

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ПРАВО

**Карнишина Н. Г.**

ТРИАДА: НАЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ – ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИДЕОЛОГИЯ –  
ПОЛИТИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ..... 3

**Белоусов В. А.**

СМЕШАННЫЕ ЮРИДИЧЕСКИЕ ФАКТЫ..... 7

**Гаврилов К. Г., Родин И. В.**

ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОГО  
СОТРУДНИЧЕСТВА В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА)..... 13

**Феоктистов В. А., Тимошкина О. А.**

ПРОБЛЕМЫ ПРОФИЛАКТИКИ ДЕВИАНТНОГО ПОВЕДЕНИЯ СРЕДИ  
НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ В СРЕДНИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ  
НА ПРИМЕРЕ МНОГОПРОФИЛЬНОГО КОЛЛЕДЖА ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА ..... 19

## МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

**Купрюшина Н. В., Купрюшин А. С., Вишнякова Ж. С., Латынова И. В., Тугушева К. А.**

ПОВТОРНЫЙ ИНФАРКТ МИОКАРДА БЕЗ АТЕРОСКЛЕРОЗА КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ:  
ПРАКТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ ..... 24

**Селина О. А.**

ВЛИЯНИЕ ИНДУКЦИИ РОДОВ МЕФИПРИСТОНОМ НА МЛАДЕНЧЕСКУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ.... 28

**Юдина Д. О., Митрофанова Н. Н., Мельников В. Л.**

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА АЛЛОХТОННОЙ И АУТОХТОННОЙ МИКРОФЛОРЫ ВОД  
ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ ..... 33

## АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

**Тында А. Н.**

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОСТОЯННЫМИ  
ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ ..... 39

**Рудин А. В., Балюков С. Е.**

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ФОРМЫ В РЕЖИМЕ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ  
МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ ..... 46

**Жмуркин С. Ю., Аверин И. А., Пронин И. А., Карманов А. А.**

МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ОБЛАСТЕЙ КОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ В МАТЕРИАЛАХ  
С СИЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ ..... 55

## ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

**Данилова Е. А., Кочегаров И. И., Юрков И. К.**

ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ  
ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ ..... 61

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Бикташев Р. А., Емельянов Р. И.</b><br>СТРУКТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК<br>МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ПЛАНИРОВЩИКОВ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ ЗАДАЧ .....                | 66  |
| <b>Акчурина Р. Р., Соловьев В. А., Баранов А. С.</b><br>ВИХРЕВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МАССОВОГО И ОБЪЕМНОГО РАСХОДА НА ВОЛОКОННО-<br>ОПТИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ БРЭГГА .....                               | 76  |
| <b>Колеснов Д. В., Фандеев В. П.</b><br>АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ НА ФЛЮОРОГРАММЕ ЛЕГКИХ .....                                                                              | 84  |
| <b>Ларкин С. Е.</b><br>КВАЗИСТАЦИОНАРНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОГО РЕЗОНАНСНОГО<br>ДВУХПОЛЮСНИКА .....                                                                           | 89  |
| <b>Слугина А. А.</b><br>ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 1С «ИНФОРМАТИКА» ПРИ ПОДГОТОВКЕ<br>К РЕШЕНИЮ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ<br>И ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ ..... | 98  |
| <b>Чакветадзе Д. Б., Щербаков А. Н.</b><br>ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХУРОВНЕВОЙ РАЗВЯЗКИ С ПОМОЩЬЮ<br>ПРОГРАММЫ RTVVISSIM.....                                                         | 101 |
| <b>Чернова А. Я.</b><br>АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ .....                                                                                                  | 108 |
| <b>Тимонин А. Ю.</b><br>ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ СОЦИАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ<br>В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ.....                                                                            | 112 |

# ЭКОНОМИКА, СОЦИОЛОГИЯ, ПРАВО

УДК 32/325

**Н. Г. Карнишина**

## ТРИАДА: НАЦИОНАЛЬНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ – ГОСУДАРСТВЕННАЯ ИДЕОЛОГИЯ – ПОЛИТИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА В СОВРЕМЕННОЙ РОССИИ

**Аннотация.** При анализе неэкономических факторов модернизации на первый план выходит тот факт, что современная Россия исторически является мультикультурным и поликонфессиональным обществом. Общемировая тенденция интенсификации миграционных процессов, коснувшаяся и России, еще более усложнила полиэтническую структуру российского общества. В то же время во многих странах усилились этнические конфликты. В результате в триаде цивилизационная – общенациональная – этническая идентичность для многих людей на первый план выходит последняя. Сохранение традиционных семейных ценностей в этой связи приобретает для России особое значение в условиях глобализации.

**Ключевые слова:** государственная идеология, национальная идентичность, семейные ценности, этноконфессиональная составляющая.

Анализ социокультурной составляющей модернизации целесообразно проводить, на наш взгляд, на всех уровнях – глобальном, региональном и национальном. В этой связи проблема места и роли традиционных ценностей народа в его политической культуре актуальна для нашей страны ввиду того, что Россия исторически является полиэтноконфессиональным государством. Общемировая тенденция интенсификации миграционных процессов, коснувшаяся и России, еще более усложнила полиэтническую структуру российского общества и привела к усилению этнических конфликтов.

В процессе миграции население, покидающее свою этническую территорию, частично теряет черты своего этноса, в то же время достаточно длительное время не приобретая устойчивых свойств вновь сложившегося общества. При этом частично разрушаются традиционные этнические ценности, внедряются поведенческие коды, несвойственные как этнической этике традиционных народов, так и современным цивилизационным ценностям, особенно в условиях процесса глобализации. Сущность глобализации состоит в резком расширении и усложнении взаимосвязей и взаимозависимостей народов и государств как новой стадии общественного развития в общемировом масштабе, нового качества социальных связей и общественных процессов.

Вопросы политического характера этничности – в частности, этнических конфликтов – приобретают в современных условиях особую актуальность. Речь идет о возрастающей роли этнического фактора в социальном, политическом развитии страны. Этнизация общественной и политической жизни чревата угрозой экстремизма. Причины этнополитических конфликтов коренятся в самой природе национальных (этнических) государств.

Глобализация неизбежно сопровождается аккультурацией этнокультурных сообществ. В результате при осмыслении структуры национальной идентичности народа на первый план выходит ее этническая составляющая.

В свою очередь, в структуре этнической идентичности, на наш взгляд, особое место занимают семейные ценности. Состояние института семьи напрямую связано со способностью общества к собственному воспроизводству, с качеством передачи от поколения к поколению того политического, культурного опыта, духовных и нравственных ценностей, без которых невозможно сохранение национальной идентичности страны в целом.

В этом плане интерес, по нашему мнению, представляют взгляды славянофилов. Славянофильская линия базируется на обосновании И. В. Киреевским ряда положений об источниках и эволюции политико-правовых институтов России. Он утверждал, что российская государственность именно через православную церковь получила от Византии не только духовное, но и государственно-правовое наследство и таким образом сохранила то, что утратил Запад, т.е. весьма специфические «соборно-имперские» черты и целостность христианской веры, опирающейся на патриархальные семейные традиции.

Традиционные семейные ценности – совокупность нравственных принципов, культурных (в том числе религиозных) традиций, обычаев и правил поведения, исторически присущих данному обществу и связанных с созданием и жизнью семьи. Следует согласиться с классификацией И. И. Белобородова, который выделил следующие традиционные семейные ценности России: единобрачие, целомудрие, супружеская верность, престиж семьи, общественное одобрение брака (через официальную регистрацию, согласие родителей и венчание), ранняя брачность, многопоколенность, иерархичность, нерушимость брака, многодетность. Эти ценности исторически составляли основу брачно-семейной культуры народов России [1, с. 24–25].

При этом современная семейно-демографическая политика России, несмотря на ряд позитивных сдвигов, не отвечает целям долгосрочного развития страны и обеспечения национальной безопасности. В легальное определение понятия «национальная безопасность» введена категория «ценности», как правило, в России упускаемая из виду при обсуждении вопросов, связанных с национальной безопасностью и стратегическим планированием [2]. В то же время именно гражданский брак как официально зарегистрированный государственными органами союз мужчины и женщины определяется как «традиционная ценность», в том числе в Концепции государственной семейной политики в Российской Федерации на период до 2025 г.

Кризис семьи выявляется на основе анализа комплекса наиболее репрезентативных показателей, включая количество семей, браков и разводов, аборт, внебрачных деторождений и т.д. Количество семей в России с 2002 по 2010 г. (по данным переписей населения) уменьшилось на 2 %: с 41,7 млн до 40,7 млн. Согласно среднему варианту прогноза, сделанного Департаментом по экономическим и социальным вопросам ООН, население России за XXI в. снизится до 117 млн человек, т.е. на 20 % по сравнению с 2000 г. При этом его доля в мировом населении снизится до 1 % (по сравнению с 4 % в середине XX в. и 2 % в 2015 г.) [3].

В условиях глобализации кризис традиционных ценностей неизбежно углубляется. Глобализация – это достаточно сложный, многосторонний процесс, который затрагивает все сферы человеческого бытия. Она сопровождается снижением возможности национальных элит доминировать в сферах экономики, культуры в своих странах, смещаясь на наднациональный уровень, что уменьшает устойчивость развития национальных государств. Приобретая ярко выраженный этнический характер, национальное государство стремится сплотить государствообразующую нацию и таким образом противодействовать негативным для себя последствиям глобализации [4, с. 171]. По данным А. В. Костиной, в середине 1990-х гг. около 90 % европейцев идентифицировали себя прежде всего со своей национально-этнической общностью или со своим регионом проживания [5, с. 125].

Применительно к современной России все эти тенденции проявляются в полной мере. В условиях переходного периода в стране идет противоречивый процесс этно-

социокультурной интеграции при сохраняющейся тенденции дезинтеграции постсоветского государства. Кроме того, имперский опыт, умноженный на советскую национальную политику, еще более осложнил процессы формирования гражданской идентичности россиянина в постсоветский период. Поэтому для государственной идеологии России этнополитика является основой сохранения полиэтнокультурной целостности народа.

Исследователи называют несколько факторов, определяющих взаимовлияние государственной идеологии и национальной идентичности в условиях модернизации в России. Во-первых, это имперский опыт страны с политикой «центр – национальные окраины» и православием как государственной религией [6, с. 14]. Во-вторых, общие демографические тенденции сокращения доли русского этноса в стране и связанная с этим этноконфессиональная составляющая. В-третьих, это современная тенденция к увеличению миграционных потоков.

Для стран, имеющих имперское прошлое, характерна сложность и нелинейность развития как государства, так и общества. При доминирующей роли государства в имперский период русской истории ассимиляция присоединенных территорий проходила в форме целенаправленного воздействия на этносоциальные общности. Уже на начальной стадии становления великорусского этноса наряду с формированием этнокультурной общности имело место частичное сохранение этнокультурных особенностей, свойственных населению территорий, образовавших Российское государство. Политика империи, направленная на унификацию всего имперского пространства, сопровождавшаяся насильственной аккультурацией и ассимиляцией населения, которые зачастую принимали форму его массовых переселений с одной территории на другую, дает только временный и поверхностный эффект гомогенизации имперского пространства, так как неизбежно усиливает развитие центробежных тенденций, вызывающих распад империи. Государственная этнополитика выступила системообразующим фактором по отношению к социокультурным характеристикам российского общества, формируя отчасти новую политическую культуру. Применительно к русскому государству целесообразно, на наш взгляд, выделять этноконфессиональный фактор, так как этническая и конфессиональная компоненты здесь тесно переплетены и укрупнены преимущественно в этносы христианско-православной и исламской конфессиональной принадлежности. Ее суть – в резком расширении и усложнении взаимосвязей и взаимозависимостей народов и государств, это – новая стадия общественного развития в общепланетарном масштабе, новое качество социальных связей и общественных процессов, ставшее возможным благодаря достижениям науки и техники.

Возрастание этнической сегментации российского общества происходило весь постсоветский период и имело под собой объективные причины политического, экономического, конфессионального характера. Опора в государственной идеологии на объединяющие возможности нации явилась вполне закономерным результатом политики национального государства. Отчуждение ряда представителей этносов, мигрантов от общегосударственной идеологии, носит этнокультурный характер. В основе лежит обособление носителей иных конфессиональных и культурных традиций и ценностей, исповедуемых этническим большинством данного общества. Ход миграционных процессов также ведет к поляризации российского общества по этническим характеристикам. Учет этносоциокультурного компонента крайне важен при анализе процессов формирования гражданской идентичности в современной России.

Новая интегративная государственная идеология, базирующаяся на общечеловеческих ценностях, с учетом особенностей политической культуры страны может стать инструментом самоидентификации с Россией всех этносов как с общим политически, социально и культурно организованным домом. Наиболее предпочтительным сценарием развития этнополитических процессов на постсоветском пространстве, на наш взгляд,

является путь этнополитической интеграции различных наций в едином многонациональном государстве.

Комплексная государственная семейно-демографическая политика в идеологическом отношении должна строиться на признании, защите и пропаганде традиционных ценностей в соотношении с состоянием общества и особенностями его политической культуры с опорой на такие «идентификационные интеграторы, как государство, народ, цивилизация» [7].

### **Библиографический список**

1. Белобородов, И. И. Традиционные семейные ценности: в теории и на практике. По итогам круглого стола, посвященного культуре русской семьи / И. И. Белобородов. – URL: <http://riss.ru/actions/22040/> (дата обращения: 10.08.2016).
2. Указ Президента Российской Федерации от 31 декабря 2015 года № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации». – URL: <http://www.rg.ru/2015/12/31/nac-bezopasnost-site-dok.html> (дата обращения: 18.02.2016).
3. Козырева, П. М. Российская молодежь: семья, брак и сексуальность / П. М. Козырева, Ю. П. Лежнина // Россия и Китай: молодежь XXI века : монография ; отв. ред.: М. К. Горшков, Ли Чунлинь, З. Т. Голенкова, П. М. Козырева. – М. : Новый хронограф, 2014. – 198 с.
4. Кочетков, А. П. Национальное государство в условиях глобализации / А. П. Кочетков // Общественные науки и современность. – 2014. – № 4. – С. 167–173.
5. Костина, А. В. Этнокультурный ренессанс начала XXI в. / А. В. Костина // Культура на рубеже XX–XXI вв.: Глобализационные процессы. – М., 2005. – С. 121–129.
6. Карнишина, Н. Г. Западные губернии Российской империи: проблемы государственно-правового устройства / Н. Г. Карнишина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. – 2012. – № 3. – С. 14–20.
7. Багдасарян, В. Э. Устойчивость института семьи как фактор национальной безопасности России / В. Э. Багдасарян. – URL: <http://rusrand.ru/docconf/ustojchivost-instituta-semi-kak-faktor-natsionalnoj-bezopasnosti-rossii> (дата обращения: 12.08.2016).

**Карнишина Наталья Геннадьевна**, доктор исторических наук, профессор, кафедра «История Отечества, государства и права», Пензенский государственный университет.

E-mail: [karnishins@mail.ru](mailto:karnishins@mail.ru)

УДК 32/325

**Карнишина, Н. Г.**

**Триада: национальная идентичность – государственная идеология – политическая культура в современной России** / Н. Г. Карнишина // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 3–6.

УДК 34

**В. А. Белоусов**

## **СМЕШАННЫЕ ЮРИДИЧЕСКИЕ ФАКТЫ**

**Аннотация.** Рассматривается понятие смешанных (сложных) юридических фактов, раскрывается их сущность и особенности, а также рассматриваются структурные элементы смешанного (сложного) юридического факта: объект, объективная сторона, субъект, субъективная сторона. На конкретных примерах раскрывается содержание структурных элементов смешанных юридических фактов. Автором описываются признаки, по которым следует различать смешанный юридический факт и фактический (юридический) состав.

**Ключевые слова:** юридические факты, смешанные юридические факты, сложные юридические факты, фактический состав, юридический состав, элементы сложного юридического факта, элементы смешанного юридического факта.

Правоотношения формируются, видоизменяются и заканчиваются; их содержание (обязанности и права) реализуется для достижения установленных сторонами целей. Все это движение правоотношений неразрывно связано с наступлением разнообразных фактов, которые имеют юридическую значимость. Специфические различия правовых отношений от других видов общественных отношений с полной ясностью подтверждает доктрина о юридических фактах.

Юридические факты представляют собой факты в реальной действительности, с происшествием которых закон, актуальные нормы права связывают наступление последствий юридического характера, и в первую очередь разнообразных правоотношений. Другими словами, это определенные жизненные обстоятельства, с наступлением которых правовые нормы связывают образование, трансформацию либо прекращение обязанностей и прав [11, с. 75–76].

Кроме того, в современной доктрине содержатся и иные дефиниции юридического факта, данные российскими исследователями: юридический факт – это факт, определяющий использование юридических норм [6, с. 201]; под юридическим фактом понимается основание для следствий воздействия норм права [3, с. 646].

Безусловно, что оба исследователя хотели выделить тот момент, что сами собой факты еще не вызывают субъективных прав, первоисточником которых выступают нормы в объективном праве. Юридические факты – это лишь внешние поводы для использования норм и, как следствие, образования, трансформации либо прекращения субъективных прав.

С этим возможно согласиться. В то же время полагаем, что эту позицию нужно рассматривать в первую очередь как содержательное уточнение в традиционном определении юридического факта.

Юридический факт выступает категорией, отражающей связь событий в социальной жизни, деятельности индивидов с правом. В соответствии со своей природой данная связь обладает субъективным и объективным аспектами (моментами). События и действия, которые были совершены людьми, превращаются в факты, которые становятся независимыми от их воли и сознания. Однако отдельные авторы, пытаясь обратить внимание на то, что юридические факты имеют объективный характер, заявляют, что последние имеют место быть вне зависимости от права [8, с. 39]. Такая точка зрения вряд ли правильно отражает суть юридического факта как явления реального.

Безусловно, события и действия могут появляться и существовать вне зависимости от права, но в то же время они не могут обретать свойства юридических фактов вне взаи-

мосвязи с ним. Данная связь и составляет суть, основное свойство юридических фактов, необходимую фундаментальную предпосылку для их существования. Правом не создаются юридических фактов, но право принимает участие в зарождении этих фактов, вплетаясь в ткань основы правовых отношений.

Юридическими фактами являются только обстоятельства такого рода, которые прямо либо косвенно затрагивают интересы личности, государства, общества, коллективов.

Выражение в праве отношений в обществе – сложный и многосторонний процесс. Определенная социальная ситуация подчас является переплетением элементов субъективного и объективного, случайного и закономерного. Поэтому в роли юридических фактов выступают, кроме простых фрагментов социальной реальности, также и достаточно сложные ее «срезы». В итоге в поле правового регулирования образуются смешанные (или сложные) юридические факты – фактические обстоятельства, состоящие из нескольких сторон (признаков), обладающих юридической значимостью [4, с. 74].

В роли юридических фактов не могут выступать результаты внутренней духовной жизни, мысли индивида и иные подобные явления. В то же время законодательством учитывается субъективная сторона действий (мотив, вина, интерес, цель) как составная часть сложного (смешанного) юридического факта – к примеру, состава правонарушения, отражающегося в присутствии или отсутствии обусловленных явлений в материальном мире. Нужно иметь в виду, что юридическим значением могут обладать не только позитивные (имеющиеся), но и негативные факты (например, отсутствие взаимоотношений родства, служебной подчиненности и т.п.), обладающие информацией о состоянии в общественных отношениях, которые входят в предмет нормативного регулирования.

Специфика сложных (смешанных) юридических фактов на практике учитывается не во всех случаях. К примеру, О. В. Баринов разбирает случай, когда рабочему, преступившему правила по технике безопасности, воздействием производственного механизма была причинена травма, повлекшая смерть. Поступок работника О. В. Баринов считает неосторожным противоправным действием, а смерть рабочего – относительным событием [5, с. 12–13]. Такое видение вопроса инициирует возражения. Перед нами не два разных юридических факта, а единственный юридический факт – производственный несчастный случай, выражающий определенную ситуацию социальной действительности. Но данный факт является сложным по содержанию, и внутри него могут выделяться субъективный элемент (проступок рабочего) и объективные элементы (воздействие производственного механизма, смерть).

Описанный пример подтверждает то, что «волевой» критерий, в соответствии с которым все юридические факты дифференцируются на действия и события, недопустимо абсолютизировать. В роли юридических фактов могут быть, кроме «чистых» событий и действий, также и «усложненные срезы реальности» – фактические обстоятельства, имеющие в своем содержании и то, и иное – смешанные (сложные) юридические факты.

Смешанный (сложный) юридический факт необходимо отличать от юридического (фактического) состава. С точки зрения В. Б. Исакова, «главное отличие фактического состава от сложного юридического факта состоит в том, что состав – это система юридических фактов, а сложный юридический факт – система признаков факта» [4, с. 22]. Помимо этого, «фактический состав... состоит из разнородных юридических фактов» [4, с. 23]. По словам О. А. Красавчикова, «под элементом юридического состава следует понимать отдельный юридический факт (событие или действие). Под элементом сложного юридического факта следует понимать явления, составляющие событие или действие» [7, с. 157].

Фактический состав является совокупностью двух и более «автономных» фактов действительности, однородных либо разнородных по присущей им правовой природе

(действий или событий), каждый из которых в других случаях мог бы быть самостоятельным юридическим фактом. В некоторых случаях для обеспечения юридической полноценности в фактическом составе нужно не только присутствие всех составных компонентов – юридических фактов, но и обязательное следование порядку их «накапливания» в фактическом составе. К примеру, с целью признания банкротом предпринимателя факт невозможности удовлетворить легитимные требования со стороны кредиторов обязан наступить до того момента, как данные требования будут заявлены в судебную инстанцию; в обратном случае присвоение предпринимателю статуса банкрота невозможно.

Смешанный (сложный) юридический факт как юридическая категория, а также явление в объективном мире содержит отдельные элементы, отражающие сущность данного явления. Н. Г. Александров предлагает в роли категории, связывающей эти элементы, такую дефиницию, как состав юридического факта. Он понимает под составом юридического факта комплекс признаков, при существовании которых определенный факт действительности (совокупность фактических обстоятельств) должен повлечь те либо другие юридические последствия для индивидов, которых касается данный факт [10, с. 58].

Точка зрения о существовании состава юридического факта (в том числе и сложного) была поддержана В. Н. Синюковым и О. В. Бариновым. Так, О. В. Баринов указывает, что под составом смешанного юридического факта необходимо понимать комплекс действительных явлений объективной реальности, которые составляют этот юридический факт. Им предлагается определить в роли элементов состава смешанного юридического факта-действия объект, субъект, объективную и субъективную стороны. При этом, по мнению исследователя, у фактов-событий отсутствует субъект и субъективная сторона [5, с. 12–13].

Еще более узко к пониманию состава юридического факта (в том числе и сложного) подходит В. Н. Синюков. Он указывает, что в составе юридического факта находятся такие составные части, как объективная и субъективная стороны, притом это в одинаковой степени имеет отношение как к фактам-событиям, так и к фактам-действиям. Для отдельных фактов в некоторых правовых отраслях могут иметь значимость такие компоненты состава, как субъект и объект [9, с. 30].

Признавая в общем обоснованным подход к тому, что смешанный (сложный) юридический факт выступает совокупностью заключающихся в нем элементов, необходимо отметить, что правовая категория только в том случае может обладать ценностью, если она обладает универсальным, а не исключительным применением. Таким образом, состав смешанного (сложного) юридического факта всегда включает в себе четыре элемента: объективную сторону, объект, субъективную сторону, субъект.

Объект как составная часть смешанного юридического факта содержит в себе те действительные общественные отношения и социальные блага, на присутствие которых ориентировано данное явление. Объект подвергается определенному действию, исходящему от субъекта с целью удовлетворения его интересов.

Субъектом выступает лицо или социальная группа, обладающие необходимыми качествами, позволяющими им выступать участниками в общественных отношениях. С этим элементом связаны, в том числе, дееспособность и правоспособность. Соотносимость субъекта и составляющих юридического факта определена тем, что невозможно наличие правового последствия, образование субъективных прав и юридических обязанностей, некоторых правовых полномочий вне определенного субъекта. Истечение срока также выступает фактом-событием. Прошествие срока испытания при приеме лица на работу приводит к определенным трансформациям в правовом статусе определенного субъекта, в связи с чем представляется ложным суждение о том, что факт-событие не имеет субъекта в виде своего элемента.

Объективная сторона представляется моделью, закреплённой в гипотезе правовой нормы в разной степени конкретизации данного явления, за которым признаётся качество инициировать правовые следствия. Объективная сторона может выражаться событием, а также действием и бездействием. Объективная сторона свидетельствует о признаках явления материальной жизни, являющихся юридическим фактом.

Субъективная сторона обыкновенно связывается с волей субъекта. Это положение даёт основание некоторым авторам считать, что в состав сложного (смешанного) факта-события не может быть включена субъективная сторона, так как событие не зависит от воли, выражаемой субъектом. Что касается субъективной стороны, то представленное мнение видится нам ошибочным, и вот по какой причине. Юридический факт выступает условием для движения правового отношения. Никакое правовое отношение не может быть рассмотрено вне субъекта, потому как материальную основу правового отношения составляют общественные отношения, т.е. взаимоотношения между индивидами. Общественные взаимоотношения не бытуют сами по себе – они зарождаются, видоизменяются и прерываются в связи с необходимостью в удовлетворении определенных потребностей. К примеру, согласно ст. 63 Трудового кодекса Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ [2] достижение индивидом шестнадцатилетнего возраста связывают с общими установками о возникновении права на самостоятельное подписание трудового договора не вследствие того, что так решил законодатель, а из-за того, что таким образом в юридической форме осуществляется потребность человека к труду и получению материального вознаграждения за его труд. Осуществляя регулирование общественных отношений, право призвано учитывать как факторы и условия внешней среды, так и внутренние интересы, потребности человека. Из чего следует, что и факт-событие связан с образованием правовых следствий, сориентированных на удовлетворение нужд участников общественных взаимоотношений, а, следовательно, отражает их интерес.

Таким образом, сложные юридические факты в подавляющем большинстве случаев не выступают ни «чистыми» событиями, ни «чистыми» действиями – они связывают элементы и того, и другого. Это создаёт некоторые трудности в процессе точного определения места сложного юридического факта в классификационной схеме подобных явлений.

В таком многогранном явлении, каким представляется нам смешанный юридический факт, возможно выделить разнообразные аспекты, срезы, отношения. Безусловно, для определенного рода практических и научных целей могут потребоваться только отдельные из них. Важно только, чтобы из поля зрения исследователя не ускользали материально-идеальные характеристики юридических фактов, единство материальной сущности и юридического выражения.

К типичным сложным юридическим фактам относятся факты-правонарушения, которые формируются обыкновенно из нескольких признаков (элементов) как объективного, так и субъективного характера: активного действия (бездействия) субъекта, вредных следствий, причинной взаимосвязи между деяниями и следствиями, цели, мотива и т.д.

Можно привести следующие примеры смешанных (сложных) юридических фактов:

– правонарушение (преступление), состоящее из четырех элементов: субъекта (лица, совершившего преступное деяние), объекта (защищаемых государством общественных взаимоотношений, которым субъект создал угрозу), объективной стороны (действий субъекта), субъективной стороны (вины субъекта, цели, мотивов преступления), причем преступное деяние выступает одним сложным (смешанным или комплексным) юридическим фактом, а не совокупностью четырех автономных юридических фактов (иными словами – элементы юридического факта выступают его сторонами, а не самостоятельными фактами);

– дееспособность, которая включает в себе два элемента: способность собственными действиями обрести и реализовывать гражданские права и обязательства (субъективный элемент) и достижение определенного возраста (объективный элемент);

– безвестное отсутствие, состоящее из субъективного элемента (отсутствие лица в месте постоянного жительства без информации о его настоящем месте нахождения) и объективного элемента (срока его отсутствия).

Смешанные (сложные) юридические факты определены многообразием и структурностью явлений в общественной жизни, они дают возможность охватить правовыми рамками разносторонние ситуации и явления социальной действительности. Фиксация сложных юридических фактов в общем выступает положительным явлением в праве. Сложные юридические факты содействуют повышению системности нормативно-правового регулирования. В отдельных отраслях права (семейном, трудовом, уголовном и др.) употребление сложных юридических фактов объективно нужно и неизбежно.

В то же время возможно привести множество примеров, когда сложные юридические факты вызваны недостаточностью дифференцированности в правовом регулировании. Так, ст. 250 Уголовного кодекса Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ [1] определяет загрязнение вод как «загрязнение, засорение, истощение поверхностных или подземных вод, источников питьевого водоснабжения либо иное изменение их природных свойств, если эти деяния повлекли причинение существенного вреда животному или растительному миру, рыбным запасам, лесному или сельскому хозяйству». Из чего следует, что под «загрязнением, засорением, истощением» в законе понимаются как умышленные, так и неумышленные поступки («иное изменение их природных свойств»). По нашему представлению, в описанном случае социально-правовая ситуация в законе отражена слишком «укрупненно». Приведенный юридический факт мог бы быть заменен на несколько более конкретных юридических фактов, позволяющих дифференцировать разнообразные случаи «загрязнения».

Основываясь на достигнутой степени интеграции и дифференциации в правовом регулировании, правотворческий компетентный орган обязан в каждом конкретном случае грамотно определить меру сложности юридических фактов, избрать оптимальную форму для их закрепления в законе.

### **Библиографический список**

1. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 17.04.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 17.06.1996. – № 25. – Ст. 2954.
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 03.07.2016) // Российская газета. – 2001. – № 256. – 31 декабря.
3. Гамбаров, Ю. С. Гражданское право. Общая часть / Ю. С. Гамбаров. – М. : Зерцало-М, 2013. – 816 с.
4. Исаков, В. Б. Юридические факты в российском праве : учеб. пособие / В. Б. Исаков. – М. : Юстицинформ, 2008. – 248 с.
5. Исаков, В. Б. Юридические факты в советском праве : монография / В. Б. Исаков. – Репринт. изд. – М. : Норма, 2017. – 144 с.
6. Коркунов, Н. М. Лекции по общей теории права / Н. М. Коркунов. – СПб. : Юридический центр Пресс, 2009. – 430 с.
7. Красавчиков, О. А. Гражданские организационно-правовые отношения / О. А. Красавчиков // Антология уральской цивилистики, 1925–1989 : сб. ст. – М. : Статут, 2001. – С. 156–165.
8. Проблемы регистрации прав, фиксации и удостоверения юридических фактов гражд. права : сб. ст. / отв. ред. М. А. Рожкова. – М. : Статут, 2013. – 336 с.
9. Синюков, В. Н. Российская правовая система (вопросы теории) : дис. ... д-ра юрид. наук : 12.00.01 / Синюков В. Н. – М., 2007. – 141 с.
10. Сорокин, Б. В. Теоретико-правовые концепции Н. Г. Александрова : дис. ... канд. юрид. наук : 12.00.01 / Сорокин Б. В. – Волгоград, 2010. – 210 с.

11. Ячменев, Ю. В. Доктрина юридических фактов: проблемы отраслевого (цивилистического) подхода / Ю. В. Ячменев // Вестник Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2012. – № 1 (53). – С. 75–81.

**Белоусов Виктор Андреевич**, помощник прокурора, прокуратура Октябрьского района Пензенской области.

E-mail: belousovogo@icloud.com

УДК 34

**Белоусов, В. А.**

**Смешанные юридические факты** / В. А. Белоусов // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 7–12.

УДК 349

**К. Г. Гаврилов, И. В. Родин**

## **ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДУНАРОДНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА В СФЕРЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА)**

**Аннотация.** Рассмотрены правовые и организационно-управленческие проблемы международного сотрудничества в сфере высшего образования, исследованы проблемы развития экспорта образовательных услуг российскими вузами, привлечен опыт Пензенского государственного университета, предложены направления совершенствования правового регулирования международного сотрудничества в сфере высшего образования.

**Ключевые слова:** международное сотрудничество, высшее образование, экспорт образовательных услуг, образовательное право.

Современное российское общество декларирует значимость образования. Это проявляется в особом интересе как со стороны государственного аппарата, так и со стороны гражданского общества. Неслучайно первый нормативный правовой акт новой российской государственной власти был посвящен именно образованию [1]. С самого начала современной законодательной практикой признается приоритетность сферы образования, исключительная значимость образования для развития интеллектуального, культурного и экономического потенциала России.

В наши дни почти везде в мире образование воспринимается как социальная ценность. Иллюстрацией этого явления можно считать создание мировым сообществом Университета мира с целью «обеспечить человечество международным высшим учебным заведением по вопросам мира и с целью укрепления между всеми людьми духа взаимопонимания, терпимости и мирного сосуществования для поощрения сотрудничества между народами и содействия уменьшению препятствий и угроз международному миру и прогрессу в соответствии с благородными целями, провозглашенными в Уставе Организации Объединенных Наций» [2]. Независимо от других личных достижений качественное образование содействует повышению статуса субъекта, позитивно влияет на определение его социальных ролей [13].

На настоящем этапе развития российского высшего образования одним из приоритетов является расширение международного сотрудничества университетов, развитие экспорта образовательных услуг и академической мобильности. В фундаментальной статье Л. А. Букаловой и Р. В. Шагиевой отмечается, что «развитие научных и культурных обменов, академическая мобильность и интенсификация обменов студентами, а также другие причины, содействующие расширению международного сотрудничества в сфере образования, обуславливают неизбежность международно-правовой регламентации образовательных отношений» [3]. В указанной работе приводится подробная характеристика сформировавшегося массива международно-правовых актов в области образования. Выделяются следующие группы источников: документы ООН, документы ЮНЕСКО, документы МОТ, документы Совета Европы, документы СНГ, документы по развитию европейской интеграции в образовании, иные документы международного права.

О необходимости наращивания экспорта образовательных услуг, создании условий для получения образования в российских вузах для иностранных граждан (прежде всего

из государств СНГ) в качестве серьезного инструмента укрепления культурного, интеллектуального влияния России в мире говорится в Послании Президента РФ Федеральному собранию РФ [4].

В «Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» ставится задача активного развития международных связей в области науки и образования, наращивания экспорта качественных образовательных услуг (прежде всего в государства-участники Содружества Независимых Государств), повышения привлекательности образования на русском языке на мировом рынке образовательных услуг [5]. «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», разработанная правительством РФ, объявляет развитие международных связей в рамках высшего образования одним из ключевых критериев социально-экономического развития. В концепции говорится, что «...повышение конкурентоспособности российского образования станет критерием его высокого качества, а также обеспечит позиционирование России как одного из лидеров в области экспорта образовательных услуг» [6].

Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 г., разработанный Министерством экономического развития РФ, говорит о необходимости интернационализации российского высшего образования и расширении экспорта российских образовательных услуг [7].

Развитие международного сотрудничества в сфере высшего образования определяется в качестве одной из приоритетных задач в сфере международного культурно-гуманитарного сотрудничества [8]. Расширение экспорта образовательных услуг вошло в число наиболее важных приоритетов государственной политики многих стран. В качестве причин данного процесса специалисты указывают возросшую выгоду экспорта образовательных услуг, использование высшего образования в качестве геополитического инструмента, привлечение через систему высшего образования в свои страны лучших трудовых ресурсов и использование международного сотрудничества как стимула «к реформированию системы подготовки специалистов с учетом требований мирового рынка труда, повышению качества обучения, разработке новых учебных программ и курсов с «включением международных компонент», обеспечивающих подготовленность выпускников к работе в условиях глобальной экономики, и, в конечном счете, превращению национальных университетов в международные научно-образовательные комплексы» [9].

Экспорт образовательных услуг по классификации А. Н. Ременцова реализуется в трех вариантах:

- а) процесс обучения в учебных заведениях по образовательным программам, предоставляемым иностранным гражданам в принимающей их стране (классическая форма);
- б) осуществление процесса обучения иностранных граждан непосредственно в стране их проживания (на родине) в создаваемых совместных университетах по образовательным программам страны экспортера;
- в) дистанционное обучение с использованием онлайн-технологий, предполагающее взаимодействие преподавателей в стране экспортере образовательных услуг с обучающимися в стране импортере данных услуг [10].

