

# МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ, ТЕХНИКЕ, ПРИРОДЕ И ОБЩЕСТВЕ

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (20)

2016

---

## СОДЕРЖАНИЕ

### РАЗДЕЛ 1. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

- Бутырин В. В., Бутырина Ю. А., Моренова Е. А., Черненко Е. В.*  
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В УПРАВЛЕНИИ АГРОЭКОНОМИКОЙ.....4
- Власов А. В., Абреков М. М.*  
СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ..... 14
- Ломовцев М. С., Кайль Я. Я., Заволженский А. В.*  
РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕХАНИЗМА  
ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
НА УРОВНЕ ГОРОДА .....25
- Моисеев А. В., Киндаев А. Ю.*  
К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ МАТРИЦ  
В МОДЕЛЯХ РИСКА ..... 34

<b>Романцов А. Н.</b> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТРУДА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ.....	44
<b>Свиридова Н. В., Голдина А. А., Сазонова И. В.</b> ЦЕЛЕВОЙ РЕЙТИНГ СНИЖЕНИЯ ДОТАЦИОННОСТИ РЕГИОНОВ .....	59
<b>Хачатурова А. Э.</b> УЧЕТ И РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ О ЗАТРАТАХ И РЕЗУЛЬТАТАХ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.....	67

## **РАЗДЕЛ 2. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ**

<b>Бакаева О. А., Сальников А. Г.</b> РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТОКА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ.....	78
<b>Беспалов Е. С., Головяшкин А. Н., Печерская Е. А., Шепелева Ю. В.</b> КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ МОДУЛЕ .....	86
<b>Горбаченко В. И., Катков С. Н.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМРИСТОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ.....	97
<b>Иванов А. И., Серикова Ю. И., Банных А. Г.</b> КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА ДЛЯ МАЛЫХ ВЫБОРОК БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ .....	108
<b>Кочетков Д. В., Воячек И. И., Зверовщиков А. Е.</b> РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА СТЯЖКИ ПРИ СБОРКЕ С АНАЭРОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ.....	115

***Мартышкин А. И.***

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БЛОКА  
АССОЦИАТИВНОГО СОПРОЦЕССОРА НА БАЗЕ  
ПРОГРАММИРУЕМОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ  
СХЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ..... 128

***Семин М. В., Стражник В. П., Потапов А. Н.***

АГРЕГИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОЙ  
ОБСТАНОВКЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ  
КОМПЛЕКСНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ..... 139

***Слесарев Ю. Н., Малышев Б. В., Борисова А. А., Воронцов А. А.***

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ  
ПОЛЕЙ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ  
ФОРМЫ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ИМ СОЛЕНОИДОВ ..... 150

# РАЗДЕЛ 1

## МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

---

УДК 631.152

### ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УПРАВЛЕНИИ АГРОЭКОНОМИКОЙ

*В. В. Бутырин, Ю. А. Бутырина, Е. А. Моренова, Е. В. Черненко*

### GEOINFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MANAGEMENT OF THE AGRICULTURAL ECONOMY

*V. V. Butyrin, Ju. A. Butyrina, E. A. Morenova, E. V. Chernenko*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* В статье рассматривается одно из самых актуальных и перспективных направлений совершенствования системы государственного управления развитием сельского хозяйства и сельских территорий – использование геоинформационных технологий. В последние годы геоинформационные системы АПК создаются в различных регионах России, в том числе и в Саратовской области. Цель работы – показать возможности использования геоинформационных технологий в управлении развитием агрокомплекса на региональном и районном уровнях, в частности в управлении использованием земельных ресурсов как главного средства сельскохозяйственного производства. *Материалы и методы.* Работа подготовлена на основе использования практических материалов реализованного проекта создания региональной ГИС АПК Саратовской области, а также на основе исследования результатов реализации подобных проектов в других регионах РФ. При подготовке материалов использованы современные методы анализа и обработки информации: монографический, расчетно-аналитический и статические методы (группировки, графический). *Результаты.* В статье достаточно полно раскрыты основные новые возможности управления развитием аграрного сектора экономики региона на основе использования геоинформационных технологий. Приводятся результаты оценки и сравнительного анализа эффективности использования земельных ресурсов в муниципальных районах Саратовской области, выявляются потенциальные резервы ее роста. *Выводы.* На основе анализа результатов реализованного проекта создания ГИС АПК Саратовской области делается вывод о целесообразности создания регионального геоаналитического (ситуационного) центра, который позволит решить задачу мониторинга использования сельскохозяйственных земель, продолжить работу по проведению инвентаризации земель и актуализации данных по землепользователям. Центр будет являться важнейшим звеном в системе управления региональным АПК, оказывающим комплексную информационную поддержку принятия управленческих решений на региональном и районном уровнях различными структурами и ведомствами, управляющими развитием отрасли и сельских территорий.

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, геоинформационные технологии, земельные ресурсы.

**Abstract. Background.** The article deals with one of the most topical and promising directions of improving the system of state management of development of agriculture and rural areas – the use of geoinformation technologies. In recent years, geographic information system APK are created in different regions of Russia, including in Saratowsky region. The aim of this work is to show the possibilities of using geoinformation technologies in the management of agricultural development at the regional and district levels, particularly in the management of land resources as main means of agricultural production. **Materials and methods.** The work has been prepared based on the use of practical materials to implement the project of establishing a regional GIS agriculture of the Saratov region, and also based on research results from similar projects in other regions of the Russian Federation. In the preparation of materials used in modern methods of analysis and information processing: monographical, analytical, and static methods (grouping, graphics). **Results.** The article adequately covers the main new features of management of development of agrarian sector of economy of region on the basis of use of geoinformation technologies. The results of the evaluation and comparative analysis of the efficiency of land use in the municipal districts of the Saratov region, identifies the potential reserves of its growth. **Conclusions.** Based on the analysis of the results of the implemented project of creation GIS of agriculture of the Saratov region the conclusion about the feasibility of establishing a regional geo-analytic (case study) center, which enable to solve the problem of monitoring the use of agricultural ze-Mel, to continue work on the land inventory and updating of data on land users. The center will be a vital link in the system of management of regional agrarian and industrial complex, providing integrated information support of making management decisions at the regional and district levels the various agencies and departments that control the development of the sector and of rural territories.

**Key words:** agriculture, information technology, land.

### **Введение**

В сфере государственного управления аграрным сектором экономики в последнее время возникает много проблем и задач, решение которых осложняется в связи с отсутствием возможности оперативного получения объективной и достоверной информации о состоянии управляемой системы. Динамичное изменение ситуации в многоукладном аграрном комплексе страны требует построения адекватных современным требованиям систем информационного обеспечения принятия управленческих решений, которые наряду с оперативностью и качеством обработки информации должны позволить наладить эффективное межведомственное взаимодействие органов управления АПК различных уровней на базе интегрированной информационной платформы. Современные информационные технологии, которые все больше используются на различных уровнях управления, в том числе и в аграрном секторе экономики, позволяют решать данные задачи.

Принципиально новые возможности использования информационных технологий в агроуправлении связаны с появлением геоинформационных технологий – набора средств и инструментов работы с пространственно распределенными объектами и информацией, характеризующей их. Возможность получения данной информации не только из оперативного учета и анализа, но и с помощью космического мониторинга делает данные технологии особенно привлекательными для сельского хозяйства, где используемые земельные ресурсы являются основным средством производства. Оперативный и объективный контроль использования земельных ресурсов с помощью информационных систем и средств космического мониторинга выводит управление аграрным сектором экономики на качественно новый уровень.

Перспективным направлением следует считать применение геоинформационных технологий на региональном уровне управления АПК, внедрение которых связано с формированием геоинформационных систем (ГИС) [1–4]. Создание подобных систем в настоящее время является одним из самых эффективных способов совершенствования систем управления развитием сельского хозяйства и сельских территорий на уровне районов и регионов.

В 2014 г. первый проект по созданию региональной системы ГИС АПК был реализован и в Саратовской области. Данный проект являлся первым этапом работы по внедрению ГИС-технологий и предполагал формирование баз данных необходимой информации, прежде всего полной базы данных и карты пахотных угодий, включающей все обрабатываемые и необрабатываемые поля. Анализ использования земельных ресурсов сельскохозяйственными товаропроизводителями Саратовской области был одной из главных задач реализации данного проекта.

### ***1. Основные задачи региональной ГИС АПК***

В рамках реализации проекта по созданию региональной ГИС АПК по заданию министерства сельского хозяйства Саратовской области в 2014 г. проводилась работа по созданию экспертных баз данных агропромышленного комплекса Аркадакского, Аткарского, Балашовского, Екатериновского, Петровского, Романовского, Ртищевского, Самойловского, Турковского муниципальных районов Саратовской области. В ходе реализации проекта были поставлены задачи по формированию следующих баз данных:

- база данных космических снимков высокого пространственного разрешения;
- база данных векторных слоев контуров участков всех пахотных земель (пашни);
- база данных всех сельскохозяйственных товаропроизводителей районов: сельскохозяйственных организаций (СО) и К(Ф)Х;
- база данных сельскохозяйственных товаропроизводителей, связанная с векторным слоем контуров участков пахотных земель (пашни).

Сформированные экспертные базы данных при наличии ресурсов и проведении организационной работы позволяют решать следующие задачи:

- ведение централизованного учета пахотных земель, их инвентаризация, мониторинг состояния и использования, подготовка необходимой аналитической информации;
- проведение регулярного дистанционного спутникового зондирования полей для мониторинга состояния посевов и фактического использования пахотных земель;
- агрегация и необходимая обработка информации по производственным, финансово-экономическим, социальным и другим показателям на различных уровнях: поле (участок), предприятие или хозяйство, сельское муниципальное образование, муниципальный район, регион как субъект Российской Федерации;
- информационная поддержка принятия управленческих решений, связанных с развитием агропромышленного комплекса и сельских территорий Саратовской области;
- предоставление государственных информационных ресурсов о пахотных землях федеральным органам исполнительной власти, органам исполнительной

власти субъектов РФ, органам местного самоуправления, сельскохозяйственным товаропроизводителям, а также иным заинтересованным лицам.

Сформированные экспертные базы данных являются основой ГИС АПК Саратовской области, которая может выступать эффективным инструментом управления использованием земель сельскохозяйственного назначения не только на территории девяти вышеуказанных муниципальных районов, но и в остальных районах Саратовской области [5].

Для полноценной работы данной системы необходимо, чтобы она постоянно наполнялась необходимыми данными, к основным из которых следует отнести: оперативные отчеты и информацию районных управлений сельского хозяйства, получаемые непосредственно от сельскохозяйственных товаропроизводителей; данные годовых отчетов из системы «Свод АПК»; статистические данные предпринимателей, предприятий и организаций АПК; данные из информационной базы Росреестра об оформлении сельскохозяйственных земель и земель прочих категорий; данные спутникового космического мониторинга сельскохозяйственных угодий; данные состояния полей от служб фитосанитарного контроля; данные о состоянии плодородия полей от агрохимических служб, проводящих обследование; данные министерства сельского хозяйства и других ведомств о проектах и результатах развития сельскохозяйственного производства и сельских территорий, а также другие необходимые данные. Наполнение и актуализация данных ГИС-системы возможны как в ручном, так и в автоматическом режиме при подключении к ней информационных ресурсов соответствующих служб и ведомств. Поскольку значительный объем информации о состоянии сельского хозяйства и сельских территорий формируется в сельских муниципальных районах, особая роль в обеспечении функционирования Геоинформационной системы АПК Саратовской области отводится районному уровню управления, где формируется основной объем информации для принятия управленческих решений в разрезе каждого хозяйствующего субъекта [6]. Районный уровень управления имеет непосредственную заинтересованность в применении данной ГИС-системы, особенно для контроля за оформлением и использованием земельных ресурсов.

## ***2. Результаты реализации проекта***

В настоящее время, имея в системе по девяти районам базу сельскохозяйственных товаропроизводителей и всех полей, районные органы имеют следующие возможности:

1. Можно вести постоянный мониторинг принадлежности обрабатываемых полей конкретным сельскохозяйственным товаропроизводителям. Сформированные базы включают все поля районов, которые могут быть использованы для ведения сельскохозяйственного производства. В случае изменения собственников или пользователей полей данную информацию можно будет оперативно отразить в базе, сохранив всю историю изменений для каждого поля.

2. Можно проводить постоянный мониторинг процесса оформления полей в собственность или аренду, отслеживать изменение арендаторов и пользователей каждого поля. Синхронизация данных ГИС АПК с информационной базой Росреестра позволяет вести постоянный независимый мониторинг изменения правового статуса сельскохозяйственных земель, загружая в систему актуальные кадастровые выписки Росреестра. Таким образом,

можно получить объективные данные об окончательном оформлении и постановке на кадастровый учет каждого поля или его части. В дальнейшем, регулярно получая выписки Росреестра, можно отслеживать процесс оформления каждого поля по каждому сельскохозяйственному товаропроизводителю.

3. На основании данных сельскохозяйственных товаропроизводителей или на основании объективного контроля можно отслеживать и анализировать в системе информацию о структуре посевных площадей по каждому хозяйству, т.е. знать, что и на каком поле выращивается или не выращивается в каждом году. Подключение к системе различных информационных источников (сельскохозяйственные товаропроизводители, надзорные и контролирурующие службы, спутниковый мониторинг) позволит получить максимально достоверные сведения.

4. Иметь в системе любые необходимые данные по каждому сельскохозяйственному товаропроизводителю (производственные, финансово-экономические, социальные и прочие показатели) и по каждому полю (характеристика поля и уровень его плодородия, результаты агрохимических обследований и т.п.). Система может быть гибко настроена и адаптирована под любые потребности путем создания внутри нее необходимых полей и баз данных для хранения и обработки информации.

5. На основании загруженных в систему показателей можно анализировать и сопоставлять результаты работы хозяйств, оценивать уровень их эффективности и уровень отдачи вкладываемых в их развитие средств, в том числе средств государственной поддержки. ГИС имеет настраиваемый инструментарий для обработки информации как посредством внутреннего функционала, так и через выгрузку информации в необходимых форматах во внешние программные приложения.

6. Можно получать полную информацию о ходе реализации инвестиционных проектов в сфере производства и социальных проектов на территории районов, в том числе фото- и видеоотчеты. Мониторинг реализации инвестиционных проектов в АПК посредством ГИС-технологий позволит повысить качество их выполнения, усилить ответственность их инициаторов и исполнителей на основе контроля за ходом их выполнения в режиме реального времени не только со стороны государственных структур, но и, в случае необходимости, со стороны общества через предоставление открытого доступа к определенной информации баз ГИС.

7. Появляется возможность сформировать инвестиционные площадки (неиспользуемые земли, объекты, производственные мощности и т.п.) и предоставить необходимую информацию о них для потенциальных инвесторов в открытом доступе через сеть Интернет. Данное направление использования ГИС очень перспективно для решения задач вовлечения в хозяйственный оборот всех неиспользуемых земельных и прочих материальных ресурсов. Предоставление в свободном доступе для потенциальных инвесторов информации об имеющихся в районах потенциальных объектах для инвестирования позволит существенно активизировать инвестиционные процессы в отрасли.

Вся информация, формируемая на районном уровне в Геоинформационной системе, может быть моментально доступна на региональном уровне министерству сельского хозяйства, другим заинтересованным структурам и организациям. Таким образом, интегрированные базы данных ГИС АПК позволят наладить эффективный межведомственный информационный обмен в системе государственного управления.

### 3. Перспективы и возможности использования ГИС АПК Саратовской области

Применение в управлении АПК Саратовской области на региональном и районном уровнях геоинформационной системы может осуществляться по различным направлениям. Помимо использования ГИС-технологий для инвентаризации и управления земельными ресурсами, ГИС АПК Саратовской области предоставляет большие возможности и широкий инструментарий для анализа производственных и финансово-экономических показателей функционирования регионального АПК в разрезе районов и отдельных сельскохозяйственных товаропроизводителей. В сформированной ГИС АПК Саратовской области по девяти районам сформированы производственно-экономические паспорта, включающие технологические характеристики и экономические показатели. Экономические показатели паспортов районов сгенерированы на основе выгрузки из системы «Свод отчетов АПК» и представляют собой сводные показатели районных АПК, полученные на основе объединения показателей отдельных сельскохозяйственных товаропроизводителей района из представляемой ими отчетности.

ГИС АПК позволяет не только сводить необходимые производственные и финансово-экономические показатели в разрезе предприятий, районов и региона, но и осуществлять анализ, позволяющий делать определенные выводы. Анализ экономических показателей из паспортов районов в рамках представленной отчетности позволил выявить значительную вариацию показателей эффективности использования пашни в районах, несмотря на примерно одинаковые природные и погодно-климатические условия ведения сельскохозяйственного производства. Средние удельные показатели выручки и производственных затрат по сравниваемым районам за 2013–2015 гг. колеблются в значительных пределах (рис. 1).

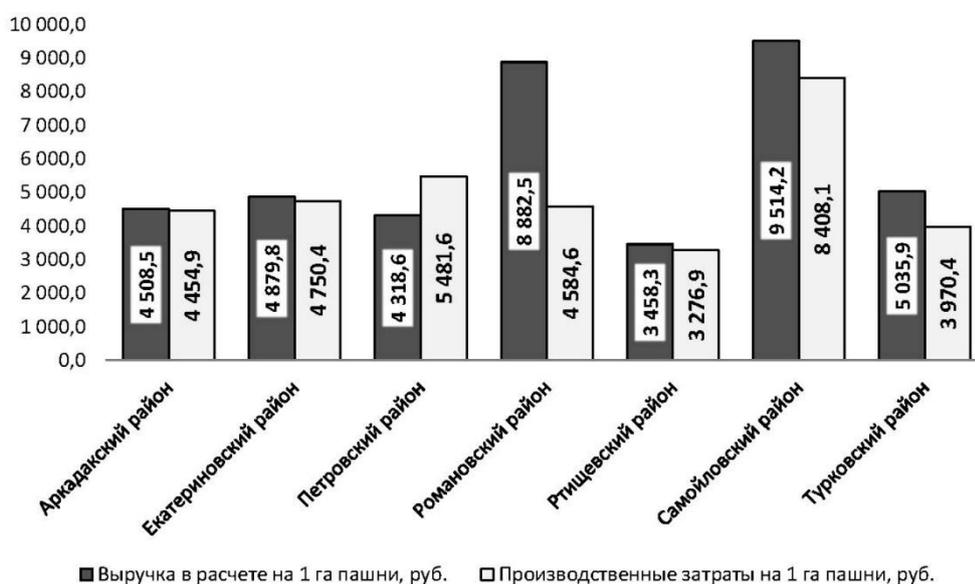


Рис. 1. Выручка и производственные затраты в расчете на 1 га пашни, руб.

Значительная вариация наблюдается также по показателю «Прибыль/убыток» в расчете на 1 га пашни (рис. 2).

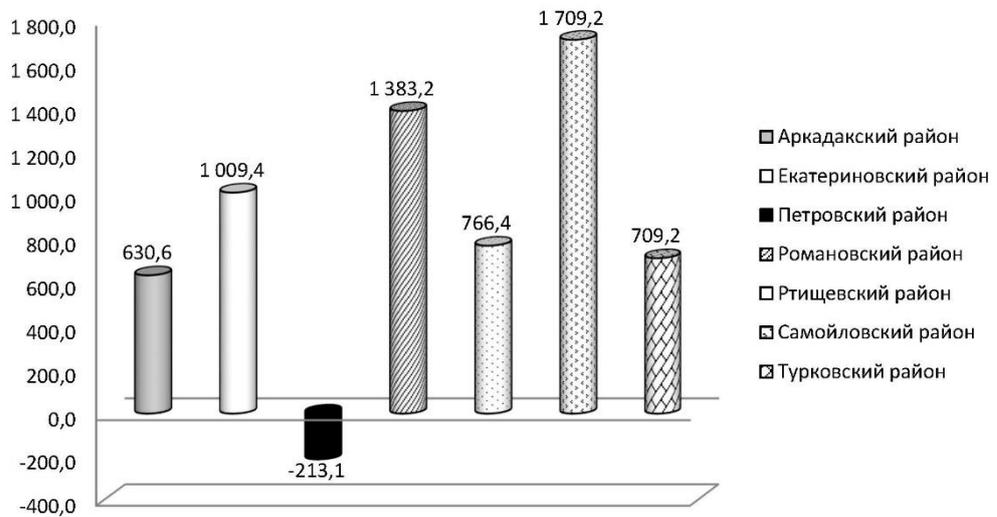


Рис. 2. Прибыль/убыток в расчете на 1 га пашни, руб.

Различная результативность сельскохозяйственного производства обуславливает разную эффективность использования бюджетных средств, которые включают все виды государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей в регионе. Их соотношение с объемами всех видов налогов и платежей, перечисляемых сельскохозяйственными товаропроизводителями в бюджеты и внебюджетные фонды всех уровней, также существенно варьируется в анализируемых районах (рис. 3).

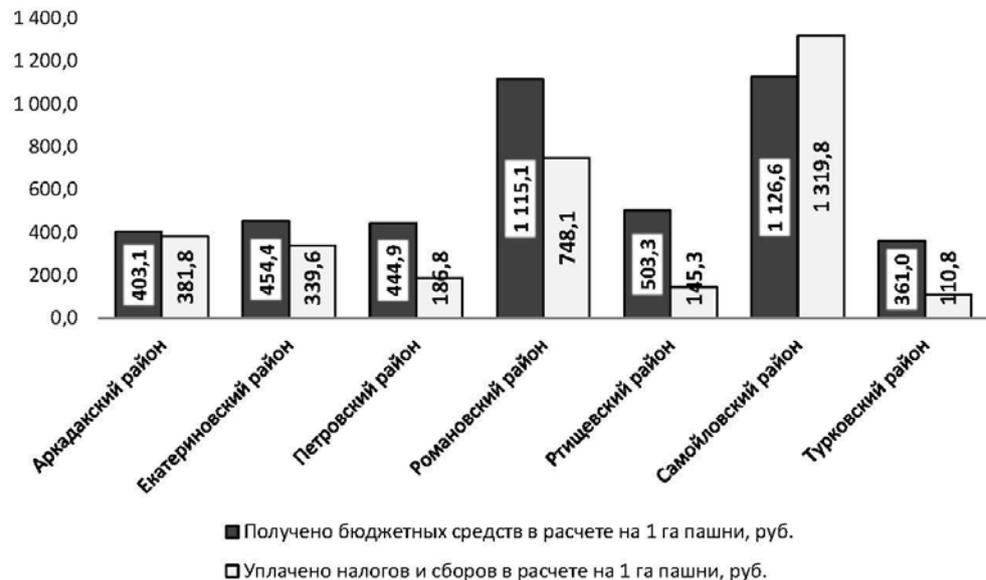


Рис. 3. Получение бюджетных средств и поступление налогов в расчете на 1 га пашни, руб.

Коэффициент отношения налоговых поступлений к получаемым бюджетным средствам в расчете на 1 га пашни изменяется также в значительных пределах: от 4,2 в Балашовском до 0,3 в Ртищевском и Турковском районах (рис. 4).

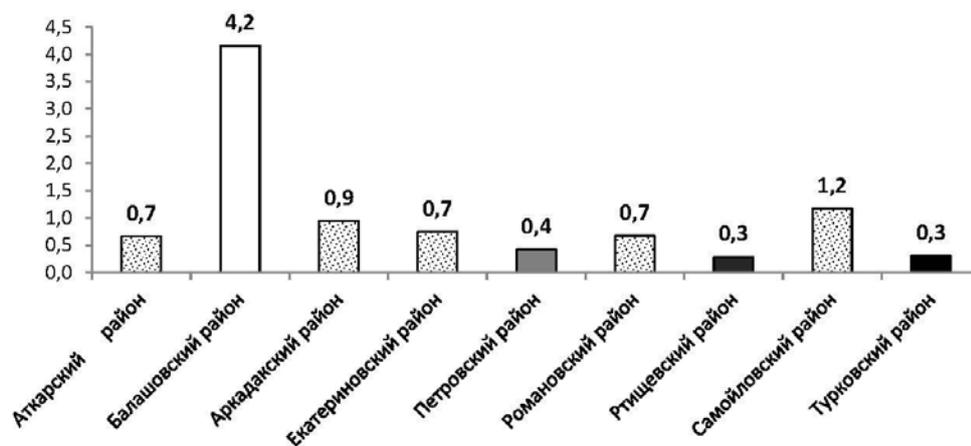


Рис. 4. Отношение налоговых поступлений к получаемым бюджетным средствам в расчете на 1 га пашни

Результаты проведенного сравнительного анализа представленных показателей в рассматриваемых районах с помощью ГИС-системы подтверждают наличие значительных внутренних резервов повышения эффективности использования пашни и сельскохозяйственных земель. Получение различных результатов в одинаковых внешних природно-климатических и экономических условиях свидетельствует о разном уровне эффективности управления агробизнесом, о возможностях улучшения показателей в проблемных районах и сельских территориях Саратовской области. Инструментарий ГИС можно эффективно использовать при дифференциации государственной поддержки сельскохозяйственных товаропроизводителей для достижения максимально возможной отдачи от вкладываемых в развитие отрасли государственных средств в виде прироста ВВП и налоговых поступлений в бюджеты региона всех уровней. Для этого необходимо провести более глубокое исследование причин различия в уровне эффективности использования земли с выявлением резервов и подготовкой предложений по каждому из районов на основе использования ГИС-технологий.

### *Заключение*

Опыт реализации проектов по созданию региональных ГИС АПК показывает, что для полноценного внедрения ГИС-технологий в управление АПК Саратовской области целесообразно решить вопрос о создании Регионального геоаналитического (ситуационного) центра АПК региона. Данный центр позволит решить задачу мониторинга использования сельскохозяйственных земель, продолжить работу по проведению инвентаризации земель и актуализации данных по землепользователям. Центр будет являться важным звеном в системе регионального управления АПК и оказывать эффективную информационную поддержку в проведении эффективной аграрной политики на терри-

тории региона, обеспечит координацию межведомственного информационного взаимодействия органов управления АПК и других заинтересованных структур в регионе, будет способствовать устойчивому развитию сельских территорий, повышению конкурентоспособности и эффективности агропромышленного комплекса Саратовской области. На первоначальном этапе можно не создавать отдельную структуру. Роль данного центра может выполнять региональная информационно-консультационная служба АПК Саратовской области, которая финансируется из средств регионального бюджета через министерство сельского хозяйства и выступает в настоящее время основным координатором продолжающегося проекта создания региональной ГИС АПК Саратовской области. В дальнейшем возможно закрепление функций геоаналитического центра за службой на постоянной основе с выстраиванием механизма ее взаимодействия с администрациями и заинтересованными структурами муниципальных районов.

### *Список литературы*

1. Бутырин, В. В. Основные задачи стратегического планирования в системе управления сельскохозяйственными предприятиями / В. В. Бутырин, Н. А. Романова, В. С. Горбунов // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2010. – № 4. – С. 30–33.
2. Бутырин, В. В. Условия и возможности развития агробизнеса / В. В. Бутырин, Н. А. Романова, А. Д. Балычев, В. С. Горбунов // Вестник Самарского государственного экономического университета. – 2010. – № 64. – С. 23–26.
3. Моренова, Е. А. Инновационное развитие АПК России в условиях международных санкций / Е. А. Моренова, Е. В. Черненко, Ю. А. Бутырина // Аграрный научный журнал. – 2016. – № 5. – С. 95–99.
4. Мурашова, А. С. Особенности развития инновационной деятельности в сельском хозяйстве / А. С. Мурашова // Вестник Саратовского государственного аграрного университета им. Н. И. Вавилова. – 2008. – № 2. – С. 99–101.
5. Темников, В. Н. Применение геоинформационных систем в сельском хозяйстве России / В. Н. Темников // Никоновские чтения. – 2008. – № 13. – С. 614–617.
6. Чернов, А. В. Региональная ГИС агропромышленного комплекса / А. В. Чернов, Н. И. Глузов // Пространственные данные. – 2008. – № 4. – URL: <http://gisa.ru/49184.html>

---

**Бутырин Василий Владимирович**  
доктор экономических наук, профессор,  
кафедра организации производства  
и управления бизнесом в АПК,  
Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова  
E-mail: [agro-bvv@bk.ru](mailto:agro-bvv@bk.ru)

**Butyrin Vasily Vladimirovich**  
doctor of economic sciences, professor,  
sub-department of organization  
of production and business management  
in agrarian and industrial complex,  
Saratov State Agrarian University  
named after N. I. Vavilov

**Бутырина Юлия Александровна**  
кандидат экономических наук, доцент,  
кафедра организации производства  
и управления бизнесом в АПК,  
Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова  
E-mail: [9272211275@mail.ru](mailto:9272211275@mail.ru)

**Butyrina Yulia Alexandrovna**  
candidate of economic sciences,  
associate professor,  
sub-department of organization  
of production and business management  
in agrarian and industrial complex,  
Saratov State Agrarian University  
named after N. I. Vavilov

***Моренова Елена Александровна***

кандидат экономических наук, доцент,  
кафедра менеджмента в АПК,  
Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова  
E-mail: morenowa@yandex.ru

***Morenova Elena Alexandrovna***

candidate of economic sciences,  
associate professor,  
sub-department of management  
in agrarian and industrial complex,  
Saratov State Agrarian University  
named after N. I. Vavilov

***Черненко Елена Владимировна***

старший преподаватель,  
кафедра менеджмента в АПК,  
Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова  
E-mail: el.chernenko@yandex.ru

***Chernenko Elena Vladimirovna***

senior lecturer,  
sub-department of management  
in agrarian and industrial complex,  
Saratov State Agrarian University  
named after N. I. Vavilov

---

УДК 631. 152

**Бутырин, В. В.**

**Геоинформационные технологии в управлении агроэкономикой** / В. В. Бутырин, Ю. А. Бутырина, Е. А. Моренова, Е. В. Черненко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 4–13.

**СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
И ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*А. В. Власов, М. М. Абреков*

**CURRENT STATE OF ECONOMIC AND SOCIAL PROCESSES  
IN RUSSIAN FEDERATION**

*A. V. Vlasov, M. M. Abrekov*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* В течение последних двух лет происходили колебания на рынке нефти, которые отрицательно сказались на экономическом состоянии Российской Федерации. Цель данного исследования – экспертная оценка основных индикативных показателей нынешнего состояния и краткосрочного планирования экономики России. *Материалы и методы.* Реализация поставленных целей достигнута за счет экспертной оценки темпов роста ВВП, темпов роста промышленного производства, индекса несчастья и других важнейших макроэкономических показателей. *Результаты.* В данной статье авторами определена негативная тенденция в темпах роста ВВП; раскрыта сущность сокращения объема резервного фонда; делаются предварительные выводы о перспективах развития ситуации в экономике (2017–2019 гг.); рассчитана корреляция между индексом несчастья и показателем социальной обеспеченности. *Выводы.* Авторами делаются экспертные выводы в отношении необходимости увеличения объема инвестиций за счет снижения размера ключевой ставки, а также совершенствования механизма и технологий взаимодействия органов власти, бизнеса и науки.

**Ключевые слова:** экономика, планирование в экономике, ВВП, индекс несчастья, социальные процессы, общественные процессы, Российская Федерация (Россия).

**Abstract.** *Background.* In the last two years have seen fluctuations in the oil market, which adversely affected the economic condition of the Russian Federation. The purpose of this study was to review and evaluate key indicators indicative of the current state and short-term planning of the Russian economy. *Materials and methods.* The implementation of the goals achieved through expert assessments of GDP growth, the growth rate of industrial production, misery index and other important macroeconomic indicators. *Results.* In this article, the authors identified a negative trend in GDP growth; the essence of the reduction of the amount of the reserve Fund; made preliminary conclusions on the future development of the situation in the economy (2017–2019 biennium.); designed, int between misery index and indicator of social security. *Conclusions.* The authors are expert conclusions in relation to the need to increase the volume of investments by reducing the size of the key rate as well as improvement of mechanisms and technologies of interaction between authorities, business and science.

**Key words:** economics, planning in the economy, GDP, misery index, social processes, public processes, Russian Federation.

Говорю безо всяких – спад экономики  
еще не полностью пошел на подъем.

*В. С. Черномырдин*

**Введение**

Российская Федерация является одной из крупнейших экономик в мире. По размеру ВВП на душу населения Россия занимает шестое место среди промышленно-развитых стран. Кроме того, Россия – один из крупнейших

экспортеров в мире (экспорт в 2015 г. – более 333,5 млрд долл.). Экспорт по большей части выражается продажей сырья и его вывозом. По выражению известного публициста и телеведущего М. В. Леонтьева, Россия – сырьевая супердержава. Это положение было закреплено за государством на протяжении многих веков, что подтверждает недостаточную дифференциацию промышленности.

Целью статьи является оценка экономического положения страны, в том числе темпов роста ВВП; промышленного производства; уровня жизни населения; индекса счастья; доходов и расходов федерального бюджета; фондов социального страхования (социальных фондов).

Темпы роста ВВП в России в 2016 г. по отношению к аналогичному периоду 2015 г. показывают (рис. 1), что в I квартале произошел спад на 1,2 %, во II квартале – спад на 0,6 %, а спад в III квартале, согласно предварительной оценке Росстата, составил 0,5 %. В целом, рассматривая темпы роста ВВП в 2016 г., можно утверждать, что имеется тенденция к стабилизации экономики.

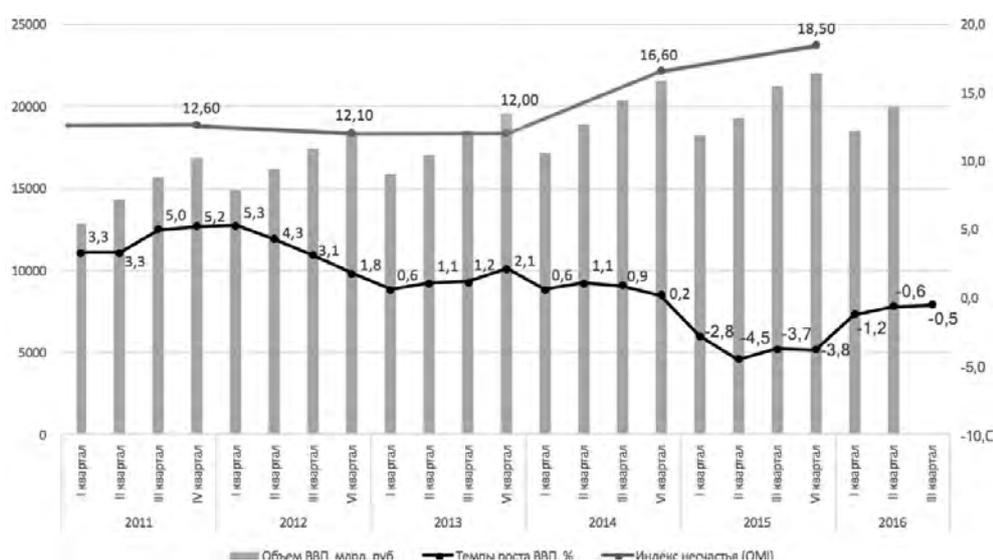


Рис. 1. Динамика ВВП России и индекса счастья Оукена (ОМИ) [1]

Ранее главный экономист, заместитель председателя Государственной корпорации «Внешэкономбанк» А. Н. Клепач предположил, что рост ВВП России в III квартале 2016 г. с очисткой от сезонности может составить 0,2 %.

Минэкономразвития предполагает следующий прогноз ВВП в 2016 г.: спад на 0,6 %, а уже в 2017–2019 гг. ожидается рост соответственно на 0,6; 1,7 и 2,1 % [2].

По мнению авторов, замедление темпов снижения ВВП в 2016 г. произошло и будет продолжаться в связи с проведением мер по обеспечению стабильного социально-экономического развития [3], а также в связи с осуществлением контроля в важнейших секторах экономики.

После рассмотрения таких показателей, как международные резервы и резервный фонд, которые способствуют стабильности экономического развития страны при ухудшении ситуации на мировых рынках и возникновении

кризисов, проявляется вся сложность финансового положения страны. Так, объем резервного фонда на ноябрь 2016 г. составляет 31,66 млрд долл., что на 18,29 млрд долл. меньше, чем в январе [4]. Международные резервы Российской Федерации на 25 ноября 2016 г. составили 385,7 млрд долл. США, тогда как в январе они равнялись 368 млрд [5].

Резервный фонд призван обеспечивать выполнение государством своих расходных обязательств в случае снижения поступлений нефтегазовых доходов в федеральный бюджет. В последние два года средняя цена нефти сорта Urals варьировалась в пределах от 39 (2016 г.) до 51 (2015 г.) долл. за баррель, когда в более стабильные времена цена нефти варьировалась в пределах от 97,65 (2014 г.) до 110 (2012 г.) долл. за баррель. Поэтому не удивительно, что объем средств резервного фонда за два года кризиса сократился почти в 3 раза: в ноябре 2016 г. – 31,66 млрд долл. (при значении 90 млрд в ноябре 2014 г.) [4]. При сохранении данных тенденций Резервный фонд в 2017 г. будет исчерпан, в связи с этим Министерству финансов РФ необходимо либо уменьшать затраты из Резервного фонда, чтобы растянуть время его использования, либо увеличить приток средств в фонд.

Министр финансов РФ А. Г. Силуанов заявил: «Мы будем сокращать траты Резервного фонда с тем, чтобы обеспечить его наличие в 2019 и в последующие годы, а бюджетное правило позволит пополнять его при наличии благоприятной конъюнктуры. Бюджет на предстоящую трехлетку – это бюджет, который позволит обеспечить экономическую стабильность, и бюджет, который нацелен на развитие нашей экономики» [6].

Прирост промышленного производства в РФ в январе–октябре 2016 г. составил 0,3 % по сравнению с соответствующим периодом 2015 г. По мнению авторов, этот результат является лучшим за последние два года, так как прирост промышленного производства в РФ в январе–декабре 2015 г. по сравнению с соответствующим периодом 2014 г. был отрицательным (–3,4 %). Лидерами по темпам производства за январь–октябрь 2016 г. по сравнению с соответствующим периодом 2015 г. стали такие производства, как выпуск резины (темп прироста 105,6 %); химическое производство (темп прироста 104,4 %); производство кожи, изделий из кожи и производство обуви (темп прироста 106,2 %); текстильное и швейное производство (темп прироста 104,2 %) [7]. Специалисты утверждают, что причиной благоприятных перемен выступила стабилизация внешних факторов влияния на общеэкономическое положение рынка, таких как цены на энергоносители. Согласно прогнозу Минэкономразвития прирост промышленного производства в 2016 г. составит 0,4 %, в 2017 г. – 1,1 %, в 2018 г. – 1,7 %, в 2019 г. – 2,1 % [8].

Можно утверждать, что уровень жизни населения снизился, так как за январь–октябрь 2016 г. по сравнению с соответствующим периодом 2015 г. денежные доходы населения увеличились на 1,9 %, расходы на покупку товаров и оплату услуг увеличились на 3,6 %, а сбережения снизились на 6,7 %.

Прирост оборота розничной торговли за период с января по октябрь 2016 г. по сравнению с соответствующим показателем 2015 г. сократился на 5,3 % и составил 22782,4 млрд руб. Сокращение прироста оборота розничной торговли связано с понижением потребительского спроса, который

в свою очередь снизился в связи с сокращением реальных располагаемых доходов на 5,3 % за январь–октябрь 2016 г. (по сравнению с аналогичным периодом 2015 г.) [9].

Согласно прогнозу Минэкономразвития в совокупности за 2016 г. предполагается снижение оборота розничной торговли на 4,6 % с последующим ростом на 0,6 % в 2017 г., 1,1 % в 2018 г. и 1,8 % в 2019 г. Реальные располагаемые доходы в 2016 г. снизятся на 5,6 %, а в 2017–2019 гг. вырастут всего на 0,2; 0,5, 0,8 % соответственно [8].

На протяжении 20 лет торговый баланс России имеет положительное сальдо. Сальдо торгового баланса в январе–сентябре 2016 г. составило 63 100 млн долл., но относительно данного периода предыдущего года снизилось на 46,6 % [10]. Внешнеторговый оборот в январе–сентябре 2016 г. составил 335,9 млрд долл., что на 16,5 % меньше показателя данного периода прошлого года, экспорт снизился на 23,4 %, импорт – на 4 %. Если задаться вопросом: почему внешнеторговый оборот снизился на 16,5 %, то самым приемлемым ответом выступает то, что средняя цена на нефть в 2016 г. упала до 39\$ за баррель, тогда как в 2015 г. она составляла 51\$ за баррель.

Кризис платежного баланса, по мнению М. С. Орешкина, заместителя министра финансов, испытывает шок, который сильнее шока позднего СССР, 1980-х гг. С точки зрения платежного баланса (на конец 2015 г.) экономика адаптировалась, но серьезные риски, которые Минфин не замечает, сохранились [11].

Инфляция за январь–октябрь 2016 г. составила 4,5 %, тогда как за этот же период в 2015 г. инфляция была равна 11,2 %. Такое уменьшение инфляции связано со снижением располагаемых доходов и умеренно-жесткой денежно-кредитной политикой Центрального банка Российской Федерации (Банк России) [9]. «Умеренно-жесткая денежно-кредитная политика означает, что процентные ставки в экономике, включая ключевую ставку, будут на несколько процентных пунктов превышать инфляцию», – сообщила Э. С. Набиуллина, глава Банка России.

В связи с замедлением инфляции и снижением инфляционных ожиданий при данной неустойчивой экономической активности совет директоров Банка России 16 сентября 2016 г. снизил ключевую ставку до 10 %, в результате чего должно произойти незначительное снижение ставок по кредитам, что в некоторой степени увеличит спрос на кредиты.

А. В. Улюкаев, экс-министр Министерства экономического развития РФ, дал следующий прогноз по инфляции: «Максимально, я думаю, что 5,8 % будет (инфляция по итогам года). Может, и немножко меньше. У нас сейчас 4,1 % накопленная инфляция с начала года, а к соответствующему периоду прошлого года – 6,4 %. Три оставшихся месяца будет примерно по 0,4 %, декабрь, может, чуть больше – 0,5 %. Все вместе это дает 5,4–5,5 % по итогам года» [12].

Согласно прогнозу Минэкономразвития инфляция при базовом сценарии в 2016 г. составит 5,8 %, в 2017–2019 гг. – 4 %.

Уровень безработицы с декабря 2015 г. по февраль 2016 г. в стране составлял 5,8 %, но в марте вырос до 6 %. Это связано с тем, что количество безработных в марте увеличилось на 138 тыс. человек по сравнению с февралем, и это было весьма странным явлением, после того как в 2015–2016 гг.

наблюдались колебания численности безработных в пределах 10–30 тыс. человек [9].

Уровень безработицы на октябрь 2016 г. составил 5,4 %, в первую очередь это связано с сокращением количества безработных по сравнению с мартом на 464 тыс. людей и увеличением числа занятых на 971 тыс. людей в условиях ограниченных возможностей для развития и модернизации производств и медленного роста экономики [13].

«Безработица в течение 2016–2017 гг. не будет иметь ярко выраженную динамику и стабилизируется на уровне 2015 г. – 5,9 % от рабочей силы. В 2018 г. по мере восстановления экономики безработица начнет снижаться и к 2019 г. составит 5,7 % от рабочей силы», – спрогнозировали эксперты Минэкономразвития.

Согласно табл. 1 доходы федерального бюджета РФ в 2015 г. по сравнению с 2014 г. сократились на 5,8 %, а в 2016 г. сократятся на 7,8 %, в планируемом 2017 г. – на 7,3 %, в 2018 г. – на 3,5 %, а уже в 2019 г. произойдет увеличение доходов на 2,3 %. Данная динамика объясняется снижением доходов от нефтегазовых поступлений, что в свою очередь произошло в связи с падением цен на нефть сорта Urals. Таким образом, объем нефтегазовых поступлений по результатам исполнения федерального бюджета 2015 г. сократился на 21,1 % по сравнению с 2014 г., в нынешнем 2016 г., согласно ФЗ «О федеральном бюджете 2016 года», нефтегазовые доходы сократятся на 35,7 %, а сокращение нефтегазовых доходов в 2017–2019 гг., согласно проекту ФЗ «О федеральном бюджете на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 гг.», составит соответственно 32,3; 31 и 27,8 %.

Таблица 1

Федеральный бюджет РФ, 2014–2019 гг., в млрд руб.

Источник	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	ФЗ от 05.10.2015 № 276-ФЗ «Об исполнении федерального бюджета за 2014 год»	ФЗ от 31.10.2016 № 377-ФЗ «Об исполнении федерального бюджета за 2015 год»	ФЗ от 14.12.2015 № 359-ФЗ «О федеральном бюджете на 2016 год»	Проект ФЗ «О федеральном бюджете на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов»		
1	2	3	4	5		
<b>Доходы</b>	<b>14496,9</b>	<b>13659,2</b>	<b>13368,6</b>	<b>13437</b>	<b>13989</b>	<b>14825</b>
<b>Нефтегазовые доходы</b>	7433,8	5862,6	4777,6	5029	5133	5370
<b>Ненефтегазовые доходы</b>	7063,1	7796,6	8591	8408	8856	9455
НДС на товары, реализуемые на территории РФ	2181	2448	2637	2888	3205	3559
НДС на ввозимые на территорию РФ	1750	1785	1910	2001	2119	2265

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5		
Акцизы на товары, производимые на территории РФ	521	528	623	791	854	894
Налог на прибыль организаций	411	491	465	599	635	686
Ввозные пошлины	652	565	542	529	538	558
Остальные поступления	1548,1	1979,6	2414	1600	1505	1493
<b>Расходы</b>	<b>14831,6</b>	<b>15620,3</b>	<b>16403</b>	<b>16181</b>	<b>15978</b>	<b>15964</b>
Общегосударственные вопросы	936	1118	1098	1170	1126	1115
Национальная оборона	2479	3181	3889	2840	2728	2856
Национальная безопасность и правоохранительная деятельность	2086	1966	1943	1968	1945	2007
Национальная экономика	3063	2324	2166	2292	2247	2054
Социальная политика	3452	4265	4631	5080	4962	5054
Образование	638	611	558	568	589	586
Остальные расходы	2177,6	2155,3	2118	2263	2381	2292
<b>Дефицит/Профицит</b>	<b>-334,7</b>	<b>-1961,1</b>	<b>-3034,4</b>	<b>-2744</b>	<b>-1989</b>	<b>-1139</b>

*Источник:* 2014–2015 гг. – фактические значения [7, 14, 15]; 2016 г. – Федеральный закон от 14.12.2015 № 359-ФЗ «О федеральном бюджете на 2016 год» [16]; 2017–2019 гг. – проект Федерального закона «О федеральном бюджете на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов» [17]; <https://www.finam.ru/analysis/forecasts/federalnyiy-byudzhnet-na-2017-2019-gody-o-chem-govoryat-ego-osnovnye-parametry-20161024-13320/>

Отмечается рост нефтегазовых доходов в 2015–2019 гг. (по отношению к 2014 г.) на 10,4; 21,6; 19; 25,4 и 33,9 %. Основными статьями нефтегазовых доходов в 2015 г. оказались: НДС на товары, реализуемые на территории РФ (17,9 % из общей суммы доходов федерального бюджета), и НДС на товары, ввозимые на территорию РФ (13 % из общей суммы доходов федерального бюджета).

Происходит увеличение расходов государства. Так, в 2015 г. по отношению к 2014 г. расходы увеличились на 5,3 %, а в 2016 г. по отношению к 2014 г.

увеличатся на 10,6 %. Также можно наблюдать рост расходов федерального бюджета в прогнозируемых 2017–2019 гг. (по отношению к 2014 г.) соответственно на 9,1; 7,7 и 7,6 %. По мнению авторов, увеличение расходов в 2015 г. связано с увеличением расходов (по отношению к 2014 г.) на национальную оборону на 28,3 %, на социальную политику на 23,6 % и на общегосударственные вопросы на 19,4 %. Увеличение расходов в 2016–2019 гг. также связано с увеличением расходов на общегосударственные вопросы, национальную оборону и социальную политику.

Рост расходов федерального бюджета более высокими темпами, чем темпы роста доходов, вызывало и вызовет появление бюджетного дефицита. Так, по отношению к 2014 г. темпы роста расходов в 2015 г. составили 5,3 %, тогда как темпы роста доходов составляют минус 5,8 %, что вызвало появление дефицита бюджета 1961,1 млрд руб. Аналогичная ситуация будет наблюдаться в 2016–2019 гг. и по прогнозу вызовет дефицит соответственно 3034,4; 2744; 1989; 1139 млрд руб.

А. Н. Клепач заявил, что Россия должна пойти на увеличение бюджетного дефицита для стимулирования экономического роста. Он прокомментировал отсутствие роста: «Если мы хотим переломить эти вещи (отсутствие роста), нам не удастся вписаться в тот бюджет, который есть. Надо идти на увеличение его дефицита. Надо думать, как его финансировать. Уровень долга у нас низкий – 12 % ВВП, можем увеличить» [18].

«Темпы инфляции продолжают замедляться в соответствии с базовым прогнозом Банка России. Этому способствуют сдерживающее влияние спроса, замедление роста издержек и укрепление рубля. Развитие экономической ситуации в целом отвечает нашим ожиданиям», – доложила Э. С. Набиуллина [19].

### *Предварительные выводы*

После рассмотрения нынешнего состояния и прогнозов органов власти можно сделать следующие предварительные выводы о том, что экономика Российской Федерации:

- находится в зависимости от цен на нефть. Поэтому сейчас на первый план выходит необходимость сокращения зависимости бюджета от нефтегазовых поступлений. Сокращение зависимости от нефти можно осуществить за счет интенсификации политики диверсификации (в данное время процесс диверсификации протекает медленно);

- не обладает явным позитивным долгосрочным трендом развития в связи с тем, что имеются такие негативные причины, как отрицательные темпы роста ВВП, сокращение оборота розничной торговли (за январь–октябрь по сравнению с соответствующим периодом 2015 г. на 5,3 %), увеличение дефицита бюджета (на 123,1 % по сравнению с 2015 г. (январь–октябрь)); положительными сторонами выступают снижение уровня официальной безработицы и повышение прироста промышленного производства отраслей (январь–октябрь – 0,3 %), тренд на «выравнивание» ситуации и положительная динамика по отношению к показателям 2015 г.;

- встанет на путь восстановления в 2017 г., поскольку (согласно прогнозам Минэкономразвития) прогнозируемые темпы роста ВВП составят 0,6 %,

произойдет увеличение прироста промышленного производства до 1,1 %, рост оборота розничной торговли составит 0,6 %, инфляция уменьшится до 4 % (если данный прогноз окажется верным, то можно утверждать, что в 2017 г. Банк России уменьшит ключевую ставку на 0,25 % во II и IV кварталах), уровень безработицы не изменится. А. Л. Кудрин подчеркнул, что в ближайшие несколько лет, начиная с 2017 г., Россия будет переживать постепенный экономический рост, а пик («дно») нынешнего кризиса будет пройден [20];

– будет в фазе восстановления в 2018 г., но ее состояние будет лучше, чем в 2017 г. в связи с увеличением темпов роста ВВП до 1,7 %, увеличением прироста промышленного производства до 1,1 %, ростом оборота розничной торговли до 1,1 %, сокращением инфляции до 4 %, а также со снижением уровня безработицы по сравнению с 2017 г.;

– приблизится к фазе экономического роста только в 2019 г. Экономическое состояние страны будет лучше, чем в предшествующие годы в связи с увеличением темпов роста ВВП до 2,1 %, приростом промышленного производства до 2,1 %, ростом оборота розничной торговли на 1,8 %, сокращением инфляции до 4 % и снижением уровня безработицы до 5,7 %.

### **Общественные процессы**

Для оценки влияния инфляции и безработицы на общественные процессы и деятельность социальных фондов использовались макроэкономические индексы: индекс несчастья [21, 22], индекс экономической стабильности [23]. Индекс несчастья Оукена (от англ. *Okun's Misery Index*) состоит из суммы уровня безработицы и уровня инфляции за период. Индекс несчастья Барро дополняет «Оукена» значениями долгосрочных процентных ставок за вычетом темпов роста реального ВВП, рассчитывается как разность значений переменных за период. Индекс экономической стабильности включает волатильность валютного курса национальной денежной единицы (рубля к доллару США), среднегодовой темп инфляции и уровень безработицы.

