, цифровизации и турбулентности во всех сферах жизни и деятельности общества.
4. Постановка актуальных для самого обучающегося целей и их значимость лично для него.
5. Стремление к личному и профессиональному развитию, индивидуальное желание расти и развиваться; видение ценности в приобретении новых знаний и навыков с перспективой применения их на практике.
6. Получение отчетливого образа своей индивидуальности. Глубинной мотивацией любого образования является потребность человека в понимании себя и самоактуализации.

Внешняя мотивация включает в себя использование стимулов и ресурсов извне: создание системы вознаграждения за достижения целей, наличие наставника и социальной поддержки (групповая динамика, обмен опытом, обсуждение учебных материалов, успехов и трудностей в обучении) [10].

Кроме того, необходимо учитывать и наличие ситуативных факторов мотивации и принимать во внимание уникальность комбинаций этих факторов. Они оказывают сильное, однако мало контролируемое воздействие на мотивацию. По этой причине необходимо рассматривать мотивационный аспект не в отрыве от накопленного опыта студента, а в совокупности и взаимодействии с ним.

Следующий не менее важный психологический аспект самообразования – сознательная морально-волевая саморегуляция [7]. Данный феномен позволяет студенту анализировать, прогнозировать собственное поведение и корректировать его. Сознательная морально-волевая саморегуляция предполагает наличие определенных морально-волевых качеств личности, которые, в свою очередь, разделяются на две подгруппы. К первой группе относятся волевые качества, обеспечивающие непрерывность и эффективность деятельности: инициативность, дисциплинированность, настойчивость, сила воли [9]. И группа качеств, обеспечивающих возможность дальнейшего развития морально-волевой сферы личности: самокритичность, требовательность к себе, потребность дальнейшего совершенствования, способность к адекватной самооценке.

Следующий, важнейший в анализе психологии самообразования аспект – индивидуальные качества личности. Процесс самообразования строится самим студентом, а значит, в соответствии с его когнитивными способностями и личностными характеристиками. Структура, темп, направленность образовательного процесса будут напрямую зависеть от личности студента, т. е. следующих его характеристик:

1) Интеллект и способности. Программа и темп обучения должны соответствовать уровню способностей и интеллекта.

2) Особенности восприятия, тип мышления. Человеку необходимо учитывать данные характеристики для планирования эффективной деятельности.

3) Самооценка. Адекватная самооценка содействует формированию реалистичных целей и, соответственно, их достижению. Недооценка своих способностей ведет к остановке личностного роста и мешает развитию потенциала. В обратном случае слишком высокая самооценка приводит к неудаче и потере мотивации.

4) Опыт и знания. Этот фактор непосредственно влияет на содержание обучения. Определяет актуальность изучения того или иного материала или практики определенных умений и навыков.

Самообразование с точки зрения педагогики представляет собой, помимо получения новых знаний и умений, также совершенствование своей деятельности, способность управлять ею, самостоятельно перестраивать и совершенствовать в зависимости от своих потребностей и целей.

Педагогический аспект представляет собой совокупность определенных факторов и механизмов, рассматриваемых во взаимосвязи с психологическим содержанием самообразования.

1. Организация образовательного процесса.

Важнейшим этапом в начале самостоятельного обучения является планирование и структурирование необходимых действий для достижения поставленной цели. В планирование входит обеспечение необходимыми ресурсами и их структурирование, выстраивание информации в понятную, логическую последовательность.

2. Наставничество и сотрудничество с педагогами.

Наличие опытного наставника, который может оказывать поддержку и давать консультации, улучшает качество образования или даже направляет процесс и упорядочивает его при ошибочном планировании и организации самим обучающимся.

3. Использование современных технологий.

В процессе самообразования ключевую роль также играют современные технологии. Их активное использование или, напротив, игнорирование проявляется в количестве и качестве доступной информации. Электронные образовательные ресурсы обеспечивают студента достаточным объемом знаний, актуальных для достижения учебной цели.

Также к этому пункту относятся и интерактивные методы обучения. Их использование в процессе усвоения новых знаний и умений повышают эффективность и поддерживают интерес и увлеченность.

С точки зрения психологии и педагогики самообразование – сложный и многогранный процесс, зависящий от множества факторов. Необходимость изучения данной темы обуславливается ростом актуальности самообразования в современном мире в условиях информатизации. И перед научным сообществом встает важнейшая задача изучения фундаментальных аспектов данного феномена. Стремление к максимальной эффективности образовательного процесса и пониманию принципов его построения ведет к более глубокому изучению многогранности процесса самообразования студентов, обнаруживает дальнейшие перспективы развития данной темы.