Для развития экспорта образовательных услуг критично важно развитие рыночной инфраструктуры международного сотрудничества. Данная работа успешно проводится в Пензенском государственном университете.

Как указывает А. Н. Козырин, «спецификой рыночной инфраструктуры образования является особое место, которое занимает в ней сектор, обеспечивающий комфортные условия пребывания обучающихся иностранцев в Российской Федерации. В данном случае речь идет не только о строительстве новых и модернизации имеющихся общежитий,

студенческих хостелов и университетских кампусов (неудовлетворительное состояние этого сектора на данный момент самым негативным образом сказывается на конкурентоспособности экспорта отечественного образования), но и вопросы безопасности, организации питания и досуга обучающихся в России иностранцев, визовой поддержки» [11]. Структурные подразделения ПГУ осуществляют работу по всем указанным направлениям.

Пензенский государственный университет, являясь лидером в вопросах международного сотрудничества в сфере высшего образования в Пензенской области, вносит значительный вклад в развитие академической мобильности и экспорта образовательных услуг в Поволжском регионе. Здесь осуществляются многосторонние программы международного сотрудничества с университетом Фленсбурга (Германия), посольством Франции в Российской Федерации, израильским институтом Мофетт (Тель-Авив) – институтом повышения квалификации учителей, академическим колледжем Давида Елина (Иерусалим), академическим колледжем Кей (Бер-Шева) и с университетами Казахстана. Участие в программе Фулбрайт позволило ПГУ начать сотрудничество с университетами США. Кроме того, проводится успешная работа по привлечению студентов из стран Магриба, Республики Индия, развивающихся стран Экваториальной Африки и стран СНГ.

С позиции университета обучение иностранных учащихся способствует:

- обеспечению преподавателей университета работой (сохранению педагогического персонала);
- повышению имиджа университета;
- притоку дополнительных внебюджетных средств;
- получению дополнительных доходов от сопутствующих обучению услуг, оказываемых иностранным гражданам (проживание, питание и др.);
- обмену опытом в научной и образовательной среде через выпускников-иностранцев;
- выполнению показателей мониторинга эффективности вузов [10].

Одним из главных конкурентных преимуществ Пензенского государственного университета на мировом рынке образовательных услуг является сравнительно низкая цена обучения. Однако снижение цены на образовательные услуги зачастую не приносит желаемого результата, поскольку на современном этапе развития рынка услуг ценовая составляющая существенным образом потеснена другими факторами. Прежде всего речь идет о качестве услуг и так называемом «образовательном сервисе после получения образовательной услуги»: разветвленной сети краткосрочных курсов, позволяющих выпускнику впоследствии рассчитывать на повышение квалификации и профессиональную подготовку на языке получения основного образования [11].

Одним из важных компонентов международного сотрудничества в сфере высшего образования является привлечение к получению российского высшего образования соотечественников, проживающих за рубежом. Российская Федерация поддерживает их в деле сохранения и развития культурного наследия и языка, являющихся неотъемлемыми элементами самобытности, в получении ими равного доступа к образованию на всех уровнях и на родных языках и предпринимают с этой целью конкретные действия в соответствии с международными договорами Российской Федерации, законодательством Российской Федерации с учетом законодательства иностранных государств [12]. Одной из форм поддержки является помощь в получении лицами, состоявшими в гражданстве СССР, наравне с гражданами Российской Федерации высшего образования, повышению ими квалификации, в том числе в аспирантуре и докторантуре, в учебных заведениях и научно-исследовательских учреждениях в Российской Федерации.

Кроме того, организуется поддержка для изучения родного языка, российской истории и российского культурного наследия – готовятся преподаватели, разрабатываются при участии специалистов-соотечественников учебники, программы и учебно-мето-

дические пособия с учетом особенностей организации образовательного процесса в других государствах.

В инструментарии государственной поддержки экспорта образовательных услуг исследователи выделяют две основные группы – административно-правовые и финансово-экономические меры.

Административно-правовые меры носят институциональный характер и направлены в первую очередь на совершенствование самой системы российского образования, повышение ее конкурентоспособности на международных рынках, а финансово-экономические меры сосредоточены на поддержке конкретных проектов. К административно-правовым мерам можно отнести обеспечение качества высшего образования, конвертируемости российских дипломов и иных документов об образовании [11].

В литературе указываются перспективные финансово-экономические меры, которые могут стать факторами ускоренного роста международных образовательных отношений. В частности, выделяются меры государственного участия в программах долгосрочного кредитования экспорта, подразумевающих целевое кредитование образовательных организаций, нацеленных на существенный рост экспорта образовательных услуг, кредитование иностранных субъектов для закупки российских образовательных услуг, стипендии иностранным студентам, система грантов для модернизации экспортно-ориентированных программ, модернизации инфраструктуры для международного научного сотрудничества [11].

Представляются вполне перспективными для развития международного сотрудничества такие нетрадиционные для нашего высшего образования правовые формы, как франчайзинг образовательных услуг и валидационные соглашения. Франчайзинг образовательных услуг предполагает возможность одного вуза разрешить другому вузу, в том числе иностранному, оказывать образовательные услуги, использовать его учебные программы, выдавать дипломы и присуждать ученые степени от его имени. Валидационные соглашения позволяют реализовывать образовательную программу университета государства-экспортера образовательных услуг зарубежной образовательной организацией-провайдером без образования нового юридического лица. По результатам успешной реализации такой программы студентам выдается диплом университета страны-экспортера образовательных услуг [11].

В административно-правовой сфере необходимо совершенствовать правовое регулирование академической мобильности, устранять бюрократические препятствия для международного сотрудничества магистрантов и аспирантов.

Принесет значительный эффект в вопросах правового и организационного регулирования международного сотрудничества тесная координация вузов и некоммерческих ассоциаций как представителей гражданского общества: Ассоциации иностранных студентов в России, Ассоциации по связям с соотечественниками за рубежом, Международного координационного совета выпускников учебных заведений «ИНКОРВУЗ-XXI», Российского общества солидарности и сотрудничества с народами Азии и Африки [11].

Можно констатировать, что основными направлениями решения правовых проблем международного сотрудничества в сфере высшего образования являются гармонизация российского законодательства и международных норм, грамотная регламентация деятельности образовательных организаций по реализации экспортно-ориентированных образовательных программ с учетом мнения представителей ассоциаций иностранных студентов в РФ. В плане развития рыночной инфраструктуры международного сотрудничества необходимо последовательно улучшать условия проживания обучающихся из-за рубежа, осуществлять визовую и организационную поддержку. В финансово-экономическом и организационном отношении мы считаем необходимым развитие и правовую регламентацию государствен-

ных программ долгосрочного целевого государственного кредитования образовательных организаций, осуществляющих международное сотрудничество, развитие институтов образовательного франчайзинга и валидационных соглашений. Не стоит забывать, что только комплексные меры правового и экономического характера позволят вузам достичь высоких результатов в сфере международного сотрудничества.

### **Библиографический список**

1. Указ Президента РСФСР от 11.07.1991 № 1 «О первоочередных мерах по развитию образования в РСФСР» // Ведомости Съезда народных депутатов РСФСР и Верховного Совета РСФСР. – 1991. – № 31. – Ст. 1025.
2. «Международное соглашение о создании Университета мира» от 05 декабря 1980 г. (Принято резолюцией 35/55 Генеральной Ассамблеи ООН от 5 декабря 1980 г.).
3. Букалерева, Л. А. Международное сотрудничество в сфере образования: проблемы правового регулирования в условиях глобализации / Л. А. Букалерева, Р. В. Шагиева // Вестник Казанского технологического университета. – 2013. – № 16. – С. 50–55.
4. Послание Президента РФ Владимира Путина Федеральному Собранию // Российская газета. – 2013. – № 282.
5. Указ Президента РФ от 31.12.2015 № 683 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2016. – № 1. – Ст. 212.
6. Распоряжение Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 10.02.2017) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2008. – № 47. – Ст. 5489.
7. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года (разработан Минэкономразвития России). – URL: <http://www.economy.gov.ru> (по состоянию на 30.04.2013).
8. Основные направления политики Российской Федерации в сфере международного культурно-гуманитарного сотрудничества (утв. Президентом РФ 18.12.2010).
9. Зорников, И. Н. Экспорт образовательных услуг: зарубежный опыт и российская практика / И. Н. Зорников // Вестник Воронежского государственного университета. – 2003. – № 2. – С. 59–65.
10. Ременцов, А. Н. Направления экспорта образовательных услуг в вузе / А. Н. Ременцов // Высшее образование в России. – 2015. – № 11. – С. 119–126.
11. Козырин, А. Н. Государственная поддержка экспорта образовательных услуг / А. Н. Козырин // Ежегодник российского образовательного законодательства. – 2009. – Т. 4, Вып. 3. – С. 56–79.
12. Федеральный закон от 24 мая 1999 г. № 99-ФЗ «О государственной политике Российской Федерации в отношении соотечественников за рубежом» // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1999. – № 22. – Ст. 2670.
13. Гаврилов, К. Г. Теоретические основы права на образование / К. Г. Гаврилов // Актуальные проблемы истории политики и права : сб. ст. III Всерос. науч.-практ. конф. – Пенза, 2015. – С. 3–12.

**Гаврилов Кирилл Георгиевич**, кандидат юридических наук, доцент, кафедра «Правоохранительная деятельность», Пензенский государственный университет.

E-mail: [kirillgeorgievich@yandex.ru](mailto:kirillgeorgievich@yandex.ru)

**Родин Илья Владимирович**, студент, Пензенский государственный университет.

E-mail: [rodinilya1995@mail.ru](mailto:rodinilya1995@mail.ru)

УДК 349

**Гаврилов, К. Г.**

**Правовые и организационно-управленческие проблемы международного сотрудничества в сфере высшего образования (на примере Пензенского государственного университета) / К. Г. Гаврилов, И. В. Родин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 13–18.**

УДК 34

**В. А. Феоктистов, О. А. Тимошкина**

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОФИЛАКТИКИ ДЕВИАНТНОГО ПОВЕДЕНИЯ СРЕДИ НЕСОВЕРШЕННОЛЕТНИХ В СРЕДНИХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ НА ПРИМЕРЕ МНОГОПРОФИЛЬНОГО КОЛЛЕДЖА ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Аннотация.** Рассматриваются основные направления профилактической работы с целью выявления несовершеннолетних с девиантным поведением, реализующиеся в Многопрофильном колледже ПГУ. Определяются основные цели профилактики девиантного поведения. Особое внимание уделяется мерам, направленным на недопущение совершения правонарушений и преступлений несовершеннолетними.

**Ключевые слова:** несовершеннолетний, профилактика, правонарушения и преступления среди несовершеннолетних, профилактический учет, дисциплина.

Вопросы профилактики девиантного поведения среди лиц, не достигших 18-летнего возраста, остаются наиболее актуальными, так как в средних профессиональных учебных заведениях, как правило, обучается от 50 до 70 % несовершеннолетних – например, Многопрофильный колледж ПГУ на 2016/2017 учебный год насчитывает 538 несовершеннолетних, а это 57 %. Кроме того, именно в этом возрасте наблюдается резкий рост таких поведенческих характеристик, как агрессивность, недисциплинированность, конфликтность, неумение владеть собой; это объясняется тем, что подростки просто не умеют по-другому отвечать на вызовы окружающего мира. Таким образом, именно эта часть студентов нуждается в особом внимании.

В соответствии с Федеральным законом от 24.06.1999 № 120-ФЗ (в ред. от 03.07.2016) «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних»<sup>1</sup> средние профессиональные образовательные учреждения являются субъектами профилактики.

Основные цели профилактики – это недопущение случаев употребления алкогольных напитков, наркотических, психотропных и токсических веществ, курения, экстремизма, крайних проявлений национализма; кроме того, в последнее время все большее внимание приходится уделять профилактике суицидального поведения среди несовершеннолетних.

Профилактика девиантного поведения среди несовершеннолетних в Многопрофильном колледже ПГУ осуществляется по следующим приоритетным направлениям:

1) *недопущение нарушений учебной дисциплины.*

В отношении педагогов-организаторов разработан и утвержден график дежурств по учебному корпусу. Дежурный педагог-организатор совместно с методистом Многопрофильного колледжа ПГУ контролирует посещение студентами учебных занятий согласно расписанию, не допускает случаев опозданий к началу проведения учебных занятий, исключает возможность нахождения в учебном корпусе студентов без студенческого билета или пропуска. Ежедневно дежурный педагог-организатор, находясь на вахте учебного корпуса, фиксирует опоздания студентов к началу проведения учебных занятий. Ежедневно ответственный педагог-организатор осуществляет внеплановую проверку посещаемости с составлением ведомости. Ежедневно педагог-организатор получает

---

<sup>1</sup> Федеральный закон от 24.06.1999 № 120-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1999. – № 26. – Ст. 3177.

информацию от ответственного за контроль посещаемости и старост о случаях отсутствия студентов без уважительных причин, о чем незамедлительно информирует родителей (законных представителей) учащихся.

У допустивших нарушение студентов по каждому случаю запрашивается объяснение<sup>2</sup>, составляется акт, информируются родители (законные представители). Ежемесячно сводка студентов, допустивших нарушения учебной дисциплины, подается заместителю директора по воспитательной и социальной работе; в случае, если студент допускает неоднократное нарушение Правил внутреннего распорядка ПГУ<sup>3</sup>, выразившееся в опоздании к началу проведения учебных занятий, пропусках учебных занятий по неуважительным причинам, приглашаются родители (законные представители) для проведения профилактической беседы с составлением соответствующего акта.

В результате проводимых мероприятий удалось свести к минимуму случаи опоздания к началу проведения учебных занятий и случаи пропусков учебных занятий без уважительной причины. Например, в феврале 2017 г. зафиксировано всего 44 случая опоздания и только 4 из них по неуважительной причине; 24 студента имеют систематические пропуски занятий по неуважительным причинам, а это менее 2 %. Для сравнения в феврале 2016 г. зафиксировано 197 фактов опоздания, 86 из которых по неуважительной причине, а 49 студентов имели систематические пропуски учебных занятий по неуважительной причине (7 %).

Ведется работа, направленная на ликвидацию студентами учебных задолженностей, в результате которой по состоянию на 01.01.2016 к числу неуспевающих (имеющих одну и более задолженности) относилось 21 %, на 01.07.2016 – 13,8 %, на 01.01.2017 – 6,2 %;

#### 2) *соблюдение локальных актов.*

Одним из основных локальных актов в рамках реализации указанного направления можно назвать Приказ Ректора ПГУ от 24.05.2013 № 460/о «О мерах по запрещению курения табака в университете». Среди мероприятий, проводимых в целях реализации вышеназванного локального акта, можно выделить ежегодную конкурс-эстафету на лучшую студенческую видео-работу, посвященную здоровому образу жизни и антитабачной пропаганде «Брось вызов курению!», проведение ежемесячных тематических кураторских часов и т.д.

Количество фактов нарушений Правил внутреннего распорядка ПГУ в 2016/2017 учебном году снизилось на 18 %, и это несмотря на увеличение контингента;

#### 3) *недопущение совершения правонарушений и преступлений.*

По данным УМВД России по Пензенской области количество преступлений, совершенных несовершеннолетними в 2016 г. на территории Пензенской области, снизилось на 14,5 % (297–254), а на территории семи районов Пензенской области преступления несовершеннолетними не совершались. В 2017 г. показатель также продолжает снижаться, и в целом по Пензенской области снизился на 32,4 % (71–48)<sup>4</sup>.

Несмотря на кажущуюся благоприятную картину, не стоит забывать, что профилактика была и остается актуальным направлением деятельности, требует решительных, энергичных и целенаправленных мер. Задача состоит прежде всего в снижении уровня

<sup>2</sup> Приказ Минобрнауки России от 15.03.2013 № 185 (ред. от 21.04.2016) «Об утверждении Порядка применения к обучающимся и снятия с обучающихся мер дисциплинарного взыскания» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.06.2013 № 28648) // Российская газета. – 2013. – № 136.

<sup>3</sup> Правила внутреннего распорядка Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Пензенский государственный университет, утверждены Ректором ПГУ 01.10.2014. Официальный сайт Пензенского государственного университета. – URL: [http://www.pnzgu.ru/files/pnzgu.ru/doki/sveden/pravila\\_rasporyadka\\_01\\_10\\_14.pdf](http://www.pnzgu.ru/files/pnzgu.ru/doki/sveden/pravila_rasporyadka_01_10_14.pdf) (дата обращения: 18.04.2017).

<sup>4</sup> Официальный сайт УМВ России по Пензенской области. – URL: <https://58.xn--b1aew.xn--p1ai/document/9477363> (дата обращения: 18.04.2017).

преступности несовершеннолетних, недопущении разлагающего влияния несовершеннолетних преступников на других подростков и пополнения ими рядов взрослых преступников-рецидивистов.

Работе, направленной на профилактику совершения правонарушений и преступлений, в Многопрофильном колледже ПГУ уделяется особое внимание. Ежегодно 100 % студентов проходят вводные беседы, в рамках которых внимание акцентируется на необходимости соблюдения действующего законодательства Российской Федерации. Ежемесячно проводятся встречи сотрудников, преподавателей Многопрофильного колледжа со студентами, на которых они знакомятся с выдержками из Кодекса об административных правонарушениях РФ<sup>5</sup>, Уголовного кодекса РФ<sup>6</sup>; на них приглашаются сотрудники правоохранительных органов и ветераны службы, демонстрируются фильмы профилактической направленности, социальные ролики. Ежемесячно проводятся кураторские часы, на которых студентам разъясняются причины постановки несовершеннолетнего на профилактический учет в учреждениях по делам несовершеннолетних и негативные последствия для студентов нахождения на профилактических учетах.

В Многопрофильном колледже ПГУ ведется учет студентов, состоящих на профилактических учетах. Таким образом, по состоянию на 01.09.2016 на профилактических учетах состояло 0,4 %, т.е. пять человек, из них два человека – за совершение мелкого хищения, три – за распитие спиртных напитков в общественных местах.

На 01.04.2017 на профилактических учетах состоит 0,2 %, т.е. три человека, из них один студент поступил в учебное заведение, будучи поставленным на учет за нахождение в состоянии алкогольного опьянения в общественном месте, один студент поставлен на учет за совершение мелкого хищения и один – за употребление алкогольных напитков в общественном месте.

Кроме того, в Многопрофильном колледже ПГУ ведется активная работа по выявлению лиц, требующих особого психолого-педагогического контроля, предупреждения безнадзорности, беспризорности, правонарушений и антиобщественных действий обучающихся, а также по своевременному выявлению детей, находящихся в социально опасном положении или группе риска. В результате мониторинга среди обучающихся находят лица с отклонениями в поведении, и в отношении них принимается решение о постановке на внутренний профилактический учет. Основаниями для постановки на внутренний профилактический учет являются: непосещение или систематические пропуски занятий без уважительных причин; неуспеваемость обучающегося; социально опасное положение обучающегося, а именно: безнадзорность или беспризорность, бродяжничество или попрошайничество; употребление психоактивных и токсических веществ, наркотических средств, спиртных напитков; курение; участие в неформальных объединениях и организациях антиобщественной направленности; совершение правонарушения, повлекшего уголовную или административную ответственность; систематическое нарушение Правил внутреннего распорядка ПГУ.

Постановка на внутренний профилактический учет предполагает закрепление за обучающимся общественного педагога из числа наиболее опытных сотрудников, который осуществляет в отношении него целый комплекс индивидуальных профилактических мероприятий, в том числе предпринимает меры по организации досуга, проводит индивидуальные беседы и другое.

Таким образом, на внутреннем профилактическом учете в Многопрофильном колледже ПГУ состояло на 01.09.2016 – 16 человек, из них 5 – на профилактических учетах, 3 студента с агрессивным поведением, 2 человека – за выявление факта курения,

<sup>5</sup> Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 03.04.2017) // Российская газета. – 2001. – № 256.

<sup>6</sup> Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 03.04.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 25. – Ст. 2954.

6 человек – ввиду неоднократных нарушений Правил внутреннего распорядка ПГУ. По состоянию на 01.04.2017 г. на внутреннем профилактическом учете состоит 4 человека; из них 3 – на профилактических учетах, 1 поставлен на внутренний профилактический учет за нахождение в общественном месте после 23.00 и нуждается в особом педагогическом контроле.

Обучающийся снимается с внутреннего профилактического учета по ходатайству закреплённого общественного воспитателя и куратора не ранее чем через шесть месяцев при условии положительных характеристик и недопущения совершения новых проступков.

Хотелось бы отметить, что эффективной мерой стало вовлечение в работу по профилактике девиантного поведения самих студентов. В рамках Совета студенческого самоуправления Многопрофильного колледжа ПГУ создан сектор безопасности, членами которого являются старосты учебных групп и студенты старших курсов специальности 40.02.02 «Правоохранительная деятельность». Работа в данном направлении только началась, ведь этот сектор создан в январе 2017 г., но уже за три месяца текущего года пресечены несколько попыток проноса на территорию учебного корпуса электронных сигарет, вейпов, кальяна, выявлено несколько случаев вовлечения несовершеннолетних в употребление алкогольных напитков и т.д.

Одной из превентивных мер, направленных на формирование «правильного» образа студента, хотелось бы назвать запрет ношения в Многопрофильном колледже ПГУ одежды, содержащей любые надписи и рисунки, в том числе и на русском языке. Этот запрет является вынужденной мерой, так как неоднократно были зафиксированы случаи ношения одежды, содержащей фашистскую, экстремистскую символику, изображений растений, содержащих наркотические вещества. В настоящее время Многопрофильный колледж ПГУ стоит на пути введения формы; важно отметить, что эта инициатива исходит от самих студентов;

4) *выявление студентов, склонных к совершению суицида, членовредительству, вовлеченных в идеологию экстремистского, нацистского толка.*

Проблема суицидального поведения среди несовершеннолетних остается достаточно актуальной и требует постоянного внимания со стороны государства, общества, семьи в тесном сотрудничестве со всеми социальными институтами, а также повышения квалификации специалистов, поиска эффективного информирования родителей (законных представителей) несовершеннолетних о суицидальном риске, оздоровления социальной среды<sup>7</sup>.

Экстремистская деятельность различных националистических и иных организаций и структур является одним из основных источников угроз общественной безопасности, так как направлена на нарушение единства и территориальной целостности Российской Федерации, дестабилизацию внутривнутриполитической и социальной ситуации в стране<sup>8</sup>. Особую озабоченность должно вызывать распространение экстремистских настроений среди несовершеннолетних. Профилактическая работа в отношении несовершеннолетних должна строиться с учетом того обстоятельства, что именно эта социальная категория наиболее подвержена влиянию и крайне остро воспринимает недостатки социальной организации общества. Для подростков характерно стремление вступать в фанатские и другие неформальные группы по интересам, и зачастую именно там легко формируются радикальные взгляды и убеждения.

В рамках указанных направлений проводятся систематические осмотры студентов на предмет обнаружения признаков их вовлечения в интернет-сообщества, пропаганди-

<sup>7</sup> Письмо Минобрнауки России от 18.01.2016 № 07-149 «О направлении методических рекомендаций по профилактике суицида» // Вестник образования. – 2016. – № 5.

<sup>8</sup> Концепция общественной безопасности в Российской Федерации (утв. Президентом РФ 14.11.2013 № Пр-2685) // Правовая система «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.04.2017).

рующие суицид. Регулярно изучаются страницы студентов в социальных сетях, проводятся групповые и индивидуальные беседы.

Мы глубоко убеждены, что вопросы профилактики, особенно среди несовершеннолетних – это очень непростая задача, и только от слаженных совместных действий всех субъектов профилактики будет зависеть их эффективное решение.

### ***Библиографический список***

1. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30.12.2001 № 195-ФЗ (ред. от 03.04.2017) // Российская газета. – 2001. – № 256.
2. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ (ред. от 03.04.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1996. – № 25. – Ст. 2954.
3. Федеральный закон от 24.06.1999 № 120-ФЗ (ред. от 03.07.2016) «Об основах системы профилактики безнадзорности и правонарушений несовершеннолетних» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) // Собрание законодательства Российской Федерации. – 1999. – № 26. – Ст. 3177.
4. Концепция общественной безопасности в Российской Федерации (утв. Президентом РФ 14.11.2013 № Пр-2685) // Правовая система «КонсультантПлюс» (дата обращения: 19.04.2017).
5. Приказ Минобрнауки России от 15.03.2013 № 185 (ред. от 21.04.2016) «Об утверждении Порядка применения к обучающимся и снятия с обучающихся мер дисциплинарного взыскания» (Зарегистрировано в Минюсте России 04.06.2013 № 28648) // Российская газета. – 2013. – № 136.
6. Письмо Минобрнауки России от 18.01.2016 № 07-149 «О направлении методических рекомендаций про профилактике суицида» // Вестник образования. – 2016. – № 5. – URL: <https://58.xn--b1aew.xn--p1ai/document/9477363> (дата обращения: 18.04.2017).
7. Правила внутреннего распорядка Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Пензенский государственный университет, утверждены Ректором ПГУ 01.10.2014. – URL: [http://www.pnzgu.ru/files/pnzgu.ru/doki/sveden/pravila\\_rasporyadka\\_01\\_10\\_14.pdf](http://www.pnzgu.ru/files/pnzgu.ru/doki/sveden/pravila_rasporyadka_01_10_14.pdf) (дата обращения: 18.04.2017).

**Феоктистов Владимир Александрович**, кандидат педагогических наук, доцент, директор Многопрофильного колледжа Пензенского государственного университета.  
E-mail: [jurcol-psu@mail.ru](mailto:jurcol-psu@mail.ru)

**Тимошкина Олеся Альбертовна**, кандидат юридических наук, доцент, кафедра «Правоохранительная деятельность», Пензенский государственный университет.  
E-mail: [pd.pgu@yandex.ru](mailto:pd.pgu@yandex.ru)

УДК 34

**Феоктистов, В. А.**

**Проблемы профилактики девиантного поведения среди несовершеннолетних в средних профессиональных учебных заведениях на примере Многопрофильного колледжа Пензенского государственного университета / В. А. Феоктистов, О. А. Тимошкина // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 19–23.**

# МЕДИЦИНА И ЗДРАВООХРАНЕНИЕ

УДК 616.12; 616.132.2

**Н. В. Купрюшина, А. С. Купрюшин, Ж. С. Вишнякова, И. В. Латынова,  
К. А. Тугушева**

## ПОВТОРНЫЙ ИНФАРКТ МИОКАРДА БЕЗ АТЕРОСКЛЕРОЗА КОРОНАРНЫХ АРТЕРИЙ: ПРАКТИЧЕСКОЕ НАБЛЮДЕНИЕ

**Аннотация.** Проведен клинико-морфологический анализ случая смерти от повторного инфаркта миокарда без атеросклеротического поражения коронарных артерий. Демонстрируется практическое наблюдение редко встречающейся ишемии миокарда, вызванной не атеросклерозом, а спазмом коронарных артерий. В случае смерти пациента от острой сердечной недостаточности, развившейся во время проведения ангиографии, ставится под сомнение показанность конкретному больному этой диагностической процедуры и предлагается проводить ее дифференцированно.

**Ключевые слова:** коронарные артерии, атеросклероз, спазм, инфаркт миокарда, ангиография, сердечная недостаточность.

Патогенез инфаркта миокарда не всегда определяется классическим представлением о роли атеросклеротических изменений коронарных артерий с образованием нестабильной бляшки, разрывом ее покрышки и формированием тромба, развитием острой ишемии и некроза кардиомиоцитов. Нередко это заболевание развивается без поражения указанных артерий, о чем свидетельствует ряд зарубежных (до 15 %) [1] и отечественных (у мужчин до 14,3 %, у женщин до 22 %) [2, 3] исследований. По результатам коронарной ангиографии чаще всего ишемия миокарда вызывается коронарным вазоспазмом [4, 5], имеющим различные причины и характер ангиографических и электрокардиографических проявлений [6].

Спазм коронарных артерий при отсутствии явных атеросклеротических поражений лежит в основе вариантной стенокардии, еще называемой по имени американского кардиолога М. Принцметала, впервые описавшего данную форму заболевания в 1959 г. Она развивается в покое и сопровождается временным подъемом сегмента ST выше изолинии. Чаще всего этому недугу подвержены мужчины в возрасте от тридцати до пятидесяти лет. Частота вазоспастической стенокардии не установлена, но известно, что она встречается гораздо реже других форм [7].

Основным объективным методом является регистрируемая во время приступа ЭКГ, где определяется подъем сегмента-ST, который держится кратковременно.

Применяемая для диагностики вазоспастической стенокардии коронарография, несмотря на свою информативность, не является полностью безопасной для больных, что можно проиллюстрировать анализом случая смерти гражданина А.

Больной А., 45 лет, находился на плановом стационарном лечении в кардиологическом отделении с жалобами на жжение за грудиной при физической нагрузке, одышку и слабость. При поступлении ему был поставлен диагноз – дилатационная кардиомиопа-

тия. УЗИ сердца показало акинез и гипокинез стенок левого желудочка, признаки гипертрофии и дилатации. При проведении плановой коронарографии произошла остановка кровообращения и наступила смерть.

При патологоанатомическом исследовании обнаружена эксцентрическая гипертрофия сердца: вес 640 гр., размеры 17×15×10,5 см, толщина стенки левого желудочка 2,2 см, правого – 0,7 см, полости желудочков расширены. В полостях сердца жидкая кровь, миокард неравномерного кровенаполнения, коричневый, блестящий. В передней стенке левого желудочка и верхушке трансмуральный белесоватый тяжистый плотный постинфарктный рубец на площади 8,3×6,6 см. В проекции рубца на участке диаметром 5 см выбухание и истончение передней стенки до 0,3 см – хроническая аневризма. На периферии рубца в межжелудочковой перегородке трансмуральный серый тусклый участок размерами 3,8×2,7 см с резко сниженной эластичностью, границы его не четкие с геморрагиями по периферии. В задней стенке левого желудочка аналогичный трансмуральный постинфарктный рубец на площади 4,9×3,5 см. Сосочковые мышцы целые, утолщенные, сухожильные нити не повреждены, белесовато-серые. Имеется магистральный тип кровоснабжения сердца. Коронарные артерии среднего размера в начальных отделах диаметром 0,3–0,4 см, устья проходимы, стенки тонкие, эластичные, внутренняя оболочка бледно-желтая, блестящая, гладкая. В легочном стволе жидкая кровь, просвет его проходим, внутренняя оболочка бледно-желтая, блестящая, гладкая. В аорте жидкая кровь, внутренняя оболочка бледно-желтая, блестящая, гладкая.

При гистологическом исследовании обнаружено следующее. В головном мозге – гиперемия сосудов оболочек, полнокровие капилляров, стаз в сосудах микроциркуляторного русла, в нервной ткани умеренно выраженный комбинированный отек, фокальное набухание нейронов; в сердце – волнообразный ход кардиомиоцитов, фрагментация, диссоциация, коагуляционный некроз кардиомиоцитов с геморрагиями и скоплением единичных лейкоцитов, очаговая жировая и белковая дистрофия кардиомиоцитов, выраженная гипертрофия кардиомиоцитов, отек, полнокровие капилляров, эритроцитарные стазы, хроническая сформированная аневризма – обширный участок плотной сформированной волокнисто-фиброзной ткани, резкое набухание кардиомиоцитов, геморрагии, отек, гиперемия интерстициальной ткани; коронарные артерии – во внутренней оболочке плазматическое пропитывание; перикард – отек. В легких – гиперемия сосудов интерстициальной ткани, острое венозное полнокровие, стаз эритроцитов, минимальный локальный экстраальвеолярный отек; в оболочках бронхов отек, полнокровие капилляров. В печени – белковая дистрофия гепатоцитов, признаки очагового хронического венозного полнокровия, эритроцитарные стазы. В почках – признаки острого венозного полнокровия, белковая дистрофия нефроцитов. В селезенке – фиброз, отложения гемосидерина, гиперемия красной пульпы. В поджелудочной железе – локальное разрастание жировой и фиброзной тканей, отек, геморрагии.

На основании результатов проведенного исследования был сформулирован следующий патологоанатомический диагноз. Основное заболевание: острый повторный трансмуральный инфаркт миокарда в области межжелудочковой перегородки, давностью 12 ч; постинфарктный кардиосклероз с хронической аневризмой в передней стенке левого желудочка. Осложнения: хроническая сердечная недостаточность, стадия компенсации: мускатная печень, бурая индурация селезенки. Острая сердечнососудистая недостаточность: острое венозное полнокровие, минимальный экстраальвеолярный отек легких (гемодинамический тип), отек головного мозга. Непосредственная причина смерти: острая сердечно-сосудистая недостаточность.

Клинико-морфологическое сопоставление позволяет сказать, что смерть больного наступила от обусловленного вазоспазмом острого повторного трансмурального инфаркта миокарда, при котором во время проведения коронарографии, наиболее вероятно,

появился выраженный вазоспазм, вызвавший развитие острой сердечной недостаточности, послужившей непосредственной причиной смерти при терминальном состоянии сердечного типа.

В рассматриваемом случае закономерно возникает вопрос о том, какой результат был бы получен при успешном проведении коронарографии у конкретного больного. Ответ очевиден – отсутствие атеросклеротических изменений в коронарных артериях. Тогда на вопрос о необходимости проведения этому больному такого исследования отрицательный ответ тоже становится явным. На третий вопрос – не спровоцировала ли коронарография развитие острой сердечной недостаточности, может быть несколько вариантов ответа. При этом положительный вариант предполагает следующий вывод – проведение коронарографии может быть безопасно и должно иметь место только после тщательного анализа каждого конкретного случая и учета всех факторов риска.

### **Библиографический список**

1. Task Force Members ESC. Guidelines for the management of acute coronary syndromes in patients presenting without persistent ST-segment elevation: the Task Force for the management of acute coronary syndromes (ACS) in patients presenting without persistent ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC) // Eur Heart J. – 2011. – Vol. 32. – P. 2999–3054.
2. Лыков, А. В. Острый инфаркт миокарда у молодых лиц без причинной связи с атеросклерозом / А. В. Лыков, Ю. В. Пархоменко, П. А. Иванов // Забайкальский медицинский вестник. – 2013. – № 2. – С. 72–76.
3. Содномова, Л. Б. Ишемия миокарда при неизмененных коронарных артериях / Л. Б. Содномова, Ю. А. Быкова // Бюллетень Восточно-сибирского научного центра Сибирского отделения Российской академии медицинских наук. – 2012. – № 3. – С. 400–401.
4. Prinzmetal, M. Angina pectoris. A variant from angina pectoris. Preliminary report / M. Prinzmetal // Am. J. Med. – 1959. – Vol. 27. – P. 375.
5. Berman, N. D. Prinzmetal's angina with coronary artery spasm. Angiographic, pharmacologic, metabolic, and radionuclide perfusion studies / N. D. Berman // Am. J. Med. – 1976. – Vol. 60. – P. 727.
6. Гороховский, С. Ю. Причины стенокардии у больных с ангиографически нормальными или малоизмененными коронарными артериями / С. Ю. Гороховский, В. В. Аничкин / Проблемы здоровья и экологии. – 2008. – № 4 (18). – С. 95–99.
7. Аверко, Н. Н. Диагностическое значение некоторых клинико-функциональных показателей при вазоспастической стенокардии / Н. Н. Аверко, А. М. Чернявский, Т. В. Кузнецова // Кардиология. – 2007. – № 8. – С. 32–35.