На основе данных индексов была рассчитана их корреляция с индексом пенсионной и социальной обеспеченности (табл. 2) за период 2011–2015 гг. Индекс пенсионной обеспеченности определялся как отношение дефицита (профицита) Пенсионного фонда РФ к численности населения России в расчете на 10 тыс. человек; индекс социальной обеспеченности – как отношение дефицита (профицита) фондов социального обеспечения к численности населения России в расчете на 10 тыс. человек.

Таблица 2

Корреляция макроэкономических показателей и показателей социальной обеспеченности в Российской Федерации

	Уровень инфляции	Индекс ОМІ*	Индекс ВМІ**	Индекс ЭС***	Процентная ставка	Темп роста ВВП
Индекс пенсионной обеспеченности	-0,8484	-0,8497	-0,8698	-0,5891	-0,7165	0,9767
Индекс социальной	-0,8929	-0,8957	-0,8909	-0,6508	-0,7009	0,9796

обеспеченности						
----------------	--	--	--	--	--	--

**Источник:** составлено А. В. Власовым на основе открытых данных Банка России (<http://cbr.ru/statistics/>), Федеральной службы государственной статистики ([http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/)), Европейской экономической комиссии ([http://www.eurasian-commission.org/ru/act/integr\\_i\\_makroec/dep\\_stat/econstat/Pages/default.aspx](http://www.eurasian-commission.org/ru/act/integr_i_makroec/dep_stat/econstat/Pages/default.aspx)).

\*\* Индекс ОМІ (англ. *Okun's Misery Index*) – индекс несчастья Оукена.

\*\* Индекс ВМІ (англ. *Barro's Misery Index*) – индекс несчастья Барро, который был рассчитан с использованием ставки рефинансирования Банка России (за 2011–2015 гг.).

\*\*\* Индекс ЭС – индекс экономической стабильности.

Данные расчеты показывают прямую прочную связь между изменениями индекса несчастья и пенсионной и социальной обеспеченности (см. табл. 2).

### **Заключение**

Происходящие с рядовыми потребителями России «экстремальные ситуации» – это не случайность, а закономерность. Институциональные иллюзии в отношении ближайшего экономического роста не были обоснованы правительством открыто, доступно и до конца понятно широкой общественности.

Рассматривая общественные процессы с точки зрения социально-экономического генотипа общества [24], можно заметить, что рядовой потребитель сокращает свой рацион потребления, в данных условиях уровень сбережений приближается к уровню потребления. На текущий момент подобные процессы характерны и для всех социальных фондов страны, включая пенсионный.

Для выхода из кризиса необходимо увеличивать объем инвестиций, понижая размер ключевой ставки, которая уже снизилась за 2016 г. до 10 %.

Перспективной является задача совершенствования механизма и технологий взаимодействия органов власти, бизнеса и науки. В продолжение президентской «Научно-технологической инициативы» и «Стратегии научно-технологического развития» необходимо наращивать и поддерживать уровень инвестиций в отечественную промышленность, особенно в модернизацию и обновление производственных фондов, чтобы достойно отвечать на вызовы международной конкуренции и ориентироваться на инновационную экономику.

### **Список литературы**

1. Федеральная служба государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#); [http://www.gks.ru/bgd/free/B04\\_03/lssWWW.exe/Stg/d01/vvp14-m.htm](http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/lssWWW.exe/Stg/d01/vvp14-m.htm) (дата обращения: 20.11.2016).
2. Базовый прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2017 г. и на плановый период 2018 и 2019 гг. – URL: <http://economy.gov.ru/minec/activity/sections/macro/2016241101> (дата обращения: 25.11.2016).

3. Об утверждении Плана действий Правительства России, направленных на обеспечение стабильного социально-экономического развития Российской Федерации в 2016 году. – URL: <http://government.ru/news/22017/> (дата обращения: 01.12.2016).
4. Объем средств резервного фонда. – URL: <http://minfin.ru/ru/performance/reservefund/statistics/volume/> (дата обращения: 01.12.2016).
5. Международные резервы Российской Федерации. – URL: [https://www.cbr.ru/hd\\_base/Default.aspx?Prtid = mrrf\\_7d](https://www.cbr.ru/hd_base/Default.aspx?Prtid = mrrf_7d) (дата обращения: 01.12.2016).
6. Минфин предлагает потратить 1,1 трлн Резервного фонда. – URL: <https://regnum.ru/news/economy/2191911.html> (дата обращения: 01.12.2016).
7. Единый портал бюджетной системы Российской Федерации «Электронный бюджет». – URL: <http://budget.gov.ru> (дата обращения: 01.12.2016).
8. Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2017 год и на плановый период 2018 и 2019 годов. – URL: <http://economy.gov.ru/mines/activity/sections/macro/2016241101> (дата обращения: 01.12.2016).
9. Федеральная служба государственной статистики. – URL: <http://www.gks.ru> (дата обращения: 01.12.2016).
10. Статистика внешнего сектора. – URL: <https://www.cbr.ru/statistics/?Prtid = svb> (дата обращения: 01.12.2016).
11. Шок, который сейчас переживает Россия, сильнее шока позднего СССР. Ведомости. – URL: <http://www.vedomosti.ru/economics/video/2015/12/22/622116-shok-kotorii-seichas-perezhivaet-rossiya-silnee-sssr> (дата обращения: 23.12.2015).
12. Улюкаев: инфляция падает, ВВП растет. – URL: <http://www.vestifinance.ru/articles/76029> (дата обращения: 01.12.2016).
13. Занятость и безработица в Российской Федерации в октябре 2016 года. – URL: [http://www.gks.ru/bgd/free/B04\\_03/IssWWW.exe/Stg/d01/239.htm](http://www.gks.ru/bgd/free/B04_03/IssWWW.exe/Stg/d01/239.htm) (дата обращения: 01.12.2016).
14. Федеральный закон от 5 октября 2015 г. № 276-ФЗ «Об исполнении федерального бюджета за 2014 год». – URL: <http://ivo.garant.ru/# %2Fdocument %2F71208188 %2Fparagraph %2F1 %3A> (дата обращения: 01.12.2016).
15. Федеральный закон от 31 октября 2016 г. № 377-ФЗ «Об исполнении федерального бюджета за 2015 год». – URL: <http://ivo.garant.ru/# %2Fdocument %2F71527398 %2Fparagraph %2F1 %3A8> (дата обращения: 01.12.2016).
16. Федеральный закон от 14 декабря 2015 г. № 359-ФЗ «О федеральном бюджете на 2016 год». – URL: <http://ivo.garant.ru/# %2Fdocument %2F71279990 %2Fparagraph %2F1 %3A10> (дата обращения: 01.12.2016).
17. Федеральный портал проектов нормативно-правовых актов. – URL: <http://regulation.gov.ru> (дата обращения: 01.12.2016).
18. Клепач: государственные расходы сейчас сокращать не стоит. – URL: <http://tass.ru/ekonomika/3669859> (дата обращения: 01.12.2016).
19. Заявление Председателя Банка России Эльвиры Набиуллиной по итогам заседания Совета директоров 16 декабря 2016 года. – URL: <http://cbr.ru/Press/?Prtid = event&id = 807&PrintVersion = Y> (дата обращения: 17.12.2016).
20. Сочи: дела – в гору [Электронный ресурс]. – URL: <https://rg.ru/2016/10/02/vladimir-mau-glavnyj-posyl-mezhdunarodnogo-foruma-v-sochi-investicii.html> (дата обращения: 01.12.2016).
21. Okun, A. M. Potential GNP: Its Measurement and Significance / A. M. Okun // Proceedings of the Business and Economics Statistics Section of American Statistical Association. – 1962. – P. 98–104.
22. Barro, R. J. Reagan vs. Clinton: Who's The Economic Champ? / R. J. Barro // Business Week, Economic Viewpoint. – 1999. – February 22.

23. Балацкий, Е. В. Оценка институционального развития России / Е. В. Балацкий, Н. А. Екимова. – М. : Перо, 2016.
24. Майминас, Е. З. Социально-экономический генотип общества / Е. З. Майминас // Вестник Московского университета. Сер. 6. Экономика. – 2016. – № 4. – С. 186–204.
- 

***Власов Андрей Васильевич***

ассистент,  
Департамент экономической теории,  
Финансовый университет  
при Правительстве Российской  
Федерации;  
консультант,  
DeMontroyal  
E-mail: avvlasov@fa.ru

***Vlasov Andrey Vasilyevich***

assistant,  
Department of economic theory,  
Financial University of the Government  
of the Russian Federation;  
consultant,  
DeMontroyal

***Абреков Магомед Мекерович***

специалист,  
DeMontroyal  
E-mail: study@demontroyal.com

***Abrekov Magomed Mekerovich***

specialist,  
DeMontroyal

---

УДК 330, 338, 303.024, 316.62

**Власов, А. В.**

**Современное состояние экономических и общественных процессов в Российской Федерации** / А. В. Власов, М. М. Абреков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 14–24.

**РЕСУРСНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ МЕХАНИЗМА  
ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ  
СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИМИ  
ПРОЦЕССАМИ НА УРОВНЕ ГОРОДА<sup>1</sup>**

*М. С. Ломовцев, Я. Я. Кайль, А. В. Заволженский*

**RESOURCE POTENTIAL OF INTEGRATED  
MANAGEMENT MECHANISM OF SOCIO-ECONOMIC  
PROCESSES ON THE CITY LEVEL**

*M. S. Lomovtsev, Ja. Ja. Kayl, A. V. Zavolzhenskiy*

*Аннотация.* Актуальность и цели. На современном этапе основным условием развития города и повышения его инвестиционной привлекательности является использование механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами на уровне города. При этом ресурсный потенциал самой территории становится ключевым объектом управления и фактором роста экономики города и комфорта проживания в нем сообщества. В качестве ключевого элемента территориального потенциала города определены объекты землеустройства. Потенциал представляет собой интегрированную совокупность качественно различных факторов. Необходимость распределения, учета и использования территориального потенциала города в целях комплексного развития территории, повышения эффективности использования земельных ресурсов, налаживания системы информационного взаимодействия и, как результат, формирования неотъемлемого элемента механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами на уровне города определяет актуальность исследований в данной области. *Материалы и методы.* Реализация задач достигнута путем использования материалов государственного кадастрового учета недвижимого имущества, осуществляемого филиалом ФГУ ФКП Росреестра по Волгоградской области. В работе используется аналитический метод, а также изучается статистический материал Федерального агентства государственной статистики (Росстат). *Результаты.* В результате исследования определены ключевые проблемы формирования и использования территориального потенциала как основы эффективного развития на основе создания механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами на уровне города и намечены направления их решения. *Выводы.* Решение ключевых проблем формирования и использования территориального потенциала города должно стать отправной точкой в построении механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами в части территориальной составляющей ресурсного потенциала города. Основным инструментом достижения поставленной цели социально-экономического развития города в данном случае является обеспечение взаимодействия города с внешней и внутренней средой, которое позволит поддерживать и использовать его потенциал на высоком уровне.

*Ключевые слова:* ресурсный потенциал, территориальный потенциал города, механизм интегрированного управления, социально-экономические процессы, государственный кадастр недвижимости, объекты землеустройства.

---

<sup>1</sup> Публикация подготовлена в рамках поддержанного РГНФ научного проекта № 16-12-34014 «Механизмы повышения результативности и эффективности публичного управления социально-экономическими процессами на уровне города в системе показателей комфортности и энергоэффективности жизнедеятельности населения».

**Abstract. Background.** The integrated management mechanism of socio-economic processes is a basic condition for the development of the city at the present stage. Resource potential of the city is becoming a key object of management and a growth factor of the city economy and community's comfort of living. The territorial potential of the city defined as a key element of the objects of land management. Potential is an integrated set of qualitatively different factors. Actuality of research is determined by necessity of allocation, registration and use of the territorial potential of the city. This will enable to develop the territory, to improve the efficiency of land use, to establish a system of information interaction, to form part of the integrated management mechanism of socio-economic processes at the city level. **Materials and methods.** The realization of the objectives achieved by use of materials of the state cadastre of immovable property carried out by the branch of Federal cadastral chamber in the Volgograd region. This study uses the analytical method, and examined the statistical material of the Federal Agency of state statistics (Rosstat). **Results.** In the result of the study the key problems of formation and use of the territorial potential, as a basis for effective development through a mechanism of integrated management mechanism of socio-economic processes at the city level were identified, and directions of their solution were scheduled. **Conclusions.** The decision of key problems of formation and use of the territorial potential of the city should be the starting point in building an integrated management mechanism of socio-economic processes in terms of land use component of the resource potential of the city. Maintenance of interaction of the city with internal and external environment is the main tool for achieving socio-economic development of the city. It will allow to maintain and use the potential of the city at a high level.

**Key words:** resource potential, territorial potential, mechanism of integrated management, socio-economic processes, state cadastre of real estate, objects of land management.

### ***Введение***

Формирование и использование эффективного механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами становится определяющим фактором развития и роста инвестиционной привлекательности города как социально-экономической системы. Совокупный ресурсный потенциал территории является основой ее развития и одновременно ключевым объектом управления. Рост экономики города и, как следствие, повышение комфортности проживающего в нем сообщества напрямую зависят от использования имеющегося ресурсного потенциала.

#### ***1. Понятие ресурсного потенциала***

Раскрывая понятие ресурсного потенциала, следует отметить, что совокупный ресурсный потенциал группирует ресурсы и является целостным выражением возможностей территории к развитию. Выделяют следующие агрегированные виды потенциалов города: территориальный, человеческий, инфраструктурный, образовательный, научный, культурный, информационный, организационно-управленческий, экономический [1]. В рамках данной статьи рассмотрен подробно территориальный потенциал как основа функционирования и развития города.

#### ***2. Объекты землеустройства как ключевой элемент территориального потенциала города***

Выделяя аспекты совокупного ресурсного потенциала, важно помнить, что в отличие от ресурсов потенциал всегда есть интегрированная совокупность качественно различных факторов. Следовательно, для выделения тер-

риториального потенциала города необходимо не только провести его ревизию, но и осмыслить имеющиеся законодательные и общественные нормы его распределения, учета и использования в целях комплексного развития территории города, повышения эффективности использования земельных ресурсов, налаживания системы информационного взаимодействия и, как результат, формирования неотъемлемого элемента механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами на уровне города [1]. Ключевым элементом территориального потенциала города выступают объекты землеустройства.

Остановим наше внимание на том, что основным ресурсом территории городов и населенных пунктов является земля. Земная поверхность в свою очередь имеет территориальные ограничения, и рациональное использование земли с учетом ее местоположения, плодородности и других факторов является главной целью развития территорий городов.

Под потенциалом развития территорий рассмотрим возможность рационального использования и административного управления землями развивающихся городов и населенных пунктов. При этом существуют проблемы при соблюдении норм законодательства о градостроительной деятельности, которое должно обеспечивать устойчивое развитие территорий на основе территориального планирования и градостроительного зонирования [2].

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ под территориальным планированием подразумевается развитие территорий, в том числе для установления функциональных зон, определения планируемого размещения объектов федерального значения, объектов регионального значения, объектов местного значения, а под градостроительным зонированием подразумевается зонирование территорий муниципальных образований в целях определения территориальных зон и установления градостроительных регламентов [2]. При этом неотъемлемой частью такого планирования является разработка и внедрение в жизнь таких документов, как генеральные планы городов, населенных пунктов, сельских поселений, правил землепользования и застройки территорий, которые при условии законной и грамотной реализации *отражают основные направления социально-экономического и градостроительного развития муниципального образования*, обеспечивают развитие территории, ее рациональное использование, удовлетворяют потребности населения, удовлетворяют права и законные интересы физических и юридических лиц, обеспечивают привлечение инвестиций.

Одним из важнейших пунктов законного функционирования документов территориального и градостроительного планирования является общедоступность использования информации об утвержденных границах объектов землеустройства, а также использование земель в соответствии с утвержденными границами генеральных планов границ городов и населенных пунктов и использование земель в соответствии с утвержденными видами разрешенного использования земель на соответствующей территории. Одним из рычагов достижения общедоступности такой информации и обеспечения законной реализации прав граждан является обязательный учет границ объектов землеустройства в государственном кадастре недвижимости.

В соответствии с Федеральным законом от 18 июня 2001г. № 78-ФЗ «О землеустройстве» определено понятие объектов землеустройства, к кото-

рым относятся территории субъектов Российской Федерации, муниципальных образований, населенных пунктов, территориальные зоны, а также части указанных территорий и зон [3].

Рассмотрим подробнее перечисленные объекты землеустройства, а также некоторые проблемы при их внесении в государственный кадастр недвижимости (далее – ГКН).

Статьей 2 Федерального закона от 6 октября 2003 г. № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» определено понятие муниципального образования, которым является городское или сельское поселение, муниципальный район, городской округ с внутригородским делением, внутригородской район либо внутригородская территория города федерального значения. Статьей 10 этого же закона определено, что границы территорий муниципальных образований устанавливаются и изменяются законами субъектов Российской Федерации [4].

В свою очередь статьей 83 Земельного кодекса Российской Федерации от 25 октября 2001 г. № 136-ФЗ к землям населенных пунктов отнесены земли, используемые и предназначенные для застройки и развития населенных пунктов. Границы городских, сельских населенных пунктов отделяют земли населенных пунктов от земель иных категорий в отличие от границ муниципальных образований, и границы городских, сельских населенных пунктов не могут пересекать границы муниципальных образований или выходить за их границы [5].

В соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ к территориальным зонам относятся зоны, для которых в правилах землепользования и застройки определены границы и установлены градостроительные регламенты; ориентированы территориальные зоны в основном для обеспечения прав и законных интересов физических и юридических лиц, в том числе правообладателей земельных участков и объектов капитального строительства, включая обеспечение равенства прав физических и юридических лиц в процессе реализации отношений, возникающих в сфере землепользования и застройки, и открытости информации о правилах и условиях использования земельных участков, осуществления на них строительства или реконструкции объектов капитального строительства. Также ч. 4 ст. 30 Градостроительного кодекса РФ определено, что границы территориальных зон должны отвечать требованию принадлежности каждого земельного участка только к одной территориальной зоне [2].

Исходя из вышеизложенного сделаем вывод о том, что проблемой внесения в ГКН сведений о границах муниципальных образований, населенных пунктов и территориальных зон является обязательное требование принадлежности каждого земельного участка только к своей границе объекта землеустройства, т.е. перечисленные границы объектов землеустройства не должны пересекать границы уточненных и внесенных в ГКН земельных участков. На данный момент по сложившейся практике государственной экспертизы землеустроительной документации в отношении таких объектов землеустройства большинство документов получают отрицательное заключение ввиду нарушений п. 3,7 ст. 11.9, п. 2 ст. 83 Земельного кодекса РФ, ч. 4 ст. 30 Градостроительного кодекса РФ, а именно пересечений устанавливаемых границ муниципальных образований и (или) границ населенных пунктов и террито-

риальных зон с границами уточненных и внесенных в ГКН земельных участков.

Очевидно, что причиной таких отрицательных заключений государственной экспертизы землеустроительной документации является использование при производстве работ кадастровыми инженерами неактуальных сведений государственного кадастра недвижимости, а также недостаточный контроль соответствия утверждаемой землеустроительной документации согласно принятым решениям об установлении тех или иных границ объектов землеустройства со стороны органов местного самоуправления и органов государственной власти.

В соответствии со ст. 15 Федерального закона от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О государственном кадастре недвижимости» для внесения в государственный кадастр недвижимости сведений об объектах землеустройства обязательным приложением к документам, направляемым в орган кадастрового учета, является карта (план) объекта землеустройства, подготовленная в соответствии с требованиями, установленными Законом о землеустройстве [6].

Органы государственной власти и органы местного самоуправления направляют в орган кадастрового учета документы в течение шести месяцев с даты принятия соответствующих решений об установлении границ объектов землеустройства. При этом карта (план) объекта землеустройства направляется в форме электронного документа, заверенного усиленной квалифицированной электронной подписью подготовившего ее лица.

Данный электронный документ формируется в виде определенной XML-схемы, входящей в состав электронного пакета XML-документов.

В настоящий момент Приказом Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии от 1 августа 2014 г. № П/369 «О реализации информационного взаимодействия при ведении государственного кадастра недвижимости в электронном виде» утверждены и размещены на официальном сайте Федеральной службы государственной регистрации, кадастра и картографии в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» XML-схемы 3-й версии, используемые для формирования XML-документов при осуществлении информационного взаимодействия при ведении государственного кадастра недвижимости в отношении объектов землеустройства.

С учетом внесенных изменений в действующее законодательство требования к структурам XML-схем и XML-документов постоянно изменяются, в результате чего кадастровые инженеры, выполняющие работы по формированию таких документов, допускают большое количество ошибок при подготовке XML-документов ввиду отсутствия какого-либо квалифицированного обучения по составлению и заполнению соответствующих элементов постоянно обновляющихся XML-схем.

Также отметим, что в соответствии с п. 19 Постановления Правительства РФ от 3 февраля 2014 г. № 17 представляемые в порядке информационного взаимодействия от органов местного самоуправления и органов государственной власти документы в электронном виде должны быть защищены от доступа лиц, не участвующих в их подготовке, обработке и получении, а также быть заверены усиленной квалифицированной электронной подписью не только подготовившего, но и направившего их органа. В свою очередь невозможность исполнения данного пункта состоит в том, что наибольшее количество органов местного самоуправления и органов государственной вла-

сти не имеют своих электронных цифровых подписей, ввиду чего направление документации в орган кадастрового учета обеспечить не могут.

Обратим внимание на статистические данные по состоянию на конец 2016 г., а именно на количество внесенных объектов землеустройства в государственный кадастр недвижимости.

Общее количество муниципальных образований в составе Волгоградской области в соответствии с утвержденными законами о наделении статусом муниципальных образований составило 475 единиц, из них внесено в ГКН 6 единиц, что составляет лишь 1,3 % от общего количества.

Общее количество населенных пунктов в составе Волгоградской области в соответствии с утвержденными законами о наделении статусом муниципальных образований составило 1493 единицы, из них внесено в ГКН 38 единиц, что составляет лишь 2,5 % от общего количества.

Территориальных зон внесено в ГКН всего 79, тогда как в границах только одного населенного пункта их может быть утверждено большое количество.

Общее количество зон с особыми условиями использования территорий, внесенных в сведения ГКН, составило 5422 единицы, из которых большую часть (а именно 78 %) составляют зоны объектов электросетевого хозяйства, которые в свою очередь внесены были большим количеством в конце 2014 г. ввиду истечения срока сдачи таких документов в орган кадастрового учета в соответствии с постановлением Правительства РФ от 26 августа 2013 г. № 736 «О некоторых вопросах установления охранных зон объектов электросетевого хозяйства».

На основании изложенного становится очевидным, что на кадастровом учете отсутствует большое количество зон различных инженерных коммуникаций, а также зон природных территорий, санитарно-защитных зон, зон резервирования земель и др., исходя из чего орган кадастрового учета не может вывести соответствующие сведения об ограничениях (обременениях) прав объектов недвижимости на исходящие документы в виде кадастровых выписок и паспортов.

### ***3. Ключевые проблемы формирования и использования территориального потенциала города***

По результатам анализа причин отсутствия большого количества объектов землеустройства в ГКН были сделаны следующие выводы:

– органы местного самоуправления и органы государственной власти при принятии решений об установлении границ объектов землеустройства посчитали такие границы установленными в соответствии с действующим законодательством, несмотря на то, что границы считаются установленными только после внесения их в ГКН (в такие органы местного самоуправления и органы государственной власти органом кадастрового учета неоднократно были направлены информационные письма о правилах внесения в ГКН сведений о границах землеустройства);

– причиной непредставления в орган кадастрового учета документов о внесении в ГКН границ объектов землеустройства является отсутствие у органов местного самоуправления и органов государственной власти средств в бюджетах на выполнение работ по описанию местоположения границ объектов землеустройства.

Еще одна проблема, связанная с границами объектов землеустройства в государственном кадастре недвижимости, нашла себя в сведениях публичной кадастровой карты. Так, в соответствии с Законом о кадастре, орган кадастрового учета ведет в электронной форме кадастровые карты, предназначенные для использования неограниченным кругом лиц (далее – публичные кадастровые карты). Публичные кадастровые карты подлежат размещению на официальном сайте органа кадастрового учета в сети Интернет для просмотра без подачи запросов и взимания платы. На публичных кадастровых картах также воспроизводятся дополнительные сведения, в том числе сведения о прохождении границ объектов землеустройства, представленные органу кадастрового учета федеральными органами исполнительной власти, органами государственной власти субъектов Российской Федерации и местного самоуправления.

Для формирования публичной кадастровой карты органом кадастрового учета Волгоградской области на постоянной основе представляются выгрузки сведений ГКН, но обновление сведений Федеральной кадастровой палатой проводится только в части семантических данных объектов недвижимости, тогда как графическая часть базы данных, в том числе границ объектов землеустройства, не обновлялась с апреля 2013 г. ввиду ведения ГКН Волгоградской области в 17 различных системах координат и, соответственно, сложности осуществления такого обновления и невозможности постановки выгрузки графической части базы данных в автоматическом режиме.

Хотелось бы также отметить, что в соответствии с ч. 2 ст. 14 Закона о кадастре сведения, внесенные в государственный кадастр недвижимости, представляются в виде:

- копии документа, на основании которого сведения об объекте недвижимости внесены в государственный кадастр недвижимости;
- кадастровой выписки об объекте недвижимости;
- кадастрового паспорта объекта недвижимости;
- кадастрового плана территории;
- кадастровой справки о кадастровой стоимости объекта недвижимости;
- в ином виде, определенном органом нормативно-правового регулирования в сфере кадастровых отношений.

Из перечисленного перечня сведения о границах объектов землеустройства органом кадастрового учета могут быть представлены только в виде кадастрового плана территории (КПТ) на запрашиваемый определенный кадастровый квартал. Зачастую границы объектов землеустройства на КПТ идентифицировать сложно ввиду большого количества различных объектов, поэтому для удобства запроса таких сведений возможно было бы дополнить пункт рассматриваемой статьи Закона о кадастре еще одним выходным документом, например «кадастровой выпиской об объекте землеустройства».

### ***Заключение***

Подводя итог вышесказанному, отметим огромное значение объектов землеустройства в Государственном кадастре недвижимости:

- границы муниципальных образований несут на себе управляющие, регулирующие и организующие функции органов местного самоуправления,

а также выступают как основные элементы территориальной структуры муниципального образования;

– границы населенных пунктов отделяют земли иных категорий от земель категории «населенные пункты»;

– территориальные зоны определяют виды разрешенного использования земель в пределах таких зон;

– зоны с особыми условиями использования территорий устанавливают ограничения использования объектов недвижимости в пределах таких зон.

Определенно следует отметить проблему отсутствия большинства таких границ объектов землеустройства в ГКН, что создает колоссальные неудобства:

– органам местного самоуправления в решении вопросов предоставления земельных участков физическим и юридическим лицам, размещения объектов капитального строительства, администрирования земельного налога и пр.;

– органу кадастрового учета в части ведения государственного кадастра в отношении объектов недвижимости;

– регистрационным органам при проведении полного анализа и учета ограничений (обременений) в использовании объектов недвижимости при регистрации соответствующих прав [7].

Построение эффективного механизма интегрированного управления социально-экономическими процессами города невозможно без положительного решения вышеизложенных задач. Территориальная составляющая ресурсного потенциала, на наш взгляд, является ключевым объектом управления в рамках данного механизма. При этом основным инструментом достижения экономического роста и социально-экономического развития города является налаженная система четкого и эффективного взаимодействия города с внешней и внутренней средой, что в конечном итоге позволит поддерживать и использовать ресурсный потенциал города на высоком уровне.

### *Список литературы*

1. Knyazeva, I. V. Evaluation of the resource potential of urban – fringe (by the example of Novosibirsk urban-fringes) / I. V. Knyazeva, E. A. Matovykh // Муниципальная экономика и управление. – 2012. – № 2. – URL: <http://municipal.uapa.ru/en/issue/2012/02/06/>
2. Градостроительный кодекс Российской Федерации (введен в действие Федеральным законом № 190-ФЗ от 29 декабря 2004 г.). – URL: <http://www.consultant.ru>
3. Федеральный закон № 78-ФЗ от 18 июня 2001 г. «О землеустройстве» (с изм. и доп., вступ. в силу с 1 января 2016 г.). – URL: <http://www.consultant.ru>
4. Федеральный закон № 131-ФЗ от 6 октября 2003 г. «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации». – URL: <http://www.consultant.ru>
5. Земельный кодекс Российской Федерации (введен в действие Федеральным законом № 136-ФЗ от 25 октября 2001 г.). – URL: <http://www.consultant.ru>
6. Федеральный закон № 221-ФЗ от 24 июля 2007 г. «О государственном кадастре недвижимости». – URL: <http://www.consultant.ru>
7. Ломовцев, М. С. Глобальная переоценка кадастровой стоимости земель в Волгоградской области / М. С. Ломовцев, А. В. Заволженский // Наука и образование: архитектура, градостроительство и строительство : материалы Междунар. конф., посвящ. 60-летию образования вуза (Волгоград, 18–19 сентября 2012 г.) : в 2 ч. – Волгоград : Изд-во ВолГАСУ, 2012. – Ч. II. – С. 204–206.

---

***Ломовцев Михаил Сергеевич***

кандидат экономических наук, доцент,  
кафедра управления и развития  
городского хозяйства и строительства,  
Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет  
E-mail: mlomovcev@yandex.ru

***Lomovtsev Mikhail Sergeevich***

candidate of economic sciences,  
associate professor,  
sub-department of management  
and development of municipal economy  
and civil engineering,  
Volgograd State University  
of Architecture and Civil Engineering

***Кайль Яков Яковлевич***

доктор экономических наук, профессор,  
кафедра управления персоналом,  
Волгоградский государственный  
социально-педагогический университет  
E-mail: kailjakow@mail.ru

***Kayl Yakov Yakovlevich***

doctor of economic sciences, professor,  
sub-department of personnel management,  
Volgograd State Social  
and Pedagogical University

***Заволженский Артем Валерьевич***

аспирант,  
Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет  
E-mail: zavolzhenskiy@rambler.ru

***Zavolzhenskiy Artem Valeryevich***

postgraduate student,  
Volgograd State University  
of Architecture and Civil Engineering

---

УДК 332.1

**Ломовцев, М. С.**

**Ресурсный потенциал механизма интегрированного управления социаль-  
но-экономическими процессами на уровне города / М. С. Ломовцев, Я. Я. Кайль,  
А. В. Заволженский // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обще-  
стве. – 2016. – № 4 (20). – С. 25–33.**

## К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОРРЕЛЯЦИОННЫХ МАТРИЦ В МОДЕЛЯХ РИСКА<sup>1</sup>

*А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев*

## ON THE DETERMINATION OF CORRELATION MATRICES IN THE RISK MODELS

*A. V. Moiseev, A. Yu. Kindayev*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* При рассмотрении вопросов страхования ключевым элементом решения задачи определения оптимальных тарифов является адекватная модель риска. Если убытки по отдельным договорам взаимосвязаны (например, в агростраховании), то, как было показано авторами в предыдущих работах, существенную роль играет корреляционная матрица, характеризующая связь между объектами страхования. Вопросу определения корреляционных матриц в подобных моделях риска и посвящена данная работа. Актуальным является вопрос устойчивости корреляционной матрицы во времени и возможность ее статистической оценки. *Материалы и методы.* Исследования проводились на основе данных о выращивании зерновых культур в Пензенской области за 34 года. Методами кластерного анализа выделяются периоды, характеризующиеся однородностью данных. Каждый период характеризуется корреляционной матрицей. Сравнение полученных матриц проводится с использованием преобразования Фишера. *Результаты.* Сравнение корреляционных матриц позволило заключить, что коэффициенты корреляции между показателями урожайности в различных районах области устойчивы во времени. Изменения, произошедшие в социальном, техническом, управленческом планах, не отразились на взаимосвязях между показателями урожайности в районах Пензенской области. *Выводы.* Полученные результаты позволяют сделать вывод о возможности статистической оценки корреляционных матриц на основе временных рядов, охватывающих периоды разного социально-экономического устройства. Данный факт очень важен для построения имитационных моделей риска в страховании при условии взаимосвязи убытков по отдельным договорам.

**Ключевые слова:** модель риска, корреляционная матрица, кластерный анализ, страхование.

**Abstract.** *Background.* When considering insurance as a key element in solving the problem of determining the optimal tariff is adequate risk model. If the losses on certain contracts interrelated (for example, in agricultural insurance), then, as was shown by the authors in previous works, the essential role played by the correlation matrix, which characterizes the relationship between the insurance objects. The definition of the correlation matrix in such risk models this work is dedicated. Relevant is the issue of stability in time of the correlation matrix and the possibility of its statistical evaluation. *Materials and methods.* The research was conducted on the basis of the cultivation of crops in the Penza region for 34 years. Methods of cluster analysis are allocated to periods characterized by homogeneity of data. Each period is characterized by the correlation matrix. The comparison of matrices is performed using Fisher's transformation. *Results.* Comparison of the correlation matrices allowed us to conclude that the correlation coefficients between yields in different districts of the region sustainable. Changes in the social, technical, managerial conditions, did not affect the relationships between yields in the districts of Penza region. *Conclusions.*

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-36-00275 мол\_а

The obtained results allow to conclude about possibility of statistical evaluation of correlation matrices based on time series covering periods of different socio-economic conditions. This fact is very important for building simulation models of risk in the in insurance provided the losses on individual contracts are correlated.

**Key words:** risk model, correlation matrix, cluster analysis, insurance.

### **Введение**

Проблема оптимизации страховых тарифов при страховании сельскохозяйственных рисков актуальна для Российской Федерации в настоящий момент. Долгие годы государство брало на себя убытки сельского хозяйства в случае существенных потерь из-за неурожая. При переходе на рыночные механизмы регулирования и поддержки сельского хозяйства, а также при соблюдении правил ВТО такой подход не совсем правильный. Возможной альтернативой является страховая поддержка сельского хозяйства с участием государства. В последние годы государство разработало ряд мер для поддержки страхования в сельском хозяйстве.

В табл. 1 приведена динамика сборов и выплат по агрострахованию в Российской Федерации.

Таблица 1

Динамика сборов и выплат по агрострахованию в Российской Федерации за период с 2010 по 2015 г.

Год	Кварталы	Поступления		Выплаты		Кoeff. выплат %
		Поступления (тыс. руб.)	% от аналогичного периода предыдущего года	Выплаты (тыс. руб.)	% от аналогичного периода предыдущего года	
2015	12 месяцев	7 853 393	47,02	2 718 570	50,12	34,62
	9 месяцев	6 651 122	52,37	2 609 648	82,75	39,24
	6 месяцев	5 441 957	61,68	2 190 506	100,42	40,25
	3 месяца	802 655	64,92	629 092	60,66	78,38
2014	12 месяцев	16 700 622	120,32	5 423 939	94,10	32,48
	9 месяцев	12 700 334	131,44	3 153 571	90,02	24,83
	6 месяцев	8 822 731	137,15	2 181 437	81,04	24,73
	3 месяца	1 236 283	165,81	1 037 149	74,19	83,89
2013	12 месяцев	13 880 020	104,23	5 763 848	74,69	41,53
	9 месяцев	9 662 594	104,77	3 503 049	98,97	36,25
	6 месяцев	6 432 783	91,36	2 691 880	101,87	41,85
	3 месяца	745 612	113,16	1 398 028	112,53	187,50
2012	12 месяцев	13 316 107	82,07	7 716 917	93,94	57,95
	9 месяцев	9 222 365	78,14	3 539 479	71,53	38,38
	6 месяцев	7 041 034	76,94	2 642 437	75,03	37,53
	3 месяца	658 914	69,86	1 242 395	49,97	188,55
2011	12 месяцев	16 225 901	169,62	8 214 481	106,50	50,63
	9 месяцев	11 801 877	152,63	4 948 559	169,90	41,93
	6 месяцев	9 150 847	158,77	3 521 984	182,75	38,49
	3 месяца	943 219	214,78	2 486 072	206,45	263,57
2010	12 месяцев	9 565 829	–	7 713 229	–	80,63
	9 месяцев	7 732 323	–	2 912 598	–	37,67
	6 месяцев	5 763 626	–	1 927 230	–	33,44
	3 месяца	439 163	–	1 204 229	–	274,21

Следует отметить, что несмотря на усиление поддержки государством программ страхования в сельском хозяйстве и рост объема страхования, охват сельскохозяйственных производителей процессами страхования остается незначительным. Авторам в частных беседах не раз приходилось слышать о невыгодности страхования, причем как для сельхозпроизводителей, так и для страховых компаний. Программы государственной поддержки используются и для коррупционных схем. У авторов нет возможности подтвердить или опровергнуть эти факты, но анализируя данные о сельскохозяйственном страховании, следует подчеркнуть несущественный объем страховых взносов.

Из табл. 1 видно, что рынок сельскохозяйственного страхования снизился вдвое: так, за 9 месяцев 2015 г. было собрано 6 651 122 тыс. руб., что составляет лишь 52 % от соответствующего показателя 2014 г. Это объясняется сложной экономической ситуацией в стране, отсутствием свободных денег у сельхозпроизводителей, санкциями государств и рядом других факторов. Однако нельзя не отметить рост продукции сельского хозяйства в фактически действовавших ценах, который составил 17 % в 2014 г. относительно 2013 г. (4319 млрд руб. в 2014 г. против 3687,1 млрд руб. в 2013 г.) [1]. Если предположить, что средняя ставка для страховых взносов составляет 10 %, то получается, что сумма взносов должна составить 431,9 млрд руб., однако фактически эта сумма составляет лишь 16,7 млрд руб., или чуть меньше 4 % от возможной суммы взносов, что говорит о слабой вовлеченности сельхозпроизводителей в процесс страхования.

### ***1. Анализ изменений в выращивании зерновых в Пензенской области***

В ранее проведенном исследовании [2–4] были рассмотрены вопросы имитационного моделирования рисков при выращивании сельскохозяйственных культур. Исследование проводилось на основе данных по муниципальным образованиям Пензенской области за период с 1980 по 2013 г. по основным зерновым и зернобобовым культурам, таким как пшеница яровая и озимая, рожь озимая, ячмень яровой, овес, просо, гречиха. В ходе проведенного исследования [5–6] было получено, что результаты выращивания зерновых культур в районах области коррелируют между собой. Это вызвано относительно небольшой территорией области и схожестью экономико-географических характеристик районов. Данный факт существенным образом влияет на процесс страхования в сельском хозяйстве, где ключевым положением является независимость наступления страховых случаев между собой. Стоит заметить, что на результаты моделирования существенным образом влияет выбор корреляционной матрицы [7–8]. Накопленные статистические данные с 1980 г. по настоящее время позволяют проследить, как изменялись результаты выращивания сельскохозяйственных культур по районам области.

Основным средством производства в сельском хозяйстве является земля, природные особенности которой тесно связаны с агроклиматическими условиями. В отличие от других отраслей экономики продуктивность земли не поддается точному учету и под влиянием разных факторов меняет природный и экономический характер. В сельском хозяйстве на одной и той же земле можно выращивать многочисленные виды культур. На рис. 1 представлена посевная площадь под основными зерновыми и зернобобовыми культурами Пензенской области за период с 1980 по 2013 г.

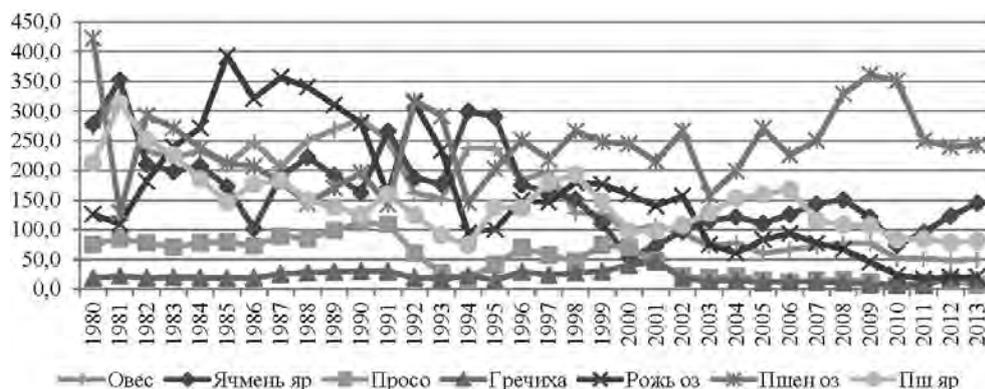


Рис. 1. Посевная площадь зерновых культур с 1980 по 2013 г.

Для анализа изменений в структуре посевных площадей была проведена кластеризация по годам на основе данных с 1980 по 2013 г. на основе агломеративного иерархического алгоритма кластерного анализа [9]. Показателями для кластерного анализа послужили ежегодные данные посевных площадей семи зерновых культур. На рис. 2 представлены результаты кластеризации зерновых культур по площади посевов.

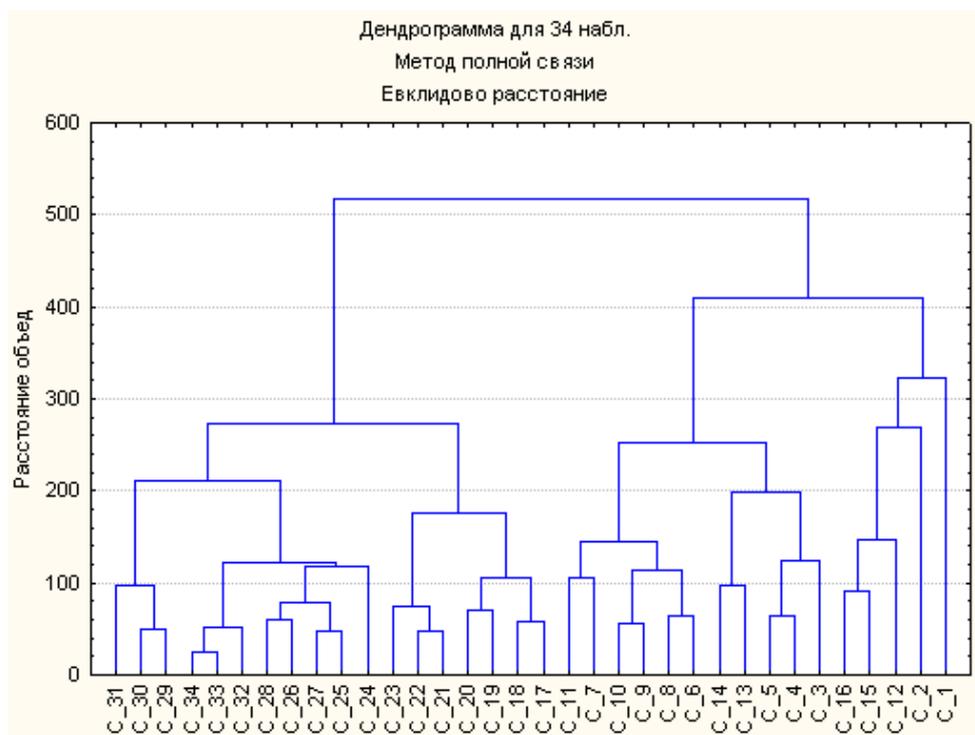


Рис. 2. Результаты кластеризации зерновых культур по площади посевов

Для проведения кластеризации использовался пакет прикладных программ Statistica (модуль – кластерный анализ). В результате исследуемый период, как видно на рис. 2, поделился четко на два кластера: первый кластер –

это период с 1980 по 1995 г. включительно, второй кластер включает период с 1996 по 2013 г. Это объясняется переходом к рыночным механизмам регулирования. На первые роли по размерам посевных площадей выходит пшеница озимая. Ею в среднем засеивают 35 % от площади, приходящейся на зерновые культуры, против 19 % в 80–90-х гг. XX в. Во втором периоде значительно снизились посевные площади ржи озимой: с 20 до 13 % от площади, приходящейся на зерновые культуры. Посевная площадь овса в 2013 г. сократилась в 5,5 раз по отношению к 1980 г., проса – в 5,2 раза, ржи озимой – в 6,1 раз. Сокращение посевов овса можно объяснить уменьшением численности лошадей в связи с ростом технической вооруженности сельского хозяйства. В меньшей степени изменения в структуре посевов коснулись пшеницы озимой, гречихи и ячменя ярового. Наибольшая доля посевных площадей приходится на пшеницу озимую (35 %) и ячмень яровой (17 %).

Несмотря на изменения в структуре посевных площадей, размеров этих площадей в районах, изменения границ районов, вопрос изменения связей между районами остается неясным. Для выявления реальных связей между хозяйствующими субъектами проведем корреляционный анализ. Исследования будем проводить для пшеницы озимой. Для исследования возьмем 7 районов Пензенской области, а именно Земетчинский, Пачелмский, Нижнеломовский, Вадинский, Башмаковский, Белинский и Спасский районы, представляющие собой северо-запад Пензенской области.

## ***2. Анализ изменений взаимосвязей между показателями урожайности в районах Пензенской области***

Проведем корреляционный анализ урожайности пшеницы озимой между указанными выше районами за период с 1981 по 1990 г., с 1991 по 2000 г., с 2001 по 2013 г. и с 1980 по 2013 г.

Корреляционные матрицы по данным периодам представлены в табл. 2–4. В табл. 5 представлена корреляционная матрица между выделенными районами Пензенской области с 1981 по 2013 г.

Во всех таблицах приняты следующие обозначения: I – Башмаковский район, II – Белинский район, III – Вадинский район, IV – Земетчинский район, V – Нижнеломовский район, VI – Пачелмский район, VII – Спасский район.

Таблица 2

Корреляционная матрица между районами за период с 1981 по 1990 г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1	0,84	0,9	0,92	0,89	0,96	0,9
II	0,84	1	0,88	0,79	0,97	0,92	0,87
III	0,9	0,88	1	0,88	0,93	0,95	0,99
IV	0,92	0,79	0,88	1	0,86	0,84	0,84
V	0,89	0,97	0,93	0,86	1	0,95	0,92
VI	0,96	0,92	0,95	0,84	0,95	1	0,96
VII	0,9	0,87	0,99	0,84	0,92	0,96	1

Таблица 3

Корреляционная матрица между районами за период с 1991 по 2000 г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1	0,91	0,79	0,94	0,94	0,82	0,83
II	0,91	1	0,8	0,87	0,89	0,8	0,77
III	0,79	0,8	1	0,89	0,75	0,9	0,94
IV	0,94	0,87	0,89	1	0,85	0,84	0,95
V	0,94	0,89	0,75	0,85	1	0,82	0,78
VI	0,82	0,8	0,9	0,84	0,82	1	0,86
VII	0,83	0,77	0,94	0,95	0,78	0,86	1

Таблица 4

Корреляционная матрица между районами за период с 2001 по 2013 г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1	0,76	0,79	0,57	0,85	0,73	0,86
II	0,76	1	0,59	0,64	0,65	0,74	0,79
III	0,79	0,59	1	0,51	0,55	0,58	0,73
IV	0,57	0,64	0,51	1	0,44	0,74	0,65
V	0,85	0,65	0,55	0,44	1	0,81	0,8
VI	0,73	0,74	0,58	0,74	0,81	1	0,84
VII	0,86	0,79	0,73	0,65	0,8	0,84	1

Таблица 5

Корреляционная матрица между районами за период с 1981 по 2013 г.

	I	II	III	IV	V	VI	VII
I	1	0,8	0,79	0,73	0,88	0,78	0,86
II	0,8	1	0,74	0,73	0,8	0,82	0,76
III	0,79	0,74	1	0,72	0,73	0,79	0,83
IV	0,73	0,73	0,72	1	0,65	0,79	0,73
V	0,88	0,8	0,73	0,65	1	0,82	0,83
VI	0,78	0,82	0,79	0,79	0,82	1	0,79
VII	0,86	0,76	0,83	0,73	0,83	0,79	1

Найдем интервальные оценки для матрицы, характеризующей взаимосвязь урожайности на рассматриваемом горизонте. В силу малой выборки ( $n < 50$ ) необходимо выполнить преобразование коэффициента корреляции с целью приближения его распределения к нормальному, для этого используем  $z$ -преобразование Фишера [10]

$$z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}.$$

Получим переменную  $z$ , распределенную нормально. Тогда стандартное отклонение находится по формуле

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}}.$$

На основании выборочного значения парной корреляции найти доверительные интервалы при заданной доверительной вероятности  $\alpha$  не составляет большого труда. Доверительные границы будут находиться по формуле

$$z - u_\alpha \sigma_z < Z < z + u_\alpha \sigma_z.$$

Для того, чтобы найти необходимое значение  $r$ , нужно сделать обратное преобразование

$$r = \frac{e^{2z} - 1}{e^{2z} + 1}.$$

Выдвигаем гипотезу  $H_0$  о том, что корреляционные матрицы, характеризующие 1981–1990 гг., 1991–2000 гг. и 2001–2013 гг., не отличаются друг от друга (все соответствующие коэффициенты парной корреляции в трех матрицах попарно равны между собой), при конкурирующей гипотезе  $H_1$  о том, что матрицы отличаются друг от друга. Уровень значимости  $\alpha = 0,05$ . Для проверки гипотезы воспользуемся следующей статистикой [10]:

$$U = \frac{z_1 - z_2}{\sqrt{\frac{1}{n_1 - 3} + \frac{1}{n_2 - 3}}},$$

где  $z_1, z_2$  – результат  $z$ -преобразования Фишера рассматриваемых коэффициентов корреляции,  $n_1, n_2$  – объемы соответствующих выборок. Если расчетное значение статистики меньше критической двусторонней точки для нормального распределения, то результаты наблюдений не противоречат нулевой гипотезе.

По таблице критических точек нормального распределения для уровня значимости  $\alpha = 0,05$ ,  $u_\alpha = 1,96$ .

Рассмотрим  $z$ -преобразование Фишера на примере Нижнеломовского и Земетчинского районов. Для наглядности сведем необходимые расчетные значения в табл. 6.

Таблица 6

Расчетные значения  $z$ -преобразования Фишера в исследуемых периодах

Период	$r$	$z$	$\sigma_z$	$Z$		$r$	
				$z - u_\alpha \sigma_z$	$z + u_\alpha \sigma_z$	Нижняя граница	Верхняя граница
1981–1990	0,86	1,293	0,378	0,553	2,034	0,502	0,966
1991–2000	0,85	1,256	0,378	0,515	1,997	0,474	0,964
2001–2013	0,44	0,472	0,316	-0,148	1,092	-0,147	0,798
1981–2013	0,65	0,775	0,183	0,417	1,133	0,395	0,812

При сравнении периода 1981–1990 гг. с периодом 2001–2013 гг. получим следующие результаты:

$$U = \frac{|1,293 - 1,256|}{\sqrt{0,378^2 + 0,378^2}} = 1,586.$$

Значение меньше критического, значит, нет оснований считать коэффициенты корреляции различными. Данный вывод получается при рассмотрении всех остальных пар.

Для наглядности представим в виде рисунка полученные интервальные оценки (рис. 3).

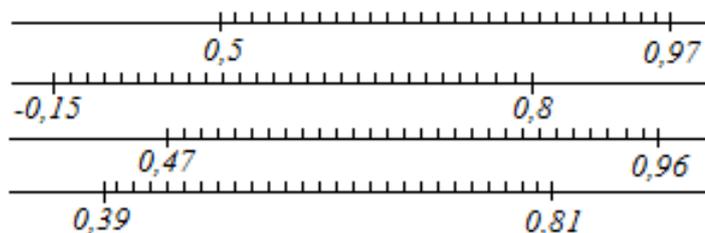


Рис. 3. Интервальная оценка коэффициента корреляции за 1981–2013 гг. и коэффициенты корреляции по периодам

Из рис. 3 видно, что все три рассматриваемых периода дают интервальные оценки коэффициентов парной корреляции, попадающие в интервальную оценку коэффициента корреляции за период 1981–2013 гг. Тем самым можно сделать вывод, что коэффициенты корреляции в рассматриваемых периодах не отличаются от общего коэффициента. Получается, что несмотря на то, что за период с 2001 по 2013 г. коэффициент корреляции составляет всего лишь 0,44, он не отличается от коэффициента корреляции периода с 1981 по 2013 г., который составил 0,65. Прделав те же самые действия с другими районами, на основе таблиц 2–5 получили, что корреляционные матрицы не отличаются друг от друга.