Список использованных источников и литературы

1. *Нам, Т. А.* Социально значимые технологии в профессиональном образовании на примере «Обучение служением» / Т. А. Нам, М. В. Смирнов // Вопросы методики преподавания в вузе. – 2024. – Т. 13, № 1. – С. 99–115. – DOI: 10.57769/2227-8591.12.1.07.

2. *Сагитова, Р. Р.* Генезис сущности понятия самообразования в истории развития отечественной и зарубежной педагогики // Вестник Бурятского государственного университета. – 2010. – № 1. – С. 35–41.

3. *Айзенберг, А. Я.* Педагогические проблемы самообразования // Советская педагогика, 1968. – № 11. – С. 51–61.

4. *Ушинский, К. Д.* Труд в его психическом и воспитательном значении. Избранные сочинения. – 1-е изд. – Москва : Юрайт, 2019. – 354 с. – (Антология мысли).

5. *Ушинский, К. Д.* Педагогика. Избранные работы. – 1-е изд. – Москва : Юрайт, 2020. – 126 с. – (Антология мысли).

6. *Рубакин, Н. А.* Психология читателя и книги: краткое введение в библиологическую психологию. – Москва : Книга, 1977. – 264 с.

7. *Абакумова, Е. Б.* Теория вопроса самообразования в философской, психолого-педагогической и социологической литературе // Актуальные задачи педагогики: материалы II Междунар. науч. конф. (г. Чита, июнь 2012 г.). – Чита : Молодой ученый, 2012.

8. Психолого-педагогические условия развития осознанной саморегуляции студентов педагогического вуза / Т. И. Смаглий, Ш. С. Демисенова, Б. М. Утегенова,

К. С. Шалгимбекова // 3i: Intellect, Idea, Innovation - интеллект, идея, инновация. – 2023. – № 2. – С. 225–234. – DOI 10.52269/22266070_2023_2_225.

9. Бузарова, Е. А. Психология личностного и профессионального развития, самовоспитания и самообразования // Вестник Адыгейского государственного университета. – 2005. – № 3. – С. 136–142.

10. Леонтьев, Д. А. Психологические ресурсы преодоления стрессовых ситуаций: к уточнению базовых конструктов // Психология стресса и совладающего поведения в современном российском обществе : материалы 2-й Международной научно-практической конференции. – Кострома, 2010. – Т. 2.

Сведения об авторах

Нам Татьяна Анатольевна, доцент Высшей школы лингвистики и педагогики Гуманитарного института Санкт-Петербургского политехнического университета (г. Санкт-Петербург, Россия). nam_ta@spbstu.ru

Архиповская Елена Ивановна, студент Высшей школы лингвистики и педагогики Гуманитарного института Санкт-Петербургского политехнического университета, (г. Санкт-Петербург, Россия). arhipovskaya.ei@edu.spbstu.ru

Актуальные проблемы в области образования и возможные пути их решения

В. В. Лаптинский

В статье рассматриваются вопросы, связанные с начальным профессиональным образованием, профессиональная ориентация школьников и развитие мотивации к получению высшего образования, имеющиеся проблемы и возможные пути их решения.

Ключевые слова: проблемы начального профессионального образования, профессиональная ориентация.

Current problems in the field of education and possible solutions

V. V. Laptinsky

The article discusses issues related to primary vocational education, professional orientation of schoolchildren and the development of motivation to obtain higher education, existing problems and possible solutions.

Keywords: Problems of primary vocational education, professional orientation.

В настоящее время проблемы, вынесенные в название, являются весьма актуальными. В связи с переходом России к рыночным отношениям изменились практически все институты общества. В полной мере это отразилось и на системе образования.

В нашем недалеком прошлом господствовала плановая система народного хозяйства. Планированию подлежали все сферы общества. План был основой жизнедеятельности любого общественного института. Образовательные учреждения осуществляли набор и обучение студентов согласно запросам отраслей народного хозяйства. Существовал конкурсный отбор при поступлении практически во все высшие и средние профессиональные учебные заведения. Выпускники школ поступали в вузы после получения полного среднего образования.

В связи с переходом к рыночным отношениям одним из главных критериев поступления стал не уровень подготовки абитуриентов, а способность оплатить учебу в выбранном вузе. Плановая система была разрушена, и поэтому выпускники оказались перед проблемой трудоустройства. Имея на руках дипломы об окончании вузов и СТУЗов, они не могли устроиться на работу по специальности. Выпускники вынуждены были работать в системе торговли, охранной деятельности и т. д. [1].