**Купрюшина Наталья Викторовна**, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий Патологоанатомическим отделением № 2, Пензенское областное бюро судебно-медицинской экспертизы.  
E-mail: Kas\_agm@rambler.ru

**Купрюшин Алексей Степанович**, кандидат медицинских наук, доцент, заведующий кафедрой «Клиническая морфология и судебная медицина с курсом онкологии», Пензенский государственный университет.  
E-mail: Kas\_agm@rambler.ru

**Вишнякова Жанна Сергеевна**, кандидат биологических наук, доцент, кафедра «Клиническая морфология и судебная медицина с курсом онкологии», Пензенский государственный университет.  
E-mail: Zhanna\_2000@mail.ru

**Латынова Ирина Владимировна**, кандидат биологических наук, доцент, кафедра «Клиническая морфология и судебная медицина с курсом онкологии», Пензенский государственный университет.  
E-mail: Latynovai@mail.ru

**Тугушева Карина Анатольевна**, студентка, Пензенский государственный университет.

E-mail: Grizun09@rambler.ru

УДК 616.12; 616.132.2

**Повторный инфаркт миокарда без атеросклероза коронарных артерий: практическое наблюдение** / Н. В. Купрюшина, А. С. Купрюшин, Ж. С. Вишнякова, И. В. Латынова, К. А. Тугушева // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 24–27.

УДК 618.4

**О. А. Селина**

## **ВЛИЯНИЕ ИНДУКЦИИ РОДОВ МЕФИПРИСТОНОМ НА МЛАДЕНЧЕСКУЮ ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ**

**Аннотация.** Представлен анализ данных 99 историй родов и карт амбулаторного больного у родильниц с нормальным течением родового акта (55 случаев) и с дородовым излитием околоплодных вод при «незрелой» шейке матки, что потребовало однократного перорального применения мефипристона в дозе 200 мг (44 случая). Обнаружено отсутствие различий как в оценке новорожденных по шкале Апгар, так и в структуре заболеваемости детей при наблюдении в течение одного года. Сделан вывод об отсутствии влияния мефипристона, назначаемого однократно по рекомендованной схеме с целью преиндукции/индукции родов, на величину оценки новорожденных по шкале Апгар и на состояние здоровья детей первого года жизни.

**Ключевые слова:** мефипристон, безопасность для плода, младенческая заболеваемость.

### ***Актуальность проблемы***

Благоприятный исход родов во многом зависит от характера родовой деятельности. Нарушения ее приводят к осложненному течению родов, отрицательным последствиям как для матери, так и для ребенка. Основным предиктором нарушений течения родового акта является начало родовой деятельности до достижения биологической готовности организма беременной к родам, а основным показателем такой готовности является степень «зрелости» шейки матки [1]. Поэтому для предотвращения нарушений сократительной деятельности матки в родах целесообразно применять препараты для подготовки шейки матки (преиндукция родов). Такой подход способствует значительному снижению числа осложнений со стороны как роженицы, так и плода. Другим важным показателем для преиндукции родов является перенашивание беременности или тенденция к перенашиванию. Это связано с тем, что при сроке гестации 41 неделя и более возрастает частота асфиксии в родах, меконияльной аспирации, дистонии плечиков, влагалищных родоразрешающих операций. Также имеется повышение перинатальной заболеваемости, смертности и частоты мертворождения. Следовательно, преиндукция родов в данной группе пациенток является способом профилактики таких осложнений [2].

На сегодняшний день одним из наиболее часто используемых способов подготовки шейки матки к родам является пероральный прием мефипристона. Кроме того, мефипристон может быть использован и для индукции родов, что особенно актуально для беременных с тенденцией к перенашиванию. Мефипристон – синтетический гормональный препарат, представитель группы 19-норстероидов. Обладая сильным сродством к рецепторам прогестерона и связываясь с ними, мефипристон действует как конкурентный антагонист этого гормона [3]. В международной практике впервые для индукции родов использование мефипристона было предложено в 1998 г. В дальнейшем отработывалась методика его применения. На сегодняшний день имеются доказательные данные о том, что применение мефипристона более эффективно, чем плацебо, для созревания шейки матки и/или развития родовой деятельности, что ассоциируется с более низкой частотой выполнения операции кесарева сечения [2]. Также при применении мефипристона наблюдается лучший эффект от родовозбуждения окситоцином и реже развивается слабость родовой деятельности [4].

Вместе с тем, несмотря на эффективное использование препарата в акушерской практике, другому важному аспекту его применения – безопасности для плода и новоро-

жденного – уделяется сравнительно мало внимания. В частности, известно о развитии нарушений ритма сердца плода на фоне применения мефипристона, однако отсутствуют доказательные данные о связи аритмий с частотой развития асфиксии или потребности в реанимационных мероприятиях [2]. Мало известно о развитии младенцев первого года жизни, матери которых получали мефипристон с целью преиндукции и индукции родов [5].

Таким образом, изучение оценки новорожденных по шкале В. Апгар, а также характеристик заболеваемости детей первого года жизни при преиндукции/индукции родов мефипристоном в сравнении с аналогичными показателями при неосложненном течении родового акта следует признать актуальным.

**Целью** работы было оценить влияние мефипристона, применяемого для преиндукции/индукции родов, на структуру младенческой заболеваемости.

### ***Материал и методы***

Проведен анализ оценки по шкале Апгар и частоты различных заболеваний 44 детей первого года жизни, матери которых получали мефипристон с целью преиндукции родов при родовом излитии околоплодных вод и доношенной беременности (основная группа). Аналогичная оценка была проведена у 55 доношенных детей при неосложненном течении родового акта (контрольная группа).

*Критериями включения в исследование были:*

- доношенный срок беременности на момент родов (для обеих групп);
- родовое излитие околоплодных вод (для основной группы);
- «незрелая» шейка матки (для основной группы);
- применение мефипристона для преиндукции/индукции родов (для основной группы).

*Критериями исключения из исследования были:*

- оперативное родоразрешение;
- многоплодная беременность;
- пороки развития плода;
- мертворожденность;
- несоответствие даты последней менструации у матери предполагаемому сроку беременности на момент родов;
- нерегулярность менструального цикла у матери;
- отсутствие доступа к медицинской документации детей первого года жизни.

*Дизайн исследования:* сравнительное проспективное нерандомизированное исследование.

Срок беременности на момент родов определялся как количество полных недель, прошедших с первого дня последней нормальной менструации до дня родов. Доношным считали срок беременности с 37 полных до 42 полных недель. Родовым считали излитие околоплодных вод, произошедшее до развития родовой деятельности. Все дети были рождены в 2014 г. в ГБУЗ «Пензенский городской родильный дом». Наблюдение за детьми проводилось в течение 2014–2015 гг. в детских поликлиниках города Пензы по месту жительства. Данные о заболеваемости детей первого года жизни получены из карт амбулаторного больного (форма № 026у). Сведения о родильницах, о течении родового акта и величине оценки новорожденных по шкале Апгар были получены из историй родов (форма № 096у).

Основная и контрольная группы были сопоставимы по возрасту родильниц (27,5 (24,0; 30,0) лет и 28 (24,0; 31,0) лет,  $p = 0,36$ ), сроку гестации на момент родов (40,0 (39,0; 41,0) нед и 40 (38,5; 40,5) нед,  $p = 0,33$ ), длительности родового акта (6 ч 20 мин (5 ч 10 мин; 9 ч 42 мин) и 6 ч 25 мин (4 ч 50 мин; 8 ч 0 мин),  $p = 0,275$ ), полу новорож-

денных (50 %/50 % и 44 %/56 %,  $p = 0,528$ ), массе тела новорожденных (3550,0 (3215,0; 3932,5) и 3425,0 (3145,0; 3785,0),  $p = 0,355$ ), длине тела новорожденных (53,0 (52,0; 54,0) и 53,0 (51,0; 54,0),  $p = 0,272$ ). Антропометрические показатели всех детей при рождении были оценены с использованием региональной шкалы физического развития [6] и соответствовали нормальным значениям для данного гестационного возраста. Длительность безводного периода в группах была ожидаемо различной: 7 ч 32 мин (4 ч 35 мин; 10 ч 23 мин) в основной группе и 3 ч 30 мин (1 ч 15 мин; 7 ч 05 мин) в группе контроля,  $p < 0,001$ . Мефипристон в основной группе был назначен в дозе 200 мг per os однократно. Оценка по шкале Апгар выполнялась по стандартной методике в конце первой и пятой минуты жизни. Частота развития и характер заболеваний в течение первого года жизни оценивалась на основании заключений профильных специалистов, содержащихся в амбулаторных картах детей. *Статистическая обработка* материала выполнена с использованием компьютерной программы IBM SPSS Statistics v. 20.0. Использовались методы дескриптивной и аналитической статистики. Описательная статистика представлена в виде Me ( $Q_1$ ;  $Q_3$ ), где Me – медиана,  $Q_1$  – величина первого квартиля,  $Q_3$  – величина третьего квартиля. Для определения достоверности различий в величинах медиан между группами использовался непараметрический U-критерий Манна-Уитни. Для определения различий в частоте встречаемости события использовался критерий хи-квадрат. Различия считались достоверными при вероятности ошибки отклонения нулевой гипотезы менее 5 % ( $p < 0,05$ ).

### **Результаты и обсуждение**

Оценка по шкале Апгар была одинаковой в обеих группах новорожденных как в конце первой (8,0 (8,0; 8,0) и 8,0 (8,0; 8,0) балла,  $p = 0,529$ ), так и в конце пятой минуты жизни (9,0 (9,0; 9,0) и 9,0 (9,0; 9,0) балла,  $p = 0,543$ ).

Таким образом, нами не получено доказательств отрицательного воздействия мефипристона на состояние новорожденных, оцененное по шкале Апгар. Вероятно, брадикардия у плода, наблюдаемая при применении мефипристона, не является отражением его гипоксии, как принято считать при оценке числа сердечных сокращений плода с помощью метода кардиотокографии. Для объяснения происхождения брадикардии при использовании мефипристона для преиндукции/индукции родов можно предположить следующее. Известно, что прогестерон оказывает релаксирующее влияние на миометрий в течение беременности через повышение активности  $\beta$ -адренорецепторов. Учитывая экспрессию  $\beta$ -адренорецепторов практически во всех тканях организма и свойства мефипристона (конкурентный антагонист прогестерона), можно предположить, что блокада рецепторов к прогестерону приведет к недостаточной адренергической стимуляции различных тканей. Этот эффект может лежать в основе как «созревания» шейки матки, так и угнетения проводящей системы сердца у внутриутробного плода с развитием брадикардии. При этом за счет удлинения диастолы увеличивается кровенаполнение камер сердца, что ведет к возрастанию ударного объема. Таким образом, сердечный выброс плода сохраняется, и периферический кровоток в его тканях не снижается, что и находит отражение в нормальной оценке по Апгар в конце первой и пятой минуты жизни. Однако данная гипотеза нуждается в дальнейшем подтверждении, чтобы можно было с уверенностью говорить о безопасности применения мефипристона для внутриутробного плода.

Что касается структуры младенческой заболеваемости при использовании мефипристона для индукции родов, то по полученным данным она не отличалась от таковой в группе детей первого года жизни, которые родились при неосложненном течении родового акта. Сравнение частот встречаемости различных заболеваний и состояний в основной и контрольной группах представлено в табл. 1.

Таблица 1

**Различия в заболеваемости детей первого года жизни  
в основной и контрольной группах**

| <b>Диагноз</b>                       | <b>Частота<br/>(основная группа)</b> | <b>Частота<br/>(контроль)</b> | <b>Величина<br/>ошибки</b> |
|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| Церебральная ишемия                  | 86,4 %                               | 87,3 %                        | $p = 1,0$                  |
| Острый ринофарингит                  | 72,7 %                               | 67,3 %                        | $p = 0,661$                |
| Функциональные<br>изменения миокарда | 20,5 %                               | 41,8 %                        | $p = 0,032^*$              |
| Острая пневмония                     | 9,0 %                                | 3,6 %                         | $p = 0,402$                |
| Заболевания мочевых<br>путей         | 13,6 %                               | 10,9 %                        | $p = 0,762$                |
| Анемия                               | 18,2 %                               | 5,5 %                         | $p = 0,058$                |

Примечание. \* – различия статистически достоверны.

Из данных табл. 1 следует, что статистически достоверные различия между группами детей наблюдались лишь в частоте регистрации функциональных изменений миокарда. Однако вывод о протективном действии мефипристона на миокард плода был бы, на наш взгляд, ошибочным, поскольку четких критериев постановки диагноза «функциональные изменения миокарда» применительно к детям первого года жизни нам найти не удалось. Данный диагноз выставлялся детям с наличием систолического функционального шума, дополнительных хорд в левом желудочке сердца, наличием транзиторных изменений показателей эхокардиографии. Таким образом, отсутствие однозначно трактуемых критериев диагностики и, как следствие, разнородность группы пациентов не позволяют считать выявленные различия в частоте выставления диагноза «функциональные изменения миокарда» достоверными.

Обращает на себя внимание выраженная тенденция к различию между основной и контрольной группами по частоте встречаемости анемии у детей первого года жизни. Объяснить данную тенденцию прямым воздействием мефипристона затруднительно, хотя однозначно исключить такую возможность нельзя. Группы детей с развитием и без развития анемии статистически значимо не различались между собой ни по массе, ни по длине тела при рождении, ни по длительности безводного промежутка (что изначально казалось очевидным), ни по возрасту матери, ни по сроку гестации к моменту родов. Логичнее всего было бы предположить, что анемия развивалась чаще у тех детей, матери которых имели латентный дефицит железа. Возможно, этим можно было бы объяснить и излитие околоплодных вод без развития родовой деятельности, поскольку при наличии дефицита железа ухудшается обмен энергии в клетках, в том числе и в миоцитах. Частично этому предположению противоречит отсутствие различий в показателях неонатальной антропометрии между группами детей с развитием анемии и без такового, поскольку железодефицитное состояние могло бы сопровождаться задержкой внутриутробного роста плода. Более точно ответить на поставленный вопрос можно было бы, определив уровень сывороточного железа и общую железосвязывающую способность сыворотки крови у беременных перед родоразрешением. Однако изучение статуса обмена железа у беременных накануне родов выходит за рамки настоящего исследования.

Таким образом, вопрос о причинах склонности детей первого года жизни, роды которых были индуцированы приемом мефипристона, к развитию анемии и о связи появления анемии с внутриутробным воздействием мефипристона на данный момент остается открытым.

### **Выводы**

1. Применение мефипристона с целью преиндукции/индукции родов не приводило к ухудшению оценки новорожденных по шкале Апгар ни в конце первой, ни в конце пятой минуты жизни.

2. Не выявлено различий в структуре младенческой заболеваемости у детей, роды которых протекали без осложнений и у детей, роды которых были индуцированы пероральным однократным приемом мефипристона в дозе 200 мг.

3. Причина тенденции к более частому выявлению анемии у детей первого года жизни, роды которых были индуцированы приемом мефипристона, требует уточнения.

### **Библиографический список**

1. Акушерские аспекты преждевременных родов. Современные представления / В. Д. Усанов, А. Ф. Штах, М. В. Ишкова, Н. И. Магдеева, О. А. Попова, А. В. Тимшин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2010. – № 1. – С. 120–132.
2. Napangama, D. Mifepristone for induction of labour / Dharani Napangama, James P. Neilson // Cochrane Database Syst Rev. – 2009. – Vol. 8 (3): CD002865.
3. The effect of mifepristone on the expression of steroid hormone receptors in human decidua and placenta: a randomized placebo-controlled double-blind study / C. C. Chan, T. T. Lao, P. C. Ho, E. O. Sung, A. N. Cheung // J. Clin Endocrinol Metab. – 2003. – Vol. 88 (12). – P. 5846–5850.
4. Селина, О. А. Сравнение методов индукции родов при дородовом излитии околоплодных вод и незрелой шейке матки / О. А. Селина, В. Д. Усанов, М. В. Ишкова, А. Ф. Штах // Вестник Пензенского государственного университета. – 2015. – № 2 (10). – С. 82–88.
5. Гаспарян, Н. Д. Подготовка к родам мифегином и его влияние на состояние детей грудного возраста, лактационную и менструальную функцию женщин после родов / Н. Д. Гаспарян // Российский вестник акушера-гинеколога. – 2001. – № 4. – С. 34–37.
6. Штах, А. Ф. Сравнительная характеристика физического развития доношенных новорожденных пензенского региона / А. Ф. Штах, О. А. Шишкина // Актуальные проблемы медицинской науки и образования (АПМНО-2015) : сб. ст. V Междунар. науч. конф. ; под ред. А. Н. Митрошина, С. М. Геращенко. – Пенза, 2015. – С. 122–124.

**Селина Ольга Андреевна**, студентка, Пензенский государственный университет.

E-mail: miss.selina2009@yandex.ru

УДК 618.4

**Селина, О. А.**

**Влияние индукции родов мефипристоном на младенческую заболеваемость** / О. А. Селина // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 28–32.

УДК 579

**Д. О. Юдина, Н. Н. Митрофанова, В. Л. Мельников**

## **ОСОБЕННОСТИ СОСТАВА АЛЛОХТОННОЙ И АУТОХТОННОЙ МИКРОФЛОРЫ ВОД ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Проблема загрязнения окружающей среды – одна из актуальных проблем, влияющих на жизнедеятельность человека и других живых организмов.

Представлены результаты анализа микробиологического спектра водоемов в Пензенской области. Образцы вод тестировались на соответствие гигиеническим нормам по санитарно-микробиологическим показателям. Проведен качественный и количественный анализ по определению различных микроорганизмов – представителей аутохтонной и аллохтонной микрофлоры в водах Пензенской области различной категории.

**Ключевые слова:** аллохтонная микрофлора, аутохтонная микрофлора, водоем, инфекционные заболевания, микроорганизмы, кишечные инфекции.

### **Введение**

На территории Пензенской области насчитывается более 3000 рек общей протяженностью около 15 458 км. В области насчитывается 240 озер, самый крупный водоем в регионе – Сурское водохранилище. Водохозяйственная система представлена прудами и водохранилищами, системами технического и хозяйственно-питьевого водоснабжения промышленных и коммунальных предприятий, системами очистки и сброса сточных вод, мелиоративными системами.

Для правильной оценки процессов самоочищения водоемов особенно важны регулярные санитарно-бактериологические исследования. За последние 6 лет санитарное состояние водоемов 1 категории оставалось нестабильным как по микробиологическим, так и по санитарно-химическим показателям.

На территории Пензенской области наблюдается нестабильность эпидемиологической ситуации по острой кишечной инфекции (ОКИ) – заболеваемость в 2014 г. составила 524,5 на 100 тыс. населения, имеется рост суммарной заболеваемости – на 17,1 % по отношению к 2013 г. Сравнительный анализ выявляет превышение среднероссийских показателей заболеваемости ОКИ на 10,2 % [1].

В возникновении эпидемий инфекционных заболеваний особая роль принадлежит водоемам. Заболевания могут возникать не только в результате использования загрязненной воды открытых водоемов для питьевых и хозяйственных целей, но и при использовании их в культурно-бытовых целях. Избежать появления эпидемий возможно только при постоянном санитарном надзоре за водоемами, расположенными в черте населенных пунктов [1–4].

Характер микрофлоры водоемов определяется особенностями конкретной водной среды. Микрофлору водоемов образуют две группы: аутохтонные (собственно водные) и аллохтонные (попадающие извне при загрязнении) микроорганизмы.

Аутохтонная микрофлора – совокупность микроорганизмов, постоянно живущих и размножающихся в воде. Микробный состав воды напоминает микрофлору почвы, с которой вода соприкасается (придонные и прибрежные почвы).

В состав специфической водной микрофлоры входят *Micrococcus candicans* и *M. roseus*, *Sarcina lutea*, *Bacterium aquatilis communis*, *Pseudomonas fluorescens*, различные виды *Proteus* и *Leptospira*. Среди анаэробов в незагрязненных водоемах выделяют *Bacillus cereus*, *B. mycoides*, *Chromobacterium violaceum*, виды *Clostridium*.

Аллохтонная микрофлора – совокупность микроорганизмов, случайно попавших в воду и сохраняющихся в ней сравнительно короткое время. Количественные соотношения микроорганизмов в открытых водоемах варьируются в широких пределах, что зависит от типа водоема, степени его загрязнения, смены метеорологических условий сезона и т.д.

В воде обитают все известные группы микробов, но наиболее существенный компонент населения водоемов – бактерии [5]. Возбудителями кишечных инфекций могут быть различные бактерии; наиболее важное значение среди них занимают бактерии из семейства Enterobacteriaceae (сальмонеллы, шигеллы, эшерихии, иерсинии, а также клебсиеллы) [6, 7]. Наиболее надежная профилактика инфекционных заболеваний – это ранняя и быстрая индикация загрязнения воды и исследование ее микрофлоры [1–4].

**Цель работы** – количественное и качественное исследование аутохтонной и аллохтонной микрофлоры вод Пензенской области и обоснование мероприятий по профилактике острых кишечных инфекций.

### **Объекты и методы исследования**

В 2016 г. проводилось исследование проб воды по микробиологическим показателям.

В соответствии с требованиями СанПиН 2.1.5.980–00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод» об отсутствии патогенных микроорганизмов в местах водопользования, контроль воды осуществляется по определению бактерий рода *Salmonella* семейства Enterobacteriaceae и учету их отсутствия в 1000 мл.

Для проведения текущего контроля качества исследовались воды из колодца, родника в черте города Пензы, водопроводная, талая вода, а также пробы воды из сети «Ключ здоровья».

Изучение исследуемого материала проводилось с использованием микроскопического и бактериологического методов. Исследуемый материал изучался под микроскопом в мазках, окрашенных по Граму.

При использовании бактериологического метода первичный посев каждой категории воды проводился на следующие субстраты: мясо-пептонный агар (МПА), желточно-солевой агар (ЖСА) и среду Эндо.

Засеянные среды выдерживались в термостате в течение 24 ч при температуре 37 °С.

Выделение чистой культуры проводилось путем пересева выросших микроорганизмов в пробирки со скошенным агаром.

Для установления принадлежности бактерий к определенному роду, виду или разновидности определялись их биохимические свойства [3].

У стафилококков на желточно-солевом агаре определялось наличие факторов патогенности – лецитиназы и коагулазы – в коагулазном тесте. Для его проведения засеяли изолированную колонию стафилококка в пробирку с 0,5 мл кроличьей плазмы, инкубировали в термостате при 35–37 °С до 24 ч. Образование сгустка в пробирке, не разрушающегося при встряхивании, говорит о положительном результате. Для проведения каталазного теста нанесли две капли 3 % перекиси водорода непосредственно на исследуемую колонию. Появление пузырьков свидетельствовало о выделении бактериями каталазы. Оксидазный тест проводили с помощью полоски фильтровальной бумаги, пропитанной реактивом для определения оксидазной активности, на поверхность которой петлей наносили бактериальную массу. Результат определялся как отрицательный. Тест на редукцию нитратов выявлял способность к восстановлению нитратов до нитритов. Для этого культуру микроорганизма засеяли в мясо-пептонный бульон, содержащий 0,2 % нитрата калия, инкубировали в термостате 72 ч, затем в опытную и контрольную пробирки добавили по 1 мл реактива с крахмалом. К этому раствору перед постановкой реакции добавили несколько капель 10 % раствора соляной кислоты. Темно-синее окрашивание говорит о положительном результате. Для определения способности образовы-

вать сероводород использовали узкие полоски фильтровальной бумаги, смоченные в 5 % растворе ацетата свинца. Культуру микроорганизма засеяли в питательную среду в пробирке, после чего индикаторную бумагу поместили в пробирку и закрепили пробкой. Почернение бумаги говорит о положительном результате.

Представители рода актиномицетов выращивались на желточно-солевом агаре. Наличие каталазы определялось с помощью каталазного теста. При постановке оксидазного теста результаты были отрицательными. Уреаза́ную активность определяли с помощью среды Кристенсена, на которую засеивали исследуемую культуру и выращивали в термостате 4 сут при температуре 37 °С. Наличие уреазной активности определилось по покраснению среды.

Сарцины выращивались на мясо-пептонном агаре. При постановке теста на оксидазу давали положительный результат. Также проводился тест на желатиназу. Для этого культуру микроорганизма засеяли уколом в столбик питательного бульона, содержащего 12 % желатины. После культивирования опытную и контрольную пробирки охладили под холодной водой и сделали заключение о наличии фермента.

На среде Эндо выращивалась *E. coli*. Для определения лактозы, каталазы использовались соответствующие тесты, давшие положительный результат. Для определения оксидазы и коагулазы применялись оксидазный и коагулазный тесты соответственно, показавшие отрицательные результаты. Тест для определения способности восстанавливать нитраты показал положительный результат. Для определения продукции бактериальной культурой индола применялся способ Мореля. Культуру засеяли в мясо-пептонный бульон и под пробку поместили фильтровальную бумагу, пропитанную щавелевой кислотой. Покраснение нижней части бумажки говорит о положительном результате.

Представители рода дифтероидов выращивались на мясо-пептонном агаре. Для определения цистиназной активности проводилась проба Пизу. Для этого в столбик питательного агара с циститом уколом засеяли исследуемую культуру. Посевы инкубировали при 37 °С 24 ч. Результаты учитывались как отрицательные. Уреаза́ная активность при проведении соответствующего теста не проявлялась [3].

### **Результаты исследования**

В процессе исследования образцы талой, водопроводной воды и воды из системы «Ключ здоровья» тестировались на соответствие гигиеническим нормам по санитарно-микробиологическим показателям.

В результате исследования установлено, что количество проб воды, в которых обнаружены микроорганизмы, составило 53,33 %.

В водопроводной воде в 33,33 % проб обнаружены микроорганизмы.

На среде МПА наблюдалось появление колоний в количестве 266 КОЭ/мл. Обнаружены колонии 1 типа, светло-желтого цвета, с ровными краями. При микроскопии составляющих колонию микроорганизмов были обнаружены грамположительные кокки, расположенные гроздьями. При биохимическом анализе ферментативной активности выделенных стафилококков у них выявлено наличие устойчивости к содержанию NaCl концентрацией от 5 до 10 %. Обнаружена высокая биохимическая активность: способность к восстановлению нитратов, выделение сероводорода, разложение мочевины, ферментация углеводов с образованием кислоты. Выделенные кокки являлись плазмо-коагулаза-отрицательными, каталаза-положительными, оксидаза-отрицательными. В результате анализа ферментативной активности идентифицирован *S. epidermidis*.

В ходе количественного анализа колодезной воды обнаружены микроорганизмы в 66,66 % проб.

После культивирования исследуемого материала на среде МПА наблюдалось появление колоний в количестве 69 КОЭ/мл. Обнаружены колонии двух типов. Для колоний 1 типа характерна белая окраска с губчатой структурой, вязкая консистенция, выпуклый центр и ровные края. Колонии 2 типа имеют желтую окраску, вязкую консистенцию и ворсинчатые края. При микроскопии мазков, окрашенных по методу Грама, были обнаружены стафилококки и неподвижные короткие Гр (+) палочки, не имеющие спор и расположенные беспорядочно. При изучении биохимических свойств выявлены Гр (+) палочки, не разлагающие мочевины, ферментирующие глюкозу и сахарозу без выделения газа; у них наблюдалось отсутствие цистиназной активности. По результатам анализа биохимической активности идентифицированы микроорганизмы, являющиеся представителями рода дифтероидов.

После культивирования исследуемого материала на среде Эндо на поверхности среды наблюдалось появление колоний в количестве 134 КОЭ/мл. Обнаружено наличие колоний 1 вида, S-типа, малиново-красных с металлическим блеском. При микроскопическом исследовании содержимого колоний были обнаружены грамотрицательные палочки, расположенные беспорядочно. При изучении биохимической активности Гр (–) палочки разлагали глюкозу, лактозу, маннит с выделением углекислого газа. Выделенные микроорганизмы не утилизировали цитрат, являлись оксидаза-отрицательными, каталаза-положительными; восстанавливали нитраты, образовывали индол. По результатам анализа ферментативной активности идентифицированы *E. coli*.

В пробах воды из системы «Ключ здоровья» рост микроорганизмов наблюдался в 100 % случаев. После культивирования на среде Эндо наблюдалось появление колоний в количестве 1 КОЭ/мл. Обнаружены колонии 1 типа, бледно-зеленого цвета, с пушистыми краями. При микроскопии исследуемого материала обнаружены участки мицелия, состоящие из гиф, окрашенных по Граму положительно. По характерному строению конидиеносцев, напоминающих носик лейки, идентифицированы грибы *Aspergillus spp.*

При культивировании исследуемых проб воды из системы «Ключ здоровья» на среде МПА наблюдалось появление колоний в количестве 98 КОЭ/мл. Обнаружены колонии 1 типа, лимонно-желтые, с вязкой консистенцией, выпуклым центром и ровными краями.

При микроскопии содержимого колоний были обнаружены грампозитивные неподвижные бактерии шаровидной формы, расположенные в виде скоплений кубической формы.

При изучении биохимической активности грамположительные, кубовидно расположенные кокки не разлагали мочевины, разжижали желатин, являлись оксидаза-положительными. В их клетках обнаружено наличие пигмента каротина. Идентифицированы сарцины.

В результате микробиологического анализа талой воды в 66,66 % исследуемых проб обнаружены микроорганизмы трех видов. После культивирования на среде МПА наблюдалось появление колоний в количестве 208 КОЭ/мл. Обнаружены колонии 1 типа, светло-желтые, гладкие, с ровными краями и с вязкой консистенцией.

В результате анализа морфологических, тинкториальных и биохимических свойств идентифицирован *S. epidermidis*.

После культивирования на среде ЖСА наблюдалось появление колоний в количестве 32 КОЭ/мл. На поверхности среды обнаружены колонии двух типов: желтые, вязкие с выпуклым центром и бело-зеленые, губчатые, с неровными краями.

При микроскопии колоний 1 типа были обнаружены грампозитивные кокки, расположенные гроздьями. При изучении биохимической активности выделенных стафилококков у них обнаружено наличие лецитиназной активности и плазмокоагулазы. Идентифицирован *S. aureus*.

При микроскопическом исследовании колоний 2 типа были обнаружены неподвижные нитевидные грампозитивные бактерии. При анализе биохимических свойств Гр (+) нитевидных бактерий у них выявлено наличие ферментации маннозы, отсутствие ферментации маннита, наличие уреазной активности, наличие каталазы, отсутствие оксидазы. В результате идентифицированы представители рода актиномицетов.

В результате микробиологического анализа проб родниковой воды обнаружены микроорганизмы в 83,33 % исследуемых проб.

После культивирования проб родниковой воды на среде Эндо наблюдалось появление колоний в количестве 16 КОЭ/мл. Обнаружено наличие колоний двух типов. В результате изучения морфологических, тинкториальных и биохимических свойств выделенных микроорганизмов идентифицированы *Aspergillus spp.* и *E. coli*.

После культивирования исследуемых проб родниковой воды в среде ЖСА на поверхности питательной среды наблюдалось появление колоний в количестве 134 КОЭ/мл. Обнаружены колонии 1 типа, светло-желтые, вязкой консистенции, с ровными краями и выпуклым центром. Идентифицирован *S. epidermidis*.

### Заключение

Санитарное состояние вод и водоемов в Пензенской области, являющихся источниками водопользования, остается в санитарно-эпидемиологическом отношении неудовлетворительным.

В пробах обнаруживаются представители аутохтонной и аллохтонной микрофлоры воды, относящиеся к родам стафилококков, эшерихий, актиномицетов, дифтероидов, сарцин и грибов рода аспергиллус. Данные микроорганизмы могут стать причиной вспышечной заболеваемости острыми кишечными инфекциями.

Выявлено, что особенностью водоносных горизонтов Пензенской области является присутствие бактерий, относящихся к видам *S. epidermidis*, *E. coli*, *S. aureus*, что приводит к подаче населению питьевой воды ненадлежащего качества.

Необходимо проводить профилактические мероприятия по улучшению санитарного состояния зон рекреации, а именно по их доведению до нормативных требований и дальнейшее проведение лабораторных исследований воды в соответствии с требованиями санитарных норм и правил.

### Библиографический список

1. Материалы государственного доклада «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения в Российской Федерации в 2014 году» по Пензенской области. – Пенза, 2015.
2. МУК 4.2.1884-04 «Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов». – М., 2005.
3. Справочник по микробиологическим и вирусологическим методам исследования / под ред. М. О. Биргера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Медицина, 1982. – 464 с.
4. Кулагина, Г. М. Санитарно-эпидемиологические проблемы загрязнения водоемов / Г. М. Кулагина, О. Е. Фалова // Фундаментальные исследования. – 2004. – № 1. – С. 61–62. – URL: <https://fundamental-research.ru>
5. Микробиоценозы водоемов. – URL: <http://nsau.edu.ru>
6. Мельников, В. Л. Эпидемиологическая и клиническая характеристика ОКИ на территории Пензенской области / В. Л. Мельников, Н. Н. Митрофанова, Е. П. Балашова // Современные проблемы инфекционной патологии человека : сб. науч. тр. / Министерство здравоохранения Республики Беларусь, Республиканский научно-практический центр эпидемиологии и микробиологии ; под ред. Л. П. Титова. – Минск : ГУ РНМБ, 2012. – Вып. 6. – С. 61–65.
7. Сергеев, В. И. Эпидемиологическое обследование очага острых кишечных инфекций с единичным заболеванием / В. И. Сергеев // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунологии. – 2003. – № 5. – С. 77–81.

**Юдина Дарья Олеговна**, клинический интерн, кафедра «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет.

E-mail: meidpgumi@yandex.ru

**Митрофанова Наталья Николаевна**, старший преподаватель, кафедра «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет.

E-mail: meidpgumi@yandex.ru

**Мельников Виктор Львович**, доктор медицинских наук, заведующий кафедрой «Микробиология, эпидемиология и инфекционные болезни», Пензенский государственный университет.

E-mail: meidpgumi@yandex.ru

УДК 579

**Юдина, Д. О.**

**Особенности состава аллохтонной и аутохтонной микрофлоры вод Пензенской области /**  
Д. О. Юдина, Н. Н. Митрофанова, В. Л. Мельников // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 33–38.

# АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ

УДК 517.9

**А. Н. Тында**

## ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ИНТЕГРАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ПОСТОЯННЫМИ ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ

**Аннотация.** Предлагаются итерационные численные методы решения нелинейных интегральных уравнений Вольтерра с различного рода запаздывающими аргументами. Такие уравнения с задержками являются удобным аппаратом моделирования динамических систем. В частности, они используются в моделях популяций, структурированных по возрасту с конечной продолжительностью жизни. В основе предлагаемых методов лежит линеаризация интегральных операторов по схеме Ньютона – Канторовича.

**Ключевые слова:** нелинейные интегральные уравнения Вольтерра, запаздывающие аргументы, метод Ньютона – Канторовича, линеаризация.

### **Введение**

Функциональные уравнения (дифференциальные, интегральные и интегро-дифференциальные) с различного рода отклоняющимися аргументами (задержками) являются универсальным средством моделирования динамических систем в ряде областей физики, техники, медицины, экономики и т.д. (см., например [1–3]). При этом они обеспечивают наиболее реалистичное отражение свойств наблюдаемых процессов, являясь зачастую единственным математическим аппаратом для их описания. Интегральными динамическими моделями с запаздываниями можно описывать большое многообразие процессов. Такие модели учитывают эффект памяти динамических систем, когда прошлые состояния системы воздействуют на развитие в будущем. Интегральные уравнения с отклоняющимися аргументами (задержками) являются удобным аппаратом моделирования динамических систем в ряде областей физики, техники, экономики и т.д. Точные решения таких уравнений в большинстве нетривиальных случаев не могут быть найдены аналитически, поэтому актуальной является разработка эффективных численных методов их решения.

В данной работе построен ряд численных методов решения нелинейных интегральных уравнений Вольтерра с одной и несколькими постоянными задержками.