### Заключение

В итоге, сравнивая матрицы за период с 1981 по 1990 г. и с 1981 по 2013 г., мы получили, что гипотеза  $H_0$  (коэффициенты корреляции, характеризующие разные временные интервалы, не отличаются друг от друга) с вероятностью 0,95 принимается, и данные корреляционные матрицы не отличаются друг от друга. Следует заметить, что в основу первой матрицы легли данные за 1980-е гг., время директивного, командного управления, когда муниципальные образования строго выполняли указания вышестоящих органов управления по выращиванию сельскохозяйственных культур. Однако тот факт, что данные матрицы не отличаются друг от друга, свидетельствует о том, что, несмотря на влияние социально-экономических, политических и других факторов, реальные связи между хозяйствующими субъектами с годами не изменились и остаются очень сильными, о чем говорят высокие коэффициенты корреляции.

Полученные результаты позволяют для построения имитационных моделей страхования в условиях коррелированности убытков по отдельным договорам [3, 4] использовать статистические оценки корреляционных матриц, полученные на основе временных рядов, охватывающих различные социально-экономические периоды развития нашего государства. Данный результат очень важен для генерации многомерной случайной величины [2], где корреляционная матрица должна обладать положительной определенностью, важ-

ной характеристикой многомерной нормально распределенной случайной величины. Для получения статистической оценки такой матрицы требуется как минимум превышение числа наблюдений над числом анализируемых объектов. Для большинства регионов России требуются наблюдения за период более 30 лет.

### *Список литературы*

1. Российский статистический ежегодник. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1135087342078](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135087342078) (дата обращения: 01.02.2016)
2. Моисеев, А. В. Генерация многомерной случайной величины для моделирования страхования аграрных рисков / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Математическое моделирование в экономике и управлении рисками : материалы III Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Саратов : Саратовский государственный университет, 2014. – С. 308–314.
3. Моисеев, А. В. Имитационное моделирование страхования в сельском хозяйстве / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Наука и инновации в технических университетах : 8-й Всероссийский форум студентов аспирантов и молодых ученых. – СПб : СПбПУ, 2014. – С. 145–146.
4. Моисеев, А. В. Моделирование страхования в сельском хозяйстве с учетом коррелированности результатов по региону / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 3 (25). – С. 175–181.
5. Моисеев, А. В. Статистический анализ урожайности зерновых с целью моделирования процесса страхования сельскохозяйственных культур / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Актуальные проблемы современных общественных наук: диалог общества и власти : материалы IV Междунар. науч.-практ. интернет-конф. – Уфа : БАГСУ, 2014. – С. 41–47.
6. Моисеев, А. В. Анализ региональной структуры посевных площадей зерновых культур в Пензенской области / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Наука XXI века: актуальные направления развития : материалы Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Самара : СГЭУ, 2015. – С. 29–31.
7. Моисеев, А. В. Анализ результатов имитационного моделирования рисков выращивания сельскохозяйственных культур при страховании урожая в Пензенской области / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Математическое моделирование в экономике, страховании и управлении рисками : материалы IV Междунар. молодежной науч.-практ. конф. – Саратов : Саратовский государственный университет, 2015. – С. 124–129.
8. Моисеев, А. В. Анализ результатов управления рисками неурожая методами страхования / А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Приложение математики в экономических и технических исследованиях : сб. науч. тр. Междунар. заоч. науч.-практ. конф. – Магнитогорск : МГТУ им. Г.И. Носова, 2015. – С. 59–64
9. Дубров, А. М. Многомерные статистические методы : учеб. / А. М. Дубров, В. С. Мхитарян, Л. И. Трошин. – М. : Финансы и статистика, 2011. – 352 с.
10. Гладков, Л. Л. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие / Л. Л. Гладков, Г. А. Гладкова. – Минск : РИПО, 2013. – 250 с.

---

**Моисеев Александр Владимирович**  
кандидат физико-математических наук,  
доцент, кафедра математики,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: moigus@mail.ru

**Moiseev Alexander Vladimirovich**  
candidate of physical  
and mathematical sciences,  
associate professor,  
sub-department of mathematics,  
Penza State Technological University

**Киндаев Александр Юрьевич**  
аспирант,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: ale-kindaeв@yandex.ru

**Kindayev Alexander Yuryevich**  
postgraduate student,  
Penza State Technological University

---

УДК 332.365; 519.245; 368.54

**Моисеев, А. В.**

**К вопросу определения корреляционных матриц в моделях риска /**  
А. В. Моисеев, А. Ю. Киндаев // Модели, системы, сети в экономике, технике, при-  
роде и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 34–43.

**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ СУЩНОСТЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ  
ТРУДА В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ<sup>1</sup>**

*А. Н. Романцов*

**ECONOMIC SUMMARY PRODUCTIVITY LABOR  
IN SOLVING THE PROBLEM OF ITS INCREASE**

*A. N. Romantsov*

*Аннотация. Актуальность и цели.* Актуальность исследования связана с необходимостью решения проблемы роста производительности труда в современных условиях, поскольку эта категория уже не отражает степень эффективности и полезности деятельности трудовых коллективов для производства материальных и духовных благ. Цель исследования состоит в том, чтобы раскрыть экономическую сущность производительности труда для понимания основных мотивов ее повышения у субъектов экономики. *Материалы и методы.* Для достижения поставленной цели применены методы анализа, научной абстракции и обобщения, что позволяет видеть причину низкого роста производительности труда и его источники, обусловленные отсутствием мотивации данного процесса у исполнителей и субъектов хозяйствования. В статье использованы данные Федеральной службы государственной статистики, демонстрирующие общее состояние дел с производительностью труда в экономике страны, и результаты реализации Распоряжения Правительства РФ от 09.07.2014 N 1250-р (ред. от 30.12.2015) «Об утверждении плана мероприятий по обеспечению повышения производительности труда, создания и модернизации высокопроизводительных рабочих мест», функционирования Фонда Развития Промышленности, а также труды ученых-экономистов, посвященные проблеме повышения производительности труда. *Результаты.* В ходе исследования определена необходимость дополнительного стимулирования субъектов хозяйствования и исполнителей со стороны органов государственного управления и представителей менеджмента предприятий и организаций в целях обеспечения роста производительности труда. *Выводы.* Проведенное исследование приводит к выводу о том, что необходимо развивать сотрудничество органов власти на федеральном и региональном уровнях в целях стимулирования ежегодного прироста производительности посредством льготного кредитования реализации перспективных проектов на отечественных предприятиях в различных отраслях народного хозяйства, а также с помощью программ налогового стимулирования.

*Ключевые слова:* труд, производительность труда, критерий, оценка, эффективность труда, заработная плата, объем производства.

*Abstract. Background.* Relevance of the research in this area is due to the necessity of solving the problem of labor productivity growth in modern conditions due to the fact what this category no longer reflects the degree of efficiency and usefulness of the activities of labor collectives for the production of material and spiritual wealth. The purpose of the study is to reveal the economic essence of the productivity labor for the understanding of the underlying motives of its increase in economic agents. *Materials and methods.* To

---

<sup>1</sup> Исследование проведено по гранту РГНФ №16-02-00677, проект «а», основной конкурс 2016 г.

achieve this goal used methods of analysis, scientific abstraction and generalization, that allows you to see the reason for the low growth in labor productivity and its sources, due to the lack of motivation of the performers and entities. The article used data of Federal Service of State Statistics showing the overall status of the labor productivity in the national economy, and the results of the implementation of the Order of the RF Government of 09.07.2014 N 1250-r (ed. from 30.12.2015) «Approval of the plan of measures to ensure increase productivity, creation and modernization high-performance of workplaces», functioning of the Industrial Development Fund, as well the writings of economists devoted to the problem of increasing labor productivity. *Results.* The study identified the need for additional stimulation of economic entities and performers from the government and representatives of the management of enterprises and organizations in order to ensure the growth of labor productivity. *Conclusions.* The study leads to the conclusion that it is necessary to develop cooperation of authorities at the federal and regional levels in order to promote the annual productivity gains through preferential credits the realization of promising projects in the domestic enterprises in various sectors of the economy, as well as through tax incentive programs.

**Key words:** work, productivity, criteria, evaluation, effectiveness of labor, wages, volume of production.

### ***Введение***

На современном этапе социально-экономического развития Российской Федерации рост производительности труда не стал приоритетом для субъектов хозяйствования, так как первостепенное значение для них имеет укрепление рыночных позиций, повышение уровня конкурентоспособности и финансовой устойчивости, высокая продуктивность производственной системы в целом, которая обеспечивается всей совокупностью производственных факторов, а не живым трудом в отдельности. Вследствие этого труд персонала рассматривается лишь как один из факторов достижения рыночного успеха без заострения внимания на процессе его использования.

Предприниматели не видят связи между устойчивостью рыночной позиции и ростом производительности труда, который обеспечивается эффективностью использования трудовых ресурсов, несмотря на то, что в теории и на практике именно эффективность использования персонала оценивается производительностью его труда. Она выражается активностью, оперативностью и результативностью деятельности по созданию материальных ценностей в конкретный отрезок времени. В данном контексте труд персонала – «это целесообразная деятельность, направленная на создание определенных общественно полезных материальных или духовных благ, предназначенных для удовлетворения разнообразных потребностей человека» [1]. Следовательно, целесообразная деятельность – это общественно полезная деятельность, а производительность такого труда – результат общественно полезной деятельности членов общества. Она свидетельствует об эффективном использовании производственных ресурсов и выступает ключевым показателем, демонстрирующим итог соотношения результатов и затрат труда.

Данный итог важно определять по отношению как к коллективному, так и к индивидуальному труду, что позволяет дать оценку эффективности труда конкретного трудового коллектива либо отдельного исполнителя. В случае с отдельными исполнителями в качестве мерила оценки их производительности принято использовать такие взаимозависимые и обратные показатели, как выработка продукции и ее трудоемкость: рост выработки обеспе-

чивает снижение трудоемкости, и наоборот, снижение трудоемкости приводит к росту выработки.

Показатель выработки свидетельствует об объеме произведенной продукции в натуральном, стоимостном или нормативно-трудовом выражении (нормо-часах), приходящемся на одного исполнителя или единицу отработанного времени. Показатель трудоемкости демонстрирует время, затрачиваемое на изготовление единицы продукции.

В общем виде оценка производительности труда персонала может быть выражена через отношение количества изготовленной в конкретном периоде времени продукции к количеству ресурсов, потребленных для ее производства.

В свою очередь результативность труда зависит от целесообразной оперативности и активности персонала, направленной на создание общественно полезного блага. При условии востребованности этого блага на рынке результативность следует рассматривать как критерий оценки производительности труда.

Что касается результативности труда производственного коллектива, то ее принято оценивать с помощью показателя фондоотдачи через отношение объемов производимой продукции к стоимости основных фондов. Однако при отсутствии востребованности произведенной продукции даже положительный показатель фондоотдачи не может свидетельствовать об эффективности общественно полезной деятельности, равно как и о росте производительности труда. Когда произведенная продукция не реализована, следствием будет отсутствие прибыли и падение величины заработной платы, что неизбежно приведет к снижению интенсификации труда и его производительности на очередной стадии воспроизводственного процесса.

Следовательно, экономический результат повышения производительности труда должен состоять в переходе к интенсивному типу экономического развития, поскольку именно труд персонала поддается интенсификации при условии наличия для этого соответствующих мотивационных факторов, обеспечиваемых системой менеджмента. Аналогичные условия должны обеспечиваться и для субъектов хозяйствования со стороны системы государственного управления.

### ***1. Экономическая сущность производительности труда***

Производительность труда показывает, насколько эффективен трудовой процесс, а постановка задачи ее повышения перед конкретным исполнителем требует от него при ее решении осуществления поиска способов и возможностей совершенствования своей трудовой деятельности в целях повышения или создания новой потребительной стоимости производимых материальных ценностей. В результате при наличии соответствующих мотивационных факторов будет расти эффективность экономической деятельности субъекта хозяйствования.

С другой стороны, повышение производительности общественного труда будет свидетельствовать о развитии производительных сил общества. Это означает, что рост производительности труда выступает фактором экономического роста, обеспечивающим увеличение реального продукта и дохода [2].

В настоящее время во многих научных публикациях подчеркивается зависимость уровня и качества жизни населения страны от повышения производительности труда. Справедливость такого утверждения обусловлена затратами в процессе производства как живого труда, который характеризуется своей способностью создавать новую потребительную стоимость, так и труда, овеществленного в ранее произведенной продукции. Следовательно, говорить о повышении производительности труда и ее экономической сущности можно лишь при условии сокращения доли живого труда в производимой продукции на фоне сокращения суммарного труда, содержащегося в единице продукции, включающего и овеществленный труд. Только в этом случае производительность труда можно считать качественной характеристикой экономического роста и показателем развития на основе увеличения объемов производства востребованной на рынке продукции и получаемой вследствие этого прибыли. Она зависит от объемов физического и человеческого капитала, различных видов ресурсов и технологий, которыми располагают производители. Поэтому представителям менеджмента всех уровней управленческой иерархии, включая и систему государственного управления, нельзя подвергать забвению тот факт, что уровень и качество жизни населения в стране зависит от способности экономики обеспечивать производство товаров и услуг. Они должны создавать условия для экономического роста, разнообразно поощряя высокие темпы накопления факторов производства и гарантируя их эффективное применение.

При ограниченности ресурсов экономического роста, эффективно их используя (что в современных условиях зависит от повышения фондовооруженности производства), можно достичь сокращения доли живого и овеществленного труда в его конечном результате. Но это неизбежно потребует роста затрат на накопление в структуре ВВП, что в свою очередь приведет к снижению уровня потребления на душу населения. Чтобы его увеличить в условиях роста накопления, необходимо повышать производительность труда, что лишний раз подчеркивает значимость производительности труда в обеспечении экономического роста и в повышении благосостояния населения страны.

Как писал Р. Барр, «... труд есть экономическая деятельность; он представляет собой баланс между полезностью (или производительностью) и неполезностью (или издержками)» [3]. Тем самым автор подчеркивает, что если результат труда как «сознательной деятельности человека» обеспечивает для членов общества больше пользы, чем издержек, то такой труд может считаться производительным. То есть только при нарушении сбалансированности этих двух категорий в сторону полезности можно рассуждать о повышении производительности труда.

Далее автор пишет, что «...полезность труда есть его продуктивность», объясняя продуктивность как способность «увеличить степень удовлетворения потребностей». Думается, что здесь можно ограничиться лишь способностью роста степени удовлетворения потребностей, поскольку автор тут же, в данном тезисе, разграничивает техническое понятие производительности как продуктивности (а по сути – выработки), указывающей на физическое количество предметов, полученных в единицу времени, и экономическое понятие производительности, «которое выражает собой полезность».

Но продуктивность не всегда полезна, о чем и предупреждает Р. Барр: «Оба понятия не обязательно должны совпадать». Впоследствии он делает вывод о том, что «всякий труд, независимо от его природы и его носителей, производителен, если он является созидательным и полезным» [3].

Таким образом, экономическая сущность производительности труда состоит в повышении востребованности его результатов на рынке, определяемой ростом потребительского спроса, который и зависит от полезности этих результатов для членов общества.

Востребованность результатов труда на рынке оказывает влияние как на совокупный объем потребления произведенных в стране товаров, так и на суммарный доход, получаемый хозяйствующими субъектами, производящими востребованную конкурентоспособную продукцию. Это свидетельствует о прямой связи производительности труда с понятием валового внутреннего продукта, поскольку именно по параметрам ВВП можно дать оценку сбалансированности потребления результатов труда и доходов тех, кто этот результат обеспечивает.

Высокий уровень производительности труда позволяет снижать себестоимость продукции и цены на нее, что обеспечивает рост потребительского спроса и повышает прибыльность и платежеспособность субъектов хозяйствования. Это в свою очередь способствует лучшей организации и оснащенности производства, содействуя росту его объемов, и, как следствие, приросту ВВП и экономическому росту. Следовательно, чем выше производительность труда в стране, тем большими темпами должна развиваться экономика и значительнее будет прирост ВВП. И, напротив, без ликвидации снижения и обеспечения в последующем роста производительности труда невозможно достичь роста общественного производства и экономики в целом.

Это лишний раз подтверждает сложность и противоречивость производительности труда как экономической категории. Поэтому она требует одновременно не только процессного, но и системного осмысления, ибо зависит от совокупности факторов, на нее влияющих и находящихся в системном взаимодействии, а управление производительностью труда должно охватывать все стадии процесса общественного воспроизводства.

Сложность и многомерность воспроизводственного процесса, обусловленная динамикой многих факторов, требует раскрытия его роли в повышении производительности труда. Прежде всего это различные формы стоимости капитала в воспроизводственном процессе: денежная, производительная и товарная. Их гармонизация является обязательным условием осуществления воспроизводства. Кроме того, стремление предпринимателей к получению прибыли побуждает их осуществлять непрерывные запуски капитала в воспроизводственный процесс.

Вот как рассматривают в своей статье проблему экономического роста через систему общественного воспроизводства Н. А. Алексеева и В. И. Корняков, определив «критический пункт всего процесса соединения роста производительности труда с общественным воспроизводством». Для этого авторы предлагают вспомнить, как осуществлялось такое соединение в условиях классического капитализма: «На предприятии повышение производительности, то есть выведение из производственного процесса части живого труда, сразу же уменьшало трудоемкость изделия и его денежные издержки. Цена

же некоторое время сохранялась прежней, почему предприниматель на протяжении этого времени получал сверхприбыль. Но это время было непродолжительным, отпускная цена (под воздействием конкуренции) снижалась, приходила в соответствие с пониженными издержками и трудоемкостью, и ассимиляция роста производительности труда общественным воспроизводством запечатлевалась соответственно уменьшенными трудоемкостью издержками и соответственно уменьшенной отпускной ценой продукции. Таким образом, рост производительности управлял ценами» [4].

В данной ретроспективе подчеркиваются конкурентные отношения, которые вынуждают производителей снижать отпускные цены. Думается, что это и есть критический момент интеграции роста производительности труда с общественным воспроизводством в современных условиях хозяйствования: несмотря на так называемую рыночную экономику, конкурентные отношения не получили должного развития в Российской Федерации. Поэтому российские предприниматели слабо осознают, что повышение производительности труда не только увеличивает выпуск продукции с каждой единицы живого труда, снижает затраты этого и овеществленного труда в производимой продукции, сокращая издержки производства, но и повышает конкурентоспособность продукции в ценовом сегменте.

## ***2. Направления повышения производительности труда и факторы его стимулирования***

Нельзя не отметить особую значимость повышения производительности труда в условиях кризиса экономики и спада производства, когда оно становится основным источником реального экономического роста. Именно снижение производительности труда многие ученые небезосновательно считают одной из причин кризиса российской экономики.

Это обусловило необходимость возобновления работы по планированию повышения производительности труда и по управлению данным процессом на различных уровнях управленческой иерархии.

Так, в 2014 г. на уровне Правительства РФ был разработан и поэтапно реализуется «План мероприятий по обеспечению повышения производительности труда, создания и модернизации высокопроизводительных рабочих мест», который включает в себя несколько направлений: стимулирование инвестиций с целью обновления и модернизации производства; решение проблем технологического обновления; оценка рабочих мест и переоценка основных фондов; повышение профессионализма работников; увеличение мобильности работающих граждан; поддержка малого и среднего предпринимательства [5].

Думается, что такие общегосударственные мероприятия либо целевые программы крайне необходимы в нашей стране, поскольку они способствуют развитию производительных сил в рамках различных форм собственности. В свою очередь хозяйствующие субъекты должны разрабатывать свои мероприятия по повышению производительности труда, учитывая собственные условия хозяйствования.

Однако реализация данного плана мероприятий осложняется отсутствием в нем и в аналогичных планах на региональном уровне, разработанных в субъектах РФ, однозначного критерия оценки производительности труда,

что вызывает затруднения в демонстрации объективности оценки данной категории органами статистики и в стимулировании ее последующего роста. Несмотря на имеющуюся у Росстата методику расчета показателя «Прирост высокопроизводительных рабочих мест в процентах к предыдущему году», сама идея создания высокопроизводительных рабочих мест на основе повышения производительности труда также требует обоснования с позиции стимулирования данного процесса. В соответствии с предлагаемой методикой, «к высокопроизводительным рабочим местам относятся все замещенные рабочие места предприятия (организации), на которых среднемесячная заработная плата работников (для индивидуальных предпринимателей – средняя выручка) равна или превышает установленную величину критерия (пороговое значение)».

Думается, что данный аспект негативно сказался на результатах реализации данного плана в отношении создания высокопроизводительных рабочих мест (табл. 1).

Таблица 1

Прирост числа высокопроизводительных рабочих мест [6]

Период	2012 г.		2013 г.		2014 г.		2015 г.	
<b>Количество высокопроизводительных рабочих мест (тыс. ед.) и прирост их числа (%)</b>	1848,1	12,7	1122,8	6,9	788,1	4,5	-1671,9	-9,1

В качестве критерия для отбора организаций (предприятий), имеющих высокопроизводительные рабочие места, предлагается «пороговое значение среднемесячной заработной платы работников на одно замещенное рабочее место, дифференцированное по типам предприятий и субъектам Российской Федерации» [7]. Но, как показывает практика, высокий уровень заработной платы не всегда может служить гарантией высокой производительности труда при игнорировании принципа опережающего роста производительности труда над ростом заработной платы.

Думается, отсутствие критерия оценки высокопроизводительного рабочего места может подтолкнуть региональные власти к предоставлению данных о формировании таких мест простым суммированием всех созданных рабочих мест в рамках различных программ. Если же исходить из традиционного показателя производительности труда в виде выработки, то рабочее место можно считать высокопроизводительным в том случае, если выработка в его рамках выше выработки по отрасли.

Особое внимание в данном контексте следует уделить аттестации существующих рабочих мест на предмет выявления вклада каждого рабочего места в общий успех. Если такого вклада не обнаруживается или он ничтожно мал, то такие рабочие места подлежат сокращению. Зачастую именно наличие таких рабочих мест тормозит экономику любого региона и замедляет рост доходов населения. Вместе с тем это дает возможность властям на местах отчитываться о высоком уровне занятости населения. Выход можно было бы найти в понижении ставки единого социального налога, которая сегодня

стала причиной искажения реальной картины занятости на рынке труда, когда многие субъекты хозяйствования стремятся скрыть свои показатели.

Направление по стимулированию инвестиций с целью обновления и модернизации производства в рассматриваемом плане мероприятий не учитывает тот факт, что инвесторы проявляют интерес лишь к тем проектам, результаты реализации которых будут иметь устойчивый потребительский спрос. Его наличие должно стать внутренним стимулом к повышению производительности труда. Однако при наличии спроса на продукцию многие отечественные производители вместо инвестиций в развитие производства и увеличение объемов предложения повышают на нее цены. Как следствие, персонал не реагирует на призывы обеспечивать рост производительности труда, а условия для обновления и модернизации производства не создаются, не говоря уже о новых, высокопроизводительных рабочих местах.

Их создание в большей степени зависит от востребованности на рынке продукции, производимой на данных местах, и в меньшей – от технического и технологического перевооружения производственной сферы. Поэтому перевооружение целесообразно там, где производится востребованная на рынке продукция, чтобы обеспечить рост рыночного предложения за счет роста производительности труда.

Думается, здесь и должна проявиться работа Фонда развития промышленности, который был создан в 2014 г. по инициативе Министерства промышленности и торговли РФ на основе реорганизации Российского фонда технологического развития. Важно обеспечить более полное информирование профессиональной и широкой общественности с привлечением средств массовой информации о фактах участия предприятий в соответствующих конкурсах, получения ими из данного фонда льготных кредитов, распространения опыта внедрения лучших российских технологий и реализации финансируемых проектов.

Такая информация будет способствовать развитию не только механизма отбора предприятий, которым будет предоставляться возможность получения льготного кредита, но и послужит условием для появления новых структур производственного предпринимательства, создания технопарков и промышленных парков, которые в свою очередь станут катализатором создания новых, высокопроизводительных рабочих мест для производства востребованной продукции в рамках организации импортозамещающих производств.

К сожалению, имеющаяся информация доступна лишь на сайте фонда, где помимо широкого спектра фактологических данных по разным вопросам показано число создаваемых рабочих мест, но без информации об их высокой производительности. Вместе с тем суммы, выделенные компаниям на реализацию проектов, весьма внушительны: в 2015 г. выделено 18,91 млрд руб., а в 2016 г. из запланированных 23,7 млрд руб. выделено 8,55 млрд руб. и зарезервировано 7,05 млрд руб. на одобренные проекты. Весьма обширны и география реализации проектов, и перечень отраслей экономики [8].

Сегодня участвовать в работе фонда согласились 10 регионов РФ, создавшие свои региональные фонды: Псковская, Ярославская, Тульская, Челябинская, Тюменская, Ульяновская области, Пермский и Ставропольский край, Санкт-Петербург и Республика Татарстан. Руководство данных регионов обеспечило условия стимулирования процесса создания высокопроизво-

дительных рабочих мест и повышения производительности труда в отдельных отраслях.

В настоящее время практически во всех субъектах РФ имеются свободные промышленные площадки с необходимой для производства инфраструктурой, которые могут использоваться для создания техно- и индустриальных парков, для реализации инновационных проектов и организации импортозамещающих производств. Вопрос остается за руководством регионов, еще не включившихся в данный процесс, но давших согласие на участие в деятельности Фонда развития промышленности.

Такая работа важна для трудоустройства специалистов, высвободившихся при ликвидации рабочих мест, а также для привлечения специалистов из других регионов. В данном случае необходимы соответствующие региональные программы, обеспечивающие трудовую мобильность населения на основе формирования фондов льготного арендного жилья, упрощения трудоустройства вдали от основного места проживания, льготного проезда для этой категории граждан. Например, можно найти возможность за счет выделенных из фонда средств привлекать нужных специалистов из других регионов, оплачивать им проезд и аренду жилья, выдавать ссуду на обустройство жилья и т.п. с последующим обоснованием таких расходов.

Слабое распространение подобного передового опыта обусловлено также тем, что в сложившихся экономических условиях лучшие показатели работы субъекта хозяйствования обеспечиваются не ростом производительности труда, а за счет повышения цен на продукцию либо снижения величины заработной платы.

Кроме того, рост объемов производства невостребованной на рынке продукции не может обеспечить увеличение прибыли даже при снижающихся затратах труда на единицу продукции. Именно сокращение спроса на неконкурентоспособную продукцию стало основной причиной падения объемов производства, снижения производительности труда в Российской Федерации и платежеспособности субъектов хозяйствования (табл. 2, 3).

Таблица 2

Производительность труда и индекс изменения производительности труда в экономике России в 2007–2015 гг. (млн руб./чел)<sup>1</sup> [9]

Период	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Показатель производительности труда, млн руб./чел</b>	0,55	0,58	0,55	0,57	0,59	0,60	0,61	0,61	0,58
<b>Индекс производительности труда</b>	107,5	104,8	95,9	103,2	103,8	103,2	101,8	100,9	–

Таблица 3

<sup>1</sup> Производительность труда определена как отношение ВВП в постоянных ценах 2008 г. к средней численности занятого в экономике экономического активного населения. Индекс изменения производительности труда рассчитан как частное от деления индексов физического объема ВВП и индекса изменения совокупных затрат труда.

Индекс изменения объема промышленного производства  
в России за 2007–2015 гг. [10]

Период	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Индекс промышленного производства</b>	106,8	100,6	89,3	107,3	105,0	103,4	100,4	101,7	96,6

Снижение объемов производства неизбежно приводит к ограничению числа рабочих мест, когда население лишается возможности дальнейшего совершенствования и углубления профессиональных навыков. Это приводит к снижению величины заработной платы даже после нахождения нового места работы, что будет препятствовать повышению производительности труда.

Учитывая, что заработная плата является не только важнейшим средством стимулирования повышения эффективности материального производства, но и ценой рабочей силы, ее низкий уровень не обеспечивает возможности удовлетворять различные потребности работников и, как следствие, вызывает падение мотивации к рациональному использованию производственных ресурсов. Это приводит к дальнейшему падению объемов производства и снижению качества производимой продукции: дешевая рабочая сила никогда не была высокопроизводительной.

Кроме того, падение производства исключает из этой сферы молодое поколение, а его длительное пребывание вне сферы занятости вызывает у него нежелание вообще включаться в трудовую деятельность, что приводит молодых людей к противоправным действиям.

Отсюда следует, что производительность труда нельзя рассматривать в отрыве от демографической ситуации, складывающейся в стране, так как лишь активная часть населения, занятая в экономике страны, принимает участие в создании валового внутреннего продукта, занимаясь профессиональной деятельностью. Поэтому анализ населения по возрасту обязателен при исследовании производительности труда, поскольку позволяет видеть соотношение производительных и непроизводительных категорий населения.

Растущий возраст населения в стране отрицательно влияет на эффективность рабочей силы, поскольку снижается инновационная и изобретательная активность населения (табл. 4).

Таблица 4

Инновационная и изобретательская активность организаций в РФ [11]

Период	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Инновационная активность, %</b>	10,0	9,4	9,3	9,5	10,4	10,3	10,1	9,9	–
<b>Коэффициент изобретательской активности (число отечественных патентных заявок в расчете на 10 тыс. чел.)</b>	1,94	1,95	1,8	2,01	1,85	2,0	2,0	1,65	2,0

Данная активность должна направляться на сокращение затрат труда по удовлетворению потребностей членов общества, на поиск резервов производства и улучшение качественных характеристик товара, на внедрение в производственной сфере достижений научно-технического прогресса и передового опыта, что несомненно будет способствовать повышению производительности труда. В результате научно-технического прогресса основным органом труда становится мозг человека, а не его руки.

Следовательно, производительность труда зависит от уровня интеллектуального потенциала человека, его стремления к постоянному поиску возможности совершенствования этой деятельности на основе улучшения процесса и условий труда, его технических и технологических составляющих.

В своей статье «Дирижизм и воспроизводственный поворот» Н. А. Алексеева и В. И. Корняков пишут, что современное разделение труда «превратило отдельные предприятия в звенья длинных технологических цепочек..., способных функционировать лишь как неотъемлемая часть своего звена, повышение же производительности по-прежнему происходит на предприятиях», где «высвобождается часть живого труда, тем самым уменьшается реальная ... трудоемкость» [12].

В действительности так оно и есть, однако, как отмечают авторы, сниженная трудоемкость на конкретном предприятии не передается вместе с изделием на следующее звено технологической цепочки в виде пониженной отпускной цены. Только в этом случае все последующие звенья технологической цепочки могли бы наращивать экономию овеществленного труда.

Но здесь возникает вопрос: а почему это должно происходить, если предприниматели-собственники стремятся исключительно к получению прибыли? Где к этому у них мотивация как у участников технологической цепочки? Кто требует от них понижения отпускных цен? Если нет конкуренции либо она очень слабая, если органы власти никак не стимулируют данный процесс, то зачем снижать отпускные цены и сокращать величину прибыли по результатам повышения производительности труда?

Сложившиеся в Российской Федерации экономические отношения, которые по сути стали частнокапиталистическими, вопросы роста производительности труда возвели в ранг второстепенных, несмотря на распространение стереотипа о неизбежности ее роста при ориентации на прибыль и повсеместную приватизацию. Ожидаемого не произошло, а наибольшая динамика снижения производительности труда стала наблюдаться на приватизированных предприятиях из-за спада производства под воздействием сокращения спроса населения. Это в свою очередь стало причиной недостатка средств на выплату заработной платы, что привело к обесцениванию рабочей силы и, как следствие, к снижению уровня производительности труда.

Здесь и проявляется противоречивость производительности труда, поскольку труд в сознании трудящихся масс по-прежнему остается отчужденным и несогласованным с процессом потребления. Поэтому напрасно авторы указанной статьи строги к экономистам: «...экономисты до сего времени не видят, что отказ уменьшать цены соответственно росту производительности, снижению трудоемкости есть не что иное, как волевое уничтожение почти без следа тех потенциалов экономического прогресса, которые несет с собой рост производительности труда» [4].

Что могут сделать экономисты? Еще в советский период (70–80-е гг. прошлого века) такой воспроизводственный процесс насаждался директорским корпусом, думающим лишь о сокращении нормированной трудоемкости и беспредельно снижающим расценки так, что на производстве приходилось прибегать к припискам, ибо рабочие по таким расценкам не могли обеспечить себе достойный заработок. При этом руководство получало премию за снижение нормированной трудоемкости, что являлось для него существенным стимулом, несмотря на отсутствие мотивации у персонала. Сегодня ни у руководства предприятий, ни у персонала нет стимула к росту производительности труда в современном ее понимании.

В указанной статье подчеркивается: отсутствие снижения «цен при росте производительности труда отрывает цены от стоимости», что служит причиной появления инфляции и общего повышения цен в экономике страны. Автор говорит о том, что «трудоосберегающая функция роста производительности труда захлебывается в половодье растущих цен... В общественном воспроизводстве сохраняются и господствуют условия производства, «ничего не знающие» об имевших место повышениях предприятиями производительности труда, об их воспроизводственных возможностях» [4].

Сложно не согласиться с каждым словом, особенно в следующем тезисе: «Все это... патронируется государством под флагами «рыночной экономики». Сохранение предприятиями прежней цены при росте производительности труда оправдывается-прославляется как средство получения предпринимателями сверхприбыли, а последняя выставляется в качестве стимула и ресурса экономического прогресса... Нацеленность на получение сверхприбыли приводит к переполнению общественного воспроизводства лжеденьгами, лжеценами».

Далее авторы констатируют, что «приходится говорить о практически полной «стерилизации» в нашем общественном воспроизводстве требований экономического закона роста производительности труда с НТП-инновациями, снижением издержек и цен, удешевлением средств производства... Экономически это не что иное, как мобилизация требующихся предприятиям и социуму ресурсов за счет трудящихся, инфляционного сдерживания и снижения их реальной оплаты. Суть такого воспроизводства в том, что «ресурсы индивидуального и общественного воспроизводства изымаются из кармана конечных потребителей».

И, действительно, «зачем инновации и производительность труда, конкуренция, если есть гарантированно надежный, многолетний проверенный «альтернативный» способ доставания-мобилизации необходимых ресурсов?» [4].

Например, так называемые «естественные монополии» в настоящее время безраздельно контролируют рынки энергетических ресурсов, получая сверхприбыли на основе необоснованного повышения цен на свою продукцию при гарантированном спросе на нее со стороны практически всех отраслей экономики и населения.

В чем же состоит их рыночный риск, если в структуре себестоимости любой производимой в стране продукции присутствуют энергоресурсы? Как согласуется с работой этих компаний известный тезис о том, что повышение производительности труда выступает основным источником расширенного воспроизводства и повышения уровня жизни трудящихся?

Отсутствие четких ответов на данные вопросы обуславливает появление экономической неопределенности, что лишает миллионы исполнителей в различных отраслях народного хозяйства мотивации к повышению производительности труда; они не видят выгоды от своей мобилизации в этом направлении, особенно при сдерживании роста заработной платы. Именно эффективность живого труда характеризуется его производительностью, ибо в широком смысле производительность труда зависит от стремления человека к стабильному поиску вариантов и возможностей совершенствования осуществляемого им трудового процесса и экономической деятельности в целом.

Как верно отмечает Ф. П. Косицина, «получается «порочный круг»: низкая заработная плата – следствие низкой производительности труда и низкой эффективности хозяйства, а низкие производительность и эффективность – следствие низкой заработной платы. В этих условиях разрыв «порочного круга» с чего-то придется решительно начинать. Хотя задачи роста производительности труда и эффективности ни на минуту не должны исчезать из поля зрения (и на сегодня, и на перспективу), все же немедленно начинать необходимо с повышения заработной платы» [4].

Думается, выход из такого замкнутого круга может быть связан с решением проблемы соотношения роста заработной платы и производительности труда посредством ухода от объяснения низкого уровня заработной платы низким ростом производительности труда. В данном контексте уместно привести высказывание А. Смита, которое не потеряло актуальности по сей день: «Заработная плата за труд поощряет трудолюбие, которое, как и всякое иное человеческое свойство, развивается в соответствии с полученным им поощрением... Поэтому при наличии высокой заработной платы мы всегда найдем рабочих более деятельными, прилежными и смысленными, чем при низкой заработной плате» [13].

Отсюда можно было бы сделать вывод о том, что причина низкого уровня производительности труда в нашей стране во многом обусловлена низким уровнем заработной платы. Однако нельзя руководствоваться лишь одним принципом опережающего роста производительности труда над ростом заработной платы. Как подчеркивают И. Т. Корогодина и С. Н. Гапонова, этот принцип можно реализовывать на практике только при взаимодействии его с принципом справедливости в оплате труда. Они пишут: «В справедливой оплате труда должны быть отражены три взаимосвязанных процесса: а) рост реальной заработной платы работника, обеспечивающей полное удовлетворение его потребностей, обеспечивающих расширенное воспроизводство рабочей силы; б) формирование качественных профессиональных квалификационных, энергетических и духовных способностей; в) полная реализация этих способностей в труде, обеспечивающая создание высокого полезного эффекта услуги труда, выраженного в росте его производительности. Чем выше уровень способностей работника и чем полнее они реализуются в труде, тем выше будет его производительность» [14].

И с этим нельзя не согласиться, так как характерной чертой современного производства выступает его сильная зависимость от качества рабочей силы и эффективности ее использования. Поэтому справедливость в оценке труда может наступить только тогда, когда работник сможет реализовать в трудовой деятельности свой высокий уровень профессиональной квалифи-

кации, и когда он за счет получаемой им заработной платы сможет обеспечить воспроизводство рабочей силы, обладающей такой квалификацией. Важно убедить работника в том, что в настоящее время он работает на себя, широко пропагандируя в трудовом коллективе необходимость соответствия квалификации высоким стандартам профессионализма.

Указанный принцип справедливости оплаты труда таким своим содержанием определяет зависимость роста производительности труда от роста заработной платы, что только благоприятствует реализации принципа опережающего роста производительности труда над ростом заработной платы. А поскольку этот принцип отвечает интересам работодателей, а принцип справедливости в оплате труда отражает интересы работников, то только при взаимосвязи обозначенных принципов возможна их совместная реализация, в результате которой допустимо устранение дисбаланса между интересами работодателей и работников. В данном случае это еще один фактор, раскрывающий экономическую сущность производительности труда.

### *Заключение*

Таким образом, роль качественной характеристики экономического роста и развития раскрывает экономическую сущность производительности труда. При ее раскрытии должен ставиться вопрос об увеличении объемов производства востребованной на рынке продукции и получаемых вследствие этого выгод субъектами экономики, о повышении жизненного уровня населения, демонстрируемого ростом совокупного объема потребления произведенных в стране товаров и суммарного дохода, получаемого субъектами хозяйствования. Все это повышает актуальность роста производительности труда в современных условиях хозяйствования, который должен стать основанием для применения различных стимулов, тому способствующих, со стороны органов государственной власти и представителей менеджмента предприятий и организаций. Для этого необходимо развивать сотрудничество органов власти на федеральном и региональном уровнях в целях стимулирования ежегодного прироста производительности посредством льготного кредитования, реализации перспективных проектов на отечественных предприятиях в различных отраслях народного хозяйства, а также с помощью программ налогового стимулирования. Кроме того, на практике необходимо реализовывать принцип опережающего роста производительности труда над ростом заработной платы одновременно с реализацией принципа справедливости в оплате труда. В этом случае справедливость в оценке труда наступает при возможности реализации работниками в трудовой деятельности своего высокого уровня профессиональной квалификации и обеспечения ими за счет получаемой заработной платы воспроизводства рабочей силы, обладающей такой квалификацией.

### *Список литературы*

1. Трунин, С. Н. Экономика труда / С. Н. Трунин. – М. : Экономика. – 2009. – С. 5.
2. Макконел, К. Р. Экономикс. Принципы, проблемы, политика / К. Р. Макконел, С. Л. Брю. – М. : Республика, 1993. – С. 384.
3. Барр, Р. Политическая экономия : в 2-х т. / Р. Барр. – М. : Междунар. отношения, 1995. – Т. 1. – С. 307.

4. Алексеева, Н. А. Дирижизм и воспроизводственный поворот / Н. А. Алексеева, В. И. Корняков // Теоретическая экономика. – 2015. – № 1. – С. 24–35.
5. Распоряжение Правительства РФ № 1250-р от 9 июля 2014 г.
6. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency/)
7. Методика расчета показателя «прирост высокопроизводительных рабочих мест, в процентах к предыдущему году» – URL: [http://de.gov.yanao.ru/doc/o\\_effect/oiv/fsgs\\_pr449\\_14112013.pdf](http://de.gov.yanao.ru/doc/o_effect/oiv/fsgs_pr449_14112013.pdf).
8. Официальный сайт Фонда Развития Промышленности. – URL: <http://fprpf.ru>.
9. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/efficiency](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/efficiency)
10. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/industrial/).
11. Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/science\\_and\\_innovations/science/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/science_and_innovations/science/)
12. Косицина, Ф. П. Соотношение роста производительности труда и заработной платы – критерий эффективности государственного регулирования экономики / Ф. П. Косицина // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2010. – № 2 (12). – С. 19–23.
13. Смит, А. Исследование о природе и причинах богатства народов : пер. с англ. / А. Смит. – М. : Директ Медиапблишинг, 2008. – С. 75.
14. Корогодин, И. Т. Принципы анализа соотношения роста заработной платы и производительности труда / И. Т. Корогодин, С. Н. Гапонова // Теория и практика общественного развития. – 2015. – № 8. – С. 42–45.

---

***Романцов Александр Николаевич***

доктор экономических наук, профессор,  
кафедра менеджмента организации,  
Поволжский институт управления  
им. П. А. Столыпина –  
филиал Российской академии народного  
хозяйства и государственной службы  
при Президенте РФ  
E-mail: [romanzov@yandex.ru](mailto:romanzov@yandex.ru)

***Romantsov Alexander Nikolaevich***

doctor of economic sciences, professor,  
sub-department of management  
of organization,  
Volga Region Institute of Management  
named after P. A. Stolypin –  
branch of Russian Presidential Academy  
of National Economy  
and Public Administration

---

УДК 331.101.6

**Романцов, А. Н.**

**Экономическая сущность производительности труда в решении проблемы ее повышения** / А. Н. Романцов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 44–58.

## ЦЕЛЕВОЙ РЕЙТИНГ СНИЖЕНИЯ ДОТАЦИОННОСТИ РЕГИОНОВ

*Н. В. Свиридова, А. А. Голдина, И. В. Сазонова*

## TARGET RATING OF DECREASE REGIONS' SUBSIDIES DEPENDENCE

*N. V. Sviridova, A. A. Goldina, I. V. Sazonova*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* На современном этапе развития экономики России самодостаточность бюджетов и самообеспеченность дотационных регионов становятся основными критериями их экономического роста. В связи с этим важное значение приобретает проблема построения эффективного и гибкого механизма оценки социально-экономической эффективности развития региона. Для реализации данной цели, как правило, недостаточно субъективных выводов, требуются независимые оценки. Таким образом, своевременный и регулярный мониторинг на основе рейтингового анализа, учитывающего различия и диспропорции в экономическом развитии регионов, является одним из ключевых направлений повышения их социально-экономической эффективности. Цель работы – обзор, актуализация и совершенствование подходов и направлений реализации современных результатов в данной области. *Материалы и методы.* Реализация цели исследования была достигнута посредством изучения нормативно-правовых актов, постановлений правительства РФ, а также статистических данных по основным экономическим показателям развития регионов РФ. В качестве методов исследования в работе используются анализ документов, библиографический метод, контент-анализ. *Результаты.* В работе предложена методика построения целевого рейтинга дотационности регионов, позволяющая решить проблему сопоставимости показателей регионов и определить более точные позиции регионов по сравнению с применяемыми методиками. *Выводы.* Целевой рейтинг дотационности направлен на сокращение влияния уровня дифференциации регионов по экономическому развитию на результаты их сравнительной оценки и отражает реальное состояние региона. Предложенная методика позволяет объективно оценить возможности экономического роста и, следовательно, определить круг факторов, влияющих на развитие дотационных регионов.

**Ключевые слова:** регион, субъект Российской Федерации, экономическое развитие, целевой рейтинг, дотация на выравнивание бюджетной обеспеченности.

**Abstract.** *Background.* At the present stage of Russian economy development budget self-sufficiency and self-reliance of subsidized regions are the main criteria for their economic growth. In this regard, the importance of acquiring the problem of constructing an effective and flexible mechanism for assessing the socio-economic efficiency of region's development. To achieve this goal, as a rule, it is not enough subjective findings, it requires independent evaluations. Thus, timely and regular monitoring on the basis of the rating analysis that takes into account the differences and imbalances in the economic development of regions, is one of the key areas to enhance their social and economic efficiency. The purpose of work is to review, update and improve the approaches and directions of realization of recent results in this area. *Materials and methods.* Implementation of a research purpose was reached by means of studying of regulatory legal acts, orders of the Govern-

ment of the Russian Federation, and also statistical data on the main economic indicators of regions' development. The main research methods in work are represented by the analysis of documents, bibliographic method and content analysis. *Results.* In the article under study the authors offer the technique of creation of target rating of regions' dependence on subsidies. The considered technique allows to solve a problem of comparability of different indicators and to define more exact positions of regions in comparison with the applied techniques. *Conclusions.* Target rating of decrease regions' subsidies dependence is directed for reducing the misstatement of comparative assessment of different regions because of the distinctions in economic development. As a result, the offered assessment mechanism reflects a real condition in region. The offered technique allows to estimate objectively possibilities of economic growth and, therefore, to determine a circle of factors influencing the development of subsidized regions.

**Key words:** region, subject of the Russian Federation, economic development, target rating, subsidy for equalization of fiscal capacity.

### ***Введение***

Процессы преодоления кризисных явлений, связанных с введением санкций в отношении экономики России и падением цен на нефть, существенно влияющие на социально-экономическое развитие дотационных регионов, требуют создания принципиально нового подхода к проведению мониторинга на основе применения рейтинговых методик. Это становится особенно важно для проведения систематических сопоставлений дотационности различающихся по объему валового регионального продукта (ВРП) регионов и изменения динамики в условиях ограниченности доходных источников консолидированных бюджетов ряда субъектов РФ.

Бюджетным кодексом РФ предусмотрены дотации на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Федерации, которые определяются по утвержденной методике. В приказе Минфина России от 29 октября 2015 г. № 409 «Об утверждении перечней субъектов Российской Федерации в соответствии с положениями пункта 5 статьи 130 Бюджетного кодекса Российской Федерации» определен перечень регионов-получателей дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Федерации в 2016 г. (всего 71 регион), за исключением 14 субъектов Федерации: Республика Татарстан (Татарстан), Калужская область, Ленинградская область, Московская область, Самарская область, Сахалинская область, Свердловская область, Тюменская область, Ярославская область, город федерального значения Москва, город федерального значения Санкт-Петербург, Ненецкий автономный округ, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра, Ямало-Ненецкий автономный округ [1].

Дотация на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов РФ рассчитывается исходя из необходимости достижения минимального уровня расчетной бюджетной обеспеченности субъекта на основе соотношения индексов налогового потенциала и бюджетных расходов. Индекс налогового потенциала определяется как относительная (по сравнению со средним по Российской Федерации уровнем) оценка налоговых доходов консолидированного бюджета субъекта Российской Федерации, определяемая с учетом уровня развития и структуры налоговой базы субъекта Российской Федерации [2].

Уровень налоговых поступлений не только применяется в расчете дотаций, но и характеризует экономическую и финансовую самостоятельность региона, поэтому для оценки снижения дотационности важным является анализ их динамики. В табл. 1 приведена налоговая статистика за январь–август 2016 и 2015 г. по поступлениям в консолидированные бюджеты субъектов РФ с отрицательной динамикой.

Таблица 1

Поступления налогов в консолидированные бюджеты субъектов РФ  
за январь–август 2016 и 2015 г.\*

Субъект РФ	Поступления в консолидированный бюджет РФ, млн руб. (январь–август 2016)	В % к соотв. периоду предыдущ. года (январь–август 2015)	Темп снижения, %
1. Белгородская область	40 153,1	94,5	-5,5
2. Липецкая область	23 708,5	80,6	-19,4
3. Смоленская область	28 617,2	98,0	-2,0
4. Тульская область	36 570,4	94,7	-5,3
5. Республика Коми	92 560,7	92,9	-7,1
6. Архангельская область	33 031,1	70,8	-29,2
7. Ненецкий АО	37 684,3	90,5	-9,5
8. Чеченская республика	6304,5	76,9	-23,1
9. Республика Башкортостан	172 529,3	98,9	-1,1
10. Республика Мордовия	21 669,0	98,2	-1,8
11. Республика Татарстан	289 839,1	98,3	-1,7
12. Удмуртская республика	90 588,9	97,0	-3,0
13. Кировская область	27 500,9	97,1	-2,9
14. Оренбургская область	133 424,2	87,5	-12,5
15. Тюменская область	93 357,2	82,4	-17,6
16. Ханты-Мансийский АО – Югра	1 089 787,9	79,1	-20,9
17. Республика Алтай	3 760,8	96,1	-3,9
18. Республика Бурятия	15 585,3	83,0	-17,0
19. Красноярский край	229 668,3	98,1	-1,9
20. Кемеровская область	64 084,5	90,8	-9,2
21. Томская область	93 612,0	89,6	-10,4
22. Забайкальский край	19 637,6	93,8	-16,2
23. Сахалинская область	151 428,5	62,8	-37,2

Примечание. \*Данные граф 1–3 заполнены на основании налоговой аналитики сайта ФНС России [3].

Результаты, представленные в табл. 1, свидетельствуют об отрицательной динамике поступлений в консолидированный бюджет РФ 23 регионов за анализируемый период, среди которых есть регионы-доноры и дотационные регионы. Следует отметить, что наибольшее снижение налоговых поступлений наблюдается в регионах-донорах – Ханты-Мансийском АО – Югра (-20,9 %) при общем объеме налоговых поступлений 1 089 787,9 млн руб.

и Сахалинской области (темп снижения – 37,2 %) при общем объеме налоговых поступлений 151 428,5 млн руб.

### ***1. Принципы и порядок группировки дотационных регионов***

Важнейшим условием проведения сравнительной оценки регионов является обеспечение сопоставимости анализируемых показателей с различным уровнем их развития и отличающимися масштабами деятельности организаций, функционирующих в регионах. Речь в первую очередь идет о дотационных регионах. Российская федерация характеризуется значительной межрегиональной экономической дифференциацией, которая определяется различными условиями, например, такими, как концентрация населения, местоположение по отношению к сложившимся рынкам и источникам снабжения, структура производства и занятости, инвестиционный климат, объемы финансирования консолидированных бюджетов субъектов и пр. В связи с этим их основные макроэкономические показатели отличаются в десятки раз, и поэтому главной проблемой определения точной позиции регионов являются их различия в экономическом развитии. Следует отметить, что с 2002 до 2015 г. реализовывалась федеральная целевая программа «Сокращение различий в социально-экономическом развитии регионов Российской Федерации (2002–2010 годы и до 2015 года)».

Можно констатировать, что экономическим сообществом отмечается дефицит наиболее точной сравнительной аналитической информации о развитии и повышении финансовой обеспеченности дотационных регионов, включающей их ранжирование при соблюдении условий сопоставимости.

Проведенное исследование показывает, что определение позиций субъектов РФ без их группировки на качественно однородные группы может приводить к ошибочным видам. Поскольку налоговые поступления являются основой расчета индекса налогового потенциала, применение их объема в сравнительном анализе снижения дотационности субъектов в качестве основы группировки некорректно.