Другая проблема – выбор профессии. В 2000-х годах в России и, в частности, в Удмуртии активно развивалась система начального профессионального образования. Ученики 10–11-х классов по субботам изучали предметы по будущим специальностям: юриспруденции, эксплуатации промышленного оборудования, нефтехимии и т. д. Занятия проводились преподавателями профильных вузов. Как показали проведенные социологические исследования, до 60 % школьников, получив начальную профессиональную подготовку, поступили в вузы и колледжи в соответствии с полученным начальным профессиональным образованием. Около 40 % оставались с профессии [2]. Процент выпускников, не прошедших начальную профессиональную подготовку, составил 20–22 % после 3 лет профессиональной деятельности (исследование проводилось на базе Ижевского филиала Нижегородской академии МВД).

Согласно последним статистическим данным, число людей с высшим образованием в Российской Федерации составляет 34,9 %, в Германии 22,5 %, в США 22,8 % [3]. Но в России этот потенциал используется не в полной мере.

Таким образом, уже работающая система начального профессионального образования при вузах была перестроена. Профессиональную подготовку решили передать школам, задействовав школьных учителей. Это привело к значительному оттоку абитуриентов из местных вузов в столичные, так как школьников ориентируют на абстрактное высшее образование, не делая упор на местные высшие учебные заведения. Следствие – падение приема в местные вузы.

Еще одна проблема, которую бы решала система начального профессионального образования, – выбор школьниками будущего профиля подготовки. Выпускник 9-го класса часто не в состоянии выбрать будущую специальность, поэтому за него это делают родители и другие лица. К тому же в школах включается механизм жесткого отбора в 10-й класс – после 9-го класса в школе из 4-5 классов остается только один, остальные отсеиваются по разным причинам. Проблема в том, что со школ требуют хороших показателей успеваемости, от этого зависит престиж школы [4].

И одна из главных проблем – ЕГЭ. По результатам опросов студентов первых курсов, школы занимаются только подготовкой учащихся к единому государственному экзамену, не углубляя и не расширяя знания по основным предметам школьной программы, отсеивая, по мнению школы, слабых учеников. Получается, что идет элементарное натаскивание на поиск правильных ответов в тестах, а не получение новых знаний [5]. Из этого вытекает также необходимость нанимать родителям репетиторов по предметам, которые будет сдавать выпускник школы, что требует немалых материальных затрат. Такие затраты далеко не всем родителям по силам. И поэтому включается еще одно препятствие, или фильтр на пути абитуриента в вуз, – экономическое.

На основании вышеизложенного можно предложить возможные пути решения изложенных проблем:

– вернуть систему планового набора в вузы и СТУЗы, исходя из потребностей конкретных отраслей экономики. В последние годы набирает обороты целевое обучение, но оно затрагивает пока только наиболее востребованные тех-

нические специальности. А как быть с гуманитарными и экономическими? Предлагаем:

- проводить профессиональную ориентацию на ранних стадиях обучения, привлекая к этой деятельности специалистов-психологов, представителей предприятий и организаций;
- всемерно развивать систему целевой подготовки специалистов с возможностью обязательного трудоустройства на предприятии-заказчике;
- восстановить систему начального профессионального образования, где занятия должны проводиться преподавателями вузов, представителями организаций и предприятий;
- расширить возможности производственной практики с выплатой вознаграждения студентам за проделанную работу, исключить формальный подход на этом важном этапе получения профессиональных навыков;
- перевести ЕГЭ в более приемлемую форму контроля знаний школьников или вернуться к системе выпускных экзаменов советской школы.

В настоящее время готовится реформа российской системы образования. Надеемся, что наши предложения по совершенствованию высшего и среднего специального образования найдут отклик у авторов новой образовательной концепции.

Список использованных источников и литературы

1. Востребованность высшего образования в оценках современных студентов / И. Д. Белеева, Т. А. Заглодина, Л. Э. Панкратова, Н. Б. Титова // Педагогическое образование в России. – 2022. – № 1. – С. 37–42.
2. Боброва, И. И. Перспективы развития современного этапа высшей школ / И. И. Боброва, Е. Е. Трофимов // Открытое образование. – 2022. – Т. 26, № 5. – С. 4–9.
3. Вишневский, Ю. Р. Высшее образование как конструктор будущего современной молодежи / Ю. Р. Вишневский, А. Н. Тарасова // Университетское управление: практика и анализ. – 2022. – Т. 26, № 3. – С. 10–21.
4. Грязнов, С. А. О реформировании вузовского образования // Тенденции развития науки и образования. – 2022. – № 89-2. – С. 46–48.
5. Жевлакович, С. С. Ообразование – это услуга? // Психология и педагогика служебной деятельности. – 2022. – № 1. – С. 109–115.