### **1. Нелинейное уравнение с одним запаздывающим аргументом**

Рассмотрим сначала уравнение, предложенное в [1] и имеющее следующий вид

$$x(t) = \int_0^t k(t,s)x(s)ds + \int_0^{t-\tau} h(t,s,x(s))ds + f(t), \quad (1)$$

где  $\tau \in \mathbb{R}, \tau > 0$  – постоянная задержка,  $t \in [0, T]$ ,  $x(t) = \varphi(t)$ , при  $t \in [-\tau, 0)$  – заданная предыстория.

В работе [1] предложен прямой коллокационный метод решения (1), линейные уравнения с задержками изучаются также в [2, 3]. Интегральным уравнениям

с неизвестными нелинейными задержками посвящены работы [4, 5]. Прямой метод решения уравнения I рода с постоянной задержкой предлагается в [6]. Интегро-дифференциальному уравнению с запаздывающими аргументами посвящена статья [7]. Хорошо известно, что для интегральных уравнений с переменными пределами интегрирования весьма эффективными являются итерационные методы (см., например, [8]). В работе [9] к решению уравнения (1) адаптирован метод простой итерации.

В этом параграфе предложим два итерационных численных метода решения (1).

### 1.1. Метод простой итерации

Пусть функции  $f(t)$ ,  $\varphi(t)$ ,  $k(t, s)$  и  $h(t, s, x(s))$  являются непрерывными функциями своих аргументов и, кроме того, для любой пары величин  $x_1$  и  $x_2$  имеет место неравенство

$$|h(t, s, x_1) - h(t, s, x_2)| \leq g(t, s) |x_1 - x_2|,$$

где  $g(t, s)$  – непрерывная функция своих аргументов.

В качестве начального приближения итерационного метода выберем функцию

$$x^0(t) = f(t) - \int_{t-\tau}^0 h(t, s, \varphi(s)) ds, t \in [0, T]. \quad (2)$$

Последовательные приближения  $x^m$ ,  $m = 1, 2, \dots$ , определяются затем из соотношений

$$x^m(t) = \int_0^t k(t, s) x^{m-1}(s) ds + \int_0^{t-\tau} h(t, s, x^{m-1}(s)) ds + f(t), t \in [0, T]. \quad (3)$$

Решение уравнения (1) определяем как предел последовательных приближений  $x(t) = \lim_{m \rightarrow \infty} x^m(t)$ . При этом для каждого номера  $m$  при  $t \in [-\tau, 0)$  полагаем  $x^m(t) = \varphi(t)$ .

Для дискретизации соотношений (2)–(3) на отрезке  $[0, T]$  введем сетку узлов (необязательно равномерную)

$$0 = t_0 < t_1 < t_2 < \dots < t_N = T, h_{\max} = \max_{i=1, N} (t_i - t_{i-1}) = O(N^{-1}). \quad (4)$$

Последовательные приближения решения уравнения (1) на каждом шаге итерационного процесса (3) будем искать в виде кусочно-постоянных функций

$$x_N^m(t) = \sum_{i=1}^N x_i^m \delta_i(t), t \in (0, T], \delta_i(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } t \in \Delta_i = (t_{i-1}, t_i]; \\ 0, & \text{при } t \notin \Delta_i \end{cases} \quad (5)$$

с неопределенными пока коэффициентами  $x_i^m, i = \overline{1, N}$ .

С целью упрощения изложения введем следующие обозначения

$$x_N^m(t_i) = x_i^m, f(t_i) = f_i, k\left(t_i, \frac{t_{j-1} + t_j}{2}\right) = k_{ij}, h\left(t_i, \frac{t_{j-1} + t_j}{2}, x_l^m\right) = h_{ijl}^m.$$

Обозначим через  $v_i, i = \overline{0, N}$  номер отрезка разбиения (4), на который попадает значение  $t_i - \tau$ , а точнее

$$v_i = \begin{cases} 0, & \text{при } t_i - \tau \in [-\tau, 0); \\ j, & \text{при } t_{j-1} \leq t_i - \tau < t_j. \end{cases}$$

При  $t_i - \tau < 0$  имеем

$$x_i^m = \sum_{j=1}^i \int_{t_{j-1}}^{t_j} k(t_i, s) x_N^{m-1}(s) ds - \int_{t_i-\tau}^0 h(t_i, s, \varphi(s)) ds + f_i, i = \overline{0, N}. \quad (6)$$

При  $t_i - \tau \geq 0$  имеем

$$x_i^m = \sum_{j=1}^i \int_{t_{j-1}}^{t_j} k(t_i, s) x_N^{m-1}(s) ds + \sum_{j=1}^{v_i-1} \int_{t_{j-1}}^{t_j} h(t_i, s, x_N^{m-1}(s)) ds + \int_{t_{v_i-1}}^{t_i-\tau} h(t_i, s, x_N^{m-1}(s)) ds + f_i, i = \overline{0, N}. \quad (7)$$

Аппроксимируя в соотношениях (6) и (7) интегралы по формуле средних прямоугольников, получаем окончательные выражения для определения приближений  $x_i^m$ ,  $i = \overline{0, N}$ ,  $m = 1, 2, \dots$ :

$$x_i^m = \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1}) k_{ij} x_j^{m-1} - \int_{t_i-\tau}^0 h(t_i, s, \varphi(s)) ds + f_i, \text{ при } t_i - \tau < 0; \quad (8)$$

$$x_i^m = \sum_{j=1}^i (t_j - t_{j-1}) k_{ij} x_j^{m-1} + \sum_{j=1}^{v_i-1} (t_j - t_{j-1}) h_{ij}^{m-1} + (t_i - \tau - t_{v_i-1}) h\left(t_i, \frac{t_i - \tau + t_{v_i-1}}{2}, x_{v_i}^{m-1}\right) + f_i, \text{ при } t_i - \tau \geq 0. \quad (9)$$

(Для вычисления интеграла по предыстории в (8) также применяется квадратурная формула средних прямоугольников по вспомогательной сетке узлов с шагом, зависящим от величины  $\tau - t_i$  и не превосходящим  $h_{\max}$ ).

### 1.2. Итерационный метод с линеаризацией

Перепишем теперь уравнение (1) в следующем виде:

$$x(t) - \int_0^t k(t, s) x(s) ds - \int_0^{t-\tau} h(t, s, x(s)) ds = f(t). \quad (10)$$

Для построения численного решения уравнения (10) введем нелинейный интегральный оператор

$$Fx(t) \equiv x(t) - \int_0^t k(t, s) x(s) ds - \int_0^{t-\tau} h(t, s, x(s)) ds - f(t). \quad (11)$$

Найдем производную (по Фреше) нелинейного оператора  $Fx$  в точке  $x_0(t)$ , где  $x_0(t)$  – начальное приближение,

$$\begin{aligned} F'[x_0](x(t)) &= \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{F(x_0(t) + \omega x(t)) - F(x_0(t))}{\omega} = \\ &= \lim_{\omega \rightarrow 0} \frac{1}{\omega} \left( x_0(t) + \omega x(t) - \int_0^t k(t, s) (x_0(s) + \omega x(s)) ds - \int_0^{t-\tau} h(t, s, x_0(s) + \omega x(s)) ds - \right. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & -f(t) - x_0(t) + \int_0^t k(t,s)x_0(s)ds + \int_0^{t-\tau} h(t,s,x_0(s))ds + f(t) \Big) = \\
 & = x(t) - \int_0^t k(t,s)x(s)ds - \lim_{\omega \rightarrow 0} \int_0^{t-\tau} \frac{h(t,s,x_0(s) + \omega x(s)) - h(t,s,x_0(s))}{\omega} ds = \\
 & = x(t) - \int_0^t k(t,s)x(s)ds - \int_0^{t-\tau} \frac{\partial h(t,s,x_0(s))}{\partial x} x(s)ds.
 \end{aligned}$$

Таким образом, получаем

$$F'[x_0](x(t)) = x(t) - \int_0^t k(t,s)x(s)ds - \int_0^{t-\tau} \frac{\partial h(t,s,x_0(s))}{\partial x} x(s)ds. \quad (12)$$

Уравнение (1) в операторной форме имеет вид  $Fx = 0$ . Применим к нему метод Ньютона – Канторовича:

$$F'(x_{n-1})(x_n - x_{n-1}) = -F(x_{n-1}), \quad n = 0, 1, \dots, \quad (13)$$

$$x_n = x_{n-1} - [F'(x_{n-1})]^{-1} \cdot F(x_{n-1}), \quad (14)$$

где  $[F'(x_{n-1})]^{-1}$  – обратный оператор для линейного оператора  $F'[x_{n-1}](x(t))$ , вычисленного в точке  $x_{n-1}$ .

Таким образом, в развернутом виде имеем последовательность приближенных решений  $x_n$ , определяемых из уравнений:

$$\begin{aligned}
 & (x_n(t) - x_{n-1}(t)) - \int_0^t k(t,s)(x_n(s) - x_{n-1}(s))ds - \\
 & - \int_0^{t-\tau} \frac{\partial h(t,s,x_{n-1}(s))}{\partial x} (x_n(s) - x_{n-1}(s))ds = -x_{n-1}(t) + \\
 & + \int_0^t k(t,s)x_{n-1}(s)ds + \int_0^{t-\tau} h(t,s,x_{n-1}(s))ds + f(t).
 \end{aligned} \quad (15)$$

Обозначим для краткости  $H_x(t,s,x) = \frac{\partial h(t,s,x)}{\partial x}$ . Тогда уравнения (15) можно преобразовать к виду, удобному для нахождения очередного приближения в итерационном процессе:

$$\begin{aligned}
 & x_n(t) - \int_0^t k(t,s)x_n(s)ds - \int_0^{t-\tau} H_x(t,s,x_{n-1}(s))x_n(s)ds = \\
 & = f(t) + \int_0^{t-\tau} [h(t,s,x_{n-1}(s)) - H_x(t,s,x_{n-1}(s))x_{n-1}(s)]ds.
 \end{aligned} \quad (16)$$

Обозначив через  $\Psi_n(t)$  правую часть уравнения (16)

$$\Psi_n(t) = f(t) + \int_0^{t-\tau} [h(t,s,x_{n-1}(s)) - H_x(t,s,x_{n-1}(s))x_{n-1}(s)]ds, \quad (17)$$

получим окончательно

$$x_n(t) - \int_0^t k(t,s)x_n(s)ds - \int_0^{t-\tau} H_x(t,s,x_{n-1}(s))x_n(s)ds = \Psi_n(t), \quad n = 1, 2, \dots \quad (18)$$

Для решения уравнений вида (18) можно применять прямые коллокационные (см., например, [1]) или итерационные методы [9]. В данной работе применим метод последовательных приближений в следующей форме:

$$x_n^m(t) = \Psi_n(t) + \int_0^t k(t,s)x_n^{m-1}(s)ds + \int_0^{t-\tau} H_x(t,s,x_{n-1}(s))x_n^{m-1}(s)ds, n=1,2,\dots, \quad (19)$$

где  $x_n^0(t) = \Psi_n(t)$  – начальное приближение для метода последовательных приближений, а  $x_{n-1}(t)$  – приближенное решение, полученное на  $(n-1)$  итерации Ньютона – Канторовича. При дискретизации (19) используется адаптивная сетка, построенная для каждого фиксированного числа разбиений отрезка  $[0, T]$  в зависимости от величины задержки  $\tau$ .

## 2. Нелинейное уравнение с двумя запаздывающими аргументами

### 2.1. Постановка задачи

Данная глава посвящена численному исследованию решений интегрального уравнения с двумя постоянными задержками, рассмотренного в [3] и имеющего следующий вид:

$$y(t) = f(t) + \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g(y(s))ds, \quad t \in [\tau_2, T], \quad (20)$$

где  $\tau_1, \tau_2$  – константные задержки,  $y(t) = \varphi(t)$  при  $t \in [0, \tau_2]$ . Здесь  $\varphi(t)$  – известная функция, удовлетворяющая условию

$$\varphi(\tau_2) = f(\tau_2) + \int_0^{\tau_2-\tau_1} k(\tau_2-s)g(\varphi(s))ds. \quad (21)$$

Предполагается также, что функции  $\varphi(t), f(t), k(t)$  как минимум непрерывные функции на отрезках  $[0, \tau_2]$ ,  $[0, T]$  и  $[\tau_1, \tau_2]$ , соответственно. Функция  $g(y)$  удовлетворяет условию Липшица.

Условие (21) гарантирует непрерывность точного решения  $y(t)$  при  $t \geq 0$ . Однако производные  $y^{(l)}, l=1,2,\dots$  точного решения в общем случае могут иметь конечные разрывы [3]. Производная  $y'(t)$  терпит разрыв в точке  $\tau_2$ , вторая производная  $y''(t)$  – в точках  $\tau_2, \tau_2 + \tau_1, 2\tau_2$  и т.д. При этом  $y^{(l)}$  – непрерывны при  $t > l\tau_2$ .

Уравнения вида (20) находят применение, в частности, в моделях популяций, структурированных по возрасту с конечной продолжительностью жизни. В работе [3] для таких уравнений предлагается прямой квадратурный метод. Метод предварительно апробирован на более простом тестовом уравнении, допускающем аналитическое решение:

$$y(t) = 1 + \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} (\lambda + \mu(t-s))y(s)ds, \quad t \in [\tau_2, T], \lambda, \mu \in \mathbb{R}. \quad (22)$$

Предложим итерационный численный метод решения задачи (20)–(21), основанный на линеаризации по схеме Ньютона – Канторовича.

### 2.2. Описание метода

Для построения численного решения уравнения (20) введем нелинейный интегральный оператор, имеющий вид:

$$F[y](t) \equiv y(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g(y(s))ds - f(t). \quad (23)$$

Обозначив через  $y_0(t)$  начальное приближение, найдем производную Фреше оператора  $F$  в точке  $y_0(t)$ :

$$\begin{aligned}
 F'[y_0](t) &= \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{F(y_0(t) + \delta y(t)) - F(y_0(t))}{\delta} = \\
 &= \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{\delta} \left( y_0(t) + \delta y(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g(y_0(s) + \delta y(s))ds - f(t) - y_0(t) + f(t) + \right. \\
 &\quad \left. + \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g(y_0(s))ds \right) = y(t) - \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{1}{\delta} \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)(g(y_0(s) + \delta y(s)) - g(y_0(s)))ds = \\
 &= y(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s) \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{g(y_0(s) + \delta y(s)) - g(y_0(s))}{\delta y(s)} y(s)ds = \\
 &= y(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g'(y_0(s))y(s)ds.
 \end{aligned}$$

Обозначив  $g_0(s) = g'(y_0(s))$ , получаем

$$F'[y_0]y \equiv y(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g_0(s)y(s)ds. \quad (24)$$

Уравнение (20) в операторной форме имеет вид  $Fy = 0$ , итерационный процесс Ньютона – Канторовича применительно к этому уравнению имеет вид

$$F'[y_{n-1}](y_n - y_{n-1}) = -F(y_{n-1}), n = 0, 1, \dots, \quad (25)$$

$$y_n = y_{n-1} - (F'[y_{n-1}])^{-1} F(y_{n-1}), \quad (26)$$

где  $(F'[y_{n-1}])^{-1}$  – обратный оператор для линейного оператора  $F'[y_{n-1}](y(t))$ .

Таким образом, в развернутом виде имеем последовательность приближенных решений  $y_n$ , определяемых из уравнений:

$$\begin{aligned}
 y_n(t) - y_{n-1}(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g_{n-1}(s)(y_n(s) - y_{n-1}(s))ds &= \\
 = f(t) - y_{n-1}(t) + \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g(y_{n-1}(s))ds, n = 0, 1, \dots,
 \end{aligned}$$

где  $g_{n-1}(s) = g'(y_{n-1}(s))$ .

Обозначим через  $\Psi_n(t)$  правую часть линейного интегрального уравнения на шаге  $n$ :

$$\Psi_n(t) = f(t) + \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)[g(y_{n-1}(s)) - g_{n-1}(s)y_{n-1}(s)]ds.$$

Имеем окончательно

$$y_n(t) - \int_{t-\tau_2}^{t-\tau_1} k(t-s)g_{n-1}(s)y_n(s)ds = \Psi_n(t), \quad n=1,2,\dots \quad (27)$$

Для решения линейного интегрального уравнения (27) на каждой итерации  $n$  строится прямой квадратурный метод первого порядка точности, основанный на аппроксимации  $y_n(t)$  кусочно-постоянной функцией и применении квадратурной формулы прямоугольников. При этом при дискретизации (27) используется адаптивная сетка, построенная для каждого фиксированного числа  $N$  разбиений отрезка  $[\tau_2, T]$  в зависимости от величин задержек  $\tau_1$  и  $\tau_2$ .

### Библиографический список

1. Calìò, F. About the deficient spline collocation method for particular differential and integral equations with delay / F. Calìò, E. Marchetti, R. Pavani // Rend. Sem. Mat. Univ. Pol. Torino. – 2003. – Vol. 61. – № 3. – P. 287–300.
2. Cardone, A. Gaussian direct quadrature methods for double delay Volterra integral equations / A. Cardone, I. D. Prete, C. Nitsch // Electronic Transactions on Numerical Analysis. – 2009. – Vol. 35. – P. 201–216.
3. Messina, E. A convolution test equation for double delay integral equations / E. Messina, E. Russo, A. Vecchio // Journal of Computational and Applied Mathematics. – 2009. – Vol. 228, iss. 2. – P. 589–599.
4. Тында, А. Н. Решение систем нелинейных интегральных уравнений с неизвестными задержками / А. Н. Тында // Труды СВМО. – 2007. – Т. 9. – № 1. – С. 253–259.
5. Tynda, A. N. Iterative numerical method for integral models of a nonlinear dynamical system with unknown delay / A. N. Tynda // PAMM. – 2009. – Vol. 9, iss. 1. – P. 591–592.
6. Тында, А. Н. Интегральная модель динамической системы с конечной памятью / А. Н. Тында, В. А. Алякина // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем : сб. ст. VI Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский Дом Знаний, 2012. – С. 45–49.
7. Тында, А. Н. Об одном интегро-дифференциальном уравнении с задержкой / А. Н. Тында, А. И. Королева // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем : сб. ст. IX Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – С. 129–133.
8. Верлань, А. Ф. Интегральные уравнения: методы, алгоритмы, программы / А. Ф. Верлань, В. С. Сизиков. – Киев : Наукова Думка, 1986.
9. Тында, А. Н. Численный метод решения нелинейного интегрального уравнения с константной задержкой / А. Н. Тында, М. А. Можарова // Аналитические и численные методы моделирования естественно-научных и социальных проблем : сб. ст. XI Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 76–80.

**Тында Александр Николаевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра «Высшая и прикладная математика», Пензенский государственный университет.

E-mail: tyndaan@mail.ru

УДК 517.9

**Тында, А. Н.**

**Численные методы решения интегральных уравнений с постоянными запаздываниями / А. Н. Тында //** Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 39–45.

УДК 538.953; 538.951

**А. В. Рудин, С. Е. Балюков**

## ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ФОРМЫ В РЕЖИМЕ ПРЯМЫХ И ОБРАТНЫХ МАРТЕНСИТНЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ

**Аннотация.** Приводится описание экспериментальной установки для исследования эффекта механической памяти формы в сплавах типа Cu-Al-Ni, Ti-Ni, выполненных в виде тонких стержней и спиральной пружины по зависимости упругих характеристик исследуемых сплавов в области прямых и обратных мартенситных превращений при различной величине механической нагрузки.

**Ключевые слова:** мартенситные превращения, эффект памяти формы, экспериментальная установка, трансформатор, мультиметр, термопара.

### **Введение**

Как правило, эффект памяти формы наблюдается в сплавах, претерпевающих термоупругий мартенситный переход. Переходы такого типа были впервые обнаружены Г. В. Курдюмовым и Л. Г. Хандросом и подробно исследованы в дальнейших работах [1, 2]. В результате исследований условий образования и роста новой фазы в среде с высокими упругими свойствами авторы работы [1] пришли к заключению, что на границе раздела фаз должна сохраняться структурная связь (когерентность) кристаллических решеток обеих фаз. Существование этой связи приводит к возникновению упругой энергии, величина которой зависит от соотношения межатомных расстояний в исходной и мартенситной фазах, от величины упругих констант и от способа перестройки решетки. При достижении некоторой температуры мартенситный кристалл приобретает определенные размеры, его рост прекращается и устанавливается термоупругое неустойчивое равновесие между кристаллом мартенсита и исходной фазой. Дальнейшее охлаждение вызывает увеличение разности химических свободных энергий и приводит к росту мартенситного кристалла. Исчезновение его при нагреве происходит с небольшим температурным гистерезисом. Кристаллы мартенсита, образующиеся в процессе охлаждения сплава до температуры ниже  $M_H$ , ориентированы в соответствии с кристаллографической взаимосвязью: первые кристаллы мартенсита влияют на ориентировку кристаллов, возникающих при последующем охлаждении, а изменение ориентировки первых кристаллов изменяет всю картину рельефа при последующем превращении. Рост упругих кристаллов мартенситной фазы может происходить также и при постоянной температуре под влиянием внешних напряжений. Так, экспериментальные исследования показали, что при температуре выше  $M_H$  под действием внешней нагрузки на полированной поверхности образца появляется рельеф, соответствующий образованию кристалла мартенсита. При снятии нагрузки межфазные границы перемещаются в сторону исходной фазы. Если температура превышает  $A_K$ , кристаллы мартенсита полностью исчезают. При температуре ниже  $A_K$  после снятия нагрузки они частично остаются. Если нагрузка прикладывается при температуре ниже  $M_K$ , когда в структуре сплава уже есть некоторое количество мартенситных кристаллов, то часть из них, имеющая благоприятную ориентировку по отношению к приложенной нагрузке, растет наряду с образованием и ростом новых кристаллов мартенсита.

### 1. Эффект механической «памяти» формы

Эффект механической памяти формы (ЭМПФ) при деформации в температурном интервале  $A_H - M_H$  обусловлен образованием преимущественно ориентированных кристаллов мартенсита и последующим их исчезновением при нагреве в процессе обратного превращения. Этот вид памяти присущ всем сплавам, в которых происходят обратные мартенситные превращения [1].

Максимальная обратимая деформация может быть получена в случае, когда одновременно с воздействием механических напряжений образец охлаждается в температурном интервале превращений.

Образование мартенсита в этом температурном интервале происходит при воздействии небольших деформаций. Деформация за счет мартенситного превращения ограничена несколькими процессами. С увеличением напряжений, когда возможность деформации по этому механизму исчерпана, происходит смена механизма деформации. Дальнейшее изменение формы может происходить путем скольжения или двойникования. Степень восстановления формы в различных материалах существенно зависит от разности величины напряжений при смене механизма деформации.

В этом же температурном интервале эффект памяти может быть обусловлен исчезновением кристаллов мартенсита с неблагоприятной ориентировкой, образованием в тех же местах кристаллов с преимущественной ориентировкой и последующим их исчезновением при обратном мартенситном превращении.

Эффект механической памяти формы также наблюдается в сплавах Cu-Al-Ni, Cu-Al-Mn, Cu-Zn-Al-Ni, Mn-Cu и Ti-Ni (нитинол) после деформации при температуре выше  $A_K$  и нацикловки [1, 3].

В сплавах Fe-Ni, Fe-Mn происходит лишь частичное восстановление формы, так как мартенситные фазы в них обладают высокой симметрией, так что при обратном превращении наряду с восстановлением исходного варианта ориентировки могут осуществляться и другие варианты.

На рис. 1 показана упруго-обратимая деформация сплава Cu-Al-Ni (28 % Al и 5 % Ni). Исходная фаза –  $\beta$ -фаза с объемно-центрированной кристаллической решеткой, упорядоченной по типу  $Fe_3Al$ , способная превращаться по мартенситному механизму как при охлаждении ниже  $M_H$ , так и при деформации в интервале температур выше  $M_H$ .

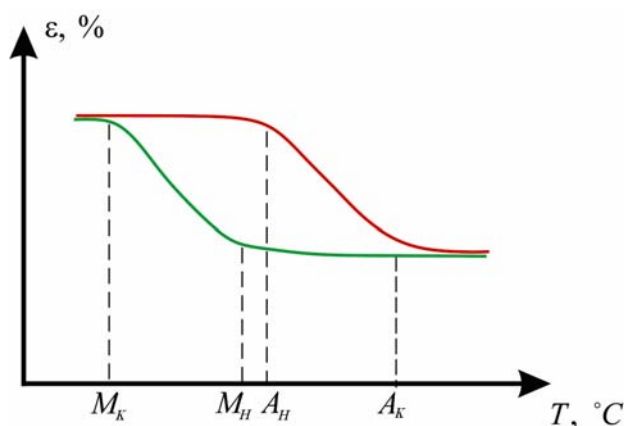


Рис. 1. Упруго-обратимая деформация сплава Cu-Al-Ni, где  $\varepsilon$  – относительная деформация образца, выраженная в процентах (поперечный изгиб цилиндрического образца);  $M_H, M_K$  – температуры начала и конца мартенситного превращения;  $A_H, A_K$  – температуры начала и конца обратного мартенситного превращения

При  $T < A_H$  мартенситная фаза неустойчива, поэтому после снятия нагрузки деформация исчезает, т.е. происходит восстановление исходной формы. Псевдоупругая деформация, вызванная фазовым переходом, может достигать нескольких процентов и на порядок превышать величину упругой деформации в обычных сплавах.

## 2. Описание экспериментальной установки

Функциональная блок-схема измерительной установки для исследования прямого и обратного мартенситного превращений в сплавах, обладающих эффектом механической памяти формы, приведена на рис. 2. В предлагаемой измерительной установке в качестве исследуемого образца используется спиральная пружина, изготовленная из сплава Ti-Ni стехиометрического состава, обладающего эффектом механической памяти формы. Диаметр проволоки пружины  $d = 1,65$  мм, наружный диаметр спирали пружины составляет  $D = 20$  мм, длина пружины в сжатом состоянии  $L = 35-40$  мм.

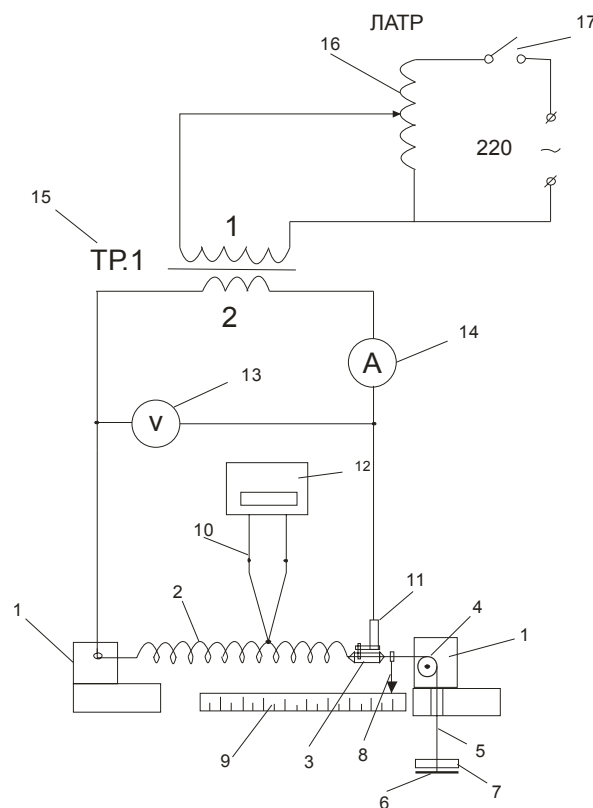


Рис. 2. Блок-схема измерительной установки с ЭМПФ:

- 1 – кронштейн; 2 – образец; 3 – цанговый зажим; 4 – неподвижный шкив; 5 – стальная струна;
- 6 – платформа; 7 – грузы; 8 – указатель; 9 – измерительная линейка перемещений;
- 10 – термопара; 11 – клемма; 12 – мультиметр; 13 – вольтметр; 14 – амперметр;
- 15 – трансформатор; 16 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 17 – кнопка

Основными элементами установки являются: исследуемый образец 2, который одним концом закрепляется с помощью болтового соединения к неподвижному кронштейну 1, а другим – с помощью цангового зажима 3 к горизонтально натянутой тонкой стальной струне 5, которая через неподвижный блок 4 прикреплена к платформе 6 с грузами 7. Контроль температуры осуществляется с помощью хромель-копелевой термопары 10, которая нитками закрепляется на поверхности исследуемого образца в центральной части. Свободные концы термопары подключаются к мультиметру 12 типа ДТ-838, который позволяет осуществлять измерения температуры в градусах Цельсия с точно-

стью до  $\pm 0,5$  °С. Изменение длины исследуемого образца в режиме нагрева регистрируется по шкале измерительной линейки 9 с помощью вертикально подвешенного к струне указателя 8. Нагрев исследуемого образца осуществляется с помощью стабилизируемого источника постоянного тока 15. Контроль параметров тока через исследуемый образец осуществляется с помощью амперметра 14 и вольтметра 13, расположенных на передней панели источника тока 15. Время обратного мартенситного превращения измеряется в ручном режиме с помощью электронного цифрового секундомера.

### 3. Оценка погрешности экспериментальных измерений

Относительная погрешность температуры исследуемого образца определяется по формуле:

$$\varepsilon_t = \frac{\Delta t}{\langle t \rangle} = \frac{1}{75} \times 100 \% = 1,3 \%, \quad (1)$$

где  $\Delta t = 0,5$  °С – абсолютная погрешность измерения температуры с помощью мультиметра.

Величина относительной погрешности механического напряжения, приложенного к исследуемому образцу

$$\sigma = \frac{mg}{s}, \quad (2)$$

где  $s = \frac{\pi d^2}{4}$ , определяется по формуле:

$$\varepsilon_\sigma = \sqrt{\left(\frac{\Delta m}{m}\right)^2 + \left(\frac{2\Delta d}{d}\right)^2}. \quad (3)$$

Подставляя типовые значения абсолютных величин измеряемых параметров исследуемого образца, величина относительной погрешности для механического напряжения определится:

$$\varepsilon_\sigma = \sqrt{\left(\frac{10^{-3}}{2,5}\right)^2 + \left(\frac{2 \cdot 0,1}{1,65}\right)^2} \approx \sqrt{1,6 \cdot 10^{-7} + 1,47 \cdot 10^{-2}} = 0,12. \quad (4)$$

Или в процентах относительная погрешность напряжения

$$\varepsilon_\sigma \approx 12 \%. \quad (5)$$

Величина относительной погрешности деформации исследуемого образца определяется из выражения

$$\varepsilon_\ell = \frac{\Delta \ell}{\ell}, \quad (6)$$

где  $\ell$  – абсолютная деформация образца (при прямом и обратном мартенситном превращении);  $\Delta \ell$  – абсолютная погрешность измерения деформации образца.

В соответствии с измеряемыми параметрами для среднего значения деформации получим

$$\Delta \varepsilon_\ell = \frac{0,2}{13} \cdot 100 \% = 1,54 \%. \quad (7)$$

#### 4. Результаты экспериментальных исследований

Исследования эффекта механической памяти формы при прямом и обратном мартенситном превращении проводились в режиме изобарического нагревания и охлаждения на вышеописанной экспериментальной установке. В качестве исследуемого образца использовалась спиральная пружина, изготовленная из сплава Ti-Ni стехиометрического состава, обладающего эффектом механической памяти формы. Диаметр проволоки спирали  $d = 1,65$  мм, диаметр спирали  $D = 20$  мм, длина спирали в сжатом состоянии  $L = 35-40$  мм.

По результатам экспериментальных исследований зависимости абсолютной величины длины  $\ell$  исследуемого образца – спиральной пружины от величины механической нагрузки  $\sigma$  построены графические зависимости длины и температуры прямого и обратного мартенситного превращения исследуемого образца от величины механической нагрузки  $\sigma$ .

На рис. 3 приведена зависимость абсолютной величины длины  $\ell$  исследуемого образца – спиральной пружины от температуры образца как в прямом (режим охлаждения), так и в обратном (режим нагревания) мартенситном превращении при постоянной механической нагрузке на образец;  $\sigma = 6,79$  МПа.

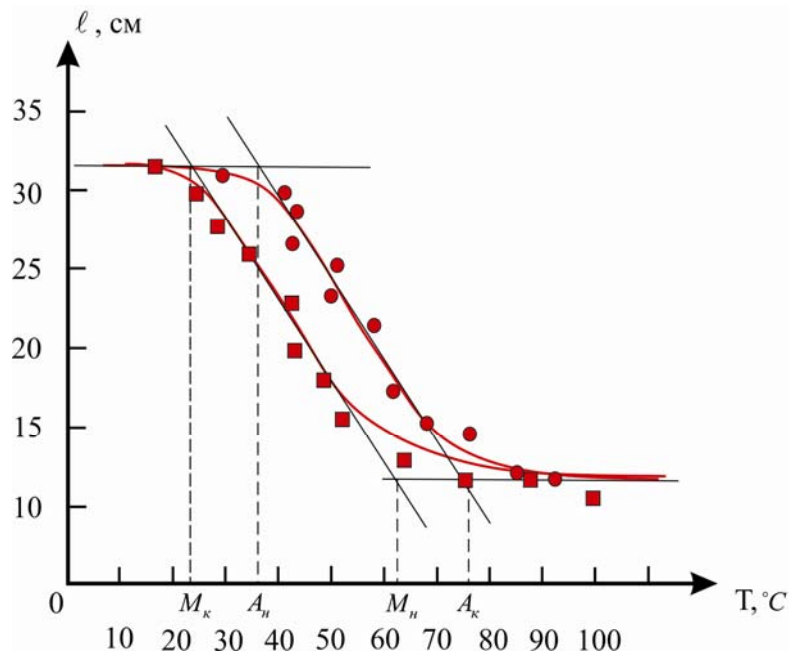


Рис. 3. Зависимость длины  $\ell$  исследуемого образца от температуры в прямом (режим охлаждения) и обратном (режим нагревания) мартенситном превращении при постоянной механической нагрузке;  $\sigma = 6,79$  МПа

Как видно из приведенного рис. 3, зависимость длины исследуемого образца от температуры как в прямом, так и в обратном мартенситном превращении носит нелинейный характер с двумя точками перегиба, на которых можно выделить три характерные однородные области. В первой области для прямого мартенситного превращения при температурах выше  $M_H$  длина образца постоянна и не зависит от температуры. Во второй области при температурах ниже  $M_H$ , но выше  $M_K$  длина образца изменяется с температурой по зависимости, близкой к линейной. В третьей области при температурах ниже  $M_K$  длина образца постоянна и не зависит от температуры аналогично первой

области. Такова же и зависимость длины образца от температуры при обратном мартенситном превращении. Таким образом, при циклическом нагревании и охлаждении в режиме постоянного механического нагружения образца получается замкнутая кривая, напоминающая петлю магнитного гистерезиса для ферромагнетика. Точки пересечения аппроксимирующих прямых температурной зависимости длины образца позволяют определить температуры:  $M_H, M_K, A_H, A_K$  – начала и конца прямого и обратного мартенситного превращения.

На рис. 4 приведена зависимость абсолютной величины длины  $\ell$  исследуемого образца – спиральной пружины – от температуры образца как в прямом (режим охлаждения), так и в обратном (режим нагревания) мартенситном превращении при постоянной механической нагрузке на образец;  $\sigma = 26,31$  МПа.