Для решения проблемы сопоставимости показателей регионов с различным уровнем развития и масштабов деятельности функционирующих в них организаций предлагается составлять первичную группировку по объемному показателю, что соответствует положениям теории экономического анализа. Так как ВРП является обобщающим показателем, характеризующим общий показатель развития регионов, то можно рассмотреть следующие основные макроэкономические показатели экономического развития регионов – объемы ВРП, ВРП на душу населения, темпы роста ВРП.

Для уменьшения влияния уровня дифференциации регионов по экономическому развитию на результаты их сравнительной оценки в качестве группировочного признака при формировании группировки целесообразно применять не менее значимый относительный показатель – доля ВРП субъекта в общем объеме ВРП федерального округа или России. При этом позиции регионов, значительно различающихся по объемам ВРП, будут определяться в разных группах, например, Республика Башкортостан и Кировская область.

Предлагаются следующие интервалы группировок дотационных регионов по доле ВРП в общем объеме (табл. 2).

Таблица 2

**Интервалы группировок дотационных регионов  
Приволжского федерального округа**

Дифференциация регионов по доле ВРП	Удельная доля, %	Группа регионов
Регионы с высокой долей ВРП	свыше 12	1
Регионы с долей ВРП выше средней	8,00–11,99	2
Регионы со средней долей ВРП	5–7,99	3
Регионы с низкой долей ВРП	менее 5	4

С учетом указанных критериев и расчетов, проведенных на основе данных Федеральной службы государственной статистики за 2014 г., была произведена группировка субъектов Российской Федерации (табл. 3).

Таблица 3

**Первичная группировка дотационных субъектов РФ по доле ВРП (2014 г.)**

Группа регионов	Дифференциация регионов	Наименование региона	Удельная доля, %*
1	Регионы с высокой долей ВРП	Республика Башкортостан	13,62
2	Регионы с долей ВРП выше средней	Нижегородская область	11,10
		Пермский край	10,55
3	Регионы со средней долей ВРП	Оренбургская область	7,97
		Саратовская область	6,13
4	Регионы с низкой долей ВРП	Удмуртская Республика	4,82
		Пензенская область	3,25
		Ульяновская область	3,04
		Кировская область	2,73
		Чувашская Республика	2,56
		Республика Мордовия	1,86
		Республика Марий Эл	1,57

**П р и м е ч а н и е.** \* Удельная доля ВРП субъекта в общем объеме ВРП федерального округа рассчитана на основе данных ФСГС [4].

### **3. Методика построения целевого рейтинга дотационности регионов**

Сегодня наиболее популярным инструментом мониторинга и выявления позиции регионов являются рейтинги. Российские информационно-аналитические агентства публикуют результаты рейтингов регионов в виде их позиционирования по состоянию инвестиционного климата, социально-экономическому положению, кредитоспособности, устойчивому развитию, фундаментальной эффективности, экологической ответственности бизнеса и т.д.

Общеизвестные рейтинговые методики построения регионов, как правило, включают большое число различных показателей, которые могут привносить существенную погрешность в итоговый результат интегрального рейтинга. Интегральный индекс, рассчитанный по большому числу показателей (например, 46 показателей в национальном рейтинге), может приводить к ошибочным выводам, а применение первичной группировки регионов даст

более точную оценку снижению их дотационности. Главным в разработке рейтинговых методик должно быть не увеличение числа показателей, а установление более точных индикаторов в качестве пороговых значений и выбор показателей, дающих окончательную характеристику экономическому развитию и финансовой обеспеченности дотационных регионов.

Следует отметить, что публикуется и наиболее простой вариант позиционирования по значениям одного показателя – рэнкинги, но в них не применяются первичные группировки, отсутствует сравнение с индикативными показателями и, соответственно, снижается значимость полученных выводов по результатам сравнительной оценки. Это предопределяет необходимость в разработке такой методики рейтингового анализа, которая позволит определять наиболее точные позиции дотационных регионов на основе применения индикативных показателей.

Для сравнительной оценки снижения дотационности регионов и определения их позиции необходимо выбрать относительный показатель, дающий окончательную характеристику области исследования, и включить исследуемые регионы в одну из четырех групп дотационных регионов в зависимости от доли ВРП в общем объеме федерального округа или России, учитывающего масштабы их деятельности.

Целевой рейтинг основывается на сопоставлении темпа роста (снижения) коэффициентов дотационности за два последних финансовых года и установленного порогового значения, являющегося индикатором. Коэффициент дотационности рассчитывается по следующей формуле:

$$\text{Коэффициент дотационности (Кд)} = \text{Дотации} / \text{Собственные доходы}.$$

Рейтинговая методика снижения дотационности регионов, основанная на применении индексов, может включать в качестве индикаторов-пороговых значений коэффициента дотационности установленные параметры. Так, в приказе Минфина России от 29 октября 2015 г. № 409 «Об утверждении перечней субъектов Российской Федерации в соответствии с положениями пункта 5 статьи 130 Бюджетного кодекса Российской Федерации» определены перечни регионов, в бюджетах которых доля дотаций из федерального бюджета в течение двух из трех последних отчетных финансовых лет превышала 10 % или 40 % объема собственных доходов консолидированного бюджета субъекта Федерации. Последние показатели можно рассматривать как индикаторы. Превышение объема собственных доходов свыше 40 % наблюдается в следующих регионах: Республика Алтай, Республика Дагестан, Республика Ингушетия, Республика Крым, Республика Тыва, Чеченская Республика, Камчатский край, город федерального значения Севастополь.

В первый перечень с превышением 10 % объема собственных доходов включены следующие субъекты Приволжского федерального округа: Республика Марий Эл, Республика Мордовия, Чувашская Республика, Пензенская область, Саратовская область. Поэтому для субъектов Приволжского федерального округа можно рассматривать как индикатор 10 % объема собственных доходов консолидированного бюджета и применять его в качестве порогового значения при построении целевых рейтингов снижения дотационности регионов ( $K_p = 1,1$ ).

Формула целевого рейтингового индекса снижения дотационности ( $I_d$ ) имеет вид

$$I_d = \frac{K_{d_i}}{K_{d_{i-1}} \times K_p},$$

где  $K_{d_i}$  – коэффициент дотационности сравниваемого периода;  $K_{d_{i-1}}$  – коэффициент дотационности предыдущего периода.

### ***Заключение***

В целях получения наиболее точных результатов сравнительного анализа предлагается методика построения целевого рейтинга снижения дотационности регионов, которая включает следующие этапы:

- группировка регионов для проведения анализа на уровне федеральных округов или федеральном уровне;
- сбор информации о ВРП и расчет долей ВРП субъектов РФ;
- выделение групп сравниваемых регионов по доле ВРП и формирование первичной группировки;
- сбор информации о дотациях на выравнивание бюджетной обеспеченности и собственных доходов консолидированных бюджетов субъектов;
- расчет динамических и рейтинговых индексов;
- построение целевых рейтингов снижения дотационности регионов и определение их позиций на уровне региона и России;
- формирование итогового отчета (обобщение результатов рейтингового анализа и выводы).

Результатом предлагаемых целевых рейтингов будет являться позиция конкретного дотационного региона в соответствующей группе регионов с установленными диапазонами их доли ВРП в общем объеме ВРП региона или России.

Данное исследование позволяет сделать вывод о том, что подобный рейтинг по каждой отдельно взятой группе регионов наглядно отражает реальную ситуацию в регионе, позволяет объективно оценить возможности экономического роста и, следовательно, определить круг факторов, влияющих на развитие дотационных регионов.

### ***Список литературы***

1. Приказ Минфина России от 29 октября 2015 г. № 409 «Об утверждении перечней субъектов Российской Федерации в соответствии с положениями пункта 5 статьи 130 Бюджетного кодекса Российской Федерации».
2. Методика распределения дотаций на выравнивание бюджетной обеспеченности субъектов Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 22 ноября 2004 г. № 670).
3. Налоговая аналитика 2015–2016 гг. – URL: <https://analytic.nalog.ru/portal/index.ru-RU.htm>
4. Национальные счета. Валовой региональный продукт 1998–2014 гг. // Официальный сайт Федеральной службы государственной статистики. – URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/accounts/#)

---

***Свиридова Нина Владимировна***  
доктор экономических наук, профессор,  
кафедра бухгалтерского учета,  
налогообложения и аудита,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: sviridovanv@rambler.ru

***Sviridova Nina Vladimirovna***  
doctor of economic sciences, professor,  
sub-department of accounting,  
taxation and audit,  
Penza State University

***Голдина Анна Александровна***  
кандидат экономических наук, доцент,  
кафедра бухгалтерского учета,  
налогообложения и аудита,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: anna3103@rambler.ru

***Goldina Anna Alexandrovna***  
candidate of economic sciences,  
associate professor,  
sub-department of accounting,  
taxation and audit,  
Penza State University

***Сазонова Ирина Владимировна***  
кандидат экономических наук, доцент,  
кафедра бухгалтерского учета,  
налогообложения и аудита,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: irp@list.ru

***Sazonova Irina Vladimirovna***  
candidate of economic sciences,  
associate professor,  
sub-department of accounting,  
taxation and audit,  
Penza State University

---

УДК 330.3

**Свиридова, Н. В.**

**Целевой рейтинг снижения дотационности регионов** / Н. В. Свиридова,  
А. А. Голдина, И. В. Сазонова // Модели, системы, сети в экономике, технике, приро-  
де и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 59–66.

**УЧЕТ И РАСКРЫТИЕ ИНФОРМАЦИИ О ЗАТРАТАХ  
И РЕЗУЛЬТАТАХ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

*А. Э. Хачатурова*

**ACCOUNTING AND DISCLOSURE OF COSTS AND RESULTS  
OF INNOVATIVE ACTIVITY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES**

*A. E. Khachaturova*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Осуществление инновационной деятельности является одним из наиболее рискованных видов хозяйственной деятельности, поэтому формирование учетно-аналитической информации, обеспечивающей принятие необходимых управленческих решений на разных стадиях инновационного процесса, является важнейшим инструментом минимизации последствий возникновения негативных событий. Целью работы является разработка методических подходов к управленческому учету инновационного процесса, раскрытию информации о видах инноваций, затрат на них и результатов на основе предложенной классификации инноваций и выделенных этапов инновационного процесса. *Материалы и методы.* В качестве информационной базы исследования использовались данные статистического исследования НИУ ВШЭ «Индикаторы инновационной деятельности: 2016», содержание формы статистического наблюдения № 4-инновация «Сведения об инновационной деятельности организации», а также Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации до 2020 года. В работе применяются общенаучные (индукция и дедукция, систематизация, классификация) и аналитические методы (метод группировки, вертикальный анализ). *Результаты.* Предложена авторская модель раскрытия информации об инновационной деятельности предприятия на основе авторской классификации видов инноваций, структурирования затрат по предложенным видам и классификации результатов инновационной деятельности; выделены этапы инновационного процесса промышленного предприятия в зависимости от выбранного инновационного решения, определены объекты учета затрат на инновации. *Выводы.* Учет затрат предложено осуществлять в разрезе видов инноваций и ожидаемых инновационных результатов, что позволит на основе выбранного инновационного решения сформировать последовательность этапов инновационного процесса.

**Ключевые слова:** инновация, инновационный процесс, промышленное предприятие, инновационное решение, классификация инноваций, этап инновационного процесса, затраты, объект учета, отчетность.

**Abstract.** *Background.* Innovation is one of the most risky economic activities, therefore, the formation of accounting and analytical information, that the adoption of managerial decisions at different stages of the innovation process is a critical tool in minimizing the consequences of adverse events. The aim of this work is to develop methodological approaches to management accounting innovation process, disclosure on the types of innovation, costs and outcomes based on the proposed classification of innovations and the stages of the innovation process. *Materials and methods.* As information base of research were used data of statistical research of the NRU HSE «Indicators of innovative activity: 2016», the contents of the forms of statistical supervision No. 4 an innovation «Data on innovative activity», the contents of the «concept of long-term socio-economic development of the

Russian Federation until 2020». In this paper we use General scientific methods: induction and deduction, systematization, classification and analytical methods: the grouping method, vertical analysis. *Results.* The author suggests a model of information disclosure on innovation activities of enterprises based on the author's classification of types of innovation, the structuring costs for the proposed types and classification of innovation outcomes; the stages of the innovation process of the industrial enterprise, depending on the selected innovative solutions, defined the cost accounting objects for innovations. *Conclusions.* Cost accounting is proposed to be implemented in the context of the types of innovation and expected innovation outcomes that will allow based on the selected innovative solutions to generate a sequence of stages in the innovation process.

**Key words:** innovation, innovation process, industrial enterprise, innovation, classification of innovation, stage of innovation process, cost, object accounting, reporting.

Зарубежный опыт показывает, что в условиях рыночной экономики только инновационная структура производства может обеспечить конкурентоспособность машиностроительных предприятий и является стратегическим фундаментом их динамичного и устойчивого развития в долгосрочной перспективе. Российская же действительность в области развития инноваций оставляет желать лучшего. В настоящее время низкий инновационный уровень в деятельности предприятий отечественного машиностроения представляет собой системную проблему, без решения которой рыночные позиции машиностроительных предприятий будут неумолимо ослабляться, что в конечном итоге может привести к прекращению их производственной деятельности.

Одной из проблем предприятий машиностроительной отрасли является низкий уровень технологического оснащения. Кроме того, на многих предприятиях отсутствуют квалифицированные кадры, которые способны организовать профессиональную работу по управлению инновационным процессом, а также разработчики, которые готовы выполнить полноценное проектирование, конструирование и т.д. Однако конкурентоспособность машиностроительного производства определяется не только его технико-технологическим уровнем и квалификацией сотрудников предприятий, но и уровнем инновационной направленности производственной деятельности [1].

Важной проблемой является финансирование инновационной деятельности, которое в России все еще остается на достаточно низком уровне, на что имеется ряд объективных причин. Во-первых, предприятия главным образом ориентируются на краткосрочные результаты деятельности, пренебрегая при этом стратегическими целями развития. Об этом свидетельствует отсутствие на большинстве предприятий научно обоснованных планов среднесрочного и долгосрочного характера, что не позволяет проводить планомерную подготовку производства и персонала к обновлению продукции, техники, технологии и т.д. [2]. Другими немаловажными причинами являются неэффективное использование предприятиями имеющихся в распоряжении различных видов ресурсов и несбалансированность инвестиционной политики в целом.

Серьезной проблемой для промышленных предприятий являются высокие затраты на финансирование процессов разработки и внедрения инноваций. Практика показывает, что деятельность в сфере инноваций сопряжена с высокими рисками, а фонды рискованного финансирования на российском рынке недостаточно развиты. Кроме того, в отечественной экономике многие

рыночные инструменты ведения бизнеса по сравнению с разработкой и внедрением инноваций все еще дают большие доходы при существенно меньших затратах. Для того чтобы активизировать практику инновационной деятельности, необходимо повысить управляемость инновационным процессом, и одним из важнейших инструментов в данном случае станет разработка порядка управленческого учета и отчетности, позволяющего предприятию иметь структурированное учетно-аналитическое обеспечение принятия своевременных инновационных решений. Поэтому разработка порядка управленческого учета затрат в процессе инновационной деятельности является весьма актуальной проблемой.

На сегодняшний день в роли главного двигателя отечественной экономики выступает нефтегазовая отрасль [3]. В этих условиях крайне необходимым является обеспечение отрасли высококачественным оборудованием и прогрессивными технологиями.

Следует отметить, что в российской промышленности, в частности в нефтегазовом машиностроении, существуют технологии, которые могут стать источниками качественного экономического роста и долговременного удерживания лидирующих позиций как на отечественном, так и мировом рынке. Однако только часть отечественных предприятий, преодолевая различные трудности, за счет собственных средств ведут разработки в области инноваций, преимущественно технологических.

Действительно, ключевым типом инноваций для предприятий машиностроительной отрасли являются технологические инновации, что подтверждается данными статистического исследования НИУ ВШЭ «Индикаторы инновационной деятельности: 2016» [4], согласно которому ключевым направлением инновационной деятельности предприятий, занимающихся производством машин и оборудования, является создание и приобретение машин и оборудования (50–60 %). На долю исследований и разработок приходится 20–25 % от общего объема затрат на инновационную деятельность. На долю нетехнологических инноваций (организационных и маркетинговых) приходится менее 1 % всех инновационных затрат (табл. 1).

Таблица 1

Удельный вес затрат на отдельные виды инновационной деятельности в общем объеме затрат на инновации (%)

Виды инновационной деятельности	Год			
	2011	2012	2013	2014
Исследования и разработки	14,9	20,4	20,4	25,0
Приобретение машин и оборудования	60,9	55,2	59,1	47,2
Приобретение новых технологий	0,7	1,9	0,7	2,2
Приобретение прав на патенты и патентных лицензий	0,2	0,3	0,3	0,9
Приобретение программных средств	0,9	1,3	1,3	1,0
Обучение и подготовка персонала	0,4	0,6	0,3	0,2
Маркетинговые исследования	0,3	0,2	0,2	0,1
Прочие	21,7	20,1	17,7	23,4
<i>Итого</i>	100	100	100	100

В условиях необходимости привлечения значительных объемов финансирования, направленных на развитие инновационной деятельности, для промышленных предприятий актуальной задачей становится отражение в управленческом бухгалтерском учете и отчетности информации о затратах и результатах такой деятельности.

Рассматривая аспекты раскрытия информации о затратах и результатах инновационной деятельности, обратимся к действующей форме № 4-инновация, утвержденной Федеральной службой государственной статистики [5]. Указанная форма в разделе 2 «Инновационная активность организации» классифицирует инновации в зависимости от результатов на технологические, организационные и маркетинговые. Далее технологические инновации разделены на процессные и продуктовые как равнозначные организационным, маркетинговым. Кроме того, в отчетности предлагается в вышеуказанных видах инноваций выделить экологические. Экологические инновации рассматриваются как осуществляемые в рамках технологических, организационных и маркетинговых, как равнозначные им. Таким образом, указанная отчетность четко и однозначно не структурирует информацию по видам инновационной деятельности.

Затраты на инновационную деятельность в статистической отчетности (раздел 5) отражены в разрезе технологических, маркетинговых и организационных инноваций, а экологические отсутствуют, что противоречит разделу 2 указанной формы.

Переходя к раскрытию информации о результатах инновационной деятельности (раздел 6), можно констатировать, что перечень результатов не связан с конкретным видом инновационной деятельности (технологическими, организационными инновациями), результаты формулируются достаточно узко и специфически («повышение мотивации к осуществлению инновационной деятельности», «улучшение информационных связей внутри организации» и т.д.), а оценка результативности осуществляется экспертно в аспекте влияния на развитие организации (низкая, средняя, высокая степень воздействия, отсутствие воздействия).

Таким образом, рассматриваемая отчетность не раскрывает информацию, необходимую для анализа и комплексной оценки инновационного развития предприятия. В связи с этим для усиления информативности отчетности считаем, что классифицировать инновации следует по двум основным признакам, а именно: конечному результату инновационной деятельности и содержанию соответствующих данному результату инновационных процессов.

Поэтому в разделе 2 рассматриваемой отчетности целесообразно классифицировать виды инновационной деятельности как продуктовые, процессные, продуктивно-процессные, создание инновационного оборудования и комплексные. Под продуктовыми инновациями подразумевается создание нового продукта. Процессные инновации включают в себя разработку новых производственных процессов, технологий, методов. Продуктивно-процессные инновации, соответственно, строятся на сочетании продуктовых и процессных инноваций. Создание инновационного оборудования предполагает разработку и применение нового или модернизированного технологического оборудования. Комплексные инновации реализуются на основе сочетания перечисленных выше инноваций, включая маркетинговые и организацион-

ные. Соответственно, информацию о затратах в разделе 5 статистической отчетности следует группировать в разрезе предложенных видов инновационной деятельности.

Для раскрытия информации о результатах инновационной деятельности необходимо, чтобы результаты были непосредственно связаны с процессом и их можно было бы надежно оценить. Поэтому нами предложены 11 видов результатов инновационной деятельности, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

Соответствие типов инноваций и результатов инновационной деятельности промышленного предприятия

№ п/п	Результат инновационной деятельности				Тип инноваций
	продукт	технология	оборудование	весь объект	
1	+				Продуктовые инновации
2	+		+		
3	+		+	+	
4		+			Процессные инновации
5		+	+		
6		+	+	+	
7	+	+			Продуктово-процессные инновации
8	+	+	+		
9			+		Инновационное оборудование
10			+	+	
11	+	+	+	+	Комплексные инновации

Такая классификация позволит своевременно и системно определить как состав участников, так и обособленные и взаимосвязанные этапы инновационных процессов промышленного предприятия, что конкретизирует управленческий учет и сделает более информативной отчетность.

Из приведенной таблицы видно, что каждому типу инноваций соответствует несколько видов инновационных результатов. Так, продуктовые инновации могут затрагивать только создание нового продукта; создание нового продукта и создание и применение нового технологического оборудования; создание нового продукта, создание и применение нового технологического оборудования и инновации всего объекта одновременно. Аналогично классифицируются результаты процессных инноваций, только вместо инноваций в области продукта имеют место инновации в области технологии. Результат продуктово-процессных инноваций, соответственно, будет основываться на одновременном сочетании инноваций в области продукта и технологии, а также может включать в себя инновации в области создания и применения нового технологического оборудования. Создание инновационного оборудования предполагает как разработку и применение нового технологического оборудования, так и сочетание данного вида инноваций с инновациями всего объекта. И, наконец, комплексные инновации предполагают разработку и внедрение инноваций, затрагивающих одновременно и продукт, и технологию, и оборудование, и весь объект. При этом следует пояснить, что под инновациями всего объекта мы понимаем сочетание других инноваций с инно-

вациями всего производства, в том числе зданий, сооружений, системы управления и т.д. Приведем в соответствие различные типы инноваций и виды возможных инновационных результатов, которые могут быть достигнуты промышленным предприятием в процессе осуществления инновационной деятельности (табл. 3).

Таблица 3

Классификация типов инноваций и соответствующих видов инновационных решений

Тип инноваций	Инновационное решение
Инновации, основывающиеся на изменении технологии производства	Изменить технологию производства продукта без изменения его свойств и технологического оборудования
	Изменить технологию производства продукта с изменением его свойств и без изменения технологического оборудования
	Изменить технологию производства продукта с изменением его свойств и технологического оборудования
Инновации, основывающиеся на создании и применении нового или модернизированного технологического оборудования	Создать и применить новое или модернизированное технологическое оборудование для производства существующих продуктов без изменения технологии их изготовления
	Создать и применить новое или модернизированное технологическое оборудование для производства существующих продуктов с изменением технологии их изготовления
	Создать и применить новое или модернизированное технологическое оборудование для производства новых продуктов с изменением технологии их изготовления
Инновации, основывающиеся на приобретении и применении нового или модернизированного технологического оборудования	Приобрести и применить новое или модернизированное технологическое оборудование для производства существующих продуктов без изменения технологии их изготовления
	Приобрести и применить новое или модернизированное технологическое оборудование для производства существующих продуктов с изменением технологии их изготовления
Инновации на основе реконструкции действующего или строительства нового производства и соответствующих строительно-монтажных работ	Провести реконструкцию действующего производства и соответствующие строительно-монтажные работы
	Провести строительство нового производства и соответствующие строительно-монтажные работы

Таким образом, предложенный подход к раскрытию информации об инновационной деятельности, затратах на нее и результатах позволит оценить уровень инновационного развития предприятия.

Для того чтобы сформировать отчетность, необходимо изменить подходы к учетному отражению инновационного процесса. Понимание экономи-

ческой природы и динамики инновационного процесса позволяет нам определить его как комплексное, сложное экономическое явление, процесс, охватывающий определенные экономические отношения в период времени от зарождения идеи и до ее практической реализации, который осуществляется по отдельным фазам, стадиям, объединенным в единый цикл, элементы которого находятся в тесном взаимодействии. Каждая из стадий инновационного процесса имеет свою организационную форму, свою специфику управления и целевое назначение.

На наш взгляд, инновационный процесс на промышленном предприятии должен включать в себя следующие основные стадии (рис. 1).

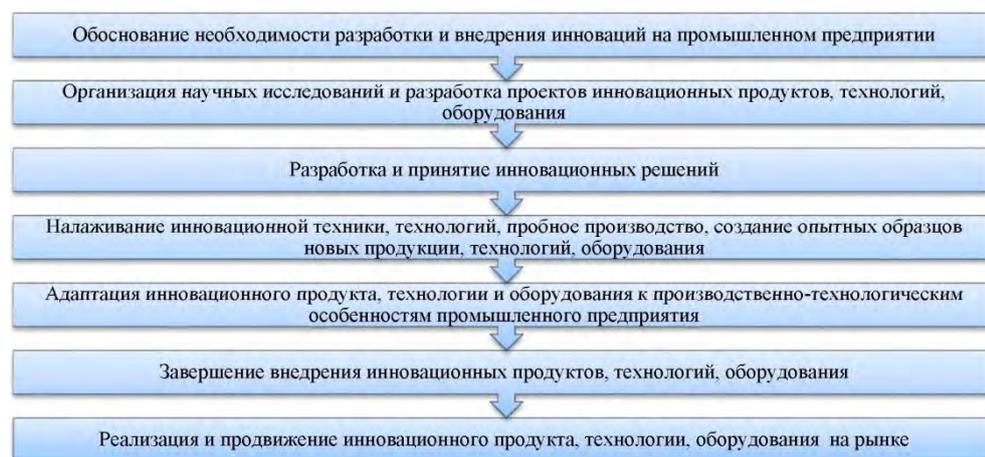


Рис. 1. Последовательность стадий инновационного процесса на промышленном предприятии

Побудительным мотивом для запуска инновационного процесса на промышленном предприятии является осознание и обоснование необходимости разработки и внедрения инноваций. Для этих целей необходимо проведение анализа и прогноза рынка, изучение потребительского спроса, деятельности конкурентов, законодательства в соответствующей отрасли и сфере деятельности, мировых достижений в области техники, технологии и пр. и собственного состояния самого промышленного предприятия, его возможностей по осуществлению инновационной деятельности и достижению целей стратегического инновационного развития. Очевидно, что для проведения такого анализа и прогнозирования промышленное предприятие вынуждено нести издержки на проведение необходимых исследований состояния и тенденций развития указанных факторов или приобретение уже готовых результатов таких исследований.

Следующим этапом инновационного процесса на промышленном предприятии выступает проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, происходит формулировка общего технологического замысла. При этом общедоступной и полученной на предыдущем этапе информации может оказаться недостаточно, поэтому может потребоваться проведение дополнительных исследований, прогнозов и т.д.

Далее на основе разработанного общего технологического замысла должно быть выработано инновационное решение. Эта деятельность включа-

ет в себя поиск, оценку и отбор альтернатив конкретной реализации технологического замысла, что обуславливает проведение дополнительных исследований и разработок по каждому альтернативному варианту решения.

После выработки и принятия инновационного решения промышленным предприятием производятся работы по его непосредственной реализации. Осуществляются разработка опытных образцов, производство пробных партий инновационной продукции, техники, пробные запуски и наладка инновационного оборудования и т.д.

Затем при наличии положительных результатов на указанной стадии начинается адаптация созданной инновации к производственно-техническим особенностям предприятия. Условно можно назвать это стадией внедрения в производство. Это может быть связано с постройкой новых или приспособлением, модернизацией уже имеющихся зданий, сооружений, закупкой нового оборудования, компоновкой технологических линий, сертификацией, переподготовкой и обучением работников предприятия и пр. [6].

На завершающем этапе происходит внедрение инновации в действующее производство и использование в качестве актива для получения прибыли. Проводятся соответствующие маркетинговые мероприятия, и осуществляется реализация инновационной продукции, техники, технологии, оборудования. Иными словами, происходит процесс коммерциализации инновации. При этом не исключается дальнейшее совершенствование и развитие техники и технологии, адаптация к требованиям рынка, потребностям потребителей.

Исходя из приведенного состава стадий инновационного процесса промышленного предприятия и с учетом рассмотренной выше классификации инноваций и соответствующих инновационных решений выделим основные этапы инновационного процесса машиностроительного предприятия (табл. 4).

Таблица 4

Классификация этапов инновационного процесса  
в зависимости от выбранного инновационного решения  
(на примере инноваций на основе изменения технологии производства)

Инновации на основе изменения технологии производства			
Этапы инновационного процесса	Инновационное решение		
	Изменить технологию производства без изменения свойств продукта и технологического оборудования	Изменить технологию производства с изменением свойств продукта и без изменения технологического оборудования	Изменить технологию производства с изменением свойств продукта и технологического оборудования
1	2	3	4
Анализ преимуществ изменения технологии производства	1		
Анализ и обоснование необходимости внедрения нового технологического оборудования			1

Окончание табл. 4

1	2	3	4
Анализ будущих свойств инновационного продукта		1	2
Анализ преимуществ изменения технологии производства для изменения свойств продукта		2	
Анализ преимуществ изменения технологии производства для изменения свойств продукта с учетом использования нового технологического оборудования			3
Проведение работ по созданию новой технологии производства	2		
Проведение работ по созданию новой технологии производства для изменения свойств продукта		3	
Проведение работ по созданию новой технологии производства для изменения свойств продукта с учетом использования нового технологического оборудования			5
Лабораторный выпуск продукта по новой технологии	3		6
Лабораторные испытания измененной технологии производства		4	
Внедрение в производство новой технологии	4	5	
Работы по установке и монтажу новой технологии, нового технологического оборудования			7
Работы по наладке нового технологического оборудования, новой технологии			8
Выпуск пробной партии новой продукции	5	6	9
Доработка новой технологии	6	7	10
Сертификация			11
Серийное производство	7	8	12
Реализация инновационной продукции	8	9	13

На каждом из выделенных нами этапов инновационного процесса промышленного предприятия с момента появления новой идеи и ее обоснования до момента ее внедрения и коммерциализации аккумулируются и накапливаются затраты. Важно правильно учитывать и систематизировать такого рода затраты, что даст возможность управлять ими и учитывать факторы их минимизации. Учет затрат необходимо вести по каждому инновационному проекту в отдельности, так как каждый такой проект является в определенной степени уникальным как по получаемому результату, так и по совокупности проводимых работ.

Однородными группами объектов учета затрат следует считать однородные группы работ в рамках отдельных этапов инновационного процесса. При этом, исходя из приведенной классификации, объект учета должен включать в себя все элементы не только научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ, но и предшествующих и последующих видов работ, включающих накопление научно-технического задела, анализ и обоснование того или иного инновационного решения, работ, необходимых для внедрения и коммерциализации инновационного продукта (технологии). Укрупненными объектами калькулирования будут являться объекты нематериальных активов, объектов основных средств и иных результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ.

Подводя итог, можно сделать вывод о том, что ключевым фактором, сдерживающим развитие инновационной деятельности отечественных машиностроительных предприятий, является отсутствие не только финансовых ресурсов для проведения собственных исследований и разработок и их внедрения, но и четкой инновационной стратегии. Кроме того, предприятия сталкиваются с большими трудностями при отражении затрат и результатов такой деятельности в учете и отчетности, что существенно усложняет качественное управление инновационной деятельностью отечественных промышленных предприятий.

Кроме того, инновации сами по себе, являясь особым объектом учета, имеют в своей основе уникальный состав затрат, отличный от общепринятых затрат промышленного предприятия. Предлагаемый подход к классификации инноваций с учетом конечного результата инновационной деятельности и содержания соответствующих данному результату инновационных процессов позволяет не только учитывать специфику конкретной отрасли производства, но и выделить на его основе соответствующие варианты инновационных решений, которые могут быть приняты руководством промышленного предприятия в процессе осуществления инновационной деятельности.

Определена сущность и основные стадии инновационного процесса на промышленном предприятии, расширены представления о механизме осуществления инновационной деятельности машиностроительных предприятий путем конкретизации этапов инновационного процесса в зависимости от принятого инновационного решения, что позволило определить однородные группы объектов учета затрат на инновации и определить укрупненные объекты калькулирования.

Такой подход к определению объекта учета затрат на инновации позволит с большей точностью планировать, анализировать и прогнозировать финансовые показатели инновационной деятельности промышленного предпри-

ятия, анализировать риски, возникающие на всех этапах инновационного процесса от разработки и внедрения до выведения инновации на рынок, и принимать обоснованные решения в рамках управления инновационной деятельностью предприятия.

### *Список литературы*

1. Стратегия инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года : [утв. распоряжением Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_123444/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_123444/) или [https://rg.ru/pril/63/14/41/2227\\_strategiia.doc](https://rg.ru/pril/63/14/41/2227_strategiia.doc)
2. Хачатурова, А. Э. Проблемы формирования программ инновационного развития отечественных предприятий / А. Э. Хачатурова // Ломоносовские чтения на Алтае: фундаментальные проблемы науки и образования : сб. науч. тр. / ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный университет». – Барнаул, 2015. – С. 3622–3624.
3. Калашникова, И. В. Состояние и проблемы развития нефтегазового комплекса России / И. В. Калашникова // Ученые заметки Тихоокеанского государственного университета. – 2015. – Т. 6, № 2. – С. 152–156
4. Индикаторы инновационной деятельности: 2016: статистический сборник / Н. В. Городникова, Л. М. Гохберг, К. А. Дитковский и др. ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : НИУ ВШЭ, 2016. – 320 с.
5. Сведения об инновационной деятельности организации : форма статистического наблюдения № 4-инновация : [утв. Приказом Росстата от 25.09.2015 № 442]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_186859/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_186859/) или [www.gks.ru/form/Form24/p442\\_2015.doc](http://www.gks.ru/form/Form24/p442_2015.doc)
6. Рахимова, С. А. Подход к формированию инновационного процесса. Структура инновационного процесса. / С. А. Рахимова // Актуальные вопросы экономических наук. – 2016. – № 48. – С. 61–74

---

*Хачатурова Анастасия Эдуардовна*  
аспирант,  
Саратовский социально-экономический  
институт (филиал) Российского  
экономического университета  
им. Г. В. Плеханова  
E-mail: [a.khachaturova@yandex.ru](mailto:a.khachaturova@yandex.ru)

*Khachaturova Anastasia Eduardovna*  
postgraduate student,  
Saratov socio-economic Institute (branch)  
of Russian Economic University  
named after G. V. Plekhanov

---

УДК 338

**Хачатурова, А. Э.**

**Учет и раскрытие информации о затратах и результатах инновационной деятельности промышленного предприятия / А. Э. Хачатурова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 67–77.**

## РАЗДЕЛ 2

# МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ

---

УДК 004.042

### РАЗРАБОТКА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПОТОКА ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ<sup>1</sup>

*О. А. Бакаева, А. Г. Сальников*

### DEVELOPMENT OF THE THEORETICAL MODEL OF DATA STREAM FOR INFORMATION AND EDUCATION ENVIRONMENT

*O. A. Bakaeva, A. G. Salnikov*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* В настоящий момент времени информация играет важную роль в процессе функционирования любого учреждения. При этом информация сейчас во многих областях знаний рассматривается как поток данных, который обеспечивает взаимодействие между структурными подразделениями организации. В работе с потоком данных практически любого образовательного учреждения существуют особенности, которые требуют разработки универсальной модели потока данных. Цель данного исследования состоит в изучении и разработке теоретической модели потока данных в информационно-образовательной среде. *Материалы и методы.* Определение информационно-образовательной среды (ИОС) и требования, которым она должна удовлетворять, прописаны в ФГОС. Создание модели прошло этап анализа, в процессе которого были выявлены две составляющие ИОС. На последующем этапе синтеза была разработана теоретическая модель, представленная в виде схемы потока данных. *Результаты.* В ходе исследования были выявлены две характерные составляющие информационно-образовательной среды: организационная и профессиональная. Также описано движение потока данных в информационной среде вуза. Представлена вертикальная иерархия уровней доступа к информационным ресурсам, реализованная в виде схемы потока данных. *Выводы.* Полученная модель потока данных может быть применена при описании функционирования практически любой информационно-образовательной среды вуза. При практическом внедрении она обеспечивает создание широкого, постоянного и устойчивого доступа к необходимым данным для всех лиц, работающих в педагогическом учреждении.

**Ключевые слова:** поток данных, информационно-образовательная среда, организационный компонент, профессиональный компонент.

**Abstract.** *Background.* At this moment information plays an important role in the functioning of any institution. Moreover, now the information is considered in many areas of knowledge as a stream of data, which provides interaction between structural divisions of the organization. In the work with the data stream any educational institution, there are

---

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках проекта «Компьютерное моделирование потока данных в информационно-образовательных системах» (руководитель – О. А. Бакаева).

features that require the development of a universal data flow model. The purpose of this research consists in studying and development of theoretical model of a data flow in the information and education environment (IEE). *Materials and methods.* Definition of the information and education environment and the requirements which must be satisfied, registered in the FGOS. Creating a model has passed the analysis phase, during which the two components of the IEE have been identified. At the next step of synthesis the theoretical model has been developed, as presented in the data flow diagram. *Results.* During the research two distinct components of the information and education environment were identified: institutional and professional. And also movement of a data flow in the information environment of higher education institution is described. The vertical hierarchy of levels of access to information resources realized in the form of a data flow diagram is presented. *Conclusions.* The resulting model of the data stream can be used in describing the operation of almost any the information and education environment of the educational institution. In the practical implementation provides a broad, permanent and sustainable access to the necessary data for all persons working in a pedagogical institution.

**Key words:** data flow, information and education environment, institutional component, professional component.

### ***Введение***

В современном информационном обществе условия работы практически любого учреждения связаны с оперативным доступом к данным и обменом информацией между различными структурными подразделениями организации. Только при выполнении этих условий возможна эффективная внутренняя работа всего предприятия, начиная от отдельных сотрудников и заканчивая целыми отделами, без которых работа предприятия невозможна. Это и бухгалтерия, и кадровый отдел, и руководящий корпус, и, несомненно, производственные или офисные подразделения.

Эффективно обрабатываемый поток данных позволяет осуществлять экономию человеческих и информационных ресурсов, времени, обеспечивает сотрудникам более эргономичный способ делового общения между собой и работы с информацией профессионального содержания. Также в результате обработки данных специалист в своей профессиональной деятельности может принять оптимальное решение и сделать правильный вывод [1, 2].

Данные мероприятия нашли свое практическое применение и в учреждениях сферы образования, где важен доступ основного контингента в лице школьников или студентов, а также учителей или преподавателей к внутренним собственным и внешним информационным ресурсам. Такой доступ должен обеспечиваться посредством специально создаваемой инфраструктуры, основу которой составляет локальная компьютерная сеть организации, но при этом имеющая выход в Интернет. Компьютерные сети организаций на современном этапе развития информационных технологий объединяют подсети всех структурных подразделений и обеспечивают различные способы обмена информацией.

#### ***1. Информационно-образовательная среда как необходимый компонент информационного пространства вуза***

Различные действия с информацией в образовательных учреждениях могут быть выполнены благодаря внедрению информационно-образовательной среды.

Информационно-образовательная среда образовательного учреждения включает комплекс информационных образовательных ресурсов, в том числе цифровые образовательные ресурсы; совокупность технологических средств ИКТ: компьютеры, иное информационное оборудование, коммуникационные каналы; систему современных педагогических технологий, обеспечивающих обучение в современной информационно-образовательной среде.

В ФГОС в качестве обязательного условия реализации основной образовательной программы указано наличие в образовательном учреждении информационно-образовательной среды.

Информационно-образовательная среда организации должна обеспечивать:

- информационно-методическую поддержку образовательной деятельности;
- планирование образовательной деятельности и ее ресурсного обеспечения;
- проектирование и организацию индивидуальной и групповой деятельности;
- мониторинг и фиксацию хода и результатов образовательной деятельности;
- современные процедуры создания, поиска, сбора, анализа, обработки, хранения и представления информации;
- дистанционное взаимодействие всех участников образовательных отношений, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий;
- дистанционное взаимодействие образовательной организации с другими организациями, ведущими образовательную деятельность, учреждениями культуры, здравоохранения, спорта, досуга, службами занятости населения, обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Эффективное использование ИОС предполагает компетентность сотрудников организации, осуществляющей образовательную деятельность, в решении профессиональных задач с применением информационно-коммуникационных технологий.

Состояние современного образования и тенденции развития общества требуют новых системно-организующих подходов к развитию информационно-образовательной среды. Приоритет модернизации образования состоит в информатизации образования, главной задачей которой является создание единой информационно-образовательной среды [3]. ИОС рассматривается как одно из условий достижения современного качества образования.

## ***2. Особенности организации потока данных в информационно-образовательной среде***

Особенности информационного потока в учреждениях образования связаны с многофункциональностью самой информации. С одной стороны, как и в любой организации, необходимо организовать двусторонний поток данных между подразделениями: подготовлен приказ (распоряжение) – получена информация о его вступлении в силу, подана заявка на выдачу справ-

ки – получена информация о ее готовности, необходимо ознакомить сотрудников с графиком отпусков – открыт доступ к электронному документу и т.д. С другой стороны, основной вид деятельности в образовательном учреждении – это процесс, в котором задействованы педагоги и учащиеся, между которыми идет тоже двусторонний обмен информацией: преподаватель выдает задание всем студентам – учащиеся знакомятся с этим заданием; студенты отправляют готовые задания на проверку – преподаватель отслеживает наличие работ и оценивает качество; преподаватель выставляет оценку – студент получает информацию об этой оценке и т.д. В информационно-образовательной среде особенно важна ее вторая составляющая – образовательная, так как именно она является основой профессиональной деятельности сотрудников.

Это составляющая также имеет два направления и включает в себя непосредственно образовательный и вспомогательный контент. Образовательный контент состоит из различного рода материалов, которые преподаватель (тьютор) доводит до сведения студентов с помощью дистанционных информационных технологий. А к вспомогательному блоку относится вся документация, которая уже представлена в электронном виде и сопровождает учебный процесс: стандарты, учебные планы, рабочие программы, графики занятий, расписание, ведомости нагрузки и пр. К этой информации имеют доступ студенты и преподаватели, администрации факультетов, ректорат, а также лица, не связанные с учебным процессом напрямую, например сотрудники библиотеки. А подразделения, обеспечивающие функционирование вуза, такие как бухгалтерия, отдел кадров, административно-хозяйственный отдел, имеют только ограниченный доступ к образовательному и вспомогательному контенту.

Поток данных – это последовательный прием или передача однотипных элементов данных. Он определяет информацию, передаваемую через некоторое соединение от источника к приемнику. Реальный поток данных может быть информацией, передаваемой по кабелю между двумя устройствами, с помощью пересылаемых по электронной почте писем или сообщений, данных, представленных на бумаге в виде текста или графического объекта, файлов или папок, переносимых через флеш-карту с одного компьютера на другой.

Под информационным потоком понимается совокупность сообщений, циркулирующих внутри системы, а также между этой системой и средой, внешней по отношению к ней, которые необходимы для управления и контроля за деятельностью всего учреждения [4].

Практически в любом учреждении выделяют следующие уровни или группы информационных потоков: горизонтальные, вертикальные, внешние, внутренние, входные, выходные. Названия потоков полностью отражают направление движения информации в организации.

В информационно-образовательных системах поток данных имеет, как было отмечено выше, две составляющие: организационную (стандартную) и профессиональную (педагогическую). Поэтому модель потока данных в ИОС будет значительно отличаться от аналогичных, так как необходимо предусмотреть наличие и направления движения информационного потока в среде «педагог – учащийся» и все внешние и внутренние потоки.

### **3. Разработка модели организации потока данных информационно-образовательной среды вуза**

Заявленная модель должна отражать все потоки данных, которые функционируют внутри данной информационно-образовательной среды. Эти потоки имеют те же самые уровни, что и общий поток данных в любой организации. Горизонтальные уровни осуществляют обмен информацией между подразделениями одного уровня. В ИОС это, например, обмен информацией между студентами (5-й уровень), между профессорско-преподавательским составом (4-й уровень), которые в практической реализации ИОС в Мордовском государственном педагогическом институте (МГПИ) им. М. Е. Евсевьева представлены как тьюторы, между заведующими кафедрами (3-й уровень), между руководством факультета (2-й уровень), между проректорами (1-й уровень) и ректором (0-й уровень). Сами уровни демонстрируют функциональность вертикального потока данных. Вертикальными называют информационные потоки, охватывающие данные, поступающие сверху, из руководящих подразделений в подведомственные.

Внешними называют информационные потоки, протекающие в среде, внешней по отношению к ИОС. Примером внешних потоков для ИОС является информация из вышестоящих учреждений образования, учреждений культуры, здравоохранения, спорта, досуга, служб занятости населения, обеспечения безопасности жизнедеятельности.

Внутренними информационными потоками является информация, циркулирующая внутри одной ИОС. Это информация в основном касается обмена данными профессионального содержания, причем она может быть задействована на всех вертикальных уровнях: от ректора до студентов. Например, на адрес вуза приходит информационное письмо с приглашением принять участие в олимпиаде. Данное письмо отправляется в научный отдел, затем с этой информацией работают на уровне деканата и доводят ее до студентов. Такой яркий пример вертикального потока данных является специфичным для обычной организации и нормой для образовательного учреждения.

Все операции с потоком данных в информационно-образовательной среде организованы средствами создания сети компьютерных станций и многопроцессорных вычислительных систем, представляют собой совокупность устройств хранения и обработки информации. Узлы обмениваются потоками данных посредством организации локальной сети, также состоящей из различного рода устройств. При этом информационно-образовательная среда представляется в виде узлов связи, обеспечивающих протекание информационных процессов, а также запросов пользователей к серверу или одним устройств к другим.

С учетом всех особенностей передачи данных в информационно-образовательных учреждениях высшего образования была разработана схема, отображающая модель организации потока данных ИОС вуза (рис. 1).

Функционирование приведенной выше модели осуществляется на основе стандартных методов стохастического моделирования, в частности используется теория случайных процессов в системах массового обслуживания, так как большинство действий в разработанной модели организации потока данных представляют собой запросы. Это могут быть запросы-обращения к специалисту-человеку или запросы на какие-либо действия с документами (поиск, просмотр, редактирование, удаление). Таким образом, данная модель описывается математической моделью очереди и марковскими процессами.

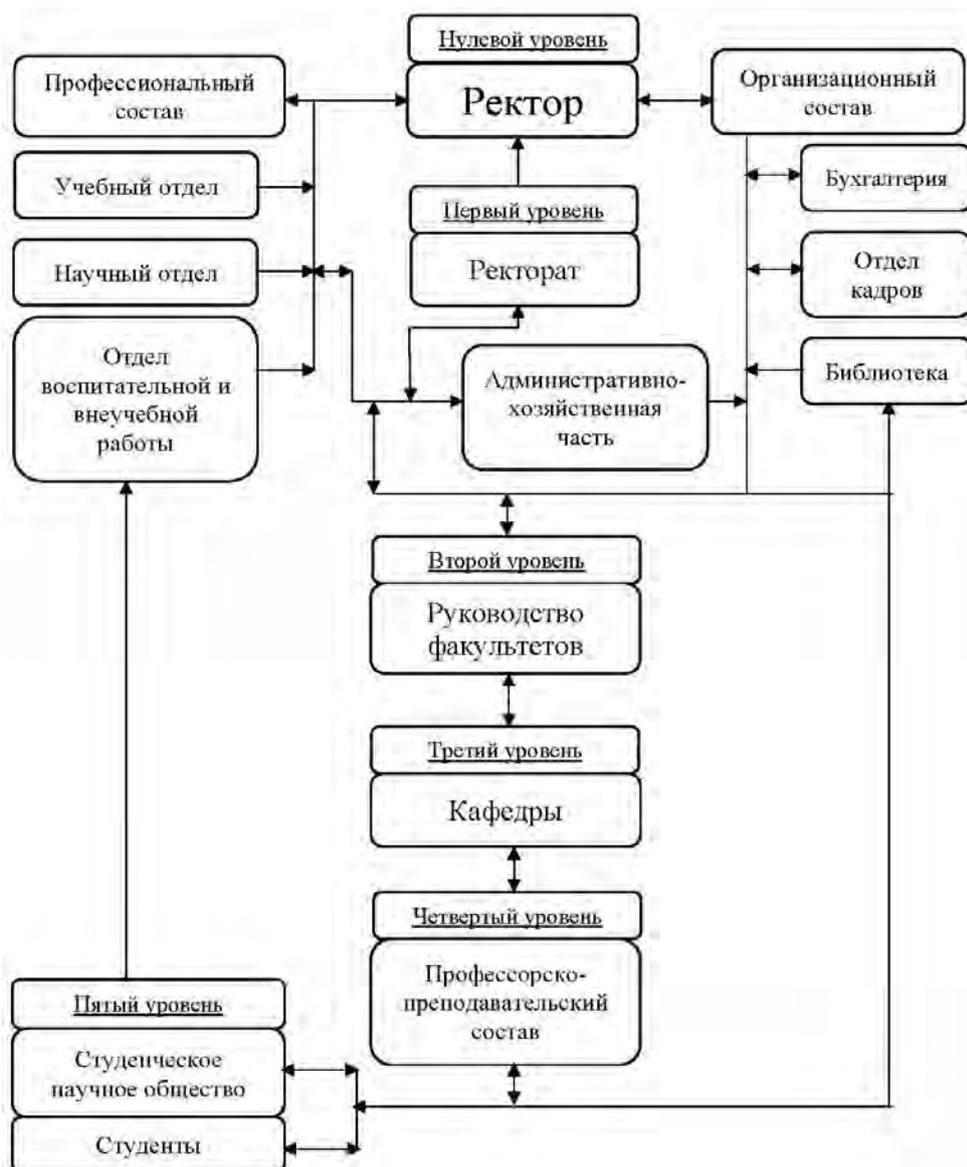


Рис. 1. Модель организации потока данных ИОС вуза

Для обеспечения поддержки качественного обслуживания необходимо правильно распределить информационный поток данных среди всех участников в информационно-образовательной среде. Для этого необходимы современные аппаратно-технические средства и правильная их конфигурация.

Оценку работы ИОС можно произвести по нескольким направлениям, используя количественные и качественные критерии. К качественным характеристикам относятся возможность получения доступа к необходимому информационному ресурсу в любой момент времени и бесперебойное функционирование всей системы в целом. В роли количественных критериев выступают следующие показатели: максимальное количество пользователей, работающих в данный момент времени в системе, уровни пользователей,

скорость передачи и получения информации, общий объем трафика, количество активных документов в системе, среднее число добавления/удаления документов в информационно-образовательную среду за единицу времени. Эти показатели позволяют оценить функционирование системы в данный момент времени, а также отследить ее работоспособность в динамике за интересующий период.

Многие проблемы проектирования локальной сети организации и создания информационно-образовательной среды связаны с распределением информационных ресурсов для разных категорий источников (абонентов, пользователей), так как есть структурные подразделения, которые не имеют своей четко выраженной позиции в вертикальной иерархии, например библиотека и административно-хозяйственный отдел. Но обмен информацией между всеми участниками информационного процесса и указанными подразделениями должен иметь двусторонний горизонтальный характер.

Данные обстоятельства принуждают администраторов сетей и ИОС к необходимости включения в них определенной системы для управления потоками данных и ресурсами [5]. На практике такая система представлена в виде множества операционных правил, согласно которым обрабатываются все потоки данных. Эти правила должны определять маршруты прохождения потоков данных, а также алгоритмы и стратегии обслуживания в узлах локальной сети и информационно-образовательной среды организации; прогнозировать, предотвращать и исключать перегрузки и блокировки путем регулирования входящего трафика и управления распределением буферной памяти многопроцессорных вычислительных машин.

### *Заключение*

Так как информационно-образовательная среда содержит два компонента: организационный и профессиональный, то при практической реализации модели потока данных необходимо аналогичное разделение. В МГПИ им. М. Е. Евсевьева такое разделение нашло свое отражение в создании двух информационных узлов. Это организационная информационная страница [www.home.mordgpi.ru](http://www.home.mordgpi.ru) и учебная страница [www.campus.mordgpi.ru](http://www.campus.mordgpi.ru).