Сведения об авторе

Лаптинский Виктор Валентинович, кандидат педагогических наук, доцент кафедры «Юриспруденция», ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова» (г. Ижевск, Россия). laptinskiy.viktor.59@mal.ru

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ № 1. ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

Чепикова Т. П., Мартынов И. М. Перспективы развития электростанций на возобновляемых источниках энергии в России 3

СЕКЦИЯ № 2. МАТЕМАТИКА И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Фатталова Д. Р., Гордеев Г. А., Ломаев С. Л. Теоретический расчет пороговых характеристик ультразвука, необходимых для активации кавитационных процессов в аддитивных технологиях..... 12

Ларионов К. И. Стенд для испытаний композитной арматуры..... 18

СЕКЦИЯ №3. ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

Игнатьев О. А., Власов В. В., Кривоногова Т. В. Система оповещения персонала, оказывающего помощь инвалидам и людям с ограниченными возможностями 22

СЕКЦИЯ № 4. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Садыков Р. Р., Ясовеев В. Х., Сафинов Ш. С. Разработка электронной части шарикового расходомера электропроводной жидкости с четырьмя электродами и балансной схемой 28

Ясовеев В. Х., Султанов С. Ф. О влиянии вариации оси установки пространственной ориентации на погрешность статической характеристики трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута 37

Султанов С. Ф. О влиянии отклонения оси поворота на зенитный угол установки пространственной ориентации на погрешность феррозондового преобразователя азимута 50

Султанов С. Ф. Метрологическое обеспечение: методика поверки трехкомпонентного феррозондового преобразователя азимута на установке пространственной ориентации при задании азимута и визирного угла 50

Ясовеев В. Х., Султанов С. Ф. Исследование акселерометрического преобразователя зенитного и визирного углов на установке пространственной ориентации при задании визирного угла..... 58

СЕКЦИЯ № 5. ЭЛЕКТРОНИКА И СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ

Тимофеев А. О., Ясовеев В. Х. Разработка программно-аппаратного комплекса диагностики и управления для штанговой глубиннонасосной установки..... 65

СЕКЦИЯ № 6. МАШИНОСТРОЕНИЕ

Тюкпиеков В. Н. Силы резания при механической обработке дисперсно-упрочненного композиционного материала 72

Перминов Н. А. Применение роторного принципа для предварительного и окончательного хонингования отверстий..... 76

Перминов Н. А., Мазитов Р. Р. Устройство для предварительного и окончательного хонингования отверстий 79

Перминов Н. А., Столяров М. В. Конструкция трёхпозиционного поворотного стола и зажимных приспособлений для хонинговального станка 82

СЕКЦИЯ № 7. ЭКОНОМИКА И МЕНЕДЖМЕНТ

Котов А. М. Связь торгового маркетинга в цепочке производителя и конечного потребителя 86

Родионова Е. А., Эпштейн М. З. Модель внутреннего трансфера знаний для повышения творческого потенциала персонала..... 91

СЕКЦИЯ № 8. ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Назмутдинова М. А., Буренкова О. М. Роль научно-исследовательской деятельности вузов и основные критерии к ее качеству..... 97

Кондратенко А. А. Взаимоотношения Древней Руси с хазарами: военно-политический аспект 102

Архиповская Е. И., Нам Т. А. Психолого-педагогический аспект самообразования в профессиональном образовании 108

Лаптинский В. В. Актуальные проблемы в области образования и возможные пути их решения 114

Электронное научное издание

«АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ НАУКИ: ВЗГЛЯД НА БУДУЩЕЕ»

Материалы I Всероссийской конференции с международным участием
СПИ (филиал) ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М. Т. Калашникова»

Саранул, 30 мая 2024 г.

Адрес в информационно-телекоммуникационной сети:

https://politehupo.ru/images/Konferencia/I%20Vserossijskaa%20konferencia%202024/Sbornik%20AKTUALNYE%20PROBLEMY%20NAUKI%20I%20TEHNIKI.%20Materialy%20III%20Mezdunarodnoj%20naucno-tehniceskoj%20konferencii_2024.pdf

Дата размещения на сайте: 09.09.2024

В редакции авторов

Технический редактор *С. В. Логинова*

Корректор *М. А. Ложкина*

Верстка *Б. В. Бусоргина*

Дизайн обложки *Б. В. Бусоргина*

Подписано к использованию 09.09.2024. Уч.-изд. л. 5,68

Объем 3,08 МБ. Заказ № 139

Издательство управления информационных ресурсов
Ижевского государственного технического университета имени М. Т. Калашникова
426069, Ижевск, Студенческая, 7