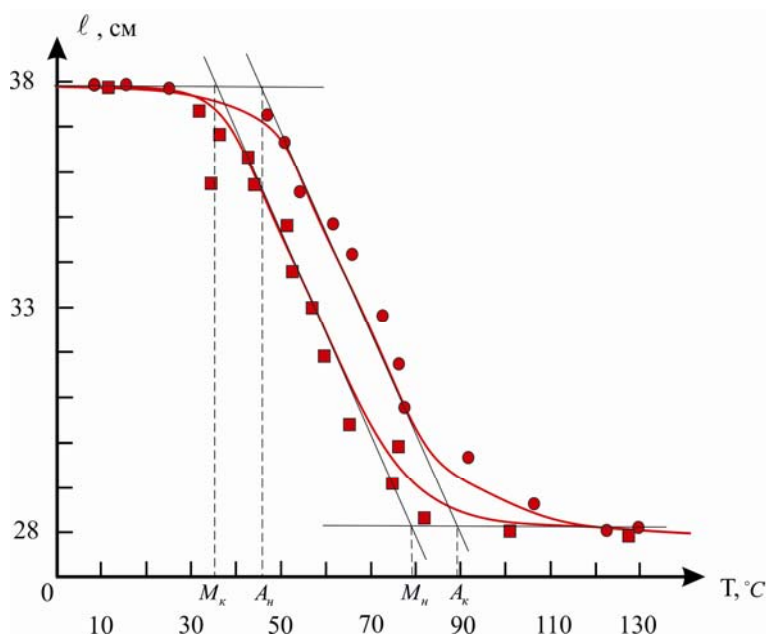


Рис. 4. Зависимость длины  $\ell$  исследуемого образца от температуры в прямом (режим охлаждения) и обратном (режим нагревания) мартенситном превращении при постоянной механической нагрузке;  $\sigma = 26,31$  МПа

Как видно из приведенного рис. 4, зависимость длины исследуемого образца от температуры как в прямом, так и в обратном мартенситном превращении при данной нагрузке носит аналогичный характер, причем с увеличением механического напряжения температура прямого и обратного мартенситного превращения линейно смещается в сторону больших температур.

Из графических зависимостей абсолютной величины длины  $\ell$  исследуемого образца – спиральной пружины – от температуры образца как в прямом (режим охлаждения), так и в обратном (режим нагревания) мартенситном превращении при различной механической нагрузке на образец (см. рис. 3, 4) были определены температуры прямого и обратного мартенситного превращения, а также абсолютная деформация, которые приведены в сводной табл. 1.

На рис. 5 приведен сводный график зависимости температур начала и конца прямого и обратного мартенситных превращений от механической нагрузки на образец. Как видно из приведенного рисунка, зависимость температур начала и конца прямого и обратного мартенситных превращений от механической нагрузки носит линейный характер.

Таблица 1

**Сводная таблица температур прямого и обратного мартенситного превращения и абсолютной деформации**

| $\sigma$ , МПа | $A_H$ , °C | $A_K$ , °C | $\Delta A$ , °C | $M_H$ , °C | $M_K$ , °C | $\Delta M$ , °C | $\Delta \ell$ , см |
|----------------|------------|------------|-----------------|------------|------------|-----------------|--------------------|
| 6,79           | 36         | 77         | 41              | 64         | 24         | 40              | 16,8               |
| 11,67          | 42         | 80         | 38              | 62         | 25         | 37              | 17,5               |
| 16,55          | 48         | 85         | 37              | 68         | 38         | 30              | 15,8               |
| 21,43          | 40         | 105        | 65              | 90         | 30         | 50              | 12,3               |
| 26,31          | 47         | 90         | 43              | 80         | 34         | 46              | 8,4                |

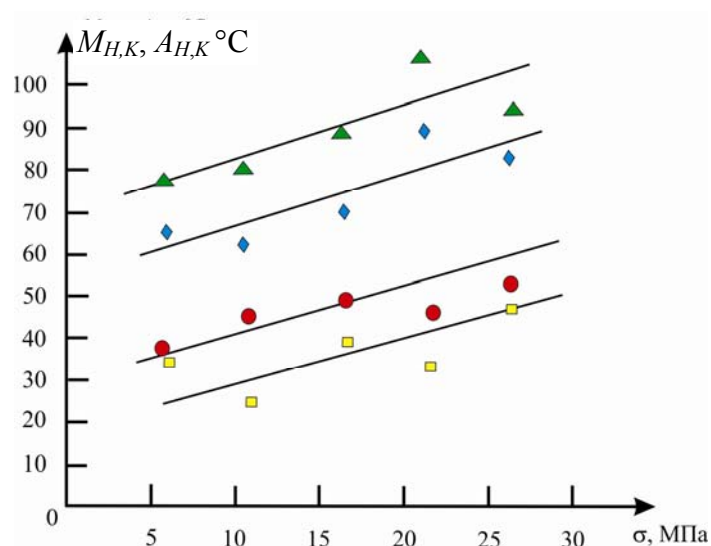


Рис. 5. Сводный график зависимости температур начала и конца прямого и обратного мартенситных превращений от механической нагрузки на образец:  
 $\nabla$  –  $A_K$ ;  $\diamond$  –  $M_H$ ;  $\circ$  –  $A_H$ ;  $\square$  –  $M_K$

На рис. 6 приведен сводный график зависимости величины абсолютной деформации исследуемого образца от механической нагрузки при обратном мартенситном превращении.

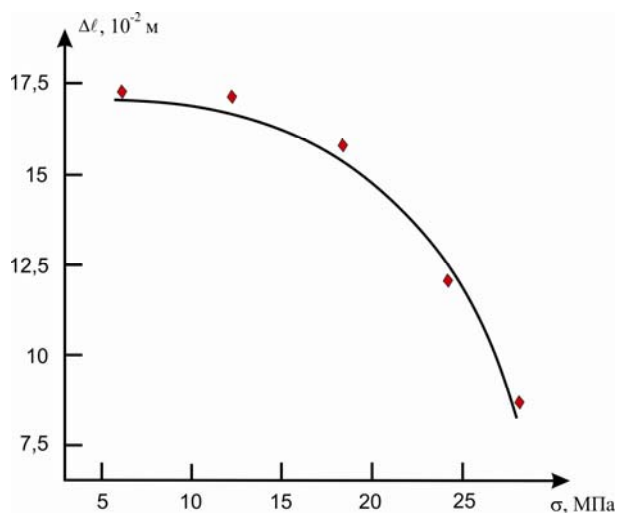


Рис. 6. График зависимости величины абсолютной деформации исследуемого образца от механической нагрузки при обратном мартенситном превращении

Из приведенного графика 6 следует, что зависимость величины абсолютной деформации исследуемого образца от механической нагрузки при обратном мартенситном превращении изменяется по не линейному закону, причем с увеличением механической нагрузки абсолютная деформация монотонно убывает.

### 5. Применение сплавов с эффектом механической памяти формы

Для построения технических устройств нового типа на базе сплавов с ЭМПФ можно использовать сплавы, которые работают на изгиб, растяжение, сжатие или кручение. Так, работа сплавов с ЭМПФ на растяжение или сжатие позволяет создавать большие усилия; при этом, однако, их перемещения будут относительно небольшими. Для создания в этом случае больших перемещений потребуются сплавы достаточно большой длины, либо дополнительный механизм трансформации перемещений. Сплавы, работающие на изгиб, обеспечивают большие перемещения, а выбор диаметра сплава позволяет получить усилия на выходе привода. Поскольку в данном случае организация создания усилий и перемещений реализуется на уровне кристаллической решетки металла, то мы имеем дело с устройствами принципиально нового типа, у которых есть ряд преимуществ по сравнению с традиционными: электрическими, электромагнитными, пневматическими или гидравлическими [1, 3].

В данной работе представлена конструкция действующего лабораторного макета – термозапорного вентиля, который может функционировать автономно, без использования электрического привода (рис. 7).

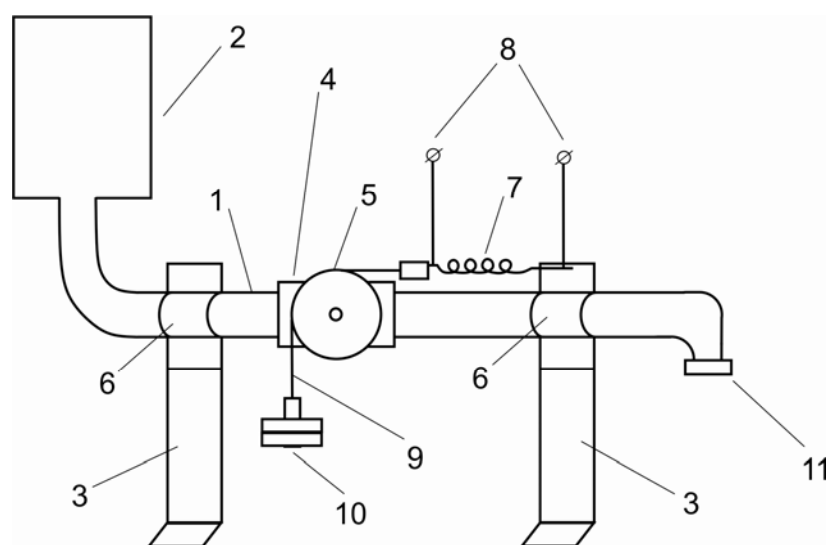


Рис. 7. Конструкция действующего лабораторного макета – термозапорного вентиля:  
1 – трубопровод; 2 – резервуар с жидкостью; 3 – кронштейн; 4 – вентиль шаровый; 5 – шкив;  
6 – хомут; 7 – пружина; 8 – соединительные провода; 9 – металлическая струна;  
10 – груз-противовес; 11 – форсунка-распылитель

При пожаре пружина 7 термозапорного вентиля нагреется, и когда ее температура достигнет рабочего значения, резко сократит свою длину и в автоматическом режиме откроет вентиль 4 с водопроводной водой, а после гашения пламени пожара самостоятельно закроется за счет действия груза-противовеса 10.

### Библиографический список

1. Металлы. Электроны. Решетка // Труды института металлофизики АН УССР. – Киев : Наукова Думка, 1975. – 440 с.

2. Юсупов, Т. М. Влияние термообработки на механические свойства сплавов Cu-Al-Ni, обладающих эффектом памяти формы / Т. М. Юсупов, Н. Н. Царева, А. В. Рудин // Труды института металлофизики АН УССР. – Киев, 1980.
3. Металлофизика. – Киев : Наукова думка, 1973. – № 46, 52.

**Рудин Александр Васильевич**, кандидат физико-математических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой «Физика», Пензенский государственный университет.

E-mail: rudin1951@mail.ru

**Балюков Сергей Евгеньевич**, магистрант, Пензенский государственный университет.

E-mail: balyukovsergey@mail.ru

УДК 538.953; 538.951

**Рудин, А. В.**

**Исследование механической памяти формы в режиме прямых и обратных мартенситных превращений / А. В. Рудин, С. Е. Балюков // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 46–54.**

УДК 538.9

**С. Ю. Жмуркин, И. А. Аверин, И. А. Пронин, А. А. Карманов****МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАЗМЕРОВ ОБЛАСТЕЙ КОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ В МАТЕРИАЛАХ С СИЛЬНОЙ ДЕФОРМАЦИЕЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЕТКИ**

**Аннотация.** На основании экспериментальных данных, полученных путем проведения рентгенофазового анализа серии механоактивированных в атриторе нанопорошков ZnO, рассчитаны размеры областей когерентного рассеяния. Предложенная методика расчета позволяет учитывать наличие микродеформаций в образцах, поэтому подходит для материалов с высокой степенью деформируемости кристаллической решетки, тем самым качественно отличаясь от классического метода Дебая – Шеррера.

**Ключевые слова:** микродеформации, функция Гаусса, функция Коши, высокоэнергетический размол, области когерентного рассеяния, рентгенофазовый анализ.

**Введение**

В настоящее время материалы с размерами частиц от 100 нм и ниже находят все более широкое применение в таких областях, как фотокатализ, сенсорика, создание различных адсорбентов [1]. Наночастицы по своим характеристикам и свойствам существенно отличаются от частиц микрометрового диапазона. Малые размеры частиц, особое состояние поверхности, поглощение излучения всем объемом частицы – все это обуславливает особые оптические, механические, фотокаталитические и сенсорные свойства наноматериалов [2].

Существует большое число методов синтеза материалов с размерами частиц нанометрового диапазона. Это химические методы – например, золь-гель синтез – которые непосредственно в процессе получения позволяют регулировать форму, размеры, степень пористости частиц. К физическим методам синтеза относится механический высокоэнергетический размол в атриторах или мельницах, который основывается на явлении пластической деформации объемных материалов. С помощью размолы получают наночастицы размерами до 1–10 нм, однако их кристаллическая решетка имеет сильнодеформированное состояние [3, 4].

Для экспериментального исследования размеров, формы, фрактальности частиц, их закона распределения часто применяют метод рентгенофазового анализа (метод Дебая – Шеррера для нанопорошков) ввиду его высокой информативности [5]. Размеры областей когерентного рассеяния (ОКР) (размеры нанокристаллитов) определяют, используя классическую формулу Дебая – Шеррера:

$$\beta_D = \frac{K\lambda}{D \cos \theta}, \quad (1)$$

где  $\beta_D$  – интегральная ширина рефлексов на дифрактограмме,  $D$  – размеры кристаллитов (ОКР),  $K$  – фактор формы (численно равен 0,9),  $\lambda$  – длина волны рентгеновского излучения (зависит от материала катода),  $\cos \theta$  – косинус угла дифракции рентгеновских лучей.

Данная формула не учитывает наличия микронапряжений в образцах, поэтому не подходит для расчетов ОКР в сильнодеформируемых материалах. Для этого существует формула Стокса:

$$\beta_s = 4\eta \cdot \operatorname{tg}\Theta, \quad (2)$$

где  $\eta$  – величина относительных деформаций кристаллической решетки [6].

Исходя из вышесказанного, актуальным представляется разработка методики расчета ОКР в материалах, имеющих высокую степень деформации кристаллической решетки, которая позволила бы учитывать наличие микронапряжений в образцах.

### Теоретическая часть

Частицы с высокой степенью деформируемости были получены путем механического высокоэнергетического размол в атриторе. В стакан атритора засыпали измельчающие тела из оксида циркония, помещали мешалку с лопастями из материала, аналогичного материалу мелющих тел, и включали ее на малой скорости. После добавляли коммерческий порошок оксида цинка («Вектон»). Соотношение мелющих тел к оксиду цинка составляло 18:1. Размол проводился при скорости 400 об/мин, пробы массой 20 г отбирались через 1, 3 и 5 ч. Отобранные пробы высушивались при температуре 70 °С в течение 24 ч.

С каждой серии порошков были получены рентгеновские дифрактограммы по методу Дебая – Шеррера (рис. 1), в качестве материала катода использовали молибден (длина волны излучения 0,708 ангстрем) [7]:

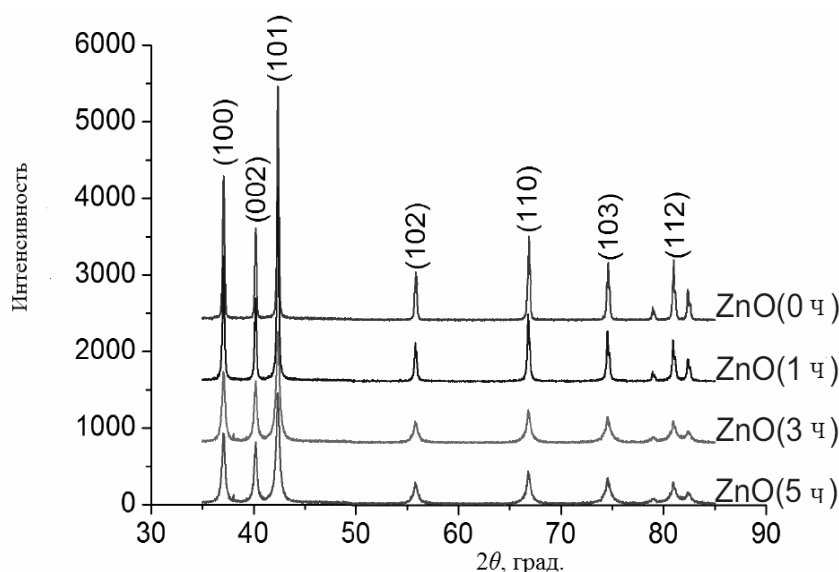


Рис. 1. Экспериментальные дифрактограммы серии механоактивированных нанопорошков оксида цинка

В качестве первичных данных по уширению рефлексов на дифрактограммах используют значения интегральной ширины:

$$\beta = \frac{1}{I_{\max}} \int_{2\theta_1}^{2\theta_2} I(2\theta) d(2\theta), \quad (3)$$

где  $I_{\max}$  – максимальная интенсивность профиля.

На рис. 2 представлен профиль рентгеновской линии, обусловленный малостью размеров ОКР и микронапряжениями в образцах:

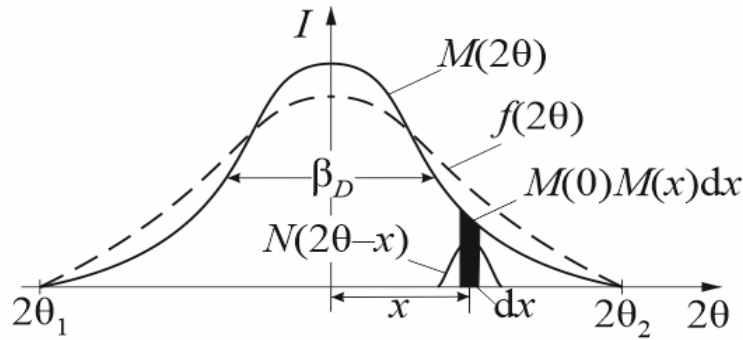


Рис. 2. Уширения рентгеновских линий, обусловленные размерами ОКР и микронапряжениями

Профиль линии, обусловленный малостью размеров ОКР, описывается функцией  $M(2\theta)$ , для которой  $M(2\theta = 0^\circ) = M(0)$ . Интегральное уширение профиля составит:

$$\beta_D = \int M(2\theta) d(2\theta). \quad (4)$$

Площадь полоски на элементарном участке  $dx$ , ограниченной профилем  $M(2\theta)$ , составит, согласно формулам (3) и (4),  $M(0)M(x)dx$ . Под влиянием микродеформаций в решетке каждая такая полоска  $dx$  уширяется в профиль  $N(2\theta-x)$  и, поскольку микродеформации не влияют на величину рассеиваемой энергии, площадь под профилем  $N(2\theta-x)$  будет равна площади исходной полоски:

$$N_\delta \beta_{N\delta} = M(0)M(x)dx, \quad (5)$$

где  $N_\delta$  – высота максимума профиля микродеформаций,  $\beta_{N\delta}$  – интегральная ширина профиля.

Результирующий профиль, который учитывает и малый размер ОКР, и наличие микродеформаций, определяется как сумма всех уширенных кривых  $N$ . Его высота в каждой точке  $2\theta$ :

$$f(0)f(2\theta) = \int N_\delta N(2\theta-x)dx. \quad (6)$$

Выражая из (5)  $N_\delta$  и подставляя его в (6), получаем:

$$f(2\theta) = \frac{M(0)}{f(0)\beta_{N\delta}} \int M(x)N(2\theta-x)dx. \quad (7)$$

Поскольку функции  $M$  и  $f$  можно нормировать таким образом, чтобы выражение перед интегралом в (7) стало равно единице, то получим:

$$f(2\theta) = \int M(x)N(2\theta-x)dx = \int N(x)M(2\theta-x)dx. \quad (8)$$

Уравнение (8) является сверткой функций  $M$  и  $N$ , а реальный физический профиль дифракционного профиля запишется как:

$$f = M * N, \quad (9)$$

где знак  $*$  обозначает свертку функций.

Профили линии на дифрактограмме могут описываться функциями Гаусса:

$$f_1(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_1^2}\right), \quad (10)$$

$$f_2(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma_2^2}\right), \quad (11)$$

где  $\sigma_1$  и  $\sigma_2$  – дисперсии первого и второго гауссиана, пропорциональные уширению линий. Чтобы найти суммарный профиль  $f(x)$ , нужно произвести операцию свертки  $f_1(x)$  и  $f_2(x)$ , воспользовавшись свойствами Фурье-образа, и тогда

$$f_1(x) * f_2(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}} \exp\left[-\frac{x^2}{2(\sigma_1^2 + \sigma_2^2)}\right]. \quad (12)$$

Анализ выражения (12) показывает, что квадрат результирующей дисперсии свертки двух функций равен сумме квадратов дисперсий отдельных функций, т.е. с учетом (1), (2) и (9) получим:

$$\beta^2 = \beta_D^2 + \beta_S^2 = \frac{K^2\lambda^2}{D^2 \cos^2 \theta} + 16\eta^2 \operatorname{tg}^2 \theta. \quad (13)$$

Из уравнения (13), зная уширения нескольких профилей обнаруженной фазы, можно найти значения размеров ОКР и микродеформаций. Преобразовав уравнение к виду  $\beta^2 \cos^2 \theta = \frac{K^2\lambda^2}{D^2 \cos^2 \theta} + 16\eta^2 \sin^2 \theta$  и построив его в системе координат  $16\sin^2 \theta - \beta^2 \cos^2 \theta$ , найдем уравнение прямой, построенной методом наименьших квадратов  $y = ax + b$ . Тогда:

$$\begin{cases} \eta = \frac{\sqrt{a}}{4}, \\ D = \frac{K\lambda}{\sqrt{b}}. \end{cases} \quad (14)$$

Профили рентгеновских линий также могут описываться и функцией Коши (функцией Лоренца, контуром Лоренца), тогда выражение (13) запишется в виде:

$$\beta = \beta_D + \beta_S = \frac{K\lambda}{D \cos \theta} + 4\eta \cdot \operatorname{tg} \theta. \quad (15)$$

Из уравнения (15) найти размеры ОКР и значений микродеформаций можно графическим способом, проводя аналогичные преобразования и откладывая по оси абсцисс  $\sin \theta$ , а по оси ординат  $\beta \cos \theta$ . Тогда:

$$\begin{cases} \eta = \frac{a}{4}, \\ D = \frac{K\lambda}{b}. \end{cases} \quad (16)$$

Был произведен расчет значений размеров областей когерентного рассеяния в механоактивированных порошках оксида цинка по приведенной методике (использовалось описание профилей функцией Коши,  $D_K$ ) и по классическому уравнению Дебая – Шеррера ( $D_{D-S}$ ). Также рассчитывались значения микродеформаций в образцах с использованием выражения (16) и относительная погрешность между значениями размеров ОКР, полученными по двум различным методикам. Результаты расчетов приведены в табл. 1:

Таблица 1

**Рассчитанные значения размеров кристаллитов и микронапряжений в образцах**

| Параметры                                     | Время высокоэнергетического размола, ч |      |      |      |
|-----------------------------------------------|----------------------------------------|------|------|------|
|                                               | 0                                      | 1    | 3    | 5    |
| $D_K$ , нм                                    | 90                                     | 77   | 58   | 45   |
| $D_{D-S}$ , нм                                | 132                                    | 108  | 86   | 66   |
| $\eta \cdot 100$ , %                          | 0,15                                   | 0,19 | 0,24 | 0,31 |
| $\frac{D_{D-S} - D_K}{D_{D-S}} \cdot 100$ , % | 32                                     | 29   | 32   | 32   |

**Заключение**

Предложена оригинальная методика расчета размеров областей когерентного рассеяния и микронапряжений в материалах с сильной деформацией кристаллической решетки. В рамках данной методики используется описание профилей рентгеновских линий на дифрактограммах функциями Гаусса или Коши.

Показано, что относительная погрешность расчетов с использованием предложенного способа и классического уравнения Дебая – Шеррера составляет в среднем 32 %. Также немаловажно отметить то, что методика, рассматриваемая в работе, позволяет получать значения ОКР и микродеформаций в рамках одного расчета, тогда как уравнения Дебая – Шеррера или Стокса по отдельности не учитывают влияние микродеформаций или малых размеров ОКР.

**Библиографический список**

1. Взаимосвязь фотокаталитических и фотолюминесцентных свойств оксида цинка, легированного медью и марганцем / И. А. Пронин, Б. В. Донкова, Д. Ц. Димитров, И. А. Аверин, Ж. А. Пенчева, В. А. Мошников // Физика и техника полупроводников. – 2014. – Т. 48, № 7. – С. 868–874.
2. Синтез и характеристика наноструктурированных слоев оксида цинка для сенсорики / Л. К. Крастева, Д. Ц. Димитров, К. И. Папазова, Н. К. Николаев, В. А. Мошников, С. С. Карпова // Физика и техника полупроводников. – 2013. – Т. 47, № 4. – С. 564–569.
3. Особенности синтеза и исследования нанокомпозитных пленок, полученных методом золь-гель технологии / И. А. Аверин, А. А. Карманов, В. А. Мошников, И. А. Пронин, Р. М. Печерская // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2012. – № 2. – С. 155–162.
4. Mechanochemical synthesis of advanced nanomaterials for catalytic applications / X. Chunping, D. Sudipta, A. Balu, M. Ojeda, R. Luque // Chemical Communications. – 2015. – № 51. – P. 6698–6713.
5. Васильев, Е. К. Качественный рентгенофазовый анализ / Е. К. Васильев, М. С. Нахмансон. – Новосибирск : Наука, 1986. – 200 с.
6. Цыбуля, С. В. Рентгеноструктурный анализ ультрадисперсных систем: формула Дебая / С. В. Цыбуля, Д. А. Яценко // Журнал структурной химии. – 2012. – Т. 53. – С. 155–171.
7. McCusker, Lynne B. Solving the Structures of Polycrystalline Materials: from the Debye-Scherrer Camera to Swiss FEL / Lynne B. McCusker, C. Baerlocher // CHIMIA International Journal for Chemistry. – 2014. – Vol. 68, № 1. – P. 19–25.

**Жмуркин Сергей Юрьевич**, магистрант, Пензенский государственный университет.

E-mail: szhmurkin@gmail.com

**Аверин Игорь Александрович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Нано- и микроэлектроника», Пензенский государственный университет.

E-mail: nano-micro@mail.ru

**Пронин Игорь Александрович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Нано- и микроэлектроника», Пензенский государственный университет.

E-mail: Pronin\_igo@mail.ru

**Карманов Андрей Андреевич**, кандидат физико-математических наук, старший преподаватель, кафедра «Нано- и микроэлектроника», Пензенский государственный университет.

E-mail: Starostao7km1@mail.ru

УДК 538.9

**Методика расчета размеров областей когерентного рассеяния в материалах с сильной деформацией кристаллической решетки** / С. Ю. Жмуркин, И. А. Аверин, И. А. Пронин, А. А. Карманов // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 55–60.

# ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

УДК 004.932.2

Е. А. Данилова, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков

## ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* Некоторые технологические дефекты печатных плат, успешно прошедшие процедуру контроля, потенциально могут перерасти в критические дефекты при наличии внешних и (или) внутренних воздействий различного вида. Сложность процессов развития дефектов, приводящих к отказам печатных плат, настоятельно требует создания и совершенствования информационно-измерительных систем не только обнаружения, но и прогнозирования развития дефектов печатных плат с учетом внешних воздействий. Для решения этой задачи необходимо провести анализ моделей развития технологических дефектов, позволяющих прогнозировать развитие дефекта, и подготовить математические модели для их исследования. *Материалы и методы.* Используются методы системного анализа, теории математического и имитационного моделирования, анализа технологических систем. *Результаты.* Приводится структура информационно-измерительной системы и рассматриваются вопросы, касающиеся повышения информативности разработанной системы. Приведены основные информационные критерии для заинтересованных в данной системе специалистов. *Выводы.* Технологические дефекты проводящего рисунка печатных плат являются концентраторами напряжений, приводящими к снижению прочности в процессе эксплуатации. Приведенные критерии вывода информации для лиц, принимающих решение, позволяют повысить информативность системы.

**Ключевые слова:** печатные платы, дефекты, информативность, скрытые дефекты, моделирование.

Существующие информационно-измерительные системы (ИИС), используемые для контроля печатных плат (ПП), производят исключительно обнаружение дефектов, геометрические размеры которых превышают предельные отклонения размеров, установленные нормативной документацией на печатные платы. Однако в ходе эксплуатации часть дефектов, не отнесенных ИИС контроля к критическим, может стать причиной отказа печатной платы из-за их возможного развития. Переход дефектов от малозначительных в критические происходит за счет действия механических, температурных и иных видов факторов. Для прогнозирования развития дефектов предложено включение в ИИС блока моделирования развития дефектов, реализованного в пакете математического моделирования – например, Ansys [1–3].

Производство печатных плат представляет собой сложный многооперационный процесс, где каждая из множества операций может стать причиной появления дефектов. Причем влияние различных дефектов на работоспособность печатных плат неравнозначно [2, 4]. Наличие определенного дефекта является следствием нарушения конкретной технологической операции при производстве печатных плат, и было бы полезно располагать информацией, позволяющей своевременно осуществлять корректировку технологического процесса [5].

Для устранения указанного недостатка предложено дополнение ИИС контроля печатных плат блоком анализа технологических дефектов, в котором производится накопление данных о дефектах и их сопоставление с возможными причинами появления [6].

Таким образом, ИИС позволяет своевременно давать рекомендации по корректировке технологического процесса (ТП). Структурная схема ИИС, дополненная блоками моделирования, развития дефектов и анализа технологических дефектов, представлена на рис. 1.

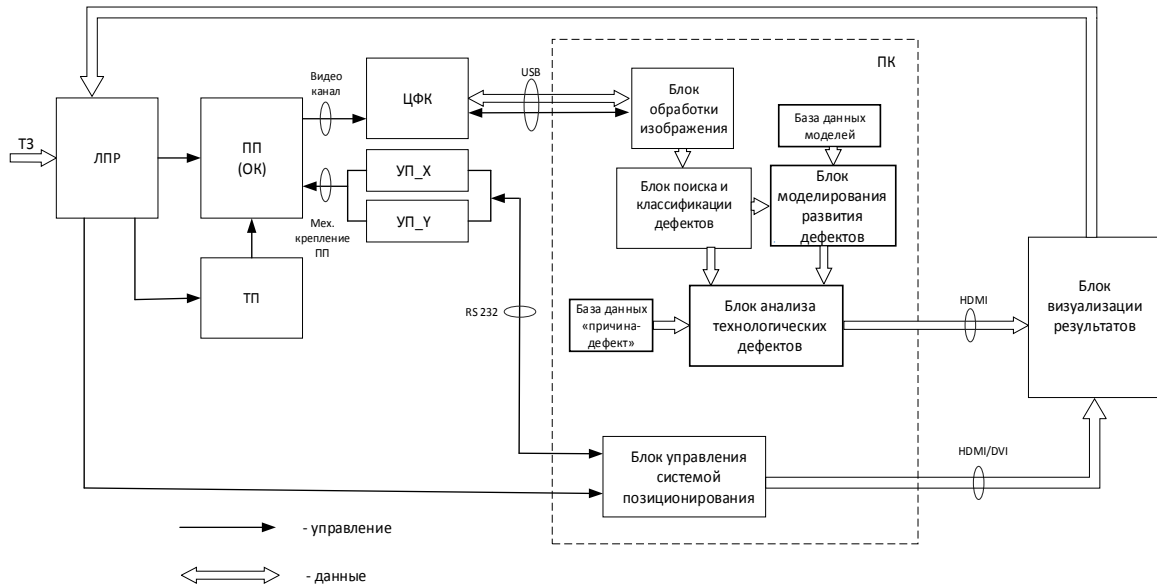


Рис. 1. Структурная схема информационно-измерительной системы контроля печатных плат:

ПП (ОК) – печатная плата (объект контроля); ЦФК – цифровая фотокамера;

УП – устройство позиционирования; ПК – персональный компьютер;

ЛПР – лицо, принимающее решение

За счет расширения функциональных возможностей ИИС обеспечивается повышение информативности системы, под которым будем понимать увеличение количества предоставляемой ИИС информации, полезной для заинтересованных пользователей, за счет увеличения количества и типов сообщений [7, 8]. Повышение информативности ИИС достигается за счет введения в ИИС блока моделирования развития дефектов и организации обратной связи для корректировки технологического процесса (базы данных по видам дефектов и причинам их возникновения в процессе производства). По сравнению с существующими ИИС контроля печатных плат генерируемое предложенной ИИС количество информации (информативная емкость) увеличивается, что способствует снижению неопределенности. Таким образом, предлагаемая ИИС обеспечивает снижение неопределенности, с одной стороны, в процессе эксплуатации печатных плат за счет определения числа циклов до разрушения и напряжений, действующих в проводнике (блок моделирования развития дефектов), с другой – при производстве печатных плат за счет реализации анализа технологических дефектов.

Существующие ИИС обнаружения дефектов ПП предоставляют пользователю: сообщения о наличии дефектов; возможность оценки геометрических размеров данных дефектов; заключение о годности ПП, исходя из установленных допусковых границ. Усовершенствованная ИИС, по результатам проведенного моделирования, дополняет первый вид сообщений (рис. 2), предоставляя информацию, во-первых, о числе циклов до разрушения печатного проводника, во-вторых, о коэффициенте запаса прочности (сообщение второго вида), а также о действующих механических напряжениях в проводнике (сообщение третьего вида). Для технолога полезными будут являться сообщения четвертого вида, сопоставляющие каждый обнаруженный дефект с возможными причинами их возникновения.

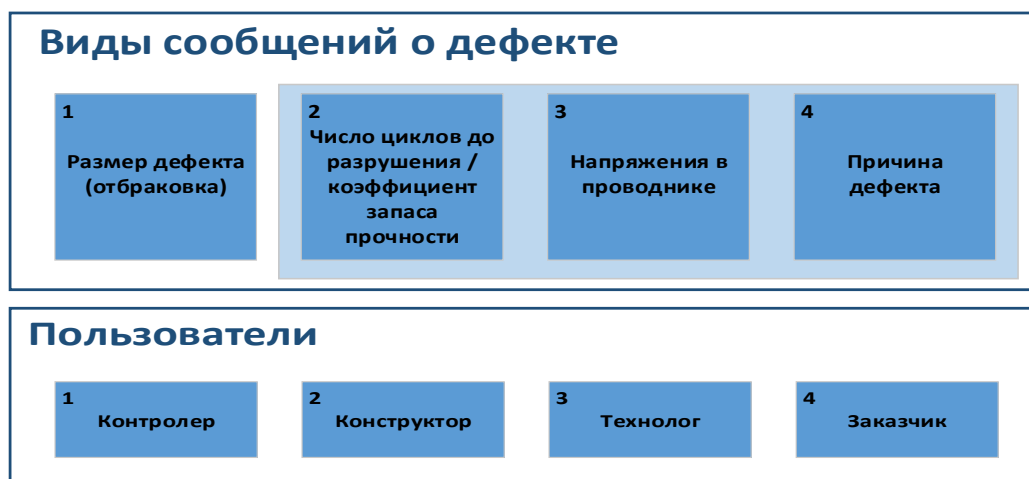


Рис. 2. Виды сообщений, генерируемых ИИС, и пользователи сообщений, генерируемых ИИС

Дополнительные сообщения о дефектах 2–4 видов способствуют возрастанию величины информативности сообщения ИИС. Тем самым увеличивается полезность информации как в целом, так и для конкретных пользователей.

В связи с невозможностью применения количественной оценки информации, содержащейся в сообщениях ИИС, по причине ее качественного характера практикуется прагматический подход с использованием экспертного метода оценки полезности. Сообщениям каждого  $i$ -го вида присваивается вес, определяющий полезность информации (сообщения) для конкретного потребителя  $j$ . Из полученных значений формируется матрица

$$P = (p_{i,j})_{i=1, j=1}^{m,n}.$$

$$p_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-ый вид сообщения обладает полезностью для } j\text{-го пользователя} \\ 0, & \text{если } i\text{-ый вид сообщения не обладает полезностью для } j\text{-го пользователя} \end{cases}.$$

Основными пользователями информации (сообщений), генерируемой ИИС, являются ЛПР. В табл. 1 сведены оценки, связывающие виды сообщений и пользователей.