Модель потока данных в ИОС, предложенная в этой статье, обеспечивает эффективный обмен информацией как организационного, так и профессионального содержания между всеми участниками образовательной организации. Данная модель направлена на создание широкого, постоянного и устойчивого доступа к необходимым данным для всех лиц, работающих в педагогическом учреждении высшего образования.

Необходимость создания единого информационного пространства в образовательном учреждении связана с тем, что информация в современных условиях является основой, обеспечивающей оперативность и эффективность управленческих решений, способствующих развитию любой системы, в том числе и системы образования.

### *Список литературы*

1. Бакаева, О. А. Разработка и реализация численных методов исследования зависимости категориальных переменных на основе таблиц сопряженности : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Бакаева О. А. – Воронеж, 2013. – 18 с.

2. Бакаева, О. А. Алгоритм выбора рационального способа проверки наличия зависимости между категориальными переменными при донозологическом контроле / О. А. Бакаева // Информационные технологии моделирования и управления. – 2013. – № 1 (79). – С. 4–11.
3. Михеева, Е. В. Информационные технологии в профессиональной деятельности : учеб. пособие для студ. сред. проф. образования / Е. В. Михеева. – М. : Академия, 2005. – С. 533–535.
4. Бакаева, О. А. Использование информации в управлении / О. А. Бакаева // Юность и знания – гарантия успеха – 2015 : сб. науч. тр. – Курск, 2015. – С. 25–27.
5. Кравец, О. Я. Специфика менеджмента систем управления в социально-экономической сфере и смежные вопросы / О. Я. Кравец // Экономика и менеджмент систем управления. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 49–58.

---

**Бакаева Ольга Александровна**  
кандидат технических наук, доцент,  
кафедра информатики  
и вычислительной техники,  
Мордовский государственный  
педагогический институт  
им. М. Е. Евсевьева  
E-mail: helga\_rm@rambler.ru

**Bakaeva Olga Alexandrovna**  
candidate of technical sciences,  
associate professor,  
sub-department of information  
and computer science,  
Mordovia State Pedagogical Institute  
named after M. E. Evseyev

**Сальников Алексей Геннадьевич**  
студент,  
Мордовский государственный  
педагогический институт  
им. М. Е. Евсевьева  
E-mail: stilus1994@gmail.com

**Salnikov Alexey Gennadyevich**  
student,  
Mordovia State Pedagogical Institute  
named after M. E. Evseyev

---

УДК 004.042

**Бакаева, О. А.**

**Разработка теоретической модели потока данных информационно-образовательной среды** / О. А. Бакаева, А. Г. Сальников // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 78–85.

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ  
И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ  
В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ  
ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОМ МОДУЛЕ**

*Е. С. Беспалов, А. Н. Головяшкин, Е. А. Печерская, Ю. В. Шепелева*

**COMPUTER MODELING OF THE THERMAL  
AND FIELDS DISTRIBUTION IN THE SEMICONDUCTOR  
THERMOELECTRIC MODULE**

*E. S. Bespalov, A. N. Golovyashkin, E. A. Pecherskaya, Yu. V. Shepeleva*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Повышение внимания к области термоэлектричества связано с возросшим энергопотреблением и проблемой рационального использования ресурсов. Термоэлектрические модули предназначены для преобразования тепловой энергии в электрическую. Представленные в данной статье результаты получены в рамках научных исследований по разработке гибкого термоэлектрического модуля на основе кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) с высоким КПД. Цель заключается в разработке методики моделирования тепловых и электрических полей в термоэлектрических модулях при температурном градиенте. *Материалы и методы.* Для достижения поставленной цели был использован метод компьютерного моделирования процессов функционирования объекта. В модели использованы справочные электрофизические параметры материалов, входящих в состав конструкции термоэлектрического модуля (кремнеземная стеклоткань, теллурид висмута ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ), медь). *Результаты.* Разработана и реализована уникальная методика моделирования тепловых и электрических полей при температурном градиенте в термоэлектрическом модуле. В статье приведены результаты компьютерного моделирования связанных термоэлектрических задач с использованием инструментов *ANSYS Mechanical v15.0* и расчетной среды *Workbench 15*. Объектом исследования является термоэлектрический модуль (ТЭМ). *Выводы.* В результате исследования распределения тепловых и электрических полей в ТЭМ продемонстрировано возникновение термоЭДС при создании разности температур между холодным и горячим спаем термоэлектрического модуля. Полученные результаты используются при создании гибкого термоэлектрического модуля.

**Ключевые слова:** термоэлектрический модуль, тепловые поля, электрические поля, термоЭДС.

**Abstract.** *Background.* The increased attention to the thermoelectricity field is connected with increased energy consumption and the problem of rational use of resources. Thermoelectric modules are designed to convert thermal energy into electrical one. Studies presented in this article are conducted within the framework of research on the development of flexible thermoelectric module based on silica glass fiber and bismuth telluride ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) with high efficiency. The purpose of this work is to develop a method of thermal and electric fields modeling in the thermoelectric modules at a temperature gradient. *Materials and methods.* To achieve these goals a method of creating a computer model of the object function in glass has been used. In this model reference electrophysical parameters of the materials included in a thermoelectric module construction (silica glass fiber, bismuth telluride (of

Bi<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>), copper) were used. *Results.* A unique method of thermal and electric fields modeling at a temperature gradient in the thermoelectric module was developed and implemented. The article presents the results of computer simulation of connected thermoelectric ANSYS Mechanical v15.0 problems using tools and computational environment Workbench 15. The object of the research is a thermoelectric module (TEM). *Conclusions.* During the simulation and modeling of the electrical fields distribution in the TEM relevant results were obtained, the occurrence of thermoelectric power at placing bismuth telluride in a temperature gradient was shown. These results will be used for the further work on a flexible thermoelectric module creating.

**Key words:** thermoelectric module, thermal fields, electric fields, thermoelectric power.

### ***Введение***

Возможности применения явления термоэлектричества как источника энергии в связи с растущим энергопотреблением и проблемой рационального использования ресурсов являются чрезвычайно актуальной задачей. С помощью термоэлектрических модулей (ТЭМ) возможны преобразование тепловой энергии в электрическую без загрязнения окружающей среды, электрификация удаленных и труднодоступных районов нашей страны. Термоэлектрические генераторы способны стать серьезным конкурентом для других способов получения электроэнергии. Для этого необходимо поднять КПД термоэлектрических генераторов с 5÷10 % до 15÷25 %, что возможно при помощи разработки полупроводниковых термоэлектрических материалов нового поколения, а также за счет конструктивных решений, повышающих удельно-весовые и мощностные характеристики [1].

### ***Компьютерное моделирование распределения тепловых и электрических полей в полупроводниковом термоэлектрическом модуле***

В статье [2] изложена обобщенная методология принятия решений при исследовании параметров материалов функциональной электроники. В рамках данной работы осуществлен расчет температурных и электрических параметров ТЭМ в среде *ANSYS Mechanical v15.0* и в среде *Workbench 15*. Необходимость решения таких задач возникает при проектировании термоэлектрических модулей и модулей Пельтье. При расчете использовались заранее определенные конструкционные параметры термоэлектрического модуля. Моделирование распределения тепловых и электрических полей в ТЭМ, состоящем из большого числа термоэлектрических ветвей, представляется нецелесообразным, так как снижается информативность и наглядность полученных результатов и существенно усложняется процесс создания компьютерной модели функционирования объекта.

На рис. 1 изображена конструкция термоэлектрического модуля, где термоэлектрический модуль (1), полупроводниковые элементы разного типа проводимости (2, 3) соединяются медными коммутационными шинами (4) при помощи припоя, через дополнительный слой металла, нанесенный на основания полупроводниковых элементов [3]. Полупроводниковые элементы могут иметь форму призм или прямоугольников. Соединенные медными коммутационными шинами смежные полупроводниковые элементы крепятся между двух электроизоляционных высокотеплопроводных плат (7, 8). Отведение электрического тока осуществляется с металлических выводов (5, 6).

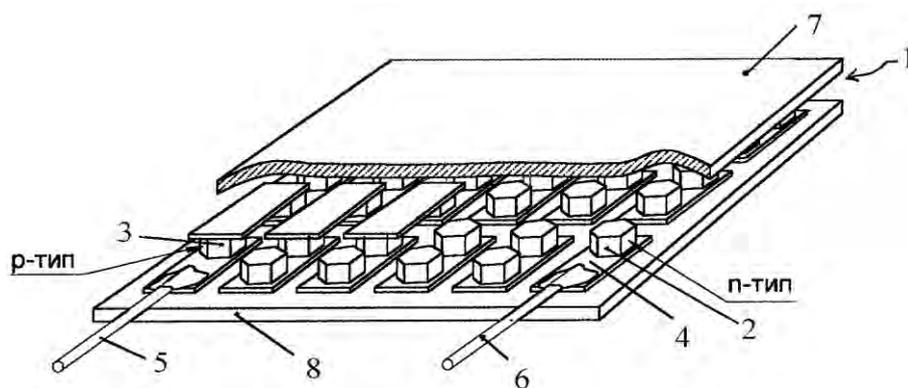


Рис. 1. Конструкция термоэлектрического модуля

Для улучшения наглядности для моделирования была выбрана отдельная термоэлектрическая ветвь, состоящая из одной пары полупроводниковых термоэлектрических элементов *n*- и *p*-типа проводимости размером 30×30×30 мм. В качестве полупроводникового элемента использовался теллурид висмута  $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ . В качестве коммутационных шин, соединяющих полупроводниковые термоэлектрические элементы, применены медные пластины толщиной 6 мм. В качестве диэлектрического высокотеплопроводного основания ТЭМ использована кремнеземная стеклоткань. Геометрия расчетной модели ТЭМ, представленная на рис. 2, реализована в графическом 3D редакторе *DesignModeler*.

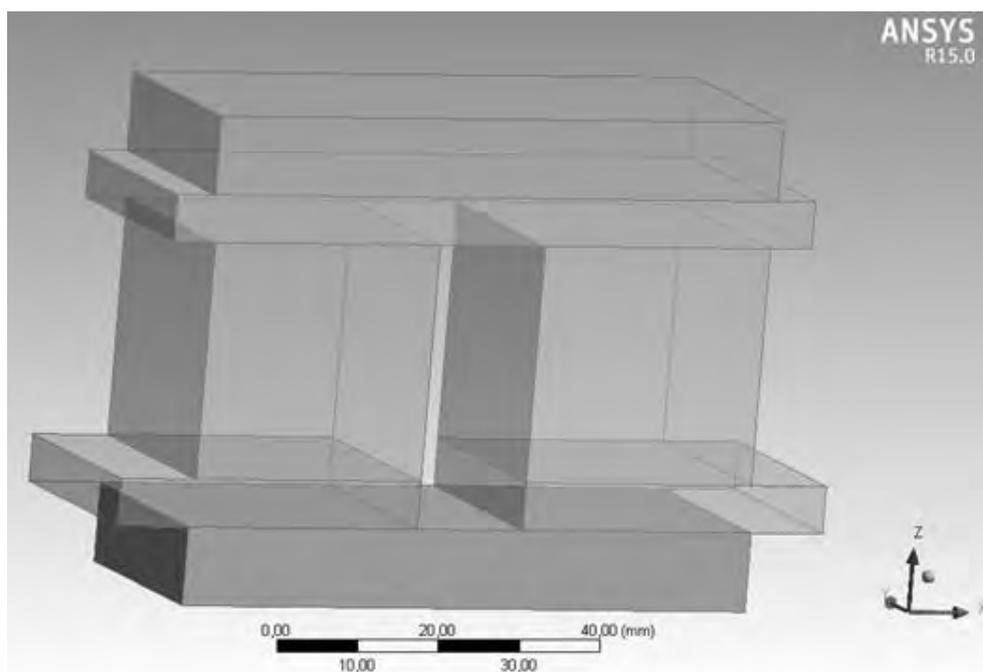


Рис. 2. Геометрия модели ТЭМ в графическом 3D редакторе *DesignModeler*

Для реализации моделирования в модуле *Engineering Data* синтезированы материалы, используемые в термоэлектрическом модуле с параметрами,

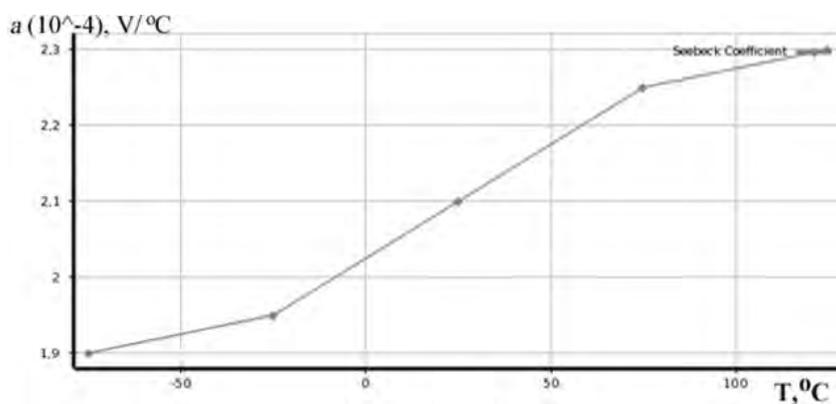
представленными в табл. 1, где  $F(T)$  означает зависимость свойства от температуры.

Таблица 1

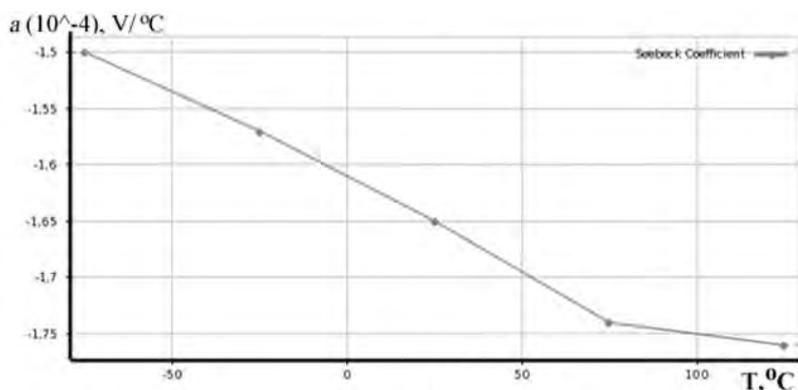
Свойства материалов конструкции ТЭМ

Наименование	Диэлектрическое основание	Медь	Полупроводник	
			<i>n</i> -тип	<i>p</i> -тип
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2500	8300	2300	2300
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	$F(T)$	$F(T)$	$F(T)$	$F(T)$
Удельная теплоемкость, Дж/(кг·К)	800	385	800	800
Удельное сопротивление, Ом·м	$F(T)$	$F(T)$	$F(T)$	$F(T)$
Коэффициент Зеебека, В/К	–	–	$F(T)$	$F(T)$

Так как ряд параметров материалов имеет сильную температурную зависимость, то соответствующие свойства были заданы функциями зависимостей от температуры. Для полупроводниковых материалов *n*-типа и *p*-типа задается коэффициент Зеебека, температурная зависимость которого представлена на рис. 3.



а)



б)

Рис. 3. Зависимость коэффициента Зеебека от температуры: *a* – для *n*-типа полупроводника; *б* – для *p*-типа полупроводника

В основе алгоритма функционирования объекта лежит метод конечных элементов, с помощью которого возможно решение многих физических задач, которые могут быть описаны с помощью систем дифференциальных уравнений. Исходным объектом для применения данного метода является материальное тело, которое разбивается на более мелкие конечные элементы. В результате этого создается сетка из границ элементов, необходимая для выполнения расчетов. Такая сетка была сформирована с помощью встроенной функции *Mesh*, для данного расчета был выбран элемент сетки *SOLID226* – это элемент высокого порядка точности для решения связанных задач. Далее были заданы расчетные свойства модели геометрических объектов с использованием команд на языке *APDL*, определены параметры контактов поверхностей различных материалов ТЭМ. После этого были заданы граничные условия: температура холодного спая  $T_{cold} = -75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , температура горячего спая  $T_{hot} = 125\text{ }^{\circ}\text{C}$ . С использованием командной вставки на языке *APDL* заданы параметры нагрузочного резистора на выводах термопары, для запуска расчетного модуля определено нулевое напряжение на внешних гранях горячей стороны термоэлектрического модуля. Параметры модуля решателя *ANSYS Thermal Electric* также были заданы с использованием команд на языке *APDL*. После определения всех необходимых для расчета параметров был запущен модуль решателя. В процессе моделирования было получено распределение теплового поля в ТЭМ (рис. 4).

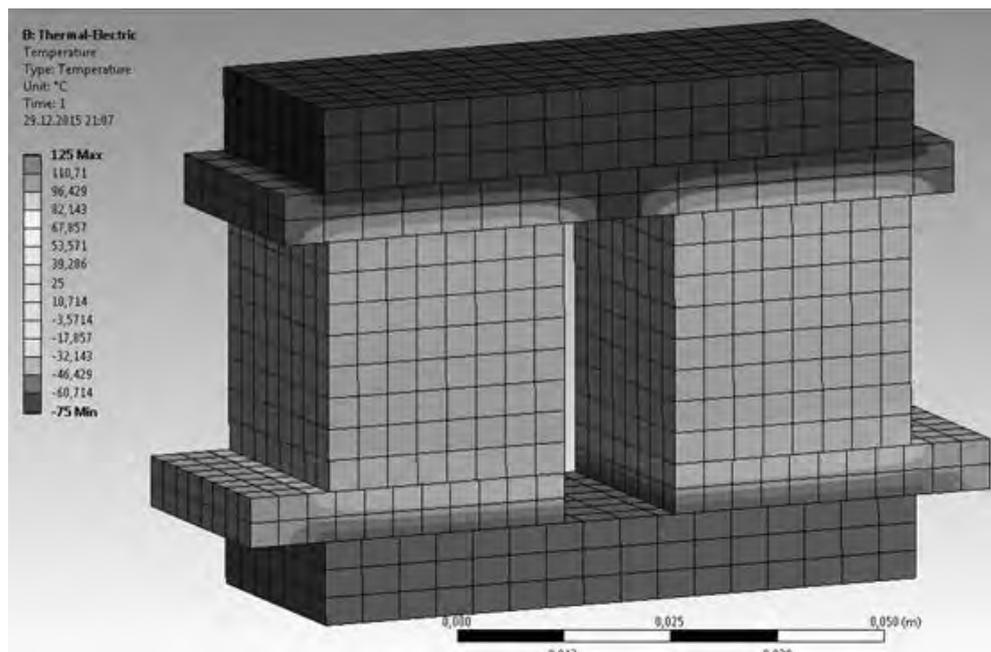


Рис. 4. Распределение тепловых полей ТЭМ при температурном градиенте

Уравнение, лежащее в основе алгоритма моделирования задачи нестационарной теплопроводности для однородного тела в прямоугольной декартовой системе координат, имеет вид

$$K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \omega = \rho c \frac{\partial T}{\partial t},$$

где  $T = T(x, y, z, t)$  – поле температур в области  $A$ ;  $K_{xx}$ ,  $K_{yy}$ ,  $K_{zz}$  – коэффициенты теплопроводности в направлении  $x$ ,  $y$ ,  $z$ , соответственно;  $\omega = \omega(x, y, z, t)$  – мощность теплоисточников внутри тела;  $\rho$  – плотность материала;  $c$  – удельная теплоемкость материала.

Для решения задачи определены граничные и начальные условия.

Граничные условия первого рода – на части поверхности  $S_1$  тела  $A$  задана температура  $T_{s1}$ :

$$T_{s1} = T(x, y, z, t), \quad x, y, z \in S_1.$$

Граничные условия второго рода – на части поверхности  $S_2$  тела  $A$  задан тепловой поток плотностью  $q$ :

$$K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} l_x + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} l_y + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} l_z = -q,$$

где  $l_x$ ,  $l_y$ ,  $l_z$  – направляющие косинусы внешней нормали к поверхности  $S_2$ ; тепловой поток положителен, если тепло отводится от тела  $A$ , если теплообмена не происходит, то  $q = 0$ .

Граничные условия третьего рода – на поверхности  $S_3$  тела  $A$  задан конвективный теплообмен с окружающей средой:

$$K_{xx} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} l_x + K_{yy} \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} l_y + K_{zz} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} l_z = -h(T_{s3} - T_b),$$

где  $T_{s3}$  – температура поверхности  $S_3$ ;  $T_b$  – температура окружающей среды;  $h$  – коэффициент теплоотдачи.

Заданы начальные условия температуры тела в начальный момент времени.

Для повышения добротности термоэлектрических полупроводниковых материалов необходимо снижение теплопроводности этих материалов без снижения их электропроводности. Теллурид висмута обладает невысокими показателями теплопроводности, что хорошо демонстрирует распределение теплового поля, представленное на рис. 4. Материал диэлектрической основы должен обладать высокой теплопроводностью; кремнеземная стеклоткань, используемая в данном расчете, как видно из распределения теплового поля, имеет хорошие показатели теплопроводности.

На рис. 5 представлен процесс возникновения разности потенциалов между полупроводниковыми ветвями разного типа проводимости. Результат моделирования показывает возникновение термоЭДС в полупроводниках разного типа проводимости при создании разности температур между холодным и горячим спаем термоэлектрического модуля и наглядно демонстрирует возникновение эффекта Зеебека.

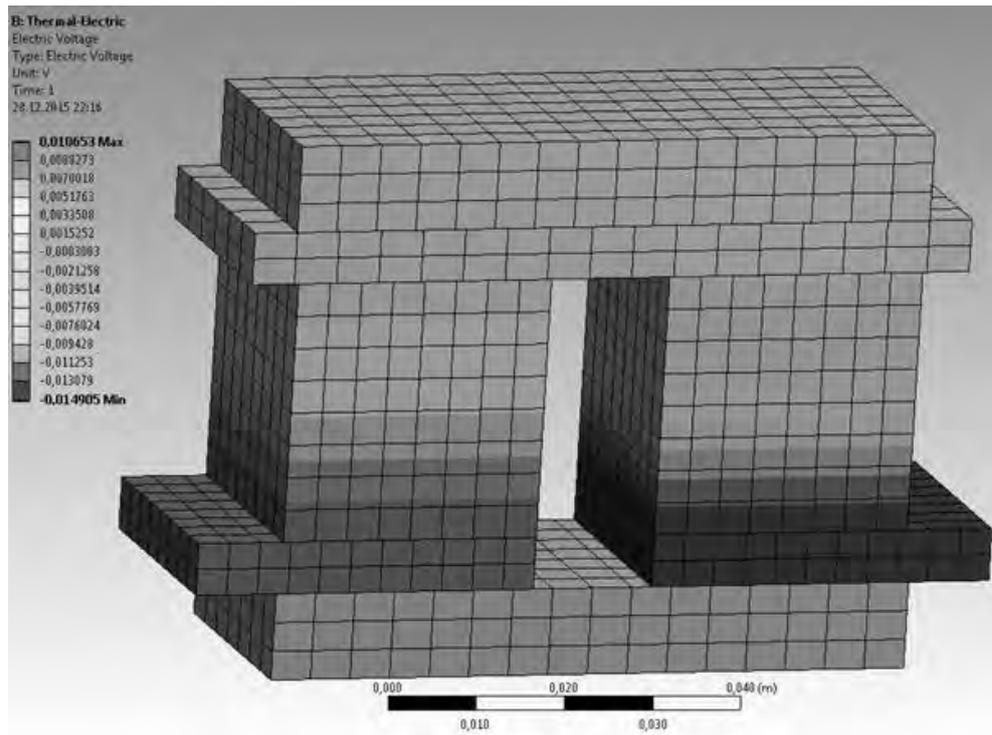


Рис. 5. Распределение электрических полей ТЭМ при температурном градиенте

Для получения количественных характеристик ТЭМ, подтверждающих целесообразность применения выбранных материалов, было дополнительно проведено моделирование в расчетной среде *MathCad 15*.

Расчет проводился в различных температурных областях, что обусловлено резкими изменениями свойств полупроводников при изменении их температуры.

Граничные условия:  $T_{\max}$  – температура на горячей поверхности ТЭМ,  $T_{\min}$  – температура на холодной поверхности ТЭМ.

Определяем усредненное значение температуры:

$$T_{\text{уср}} = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2}.$$

Для дальнейшего итерационного анализа определим значение эффективной плотности состояний для усредненной температуры:

$$N_{\text{с,уср}} = 2 \left( 2\pi m_n^* \frac{k T_{\text{уср}}}{h^2} \right)^{3/2}, \quad N_{\text{v,уср}} = 2 \left( 2\pi m_p^* \frac{k T_{\text{уср}}}{h^2} \right)^{3/2},$$

где  $m_n^*$  и  $m_p^*$  – эффективная масса электрона и дыр.

Определяем, при каких температурах полупроводник будет резко изменять свои свойства. Определим температуры  $T_s$  и  $T_i$ :

$$T_s = \frac{1}{k} \frac{E_a}{\ln\left(\frac{N_{c_{\text{усп}}}}{N_a}\right)}, T_s = \frac{1}{k} \frac{E_d}{\ln\left(\frac{N_{v_{\text{усп}}}}{N_d}\right)}, T_i = \frac{1}{k} \frac{\Delta E_g}{\ln\left(\frac{N_{c_{\text{усп}}} * N_{v_{\text{усп}}}}{N_d^2}\right)}, T_i = \frac{1}{k},$$

где  $E_a$  и  $E_d$  – энергия акцепторного и донорного уровня, соответственно;  $k$  – постоянная Больцмана;  $\Delta E_g$  – ширина запрещенной зоны;  $N_a$  и  $N_d$  – концентрация акцепторной и донорной примеси, соответственно;  $N_{c_{\text{усп}}}$  и  $N_{v_{\text{усп}}}$  – значения эффективной плотности состояний в зоне проводимости и в валентной зоне.

Для всех температурных диапазонов эффективная плотность состояний вычисляется по формулам:

$$N_c = 2 \times \left( 2\pi m_n^* \frac{kT}{h^2} \right)^{3/2}, N_v = 2 \times \left( 2\pi m_p^* \frac{kT}{h^2} \right)^{3/2}.$$

Концентрация носителей заряда при температуре менее температуры истощения примеси:

$$n = \sqrt[2]{N_d N_v} e^{\left[ \frac{-E_d}{2kT} \right]}, p = \sqrt[2]{N_a N_v} e^{\left[ \frac{-E_a}{2kT} \right]}.$$

В области средних температур концентрацию носителей заряда принимаем равной концентрации донорной  $N_d$  и акцепторной  $N_a$  примеси:

$$n = N_d, p = N_a.$$

В области высоких температур концентрация носителей заряда:

$$n = \sqrt{N_c N_v} e^{\left[ \frac{-E_g}{2kT} \right]}, p = \sqrt{N_c N_v} e^{\left[ \frac{-E_g}{2kT} \right]}.$$

Проводимость:

$$\delta_n = qn\mu_n, \delta_p = qp\mu_p,$$

где  $\mu_n, \mu_p$  – подвижность электронов и дырок.

Удельное сопротивление и удельная теплопроводность:

$$\rho = \frac{1}{\delta}, x_n = \frac{2k^2 T n \mu_n}{e}, x_p = \frac{2k^2 T p \mu_p}{e}.$$

Рассчитываем сопротивление и теплопроводность полупроводниковой термоэлектрической ветви:

$$R = \frac{\rho_n * h_1}{S_1} + \frac{\rho_p * h_2}{S_2},$$

где  $S = B * L$ ;  $B, L, h$  – размеры полупроводникового элемента.

Теплопроводность:

$$\mu = \frac{x_n S_1}{h_1} + \frac{x_p S_2}{h_2}.$$

Далее определяем коэффициент термоЭДС и основные электрофизические параметры ТЭМ.

Ток в полупроводниковом контуре с нагрузкой  $R_n$  определяется выражением

$$I_n = a \frac{T_h - T_c}{R + R_n},$$

где  $a$  – термоЭДС.

Ток для  $N$  полупроводниковых контуров:

$$I_{n_{\text{полн}}} = 2Na \frac{T_h - T_c}{R + R_n}.$$

ТермоЭДС в полном контуре (рис. 6):

$$U = I_{n_{\text{полн}}} R_n.$$

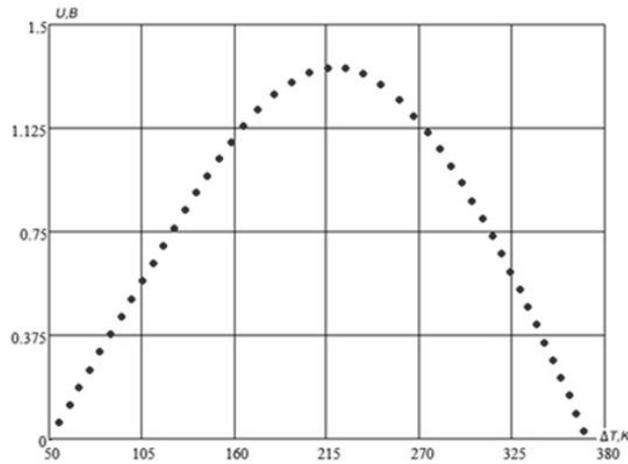


Рис. 6. Результаты расчета напряжения ТЭМ на основе кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута с заданными конструкционными параметрами

Важным параметром при анализе эффективности термоэлектрического материала является коэффициент Иоффе:

$$Z = \frac{a^2}{\sqrt{x_n \rho_n} + \sqrt{x_p \rho_p}}^2.$$

Формула для определения КПД ТЭМ (рис. 7):

$$\eta = \frac{\Delta T}{T_h} \frac{\sqrt{1+Z} - 1}{\sqrt{1+Z} + \frac{T_c}{T_h}}.$$

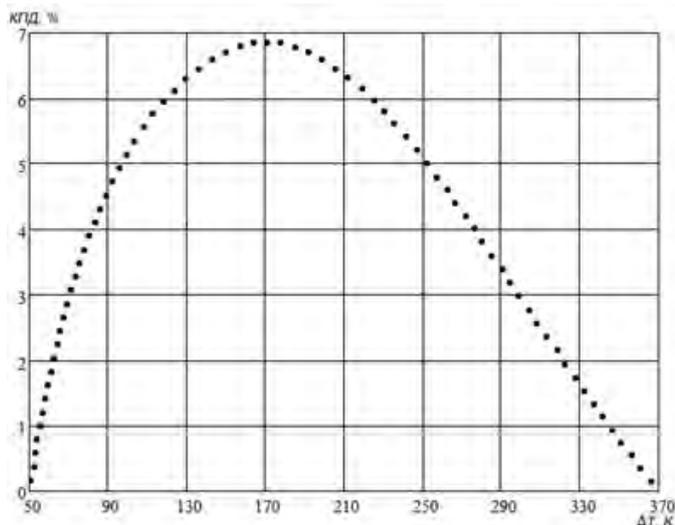


Рис. 7. Результаты расчета коэффициента полезного действия ТЭМ на основе кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута

Была разработана универсальная методика расчета электрофизических параметров ТЭМ в зависимости от параметров конструкции и параметров выбранных материалов в среде *MathCad 15*. Опираясь на результаты, полученные в ходе аналитического расчета, заключаем, что пиковый КПД около 7 % для гибкого ТЭМ данной конструкции на основе кремнеземной стеклоткани и ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) достигается при разности температур между горячим и холодным спаем  $\Delta T = 170$  К, что является достаточно высоким показателем для негибких термоэлектрических модулей на основе теллурида висмута и керамического основания. Значит, целесообразно для создания гибкого термоэлектрического модуля использовать сочетание кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута. За счет своей гибкости ТЭМ данной конструкции сможет решать более широкий круг технических задач.

### Заключение

В ходе теплового расчета ТЭМ в среде *ANSYS 15* было рассмотрено распределение тепловых полей в ТЭМ заданной конструкции и распределение электрических полей в ТЭМ. Эта информация необходима при проектировании термоэлектрических модулей. В результате анализа подтверждена целесообразность использования при создании гибкого термоэлектрического модуля сочетания кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута. За счет своей гибкости ТЭМ данной конструкции сможет решать более широкий круг технических задач. Было продемонстрировано возникновение термоЭДС при создании разности температур между холодным и горячим спаем термоэлектрического модуля. Результаты исследования могут быть использованы при проектировании гибких термоэлектрических полупроводниковых элементов с повышенным коэффициентом полезного действия, при разработке технологии их производства с целью повышения их эффективности, что будет способствовать развитию энергетического комплекса страны.

### Список литературы

1. Головяшкин, А. Н. Разработка гибкого термоэлектрического модуля на основе кремнеземной стеклоткани и теллурида висмута ( $\text{Bi}_2\text{Te}_3$ ) с высоким КПД / А. Н. Головяшкин, Е. С. Беспалов // Молодой ученый. – 2015. – № 11 (91). – С. 24.
2. Печерская, Е. А. Методики принятия решений как составная часть интеллектуальной системы поддержки исследований материалов функциональной электроники / Е. А. Печерская, А. В. Бобошко, В. А. Соловьев // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. – 2011. – № 1. – С. 229–231.
3. Аверин, И. А. Особенности формирования микроэлектромеханических элементов первичных преобразователей информации / И. А. Аверин, В. Е. Пауткин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2014. – № 2. – С. 24–32.

---

**Беспалов Евгений Сергеевич**  
студент,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: jakcbespalow@gmail.com

**Bespalov Evgeny Sergeyevich**  
student,  
Penza State University

**Головяшкин Алексей Николаевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
кафедра нано- и микроэлектроники,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: angpenza@gmail.com

**Golovyashkin Alexey Nikolaevich**  
candidate of technical sciences,  
associate professor,  
sub-department of nano-  
and microelectronics,  
Penza State University

**Печерская Екатерина Анатольевна**  
доктор технических наук, профессор,  
кафедра нано- и микроэлектроники,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: peal@list.ru

**Pecherskaya Ekaterina Anatolyevna**  
doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of nano-  
and microelectronics,  
Penza State University

**Шепелева Юлия Васильевна**  
старший преподаватель,  
кафедра английского языка,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: eduard.shepelev.67@mail.ru

**Shepeleva Julia Vasilyevna**  
senior lecturer,  
sub-department of English,  
Penza State University

---

УДК 620.97

**Беспалов, Е. С.**

**Компьютерное моделирование распределения тепловых и электрических полей в полупроводниковом термоэлектрическом модуле** / Е. С. Беспалов, А. Н. Головяшкин, Е. А. Печерская, Ю. В. Шепелева // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 86–96.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕМРИСТОРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ В ЧАСТНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ<sup>1</sup>

*В. И. Горбаченко, С. Н. Катков*

## USE OF MEMRISTOR NETWORKS FOR THE SOLUTION OF PARTIAL DIFFERENTIAL EQUATIONS

*V. I. Gorbachenko, S. N. Katkov*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Перспективным направлением построения систем с нейросетевой архитектурой является применение мемристоров. Использование мемристоров означает аналоговую обработку информации на принципиально иной технологической основе. Достоинствами аналоговой обработки информации являются высокая производительность, высокий параллелизм обработки информации, малое потребление энергии, устойчивость к деградации компонентов и отказам. Целью данной работы является исследование возможностей решения краевых задач математической физики, описываемых дифференциальными уравнениями в частных производных (ДУЧП), на мемристорных клеточных нейронных сетях с дискретным представлением времени. *Материалы и методы.* Мемристоры, являющиеся изделиями наноэлектроники, решают проблему нетехнологичности и громоздкости вычислительных машин. Использование нейронных блоков как второго слоя в архитектуре суперкомпьютера снимает проблему неуниверсальности и недостаточной точности аналогового компьютера. Нейронные сети с успехом применяются не только в областях, традиционно относящихся к искусственному интеллекту и изучению мозга, но и при решении сложных вычислительных задач. *Результаты.* Рассмотренная клеточная сеть использует метод прямой аналогии. Точность решения, получаемого на сети, определяется точностью аналоговых компонентов. Для многих задач предлагаемые сети могут обеспечить приемлемую точность решения. Следует также отметить устойчивость нейронных сетей по отношению к ошибкам в исходных данных. Погрешности клеточной сети предлагается компенсировать, используя алгоритм аддитивной коррекции. Отличительной особенностью алгоритма является то, что на сети формируется только поправка к решению, а само решение вычисляется в цифровом компьютере. При обеспечении сходимости процесса обучения и его устойчивости к аппаратным погрешностям алгоритм аддитивной коррекции обеспечивает точность, принципиально ограниченную лишь возможностями цифрового компьютера. *Выводы.* Предлагаемый алгоритм рассматривается как предобусловленный итерационный процесс, а клеточная сеть – как аппаратно реализованный предобусловливатель. Реализация вычислительной системы, содержащей мемристорную сеть, предлагается в виде двухслойной архитектуры. Нижний слой представляет собой мемристорную сеть, верхний – параллельную цифровую систему.

**Ключевые слова:** клеточная сеть, мемристор, алгоритм аддитивной коррекции.

**Abstract.** *Background.* The perspective direction of creation of systems with neural network architecture is use of memristors. Use of memristors means analog information processing on essentially other technological basis. Advantages of analog information processing are high performance, high parallelism of information processing, low energy con-

---

<sup>1</sup> Работа поддержана грантами РФФИ 16-08-00906, 14-01-00660 и 14-01-00733.

sumption, resistance to degradation of components and failures. The purpose of this operation is the research of opportunities of the solution of the boundary value problems of mathematical physics described by partial differential equations (PDEs) on memristor cellular neural networks with the discrete representation of time. *Materials and methods.* The memristors which are nanoelectronics products solve a problem of not technological effectiveness and bulkiness of computers. Use of neural units as second layer in architecture of a supercomputer, removes a problem of not universality and insufficient accuracy of the analog computer. Neural networks with success are applied not only in the areas which are traditionally relating to an artificial intelligence and a study of a brain but also in case of the decision of complex computing challenges. *Results.* The considered cellular network uses a method of direct analogy. Accuracy of the decision received on a network is defined by the accuracy of analog components. For many tasks the offered networks can provide the acceptable decision accuracy. It is also necessary to mark stability of neural networks in relation to errors in basic data. The error of a cellular network is offered to be compensated, using an algorithm of additive correction. Distinctive feature of an algorithm is that on a network only the correction to the decision is created, and the decision is calculated in the digital computer. In case of support of convergence of training activity and its resistance to the hardware errors an algorithm of additive correction provides the accuracy which is essentially restricted only to opportunities of the digital computer. *Conclusions.* The offered algorithm is considered as the pre-caused iterative process, and a cellular network – as the hardwired pre-obuslovlivatel. Implementation of the computing system containing a memristor network is offered in the form of two-layer architecture. The low layer represents a memristor network, upper – parallel digital system.

**Key words:** cellular neural network, memristor, algorithm of additive correction.

### ***Введение***

Решение краевых задач на клеточных сетях ведет свою историю от сеточных моделей (электрических моделирующих сеток). Достоинствами аналоговой обработки информации являются высокая производительность, высокий параллелизм обработки информации, малое потребление энергии, устойчивость к деградации компонентов и отказам. Кроме того, аналоговые компьютеры основаны на явлении аналогии и позволяют получить с приемлемой точностью решение плохо обусловленных задач, решение которых на цифровых компьютерах требует больших затрат времени или вообще не может быть получено. Недостатками аналоговых вычислительных машин, которые привели к переходу от аналоговой к цифровой технике, являлись низкая технологичность элементной базы, недостаточная точность решения и неуниверсальный характер аналоговых компьютеров.

В настоящее время в области решения краевых задач в определенной степени «преемниками» сеточных моделей являются клеточные нейронные сети (CNN – Cellular Neural Networks). Но CNN по своим возможностям и областям применения значительно шире сеточных моделей.

#### ***1. Клеточные нейронные сети***

Клеточные (ячеистые) нейронные сети (CNN – Cellular Neural Networks) были предложены в 1988 г. Л. О. Чуа (Leon Ong Chua) и Л. Янгом (Lin Yang) из Калифорнийского университета в Беркли (University of California, Berkeley) [1].

Клеточная нейронная сеть – это система простых процессоров (cell – ячеек), расположенных на регулярной сетке и связанных между собой в од-

ном или более слоях. Любая ячейка в клеточной нейронной сети связана только с соседними ячейками в соответствии с шаблоном. Шаблон ячейки  $C_{i,j}$  – это множество (окрестность)  $N_{i,j}$  ячеек  $C_{k,l}$ , с которыми связана ячейка  $C_{i,j}$ , и веса связей ячейки с соседними ячейками. Вес связи (синаптический вес) определяется значениями коэффициентов обратной связи (параметрами шаблона)  $g_{A_{i,j;k,l}}$  между выходами  $u_{ykl}(t)$  ячеек, входящих в шаблон, и входами ячейки  $C_{i,j}$ . В шаблон также входят внешние входы  $u_{ukl}(t)$  и коэффициенты управления  $g_{B_{i,j;k,l}}$  (параметры входного шаблона), а также смещение  $z_{ij}$ . Пример двумерной клеточной нейронной сети, соответствующей пятиточечному шаблону, показан на рис. 1. Теоретически можно определить клеточную нейронную сеть любого измерения и с произвольным шаблоном, но для простоты ограничимся двумерным случаем. Рассмотрим  $M \times N$  клеточную нейронную сеть, имея  $M \times N$  ячеек, построенных в  $M$  рядов (строк) и  $N$  колонок (столбцов).

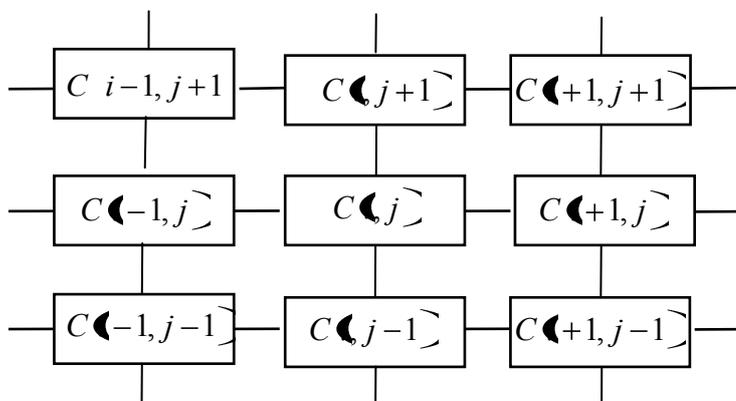


Рис. 1. Пример структуры клеточной нейронной сети

Работа клеточной сети основана на динамическом обновлении состояния ячеек путем вычисления взвешенной суммы состояний соседей. Уравнение состояния ячейки с непрерывным представлением времени имеет вид [1]

$$\frac{du_{xij}(t)}{dt} = d_{ij}u_{xij}(t) + \sum_{C_{k,l} \in N_{i,j}} g_{A_{i,j;k,l}} u_{ykl}(t) + \sum_{C_{k,l} \in N_{i,j}} g_{B_{i,j;k,l}} u_{ukl}(t) + z_{ij}, \quad (1)$$

где  $u_{xij}(t)$  – переменная состояния ячейки;  $d_{ij}$  – числовой коэффициент (в электрической схеме ячейки – входное сопротивление ячейки);  $u_{ykl}(t)$  – выход ячейки, входящей во множество  $N_{i,j}$  ячеек шаблона;  $g_{A_{i,j;k,l}}$  – синаптический вес, соединяющий ячейки  $C_{i,j}$  и  $C_{k,l}$ ;  $u_{ukl}(t)$  – вход ячейки;  $g_{B_{i,j;k,l}}$  – коэффициент управления;  $z_{ij}$  – смещение.

Относительно параметров сети примем следующие предположения:

$$g_A i, j; k, l = g_A k, l; i, j, \quad d_{ii} > 0.$$

Состояние ячеек и веса связей являются непрерывными значениями. При решении дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП) на клеточных сетях [2] обычно исключают шаблон управления и используют линейную функцию активации:  $u_{yij} = u_{xij}$ .

В клеточных нейронных сетях с дискретным представлением времени [2] производная по времени в уравнении (1) аппроксимируется по формуле

$$\frac{du_{xij}(t)}{dt} = \frac{u_{xij}(t) - u_{xij}(t-1)}{\Delta t},$$

где  $\Delta t$  – шаг по времени.

Тогда с учетом сделанных предположений уравнение (1) запишется в виде

$$\left[ -\frac{1}{\Delta t} + d_{ij} \right] u_{xij}(t) + \sum_{C \subset N} \sum_{k, l \in N} g_A i, j; k, l u_{ykl}(t) = - \left[ z_{ij} + \frac{1}{\Delta t} u_{xij}(t-1) \right]. \quad (2)$$

В клеточной сети с дискретным представлением времени состояния сети изменяются в дискретные моменты времени.

## 2. Решение на клеточной нейронной сети систем разностных уравнений

Несложно показать [2], что система алгебраических уравнений (2) связана масштабными коэффициентами с системой разностных уравнений, аппроксимирующей по неявной схеме ДУЧП с различными граничными условиями. Действительно, пусть в некоторой двумерной области  $\Omega$  решается ДУЧП

$$\frac{\partial w}{\partial t} = Lw, \quad (3)$$

где  $L$  – линейный дифференциальный оператор.

На границе области  $\Omega$  заданы граничные условия и начальные условия при  $t = 0$ . Заменяя входящие в  $Lw$  (3) производные разностными отношениями, получим разностное выражение  $L_h w_h$ , являющееся линейной комбинацией значений сеточной функции  $w_h$  на некотором множестве  $M$   $x_{ij}$  узлов сетки – сеточном шаблоне

$$L_h w_h|_{ij} = \sum_{x_{kl} \in M} a_h i, j; k, l w_h|_{x_{kl}},$$

где  $a_h|_{x_{ij}, x_{kl}}$  – коэффициенты, значения которых зависят от конкретной формы разностной аппроксимации;  $h$  – шаг сетки;  $M$   $i, j$  – шаблон в узле  $x_{ij}$ .

Такую же форму имеет аппроксимация граничных условий. Соотношение справедливо для произвольной размерности области решения. Применяя неявную аппроксимацию производной по времени в (3), получаем

$$\frac{w_h x_{ij},t - w_h x_{ij},t-1}{\tau} = \sum_{\substack{x_{kl} \in M \\ x_{ij}}} a_h i,j;k,l w_h x_{kl},t ,$$

или

$$\left[ -\frac{1}{\tau} + a_h i,j;i,j \right] w_h x_{ij},t + \sum_{\substack{x_{kl} \in M \\ x_{kl} \neq x_{ij}}} a_h i,j;k,l w_h x_{kl},t = -\frac{1}{\tau} w_h x_{ij},t-1 . (4)$$

В (4) суммирование проводится по «окрестности» узла  $x_{ij}$ . При условии равенства шаблонов клеточной сети и разностной схемы выражения (2) и (4) подобны, если связать параметры разностной схемы и клеточной сети масштабными соотношениями

$$g_A i,j;k,l = m_g a_h i,j;k,l , \quad g_t i,j = -\frac{1}{\Delta t} + d_{ij} = m_g \left[ -\frac{1}{\tau} + a_h i,j;i,j \right] ,$$

$$I i,j = z_{ij} + \frac{1}{\Delta t} u_{x_{ij}} t-1 = m_i \frac{1}{\tau} w_h x_{ij},t-1 , \quad U i,j,t-1 = m_u w_h x_{ij},t-1 . (5)$$

Связи ячейки с соседними ячейками с помощью пассивных проводимостей возможны, если коэффициенты  $a_h i,j;i,j$  и  $a_h i,j;k,l$  имеют разные знаки при  $k \neq i$  и  $l \neq j$  и выполняется неравенство  $|a_h i,j;i,j| \geq \sum_{\substack{x_{kl} \in M \\ x_{kl} \neq x_{ij}}} |a_h i,j;k,l|$ , что, как правило, справедливо для разностных схем. Тогда выход клеточной сети связан с сеточной функцией соотношением  $m_u w_h x_{ij},t = u_{y_{ij}} t$ , причем должен выполняться индикатор подобия  $m_g m_u / m_i = 1$ . Синаптический вес моделируется электрической проводимостью, смещение – током, а выход сети – напряжением. Отсюда  $m_g$ ,  $m_i$  и  $m_u$  – соответственно, масштабы по проводимости, току и напряжению.

Так как переход к сети с дискретным представлением времени основан на неявной схеме аппроксимации, то клеточная сеть с дискретным представлением времени является абсолютно устойчивой при любых значениях шагов по пространству и времени. Клеточная нейронная сеть с дискретным представлением времени проще сети с непрерывным представлением времени, позволяет использовать итерационную настройку параметров при решении нелинейных задач и, как будет показано ниже, позволяет уточнять на цифровых процессорах решение, полученное на аналоговых сетях. Для двумерной сети (см. рис. 1) возможные варианты ячеек, построенных по выражениям (5), показаны на рис. 2 и 3. Полученные результаты легко распространяются на случай стационарных задач.

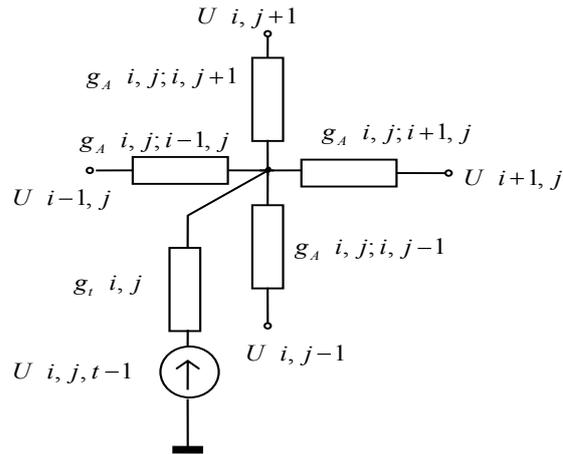


Рис. 2. Схема ячейки мемристормой сети с управляемым источником напряжения

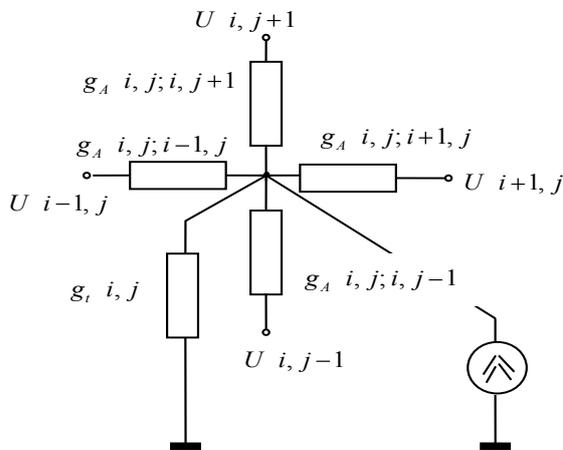


Рис. 3. Схема ячейки мемристормой сети с управляемым источником тока

### 3. Использование мемристоров в клеточных сетях

Очень перспективным направлением реализации нейронных сетей является использование нового элемента электронных схем – мемристора (англ. *memristor*, от *memory* – память, *resistor* – электрическое сопротивление). Еще в 1971 г. Леон Чуа теоретически предложил новый двухэлектродный элемент, названный «мемристор» [3]. Но только в 2008 г. фирма Hewlett-Packard реализовала мемристор в виде микросхемы. Л. Чуа выдвинул и математически обосновал гипотезу о том, что, наряду с индуктивностью, конденсатором и резистором, должен быть четвертый базовый элемент электрических цепей. Л. Чуа исходил из того, что должны быть соотношения, связывающие все четыре основные переменные электрических цепей: ток  $i$ , напряжение  $u$ , заряд  $q$  и магнитный поток  $\Phi$ . Всего таких соотношений может быть шесть. Пять из них хорошо известны:

$$R i = \frac{du}{di}, C q = \frac{dq}{du}, L \Phi = \frac{d\Phi}{di}, i t = \frac{dq}{dt}, u t = \frac{d\Phi}{dt},$$

где  $u(t)$  и  $i(t)$  – переменные напряжение и ток,  $q(t)$  и  $\Phi(t)$  – заряд и магнитный поток,  $R$ ,  $C$  и  $L$  – сопротивление, емкость и индуктивность, зависящие, соответственно, от величины тока, заряда и магнитного потока.