Таблица 1

**Экспертные оценки соотношения сообщений и их пользователей**

|             | Сообщение 1 | Сообщение 2 | Сообщение 3 | Сообщение 4 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Контролер   | 1           |             |             |             |
| Конструктор |             | 1           | 1           |             |
| Технолог    | 1           |             |             | 1           |
| Заказчик    |             | 1           |             |             |

На основании табл. 1 формируется матрица значений

$$P = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Производится расчет значимости каждого вида сообщения как

$$z_i = \frac{\sum_{j=1}^n p_{i,j}}{n}. \quad (2)$$

Определяется суммарная оценка полезности сообщений, генерируемых ИСС, как  $\sum_{i=1}^m z_i$ , которая принимается за 100 %. Сообщения 1 вида составляют 33 % от общей информативности системы.

Кроме ориентировочной оценки информативности информационно-измерительной системы по количеству заинтересованных пользователей, возможно применение весовых коэффициентов, принимающих значения в диапазоне от 0 до 1 для каждого вида сообщений. С учетом весовых коэффициентов матрица (1) принимает вид:

$$P = \begin{pmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \\ p_{41} & p_{42} & p_{43} & p_{44} \end{pmatrix}.$$

Таким образом, за счет генерирования дополнительных сообщений 2–4 видов без введения весовых коэффициентов обеспечивается повышение информативности ИИС на 67 %. Значения весовых коэффициентов можно определять экспертным методом – путем проведения опросов. Метод имеет несколько вариантов организации проведения опросов и обработки полученной информации. Наиболее распространенными являются методы ранжирования, приписывания баллов, анализа иерархий (Саати), модифицированной первой главной компоненты.

Рассмотрим установление весовых коэффициентов на примере метода ранжирования. Первым этапом по каждому типу пользователей сообщений формируются группы из  $t$  экспертов, которыми являются специалисты в данной области, способные дать оценку важности сообщений, выдаваемых ИИС. Вторым этапом эксперты дают оценку важности каждого сообщения, и наиболее важному с их точки зрения присваивается ранг  $k$ , а следующему, менее значимому – ранг  $(k-1)$ , и т.д. Ранг, равный единице, имеет наименее важный вид сообщения для данного эксперта (пользователя). По результатам опроса экспертов формируется табл. 2.

Таблица 2

**Определение весовых коэффициентов методом ранжирования**

| Эксперт | Виды сообщений |          |          |          |
|---------|----------------|----------|----------|----------|
|         | 1-й вид        | 2-й вид  | 3-й вид  | 4-й вид  |
| 1       | $p_{11}$       | $p_{12}$ | $p_{13}$ | $p_{14}$ |
| 2       | $p_{21}$       | $p_{22}$ | $p_{23}$ | $p_{24}$ |
| ...     |                |          |          |          |
| $t$     | $p_{t1}$       | $p_{t2}$ | $p_{t3}$ | $p_{t4}$ |

Определение весовых коэффициентов будет осуществляться по формуле

$$p_i = \frac{p_{il}}{\sum_{l=1}^t p_{il}}, l = \overline{1, t}.$$

Таким образом, получаем весовые коэффициенты, находящиеся в диапазоне от 0 до 1.

Преимущество метода ранжирования заключается в простоте проведения опроса экспертов и обработки результатов. Недостатками, как и для любого экспертного метода, являются определение необходимого количества привлекаемых экспертов и их отбор.

Таким образом, показано, что расширение функциональных возможностей ИИС контроля печатных плат за счет введения дополнительных блоков обеспечивает повышение информативности информационно-измерительной системы.

### **Библиографический список**

1. Исследование динамики печатных плат радиоэлектронных средств : монография / Г. В. Таньков, В. А. Трусов, Н. К. Юрков, А. В. Григорьев, Е. А. Данилова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – 118 с.
2. Кочегаров, И. И. Алгоритм прямого перебора с применением теории графов для прогнозирования отказов сложных РЭС / И. И. Кочегаров, В. В. Стюхин // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2012. – Т. 2. – С. 130–131.
3. Программные комплексы и системы проектирования печатных плат / А. Ю. Меркульев, Ю. А. Сивагина, И. И. Кочегаров, В. Я. Баннов, Н. К. Юрков // Современные информационные технологии. – 2014. – № 19. – С. 119–128.
4. Кочегаров, И. И. Развитие систем изучения микроконтроллеров и ПЛИС / И. И. Кочегаров, В. А. Трусов // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2008. – Т. 2. – С. 166–167.
5. Grishko, A. K. Dynamic analysis and optimization of parameter control of radio systems in conditions of interference / A. K. Grishko, N. V. Goryachev, I. I. Kochegarov, N. K. Yurkov // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2016. – Proceedings, 2016. – С. 749–1674.
6. Кочегаров, И. И. Системы удаленного рабочего стола при работе с конструкторскими САПР / И. И. Кочегаров, В. А. Трусов // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2009. – Т. 2. – С. 406–407.
7. Гришко, А. К. Структурные компоненты геоинформационных систем и их основные области применения / А. К. Гришко, А. С. Зорькин, В. Я. Баннов, В. А. Трусов // Надежность и качество : тр. Междунар. симп. – 2010. – Т. I. – С. 287–288.
8. Северцев, Н. А. Системный анализ определения параметров состояния и параметры наблюдения объекта для обеспечения безопасности / Н. А. Северцев // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 4–10.

**Данилова Евгения Анатольевна**, старший преподаватель, кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Пензенский государственный университет.

E-mail: Kipra@pnzgu.ru

**Кочегаров Игорь Иванович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Пензенский государственный университет.

E-mail: Kipra@pnzgu.ru

**Юрков Николай Кондратьевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование и производство радиоаппаратуры», Пензенский государственный университет.

E-mail: Kipra@pnzgu.ru

УДК 004.932.2

**Данилова, Е. А.**

**Информационно-измерительная система обнаружения дефектов печатных плат** / Е. А. Данилова, И. И. Кочегаров, Н. К. Юрков // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 61–65.

УДК 681.3.012

**Р. А. Бикташев, Р. И. Емельянов**

## **СТРУКТУРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ И ОЦЕНКА ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МНОГОПРОЦЕССОРНЫХ ПЛАНИРОВЩИКОВ С РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ОЧЕРЕДЬЮ ЗАДАЧ**

**Аннотация.** Представлены способы включения ядра операционной системы с аппаратной поддержкой в многопроцессорную систему. Показан пример структурной реализации планировщика задач на основе моделей недетерминированных автоматов.

**Ключевые слова:** ядро операционной системы, планировщик задач, аппаратная поддержка, недетерминированные автоматы, модель.

Традиционно большую часть функций операционных систем (ОС) выполняют программно, что приводит к высоким задержкам в выполнении приложений. Наиболее чувствительно издержки ОС, основанные на программном обеспечении, сказываются на системах реального времени (СРВ). СРВ требуют высокой реакции на запрос, гарантированного времени ответа, что в свою очередь вызывает необходимость повышения производительности операционной системы и особенно систем жесткого реального времени.

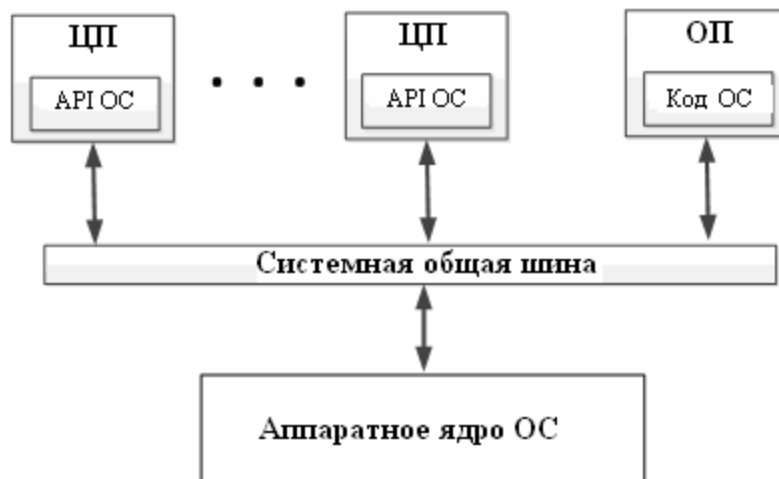
В связи с вышесказанным разработчики многопроцессорных операционных систем часть трудоемких функций переносят на аппаратную реализацию, что обусловлено высокой степенью интеграции и низкой стоимостью элементной базы. Аппаратная реализация алгоритмов ОС позволяет в определенной степени уменьшить трудности создания программного обеспечения, а также улучшить совместимость различных версий ОС для компьютеров разных платформ. Кроме того, в значительной степени уменьшается трудоемкость отладки нижних уровней ОС и повышается его корректность благодаря возможностям формального описания функций на языке недетерминированных автоматов (НДА).

Схемная реализация заключается в перенесении компонент ядра операционной системы на уровень специализированного процессора. Она позволяет полностью освободить ядро ОС от функций управления переключением задач и прерываниями, синхронизации процессов, обмена сообщениями и т.д. В результате API-функции, выполняемые в спецпроцессоре, значительно ускоряются, а тщательная отладка аппаратуры современными средствами проектирования программируемой логической интегральной системы (ПЛИС) гарантирует надежность и безопасность операционной системы. Такой подход обеспечивает повышение производительности многопроцессорной системы за счет быстрого выполнения функций ОС по управлению процессами и ресурсами в аппаратных средствах и освобождения центральных процессоров от функций ОС по управлению процессами и ресурсами, что позволяет полностью занять их только выполнением приложений.

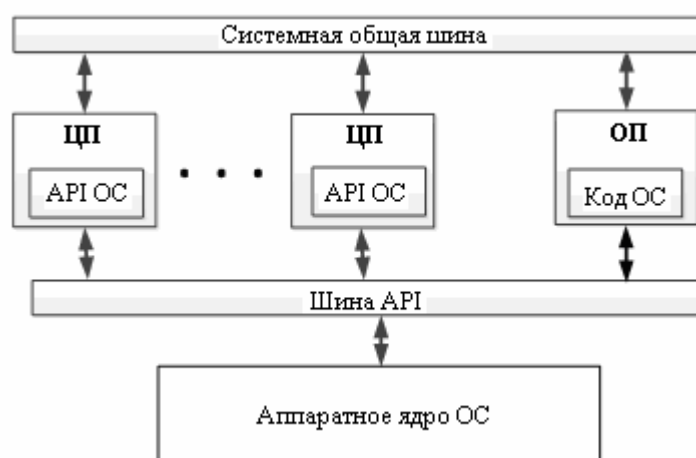
Кроме того, аппаратный подход позволяет уменьшить разброс времени (джиттер) выполнения процессов по сравнению с программной реализацией. Это означает, что значительно повышается гарантия выполнения процессов реального времени за заданный интервал.

Возможны три способа включения аппаратного ядра ОС в многопроцессорную систему (МПС):

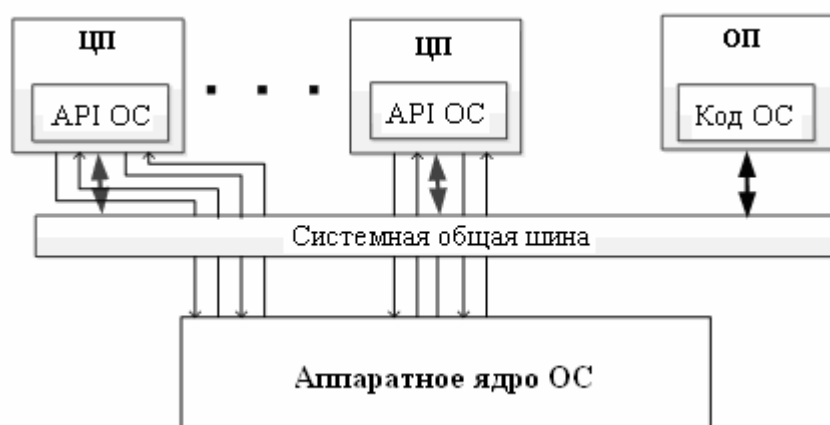
- 1) через системную общую шину (рис. 1,а);
- 2) через выделенную (специальную API-) шину (рис. 1,б);
- 3) с непосредственными связями (рис. 1,в).



а)



б)



в)

Рис. 1. Схемы включения аппаратного ядра ОС

Второй способ, хотя и требует дополнительных затрат, но не нагружает общую шину, способствует хорошей масштабируемости и высокой пропускной способности обменных операций между API процессорами и аппаратным ядром ОС.

Третий способ наиболее производителен, прост в реализации, но большое количество линий связи может ограничить в некоторой степени масштабируемость МПС.

Существует два варианта построения планировщиков задач МПС: с общей (глобальной) очередью и распределенной (локальной) очередью. Первый вариант сопряжен с большим количеством конфликтов за доступ множества процессоров к очереди задач (к диспетчеру задач), что приводит к простоям процессоров и в конечном счете к потерям производительности [1].

В планировщиках/диспетчерах с локальными очередями у каждого процессора имеется своя очередь задач. Функция диспетчера ограничивается выборкой очередной задачи и назначением ее освободившемуся процессору. При прерываниях по истечении кванта (переключениях контекста) процесс остается в той же очереди, в которой он находился ранее, что не приводит к перезагрузке КЭШ в отличие от планировщиков с общей очередью задач. Таким образом, в вычислительной системе действует одновременно  $N$  диспетчеров, в результате чего задачи выбираются из очередей бесконфликтно, поступают в процессоры параллельно, что создает условия для повышения производительности.

Диспетчер задач является распределенным и выполняется в виде независимого аппаратного устройства управления процессами (планировщика) в составе многопроцессорной ОС в соответствии со схемой, представленной на рис. 2.

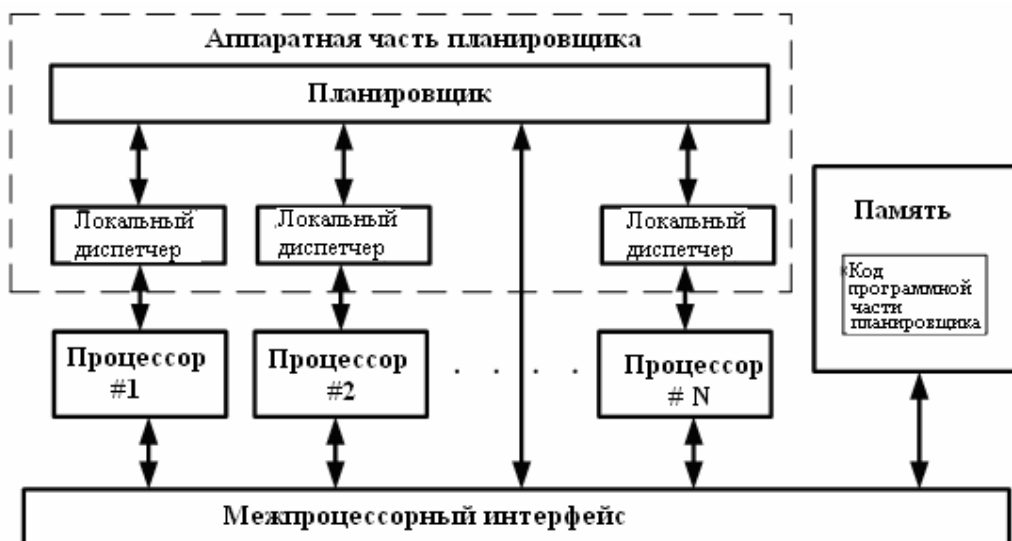


Рис. 2. Схема подключения устройства управления процессами в многопроцессорную систему

В аппаратной части можно выделить два основных блока: собственно планировщик задач и локальные диспетчеры. Первый принимает извне (например, из внешней памяти) новую задачу, помещает ее в одну из очередей, после чего в работу включается локальный диспетчер. В реальной системе эта процедура заключается в следующем: новой задаче выделяется раздел общей памяти и присваивается соответствующий идентификатор, однозначно указывающий на адрес задачи в памяти. Идентификатор задачи помещается в очередь одного из локальных диспетчеров.

Модель многопроцессорной системы с использованием аппаратного устройства управления процессами представлена на рис. 3. Локальный диспетчер на основании идентификатора прерывает выполнение текущей задачи и организует запуск следующей по очереди задачи.



Рис. 3. Модель многопроцессорной системы с локальными диспетчерами

Интерфейс взаимодействия устройства локального диспетчера с каждым из процессоров и с планировщиком задач представлен на рис. 4.



Рис. 4. Интерфейс взаимодействия локального диспетчера с планировщиком задач и процессором

### Формализация алгоритма планирования задач

Концептуально алгоритм управления процессами аналогичен алгоритму «спящего парикмахера» и выглядит следующим образом. Первоначально поступившая задача помещается в очередь планировщика и находится в ней до тех пор, пока не получит необходимые ей ресурсы, в число которых входит и место в очереди к одному из процессоров (см. рис. 3). Если имеется свободное место в одной из очередей, то выбранная планировщиком задача занимает его, причем число мест в очереди ограничено некоторым числом. Принятая на обслуживание задача находится в очереди до тех пор, пока не поступит на выполнение в процессор. Если используется режим квантования, то незавершенная задача по окончании текущего кванта помещается в конец той же очереди, где она находилась ранее, иначе результат выдается пользователю, а в очереди освобождается одно место. При завершении задачи локальный диспетчер просматривает очередь, и если в ней имеются заявки на обслуживание, то назначается на выполнение процесс, стоящий в голове списка (очередь типа *FIFO*). Если очередь пуста, процессор переходит в режим ожидания [2].

Из приведенного описания следует, что алгоритм управления процессами использует схему синхронизации типа «рандеву» [3]. Формальное описание алгоритма взаимо-

действия процессов в данной задаче базируется на использовании моделей недетерминированных автоматов. Модели представляются в виде направленного графа и систем канонических уравнений (СКУ), описывающих все реализуемые события управляющего алгоритма [4].

Для упрощения графа автомата и СКУ принято, что часть функций планировщика и диспетчера задач, связанных с прерываниями по истечении кванта процессорного времени, сохранением и восстановлением контекстов задач, не включены в данную модель, т.е. реализуются традиционно программным путем.

Основные частные события алгоритма представлены в табл. 1. В последней колонке показано их соответствие сигналам на схеме устройства управления процессами.

Таблица 1

Основные частные события алгоритма

| Обозначение события    | Описание частного события                                                             | Сигналы на схеме                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| $S_I^t$                | Ожидание поступления новой задачи                                                     | $S\_task\_arrived$                       |
| $S_U^{Qj}$             | Функция состояния очереди (количество задач в очереди $j$ -го процессора)             | $S\_use [5...0]$                         |
| $S_{FQ}^t$             | Все очереди заполнены                                                                 | $S\_fifo\_full$                          |
| $\overline{S_{FQj}^t}$ | В $j$ -й локальной очереди имеются свободные места                                    | $\overline{S\_fifo\_fullj}$              |
| $S_{SL}^{Qj}$          | Выбор очереди с минимальным числом задач и занесение новой задачи в выбранную очередь | $S\_wrreg$                               |
| $S_{Qj}^t$             | Задача в очереди $j$ -го процессорного узла                                           | $S\_task\_in\_queue$                     |
| $S_{ZPj}^t$            | Запрос $j$ -го процессора локальным диспетчером                                       | $S\_proc\_zapr\_j$                       |
| $S_{GPj}^t$            | Задача готова к обслуживанию в $j$ -м процессоре                                      | $S\_task\_ready\_j$                      |
| $S_{PZ}^{pj}$          | Подтверждение запроса $j$ -м процессором                                              | $S\_proc\_pzapr\_j$                      |
| $S_S^{pj}$             | Свободен $j$ -й процессор                                                             | $S\_proc\_free$                          |
| $S_{PT}^{pj}$          | Задачу $j$ -й процессор принял                                                        | $S\_proc\_prinyal\_j$                    |
| $S_A^{pj}$             | Выполняет обслуживание задачи $j$ -й процессор                                        | Аппаратно не реализовано                 |
| $S_O^{Qj}$             | Ожидание поступления задачи в очередь $j$ -го процессора                              | Внутренний сигнал, на схеме не обозначен |
| $S_{OF}^t$             | Удалить задачу из очереди                                                             | -----\\-----                             |
| $S_{TO}^t$             | Снять задачу с исполнения                                                             | -----\\-----                             |
| $S_E^{pj}$             | Выполнение задачи закончено                                                           | -----\\-----                             |
| $S_{RT}^{pj}$          | Выдача результата выполнения текущей задачи                                           | -----\\-----                             |
| $S_{SZ}^{pj}$          | Процессор в режиме ожидания                                                           | -----\\-----                             |

На основании словесно представленного алгоритма управления процессами и введенных событий, реализуемых в этом алгоритме, система канонических уравнений, описывающих эти события, будет иметь вид (1):

– для процесса «клиент», реализуемого локальным диспетчером до момента «рандеву»:

$$\begin{aligned}
 S_I^t(t+1) &= x_Z \vee S_I^t \overline{S_{FQ}^t}; \\
 S_O^{Qj}(t+1) &= S_{FQ}^t \vee S_O^{Qj} \overline{S_{SL}^{Qj}}; \\
 S_{SL}^{Qj}(t+1) &= \bigvee_{\forall j \in N} S_O^{Qj} \overline{S_U^{Qj}}; \\
 S_Q^t(t+1) &= S_{SL}^{Qj} \vee S_Q^t \overline{S_{SZ}^{pj}}; \\
 S_{ZPj}^t(t+1) &= S_Q^t \overline{S_{SZ}^{pj}} \vee S_{ZPj}^t \overline{S_{PZ}^{pj}}; \\
 S_{GPj}^t(t+1) &= S_{ZPj}^t \overline{S_{PZ}^{pj}} \vee S_{GPj}^t \overline{S_{PT}^{pj}},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где  $x_Z$  означает наличие запроса задачи на постановку в очередь;

– для процесса «сервер», реализуемого процессором до момента «рандеву»:

$$\begin{aligned}
 S_{SZ}^{pj}(t+1) &= S_S^{pj} \vee S_{SZ}^{pj} \overline{S_Q^t}; \\
 S_{PZ}^{pj}(t+1) &= S_{SZ}^{pj} \overline{S_Q^t} \vee S_{PZ}^{pj} \overline{S_{ZPj}^t}; \\
 S_{PT}^{pj}(t+1) &= S_{PZ}^{pj} \overline{S_{ZPj}^t} \vee S_{PT}^{pj} \overline{S_{ZPj}^t}.
 \end{aligned} \tag{2}$$

СКУ, описывающая события после «рандеву»:

$$\begin{aligned}
 S_A^{pj}(t+1) &= S_{PT}^{pj} \overline{S_{GPj}^t} \vee S_A^{pj} \overline{(S_E^{pj} \vee S_{PK}^{pj})}; \\
 S_{TO}^t(t+1) &= S_A^{pj} \overline{S_E^{pj}} \vee S_{TO}^t \overline{S_{RT}^{pj}}; \\
 S_{RT}^{pj}(t+1) &= S_A^{pj} \overline{S_E^{pj}} \vee S_{RT}^{pj} \overline{S_{TO}^t}; \\
 S_{OF}^t(t+1) &= S_{RT}^t \overline{S_{TO}^{pj}}; \\
 S_S^{pj}(t+1) &= S_{RT}^t \overline{S_{OF}^{pj}}.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Следует иметь в виду, что выбор очереди для записи в нее вновь поступившей задачи выполняется в соответствии с выражением

$$S_{SL}^{Qj} = \min_{(\forall j \in N)} \{S_U^{Qj}\}. \tag{4}$$

Выражение (4) означает взятие функции минимального количества занятых мест из всего массива локальных очередей, где  $N$  – число процессоров (очередей) в многопроцессорной системе.

Уравнениям соответствует граф недетерминированного автомата (рис. 5), содержащий клиентскую и серверную части алгоритма управления взаимодействующими процессами до момента «рандеву» (до оператора объединения  $J(\&)$ ) и после «рандеву».

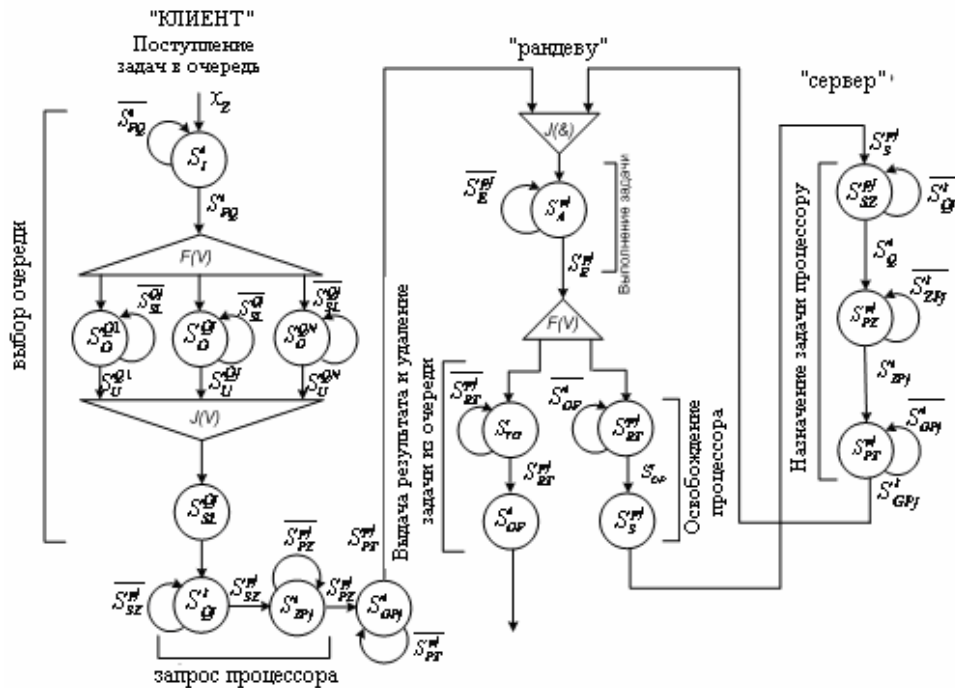


Рис. 5. Граф НДА алгоритма планирования/диспетчеризации с локальными очередями

Представленная система канонических уравнений и граф НДА алгоритма планирования/диспетчеризации с локальными очередями отличается от соответствующей НДА-модели алгоритма планирования/диспетчеризации с глобальными очередями тем, что здесь присутствует алгоритм выбора локальной очереди, куда заносится вновь поступившая задача и отсутствует процедура выбора процессора, поскольку локальную очередь обслуживает единственный процессор, за которым эта очередь закреплена. Функция  $F(V)$  является разветвительной вершиной, за которой следует выполнение параллельных процессов, связанных с ожиданием поступления новой задачи в выбранную очередь.

### Структура устройства планирования с локальными очередями задач

Аппаратное устройство планирования представлено в виде трех типов блоков (рис. 5): блок назначения задач;  $N$  блоков очередей со схемами управления, где  $N$  – число процессоров в многопроцессорной системе; блок формирования очередей.

**Блок очереди FIFO** предназначен для хранения готовых к обслуживанию задач. Число этих блоков равно числу процессоров в системе. Функционально они не отличаются от тех же блоков в диспетчерах с глобальной очередью, но имеют меньшее количество ячеек для хранения задач. И организованы они несколько иначе – например, записывать в очередь может только диспетчер по сигналам записи  $S\_wreq$ , подаваемым из блока планирования. Считывание содержимого регистра очереди производится по сигналу  $S\_rdreq$ , поступающему от каждого процессора по индивидуальным линиям.

Входная шина данных формируется блоком планирования ( $V\_task\_id\_xz[7...0]$ ) и является общей для всех блоков очереди FIFO. Каждый процессор управляет только своей очередью; другими словами, он может читать содержимое только из одного блока FIFO. Также каждый процессор постоянно сканирует свою очередь (семафорный сигнал  $S\_fifo\_empty$ ) на предмет наличия идентификаторов задач. Если в регистрах FIFO имеется идентификатор хотя бы одной задачи, процессор читает его; если нет, то переходит в режим ожидания.

Выходная шина данных из каждой очереди блока *FIFO* заводится в индивидуальный процессор. Семафорный сигнал  $S\_fifo\_full$  используется блоком назначения задач для указания на заполнение очереди блока *FIFO*. По этому сигналу диспетчер прекращает прием нового идентификатора в данную очередь.

**Блок формирования очередей** выбирает из всех  $N$  очередей блок *FIFO*, в котором находится минимальное количество задач (содержащий наименьшее количество записей). Номер очереди *FIFO* с наименьшим числом записей передается в блок планирования по трехразрядной выходной шине  $sel[2..0]$ .

Выбор наименее загруженной очереди осуществляется на основании специальных сигналов  $use[5..0]$ , вырабатываемых блоками очереди *FIFO*. Число занятых ячеек в каждом блоке очереди формируется как разность содержимого счетчиков записи и чтения. Блок выбора очереди осуществляет вычисление наименьшего значения из всех выставленных на шинах  $use[5..0]$  с помощью комбинационной схемы сравнения. На основании этого делается вывод о том, в какую очередь следует загружать идентификатор новой задачи.

**Блок назначения задач** принимает новый идентификатор задачи и под действием сигналов  $S\_wrrreq$  помещает его в наименее заполненную очередь *FIFO*. Кроме того, на данный блок может возлагаться функция контроля состояния всех процессоров и функция перераспределения задач по очередям для выравнивания нагрузки на процессоры.

### Моделирование алгоритма планирования задач на языке VHDL и анализ результатов

Для моделирования работы планировщика с локальными очередями применялась схема, показанная на рис. 6. Была смоделирована ситуация, когда в систему может поступить одновременно до восьми задач, причем любой процессор обслуживает одну задачу на протяжении случайного периода времени (от 6 до 11 тактов).

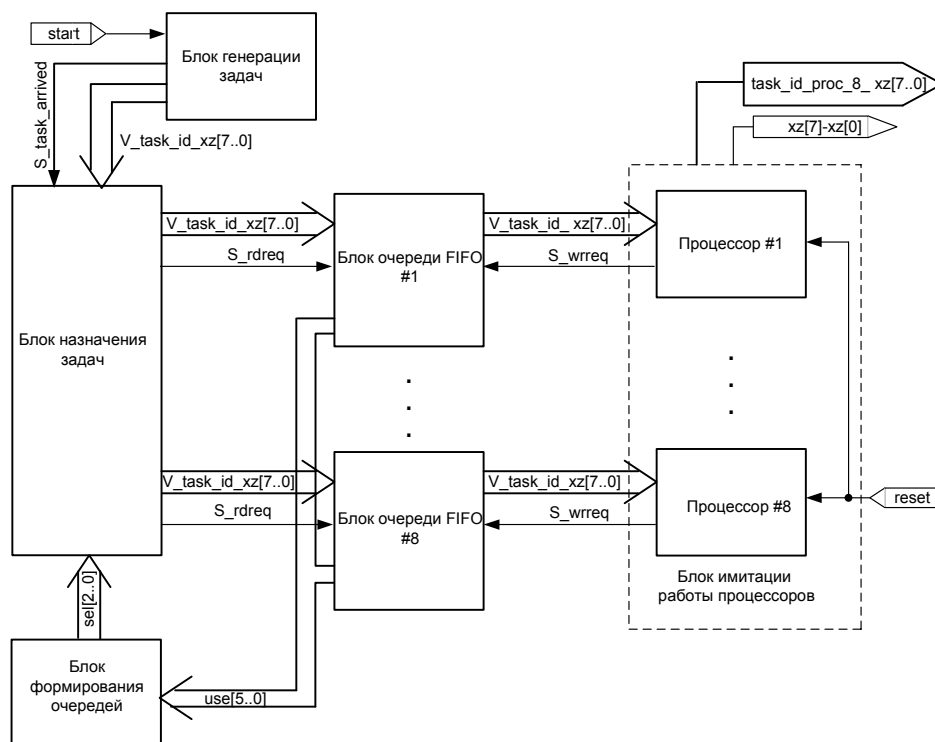


Рис. 6. Схема для проведения экспериментальных исследований

Частота некоторых запросов выбрана таким образом, чтобы возникали конфликты за доступ к процессору. Например, второй запрос `xz[0]` поступил в тот момент, когда процессор занят обслуживанием предыдущего запроса. В состоянии конфликта вновь поступившая задача устанавливается планировщиком в локальную очередь, время ожидания в которой зависит от производительности процессора и трудоемкости задачи. Оценка таких задержек является предметом дальнейших исследований. Для этих целей авторами разрабатываются соответствующие модели массового обслуживания.

Временные диаграммы, полученные в результате проведенного моделирования, представлены на рис. 7.

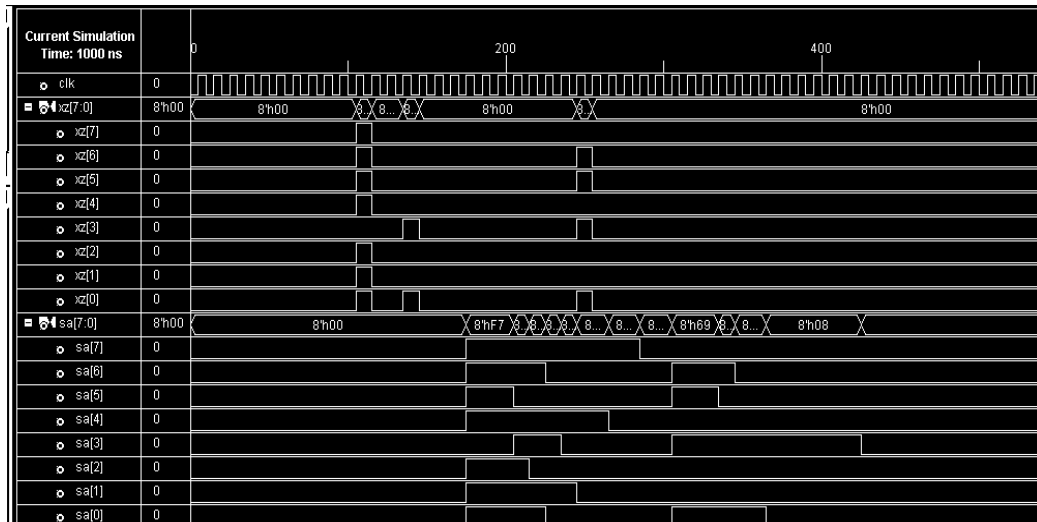


Рис. 7. Временные диаграммы, полученные в результате проведенного моделирования:  
`xz[7] – xz[0]` – идентификаторы задач, поступающие на вход блоков очереди *FIFO*;  
`sa[7] – sa[0]` – обработка процессорами пользовательских задач

Из анализа временных диаграмм можно сделать следующие выводы. Задержка выполнения задач в условиях бесконфликтности (латентность) составляет всего 5–7 процессорных тактов. В современных операционных СРВ, реализованных программно, задержка (обработка запроса) обычно составляет 5–10 тыс. процессорных тактов с учетом обработки прерывания по кванту.

Недостаток планировщика с локальными очередями заключается в отсутствии автоматической балансировки загрузки процессоров, что может приводить к неравномерности загрузки процессоров.

### Библиографический список

1. Вашкевич, Н. П. Аппаратная поддержка диспетчера задач с глобальной очередью в многопроцессорных системах / Н. П. Вашкевич, Р. А. Бикташев, А. И. Меркурьев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – № 3. – С. 3–14.
2. Вашкевич, Н. П. Недетерминированные автоматы и их использование для реализации систем параллельной обработки информации : монография / Н. П. Вашкевич, Р. А. Бикташев. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – 394 с.
3. Вашкевич, Н. П. Формализация алгоритмов управления параллельными процессами на основе использования механизма рандеву / Н. П. Вашкевич, Р. А. Бикташев // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2011. – № 3 (03). – С. 115–124.
4. Вашкевич, Н. П. Достоинство формального языка, основанного на концепции недетерминизма, при структурной реализации параллельных систем логического управления процессами и ресурсами / Н. П. Вашкевич, Р. А. Бикташев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2011. – № 1. – С. 3–11.