Л. Чуа предположил, что должно существовать шестое соотношение, связывающее магнитный поток с зарядом:

$$M = \frac{d\Phi}{dq},$$

откуда  $\frac{d\Phi}{dt} = M \frac{dq}{dt}$ , или  $u(t) = M \frac{dq}{dt}$ . Так как  $q(t) = \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau$ ,

то недостающий элемент – *мемристор* – описывается выражением

$$u(t) = M \left( \int_{-\infty}^t i(\tau) d\tau \right) i(t),$$

где  $M$  называется мемрезистивностью (общепринятого перевода нет, англ. *memristance*).

Мемрезистивность зависит от тока. Мемристор является нелинейным элементом с памятью. Современные мемристоры реализуются средствами наноэлектроники [4]. Мемристор можно рассматривать как управляемый резистор, причем он может работать и как цифровой элемент памяти, находящийся в одном из двух состояний (с малым или высоким сопротивлением), и как управляемый резистор. Установка требуемых значений проводимости мемристоров может быть реализована путем подачи на мемристор импульса постоянного напряжения заданной величины и заданной длительности. Очень важно, что состояние мемристора сохраняется при отключении питания.

Поэтому мемристоры перспективны в качестве запоминающих и логических элементов и управляемых резисторов. В частности, мемристоры как переменные резисторы очень перспективны в качестве синапсов нейронных сетей [4, 5]. Разработаны различные схемы реализации синапсов с использованием мемристоров [4–7]. В частности, мостовая схема соединения мемристоров, предложенная в [6], обеспечивает реализацию положительных и отрицательных значений весовых коэффициентов нейронной сети. В [7] предложена реализация на мемристорах весов клеточных нейронных сетей.

Использование мемристоров означает возврат к аналоговым методам обработки информации, но на принципиально иной технологической основе. Мемристоры, являющиеся изделиями наноэлектроники, решают проблему нетехнологичности и громоздкости старых аналоговых машин. Использование нейронных блоков как второго слоя в архитектуре суперкомпьютера [2] снимает проблему неуниверсальности и, как будет показано ниже, недостаточной точности аналогового компьютера.

Синаптические веса клеточной сети ( $g_A$  и  $g_t$  в (5)) могут быть реализованы с помощью мемристоров [8]. Согласно [9] мемристоры можно разделить на два класса – «цифровые» и «аналоговые». В «цифровых» мемристор-

рах сопротивление практически не меняется, если напряжение на мемристоре не превышает некоторого порога, зависящего от материала мемристора. При превышении порога сопротивление быстро изменяется (за наносекунды), и величиной этого изменения можно управлять, подбирая длительность и амплитуду импульса напряжения. В «аналоговых» мемристорах изменение сопротивления является постепенной функцией приложенного смещения. Таким образом, «цифровые» мемристоры можно использовать при постоянных напряжениях, если они не превышают порога. Сопротивление мемристоров можно регулировать, подавая импульсы амплитудой  $V$  выше или ниже пороговых значений  $V_{\text{порог}}$  и  $-V_{\text{порог}}$  и длительностью  $\tau$ . Длительность импульса рассчитывают исходя из знания максимальной  $G_{\text{max}}$  и минимальной  $G_{\text{min}}$  проводимостей мемристоров, которые сильно различаются в зависимости от материала мемристора. Отображение синаптических весов сети  $g_A$  и  $g_t$  непосредственно в проводимости мемристоров производится с помощью масштабного соотношения [4]

$$G_A(i, j) = \frac{g_A(i, j) - g_{A\text{min}}}{g_{A\text{max}} - g_{A\text{min}}} (G_{\text{max}} - G_{\text{min}}) + G_{\text{min}},$$

аналогично масштабируются величины  $g_t(i, j)$ , где  $g_{A\text{min}} \leq g_A(i, j) \leq g_{A\text{max}}$  и  $g_{t\text{min}} \leq g_t(i, j) \leq g_{t\text{max}}$ .

Тогда клеточная сеть представляет собой сеть из мемристоров, реализующих синаптические веса  $g_A$  и соединенных в соответствии с шаблоном сети. Узлы сети соединены мемристорами, реализующими  $g_t$ , с общей точкой («землей») сети. К узлам сети должны быть подключены схемы задания тока  $I_{ij}$  и схемы измерения узловых напряжений. Мемристоры могут также выполнять функции аналоговой памяти и коммутирующих элементов. Это позволяет построить аналоговую клеточную сеть на современной наноэлектронной базе. Сеть представляет собой аналоговую параллельную систему с очень высокой производительностью. Теоретически решение формируется за время, определяемое переходными процессами в наноэлектронных схемах. Сеть должна быть также снабжена системой измерения решения в произвольных ячейках, системой подготовки данных, хранения и обработки решения. Таким образом, архитектура вычислительной системы, включающей клеточную мемристорную сеть, должна быть двухслойной: первый (внутренний) слой – мемристорная сеть, второй (внешний) слой – система параллельно работающих процессоров подготовки данных и обработки результатов. Второй слой должен иметь архитектуру и реализацию, которые обеспечивают высокоскоростную обработку данных. В противном случае преимущества мемристорной реализации клеточной сети не будут реализованы. Во втором слое также перспективным является применение мемристоров, например, в качестве запоминающих элементов.

#### 4. Использование аддитивной коррекции

Рассмотренная клеточная сеть реализует метод прямой аналогии. Точность решения, получаемого на сети, определяется точностью аналоговых

компонентов. Считается, что аналоговая техника обеспечивает низкую точность решения. Однако следует учитывать, что исходные данные задачи, как правило, задаются приближенно. Поэтому решение задачи до малых значений формальных показателей точности (например, нормы невязки) не всегда оправдано. Для плохо обусловленных задач, каковыми являются многие реальные задачи, малые значения формальных показателей точности не гарантируют действительную точность решения. Поэтому для многих задач предлагаемые сети могут обеспечить приемлемую точность решения. Следует также отметить устойчивость нейронных сетей по отношению к ошибкам в исходных данных.

Погрешности клеточной сети можно компенсировать, используя алгоритм аддитивной коррекции [2, 10, 11]. Отличительной особенностью алгоритма является то, что на сети формируется только поправка к решению, а само решение вычисляется в цифровом компьютере. При обеспечении сходимости процесса обучения и его устойчивости к аппаратным погрешностям алгоритм аддитивной коррекции обеспечивает точность, принципиально ограниченную лишь возможностями цифрового компьютера. Для описания алгоритма используем матричное описание сети. Система разностных уравнений может быть представлена в матричной форме в виде системы линейных алгебраических уравнений  $\mathbf{Aw} = \mathbf{b}$ . Если последовательно пронумеровать ячейки сети, то система (2) может быть записана в виде системы линейных алгебраических уравнений:  $\mathbf{Gu} = \mathbf{i}$ , причем из-за погрешностей сети  $\mathbf{G} \approx m_g \mathbf{A}$  и при принятых допущениях матрица  $\mathbf{G}$  является симметричной положительно определенной. Матрица  $\mathbf{G}$  является матрицей проводимостей синаптических весов межклеточных соединений, вектор  $\mathbf{i} = m_i \mathbf{b}$  – вектор токов, подаваемых в узлы сети, вектор  $\mathbf{u} = m_u \mathbf{w}$  – вектор напряжений выхода сети. Фактически сеть моделирует не матрицу  $\mathbf{A}$ , а матрицу  $\mathbf{B} = 1/m_g \mathbf{G}$ .

Алгоритм аддитивной коррекции представляет собой итерационный процесс решения системы  $\mathbf{Aw} = \mathbf{b}$ . Начальным приближением является решение, полученное на сети. На  $k$ -м шаге алгоритма в цифровой части двухслойной системы рассчитывается вектор невязки  $\mathbf{r}^k = \mathbf{b} - \mathbf{Aw}^{k-1}$  и масштаб по току  $m_i^k = I_{\max} / \|\mathbf{r}^k\|$ , где  $I_{\max}$  – максимальный по абсолютной величине ток, который можно задавать в сети (используется кубическая норма вектора невязки). В методе аддитивной коррекции принципиально важно использовать весь диапазон изменения токов смещения. Рассчитывается вектор токов смещения  $\mathbf{i}^k = m_i^k \mathbf{r}^k$  и задается в сеть. На моделирующей сети формируется вектор напряжений поправки к решению, который формально можно описать матричным равенством  $\Delta \mathbf{u}^k = \mathbf{G}^{-1} \mathbf{i}^k$ . В цифровой части после демасштабирования вычисляется вектор поправки к решению  $\Delta \mathbf{w}^k = m_u^k \Delta \mathbf{u}^k = \mathbf{B}^{-1} \mathbf{r}^k$  и формируется новое приближение решения  $\mathbf{w}^{(k)} = \mathbf{w}^{(k-1)} + \omega_k \Delta \mathbf{w}^{(k)}$ , где  $\omega_k$  – подбираемый или вычисляемый, например, одним из методов спуска, итерационный параметр.

Процесс продолжается до тех пор, пока не будет получено малое значение нормы невязки. Рассмотренный алгоритм можно трактовать как предобусловленный итерационный процесс [12], а клеточную сеть – как аппаратно реализованный предобусловливатель. В [2] получены условия сходимости процесса и доказана устойчивость процесса к погрешностям задания токов и измерения напряжений. Для положительно определенной матрицы  $\mathbf{A}$  необходимое и достаточное условие сходимости имеет вид (для постоянного параметра  $\omega$ )

$$2\mathbf{B} - \omega\mathbf{A} \mathbf{x}, \mathbf{x} > 0. \quad (6)$$

Выполнение условия (6) обеспечивается выбором масштаба по проводимости и параметра  $\omega$ . При одинаковых шаблонах разностной схемы и клеточной сети достаточное условие сходимости имеет вид

$$g_A \ i, j; k, l > 0,5\omega m_g |a_h \ i, j; k, l|, \quad g_t \ i, j > 0,5\omega m_g \left[ -\frac{1}{\tau} + a_h \ i, j; i, j \right].$$

Важно, что из-за близости матрицы предобусловливателя  $\mathbf{B}$  к матрице  $\mathbf{A}$  для уточнения решения требуется небольшое число итераций [2].

Устойчивость итерационного процесса к погрешностям задания параметров клеточной сети обеспечивается использованием переменного масштаба по току.

Рассматривая клеточную сеть как аппаратно реализованный предобусловливатель, можно построить различные итерационные методы, в том числе методы подпространств Крылова [12], например, метод сопряженных градиентов. В некоторых задачах матрица  $\mathbf{A}$  является несимметричной и знаконеопределенной. В этом случае можно рекомендовать использовать один из методов подпространств Крылова – предобусловленный устойчивый алгоритм бисопряженных градиентов (Preconditioned BiCGSTAB) [12].

Для решения нелинейных задач можно использовать итерационный алгоритм с пересчетом нелинейных параметров задачи на каждом временном шаге. На каждой итерации на сети решается задача со своими параметрами, причем можно не изменять параметры сети, а использовать аддитивную коррекцию.

Если размеры сеточной области превышают размеры клеточной сети, то можно использовать блочные, в том числе асинхронные блочные методы [12].

### **Заключение**

Таким образом, решение дифференциальных уравнений в частных производных возможно на аналоговых клеточных мемристорных сетях с дискретным представлением времени. Реализация вычислительной системы, содержащей мемристорную сеть, целесообразна в виде двухслойной архитектуры. Нижний слой представляет собой мемристорную сеть, верхний – параллельную цифровую систему.

### **Список литературы**

1. Chua, L. Cellular Neural Networks: Theory / L. Chua, L. Yang // IEEE Transactions on Circuits and Systems. – 1988. – Vol. 35, № 10. – P. 1257–1272.
2. Горбаченко, В. И. Нейрокомпьютеры в решении краевых задач теории поля / В. И. Горбаченко. – М. : Радиотехника, 2003. – 336 с.

3. Chua, Leon O. Memristor – The Missing Circuit Element / Leon O. Chua // IEEE Transactions on Circuits Theory. – 1971. – Vol. 18, № 5. – P. 507–519.
4. Tarkov, M. S. Mapping Weight Matrix of a Neural Network's Layer onto Memristor Crossbar / M. S. Tarkov // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics). – 2015. – Vol. 24, № 2. – P. 109–115.
5. Thomas, A. Memristor-based neural networks / A. Thomas // Journal of Physics D: Applied Physics. – 2013. – Vol. 46, № 9. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/0022-3727/46/9/093001/pdf>;jsessionid = 2D114EB9C5F3D9084B943975AEC A3FD2.c3.iopscience.cld.iop.org (дата обращения: 20.10.2016).
6. Memristor Bridge Synapse-Based Neural Network and Its Learning / S. P. Adhikari, C. Yana, H. Kim, L. O. Chua // IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems. – 2012. – Vol. 23, № 9. – P. 1426–1435.
7. Kim, Y.-S. Synaptic Weighting Circuits for Cellular Neural Networks / Y.-S. Kim, K.-S. Min // 13th International Workshop on Cellular Nanoscale Networks and Their Applications (29–31 August, 2012). – Turin, Italy, 2012. – P. 1–6.
8. Laiho, M. Memristive analog arithmetic within cellular arrays / M. Laiho, L. Lehtonen // 2012 IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS). – Seoul, 2012. – P. 2665–2668.
9. Two-terminal resistive switches (memristors) for memory and logic applications / W. Lu., K.-H. Kim, T. Chang, S. Gaba // 16th Asia and South Pacific Design Automation Conference (ASP-DAC 2011) (Yokohama, 25–28 Jan., 2011). – Yokohama, 2011. – P. 217–223.
10. Горбаченко, В. И. Оценка влияния аналогового приближения на сходимость итерационного процесса решения краевых задач / В. И. Горбаченко, С. Н. Катков, В. А. Мирошкин // Вопросы радиоэлектроники. – 1985. – Вып. 8. – С. 40–43.
11. Gorbachenko, V. I. Solving of nonlinear partial differential equations by using neural network / V. I. Gorbachenko, S. N. Katkov, G. F. Oubiennykh // 1996 International symposium on nonlinear theory and its applications (NOLTA'96) (Kochi, Japan, 7–9 Oct., 1996). – Kochi, 1996. – P. 401–404.
12. Горбаченко, В. И. Вычислительная линейная алгебра с примерами на MATLAB / В. И. Горбаченко. – СПб. : БХВ-Петербург, 2011. – 320 с.

---

***Горбаченко Владимир Иванович***

доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой компьютерных  
технологий,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: gorvi@mail.ru

***Gorbachenko Vladimir Ivanovich***

doctor of technical sciences, professor,  
head of sub-department  
of computer technology,  
Penza State University

***Катков Сергей Николаевич***

старший преподаватель,  
кафедра экономической кибернетики,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: skat.pnz@yandex.ru

***Katkov Sergey Nikolayevich***

senior lecturer,  
sub-department of economic cybernetics,  
Penza State University

---

УДК 004.032.26

**Горбаченко, В. И.**

**Использование мемристорных сетей для решения дифференциальных уравнений в частных производных / В. И. Горбаченко, С. Н. Катков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 97–107.**

**КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОГРЕШНОСТИ  
ВЫЧИСЛЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ  
ЧЕТВЕРТОГО ПОРЯДКА ДЛЯ МАЛЫХ ВЫБОРОК  
БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

*А. И. Иванов, Ю. И. Серикова, А. Г. Банных*

**ADJUSTMENT OF METHODOLOGICAL ERROR CALCULATING  
THE STATISTICAL MOMENTS OF THE FOURTH ORDER  
FOR SMALL SAMPLES OF BIOMETRIC DATA**

*A. I. Ivanov, Yu. I. Serikova, A. G. Bannyh*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Поставлена цель по коррекции методических ошибок четвертого статистического момента за счет учета априорной информации о размерах малой выборки реальных биометрических данных. *Материалы и методы.* Используются процедуры численного моделирования малых выборок с нормальным законом распределения значений. Показано, что математическое ожидание ошибки вычисления четвертого момента является функцией стандартного отклонения и числа примеров в тестовой выборке. *Результаты.* Дана таблица поправок, учитывающая конечный размер выборки для нормированных данных. Предложено скомпенсировать методическую погрешность вычисления четвертого момента малых выборок биометрических данных путем гиперболического приближения таблицы поправок. *Выводы.* Подобное приближение позволяет снизить методическую ошибку вычислений до 20 раз при выборках объемом от 4 до 16 примеров. Это открывает возможность начать исследования по снижению случайной составляющей ошибки вычисления четвертого статистического момента на малых тестовых выборках.

**Ключевые слова:** биометрическая идентификация личности, статистический момент четвертого порядка, объем тестовой выборки, коррекция методической ошибки.

**Abstract.** *Background.* The aim is for the correction of systematic errors of the fourth statistical moment by taking into account a priori information about the size of a small sample of the actual biometric data. *Materials and methods.* Use the procedure of numerical modeling of small samples with normal values distribution law. It is shown that the expectation of error calculation of the fourth moment is a function of the standard deviation and the number of examples in the test sample. *Results.* Dana table amendments, taking into account the final sample size for the normalized data. It proposed to indemnify for the methodological error of calculation of the fourth moment of the small sample of biometric data by the hyperbolic approximation table amendments. *Conclusions.* Such an approach can reduce the methodological error of calculations up to 20 times while the sample size from 4 to 16 examples. This opens up the potential to begin research on the reduction of the random component of the error calculation of the fourth statistical moment on small test samples.

**Key words:** biometric identification, statistical moment of the fourth order, the volume of the test sample, the correction of systematic error.

## Введение

В настоящее время активно идут процессы информатизации современного общества. Как итог, наша персональная информация постепенно перемещается в интернет-облака. Ярким примером общего вектора развития являются медицинские информационные системы. В 2006 г. в России был введен в действие отечественный стандарт, регламентирующий требования к электронной истории болезни [1], это позволило разработать типовую медицинскую информационную систему [2]. Далее встал вопрос о переходе к использованию типового электронного места врача [3]. В итоге информационная технология уже позволяет создавать интегрированные электронные медицинские карты [4], которые могут размещаться как на локальном сервере медицинской информационной системы, так и на интернет-серверах поставщиков облачных услуг.

Естественно, что эта общая тенденция порождает новые угрозы информационной безопасности, которые должны быть устранены с учетом уже сложившейся технической практики [5] и национального законодательства [6]. За рубежом проблема решается через биометрическую аутентификацию личности человека с использованием так называемых «нечетких экстракторов» [7]. В России для этих же целей используются искусственные нейронные сети [8], применяя которые можно осуществлять обезличивание [9] медицинских электронных документов в случае их размещения в облачных хранилищах.

Очевидным является также то, что массовое использование биометрического обезличивания персональной информации облачных сервисов потребует сертификации криптографических модулей защиты ФСБ России и/или сертификации ФСТЭК России нейросетевых преобразователей биометрии в код пароля доступа. Во втором случае стойкость пароля доступа к атакам подбора со стороны биометрии должна оцениваться статистически по требованиям ГОСТ Р 52633.3–2011 [10].

К сожалению, стандарт [10] ориентирован только на нормальный закон распределения биометрических данных. Реальные биометрические данные, как правило, описываются распределениями данных, отличающимися от нормального закона. В частности, реальные данные образа «Свой» имеют распределения с «тяжелыми» хвостами [11] и ярко выраженным заострением вершины распределения. Распределения значений коэффициентов парной корреляции биометрических данных [12] имеют явно выраженную плоскую вершину и поджатые к центру хвосты распределения.

Для корректного учета отклонения распределения значений от нормального закона необходимо определить значение нормированного статистического момента четвертого порядка или эксцесса [13]:

$$e_4 = \frac{\sum_{i=1}^n (E(x) - x_i)^4}{n \cdot \sigma^4(x)} - 3, \quad (1)$$

где  $E(x)$  – математическое ожидание;  $\sigma(x)$  – стандартное отклонение;  $n$  – число учитываемых опытов.

Следует подчеркнуть, что формула (1) имеет значительную методическую погрешность на малых выборках. Аналогичная методическая погреш-

ность возникает и при вычислении второго статистического момента (стандартного отклонения). При этом ранее нами было показано, что методическая погрешность стандартного отклонения устранима [14]. Задачей данной статьи является устранение методической погрешности эксцесса и/или четвертого статистического момента при их вычислении на малых выборках.

**Моделирование функции распределения значений  
четвертого статистического момента  
для нормированного нормального закона распределения значений**

Будем наблюдать методическую погрешность статистических моментов четвертого порядка, обусловленную малым объемом выборки, путем проведения численного эксперимента. Для этой цели осуществим многократное обращение к псевдослучайному программному генератору случайных чисел с нормальным законом распределения значений. Далее для каждой выборки вычислим нормированный статистический момент четвертого порядка

$$\frac{\mu_4(x)}{\sigma^4(x)} = \frac{\sum_{i=1}^n (E(x) - x_i)^4}{n \cdot \sigma^4(x)}. \quad (2)$$

Очевидно, что нормированный статистический момент четвертого порядка (2) будет являться случайной функцией, распределение значений которой зависит от размеров тестовой выборки –  $n$  и закона распределения значений тестовой выборки. При нормальном законе распределения значений для больших выборок соотношение (2) становится практически детерминированным и дает значение близкое к трем (1). Для выборок ограниченного объема, содержащих 9, 11, 16, 21, 31, примеры распределения значений нормированного четвертого момента (2) приведены на рис. 1.

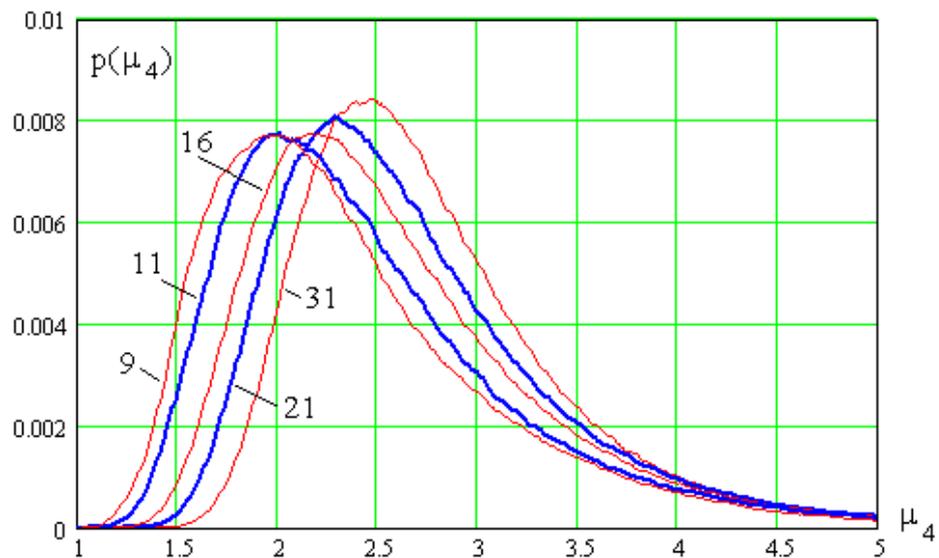


Рис. 1. Плотность распределения значений нормированного четвертого момента для нормального закона распределения значений при разных значениях выборки

Из рис. 1 видно, что с ростом размеров выборки увеличивается математическое ожидание распределений и падает их стандартное отклонение. Данные о взаимодействии этих двух тенденций сведены в табл. 1.

Таблица 1

Значения математических ожиданий и стандартных отклонений четвертого статистического момента при разных размерах тестовой выборки –  $n$

$n$	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$E(n)$	1,800	2,000	2,143	2,250	2,332	2,400	2,455	2,500	2,538
$\sigma(n)$	0,349	0,500	0,597	0,597	0,704	0,735	0,754	0,768	0,776
$\Delta E(n) \%$	39,3	32,3	27,5	24,0	21,3	19,2	17,5	16,1	14,9
$n$	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$E(n)$	2,571	2,599	2,625	2,646	2,667	2,685	2,702	2,716	2,727
$\sigma(n)$	0,779	0,779	0,782	0,777	0,776	0,772	0,768	0,764	0,755
$\Delta E(n) \%$	13,9	13,0	12,3	11,6	11,0	10,5	10,99	9,53	9,13
$n$	22	23	24	25	26	27	28	29	30
$E(n)$	2,738	2,749	2,760	2,768	2,778	2,786	2,794	2,799	2,806
$\sigma(n)$	0,746	0,742	0,736	0,732	0,725	0,720	0,713	0,706	0,699
$\Delta E(n) \%$	8,76	8,42	8,11	7,83	7,50	7,32	7,09	6,87	6,67
$n$	31	32	33	100	200	300	1000	3000	10000
$E(n)$	2,811	2,819	2,825	2,941	2,971	2,980	2,994	2,997	2,999
$\sigma(n)$	0,694	0,690	0,683	0,455	0,334	0,276	0,154	0,089	0,049
$\Delta E(n) \%$	6,48	6,30	6,13	2,31	1,26	0,88	0,34	0,11	0,032

На рис. 2 дан график монотонного увеличения математического ожидания нормированных значений четвертого момента  $E(\mu_4)$  с ростом числа примеров в выборке.

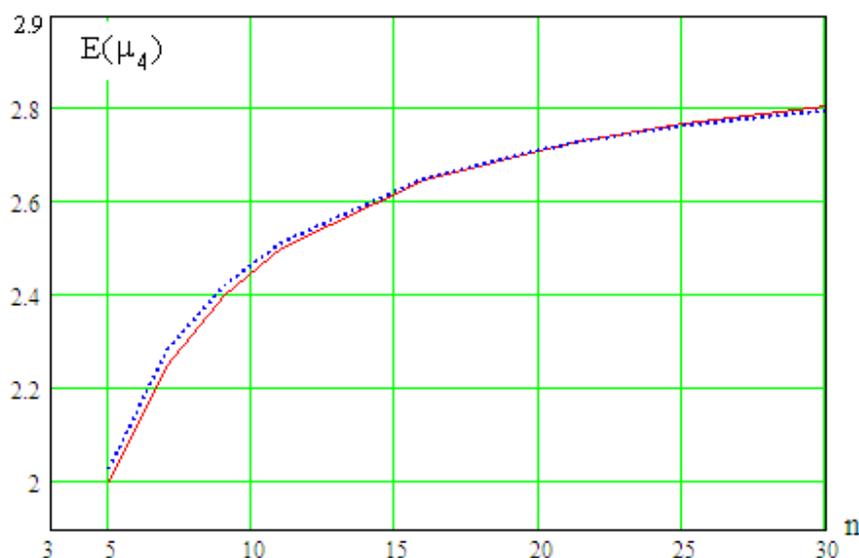


Рис. 2. Приближение математического ожидания четвертого статистического момента как функции числа опытов

На графике рис. 2 (сплошная линия) мы видим монотонный рост математического ожидания значений четвертого статистического момента для нормального закона распределения значений. Для этой монотонной функции в диапазоне выборок от 5 до 50 примеров хорошую аппроксимацию дает гипербла дробной размерности (пунктирная линия на рис. 2):

$$E(\mu_4, n) = 3,0 - \frac{3,99}{n^{0,88}}. \quad (3)$$

Поведение стандартного отклонения четвертого статистического момента для нормированного нормального закона распределения данных не описывается монотонной функцией. Мы наблюдаем ярко выраженный максимум функции стандартного отклонения в интервале размеров выборки от 14 до 16 опытов, что отображено на рис. 3.

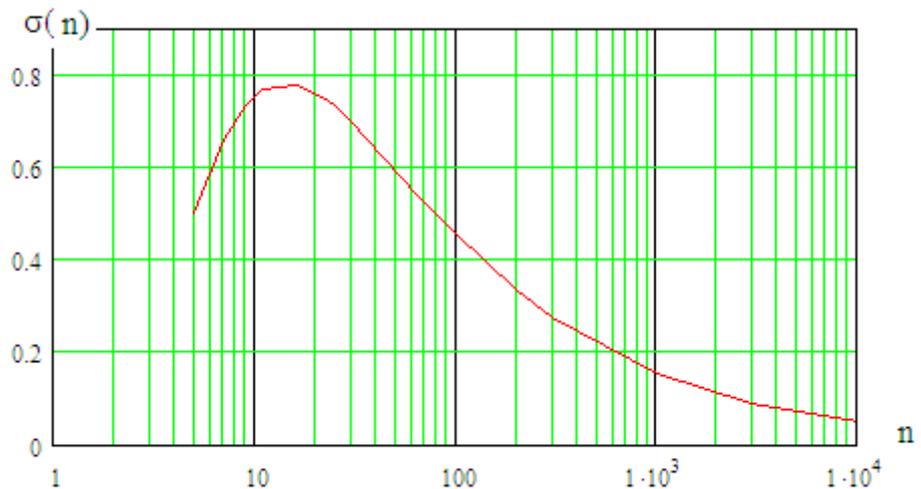


Рис. 3. Влияние размеров выборки на значения стандартного отклонения четвертого статистического момента нормированного нормального закона распределения

Из рис. 3 видно, что для выборок, имеющих более 16 примеров, наблюдается монотонное уменьшение стандартного отклонения, что эквивалентно монотонному снижению случайной составляющей погрешности вычислений при росте объема тестовой выборки. Можно надеяться на то, что только для выборок, имеющих более 16 примеров, можно пользоваться традиционными алгоритмами регуляризации вычислений. Для малых тестовых выборок неустойчивость вычислений (их плохая обусловленность) не может быть уменьшена обычными процедурами регуляризации [15]. Видимо, придется осуществлять регуляризацию вычислений младших статистических моментов на малых выборках на ощупь (в ручном режиме подбора параметров регуляризации [16]). При этом методическая погрешность вычислений случайных статистических моментов должна быть скомпенсирована. В нашем случае компенсация методической погрешности четвертого статистического момента будет описываться следующим соотношением:

$$\mu_4(x) = \frac{\sum_{i=1}^n (E(x) - x_i)^4}{n} - \frac{3,99}{n^{0,88}} \cdot \sigma^4(x). \quad (4)$$

Соотношение (4) оказывается отрицательным, если у распределения биометрических данных имеется плоская вершина и «поджатые» к центру хвосты. Если соотношение (4) дает положительную величину, то скорее всего мы имеем дело с «тяжелыми» хвостами распределения и заостренной вершиной.

### *Заключение*

Проведенные исследования показали, что подавление случайной составляющей погрешности вычисления четвертого статистического момента на малых выборках биометрических данных нельзя выполнять без предварительной компенсации методической погрешности. Такая компенсация может быть выполнена с использованием таблицы поправок № 1 или с использованием аналитического приближения систематической погрешности (4). И в том, и в другом случае методическую погрешность удастся уменьшить более чем в 20 раз, что создает предпосылки для инициации работ по регуляризации вычислительных процедур, снижающих случайную составляющую погрешности.

### *Список литературы*

1. ГОСТ Р 52636–2006. Электронная история болезни. Общие положения.
2. Федеральная типовая медицинская информационная система (ФТМИС). Разработчик «Крокус Консалдинг» 2008 г., государственный контракт по ФЦП «Электронная Россия (2002–2010 годы)».
3. Электронное рабочее место врача. Руководство пользователя. – М., 2014. – URL: [http://miasmaukop.ru/media/ERMV\\_manual.pdf](http://miasmaukop.ru/media/ERMV_manual.pdf)
4. Интегрированная электронная медицинская карта: задачи и проблемы / Б. В. Зингерман, Н. Е. Шкловский-Корди, В. П. Карп, А. И. Воробьев // Врач и информационные технологии. – 2015. – № 1. – С. 24–27.
5. Костков, Д. Защита облачных вычислений: общие международные подходы / Д. Костков // Первая миля. – 2015. – № 8. – С. 26–29.
6. Федеральный закон «О персональных данных» от 27.07.2006 № 152.
7. Dodis, Y. Fuzzy Extractors: How to Generate Strong Keys from Biometrics and Other Noisy / Y. Dodis, L. Reyzin, A. Smith // Proc. EUROCRYPT. – 2004. – April 13. – P. 523–540.
8. ГОСТ Р 52633.0–2006 «Защита информации. Техника защиты информации. Требования к средствам высоконадежной биометрической аутентификации».
9. Методические рекомендации по применению приказа Роскомнадзора от 5 сентября 2013 г. № 996 «Об утверждении требований и методов по обезличиванию персональных данных».
10. ГОСТ Р 52633.3–2011 «Защита информации. Техника защиты информации. Тестирование стойкости средств высоконадежной биометрической защиты к атакам подбора».
11. Учет «тяжелых» хвостов ненормального закона распределения биометрических параметров все «Чужие» при настройке нелинейного элемента нейрона с несколькими дискретными состояниями / С. В. Куликов, М. В. Секретов, О. С. Захаров,

- А. И. Иванов, А. В. Майоров // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2012. – № 3. – С. 56–59.
12. Биометрическая идентификация рукописных образов с использованием корреляционного аналога правила Байеса / А. И. Иванов, П. С. Ложников, Е. И. Качайкин, А. Е. Сулавко // Вопросы защиты информации – 2015. – № 3. – С. 48–54.
13. Кобзарь, А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А. И. Кобзарь. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
14. Волчихин, В. И. Компенсация методических погрешностей вычисления стандартных отклонений и коэффициентов корреляции, возникающих из-за малого объема выборок / В. И. Волчихин, А. И. Иванов, Ю. И. Серикова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – № 1 (37). – С. 103–110
15. Тихонов, А. Н. Методы решения некорректных задач / А. Н. Тихонов, В. Я. Арсенин. – М. : Наука, 1979. – 248 с.
16. Кулагин, В. П. Корректировка методических и случайных составляющих погрешностей вычисления коэффициентов корреляции, возникающих на малых выборках биометрических данных / В. П. Кулагин, А. И. Иванов, Ю. И. Серикова // Информационные технологии. – 2016. – Т. 22, № 9. – С. 705–710.

---

***Иванов Александр Иванович***

доктор технических наук, доцент,  
начальник лаборатории биометрических  
и нейросетевых технологий,  
Пензенский научно-исследовательский  
электротехнический институт  
E-mail: ivan@pniei.penza.ru

***Ivanov Alexander Ivanovich***

doctor of technical sciences,  
associate professor,  
head of laboratory of biometric  
and neural-network technologies,  
Penza Research Electrotechnical Institute

***Серикова Юлия Игоревна***

студентка,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: julia-ska@yandex.ru

***Serikova Yulia Igorevna***

student,  
Penza State University

***Баных Андрей Григорьевич***

аспирант,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: ibst@pnzgu.ru

***Banyh Andrey Grigoryevich***

postgraduate student,  
Penza State University

---

УДК 519.24; 53; 57.017

**Иванов, А. И.**

**Корректировка методической погрешности вычисления статистических моментов четвертого порядка для малых выборок биометрических данных / А. И. Иванов, Ю. И. Серикова, А. Г. Баных // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 108–114.**

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ  
МОДЕЛЕЙ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ТИПА СТЯЖКИ  
ПРИ СБОРКЕ С АНАЭРОБНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

*Д. В. Кочетков, И. И. Воячек, А. Е. Зверовщиков*

**DEVELOPMENT AND RESEARCH OF FUNCTIONAL MODELS  
THREADED CONNECTIONS TYPE GATHERING  
IN ASSEMBLY ANAEROBIC MATERIALS**

*D. V. Kochetkov, I. I. Voyachek, A. E. Zverovschikov*

**Аннотация.** Актуальность и цели. В существующей модели резьбовых соединений типа стяжки, которые широко распространены в машиностроении, не учитываются силы трения, возникающие в зоне контакта витков, а также наличие прослоек из полимеров, формирующихся при сборке соединений с анаэробными материалами, которые повышают эксплуатационные характеристики резьбовых соединений. Цель работы – разработка и исследование функциональных моделей резьбовых соединений типа стяжки с учетом сил трения в резьбе и прослойки полимеризованного анаэробного материала между нерабочими поверхностями витков. **Материалы и методы.** Теоретические исследования и моделирование методом конечных элементов базируются на известных положениях и теориях, определяющих напряженно-деформированное состояние деталей резьбовых соединений при действии эксплуатационной нагрузки, контактное взаимодействие поверхностей, свойства анаэробных материалов. **Результаты.** Разработаны и исследованы функциональные модели резьбовых соединений типа стяжки, в которых учтены силы трения в резьбе и наличие прослойки полимеризованного анаэробного материала между нерабочими поверхностями витков. Повышение сил трения приводит к некоторому перераспределению нагрузки по виткам резьбы. При исследовании методом конечных элементов получено более равномерное распределение нагрузки по виткам, чем в теоретических моделях. Существенную часть нагрузки воспринимает полимеризованный анаэробный материал, работающий как упругая прослойка, связывающая нерабочие поверхности витков резьбы. Увеличение длины свинчивания (более шести витков) не приводит к существенному повышению несущей способности соединения. **Выводы.** Применение анаэробных материалов при сборке резьбовых соединений типа стяжки позволяет повысить их прочностные характеристики. Кроме того, в данном резьбовом соединении внешняя нагрузка распределяется по виткам практически равномерно, что важно для обеспечения как статической, так и динамической прочности соединения.

**Ключевые слова:** резьбовое соединение, стяжка, функциональные модели, анаэробный материал, распределение нагрузки по виткам, прочность, метод конечных элементов.

**Abstract. Background.** The threaded connections existing model type covering, which are widely distributed in machine are not considered frictional forces arising in the contact zone of coils, and the presence of the polymer layers, formed during the assembly of materials with anaerobic compounds that enhance the performance of threaded connections. Objective – research and development of functional models of threaded connections such as ties, taking into account the forces of friction in the thread and anaerobic layer of polymerized material between non-working surfaces of the turns. **Materials and methods.** Theoretical studies and simulations using finite element method based on the known positions and theories that define the stress-strain state components of threaded connections during operational load

action, contacting surfaces, the properties of anaerobic materials. *Results.* Developed and investigated functional models of threaded connections such as ties, which take into account the force of friction in the thread and the presence of anaerobic layer of polymerized material between non-working surfaces of the turns. Increased friction forces lead to some redistribution of load on the threads. In the study of the finite element method produced a more uniform load distribution on coils than in theoretical models. A significant portion of the load takes polymerized anaerobic material which acts as an elastic layer that connects the outside surface of the threads. Increasing the length of screwing (6 turns over) does not significantly improve the ability of the carrier compound. *Conclusions.* The use of materials with anaerobic thread compounds assembly type coupler enhances their strength characteristics. Furthermore, in this threaded connection external load is distributed substantially uniformly on coils, which is important for providing both static and dynamic joint strength.

**Key words:** fitting, screed, functional models, anaerobic material, wrap load distribution, strength, finite element method.

### Введение

Резьбовые соединения (РС) в большинстве случаев являются ответственными узлами изделий, определяющими надежность всей конструкции, и должны соответствовать таким эксплуатационным требованиям, как прочность (статическая и динамическая), жесткость, герметичность, фреттингостойкость, коррозионная стойкость, сопротивление самоотвинчиванию. Прочность РС, особенно при действии циклических нагрузок, существенно зависит от характера распределения нагрузки по виткам резьбы в зоне силового взаимодействия охватываемой и охватывающей деталей.

В работах [1–4] установлено, что нагрузка в традиционных РС типа болт-гайка существенно возрастает к первым со стороны приложения нагрузки виткам по закону гиперболического косинуса. На первый виток приходится до 30 % и более от приложенной нагрузки, что приводит к концентрации напряжений, снижает статическую и циклическую прочность РС.

В машиностроении широко распространены РС типа стяжки (рис. 1,а), для проектирования и оценки прочности которых также необходимо знать распределение нагрузки по виткам резьбы с учетом особенностей напряженно-деформированного состояния деталей данных соединений при эксплуатации.

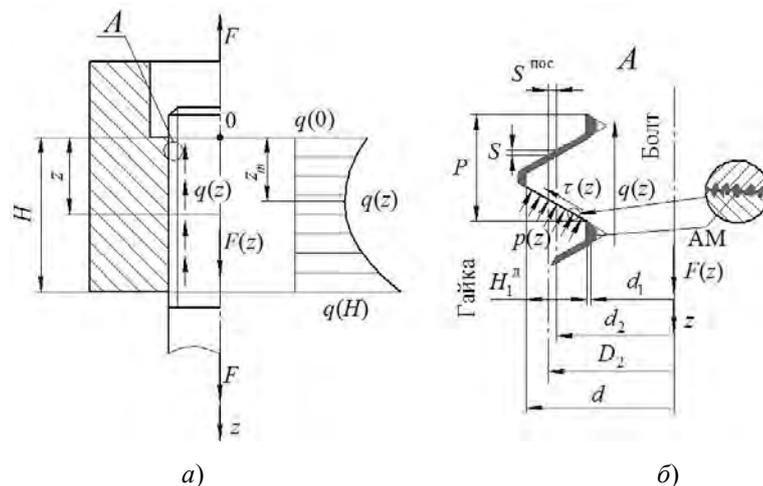


Рис. 1. Схема нагружения резьбового соединения типа стяжки:  
а – общая схема нагружения; б – схема нагружения витков резьбы на шаге  $P$

В работе [1] теоретически определено, что в РС типа стяжки сохраняется определенная неравномерность распределения нагрузки по длине соединения. Причем для обеспечения большей равномерности распределения нагрузки следует стремиться к равенству площадей поперечного сечения охватываемой и охватывающей деталей. Однако в применяемой модели соединения не учтены силы трения, возникающие в зоне контакта витков, и не рассматривается способ сборки РС с применением анаэробных материалов (АМ), которые полимеризуются в зоне контакта деталей при отсутствии кислорода воздуха. В ряде исследований доказано, что АМ обеспечивают герметичность, коррозионную стойкость и стопорение РС, что подтверждается проспектами фирм, производящих АМ. В то же время исследования авторов [3–5] выявили, что при сборке с АМ также повышаются прочностные характеристики и жесткость, т.е. достигается комплексное обеспечение эксплуатационных характеристик резьбовых и других неподвижных соединений. Однако исследований в данном направлении выполнено недостаточно.

### ***1. Разработка функциональных моделей резьбовых соединений типа стяжки при сборке с анаэробными материалами***

В настоящей работе исследовано влияние анаэробных материалов на напряженно-деформированное состояние и эксплуатационные характеристики резьбовых соединений типа стяжки. При разработке функциональных моделей применялись методики и допущения, изложенные в [1, 3], рассматривалась та же схема нагружения РС типа стяжки, как и в [1], показанная на рис. 1.

Разработана функциональная модель РС типа стяжки, в которой дополнительно к известной модели [1] учтены силы трения, возникающие при контакте витков, и наличие прослойки полимеризованного АМ между нерабочими поверхностями витков. При этом рассматривались два варианта применения АМ (две модели РС типа стяжки):

1) АМ наносится на сопрягаемые поверхности витков резьбы, и его объема недостаточно для заполнения всех зазоров между винтовыми поверхностями деталей;

2) АМ заполняет все зазоры (пространство) между винтовыми поверхностями в РС (рис. 1,б).

Интенсивность распределенной осевой нагрузки по высоте резьбового соединения типа стяжки с учетом сил трения при первом варианте (АМ заполняет пустоты только зоны контакта рабочих поверхностей витков и увеличивает силу трения, см. рис. 1,б) равна

$$q_z = \frac{F m_{\text{тр}}}{\beta \operatorname{sh} m_{\text{тр}} H} \left( \frac{\operatorname{ch} m_{\text{тр}} z}{A_1 E_1} + \frac{\operatorname{ch} m_{\text{тр}} (H - z)}{A_2 E_2} \right). \quad (1)$$

Таким образом, отличие от решения, полученного И. А. Биргером [1], заключается в значении параметра  $m_{\text{тр}}$ , который при наличии трения увеличивается и равен

$$m_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{\beta}{\gamma_{\text{тр}}}}, \quad (2)$$

где

$$\beta = \frac{1}{A_1 E_1} + \frac{1}{A_2 E_2}; \quad \gamma_{\text{тр}} = \frac{P^2}{s_B} \frac{1 + f \operatorname{tg} \alpha/2}{1 + f \operatorname{tg} \alpha/2} \left( \frac{\Lambda_1^{\text{тр}}}{E_1} + \frac{\Lambda_2^{\text{тр}}}{E_2} \right);$$

$$\Lambda_1^{\text{тр}} = \left[ 1 + f \sin \alpha/2 + \frac{d_1 H_1^{\text{н}}}{2P^2} \frac{1 - \mu_1}{\operatorname{tg} \alpha/2} \operatorname{tg} \alpha/2 - f \right];$$

$$\Lambda_2^{\text{тр}} = \left[ 1 + f \sin \alpha/2 + \frac{D H_1^{\text{н}}}{2P^2} \left( \mu_2 + \frac{D_0^2 + D^2}{D_0^2 - D^2} \right) \operatorname{tg} \alpha/2 \operatorname{tg} \alpha/2 - f \right];$$

$A_1 = \pi d_1^2/4$ ,  $A_2 = \pi (D_0^2 - D^2)/4$  – площади поперечных сечений соответственно болта и гайки;  $E_1$ ,  $E_2$  и  $\mu_1$ ,  $\mu_2$  – модули упругости и коэффициенты Пуассона материалов болта и гайки;  $d_1$  – предельное значение внутреннего диаметра резьбы болта;  $D$  – предельное значение наружного диаметра резьбы гайки;  $D_0$  – размер гайки под ключ;  $\alpha$  – угол профиля резьбы;  $P$  – шаг резьбы;  $f$  – коэффициент трения в зоне контакта витков;  $s_B = \pi d_2 H_1^{\text{н}}$  – проекция площади контакта витков на одном шаге резьбы на плоскость, перпендикулярную оси  $z$ ;  $d_2$  – предельное значение среднего диаметра резьбы болта;

$H_1^{\text{н}}$  – действительная рабочая высота профиля резьбы.

При нахождении решения (1) использовались следующие соотношения [1–3] для определения деформаций внутренней детали (болта)  $\Delta_1 z$  и наружной детали (гайки)  $\Delta_2 z$ :

$$\Delta_1 z = \frac{1}{A_1 E_1} \int_0^z F z dz, \quad (3)$$

$$\Delta_2 z = \frac{1}{A_2 E_2} \int_0^z [F - F z] dz, \quad (4)$$

где  $F z$  – сила, растягивающая внутреннюю деталь (болт) в сечении  $z$ .

Также использовались граничные условия ( $q'$  – первая производная):

при  $z=0$   $F(0) = 0$ ,  $\Delta_1 z = 0$ :

$$q'(0) = -\frac{1}{\gamma_{\text{тр}}} \frac{F}{A_2 E_2};$$

при  $z=H$   $F(H) = F$ ,  $\Delta_2 z = 0$ :

$$q'(H) = \frac{1}{\gamma_{\text{тр}}} \frac{F}{A_1 E_1}. \quad (5)$$

Из равенства (1) можно найти

$$q_0 = \frac{F m_{\text{тр}}}{\text{sh } m_{\text{тр}} H} \frac{A_2 E_2 + A_1 E_1 \text{ch } m_{\text{тр}} H}{A_1 E_1 + A_2 E_2},$$

$$q_H = \frac{F m_{\text{тр}}}{\text{sh } m_{\text{тр}} H} \frac{A_1 E_1 + A_2 E_2 \text{ch } m_{\text{тр}} H}{A_1 E_1 + A_2 E_2}, \quad (6)$$

откуда

$$q_0 - q_H = \frac{F m_{\text{тр}}}{\text{sh } m_{\text{тр}} H} \frac{A_1 E_1 - A_2 E_2}{A_1 E_1 + A_2 E_2} \text{ch } m_{\text{тр}} H - 1. \quad (7)$$

Так как  $\text{ch } m_{\text{тр}} H > 1$ , то из равенства (7) следует, что в РС типа стяжки максимальное значение  $q_z$  соответствует наиболее нагруженному сечению той детали, жесткость которой меньше. Таким образом, в зависимости от соотношения жесткостей деталей соединения наибольшая нагрузка может быть в сечении  $z = 0$  или в сечении  $z = H$ .

Интенсивность распределенной осевой нагрузки по высоте резьбового соединения типа стяжки при втором варианте (АМ заполняет все зазоры между резьбовыми поверхностями болта и гайки, см. рис. 1,б) равна

$$\Sigma q_z = \frac{F m_{\Sigma}}{\beta \text{sh } m_{\Sigma} H} \left( \frac{\text{ch } m_{\Sigma} z}{A_1 E_1} + \frac{\text{ch } m_{\Sigma} (H - z)}{A_2 E_2} \right), \quad (8)$$

где

$$m_{\Sigma} = \sqrt{\frac{\beta}{\gamma_{\Sigma}}}; \quad \gamma_{\Sigma} = \left( \frac{\Lambda_1^{\text{тр}}}{E_1} + \frac{\Lambda_2^{\text{тр}}}{E_2} \right) \frac{P}{k_{\Sigma}};$$

$k_{\Sigma} = \frac{s_B (1 + f \text{tg } \alpha/2)}{P} + \frac{s_{\text{АМ}} E_{\text{АМ}}}{S} \left( \frac{\Lambda_1^{\text{тр}}}{E_1} + \frac{\Lambda_2^{\text{тр}}}{E_2} \right)$  – параметр, характеризующий совместное сопротивление витков резьбы и слоя АМ действию нагрузки  $F$ ;  $s_{\text{АМ}}$  – проекция площади слоя АМ на одном шаге резьбы на плоскость, перпендикулярную оси  $z$ , определяемая по формуле  $s_{\text{АМ}} = 0,65 \pi d_2 P$ ;  $E_{\text{АМ}}$  – модуль упругости АМ;  $S$  – зазор между витками резьбы (см. рис. 1,б), который связан с посадочным зазором зависимостью  $S = S^{\text{noc}} \text{tg } \alpha/2$ .

Необходимо отметить, что напряжения в слое АМ могут быть сжимающими, растягивающими, сдвигающими, т.е. иметь сложную эпюру напряжений по объему АМ, зависящую от схемы нагружения РС, геометрических и физико-механических свойств деталей и т.д. Однако можно с некоторым приближением считать, что эти напряжения пропорциональны модулю упругости АМ ( $E_{\text{АМ}}$ ).

Соотношение интенсивностей распределенных нагрузок, воспринимаемых слоем АМ  $q_{\text{АМ}} z$  и витками резьбы  $q_B z$ , в суммарном значении  $\Sigma q_z$  равно

$$\frac{q_{AM} z}{q_B z} = \frac{s_{AM} P E_{AM}}{s_B S 1 + f \operatorname{tg} \alpha / 2} \left( \frac{\Lambda_1^{TP}}{E_1} + \frac{\Lambda_2^{TP}}{E_2} \right) = \phi. \quad (9)$$

С учетом

$$\Sigma q z = q_B z + q_{AM} z$$

можно найти

$$q_B z = \frac{\Sigma q z}{1 + \phi} \text{ и } q_{AM} z = \Sigma q z \frac{\phi}{1 + \phi},$$

откуда

$$F_{B,i} = \frac{F_i}{1 + \phi} \text{ и } F_{AM,i} = F_i \frac{\phi}{1 + \phi}. \quad (10)$$

## 2. Исследование распределения нагрузки по виткам резьбового соединения типа стяжки

В табл. 1 приведены данные по распределению нагрузки  $F$  по виткам резьбы в соединении типа стяжки, определенные по формуле (1). При этом чтобы определить нагрузку, приходящуюся на отдельные витки, зависимость (1) интегрировалась в соответствующих пределах (на шаге  $P$ ):

$$F_i = \int_z^{z+P} \frac{F m_{тр}}{\beta \operatorname{sh} m_{тр} H} \left( \frac{\operatorname{ch} m_{тр} z}{A_1 E_1} + \frac{\operatorname{ch} m_{тр} (H - z)}{A_2 E_2} \right) dz, \quad (11)$$

$$F_i = \frac{F \operatorname{sh} m_{тр} z + P - \operatorname{sh} m_{тр} z}{A_1 E_1 \beta \operatorname{sh} m_{тр} H} + \frac{F \operatorname{sh} m_{тр} z + P - m_{тр} H - \operatorname{sh} m_{тр} z - m_{тр} H}{A_2 E_2 \beta \operatorname{sh} m_{тр} H}. \quad (12)$$

Таблица 1

Распределение нагрузки по виткам резьбы в соединении типа стяжки при изменении силы трения (коэффициента трения)

Значение коэффициента трения	Доля нагрузки, приходящаяся на витки РС, $F_i/F$ , %					
	1-й виток	2-й виток	3-й виток	4-й виток	5-й виток	6-й виток
1	2	3	4	5	6	7
Максимальный зазор $S_{\max}^{\text{пос}} = 0,306 \text{ мм}$						
$f = 0$	22,74	18,35	15,58	14,18	14,03	15,12
$f = 0,1$	23,24	18,46	15,46	13,97	13,83	15,04
$f = 0,2$	23,77	18,56	15,34	13,75	13,62	14,96
$f = 0,3$	24,32	18,66	15,20	13,51	13,42	14,89
$f = 0,4$	24,90	18,77	15,05	13,27	13,19	14,82

1	2	3	4	5	6	7
Средний зазор $S_{\text{ср}}^{\text{noc}} = 0,167$ мм						
$f = 0$	23,54	18,52	15,39	13,85	13,71	14,99
$f = 0,1$	24,17	18,64	15,24	13,58	13,47	14,90
$f = 0,2$	24,85	18,76	15,06	13,29	13,21	14,83
$f = 0,3$	25,59	18,88	14,87	12,98	12,94	14,74
$f = 0,4$	26,38	18,99	14,64	12,64	12,66	14,69

П р и м е ч а н и е. Суммарная нагрузка на витки РС составляет 100 %.