**Бикташев Равиль Айнулович**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

E-mail: rabiktaşev@mail.ru

**Емельянов Роман Игоревич**, магистрант, Пензенский государственный университет.

E-mail: romanemelyanow20@gmail.com

УДК 681.3.012

**Бикташев, Р. А.**

**Структурная реализация и оценка временных характеристик многопроцессорных планировщиков с распределенной очередью задач / Р. А. Бикташев, Р. И. Емельянов // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 66–75.**

УДК 681.2

**Р. Р. Акчурун, В. А. Соловьев, А. С. Баранов****ВИХРЕВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МАССОВОГО И ОБЪЕМНОГО РАСХОДА НА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ РЕШЕТКАХ БРЭГГА**

**Аннотация.** Посвящено разработке вихревого волоконно-оптического измерителя расхода, в котором чувствительными элементами являются решетки Брэгга. Предложена функциональная схема преобразователя, измеряющего массовый и объемный расходы, а также плотность жидкой или газовой среды. В результате моделирования в программном пакете Solid Works (модуль Flow Simulation) и ANSYS определены конструктивные параметры деформационного фрагмента первичного измерительного преобразователя, а также необходимая чувствительность к деформациям серийно выпускаемых решеток Брэгга.

**Ключевые слова:** вихревой расходомер, тело обтекания, частота срыва вихрей, вихревая дорожка Кармана, решетки Брэгга.

Принцип действия вихревых измерителей объемного расхода заключается в преобразовании поступательного движения жидкой или газообразной среды в вихревое с последующим измерением частоты срыва вихрей [1]. В вихревых преобразователях массового расхода дополнительно измеряется частота собственных механических колебаний деформационного фрагмента [2]. Первичный измерительный преобразователь содержит тело обтекания (вихреобразователь), расположенное поперек потока, а также деформационный фрагмент с чувствительными элементами на нем, один из которых преобразовывает энергию вихревого движения в частотный электрический сигнал; при этом частота образования вихрей прямо пропорциональна объемному расходу среды. Частотный сигнал с другого чувствительного элемента равен частоте собственных колебаний деформационного элемента, которая зависит от плотности среды, в которой он находится [3].

Важнейшим компонентом вихревых расходомеров являются преобразователи энергии вихревого движения жидкости или газа в информационный сигнал, в качестве которых применяются пьезоэлектрические, акустические, емкостные, индуктивные, анемометрические, оптоэлектронные, волоконно-оптические чувствительные элементы [3–5].

Использование в роли чувствительного элемента волоконно-оптической деформационной решетки Брэгга перспективно в силу следующих причин:

- энергия излучения и информационный сигнал передаются по одному оптическому волокну на достаточно большие расстояния (к первичному измерительному преобразователю подходит только оптическое волокно);
- возможность конструктивной интеграции решетки в структуру деформационного фрагмента;
- высокая чувствительность к деформациям и незначительная постоянная времени решетки;
- возможность использования решеток в контакте с горючими смесями, что обеспечивает пожарную безопасность и взрывобезопасность;
- отсутствие чувствительности к электромагнитным воздействиям;
- относительно высокая химическая стойкость.

При разработке вихревых преобразователей, измеряющих массовый и объемный расходы, где чувствительным элементом является волоконно-оптическая деформационная решетка Брэгга, возникают следующие задачи:

- определение диапазона частот образования вихрей при измерении расхода;

- определение диапазона деформации деформационного фрагмента, на котором расположена решетка Брэгга;
- определение изменений резонансных длин волн волоконно-оптических решеток Брэгга в результате деформации;
- определение собственной частоты колебаний деформационного фрагмента;
- определение диапазона собственных частот деформационного фрагмента при изменении плотности измеряемой среды.

Частота вихреобразования связана с объемным расходом следующим соотношением [1–3]:

$$f = \frac{Sh \cdot Q}{\alpha \left( \frac{\pi}{4} - \alpha \right) D^3}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота вихреобразования, Гц;  $D$  – диаметр проточной части, мм;  $\alpha$  – отношение фронтальной ширины тела обтекания к диаметру;  $Sh$  – число Струхалия;  $Q$  – объемный расход, м<sup>3</sup>/с.

В свою очередь из теории подобия [6] вытекает, что число Струхалия  $Sh$  является функцией числа Рейнольдса  $Re$

$$Re = \frac{DV}{\nu}, \quad (2)$$

где  $V$  – средняя скорость потока, м/с;  $\nu$  – кинематическая вязкость контролируемой жидкости, являющаяся функцией температуры, м<sup>2</sup>/с.

Из (1) и (2) следует, что одному и тому же расходу могут соответствовать разные значения  $Re$ , что является источником систематической погрешности. Кроме того, зависимость  $Sh=f(Re)$  нелинейна даже при фиксированной вязкости  $\nu$ . Для того, чтобы обеспечить необходимую допустимую систематическую погрешность в широком диапазоне значений  $Q$  и  $V$ , необходимо учитывать нелинейность зависимости  $Sh=f(Re)$ , а также ввести коррекцию показаний на изменение вязкости  $\nu$ .

В качестве деформационного фрагмента в работе используется конструкция типа «рыбий хвост» [8].

Для определения конструктивных параметров деформационного фрагмента, а также необходимой чувствительности волоконно-оптических деформационных решеток Брэгга проведено компьютерное моделирование в программных пакетах Solid Works (модуль Flow Simulation) и ANSYS. Конструктивные параметры обеспечивают наличие неразвитого турбулентного режима, что позволяет судить о снижении потерь давления на участке вихреобразования, а также кинетической энергии отдельных слоев измеряемой среды. Деформационный фрагмент колеблется под воздействием скоростного напора, и его функционирование не зависит от физических характеристик жидкости. Соответствие размеров хвоста размерам вихря обеспечивает интегрирующий эффект и, как следствие – высокое отношение «сигнал/шум». Моделирование проводилось при следующих условиях:  $D_y = 50$  мм; объемный расход  $Q = 1,4–60$  м<sup>3</sup>/ч; начальная скорость ламинарного потока (при  $Q = 60$  м<sup>3</sup>/ч)  $V = 8,7$  м/с; динамическая вязкость  $\eta = 0,025$  Па · с; плотность НП  $\rho = 750$  кг/м<sup>3</sup>; температура НП  $T = 40$  °С. Конструктивные параметры деформационного фрагмента (хвоста): плотность материала пластины  $\rho_{пл.} = 7700$  кг/м<sup>3</sup>; длина  $L = 40$  мм; ширина  $G = 20$  мм; толщина  $K = 4$  мм.

На рис. 1 представлена функциональная схема волоконно-оптической измерительной системы вихревого измерителя массового и объемного расходов со спектральным анализатором на основе электрически перестраиваемого оптического фильтра. Вихревой измеритель массового и объемного расходов содержит первичный и вторичный измери-

тельные преобразователи, соединенные друг с другом волоконно-оптическим кабелем необходимой длины. В первичном измерительном преобразователе установлены три чувствительных элемента на решетках Брэгга: температурный ЧЭ<sub>т</sub> и два деформационных ЧЭ<sub>о</sub>, ЧЭ<sub>р</sub> с резонансными длинами волн  $\lambda_t$ ,  $\lambda_{d1}$ ,  $\lambda_{d2}$ . Широкополосный источник излучения, находящийся во вторичном измерительном преобразователе, соединен с входным портом циркулятора Ц1, а его двунаправленный порт через волоконно-оптический разъем соединен оптическим кабелем с первичным измерительным преобразователем (рис. 1).

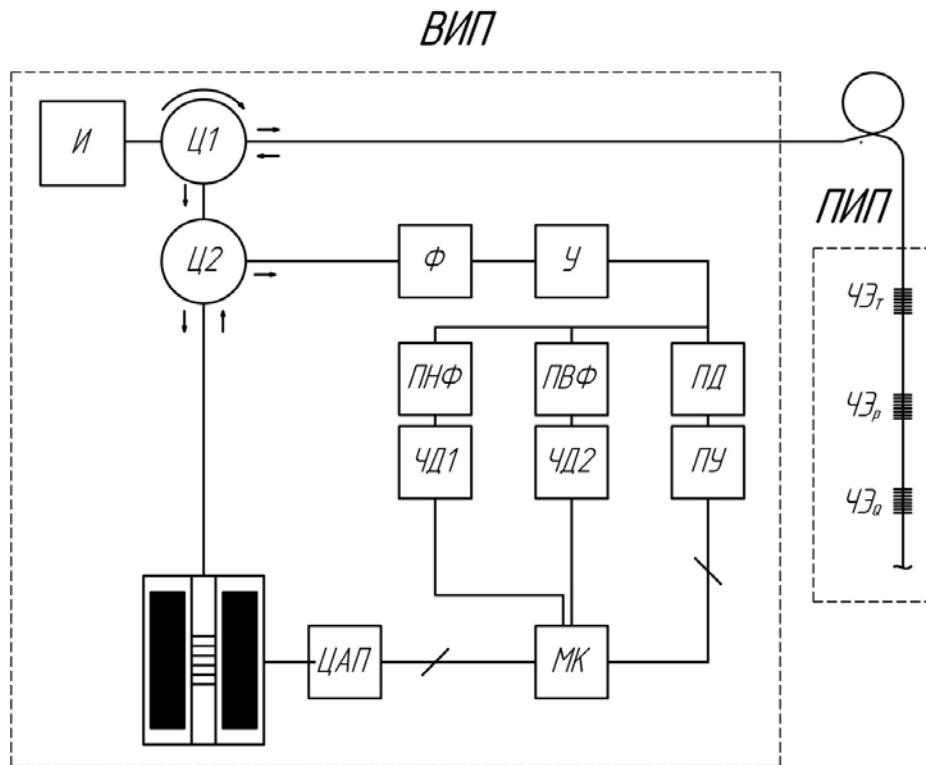


Рис. 1. Функциональная схема волоконно-оптической измерительной системы вихревого измерителя массового и объемного расходов

Двунаправленный порт циркулятора Ц2 соединен со спектральным анализатором на электрически управляемой решетке Брэгга, записанной в оптическом волноводе, который сформирован в электрооптическом материале. Резонансная длина волны такой решетки  $\lambda_0 = 2\Lambda n_0$ , где  $\Lambda$  – шаг решетки. Поскольку решетка записана в электрооптическом кристалле, то показателем преломления  $n_0$  – а, следовательно, и величиной  $\lambda_0$  – можно управлять, прикладывая к электродам электрооптического кристалла напряжение.

Излучение, отразившееся от чувствительных элементов Брэгга на резонансных длинах волн  $\lambda_t$ ,  $\lambda_{d1}$ ,  $\lambda_{d2}$  через циркуляторы Ц1 и Ц2, поступает на сканирующую решетку Брэгга. Отраженное от сканирующей решетки Брэгга излучение через циркулятор Ц2 попадает на фотоприемник Ф, сигнал с которого усиливается усилителем У и поступает на пиковый детектор (ПД). Сигнал с усилителя одновременно идет через полосовой низкочастотный (ПНФ) и полосовой высокочастотный (ПВФ) фильтры и далее – на частотные детекторы Д1 и Д2, частоты которых пропорциональны массовому расходу и плотности соответственно. Аналоговые сигналы с частотных детекторов через мультиплексор попадают в цифроаналоговый преобразователь (ЦАП), входящие в состав микроконтроллера (МК). Микроконтроллер устанавливает на цифровые выходы, связанные с цифровыми входами ЦАП, последовательно нарастающую кодовую комбинацию. В результа-

те напряжение на аналоговом выходе ЦАП тоже будет линейно нарастать. Линейно нарастающее напряжение подается на управляющие электроды сканирующей объемной решетки Брэгга. При этом длина волны управляемого фильтра будет плавно изменяться. Когда длина волны объемной решетки Брэгга совпадет с резонансной длиной волны чувствительного температурного элемента, пиковый детектор выдаст сигнал, который через преобразователь уровня (ПУ) будет передан в микроконтроллер. Он зафиксирует, при каком напряжении ЦАП и на какой длине волны совпали максимумы аппаратных функций температурной и сканирующей решеток Брэгга. При этом, поскольку температура  $t = f(\lambda_m)$ , микроконтроллер вычислит значение температуры. Аналоговые сигналы с частотных детекторов ЧД1 и ЧД2 пропорциональны объемному расходу и плотности среды соответственно. По результатам измерения массовый расход вычисляется в соответствии с зависимостью [10]:

$$Q_M = \rho Q, \quad (3)$$

где  $Q_M$  – массовый расход, кг/с;  $\rho$  – плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

В процессе компьютерного моделирования построены эпюры и графики: эпюры скоростей и давления; зависимость воздействия силы на деформационный фрагмент (хвост) от времени; зависимость воздействия силы на ЧЭ от времени; модели, описывающей деформацию как деформационного фрагмента, так и ЧЭ; результаты моделирования собственных колебаний деформационного фрагмента в вакууме.

Эпюры (рис. 2, 3) представляют собой интерпретацию скоростей и давлений, образующихся за телом обтекания вдоль деформационного фрагмента «рыбьего хвоста» в результате воздействия потока на него.

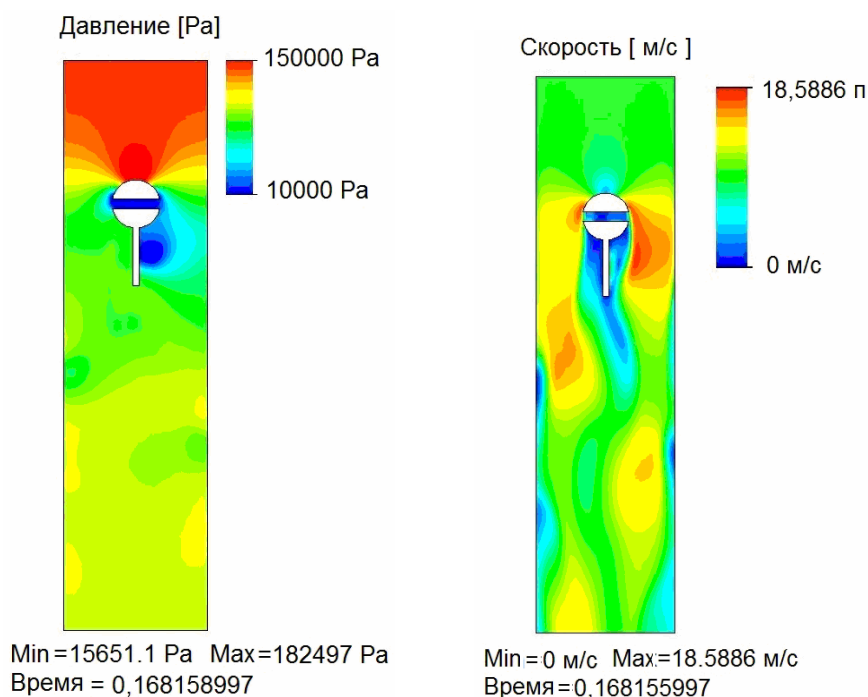


Рис. 2. Эпюры скоростей и давлений

Третья эпюра (см. рис. 3) является фрагментом «вида слева» и соответствует боковой стороне «хвоста». Распределение скоростей и давлений на эпюрах визуализировано в виде цветовой палитры таким образом, что увеличение скорости потока жидкости изменяется от синего до ярко-красного. В частности, цветность является на данной эпюре показателем вихрераспространения по участку трубопровода и, таким образом, наиболее

ярко-красным фрагментам соответствует значение скорости 18,6 м/с. Момент времени для построения эпюры взят равным 0,168 с.



Рис. 3. Эпюра давлений (вид справа)

При анализе можно сделать вывод о том, что развитый турбулентный режим не устанавливается. Это происходит вследствие наличия «хвоста» (эффект присоединения массы) [8], препятствующего конечному образованию вихрей, что и предусмотрено конструкцией. Данный факт является несомненным преимуществом, так как жидкость, протекающая в условиях переходного турбулентного режима, имеет меньшие потери кинетической энергии на характерной длине вихреобразования по сравнению с развитым турбулентным режимом. Также предположительно снижается потеря давления при прохождении жидкости через вихреобразователь; если точнее, то стабилизация потока жидкости (переход ее обратно в ламинарный поток) происходит за более короткое время и на более коротком участке трубопровода.

Эпюра давлений показывает воздействие отдельных вихрей на разные стороны хвоста, что обусловлено природой явления образования дорожек Кармана, и в частности их цикличностью и периодичностью [1–3]. Поскольку момент времени был выбран статично, то и давление показано на эпюре всего на одной плоскости и составляет порядка 70 кПа. Передняя часть вихреобразователя «встречает» течение ламинарного потока, вследствие чего давление потока жидкости, оказываемое на фрагмент, существенно повышается. «Покраснение», и, как следствие, увеличение давления ближе к концу показанной части вызвано сложными гидромеханическими процессами и объясняется приближением слоев жидкости к «точке отрыва вихрей».

В результате моделирования и на основании эпюры давлений и заданных конструктивных параметров хвоста был получен график зависимости периодической силы, действующей на «хвост» (силы Кармана) от времени (рис. 4).

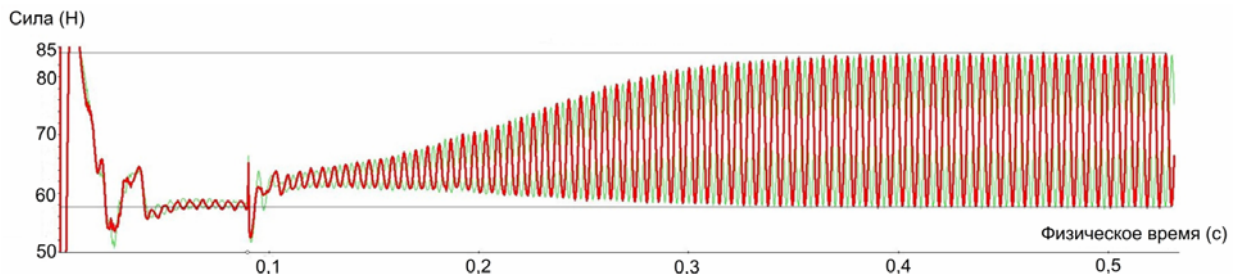


Рис. 4. Зависимость силы Кармана, действующей на деформационный фрагмент

Из графика видно, что в момент времени 120 мс начинает развиваться турбулентный режим и появляется периодическая сила Кармана, достигающая установившегося значения амплитуды в момент времени 350 мс, что позволяет получить значение силы в нижней и верхней точке амплитуды соответственно 58 Н и 85 Н и диапазоном  $\approx 24$  Н.

Также был получен график зависимости деформирующей силы Кармана от времени относительно ЧЭ (рис. 5).

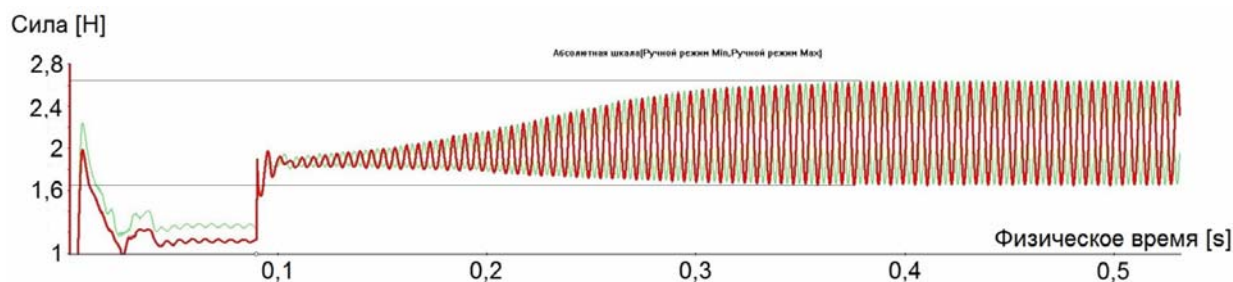


Рис. 5. Зависимость силы Кармана, действующей на ЧЭ

Процесс вихреобразования симметричен процессу воздействия на «хвост», однако диапазон сил меняется: 1,6–2,6 Н. В соответствии с графиком частота вихреобразования  $f$  будет:

$$f = \frac{n}{\Delta t}, \quad (4)$$

где  $n$  — количество периодов за время  $\Delta t$ ;  $\Delta t$  — выбранный диапазон времени, мс. Выбрав  $t_1 = 350$  мс, момент наступления процесса устойчивого вихреобразования и  $\Delta t = 150$  мс, количество периодов  $n = 52$ , а следовательно,  $f = 346$  Гц.

Результаты моделирования деформации «хвоста» (деформационного фрагмента) в зоне установки чувствительного элемента дали результаты, приведенные на рис. 6.

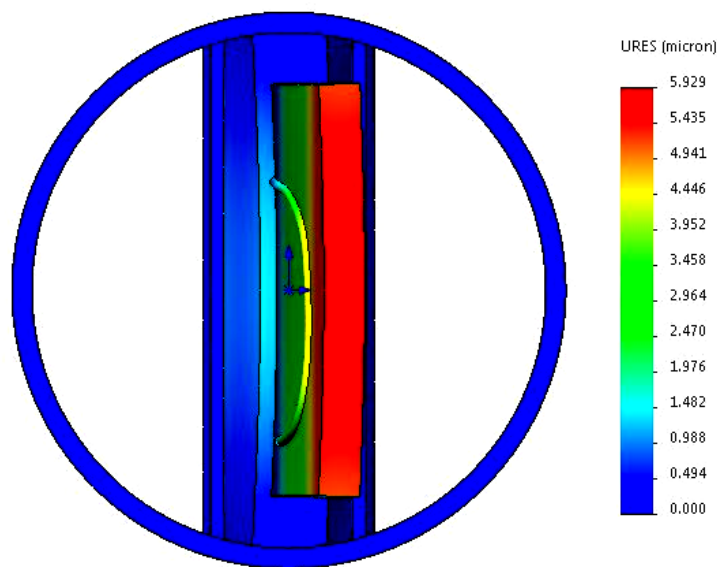


Рис. 6. Результаты моделирования деформации «хвоста» (деформационного фрагмента) в зоне установки решетки Брэгга

Как видно из рисунка, максимальная деформация «хвоста» на отдельных участках составляет до 6 мкм. Используя в качестве чувствительного элемента деформационную решетку Брэгга с чувствительностью не ниже 1,4 пм/мк, можно легко получить периодические колебания резонансной длины волны  $\lambda_c$ , необходимые для измерения объемного расхода.

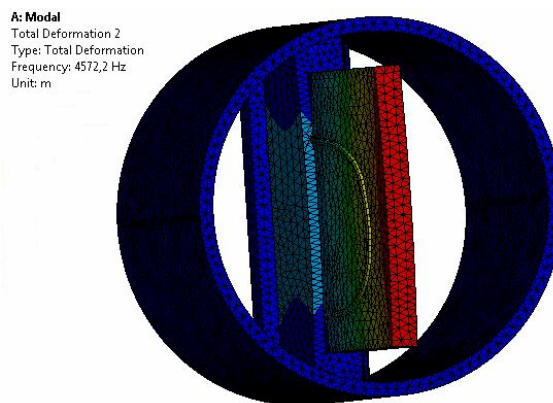


Рис. 7. Результаты моделирования деформации ЧЭ

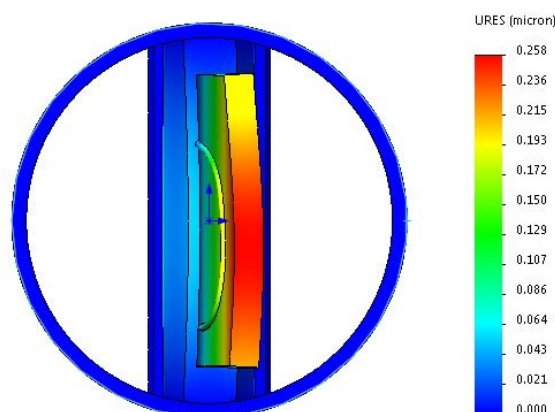


Рис. 8. Модель собственных колебаний деформационного фрагмента в вакууме

При моделировании собственных колебаний деформационного фрагмента «хвоста» в зоне установки решетки Брэгга, отвечающей за измерение плотности, деформация составила 0,2 мкм, что также достаточно для измерения плотности с чувствительностью решетки не хуже 1,4 пм/мг, а частота собственных колебаний деформационного элемента  $f = 4572$  Гц.

Зависимость частоты собственных колебаний  $f$  от конструктивных параметров деформационного фрагмента «хвост» определяется выражением [8]:

$$f = \frac{c^2}{2\pi G^2} \sqrt{\frac{EI_{\text{ЧЭ}}}{\mu}}, \quad (5)$$

где  $C$  – постоянная, зависящая от конструктивных особенностей вихребразователя;  $G$  – ширина деформационного фрагмента (ДФ), мм;  $L$  – длина ДФ, мм;  $E$  – модуль Юнга ЧЭ, Па;  $I_{\text{ДФ}}$  – момент инерции второго порядка ДФ,  $\text{кг} \cdot \text{м}^3$ ;  $\mu$  – масса на единицу длины ДФ,  $\text{кг/м}$ .

Из (5) следует, что с частотой собственных колебаний меняется и плотность текучей среды (эффект «присоединенной массы»). Упругая часть ЧЭ вихребразующего элемента вызывает ускорение части окружающей среды при ее колебаниях. Это фактически вызывает увеличение массы части ЧЭ, что приводит к уменьшению ее частоты собственных колебаний.

### Заключение

Авторами разработана функциональная схема вихревого измерителя массового и объемного расхода, а также плотности жидкой или газовой среды. Чувствительными элементами первичного измерительного преобразователя являются температурная

решетка и деформационные волоконно-оптические решетки Брэгга. В результате моделирования процессов вихреобразования определены конструктивные параметры тела обтекания и деформационного фрагмента. Получены значения частот колебаний деформационного фрагмента, зависящие от объемного расхода и плотности среды. На основе этих данных выбраны полосы пропускания фильтров нижних и верхних частот. Установленные в результате исследования значения сил, действующих на деформационный фрагмент, позволили оценить величину его деформаций и необходимой чувствительности волоконно-оптических деформационных решеток Брэгга.

### **Библиографический список**

1. Кремлевский, П. П. Расходомеры и счетчики количества : справочник / П. П. Кремлевский. – 4-е изд. – Л. : Машиностроение, 1989. – 701 с.
2. Киясбейли, А. Ш. Вихревые измерительные приборы / А. Ш. Киясбейли, М. Е. Перельштейн. – М. : Машиностроение, 1978. – 152 с.
3. Киясбейли, А. Ш. Вихревые счетчики-расходомеры / А. Ш. Киясбейли, М. Е. Перельштейн. – М. : Машиностроение, 1974. – 160 с.
4. Кратиров, Д. В. Измерение расхода вихревым расходомером в условиях неравномерности потоков / Д. В. Кратиров, В. М. Мекешкин, Н. И. Михеев, В. М. Молочников // Материалы докладов национальной конференции по теплоэнергетике НКТЕ. – Казань, 2006. – С. 121–124.
5. Вихревые расходомеры DY (digitalYEWFLOW) и YF100 (YEWFLOW). – ЗАО «Техносистемы», 2007.
6. Седов, Л. И. Методы подобия и размерности в механике / Л. И. Седов. – М. : Наука, 1967. – С. 71–76.
7. Вихревой метод измерения расхода: модели вихреобразования и современные средства моделирования. – URL: <http://docplayer.ru/32614874-Vihrevoy-metod-izmereniya-rashoda-modeli-vihreobrazovaniya-i-sovremennye-sredstva-modelirovaniya.html> (дата обращения: 05.05.2017).
8. Устройство, выполненное с возможностью детектирования физической величины движущейся текучей среды, и соответственный способ. – URL: <http://www.findpatent.ru> (дата обращения: 06.05.2017).
9. Лурье, М. С. Тела обтекания расходомеров / М. С. Лурье, О. М. Лурье // Датчики и системы. – 2008. – № 10. – С. 21–23.
10. Башта, Т. М. Расход. Уравнение расхода / Т. М. Башта // Гидравлика, гидромашины и гидроприводы. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1982. – С. 36–423.

**Акчури Роман Ринатович**, студент, Пензенский государственный университет.

E-mail: [soloviev.va@pnzgu.ru](mailto:soloviev.va@pnzgu.ru)

**Соловьев Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Приборостроение», Пензенский государственный университет.

E-mail: [soloviev.va@pnzgu.ru](mailto:soloviev.va@pnzgu.ru)

**Баранов Александр Сергеевич**, инженер-конструктор 2 категории, АО «НИИФИ».

E-mail: [soloviev.va@pnzgu.ru](mailto:soloviev.va@pnzgu.ru)

УДК 681.2

**Вихревой измеритель массового и объемного расхода на волоконно-оптических решетках Брэгга /**

Р. Р. Акчури, В. А. Соловьев, А. С. Баранов // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 76–83.

УДК 004.932.2

УДК 004.932.2

**Д. В. Колеснов, В. П. Фандеев**

## **АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ПРИЗНАКОВ ПНЕВМОНИИ НА ФЛЮОРОГРАММЕ ЛЕГКИХ**

**Аннотация.** Рассматривается применение компьютерных технологий для количественной оценки диагностически значимых объектов на флюорограмме легких. Представлен алгоритм количественной оценки диагностически значимых признаков пневмонии.

**Ключевые слова:** флюорограмма, пневмония, обнаружение рентгенологических признаков, оценивание рентгенологических признаков, компьютерная технология, MathLab.

### ***Актуальность***

Одним из основных методов диагностики пневмонии является оценивание характерных для нее рентгенологических признаков на флюорограмме легких. Ранняя и достоверная диагностика пневмонии оказывает значительное влияние на лечение и исход заболевания, особенно при массовом обследовании, когда специалист может столкнуться как с типичной, так и с атипичной формой заболевания.

Традиционная методика визуального обнаружения (распознавания) и оценивания исследователем небольших малоконтрастных диагностически значимых объектов на флюорограмме требует его высокой квалификации, трудоемка и в условиях ограниченного времени на обследование пациента не исключает диагностических ошибок. Снижение трудоемкости и повышение достоверности диагностирования достигается внедрением информационных технологий, облегчающих процесс обнаружения и оценивания диагностических признаков пневмонии на флюорограмме. Известные информационные технологии обработки изображений либо не обеспечивают специалистов алгоритмами обнаружения и оценивания признаков заболеваний, либо, наряду с возможностью количественной оценки параметров найденных объектов, рассчитаны на глубокие познания специалиста в области цифровой обработки изображений.

Предлагается алгоритм оценивания диагностически значимых количественных рентгенологических признаков пневмонии на флюорограмме легких, позволяющий снижать трудоемкость и повышать достоверность оценивания признаков специалистами с ограниченной квалификацией в области цифровой обработки изображений.

### ***Цели исследования***

Исследование нацелено на разработку информационной технологии оценивания диагностически значимых признаков пневмонии на флюорограмме легких, позволяющей снизить трудоемкость, повысить достоверность постановки диагноза, ограничить требования к квалификации специалистов при обработке изображений.

### ***Методы и материалы***

Основной задачей специалиста при анализе рентгеновских снимков является поиск и оценка диагностически значимых признаков патологий легких. При выявлении и описании патологических синдромов специалист придерживается определенной последовательности действий. Сначала описывается теневая картина, т.е. определяется, чем является выбранный объект – затемнением или просветлением; затем определяется локализация (по долям и по сегментам); далее – размер объекта (в сантиметрах) и форма

(округлая, или овальная, или треугольная и т.д.). Также оцениваются контуры объектов (ровные или неровные, четкие или нечеткие), после чего – интенсивность (слабая, средняя, высокая) и структура тени (однородная или неоднородная) [1].

Согласно данным научной литературы, при анализе рентгеновских снимков пациентов с различными патологиями легких, в том числе и с пневмонией, чаще всего обнаруживается затемнение легочного поля в виде очаговой тени. Очаговая тень – термин, обозначающий округлые или неправильной формы теневые образования, размеры которых варьируются от 0,5 мм до 1 см. Условно принято считать очаги до 2 мм милиарными, размером 2–4 мм – мелкими, 4–8 мм – средними и 8–12 мм – крупными. Также замечено, что круглый одиночный очаг размером более 1 см относится к синдрому круглой тени в легочном поле [2].

Таким образом, процесс оценки объектов, обнаруженных на рентгеновском снимке, довольно трудоемкий и предъявляет к специалисту повышенные требования не только в плане его квалификации, но и в плане внимания к деталям (например, правильное оценивание размеров затемнения).

При массовом обследовании пациентов на специалиста, помимо указанных выше требований, ложится еще и большая физическая нагрузка, которая может привести к возникновению диагностических ошибок. Поэтому задачи, связанные со снижением трудоемкости и повышением достоверности при оценке диагностически значимых рентгенологических признаков пневмонии, являются актуальными. Решить их можно с помощью программирования в среде Matlab. Функции пакета IPT данной среды предоставляют довольно широкие возможности обработки медицинских изображений с целью выявления и оценки интересующих пользователя объектов. В наибольшей степени для решения данной задачи подходят такие функции, как `bwarea` и `regionprops`. Однако в существующих алгоритмах представленные функции или не используются (как правило, такие алгоритмы больше ориентированы на поиск объектов и определение их границ – например, [3]), или функциональные возможности описанных функций раскрыты не полностью [4], что, в свою очередь, не позволяет полностью решить проблему распознавания и проблему оценки объектов интереса. В связи с этим возникает потребность в разработке такого алгоритма, который позволял бы количественно оценить найденные объекты, а также решить вопрос о наличии (или отсутствии) ошибки в выборе объекта.

Данный алгоритм предполагает наличие многоэтапной проверки соответствия выбранного объекта диагностически значимому признаку пневмонии с помощью количественной оценки (рис. 1). Количественная оценка объектов интереса начинается с выделения границ этих объектов, происходящего в несколько этапов:

- 1) бинаризация изображения с помощью функции `im2bw` (функция бинаризации, входящая в состав пакета IPT программы Matlab);
- 2) поиск `strel` объектов больше 0,3–0,5 мм и выделение с помощью функции `edge` (метод Canny) границ выбранного объекта;
- 3) заполнение цветом (белым) объектов на изображении, полученных после первых двух этапов, с использованием функции `imfill`.

После того, как границы выбранного специалистом объекта выделены, производится его количественная оценка. Под ней подразумевается площадь, которую занимает выбранный объект на исследуемом изображении и которую можно рассчитать с помощью функции `bwarea`. Площадь является более информативной оценкой размера объекта, чем его радиус. При расчете площади учитывается именно то пространство на изображении, которое занимает объект, а расчет радиуса происходит за счет измерения расстояния между наиболее отстраненной точкой объекта и его центром. Эта особенность создает предпосылки для неправильного измерения размера при отсутствии у объекта правильной геометрической формы. Также к количественной оценке можно отнести вычисление

оптической плотности объекта по суммарной яркости его пикселей. В данном случае используется возможность функции `regionprops` ограничивать объекты интереса путем создания ограничивающего их прямоугольника и получать его пространственные координаты, что создает возможность находить подобные области в противоположном легком с последующим расчетом их плотности и сравнением с плотностью искомой области.