Расчет проводился при следующих исходных данных: резьбовое соединение типа стяжки  $M10 - 6H/6g$ ;  $d = D = 10$  мм;  $d_1 = D_1 = 8,647$  мм;  $d_2 = D_2 = 9,188$  мм;  $D_0 = 17$  мм;  $P = 1,25$  мм;  $\alpha = 60^\circ$ ; материал болта – сталь 45X ( $E_1 = 2,06 \cdot 10^5$  МПа,  $\mu_1 = 0,32$ ) и гайки – сталь 35X ( $E_2 = 2,14 \cdot 10^5$  МПа,  $\mu_2 = 0,29$ ). К резьбовому соединению также прикладывалась внешняя нагрузка  $F = 10$  кН.

Анализ полученных результатов (см. табл. 1) показывает, что неравномерность распределения нагрузки по виткам резьбы в соединении типа стяжки существенно меньше, чем в обычном резьбовом соединении болта и гайки. На первый виток при исследуемых значениях коэффициента трения для РС типа стяжки приходится 22,7–26,4 % внешней нагрузки, тогда как в обычном резьбовом соединении болт-гайка – 27,4–33,5 %. Увеличение силы трения между витками приводит к увеличению неравномерности распределения нагрузки по виткам. В частности, нагрузка на первый виток увеличилась на 8–11,5 %.

В табл. 2 приведены данные по распределению нагрузки  $F$  по виткам резьбы в соединении типа стяжки  $M10 - 6H/6g$ , определенные по формуле (12), где вместо  $m_{\text{тр}}$  подставлялось значение  $m_{\Sigma}$  из зависимости (8). При этом нагрузка распределялась между витками резьбы и слоями АМ с учетом соотношений (10). Применяемый АМ – АМ марки НМ162 ( $E_{\text{АМ}} = 2,62 \cdot 10^3$  МПа, сдвиговая прочность  $\tau_{\text{сд}}^{\text{АМ}} = 35$  МПа). Остальные исходные данные те же, что и в предыдущем случае.

Анализ полученных данных (см. табл. 1 и 2) показывает, что при полном заполнении АМ зазоров в зоне резьбового контакта нагрузка, приходящая непосредственно на витки резьбового соединения типа стяжки при  $f = 0,2 \dots 0,4$ , уменьшается в среднем на 36,01 – 41,25 % при  $S_{\text{ср}}^{\text{noc}}$  и на 27,44 – 31,27 % при  $S_{\text{max}}^{\text{noc}}$ . Нагрузка на первый виток в РС при заполнении АМ зазоров в РС уменьшается на 27,14 – 31,83 % при  $S_{\text{ср}}^{\text{noc}}$  и на 20,80 – 24,27 % при  $S_{\text{max}}^{\text{noc}}$ .

Таблица 2

Распределение нагрузки в резьбовом соединении типа стяжки  
при заполнении АМ пустот в РС

Значение коэффициента трения	Доля нагрузки, приходящаяся на витки РС, $F_{В,i}/F$ , % (числитель) и слои АМ $F_{АМ,i}/F$ , % (знаменатель)						Суммарная нагрузка, воспринимаемая витками (числитель) и слоями АМ (знаменатель), %
	1-й виток	2-й виток	3-й виток	4-й виток	5-й виток	6-й виток	
Максимальный зазор $S_{\max}^{\text{пос}} = 0,306$ мм							
$f = 0,2$	$\frac{18,00}{8,19}$	$\frac{13,03}{5,93}$	$\frac{10,10}{4,59}$	$\frac{8,74}{3,98}$	$\frac{8,74}{3,98}$	$\frac{10,12}{4,60}$	$\frac{68,73}{31,27}$
$f = 0,3$	$\frac{18,85}{7,82}$	$\frac{13,45}{5,58}$	$\frac{10,29}{4,27}$	$\frac{8,84}{3,67}$	$\frac{8,87}{3,68}$	$\frac{10,37}{4,31}$	$\frac{70,67}{29,33}$
$f = 0,4$	$\frac{19,72}{7,46}$	$\frac{13,85}{5,24}$	$\frac{10,46}{3,96}$	$\frac{8,92}{3,37}$	$\frac{8,98}{3,39}$	$\frac{10,63}{4,02}$	$\frac{72,56}{27,44}$
Средний зазор $S_{\text{ср}}^{\text{пос}} = 0,167$ мм							
$f = 0,2$	$\frac{16,94}{11,89}$	$\frac{11,31}{7,94}$	$\frac{8,16}{5,73}$	$\frac{6,80}{4,78}$	$\frac{6,95}{4,88}$	$\frac{8,59}{6,03}$	$\frac{58,75}{41,25}$
$f = 0,3$	$\frac{18,05}{11,36}$	$\frac{11,85}{7,45}$	$\frac{8,42}{5,30}$	$\frac{6,96}{4,38}$	$\frac{7,13}{4,49}$	$\frac{8,97}{5,64}$	$\frac{61,38}{38,62}$
$f = 0,4$	$\frac{19,22}{10,82}$	$\frac{12,37}{6,96}$	$\frac{8,64}{4,86}$	$\frac{7,08}{3,98}$	$\frac{7,31}{4,12}$	$\frac{9,37}{5,27}$	$\frac{63,99}{36,01}$

**3. Исследование методом конечных элементов  
напряженно-деформированного состояния резьбовых соединений типа  
стяжки, собранных с применением анаэробных материалов**

Исследование резьбовых соединений типа стяжки проводилось также методом конечных элементов (МКЭ). При этом моделировались оба варианта – нанесение АМ только на рабочие поверхности витков резьбы (изменение коэффициента трения) и полное заполнение АМ пустот (зазоров) в зоне резьбового контакта деталей.

Особенностью решаемой задачи является то, что в контакте находятся несколько деформируемых тел (болт, гайка) и прослойка анаэробного материала. При заполнении АМ зазоров на длине свинчивания резьбовых деталей при моделировании задавалось условие связи АМ с поверхностями болта и гайки.

На наш взгляд, допущения, сделанные при выводе теоретических зависимостей в [1] и в первой части настоящей статьи, не вполне отражают реальное напряженно-деформированное состояние соединяемых деталей при нагружении РС типа стяжки. В частности, в граничных условиях (5) предполагается, что деформации и перемещения охватываемой детали (болта) в сечении  $z = 0$  и охватывающей детали (гайки) в сечении  $z = H$  равны нулю, что позволяет получить сравнительно простое решение. Однако в действи-

тельности охватываемая и охватывающая детали, связанные через контактирующие витки, воздействуют друг на друга при растяжении, что, как будет показано ниже, приводит к дополнительному выравниванию нагрузки по виткам резьбового соединения типа стяжки.

В настоящей работе представлены результаты исследования методом конечных элементов (МКЭ) распределения нагрузки по виткам резьбы в соединении типа стяжки с учетом сил трения, возникающих при контакте витков, и на основе реальной схемы деформирования деталей при приложении осевой эксплуатационной нагрузки. Из условия равновесия предполагается, что схема нагружения симметрична, срединное сечение соединения (А–А) неподвижно и можно при моделировании рассмотреть половину РС типа стяжки (рис. 2,а,б).

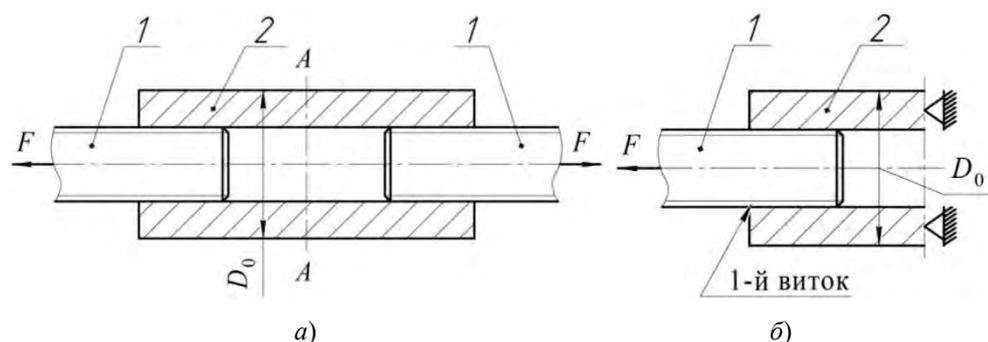


Рис. 2. Схема нагружения резьбового соединения типа стяжки при моделировании методом конечных элементов:  
 а – реальная схема нагружения РС типа стяжки; б – расчетная схема нагружения РС типа стяжки; 1 – охватываемая деталь; 2 – охватывающая деталь

Различные условия трения при контактировании витков резьбы моделировались изменением коэффициента трения  $f$ . На рис. 3 представлена твердотельная модель РС типа стяжки.

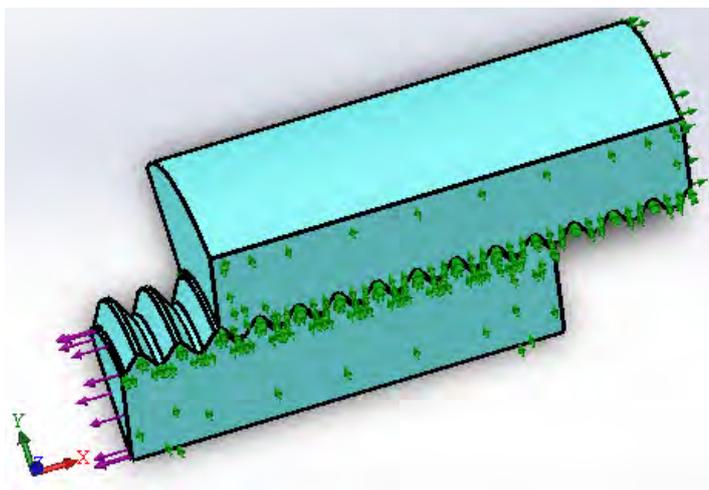


Рис. 3. Твердотельная модель резьбового соединения типа стяжки

Применение численных методов позволяет учесть сложное объемное совместное деформирование сопрягаемых деталей, неравномерное контактное давление, различные условия контактного взаимодействия сопрягаемых деталей, скольжение деталей по поверхностям витков.

В табл. 3 приведены данные по распределению нагрузки  $F$  по виткам резьбы в резьбовом соединении типа стяжки, полученные МКЭ при тех же исходных данных, которые приведены выше.

Таблица 3

Распределение нагрузки по виткам резьбового соединения типа стяжки при изменении силы трения (коэффициента трения) и заполнении АМ пустот, определенное МКЭ

Значение коэффициента трения	Доля нагрузки, приходящаяся на витки РС, $F_i/F$ , %								Суммарная нагрузка на витки РС, %
	1-й виток	2-й виток	3-й виток	4-й виток	5-й виток	6-й виток	7-й виток	8-й виток	
Сборка РС типа стяжки без АМ (средний зазор $S_{\text{ср}}^{\text{пoc}} = 0,167$ мм )									
$f = 0$	15,40	13,50	12,24	11,61	11,48	11,79	12,32	11,66	100
$f = 0,1$	15,11	13,37	12,17	11,59	11,53	11,93	12,51	11,79	
$f = 0,2$	14,87	13,30		11,65	11,64	12,01	12,58	11,79	
$f = 0,3$	14,72	13,30	12,23	11,78	11,75	12,06	12,52	11,64	
$f = 0,4$	14,63	13,35	12,35	11,90	11,82	12,06	12,40	11,49	
$f = 0$	17,00	16,24	16,15	16,76	17,53	16,32	–	–	
$f = 0,1$	16,61	16,09	16,13	16,89	17,77	16,51	–	–	
$f = 0,2$	16,32	16,01	16,18	17,03	17,89	16,57	–	–	
$f = 0,3$	16,19	16,08	16,33	17,11	17,90	16,39	–	–	
$f = 0,4$	16,12	16,20	16,47	17,15	17,85	16,21	–	–	
Сборка РС типа стяжки с АМ (заполнение пустот) (средний зазор $S_{\text{ср}}^{\text{пoc}} = 0,167$ мм )									
$f = 0,4$	7,88	6,39	6,38	6,24	6,24	6,39	6,66	8,5	54,68

Рассматривалось два варианта длины свинчивания охватываемой и охватывающей деталей, соответствующей восьми и шести контактирующим виткам (с одной стороны).

Анализ данных табл. 3 показывает, что в РС типа стяжки распределение нагрузки по виткам резьбы значительно более выравненное, чем в традиционном РС типа болт-гайка. Кроме того, распределение нагрузки, полученное при исследовании МКЭ, значительно более равномерное, чем при теоретическом исследовании. Это объясняется тем, что при теоретическом моделировании не учитывалось взаимовлияние охватываемой и охватывающей деталей на напряженно-деформированное состояние друг друга, проявляемое через контакт витков. При этом граничные условия неподвижности свободных торцевых поверхностей деталей, которые накладывались при теоретическом моделировании, не соответствуют реальной схеме деформирования (см. рис. 2).

Повышение сил трения между витками в РС типа стяжки приводит к некоторому перераспределению нагрузки по виткам РС, например, нагрузка на первый виток РС ( $f = 0 \dots 0,4$ ) уменьшается на 5–5,2 %, а на последние витки увеличивается (см. табл. 3).

Увеличение длины свинчивания (количества контактирующих витков) не приводит к существенному повышению несущей способности соединения. Более того, неравномерность распределения нагрузки по виткам с увеличением длины свинчивания возрастает. При увеличении длины свинчивания на 33 % (шесть и восемь витков) нагрузка на первый, наиболее нагруженный виток, уменьшается менее чем на 10 %. Рекомендуется ограничиться длиной свинчивания, соответствующей шести виткам, что позволит уменьшить ресурсоемкость РС типа стяжки (см. табл. 3).

При заполнении АМ пустот зоны резьбового контакта деталей (рис. 4) слои АМ после полимеризации воспринимают часть внешней нагрузки, разгружая витки РС.

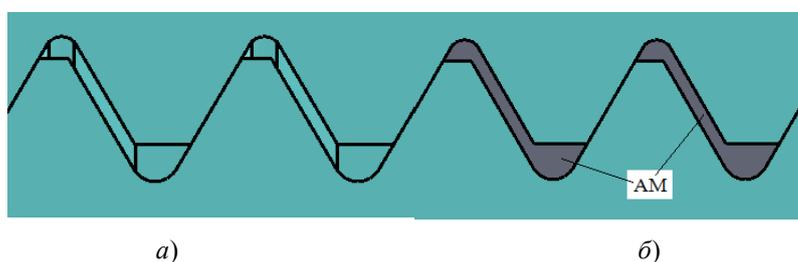


Рис. 4. Варианты сборки резьбовых соединений типа стяжки:  
а – сборка РС без АМ; б – сборка РС с АМ

Анализ данных табл. 3 показывает, что при сборке РС с АМ суммарная нагрузка, приходящаяся на витки РС, уменьшается на 45,32 %, т.е. часть нагрузки воспринимает АМ, находящийся в пустотах зоны контакта и работающий как упругая прослойка, связывающая нерабочие поверхности витков резьбы. Также выявлено, что нагрузка на наиболее нагруженный первый виток РС (см. рис. 2,б), собранного с применением АМ, уменьшилась примерно в 2 раза по сравнению с РС, собранными без АМ, а на последний виток РС с АМ уменьшилась в 1,3 раза.

### *Заключение*

Разработаны и исследованы функциональные модели резьбовых соединений типа стяжки, в которых в отличие от существующих моделей учтены силы трения, возникающие при контакте витков, и наличие прослойки полимеризованного анаэробного материала между нерабочими поверхностями витков. Установлено, что повышение сил трения приводит к некоторому перераспределению нагрузки по виткам резьбы.

Распределение нагрузки по виткам, полученное при исследовании методом конечных элементов, значительно более равномерное, чем при теоретическом исследовании. Это объясняется тем, что при теоретическом моделировании не учитывалось взаимовлияние охватываемой и охватывающей деталей на напряженно-деформированное состояние друг друга, проявляемое через контакт витков.

Установлено, что при сборке резьбовых соединений с анаэробными материалами суммарная нагрузка, приходящаяся на витки резьбы, существенно уменьшается (на 27–45 %), так как часть нагрузки воспринимает полимеризованный анаэробный материал, находящийся в пустотах зоны контакта и работающий как упругая прослойка, связывающая нерабочие поверхности витков резьбы. Нагрузка на наиболее нагруженный виток уменьшается при сборке с анаэробными материалами в 1,5–2 раза. Увеличение длины свинчивания (шесть и восемь контактирующих витков) не приводит к существенному повышению несущей способности соединения.

Таким образом, применение анаэробных материалов при сборке резьбовых соединений типа стяжки так же, как и при сборке соединений типа болт-гайка, приводит к уменьшению доли нагрузки, приходящейся непосредственно на витки резьбы, что позволяет повысить прочностные характеристики резьбовых соединений. Кроме того, в резьбовом соединении типа стяжки, в котором охватываемая и охватывающая детали испытывают деформации растяжения, внешняя нагрузка распределяется по виткам соединения практически равномерно, что важно для обеспечения как статической, так динамической прочности соединения.

### *Список литературы*

1. Биргер, И. А. Резьбовые и фланцевые соединения / И. А. Биргер, Г. Б. Иосилевич. – М. : Машиностроение, 1990. – 368 с.
2. Березин, С. Я. Упругие модели в решении задачи Н. Е. Жуковского / С. Я. Березин, В. Н. Леонов // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2007. – № 4. – С. 23–27.
3. Воячек, И. И. Влияние анаэробных материалов на распределение нагрузки в резьбовом соединении / И. И. Воячек, Д. В. Кочетков // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2010. – № 6. – С. 34–39.
4. Воячек, И. И. Повышение функциональных характеристик резьбовых соединений при сборке с анаэробными материалами / И. И. Воячек, Д. В. Кочетков // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – № 6. – С. 37–40.
5. Воячек, И. И. Избирательное упрочнение соединений с натягом при сборке с анаэробными материалами / И. И. Воячек, Д. В. Кочетков, С. Г. Митясов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2015. – № 2 (34). – С. 192–204.

---

#### ***Кочетков Денис Викторович***

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра теоретической и прикладной  
механики и графики,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: denis.kochetkov80@yandex.ru

#### ***Kochetkov Denis Viktorovich***

candidate of technical sciences,  
associate professor,  
sub-department of theoretical  
and applied mechanics and graphics,  
Penza State University

#### ***Воячек Игорь Иванович***

доктор технических наук, профессор,  
кафедра технологии машиностроения,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: voyachek@list.ru

#### ***Voyachek Igor Ivanovich***

doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of mechanical engineering,  
Penza State University

*Зверовщиков Александр Евгеньевич*  
доктор технических наук, профессор,  
заведующий кафедрой технологии  
машиностроения,  
Пензенский государственный  
университет  
E-mail: azwer@mail.ru

*Zverovschikov Alexander Evgenyevich*  
doctor of technical sciences, professor,  
head of sub-department  
of mechanical engineering,  
Penza State University

---

УДК 621.01: 621.81: 621.88

**Кочетков, Д. В.**

**Разработка и исследование функциональных моделей резьбовых соединений типа стяжки при сборке с анаэробными материалами / Д. В. Кочетков, И. И. Воячек, А. Е. Зверовщиков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 115–127.**

**СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ БЛОКА АССОЦИАТИВНОГО  
СОПРОЦЕССОРА НА БАЗЕ ПРОГРАММИРУЕМОЙ  
ЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЛЬНОЙ СХЕМЫ  
ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ<sup>1</sup>**

*А. И. Мартышкин*

**THE STRUCTURAL ORGANIZATION OF THE MODULE  
OF THE ASSOCIATIVE COPROCESSOR  
BASED ON PROGRAMMABLE LOGIC INTEGRATED CIRCUIT  
FOR SPECIALIZED COMPUTING SYSTEMS**

*A. I. Martyshkin*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Основная область применения электронных вычислительных машин (ЭВМ) и создаваемых на их основе вычислительных систем (ВС) и комплексов сегодня – работа с крупными объемами данных, при которой наиболее трудоемкими являются операции поиска и сортировки. Существующие ВС используют адресную архитектуру памяти, т.е. для того чтобы осуществить поиск данных в памяти, необходимо произвести чтение по конкретному адресу модуля памяти и сравнить его с аргументом поиска. В конечном итоге на поиск нужной информации в памяти уходят сотни, а то и тысячи машинных тактов. Это обстоятельство крайне негативно сказывается на быстродействии ВС в целом. Намного быстрее получить доступ к данным по ассоциации. В работе показан способ реализации блока ассоциативного сопроцессора для специализированных ВС. Целью данной работы является разработка и исследование структуры блока ассоциативного сопроцессора на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) для специализированных вычислительных систем, выполняющего ассоциативные функции, а также функции хранения данных. Объектом разработки и исследования является ассоциативный сопроцессор на базе ПЛИС. *Материалы и методы.* Для достижения поставленных в работе целей применена САПР Web pack ISE фирмы Xilinx с возможностью создания и моделирования работы блока, что облегчает синтез проектов, ориентированных на использование современной элементной базы – ПЛИС. *Результаты.* Синтезированы и проверены VHDL-коды блока ассоциативного сопроцессора и его составных частей. Работоспособность блока сопроцессора проверена тестированием в используемой САПР Web pack ISE фирмы Xilinx, получены временные диаграммы, подтверждающие корректность представляемых результатов. *Выводы.* Результатами исследования являются полученные кроссплатформенные (для реализации на различных типах ПЛИС) VHDL-коды блока сопроцессора, из которых синтезирована битовая последовательность для конфигурирования ПЛИС.

**Ключевые слова:** ассоциативная память, блок аппаратного сопроцессора, вычислительная система, ячейка памяти, память фиксации реакций, адресация памяти, шинный интерфейс, цикл записи, цикл чтения.

**Abstract.** *Background.* The main applications of computers and created on the basis of their computational systems (CS) and complexes is the work with large amounts of data, which are the most time-consuming operations of searching and sorting. Existing CS used memory address architecture, ie, to realize the retrieval of data in the memory necessary to

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-00012).

make reading at a particular address the memory module and compare it with the search argument. Ultimately, finding the desired information in memory takes hundreds, or even thousands of machine clock cycles. This situation is extremely negative impact on the aircraft speed in general. It is much faster to access data on the association. The paper shows a method for implementing associative coprocessor block for specialized computer systems. The purpose of this work is the development and research of associative coprocessor block structure on programmable logic integrated circuit (FPGA) for specialized computer systems, performing associative function and data storage functions. The object of research and development of the article is an associative coprocessor based on FPGA. *Materials and methods.* For achievement the objectives applied CAD Web pack ISE from Xilinx with the ability to create and simulate the operation of the unit, which facilitates the synthesis of projects focused on the use of modern electronic components – FPGAs. *Results.* Synthesized and tested VHDL-code of association coprocessor block and its components. The efficiency of coprocessor unit checked by testing in the CAD Web pack ISE the Xilinx Company, obtained the timing charts, confirming the correctness of the reported results. *Conclusions.* The results of the research are received crossplatform (for implementation in various types of FPGA) VHDL-code coprocessor unit, which is synthesized from the bit sequence to configure the FPGA.

**Key words:** associative memory, coprocessor module, computer system, memory cell, memory responses fixation, memory addressing, bus interface, write cycle, read cycle.

### Введение

Сегодня основная область применения ЭВМ и создаваемых на их базе ВС и комплексов – работа с колоссальными объемами данных, при которой самыми трудоемкими являются операции поиска и сортировки данных. Существующие ВС используют адресную архитектуру памяти. В итоге на поиск нужной информации в памяти уходят сотни, а то и тысячи машинных тактов. Это обстоятельство крайне негативно сказывается на быстродействии ВС в целом. Намного быстрее можно получать доступ к данным по содержанию, сущность принципа которого заключается в следующем (рис. 1). Имеется массив данных емкостью N слов, где нужно найти все слова, начинающиеся с символа «А» и заканчивающиеся символом «Н». Аргументом поиска является слово А\*\*\*Н, где знаком \* помечены разряды, не влияющие на результат поиска. Запоминающий массив на аппаратном уровне строится так, что на выходе ячеек памяти (ЯП), содержимое которых совпадает со значением поступившего аргумента поиска, появляется сигнал – указатель совпадения. Далее по выработанным сигналам совпадения выполняется выборка ЯП.

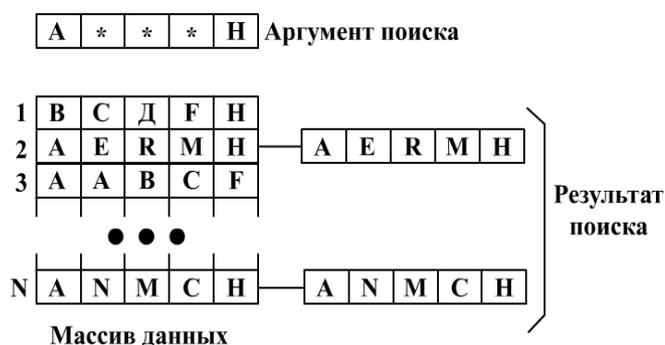


Рис. 1. Сущность принципа адресации по содержанию

## 1. Постановка задачи

Данная статья носит исследовательский характер. В ходе изучения рассматриваемой предметной области с целью поиска слабо проработанных, либо вовсе не затронутых вопросов были проанализированы публикации отечественных и зарубежных ученых [1–7]. Ряд проблемных вопросов, связанных с построением быстродействующего блока ассоциативного сопроцессора и его аппаратной реализацией, не нашел должного отражения в изданиях по данной тематике. Частично они рассмотрены в публикациях [8–16]. Целью статьи является разработка и исследование структуры блока ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для специализированных ВС. Сформулированная тематика работы является актуальной ввиду глобальной информатизации. Для достижения обозначенной цели здесь решаются задачи по определению структурной организации устройства, алгоритмов его работы и возможности реализации блока аппаратного ассоциативного сопроцессора, который имеет возможность адресного и ассоциативного доступа к данным, хранящимся в памяти.

Устройство в совокупности состоит из двух частей: основной, реализующей функции сопроцессора, и части сопряжения с ВС [13].

Сегодня ассоциативный доступ к данным реализуется двумя способами: программным и аппаратным [1, 4]. Он может быть реализован в виде параллельного ассоциативного запоминающего устройства (АЗУ), где аргумент поиска поступает во все ЯП параллельно. В результате выполняется массовая операция сравнения и поиск осуществляется за один такт. Другим вариантом реализации аппаратного способа ассоциативного доступа к данным является последовательно-поразрядное АЗУ с поразрядным поиском. Здесь время поиска зависит от количества разрядов шины данных.

Процессы, аналогичные биологическим механизмам запоминания и обработки информации, можно представить моделями ассоциативной памяти (АП), позволяющими отобразить ассоциации между информационными объектами. Все эти ассоциации могут реализоваться в виде простых конструкций – троек компонентов: упорядоченной пары информационных объектов  $O$  и  $V$ , и типа отношения  $A$ :  $O \xleftarrow{A} V$  [4]. Одна из простейших моделей АП для отображения таких отношений показана на рис. 2,а. Модель состоит из ассоциативной запоминающей среды, связанной с двумя каналами ввода и одним каналом вывода информации. На этапе записи с первого канала ввода на вход  $K$  подается входная информация, а по второму каналу – признаковая информация  $C$ , представляющая контекст, где входная информация записывается в память.

На этапе ассоциативной выборки при появлении ключа  $K$  на выходе памяти формируется ответная реакция  $R$ , связанная с  $K$ . Таким образом, записанная в память информация может выбираться с применением любых ее фрагментов, используемых в качестве поисковых. Задавая различный контекст  $C$ , можно конкретизировать информацию, подлежащую выборке. В контексте введенного определения АП стоит вопрос об организации накопления и поиска структурированных данных таким образом, чтобы доступ к ним был возможен на основе ассоциативной выборки. На рис. 2,б представлена модель АП, показывающая, как можно организовать запись и выборку

элементов информации, а также осуществить цикличность процесса поиска, когда выбранный элемент информации становится ключом для поиска новой информации [4].

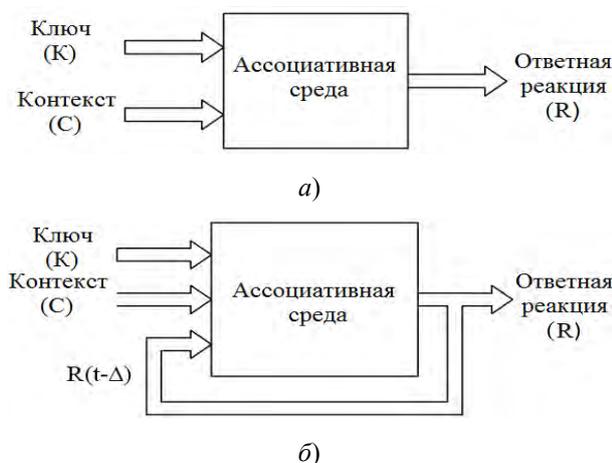


Рис. 2. Модель ассоциативной памяти: без обратной связи (а), с обратной связью (б)

По трем входным каналам одновременно могут вводиться наборы значений. Выходной канал служит для выборки информации. По первому каналу в момент времени  $t$  подается адресная информация  $K(t)$ , по второму – признак  $C(t)$ . Отклик  $R(t)$  по каналу обратной связи подается также на вход ассоциативной среды. При функционировании такой АП ключи  $K(t)$  и признаки  $C(t)$  подаются через интервалы времени, соответствующие задержке канала обратной связи.

Процесс работы памяти будем рассматривать в предположении, что тройка  $[K(t), C(t), R(t - \Delta)]$  представляет собой единый статический образ, заданный в момент времени  $t$ , причем возможна его одновременная запись в память за одну операцию. Допустим также, что на этапе записи  $R(t)$  и  $K(t)$  одинаковы.

На этапе записи на входы АП поступают  $K(t)$  и  $C(t)$ , при этом на выходе формируется  $R(t)$ , идентичный  $K(t)$ . Затем с задержкой  $\Delta$  на входе формируется  $R(t - \Delta)$ . Каждая новая тройка, появляющаяся на входах, записывается в память. На этапе выборки из АП на вход подается ключ  $K$ , связанный с контекстом  $C$ , после чего  $K$  можно снять с входа. В результате на выходе в качестве отклика появляется копия  $K$ . Когда на входе памяти появится задержанный сигнал  $R(t - \Delta)$ , новым ключом становится пара  $(C, R)$ , приводящая к ассоциативной выборке следующего образа  $R(t)$  и т.д. Таким образом выбирается вся записанная последовательность образов вместе с контекстом. Рассмотренная модель реализует память, пригодную для записи и выборки структурированной информации.

Подключение описываемого блока к ВС возможно рядом способов [17]: к шине центрального процессора, к интерфейсу USB, к шине PCI. При подключении к шине ЦП устройство придется включать в состав системной платы, что приведет к увеличению стоимости сопроцессора. Быстродействие

такой ВС окажется высоким. При подключении с помощью интерфейса USB сопроцессор будет иметь вид отдельного внешнего блока, при этом работа с ним будет осуществляться последовательно, что приведет к снижению быстродействия ВС. Однако такой блок сравнимо дешевле предыдущего. Подключение сопроцессора к шине PCI позволит реализовать его в виде сравнительно дешевой платы расширения в отличие от упомянутых аналогов. Работа с блоком будет осуществляться по параллельному интерфейсу, что позволит достичь максимальной производительности по сравнению с аналогами.

Проанализировав достоинства и недостатки перечисленных способов организации основной части устройства и части сопряжения с ВС, решили основную часть выполнить в виде параллельного АЗУ, так как данный способ обладает максимальной производительностью. Подключение к специализированной ВС реализуется по шине PCI, так как она обладает достаточно высокой пропускной способностью. Более того, блок ассоциативного сопроцессора будет размещаться в адресном пространстве ввода/вывода ВС.

## ***2. Определение структуры блока ассоциативного сопроцессора***

Упрощенную структурную схему сопроцессора можно представить в виде двух частей (рис. 3,а): сопроцессор (основная часть) и интерфейс шины PCI (часть сопряжения). Проанализировав выбранный способ реализации основной части в составе сопроцессора, решили, что главным блоком является модуль памяти АЗУ, представляющий собой массив ЯП и выполняющий функции хранения данных и поиска ассоциаций с аргументом. ЯП состоит из запоминающего элемента, выполняющего функции хранения данных, и схемы сравнения, осуществляющей поиск, т.е. вырабатывающей сигналы, указывающие на равенство или неравенство содержимого ЯП аргументу (рис. 3,б).

Для реализации функций записи и чтения данных из ЯП в состав сопроцессора нужно добавить блок мультиплексора и дешифратора адреса для выработки сигнала «Выбор ячейки» конкретной ЯП. Также необходимо включить в состав блока сопроцессора модуль памяти фиксации реакций (ПФР) для хранения значений откликнувшихся ЯП. Для подсчета количества откликнувшихся ЯП в состав сопроцессора введен блок подсчета совпадений. Блок анализатора многократных совпадений (АМС) необходим для приоритетного выбора, по результатам работы которого вырабатываются сигналы для блока шифратора, который производит преобразование двоичной последовательности в адрес, при ассоциативном чтении или записи поступающий на входы селектора адреса. Для хранения аргумента поиска в блоке имеется регистр аргумента. Управляет работой сопроцессора блок дешифрации команд, вырабатывающий управляющие сигналы (рис. 3,в).

В работе [13] рассмотрена функциональная организация блока сопроцессора. Здесь подробнее опишем алгоритмы, согласно которым работают некоторые составные части блока ассоциативного сопроцессора и устройство в целом.

В сопроцессор команды поступают по отдельной внутренней шине – шине команд, которые дешифрируются и подаются на составные блоки устройства. Команды сопроцессора приведены в табл. 1.

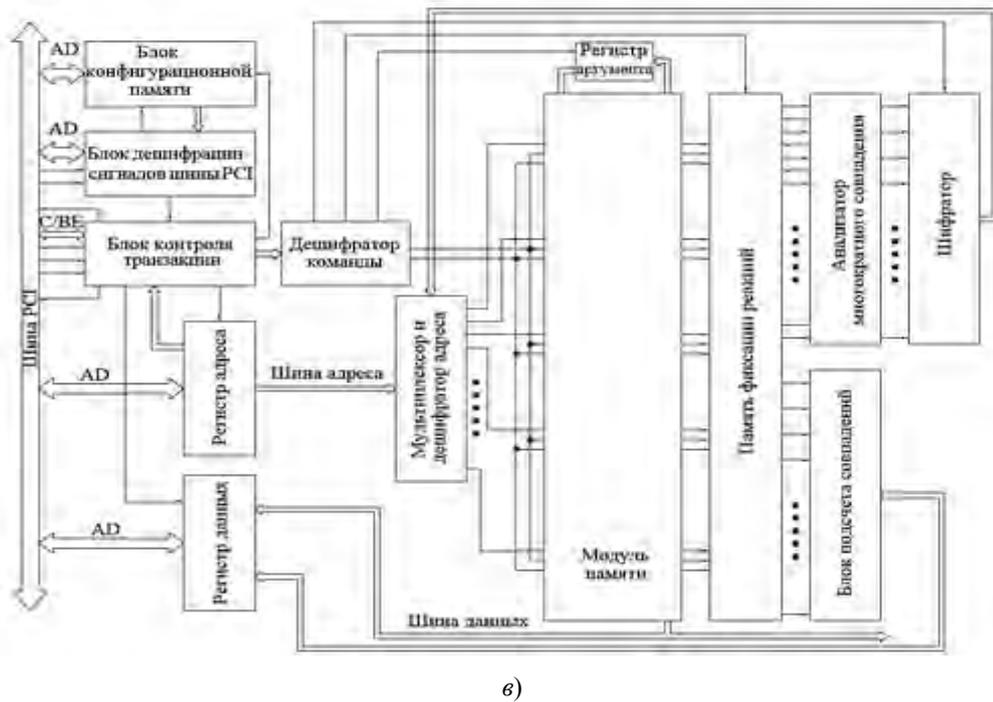
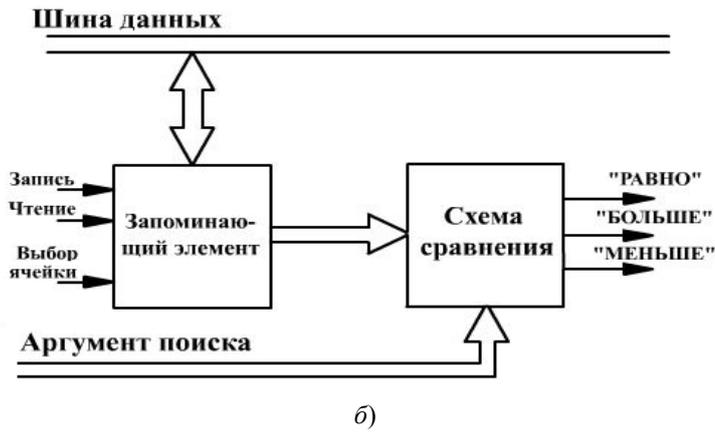
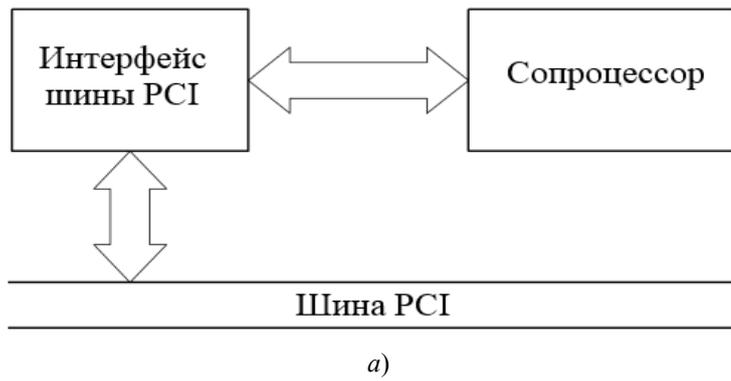


Рис. 3. Структурная схема: упрощенная блока ассоциативного сопроцессора (а); ячейки памяти (б); подробная блока ассоциативного сопроцессора (в)

Команды ассоциативного сопроцессора

Команда	Описание команды
0000	readRAM – адресное чтение
0001	WriteRAM – адресная запись
0010	WrArg – запись аргумента поиска в регистр аргумента
0011	FixHit – команда фиксации откликнувшихся ячеек
0100	rdAEqual – выдача адреса ячейки, содержимое которой равно аргументу
0101	rdAMore – выдача адреса ячейки, содержимое которой больше аргумента
0110	rdALess – выдача адреса ячейки, содержимое которой меньше аргумента
с 0111 по 1111	зарезервировано

Дешифратор команды реализован на базе дешифратора, к четырехразрядному входу которого подключена шина команд. По команде readRAM выполняется функция адресного чтения, т.е. декодируется адрес, поступивший на шину адреса, на вход CS соответствующей ЯП подается логическая единица и на выходную шину данных поступает содержимое этой ЯП. По команде WriteRAM выполняется функция адресной записи. Декодируется адрес, на вход CS и WRITE соответствующей ЯП подаются логические единицы. Сигналы с входной шины данных поступают на вход регистра ЯП, т.е. осуществляется запоминание. По команде WrArg сигналы с входной шины данных поступают на вход регистра аргумента. По команде FixHit происходит фиксация сигналов Equal, More и Less в ПФР, и на шине выдачи количества ЯП появляются сигналы, содержащие информацию о количестве ЯП, содержимое которых равно аргументу, больше аргумента и меньше аргумента. По команде rdAEqual анализируется содержимое ПФР, и на шину адреса откликнувшейся ячейки поступает адрес первой ЯП, содержимое которой равно аргументу. После чего происходит сброс ЯП в ПФР, соответствующей выданному адресу. По команде rdAMore анализируется содержимое ПФР, и на шину адреса откликнувшейся ячейки поступает адрес первой ЯП, содержимое которой больше аргумента. После чего происходит сброс ЯП в ПФР, соответствующей выданному адресу. По команде rdALess анализируется содержимое ПФР, и на шину адреса откликнувшейся ячейки поступает адрес первой ЯП, содержимое которой меньше аргумента. После чего происходит сброс ЯП в ПФР, соответствующей выданному адресу.

Блок конфигурационной памяти выполнен на регистре, отвечающем за выбор пространства адресов устройства PCI. Распределение адресов пространства ввода/вывода PCI-интерфейса приведено в табл. 2.

АМС можно реализовать на базе регистра сдвига (рис. 4,а) и приоритетного анализатора (рис. 4,б). Основными элементами АМС на базе регистра сдвига являются закольцованный регистр сдвига и счетчик адреса. Результат поиска всех ЯП записывается в этот закольцованный регистр сдвига (ПФР). Затем на регистр и на счетчик подается последовательность тактовых импульсов. Содержимое регистра сдвигается в сторону верхних разрядов до тех

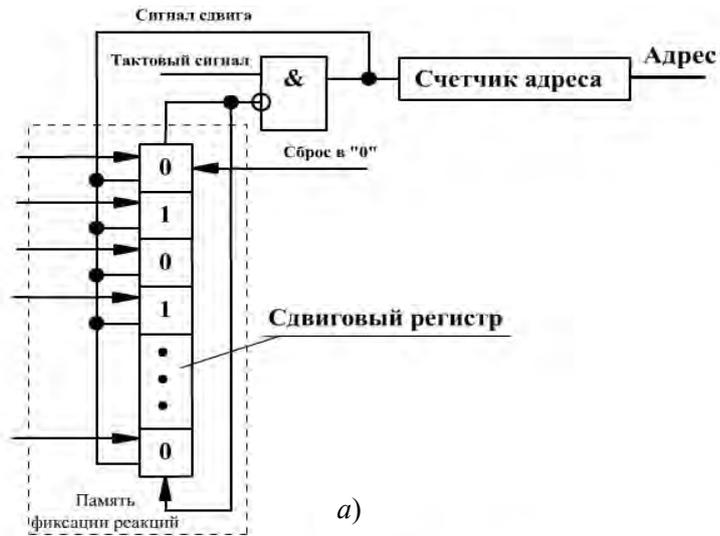
пор, пока в первом из них не окажется логическая «1». В этот момент тактовый сигнал автоматически блокируется. Если в исходном состоянии в счетчике были записаны одни нули, то по окончании счета его содержимое непосредственно указывает адрес первого совпавшего слова. Этот код заносится в адресный регистр, после чего осуществляется считывание слова. Далее единица в первом разряде регистра сбрасывается и автоматически возобновляется подача тактовых импульсов. Вновь содержимое регистра сдвигается вверх до появления в его первом разряде очередной единицы. После этого считывается следующее совпавшее слово и т.д. до тех пор, пока не будет обслужена вся очередь.

Таблица 2

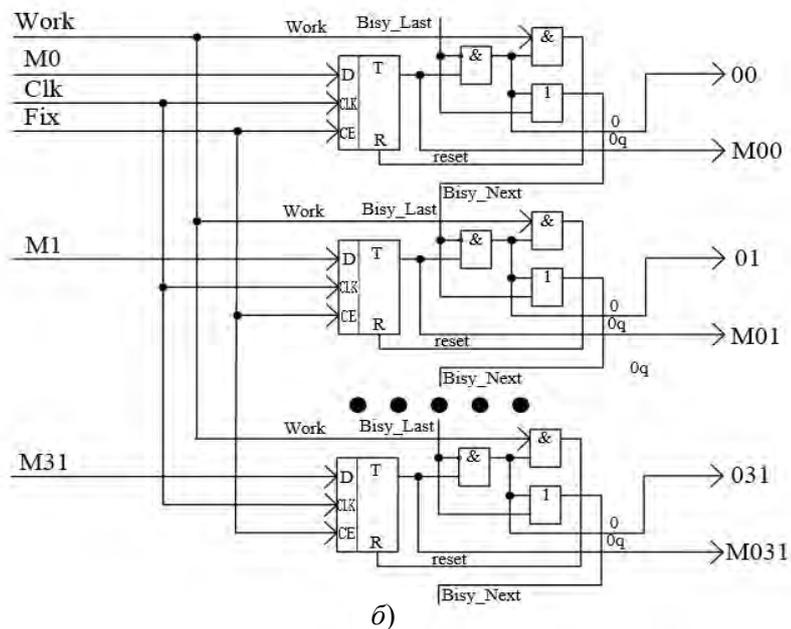
Распределение адресов ввода/вывода PCI-интерфейса

AD[31:10]	AD[9:7]	AD[4:0]	Описание	
			Чтение	Запись
<b>BAR+</b>	000	00000–11111	Чтение из ячеек памяти ассоциативного сопроцессора	Запись в ячейки памяти ассоциативного сопроцессора
	001	xxxxx	Чтение количества откликнувшихся ячеек	Запись аргумента поиска в регистр аргумента
	010	xxxxx	Чтение из ячейки памяти, содержимое которой равно аргументу	Запись в ячейку памяти, содержимое которой равно аргументу
	011	xxxxx	Чтение из ячейки памяти, содержимое которой больше аргумента	Запись в ячейку памяти, содержимое которой больше аргумента
	100	xxxxx	Чтение из ячейки памяти, содержимое которой меньше аргумента	Запись в ячейку памяти, содержимое которой меньше аргумента
	101	xxxxx	–	Фиксация откликнувшихся ячеек в памяти фиксации реакций

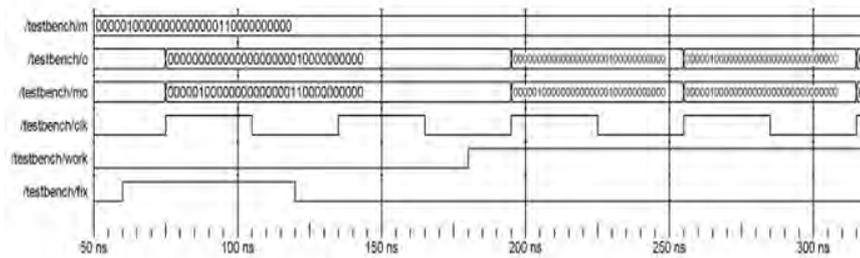
АМС на базе приоритетного анализатора состоит из D-триггеров, выполняющих функции ПФР и комбинационной логики. Эта схема работает по фронту сигнала CLK. Приоритетный анализатор представляет собой логическую цепь, позволяющую выделять среди своих входов, установленных в «1», линию с наименьшим номером. Он построен по принципу последовательного соединения разрядов. Каждый единичный вход этой цепи блокирует действие линий с большими номерами, в результате чего в единицу устанавливается только выход, соответствующий первой активной линии, сигнал с которого автоматически идет на выход, и функцией сигнала «Сброс» является сброс первого из «ответивших» триггеров.



a)



b)



в)

Рис. 4. Анализатор многократного совпадения на базе регистра сдвига (a) и на базе приоритетного анализатора (б); временные диаграммы работы памяти фиксации реакций и анализатора многократного совпадений (в)

ПФР и АМС реализуем на базе схемы приоритетного анализатора, т.к. эта схема обладает большим быстродействием, чем схема на базе регистра сдвига. Временные диаграммы работы схемы представлены на рис. 4,в.

Порядок работы с рассмотренным в работе блоком следующий:

- 1) необходимо заполнить ЯП АЗУ;
- 2) в регистр аргумента нужно записать аргумент поиска;
- 3) произвести фиксацию совпадений;
- 4) считать количество совпадений;
- 5) работа с откликнувшимися ячейками, т.е. чтение или запись в эти ячейки.

Рассматриваемый блок ассоциативного сопроцессора реализован на ПЛИС фирмы Xilinx. Разработан проект, состоящий из четырех основных модулей, реализующих главные части устройства: ассоциативный сопроцессор, ПФР и АМС, описание PCI интерфейса и сопряжение ассоциативного сопроцессора с ним.

### *Заключение*

На основании описания ассоциативного сопроцессора на структурном уровне был разработан VHDL-код блока, после чего получен файл для конфигурирования ПЛИС. Работоспособность устройства и его отдельных блоков проверена тестированием и отладкой разработанных VHDL-кодов. Ассоциативный сопроцессор реализован аппаратно, что позволяет выполнять трудоемкие операции поиска и сравнения, тем самым разгружая центральный процессор и увеличивая производительность ВС в целом.

### *Список литературы*

1. Бикташев, Р. А. Архитектура параллельных вычислительных систем / Р. А. Бикташев, В. С. Князьков. – Пенза : РИО Упринформпечати, 1993. – 166 с.
2. Кохонен, Т. Ассоциативные запоминающие устройства : пер. с англ. / Т. Кохонен. – М. : Мир, 1982. – 384 с.
3. Smith, J. E. The Miroarchitecture of Superscalar Processors / J. E. Smith, G. S. Sohi // Proc. IEEE. – 1995. – December. – Vol. 83, № 12. – P. 1609–1624.
4. Огнев, И. В. Ассоциативные среды / И. В. Огнев, В. В. Борисов. – М. : Радио и связь, 2000. – 312 с.
5. Bergamaschi, R. A. Designing Systems-on-Chip Using Cores / R. A. Bergamaschi, W. R. Lee // Proc. 37th Annual Design Automation Conference. – 2000. – P. 420–425.
6. Kozyrakis, C. E. Vector vs. Superscalar and VLIW Architectures for Embedded Multimedia Benchmarks / C. E. Kozyrakis, D. A. Patterson // Proc. 35th International Symposium on Microarchitecture. – Istanbul, Turkey, 2002. – November.
7. Kozyrakis, C. E. Scalable Vector Processors for Embedded Systems / C. E. Kozyrakis, D. A. Patterson // IEEE Micro. – 2003. – Vol. 23, № 6. – P. 36–45.
8. Constantinides, G. A. Synthesis and Optimization of DSP Algorithms / G. A. Constantinides, P. Y. K. Cheung, W. Luk. – Boston : Kluwer Academic Publishers, 2004. – 162 p.
9. Kuon, I. Measuring the gap between FPGAs and ASICs / I. Kuon, J. Rose // IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. – 2007. – Vol. 62, № 2. – P. 203–215.

10. Mattson, T. G. Programming the Intel 80-core network-on-a-chip Terascale Processor / T. G. Mattson, R. van der Wijngaart, M. Frumkin // Proc. 2008 ACM/IEEE Conference on Supercomputing (SC'08). – 2008.
11. Зубковский, П. С. Сопроцессор комплексных вычислений / П. С. Зубковский, Е. В. Иवासюк, С. И. Аряшев // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем – 2010 : сб. тр. / под общ. ред. академика РАН А. Л. Стемпковского. – М. : ИППМ РАН, 2010. – С. 356–359.
12. Пантелеев, А. Ю. Векторный сопроцессор для реализации DSP-алгоритмов в числах с плавающей точкой / А. Ю. Пантелеев, И. И. Шагури // Научная сессия МИФИ 2012 : сб. науч. тр. – М. : МИФИ, 2012. – Т. 1. – С. 80–81.
13. Мартышкин, А. И. Функциональная организация модуля ассоциативного сопроцессора для специализированных вычислительных систем / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 3 (19). – С. 157–166.
14. Мартышкин, А. И. Комплекс программ для определения характеристик диспетчеров задач многопроцессорных систем с использованием приоритетных стохастических сетей массового обслуживания / А. И. Мартышкин, Р. А. Бикташев, Н. Г. Востоков // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10-1. – С. 13–20.
15. Мартышкин, А. И. Численный метод для определения пропускной способности приоритетного потока заявок в многопроцессорной системе с общим диспетчером задач по каждому конкретному типу приоритета / А. И. Мартышкин, Р. А. Бикташев, А. А. Воронцов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2014. – № 3 (19). – С. 137–145.
16. Мартышкин, А. И. Математическое моделирование диспетчеров задач с пространственным разделением с неоднородным потоком задач на обслуживание и ограниченной длиной очереди / А. И. Мартышкин, А. А. Воронцов, О. О. Валова // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 3 (25). – С. 142–149.
17. Цилькер, Б. Я. Организация ЭВМ и систем / Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2011. – 688 с.

---

**Мартышкин Алексей Иванович**  
кандидат технических наук, доцент,  
кафедра вычислительных машин  
и систем,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: alexey314@yandex.ru

**Martyshkin Alexey Ivanovich**  
candidate of technical sciences,  
associate professor,  
sub-department of computers and systems,  
Penza State Technological University

---

УДК 004.31

**Мартышкин, А. И.**

**Структурная организация блока ассоциативного сопроцессора на базе программируемой логической интегральной схемы для специализированных вычислительных систем / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 128–138.**

**АГРЕГИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОЙ  
ОБСТАНОВКЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ  
УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМИ ОБЪЕКТАМИ В УСЛОВИЯХ  
КОМПЛЕКСНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ**

*М. В. Семин, В. П. Стражник, А. Н. Потанов*

**ALGORITHMIC SUPPORT OF AUTOMATED CONTROL SYSTEM  
IN THE CONDITIONS OF INFORMATION OVERLOAD**

*M. V. Semin, V. P. Strazhnik, A. N. Potapov*

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Повышение интенсивности комплексных информационных воздействий приводит к возникновению дефицита информации о воздушной обстановке, существенному сокращению времени для принятия решений лицами оперативного состава пунктов управления различных уровней автоматизированных систем управления. Целью работы является разработка алгоритмического обеспечения автоматизированной системы управления (АСУ) в условиях информационной перегрузки (комплексных информационных воздействий). *Материалы и методы.* Реализация задач достигнута на основе корректного использования известных математических соотношений апробированных подходов. Результаты имеют ясную физическую трактовку и не противоречат известным данным, характеризующим качество радиолокационной информации. *Результаты.* Метод представления информации о воздушной обстановке для выдачи в каналы передачи данных сложной иерархической АСУ состоит из алгоритма обнаружения информационной перегрузки системы, алгоритма представления информации для обмена и обработки, алгоритма восстановления информации о воздушной обстановке. *Выводы.* Метод агрегирования информации о воздушной обстановке обеспечивает минимизацию ее потерь в условиях информационной перегрузки при передаче по каналу обмена и удовлетворении требований потребителей информации к ее качеству.

**Ключевые слова:** алгоритм, информационная перегрузка, автоматизированная система управления.

**Abstract.** *Background.* The increased intensity of the complex effects of information leads to a lack of information on the air situation, a significant reduction of time for decision-making entities of the operational part of the control points of different levels of automated control systems. The aim of this work is to develop algorithmic support of automated control systems (management information system) in the conditions of information overload. *Materials and methods.* The implementation of the objectives achieved through the correct use of the known mathematical ratios of proven approaches. The results have a clear physical interpretation and does not contradict known data, the convergence of the obtained dependences characterizing the quality of radar data. *Results.* Method of presenting information on the air situation for the issuance of the data transfer channels of complex hierarchical ASU consists of the detection algorithm of the information overload of the system, the algorithm for providing information for the exchange and processing, algorithm for reconstruction of information on the air situation. *Conclusions.* Method of aggregating information on the air situation minimizes its losses in the conditions of information overload, the transmission channel of exchange and satisfy the requirements of consumers for its quality.

**Key words:** algorithm, information overload, automated control system.

## **Введение**

Агрегирование информации о воздушной обстановке, обеспечивающее минимизацию ее потерь в условиях информационной перегрузки для передачи по каналу обмена при удовлетворении требований потребителей информации к ее качеству, предполагает формирование нечеткого отношения сходства на множестве отметок трасс воздушных объектов и определение множеств нечетко определенной цели. Вследствие этого актуальным является разработка алгоритмического обеспечения автоматизированной системы управления в условиях информационной перегрузки.

### **1. Обобщенная схема алгоритма обнаружения перегрузки**

Для реализации процедуры обнаружения информационной перегрузки АСУ необходимо определить признаки, по которым ее можно идентифицировать в системе, и критерии включения алгоритма агрегирования.

Признаками, с использованием которых идентифицируется перегрузка системы, являются количество данных о воздушной обстановке (отметок от воздушных объектов) и качество информации.

При достижении количества отметок от воздушных объектов величины соизмеримой или превышающей производительность каналов и потребителя, возникает ситуация информационной перегрузки, увеличиваются задержки информации, снижается ее качество (точность и достоверность).

Качество информации существенным образом ухудшается и в условиях плотных боевых порядков, когда расстояние между объектами в группе соизмеримо или меньше размеров стробов, используемых при обработке (вторичной и третичной). При этом в один строб попадает несколько отметок от воздушных объектов и происходит формирование большого количества ложных траекторий, создающее предпосылки для информационной перегрузки.

Эти факторы свидетельствуют о необходимости агрегирования информации и, соответственно, ее представления по каждому групповому или пространственно-протяженному (помеховой области) воздушному объекту (ВО) в целях минимизации ошибок, возникающих при дальнейшей обработке в сложной иерархической АСУ [1].

Определим критерии включения алгоритма агрегирования.

Агрегирование может осуществляться по конкретному групповому ВО или по всей информации, выдаваемой в канал обмена.

В качестве критерия включения алгоритма агрегирования по конкретной группе отметок предлагается критерий, основанный на сравнении расстояния между ВО в группе и заданного порога, соответствующего размерам строба обработки [2]:

$$K_1 \Rightarrow \begin{cases} \Delta D_{(i;i+1),t} \leq \delta_{\text{сопр.}XY}, \\ \Delta H_{(i;i+1),t} \leq \delta_{\text{сопр.}H}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\Delta D_{(i;i+1),t}$ ,  $\Delta H_{(i;i+1),t}$  – расстояние между  $i$  и  $(i + 1)$  воздушными объектами в  $t$ -ом цикле обработки;  $\delta_{\text{сопр.}XY}$ ,  $\delta_{\text{сопр.}H}$  – строб сопровождения по плоскостным координатам и высоте.

Критерием включения алгоритма агрегирования по всей информации, выдаваемой в канал обмена  $K_2$ , является достижение количества отметок от воздушных объектов определенной величины, соизмеримой с предельной производительностью элемента системы

$$K_2 \Rightarrow J \geq k_2 M_{\max}, \quad (2)$$

где  $J$  – общее количество ВО, находящихся на обработке;  $M_{\max}$  – максимальная производительность канала (потребителя);  $k_2$  – коэффициент, определяющий допустимую загрузку каналов по количеству ВО.

Для обнаружения перегрузки канала по количеству передаваемых стандартных кодограмм используется критерий

$$K_3 \Rightarrow N \geq k_3 N_{\max}, \quad (3)$$

где  $N, N_{\max}$  – количество формируемых для передачи стандартных кодограмм в данном цикле обмена и производительность канала по количеству передаваемых кодограмм соответственно;  $k_3$  – коэффициент, определяющий допустимую загрузку каналов по количеству передаваемых стандартных кодограмм.

Обобщенная схема структуры алгоритма обнаружения информационной перегрузки, состоящая из блоков проверки критериев  $K_1, K_2, K_3$ , приведена на рис. 1. При функционировании алгоритма в случае выполнения предложенных выше критериев  $K_{1,2,3} = 1$  осуществляется включение алгоритма агрегирования и выбор способа представления агрегированных данных.

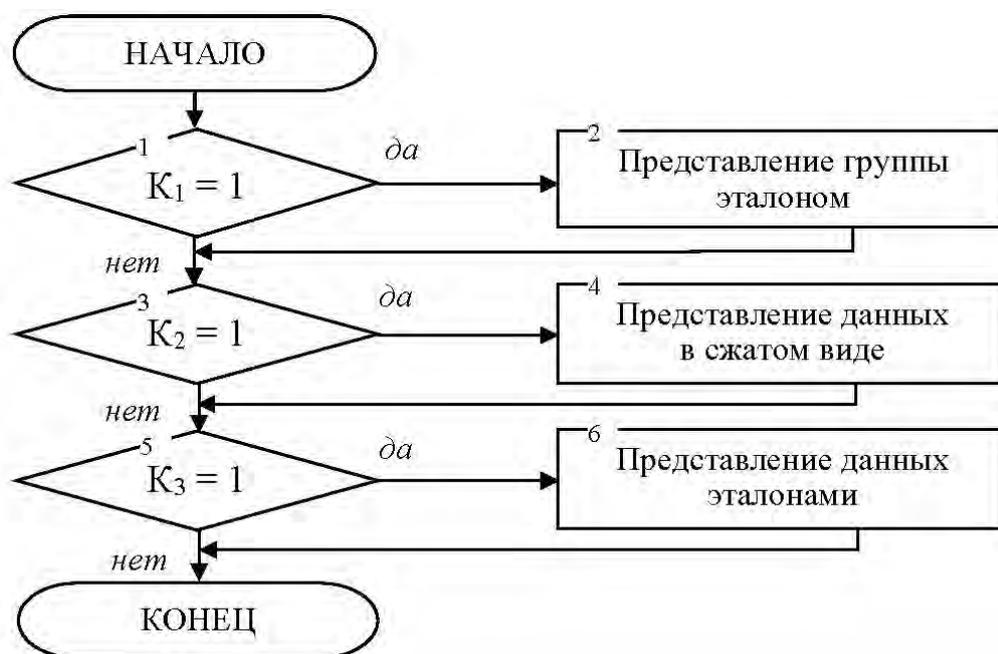


Рис. 1. Обобщенная схема структуры алгоритма обнаружения информационной перегрузки

Критерий  $K_1$  определяется для каждой группы, критерии  $K_2, K_3$  – по всей информации.

В случае выполнения выбранных критериев в канал передачи выдаются данные о выделенном алгоритмом агрегирования признаке, характеризующем групповые или пространственно-протяженные воздушные объекты в целом и обобщенные их характеристики.

Таким образом, обнаружение факта перегрузки системы предлагается осуществлять путем сравнения расстояний между воздушными объектами с заданными порогами, количества ВО, находящихся в системе обработки элемента АСУ и по каждой области пространства, прикрытой помехами – оператором комплекса средств автоматизации (КСА).

## **2. Агрегирование информации о воздушной обстановке для выдачи в каналы передачи данных**

В соответствии со структурой абстрактной элементарной подсистемы, требованиями к методу представления, его назначением метод представления информации должен состоять из алгоритмов обнаружения информационной перегрузки системы, собственно представления информации для обмена и обработки и восстановления информации о воздушной обстановке на приемном конце (рис. 2).

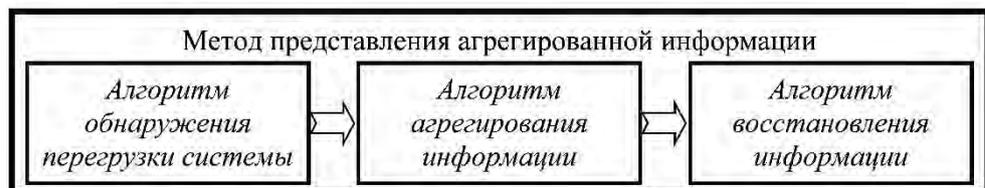


Рис. 2. Структура метода представления агрегированной информации о воздушной обстановке для выдачи в каналы передачи данных

Пусть в зоне ответственности информационной подсистемы сложной иерархической АСУ находится фрагмент массивованного удара, состоящий из нескольких плотных групп ВО. Опишем этот фрагмент множеством  $X$ , тогда  $X_k$  – подмножество  $k$ -й группы,  $k = [1, K]$ , а  $x(v, p, t) \in X_k \subseteq X$  – элемент этого подмножества, т.е. отдельный воздушный объект, который характеризуется определенными кинематическими параметрами и признаками.

Измерительные средства осуществляют обнаружение и определение координат и признаков воздушных объектов. Тогда в системе обработки пункта обработки, выдающего данные о воздушной обстановке, формируется подмножество отметок от воздушных объектов

$$X_R = X \times R_S, \quad (4)$$

где  $X$  – множество объектов, действующих в границах зоны ответственности информационной системы (элементом этого множества является отдельный объект  $x \in X$ , который характеризуется вектором параметров, определяющих его положение в пространстве параметров на момент времени  $t = [0, T]$ );  $X_R$  – множество, описывающее информацию об обстановке в зоне ответственности и представляющее собой отображение прообраза множества  $X$ .

Осуществляя отображение обстановки в зоне ответственности, система воздействует на нее оператором  $R_S$ , который представляет собой системный оператор

$$R_S \supseteq R^S \times S,$$

где  $R^S$  – оператор отображения обстановки на  $s_n$ -м элементе системы.

Причем

$$X \rightarrow X_R, \text{ тогда } X_k \rightarrow X_{kR}, k = 1, K, \text{ или}$$

$$\bigcup_{N_1} x_{nR}(v, p, t) \subseteq X_R, \bigcup_K X_k \subseteq X_R. \quad (5)$$

Необходимо разработать метод агрегирования информации о воздушной обстановке, обеспечивающий минимизацию потерь информации в элементарной, абстрактной системе сложной иерархической АСУ в условиях информационной перегрузки

$$a(A) = (1 - K), a \rightarrow \min$$

при удовлетворении требований потребителей информации к ее качеству, то есть разработать метод  $A$ :

$$A \in A^0, \quad (6)$$

где  $A^0$  – алгоритм представления информации, при реализации которого потери радиолокационной информации в системе стремятся к нулю (можно сказать о нем, что это «идеальный алгоритм представления информации»).

Основным требованием к такому методу агрегирования информации является обеспечение выделения подмножеств групп при том, чтобы их пересечение представляло собой пустое множество [3]:

$$A \ X_R = \bigcup_K X_{kR}, \quad \forall \bigcap_k X_{kR} = \emptyset, \quad A \in A_\Theta, \quad (7)$$

где  $A_\Theta$  – множество алгоритмов, удовлетворяющих требования потребителей;  $\Theta$  – вектор требований потребителей к качеству радиолокационной информации (РЛИ): общее количество воздушных объектов, средняя длительность непрерывного сопровождения, средняя длительность разрывов трасс, средняя длительность ложных трасс, среднеквадратические ошибки определения положения ВО в пространстве соответственно.

В связи с нечеткостью информации о группах отметок от ВО формально ее можно описать нечетким подмножеством универсального множества  $X$ . Нечеткое подмножество группы отметок представляет собой совокупность пар вида

$$X_{kR} = (x_R, \mu(x_R)) .$$

Если  $\mu_1(x_{R1})$  – функция принадлежности, характеризующая степень принадлежности ВО группе (общей задаче, решаемой группой), то она долж-

на быть не равна нулю для объектов, принадлежащих одной группе, и равна нулю для объектов, принадлежащих разным группам:

$$\mu(x_R) = \begin{cases} \beta_R, 1, \beta > 0, \forall x_R \in X_{kR}, \\ 0, \forall x_R \notin X_{kR}. \end{cases} \quad (8)$$

При этом при агрегировании должны выделяться признаки, характеризующие группу воздушных объектов в целом. Для разработки метода агрегирования, удовлетворяющего предъявленным выше требованиям, необходимо рассмотреть свойства отношения  $R$  как отношения, характеризующего группу отметок в целом.

В результате воздействия неопределенности при отображении воздушной обстановки в информационной подсистеме (обнаружения и обработки) на пункте, выдающем данные о воздушной обстановке, каждый элемент исходного универсального множества  $X$  может быть отображен в системе в виде некоего нечеткого подмножества, что согласуется с реальной ситуацией возникновения ложных отметок и траекторий.

При расчетах учитывается, что

$$\mu(x) = \begin{cases} 0, \text{ если } r_{\text{вн}} / (r_{\text{внеш}} + \Delta) \leq 0; \\ 1, \text{ если } r_{\text{вн}} / (r_{\text{внеш}} + \Delta) \geq 1. \end{cases}$$

В соответствии с требованиями к методу агрегирования для минимизации ошибки подмножество пересечения становится пустым, когда

$$\mu(x) = \min \mu(x) = 0.$$

Это означает, что функция принадлежности объекта, являющегося составляющим одной группы, любому объекту другой группы должна быть равна 0.

Если воздушный объект однозначно принадлежит нечеткому множеству группы, то функция принадлежности принимает значение, равное 1.

Каждый из воздушных объектов описывается следующим набором данных:

- координатами  $x, y, h$  в прямоугольной системе координат;
- составляющими скорости  $v_x, v_y, v_h$ ;
- признаковой информацией, в состав которой в соответствии с [4] может входить порядка 70 различных признаков. Основными из них являются признак государственной принадлежности («свой», «чужой», «неопознанный»), индекс воздушного объекта (семь градаций), признак действия активных средств по ВО, тип воздушного объекта (порядка 200 градаций типов летательных аппаратов).

Метод агрегирования должен обеспечивать объединение в одну группу отметок от ВО, имеющих наибольшую степень близости по координатам и характеристикам движения и имеющих непротиворечивые признаки. При этом основной проблемой является учет всей этой информации при определении функций принадлежности. Наиболее приемлемым путем разрешения

этой проблемы является раздельное определение функций принадлежности для каждой из характеристик.

Основным признаком для объединения в группу является пространственная близость данных о воздушных объектах. Скоростные характеристики и признаковую информацию целесообразно отнести к ограничениям [4].

Итак, вышеприведенные рассуждения позволяют формализовать как задачу достижения нечетко определенной цели при нечетких и четких ограничениях.

Пусть  $X$  – универсальное множество альтернатив, то есть универсальная совокупность всевозможных вариантов агрегирования. Нечеткой целью в  $X$  является нечеткое подмножество  $X$ , которое будем обозначать  $X_k^B$ , то есть нечеткое подмножество сформированных групп. Опишем нечеткую цель функцией принадлежности  $\mu_{Bk} : X \rightarrow 0,1$ . Ограничения определяют множество допустимых альтернатив и также описываются подмножествами множества  $X$ .

Подмножество ограничений по скорости является нечетким и описывается функцией принадлежности  $\mu_v : X \rightarrow 0,1$ .

Подмножество непротиворечивых признаков является четким и описывается функцией принадлежности, принимающей только два значения:  $\mu_p : X \rightarrow 0$ , если признаки противоречивы, и  $\mu_p : X \rightarrow 1$ , если признаки непротиворечивы с точки зрения объединения объектов в одну группу.

Тогда нечетким решением задачи достижения нечеткой цели является пересечение нечетких множеств цели и ограничений, а функция принадлежности решений имеет вид

$$\mu_B(x) = \min \mu_{Bk}(x), \mu_v(x), \mu_p(x) . \quad (9)$$

Нечеткость полученного решения есть следствие нечеткости самой исходной задачи.

Множество допустимых альтернатив определяется с использованием четкого ограничения по непротиворечивости признаков и ограничения по скорости. На нем строится соответствующее отношение сходства

$$R_M^B = (x_B, y_B) / (x_B, y_B) \in X_B X_B, \mu_B(x_B, y_B) = [0,1] . \quad (10)$$

С точки зрения объединения ВО в одну группу известную совокупность признаков можно разделить на следующие классы:

- противоречивые признаки;
- непротиворечивые признаки;
- признаки, запрещающие агрегирование объекта.

С учетом проведенной классификации выражение для расчета функции принадлежности четкого подмножества ограничений по признаковой информации выглядит следующим образом:

$$\mu_p(x_B, y_B) = \min \mu_{ОГП}(x_B, y_B), \mu_3(x_B), \mu_3(y_B), \mu_H(x_B, y_B) , \quad (11)$$

где  $\mu_{\text{ОГП}}(x_B, y_B)$  – функция принадлежности четкого ограничения по признаку государственной принадлежности;  $\mu_3(x_B), \mu_3(y_B)$  – функция принадлежности четкого ограничения по признакам, запрещающим объединение данных об объектах  $x_B, y_B$  в группу соответственно;  $\mu_H(x_B, y_B)$  – функция принадлежности четкого ограничения по непротиворечивости остальных признаков.

Функции принадлежности четких ограничений по признаковой информации рассчитываются следующим образом:

$$\mu_{\text{ОГП}}(x_B, y_B), \mu_3(x_B), \mu_3(y_B),$$

$$\mu_H(x_B, y_B) = \begin{cases} 1, & \text{если признаки непротиворечивы;} \\ 0, & \text{если признаки противоречивы.} \end{cases} \quad (12)$$

С учетом признаковой информации подмножество допустимых альтернатив выглядит следующим образом:

$$\mu_B(x_B, y_B) = \min \mu_{Bk}(x_B, y_B), \mu_{Pv}(x_B, y_B) \quad (13)$$

Таким образом, на множестве всех отметок ВО проведено агрегирование по координатам и признаковой информации, то есть выделены классы сходства отметок. Для окончательной классификации, то есть для выделения стабильных во времени групп отметок, необходимо учесть ограничение по скорости. Прежде чем это осуществить, необходимо представить агрегированную информацию в виде подмножества непересекающихся классов и определить агрегированный признак или представитель-эталон для каждого. Для этого преобразуем построенное отношение сходства в нечеткое отношение строгого предпочтения и выделим на нем четко недоминируемые альтернативы:

$$\mu_B^H(x_B) = 1 - \sup_{x_B, y_B \in X_B} [\mu_B(y_B, x_B) - \mu_B(x_B, y_B)], \quad (14)$$

где  $\sup$  – верхняя грань на множестве  $X$ .

Уточнение полученной классификации проведем с учетом нечеткого ограничения по скорости:

$$\mu_B(x_B, y_B) = \min \mu_B^H(x_B, y_B), \mu_V(x_B, y_B) \quad (15)$$

причем функция принадлежности нечеткого ограничения по скорости рассчитывается по выражению

$$\mu_V(x_B, y_B) = \begin{cases} 0, & \text{если } \Delta V_{\text{вн}} / (\Delta V_{\text{внеш}} + \Delta) \leq 0; \\ 1, & \text{если } \Delta V_{\text{вн}} / (\Delta V_{\text{внеш}} + \Delta) \geq 1, \end{cases} \quad (16)$$

где  $\Delta V_{\text{вн}} = V_x - V_y$  – разность скоростей между составляющими группы;  $\Delta V_{\text{внеш}} = V_x - V_{\text{эс}}$  – разность между скоростями движения составляющих данной группы и ближайшей составляющей соседней.

Наиболее приемлемым способом разрешения неопределенности полученного решения является выбор альтернативы, имеющей максимальную степень принадлежности нечеткому решению, то есть альтернативы, реализующей

$$\max_{x \in X} \mu_B(x) = \max_{x \in X} \min \mu_B^H(x_B, y_B), \mu_V(x_B, y_B) . \quad (17)$$

Таким образом, метод агрегирования информации о воздушной обстановке, обеспечивающий минимизацию ее потерь в условиях информационной перегрузки при передаче по каналу обмена и удовлетворение требований потребителей информации к ее качеству, состоит:

- в формировании нечеткого отношения сходства на множестве отметок трасс воздушных объектов и определении множеств нечетко определенной цели;
- в преобразовании матрицы нечеткого отношения сходства с выделенными на нем с учетом четких ограничений по признаковой информации подмножествами групп в нечеткое отношение строгого предпочтения и выделения на нем четко недоминируемых альтернатив;
- в уточнении сформированных групп с учетом нечеткого ограничения по скорости и формировании подмножества допустимых альтернатив;
- в разрешении неопределенности полученного решения путем выбора альтернативы, имеющей максимальную степень принадлежности нечеткому решению.

### *Заключение*

В дальнейшем, в зависимости от требований потребителя к информации (канала передачи данных, взаимодействующего КСА), данные о выделенной группе ВО могут быть представлены следующим образом:

1) *при отсутствии признаков информационной перегрузки:*

– в виде группы отметок их характеристик и признаков, агрегированного признака (эталона) и обобщенных характеристик группы в абсолютной системе координат;

2) *при наличии признаков информационной перегрузки:*

– в виде группы отметок их характеристик и признаков, агрегированного признака (эталона) и обобщенных характеристик группы в относительной системе координат с центром координат, совпадающим с координатами эталона;

– в виде группы отметок их координат, агрегированного признака (эталона) и обобщенных характеристик группы в относительной системе координат с центром координат, совпадающим с координатами эталона с уменьшением масштаба (сжатием) осей координат в несколько раз;

– в виде эталона и обобщенных характеристик группового (пространственно-протяженного) ВО.

Безусловно, реализация метода напрямую в виде алгоритма потребует достаточных вычислительных ресурсов. Поэтому при разработке алгоритма, его реализующего, необходимо осуществить предварительную оценку потребных вычислительных ресурсов.

## Список литературы

1. Семин, М. В. Проектирование на основе модульного принципа автоматизированных информационных систем освоения эрготехнических комплексов / М. В. Семин // Эффективность автоматизированных систем управления авиацией, систем связи и РТО ВВС : науч.-техн. сб. – Ногинск, 2012. – 275 с.
2. Потапов, А. Н. Обоснование подхода к разработке метода представления информации о воздушной обстановке для обмена в сложной иерархической структуре автоматизированной системы управления / А. Н. Потапов, М. В. Семин // Академические Жуковские чтения : сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 20–21 ноября 2013 г.). – Воронеж : ВВА им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, 2014. – С. 114–122.
3. Потапов, А. Н. К вопросу об агрегировании информации для выдачи в каналы передачи данных / А. Н. Потапов, М. В. Семин // Актуальные вопросы эксплуатации систем охраны и защищенных телекоммуникационных систем : сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 5 июня 2014 г.). – Воронеж : Воронежский институт МВД России, 2014. – С. 194–196.
4. Потапов, А. Н. Алгоритм обнаружения информационной перегрузки в иерархической автоматизированной системе управления / А. Н. Потапов, М. В. Семин // Вестник Военной академии воздушно-космической обороны : сб. науч.-метод. материалов. – Тверь : ВА ВКО им. Г. К. Жукова, 2015. – Вып. № 5. – С. 117–120.

---

**Семин Михаил Валентинович**  
начальник учебной лаборатории,  
кафедра эксплуатации радиотехнических  
средств (обеспечения полетов),  
Военно-воздушная академия  
им. профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)  
E-mail: mixa5540@yandex.ru

**Semin Mikhail Valentinovich**  
chief of educational laboratory,  
sub-department of operation  
of radio-technical devices (support flight),  
Air force Academy named after  
professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin (Voronezh)

**Стражник Владимир Петрович**  
кандидат технических наук,  
начальник кафедры эксплуатации  
радиотехнических средств  
(обеспечения полетов),  
Военно-воздушная академия  
им. профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)  
E-mail: strazhnik36rus@gmail.com

**Strazhnik Vladimir Petrovich**  
candidate of technical sciences,  
chief of sub-department of operation  
of radio-technical devices (support flight),  
Air force Academy named after  
professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin (Voronezh)

**Потапов Андрей Николаевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
заместитель начальника кафедры  
эксплуатации радиотехнических средств  
(обеспечения полетов),  
Военно-воздушная академия  
им. профессора Н. Е. Жуковского  
и Ю. А. Гагарина (г. Воронеж)  
E-mail: potapov\_il@mail.ru

**Potapov Andrey Nikolayevich**  
candidate of technical sciences,  
associate professor,  
deputy head of sub-department of operation  
of radio-technical devices (support flight),  
Air force Academy named after  
professor N. E. Zhukovsky  
and Yu. A. Gagarin (Voronezh)

УДК 621.391

**Семи́н, М. В.**

**Агрегирование информации о воздушной обстановке в автоматизированной системе управления воздушными объектами в условиях комплексных информационных воздействий / М. В. Семи́н, В. П. Стражник, А. Н. Потапов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 139–149.**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАГНИТНЫХ  
ПОЛЕЙ ПОСТОЯННЫХ МАГНИТОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ  
ФОРМЫ И ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ИМ СОЛЕНОИДОВ<sup>1</sup>**

*Ю. Н. Слесарев, Б. В. Малышев, А. А. Борисова, А. А. Воронцов*

**MATHEMATICAL MODELING OF MAGNETIC FIELDS  
OF PERMANENT MAGNETS OF A CYLINDRICAL FORM  
AND SOLENOIDS EQUIVALENT TO THEM**

*Yu. N. Slesarev, B. V. Malyshev, A. A. Borisova, A. A. Vorontsov*

*Аннотация. Актуальность и цели.* В настоящее время в приборостроении все большее внимание уделяется разработке магнитострикционных приборов различного назначения. Это объясняется их хорошими техническими характеристиками и широкими функциональными возможностями при относительной простоте и невысокой стоимости изготовления. Отмеченные обстоятельства обуславливают актуальность работы. Целью работы является проведение исследований, направленных на анализ и сравнение результатов моделирования магнитных полей постоянных магнитов цилиндрической формы и эквивалентных им соленоидов. *Материалы и методы.* Методы исследования основаны на использовании положений теории расчета магнитных полей постоянных магнитов и принципе суперпозиций. *Результаты.* В работе приводятся результаты моделирования магнитных полей постоянных магнитов цилиндрической формы и эквивалентных им соленоидов. Было установлено, что использование того или иного метода расчета определяется предъявляемой точностью и замена постоянного магнита эквивалентным соленоидом вносит погрешности в расчеты. *Выводы.* Математическое моделирование магнитных полей магнитострикционных преобразователей линейных перемещений является важной задачей при проектировании и модернизации магнитострикционных приборов. Для расчета магнитных полей в них возможно использование метода эквивалентного соленоида, но это вносит погрешности в результаты измерений.

*Ключевые слова:* математическая модель, метод моделирования, постоянный магнит, напряженность магнитного поля, магнитное поле постоянного магнита, математическое моделирование магнитных полей.

*Abstract. Background.* Now in instrument making the increasing attention is given to development of magnetostriction devices of different function. It is explained by their good technical characteristics and wide functionality at relative simplicity and low cost of production. Noted circumstances cause relevance of work. The purpose of work is carrying out the researches directed to the analysis and comparison of results of modeling of magnetic fields of permanent magnets of a cylindrical form and solenoids equivalent to them. *Materials and methods.* Methods of a research are based on use of provisions of the theory of calculation of magnetic fields of permanent magnets, the principle of superpositions. *Results.* Results of modeling of magnetic fields of permanent magnets of a cylindrical form and equivalent him to solenoids are given in work. It has been established that use of this or that method of calculation is defined by the shown accuracy and replacement of a permanent magnet with the equivalent solenoid brings errors in calculations. *Conclusions.* Mathematical modeling of magnetic fields of magnetostriction converters of linear movements is an im-

---

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания высшим учебным заведениям (проект № 3036).

portant task at design and modernization of magnetostriction devices. For calculation of magnetic fields in them use of a method of the equivalent solenoid is possible, but it brings errors in results of measurements.

**Key words:** mathematical model, modeling method, permanent magnet, tension of magnetic field, magnetic field of a permanent magnet, mathematical modeling of magnetic fields.

### **Введение**

При анализе процессов в магнитоотрицательных преобразователях линейных перемещений (МПЛП) и магнитоотрицательных преобразователях углов наклона (МПУН) необходимо принимать в расчет величину и распределение магнитного поля, создаваемого как постоянным магнитом, так и соленоидом.

В теории магнетизма доказывается [1], что магнитное поле постоянного магнита эквивалентно магнитному полю от тока, протекающего по поверхности, совпадающей с боковой поверхностью магнита. В работе [2] приведены рассуждения о замене соленоида магнитом, но не даны результаты количественных сравнений.

С инженерной точки зрения реализовать протекание тока в поверхностном слое бесконечно малой толщины сложно, а аналогом такого устройства является соленоид, в котором ток протекает в объемном слое, что указывает на целесообразность сравнения распределения магнитных полей постоянного магнита и однослойного соленоида с конечной толщиной провода. Исследованиям математических моделей постоянных магнитов и эквивалентных им соленоидов, а также вычислительным экспериментам над ними посвящена статья.

### **1. Теоретические исследования**

Для материалов с прямоугольной петлей гистерезиса намагниченность  $M$  можно определить как  $M \cong B_r / \mu_0$ , где  $B_r$  – остаточная индукция,  $\mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м – магнитная постоянная. Линейную плотность намагничивающего тока эквивалентного соленоида можно выразить приближенной формулой  $j \cong B_r / \mu_0$ , где  $j = I / h$  – линейная плотность намагничивающего тока.

С использованием закона Био–Савара и подхода, изложенного в работе [3], для соленоида конечных радиусов обмотки  $R_1$  и  $R_2$  и конечной высоты  $h$ , изображенного на рис. 1, было получено выражение для осевой составляющей магнитного поля соленоида  $H_{sz}(r, z)$

$$H_{sz}(r, z) = \frac{j}{2\pi} \int_{R_1}^{R_2} \left[ \sum_{v=1}^2 (-1)^v \frac{(z - z'_v)}{\sqrt{(z - z'_v)^2 + (r - r')^2}} \left[ K(k_v) + \frac{r - r'}{r + r'} \Pi(h, k_v) \right] dr' \right], \quad (1)$$

где  $K(k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{\sqrt{1 - (k_v^2) \sin^2(\beta)}}$  – полный эллиптический интеграл первого

рода,  $v$  – аргумент;  $\Pi(h, k_v) = \int_0^{\pi/2} \frac{d\beta}{(1 - h \sin^2(\beta)) \cdot \sqrt{1 - (k_v^2) \sin^2(\beta)}}$  – полный эл-

эллиптический интеграл третьего рода,  $h = \frac{4rr'}{(r+r')^2}$ ,  $\beta$  – переменная интегрирования;

$k_v = \sqrt{\frac{4rr'}{(z-z_v')^2 + (r+r')^2}}$  – параметр;  $R_1, R_2$  – внутренний и внешний радиусы соленоида;  $z_2' = b$  – расстояние от нижнего торца катушки до начала координат;  $z_1' = b + h_s$  – расстояние от верхнего торца катушки до начала координат;  $h_s$  – высота соленоида;  $j$  – плотность тока в витках соленоида, в А/м<sup>2</sup>;  $r, z$  – координаты точки наблюдения;  $r'$  – переменная интегрирования.

Для анализа магнитных полей соленоида при задании значения плотности тока  $j$  также следует учитывать коэффициент заполнения обмотки  $\lambda \cong \pi/4$ .

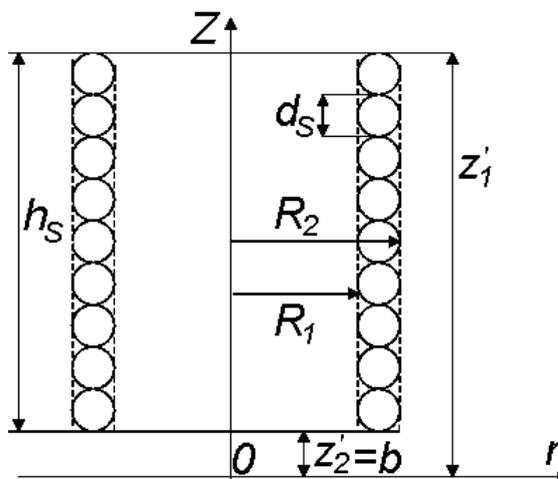


Рис. 1. Математическая модель магнитного поля соленоида

Для постоянного кольцевого магнита с намагниченностью  $M$  и с внешним и внутренним радиусами соответственно  $R_{22}$  и  $R_{11}$  (рис. 2) осевую составляющую напряженности магнитного поля  $H_{mz}(r, z)$  можно определить по формуле [4]

$$H_{mz}(r, z) = \frac{1}{4\pi} H_{z2}(r, z) - H_{z1}(r, z), \quad (2)$$

где

$$H_{z2}(r, z) = 4 \int_{R_1}^{R_2} \left[ \frac{M \rho z E_2(k_2)}{\left[ r - \rho^2 + z^2 \right] \cdot \sqrt{r + \rho^2 + z^2}} \right] d\rho; \quad (3)$$

$$H_{z1}(r, z) = 4 \int_{R_1}^{R_2} \left[ \frac{M \rho (z - h_M) E_2(k_1)}{\left[ r - \rho^2 + z - h_M^2 \right] \cdot \sqrt{r + \rho^2 + z - h_M^2}} \right] d\rho; \quad (4)$$

$E_2(k) = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \sqrt{1 - k^2 \sin^2 \phi} \cdot d\phi$  – полный эллиптический интеграл второго рода;

$\phi$  – амплитуда полного эллиптического интеграла второго рода;

$k_1 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{r + \rho + z - h_M}$ ;  $k_2 = \frac{4 \cdot r \cdot \rho}{r + \rho + z}$ ;  $r$  – расстояние от центра постоянного магнита до точки наблюдения;  $r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}$ ;  $h_M$  – высота постоянного магнита;  $z$  – координата в направлении, перпендикулярном плоскости магнита;  $\rho$  – полярный радиус, определяемый расстоянием от центра постоянного магнита до точки, лежащей на его верхней или нижней поверхности,  $\rho = \sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}$ .

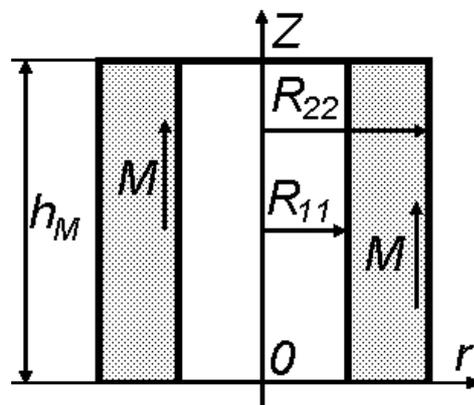


Рис. 2. Математическая модель магнитных полей постоянного магнита

Таким образом, для проведения вычислительных экспериментов при моделировании магнитных полей постоянного магнита и эквивалентного ему соленоида будем использовать выражения (2)–(4) и (1) соответственно.

## 2. Вычислительный эксперимент

Для проведения вычислительных экспериментов будем использовать сплошные постоянные магниты ( $R_{11} = 0$ ) и эквивалентные им соленоиды высотой  $h_M = h_S = h$ . Намагниченность  $M$  постоянного магнита и соответствующую ей линейную плотность тока соленоида  $j$  принимаем равной  $M = j = 5000$  А/м. Расстояние от торца соленоида до начала координат  $b$  для удобства проведения вычислительного эксперимента принимаем равным нулю ( $b = 0$ ). Диаметр провода намотки соленоида  $d_s$  выбираем равным 0,2 мм ( $d_s = 0,2$  мм), намотка соленоида однослойная.

Для первого вычислительного эксперимента будем использовать постоянный магнит и соленоид радиусом  $R_1 = R_{22} = 2,5$  мм и высотой  $h = 10$  мм. Результат моделирования изменения значений напряженностей магнитных полей вдоль оси  $OZ$  ( $r = 0$ ) приведен на рис. 3.

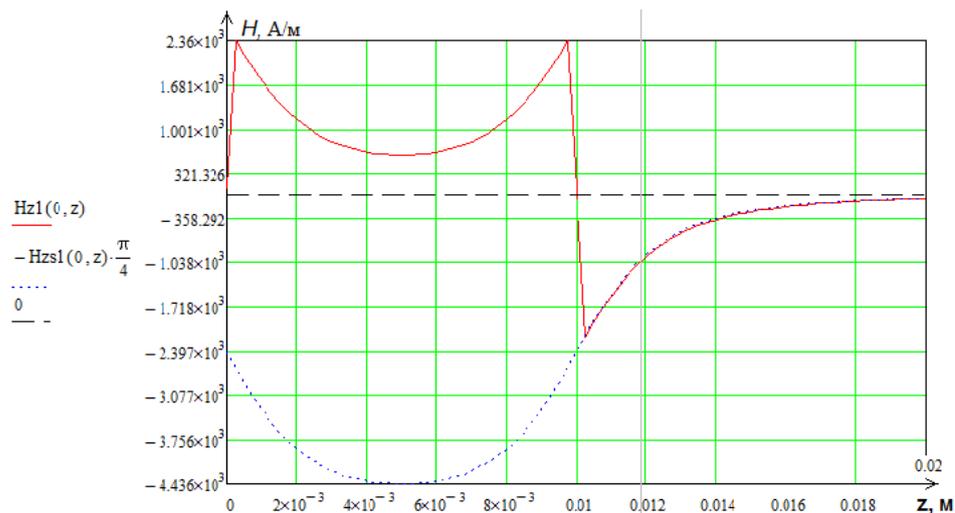


Рис. 3. Результат первого вычислительного эксперимента по сравнению распределений магнитных полей магнита и эквивалентного ему соленоида ( $R_1 = R_{22} = 2,5$  мм,  $h = 10$  мм)

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о полном несовпадении магнитных полей внутри соленоида и постоянного магнита, а также вблизи его торца ( $z = 0,01$  м). Однако при удалении от поверхности на расстояние  $\approx 0,03$  мм ( $z \approx 0,0103$  м) значения напряженностей магнитных полей, созданных постоянным магнитом и эквивалентным ему соленоидом, уже отличаются не более чем на 1 %.

Для исследования изменений в результатах моделирования магнитных полей постоянных магнитов и эквивалентных им соленоидов проведем второй вычислительный эксперимент. Его результаты приведены на рис. 4.

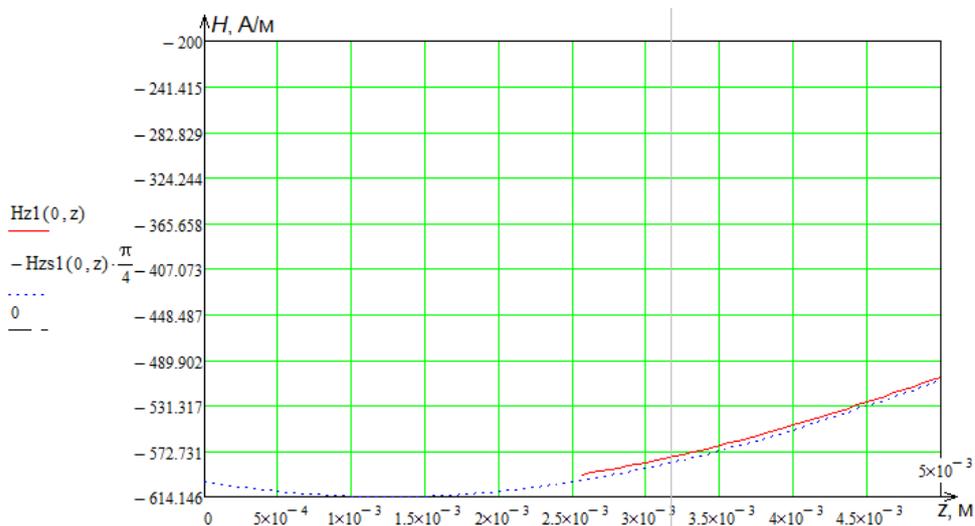


Рис. 4. Результат второго вычислительного эксперимента по сравнению распределений магнитных полей магнита и эквивалентного ему соленоида ( $R_1 = R_{22} = 10$  мм,  $h = 2,5$  мм)

Моделирование магнитного поля постоянного магнита осуществлялось лишь в области, где результаты моделирования отличались не более чем на 1%. Для вычислительного эксперимента использовались постоянный магнит и соленоид высотой  $h = 2,5$  мм и радиусом  $R_1 = R_{22} = 10$  мм. Анализ результатов позволяет сделать вывод, что на расстоянии, приблизительно равном  $0,13$  мм от верхнего торца ( $z \approx 2,63 \cdot 10^{-3}$  мм), результаты моделирования также отличаются не более чем на 1%.

Результаты вычислительных экспериментов по исследованию напряженностей магнитного поля вдоль оси  $0r$  при  $z = h/2$  (рис. 5, 6) также свидетельствуют о несовпадении значений как внутри постоянного магнита и соленоида, так и вблизи их поверхностей. Для вычислительных экспериментов были использованы постоянный магнит и соленоид радиусами  $R_1 = R_{22} = 2,5$  мм и  $R_1 = R_{22} = 10$  мм и высотой  $h = 10$  мм и  $h = 2,5$  мм для третьего и четвертого вычислительных экспериментов соответственно.

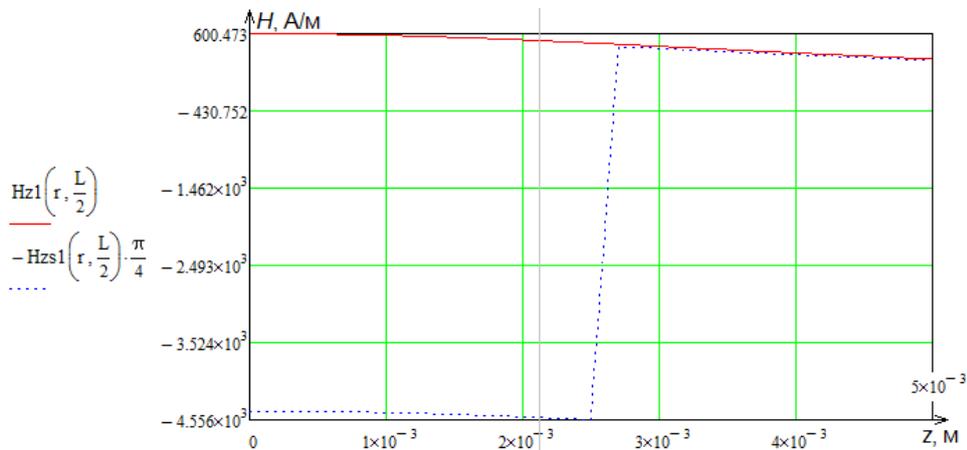


Рис. 5. Результат третьего вычислительного эксперимента по сравнению распределений магнитных полей магнита и эквивалентного ему соленоида ( $z = h/2$ ,  $R_1 = R_{22} = 2,5$  мм,  $h = 10$  мм)

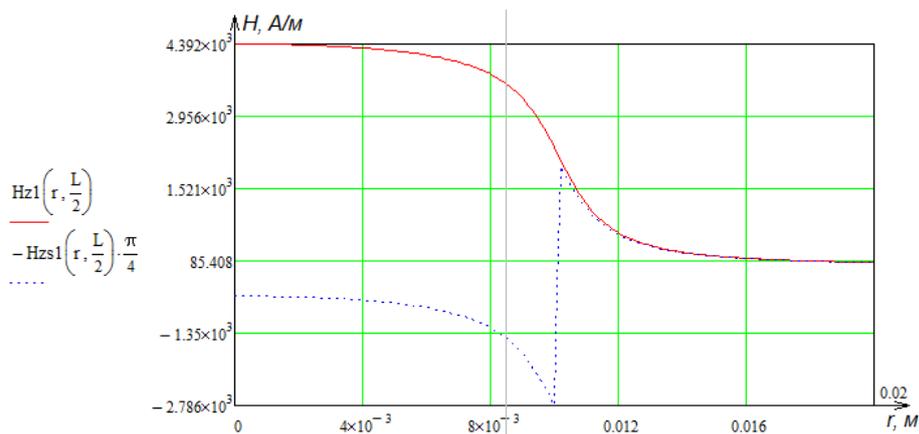


Рис. 6. Результат четвертого вычислительного эксперимента по сравнению распределений магнитных полей магнита и эквивалентного ему соленоида ( $z = h/2$ ,  $R_1 = R_{11} = 10$  мм,  $h = 2,5$  мм)

### *Заключение*

Таким образом, в результате вычислительных экспериментов было впервые произведено сравнение результатов моделирования магнитных полей, полученных для постоянных магнитов и эквивалентных им соленоидов. Моделирование является логическим продолжением работ авторов [4–8] по исследованиям магнитных полей сплошных и кольцевых постоянных магнитов. Анализ результатов моделирования, приведенных на рис. 3–6, позволил сделать вывод о несовпадении значений напряженностей магнитных полей как внутри постоянного магнита и соленоида, так и вблизи их поверхностей. При незначительном отдалении от поверхностей результаты моделирования магнитных полей отличаются не более чем на 1 %. Однако так как на практике создать бесконечно тонкий слой соленоида невозможно, то реальное расхождение результатов может быть более значительным. Поэтому возможность использования для расчетов значений напряженности метода эквивалентного соленоида определяется допустимой погрешностью расчетов.

### *Список литературы*

1. Говорков, В. А. Электрические и магнитные поля / В. А. Говорков. – М. ; Л. : Гос. энергет. изд-во, 1960. – С. 179.
2. Тамм, И. Е. Основы теории электричества / И. Е. Тамм. – М. : Наука, 1976. – С. 252.
3. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ / М. Г. Александрова, А. Н. Белянин, В. Брюкнер и др. ; под ред. Л. В. Данилова и Е. С. Филиппова. – М. : Радио и связь, 1983. – 344 с.
4. Слесарев, Ю. Н. Математическое моделирование магнитных полей двухкоординатных магнотриксционных наклономеров, содержащих кольцевой или сплошной постоянный магнит / Ю. Н. Слесарев, А. А. Воронцов, Э. В. Карлукхин // Известия Пензенского государственного педагогического университета. Физико-математические и технические науки. – 2012. – № 30. – С. 467–472.
5. Воронцов, А. А. Математическое моделирование и расчет магнитных полей магнотриксционных преобразователей угловых перемещений, содержащих сплошной постоянный магнит / Ю. Н. Слесарев, А. А. Воронцов, С. В. Родионов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2015. – № 3 (25). – С. 169–175.
6. Воронцов, А. А. Исследование и моделирование блока обработки сигнала магнотриксционных преобразователей линейных перемещений на ультразвуковых волнах кручения / А. А. Воронцов, Ю. Н. Слесарев, С. В. Родионов // Современные информационные технологии. – 2015. – № 21. – С. 195–198.
7. Vorontsov, A. A. The mathematical modeling and calculation of magnetic fields two-ordinate magnetostrictive tiltmeters taking into account skin-effect / Yu. N. Slesarev, A. A. Vorontsov, S. V. Rodionov // Наука и технологии. – 2015. – № 1. – С. 8–18.
8. Моделирование магнитной системы конструкций двухкоординатных магнотриксционных наклономеров с расположением магниточувствительных элементов под углом 90 градусов / Ю. Н. Слесарев, А. А. Воронцов, С. В. Родионов, А. М. Зелик // Новое слово в науке: перспективы развития : сб. материалов Международ. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2014. – С. 238–240.

---

**Слесарев Юрий Николаевич**  
доктор технических наук, профессор,  
кафедра вычислительных машин  
и систем,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: slesarevun@gmail.com

**Slesarev Yury Nikolayevich**  
doctor of technical sciences, professor,  
sub-department of computers and systems,  
Penza State Technological University

**Малышев Богдан Владимирович**  
студент,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: gggeekkk@rambler.ru

**Malyshev Bogdan Vladimirovich**  
student,  
Penza State Technological University

**Борисова Александра Анатольевна**  
студент,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail: alexa-13@yandex.ru

**Borisova Alexandra Anatolyevna**  
student,  
Penza State Technological University

**Воронцов Александр Анатольевич**  
кандидат технических наук, доцент,  
кафедра вычислительных машин  
и систем,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
E-mail:aleksander.vorontsov@gmail.com

**Vorontsov Alexander Anatolyevich**  
candidate of technical sciences,  
associate professor,  
sub-department of computers and systems,  
Penza State Technological University

---

УДК 519.711.3

**Слесарев, Ю. Н.**

**Математическое моделирование магнитных полей постоянных магнитов цилиндрической формы и эквивалентных им соленоидов / Ю. Н. Слесарев, Б. В. Малышев, А. А. Борисова, А. А. Воронцов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 150–157.**