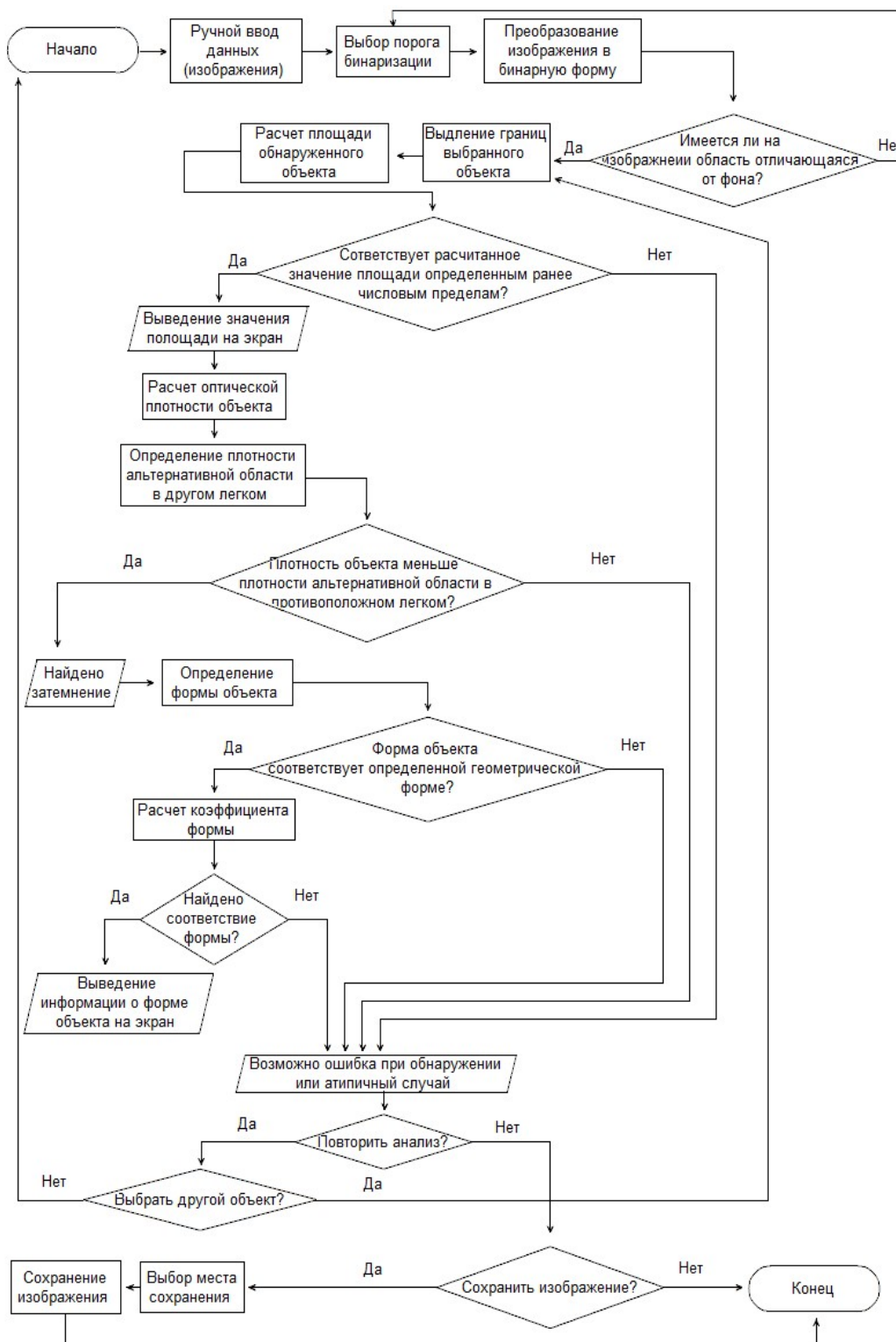


Рис. 1. Схема алгоритма оценивания количественных признаков пневмонии на флюорограмме легких

Алгоритмом предполагается наличие определенной последовательности в оценке объектов интереса. Сначала оценивается размер объекта, и если он соответствует ранее определенному диапазону значений, то осуществляется переход к следующему этапу. Далее объект, прошедший первый этап, помещается в прямоугольник, границы которого вычисляются с помощью функции `regionprops`. Затем для объекта, удовлетворяющего первым двум условиям, производится расчет оптической плотности.

На заключительном этапе с помощью данных, полученных при вычислении координат прямоугольника, ограничивающего выбранный объект, производится поиск похожей области в другой части снимка (на другом легком). И после того, как такая область будет найдена, вычисляется ее оптическая плотность, которая сравнивается с ранее рассчитанной. Если оптическая плотность выбранного специалистом объекта меньше оптической плотности альтернативной области, то принимается решение о том, что выбранный объект является затемнением. Однако есть методики, предлагающие вместо сравнения между собой частей одного снимка сравнивать разные снимки (например, предполагаемую патологию и норму). Но процесс сравнения двух изображений связан с рядом трудностей, а именно:

1) процесс получения рентгеновских снимков состоит из большого числа этапов, и на каждом из них возможны трудности, что в свою очередь не позволяет получить два (или более) совершенно одинаковых снимка. Поэтому при сравнении изображений между собой появляется трудность, связанная с априорным отличием этих изображений;

2) для того, чтобы сравнить изображения между собой, необходимо либо наличие базы данных, которая содержит все изображения пациента, либо использование в качестве «нормы» изображений из научной литературы. В связи с этим появляются дополнительные трудности в плане долгосрочного хранения информации о каждом пациенте, обеспечения доступа к хранимой информации, считывания хранимой информации с целью сравнения ее с вновь полученной. Во втором случае также имеются сложности, связанные с трудоемким процессом подбора такого изображения из соответствующей литературы (например, атласа), которое подойдет обследуемому в данный момент пациенту.

Учитывая все сказанное в первом и втором пунктах, можно утверждать, что процесс сравнения изображений между собой весьма трудоемкий, имеет некоторые труднопреодолимые сложности (например, долгосрочное хранение информации) и к тому же дает заведомо недостоверный результат в силу априорного различия изображений.

Таким образом, в результате работы предлагаемого алгоритма специалист получает полную информацию о соответствии выбранного им объекта диагностически значимому признаку пневмонии.

### ***Результаты и их обсуждение***

Таким образом, предложенный алгоритм позволяет решить вышеупомянутые проблемы. Подытожим, что:

1. Снижение трудоемкости достигается за счет использования:
  - а) многоэтапной оценки выбранных специалистом объектов интереса;
  - б) программного метода расчета количественных характеристик.

Передача процесса количественной оценки программе, а также использование нескольких последовательных этапов оценивания позволяют снизить нагрузку на специалиста.

2. Повышение достоверности достигается использованием программы для проведения количественной оценки объектов интереса, что в свою очередь уменьшает вероятность возникновения диагностической ошибки из-за ограниченного опыта специалиста.

3. Использование предлагаемого алгоритма для оценки количественных признаков и многоэтапная проверка соответствия объектов интереса диагностически значимым признакам пневмонии позволяет снизить требования к квалификации специалиста в об-

ласти компьютерной обработки изображений за счет ограничения его участия в процессе количественной оценки.

### ***Заключение***

Снизить трудоемкость процесса обнаружения и оценивания диагностически значимых рентгенологических признаков пневмонии можно с помощью информационной технологии оценивания, в основу которой положен алгоритм, предложенный в статье. Достигается это за счет многоэтапной оценки объектов интереса и передачи расчета количественных характеристик программе.

Достоверность диагностирования можно повысить, применяя предложенный в статье алгоритм. Достигается это снижением нагрузки на специалиста за счет ограничения его участия в количественной оценке объектов интереса, а также использования компьютера для оценивания количественных характеристик объектов интереса.

Особенностью предлагаемого алгоритма является ограничение участия специалиста в проведении количественной оценки объектов интереса, что в свою очередь снижает требования к квалификации специалиста в области компьютерной обработки изображений.

### ***Библиографический список***

1. Илясова, Е. Б. Лучевая диагностика / Е. Б. Илясова, М. Л. Чехонацкая, В. Н. Приезжева. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 275 с.
2. Линденбратен, Л. Д. Медицинская рентгенология / Л. Д. Линденбратен, Л. Б. Наумов. – М. : БИНОМ, 2015. – 496 с.
3. Masters.donntu.org. – URL: <http://www.masters.donntu.org/2012/fknt/titova/library/article.htm>
4. Habrahabr.ru. – URL: <https://www.habrahabr.ru/post/114335/>

**Колеснов Дмитрий Валентинович**, студент, Пензенский государственный университет.  
E-mail: [dmitriikolesnov@mail.ru](mailto:dmitriikolesnov@mail.ru)

**Фандеев Владимир Петрович**, доктор технических наук, профессор, кафедра «Медицинская кибернетика и информатика», Пензенский государственный университет.  
E-mail: [lyudmilarotmanova@yandex.ru](mailto:lyudmilarotmanova@yandex.ru)

УДК 004.932.2

**Колеснов, Д. В.**

**Алгоритм оценивания признаков пневмонии на флюорограмме легких** / Д. В. Колеснов, В. П. Фандеев // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 84–88.

УДК 621.317.733

**С. Е. Ларкин**

## **КВАЗИСТАЦИОНАРНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ЦЕПЬ ТРЕХЭЛЕМЕНТНОГО РЕЗОНАНСНОГО ДВУХПОЛЮСНИКА**

**Аннотация.** Предложен способ определения параметров трехэлементных резонансного и нерезонансного двухполюсников. Способ позволяет определять параметры двухполюсника для различных схем соединения его элементов при неизменной (кроме программного кода) конструкции измерительной цепи.

**Ключевые слова:** трехэлементный двухполюсник, иммитанс двухполюсника, измерительная цепь, система базисных функций, фазовое разделение каналов, микроконтроллер.

Схемы замещения современных измерительных ячеек весьма разнообразны – так же, как и параметры их элементов. Определение составляющих биологических объектов приводит к необходимости их замещения электрическими многоэлементными двухполюсниками. В большинстве таких случаев в качестве схемы замещения используется трехэлементный двухполюсник. Определение его параметров является одной из основных задач измерительного процесса.

Известны различные методы определения параметров двухполюсников. Нулевой метод, используемый в мостах переменного тока, направлен на уравнивание тока через опорный элемент измеряемого двухполюсника тока до достижения их равенства, фиксируемого нуль-индикатором [1]. Однако данные мосты хоть и обладают высокой точностью измерения, но позволяют определять параметры двухполюсников только при двухэлементной нерезонансной схеме соединения его элементов. Использование квази-уравновешенных измерительных цепей (ИЦ) по одному или нескольким параметрам имеет в этом смысле существенное преимущество [2, 3]. Использование экстремум детекторов, фазочувствительных выпрямителей, схем сравнения позволяет достигать или стабилизировать одну из активных составляющих измерительной цепи, что приводит в конечном случае к выделению информации о пассивных электрических параметрах двухполюсника. Однако такие построения имеют и недостатки:

- определение параметров только нерезонансных двухполюсников;
- при изменении схемы соединения элементов требуется изменение схемы включения двухполюсника;
- наличие обратной связи для поддержания одной из величин приводит к увеличению времени измерения частотонезависимых параметров двухполюсника;
- нелинейность и неидеальность используемых схем сравнения, экстремум детекторов и фазочувствительных выпрямителей снижают точность измерения;
- в ряде случаев имеется вероятность возникновения положительной обратной связи, что приводит к самовозбуждению ИЦ и невозможности последующего ее функционирования.

Другой подход основан на использовании переходных процессов в трех- и более элементарных нерезонансных двухполюсниках. Искомые параметры вычисляются в них при достижении определенного состояния, которое наступает, как правило, по завершении переходного процесса в одной или нескольких частях двухполюсника [4]. Однако та-

кой подход основан на заранее известных примерных значениях частотонезависимых параметров сложной схемы замещения, как и самой схемы замещения элементов. Кроме того, измерение должно осуществляться, как уже было сказано, по завершении переходного процесса (как правило, это время искусственно ограничивается несколькими значениями постоянной времени цепи), что автоматически приводит к возникновению методической погрешности измерения параметров двухполюсника. И, наконец, использование для преобразования параметров пассивных величин такого двухполюсника в пропорциональные им электрические величины активного преобразователя (АП) также приводит к дополнительной погрешности преобразования. Связано это с тем, что в качестве АП используется операционный усилитель, который при работе на постоянном токе имеет «продолжения» [5].

В этой связи более предпочтительным является использование для определения параметров трехэлементных как резонансных, так и нерезонансных двухполюсников с различным соединением его элементов ИЦ, работающих на переменном токе. Достоинством использования переменного тока является возможность задания одной или нескольких систем базисных функций. При этом их число будет определяться лишь степенью детализации схемы замещения двухполюсника и количеством резонансных частот (состояний). Для этой цели предпочтительно использовать ИЦ с фазовым разделением сигналов, позволяющих синтезировать системы ортогональных функций [6, 7]. Стремительное развитие средств вычислительной техники и использование микропроцессорных систем позволяют значительно упростить данную задачу.

Рассмотрим возможность использования квазиуравновешенных ИЦ с фазовым разделением сигналов для определения параметров трехэлементных двухполюсников. Прежде всего, необходимо иметь в виду, что в зависимости от схемы соединения пассивных элементов иммитанс такого двухполюсника может представлять собой как импеданс, так и адмиттанс. Определение иммитанса для пассивных нерезонансных трехэлементных двухполюсников достаточно подробно рассмотрено в [6]. В случае трехэлементного как резонансного, так и нерезонансного двухполюсника иммитанс можно представить следующим образом:

$$B = \left[ (j\omega)^{k_1} P_1 \right]^n + \left[ \left[ (j\omega)^{k_2} P_2 \right]^m + \left[ (j\omega)^{k_3} P_3 \right]^m \right]^{nm}.$$

Коэффициенты  $k_1 - k_3$  определяют характер параметров  $P_1 - P_3$ : активный  $k = 0$ , индуктивный  $k = 1$  или емкостный  $k = -1$ , а  $n$  и  $m$  – вид схемы соединения элементов:

$n = 1$  – последовательное соединение  $P_1$  с  $P_2$  и  $P_3$ ;

$n = -1$  – параллельное соединение  $P_1$  с  $P_2$  и  $P_3$ ;

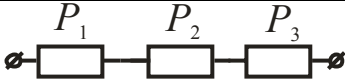
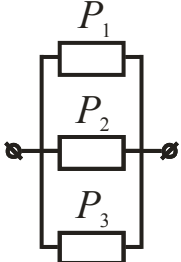
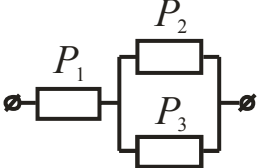
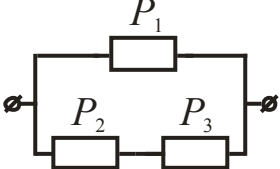
$m = 1$  – последовательное соединение  $P_2$  с  $P_3$ ;

$m = -1$  – параллельное соединение  $P_2$  с  $P_3$ .

Формализованные значения иммитанса для конкретной схемы замещения трехэлементного двухполюсника приведены в табл. 1. В дальнейшем при упоминании трехэлементного двухполюсника будем подразумевать как резонансный, так и нерезонансный двухполюсники.

Таблица 1

Формализованные значения иммитанса для конкретной схемы замещения трехэлементного двухполюсника

| Схема замещения                                                                     | Значение параметров $P_1 - P_3$ |         |          | Значение коэффициентов |     | Значение функции $\underline{B}$                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------|----------|------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                     | $k = 0$                         | $k = 1$ | $k = -1$ | $n$                    | $m$ |                                                                                                 |
|    | $R$                             | $L$     | $C$      | 1                      | 1   | $(j\omega)^{k_1} P_1 + (j\omega)^{k_2} P_2 + (j\omega)^{k_3} P_3$                               |
|    |                                 |         |          | -1                     | -1  | $\frac{1}{(j\omega)^{k_1} P_1} + \frac{1}{(j\omega)^{k_2} P_2} + \frac{1}{(j\omega)^{k_3} P_3}$ |
|   |                                 |         |          | 1                      | -1  | $(j\omega)^{k_1} P_1 + \frac{1}{\frac{1}{(j\omega)^{k_2} P_2} + \frac{1}{(j\omega)^{k_3} P_3}}$ |
|  |                                 |         |          | -1                     | 1   | $\frac{1}{(j\omega)^{k_1} P_1} + \frac{1}{(j\omega)^{k_2} P_2 + (j\omega)^{k_3} P_3}$           |

В общем случае на трехэлементный двухполюсник может быть подана одна или несколько систем базисных функций вида  $\underline{U}_{01} = U_0 e^{j\omega t}$ ,  $\underline{U}_{02} = U_0 e^{j2\omega t} \dots \underline{U}_{0N} = U_0 e^{jn\omega t}$ , где  $U_0$  – амплитудные значения напряжений  $n$ -ых гармоник. Причем для определения параметров трех- и четырехэлементного двухполюсника достаточно подать последовательно две любые системы базисных функций приведенного вида.

С точки зрения радиотехники предпочтительно использовать косинусоидальную составляющую комплексной системы базисных функций, а с энергетической и измерительной – синусоидальную [8]. Совместное использование для анализа цепей обеих составляющих дает возможность получить дополнительную информацию об измеряемом объекте с целью либо определения его параметров, либо повышения точности измерения. Однако данному вопросу уделено недостаточно внимания [9]. В этой связи представляет интерес использование мнимых составляющих базисных функций для определения параметров двухполюсников.

На рис. 1 приведена ИЦ определения параметров трехэлементного двухполюсника. Блок формирования систем базисных функций (БФС) осуществляет выработку необходимого числа систем базисных функций  $\underline{U}_{01}, \underline{U}_{02} \dots$  и их подачу через опорный иммитанс  $B_0$  на активный преобразователь (АП) параметров двухполюсника в напряжение  $\underline{U}_{АП}$ . Между входом и выходом АП включен трехэлементный двухполюсник (ТД). Выход АП как через компаратор (К), так и напрямую подключен к входу микроконтроллера (МК), осуществляющего управление ИЦ по циклическому алгоритму, используя прерывание от компаратора.

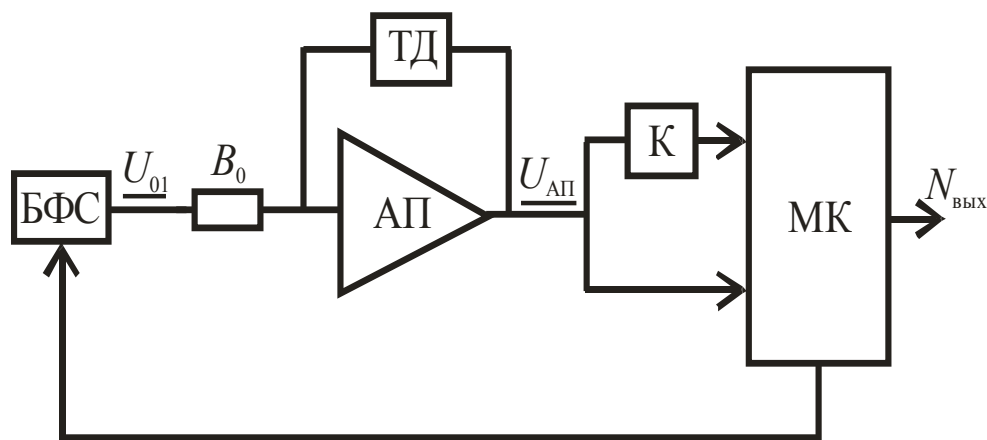


Рис. 1. Измерительная цепь трехэлементного двухполюсника

При прохождении системы базисных функций через двухполюсник произойдет изменение ее амплитуды и фазы:

$$\underline{U}_{АПn} = -\frac{B}{B_0} \underline{U}_{0n} = -\frac{B}{B_0} U_0 e^{j(n\omega t \pm \Delta\varphi_n)},$$

где  $\frac{B}{B_0}$ ,  $\Delta\varphi_n$  – значения изменений напряжения по амплитуде и фазе на  $n$ -й гармонике соответственно.

Проанализируем полученное выражение с точки зрения использования его для определения параметров двухполюсника. Для этого построим векторную диаграмму (рис. 2).

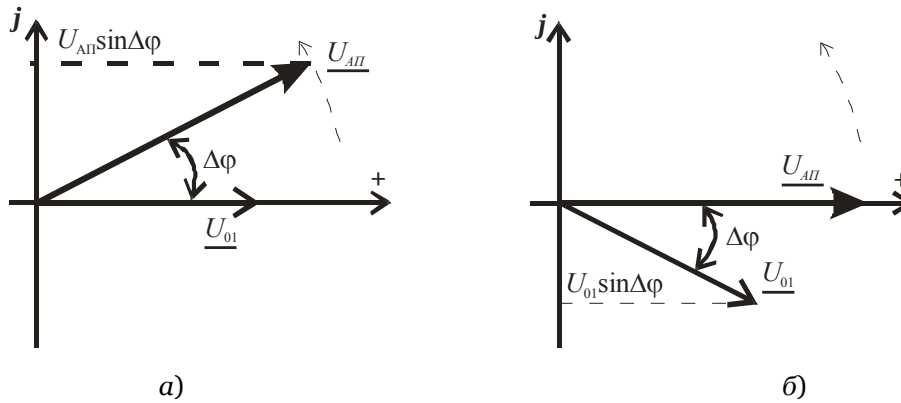


Рис. 2. Фазовые соотношения напряжений

Как следует из рис. 2,а, при  $t = 0$  (и далее при  $t = N \cdot T$ , где  $N$  – целое число периодов) можно записать

$$U_{1n} = U_{АПn} \sin \Delta\varphi_n = -\frac{U_0}{B_0} \operatorname{Im}(\underline{B}). \quad (1)$$

Данное напряжение существует во временной области и его можно измерить с помощью МК при равенстве нулю синусоидальной составляющей входного напряжения  $n$ -й гармоники базисной функции. С точки зрения реализации такого измерительного процесса при классическом построении ИЦ с использованием фазочувствительных выпрямителей схем сравнения, управляемых делителей напряжения мы как бы создали обратную связь, с помощью которой изменяем выходное напряжение до тех пор, пока мнимая составляющая  $n$ -й системы базисных функций не станет равной нулю, т.е., по сути, используем нулевой метод измерения, без его реализации проводя измерения лишь в определенный момент времени. Ведь входное напряжение, изменяясь по синусоидальному закону, в какой-то момент времени все же проходит через ноль. Достоинство данного метода – это отсутствие каких-либо погрешностей от неидеальности используемых при классическом построении ИЦ функциональных блоков. Быстродействие также увеличивается, так как на достижение равновесия необходимо время изменения коэффициента передачи синусоидальной составляющей базисной функции с отслеживанием этого процесса в схеме сравнения. И, наконец, отсутствие отрицательной обратной связи не приведет к возможному возбуждению ИЦ.

Однако из рис. 2 следует также, что в это время

$$U_{АПn} \cos \Delta\varphi_n = -\frac{U_0}{B_0} \operatorname{Re}(\underline{B}).$$

Данной составляющей не существует во временной области, однако мы можем ее рассчитать при условии, что сдвиг фаз между выходным напряжением АП и синусоидальной составляющей базисной функции известен. С этой целью проведем второе измерение, но уже входного напряжения  $U_{2n}$  при равенстве нулю напряжения с выхода активного преобразователя  $U_{АПn} = 0$ , что проиллюстрировано на рис. 2,б. Как видно, оно равно

$$U_{2n} = \operatorname{Im}(\underline{U}_{0n}) = U_0 \sin \Delta\varphi_n.$$

Решая совместно три последних выражения и используя основное тригонометрическое тождество  $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$ , получим

$$\frac{U_{1n}}{U_{2n}} \sqrt{1 - \left( \frac{U_{2n}}{U_0} \right)^2} = -\frac{1}{B_\phi} \text{Re}(\underline{B}). \quad (2)$$

Уравнения (1) и (2), составленные для нескольких значений базисных функций, позволяют определить параметры многоэлементного двухполюсника. Так, для трехэлементного резонансного двухполюсника достаточно подать две системы базисных функций и решить систему из четырех уравнений указанного типа.

Приведенная система уравнений справедлива для определения параметров трех-элементного двухполюсника, соединенного по последовательной и последовательно-параллельной схемам замещения. В этом случае в качестве иммитанса такого двухполюсника будет выступать импеданс. Если же схема соединения будет параллельная или параллельно-последовательная, то при тех же измерениях необходимо использовать следующую систему уравнений:

$$\frac{1}{U_{1n}} = -\frac{B_o}{U_0} \text{Im} \left( \frac{1}{\underline{B}} \right),$$

$$\frac{U_{2n}}{U_{1n} \sqrt{1 - \left( \frac{U_{2n}}{U_0} \right)^2}} = -B_o \text{Re} \left( \frac{1}{\underline{B}} \right).$$

Тогда можно предложить способ определения параметров трехэлементного двухполюсника, основанный на измерении входного и выходного напряжений в двух квазистационарных состояниях, характеризующихся равенством нулю выходного и входного напряжений соответственно. Использование комплексных систем базисных функций позволяет выделить действительную и мнимую части выходного напряжения активного преобразователя, а составление уравнений для нескольких систем базисных функций позволяет определить параметры трехэлементного двухполюсника.

В качестве примера рассмотрим определение параметров трехэлементного резонансного двухполюсника, выполненного по последовательно-параллельной схеме соединения элементов. Измерительная цепь приведена на рис. 3.

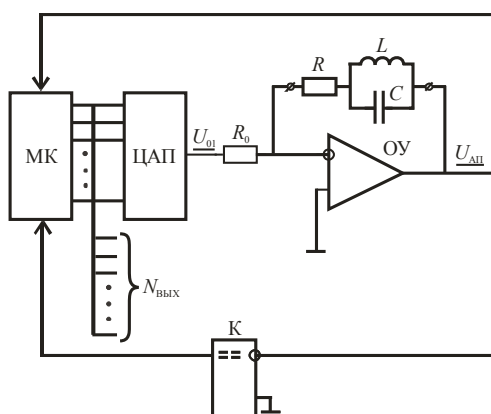


Рис. 3. Функциональная схема измерительной цепи  
трехэлементного резонансного двухполюсника

Цифроаналоговый преобразователь (ЦАП) осуществляет преобразование цифрового кода, соответствующего поступающей на трехэлементный резонансный двухполосник (ТРД) системе базисных функций, в комплексное напряжение на выходе. В качестве образцового элемента использовано образцовое высокоточное сопротивление  $R_0$  с высокой

временной и температурной стабильностью параметров. Согласно табл. 2, в качестве иммитанса двухполюсника будет выступать комплексное сопротивление  $\underline{Z}$ :

$$\underline{Z} = R + \frac{1}{\frac{1}{jn\omega L} + jn\omega C}.$$

Выходное напряжение активного преобразователя при подаче на его вход системы базисных функций первой гармоники ( $n=1$ ) равно:

$$U_{АП1} = -\frac{U_0}{R_0} \left( R + j \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC} \right).$$

Как уже было сказано выше, проводим два измерения:

- измеряем выходное напряжение АП  $U_1$  при равном нулю напряжении с выхода генератора;
- измеряем напряжение с выхода генератора  $U_2$  при равном нулю напряжении с выхода АП.

Изменяем систему базисных функций и подаем на вход АП вторую гармонику ( $n=2$ ). Напряжение с его выхода равно

$$U_{АП2} = -\frac{U_0}{R_0} \left( R + j \frac{2\omega L}{1 - 4\omega^2 LC} \right).$$

Проводим аналогичные предыдущему пункту измерения и получаем  $U_3$  и  $U_4$  соответственно. Система уравнений для определения частотонезависимых параметров двухполюсника на основании уравнений (1) и (2) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} U_1 &= -\frac{U_0}{R_0} \frac{\omega L}{1 - \omega^2 LC}, \\ \frac{U_1}{U_2} \sqrt{1 - \left( \frac{U_2}{U_0} \right)^2} &= -\frac{R}{R_0}, \\ U_3 &= -\frac{U_0}{R_0} \frac{2\omega L}{1 - 4\omega^2 LC}, \\ \frac{U_3}{U_4} \sqrt{1 - \left( \frac{U_4}{U_0} \right)^2} &= -\frac{R}{R_0}. \end{aligned}$$

Решая данную систему относительно искомых частотонезависимых параметров, получим:

$$\begin{aligned} R &= -R_0 U_1 \sqrt{\frac{1}{U_0^2} - \frac{1}{U_2^2}}, \\ R &= -R_0 U_3 \sqrt{\frac{1}{U_0^2} - \frac{1}{U_4^2}}, \\ L &= \frac{R_0}{\omega U_0} \frac{3}{\left( \frac{4}{U_1} - \frac{2}{U_3} \right)}, \\ C &= \frac{U_0}{\omega R_0} \left( \frac{1}{U_1} - \frac{2}{U_3} \right). \end{aligned}$$

Анализ системы уравнений показывает, что частотонезависимые  $R-L-C$  параметры двухполюсника могут быть получены и при совпадении одной из систем базисных функций с резонансной частотой двухполюсника. В этом случае одно из напряжений  $U_1$  или  $U_3$  будут равны бесконечности, т.е. операционный усилитель (ОУ), используемый для преобразования параметров двухполюсника в активный сигнал, войдет в насыщение. Напряжение насыщения ОУ будет воспринято МК как  $U_1 = \infty$  или  $U_3 = \infty$  соответственно. При этом значение сопротивления будет рассчитываться по одному из двух верхних выражений, когда ОУ не находится в насыщении.

Всего существует восемь вариантов соединения элементов двухполюсника при различных схемах соединения элементов. Предложенная измерительная цепь позволяет определить параметры как резонансного, так и нерезонансного двухполюсников при различных схемах соединения элементов без изменения схемы включения. В случае четырехэлементного нерезонансного двухполюсника приведенных выше уравнений достаточно для определения его параметров. При измерении параметров четырехэлементного резонансного двухполюсника, имеющего две резонансные частоты, необходимо провести аналогично приведенным дополнительные измерения для третьей гармоники.

Итак, приведенный способ определения параметров трехэлементного двухполюсника позволил определить параметры как резонансного, так и нерезонансного двухполюсников для различных вариантов и схем включения его элементов при неизменной схеме включения. Поскольку работа цепи во всех режимах осуществляется под управлением микроконтроллера, то возможно получение параметров элементов двухполюсника для любой схемы замещения без изменения конструкции измерительной цепи, а лишь с изменениями программного кода.

### **Библиографический список**

1. Тюкавин, А. А. Теория уравнивания и методы синтеза мостов переменного тока для измерения параметров многоэлементных двухполюсников : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.11.05 / Тюкавин А. А. – Ульяновск : УлГТУ, 1998. – 39 с.
2. Новик, А. И. Системы автоматического уравнивания цифровых экстремальных мостов переменного тока / А. И. Новик. – Киев : Наукова Думка, 1983. – 224 с.
3. Гаврилюк, М. А. Электронные измерители  $C, L, R$  / М. А. Гаврилюк, Е. П. Соголовский. – Львов : Вища школа, 1979. – 134 с.
4. Мартяшин, А. И. Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей / А. И. Мартяшин, К. Л. Куликовский, С. К. Куроедов, Л. В. Орлов ; под ред. А. И. Мартяшина. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
5. Достал, И. Операционные усилители : пер. с англ. / И. Достал. – М. : Мир, 1982. – 512 с.
6. Арбузов, В. П. Структурные методы повышения точности измерительных цепей емкостных и индуктивных датчиков : монография / В. П. Арбузов. – Пенза : ИИЦ ПГУ, 2008. – 230 с.
7. Арбузов, В. П. Микропроцессорная измерительная цепь емкостного датчика с фазовым разделением каналов / В. П. Арбузов, И. А. Долгушев, С. Е. Ларкин, М. А. Мишина // Датчики и системы. – 2012. – № 2. – С. 5–8.
8. Атабеков, Г. И. Теоретические основы электротехники. Линейные электрические цепи : учеб. пособие. – 7-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2009. – 592 с.
9. Трахтман, А. М. Введение в обобщенную спектральную теорию сигналов / А. М. Трахтман. – М. : Сов. Радио, 1972. – 352 с.

**Ларкин Сергей Евгеньевич**, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Электроэнергетика и электротехника», Пензенский государственный университет.

E-mail: eltech@pnzgu.ru

УДК 621.317.733

**Ларкин, С. Е.**

**Квазистационарная измерительная цепь трехэлементного резонансного двухполюсника /**

С. Е. Ларкин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 89–97.

УДК 004.9

А. А. Слугина

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 1С «ИНФОРМАТИКА» ПРИ ПОДГОТОВКЕ К РЕШЕНИЮ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В ЕГЭ ПО ИНФОРМАТИКЕ И ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ

**Аннотация.** Рассматриваются некоторые типы заданий Единого государственного экзамена по информатике, а также возможность использования программного продукта 1С «Информатика. 10 класс» при подготовке к решению некоторых типов заданий.

**Ключевые слова:** единый государственный экзамен, математическая логика.

Несмотря на важность темы «Логические основы ЭВМ» [1, 2], обзор основных школьных учебников по информатике показал, что преподавание темы «Логика» в базовом курсе информатики и ИКТ представлено недостаточно.

Важность темы обуславливает и широкое ее представление в ЕГЭ по информатике и ИКТ за последние годы. Проведем анализ демо-варианта 2017 г. с целью описания заданий, содержащих логические операции. Основными заданиями являются 2, 18, 23, частично 17. Но также можно встретить ее элементы в некоторых других заданиях. В итоге имеем 4 первичных балла. Остановимся на названных заданиях более подробно.

Задание 2 представляет собой (рис. 1):

- 2** Логическая функция  $F$  задается выражением  $(\neg z) \wedge x \vee x \wedge y$ . Определите, какому столбцу таблицы истинности функции  $F$  соответствует каждая из переменных  $x, y, z$ .

| Перем. 1 | Перем. 2 | Перем. 3 | Функция |
|----------|----------|----------|---------|
| ???      | ???      | ???      | F       |
| 0        | 0        | 0        | 0       |
| 0        | 0        | 1        | 1       |
| 0        | 1        | 0        | 0       |
| 0        | 1        | 1        | 1       |
| 1        | 0        | 0        | 0       |
| 1        | 0        | 1        | 0       |
| 1        | 1        | 0        | 0       |
| 1        | 1        | 1        | 1       |

В ответе напишите буквы  $x, y, z$  в том порядке, в котором идут соответствующие им столбцы (сначала – буква, соответствующая 1-му столбцу; затем – буква, соответствующая 2-му столбцу; затем – буква, соответствующая 3-му столбцу). Буквы в ответе пишите подряд, никаких разделителей между буквами ставить не нужно.

*Пример.* Пусть задано выражение  $x \rightarrow y$ , зависящее от двух переменных  $x$  и  $y$ , и таблица истинности:

| Перем. 1 | Перем. 2 | Функция |
|----------|----------|---------|
| ???      | ???      | F       |
| 0        | 0        | 1       |
| 0        | 1        | 0       |
| 1        | 0        | 1       |
| 1        | 1        | 1       |

Тогда 1-му столбцу соответствует переменная  $y$ , а 2-му столбцу соответствует переменная  $x$ . В ответе нужно написать:  $yx$ .

Ответ: \_\_\_\_\_.

Рис. 1. Задание 2 в ЕГЭ по информатике и ИКТ

Отметим базовый уровень задания. Его решение опирается на таблицу истинности основных логических операций.

Решение происходит с помощью подстановки переменных из формулы в столбцы таблицы:

1) производим анализ формулы  $(\bar{z} \wedge x) \vee (x \wedge y)$ . Данная формула принимает значение «истина», если принимает значение истина хотя бы одна формула в скобках:  $\bar{z} \wedge x$  или  $x \wedge y$ . Если же обе скобки принимают значение «ложь», то и вся формула принимает значение «ложь». Здесь ученику может потребоваться помощь программного продукта 1С для того, чтобы напомнить определение таблицы истинности логических операций, законы алгебры логики;

2) формула и в первой, и во второй скобке содержит конъюнкцию, а значит, примет значение истина, если оба операнда истины;

3) заполним таблицу истинности для данной формулы и проведем анализ строк, где F приняла значение «истина». Для того, чтобы вспомнить правила заполнения таблиц истинности, можно также обратиться к «Информатика. 10 класс».

Для решения данного задания ученику необходимо воспользоваться неким теоретическим материалом по теме «Алгебра логики». На наш взгляд, для решения этой проблемы можно обратиться к программному продукту 1С «Информатика. 10 класс». Теме «Основы алгебры логики» там отводится целый раздел, который учитель и может предложить в качестве как основного, так и справочного материала при подготовке к ЕГЭ.

В каждом разделе теоретический материал сопровождается необходимыми примерами (рис. 2).

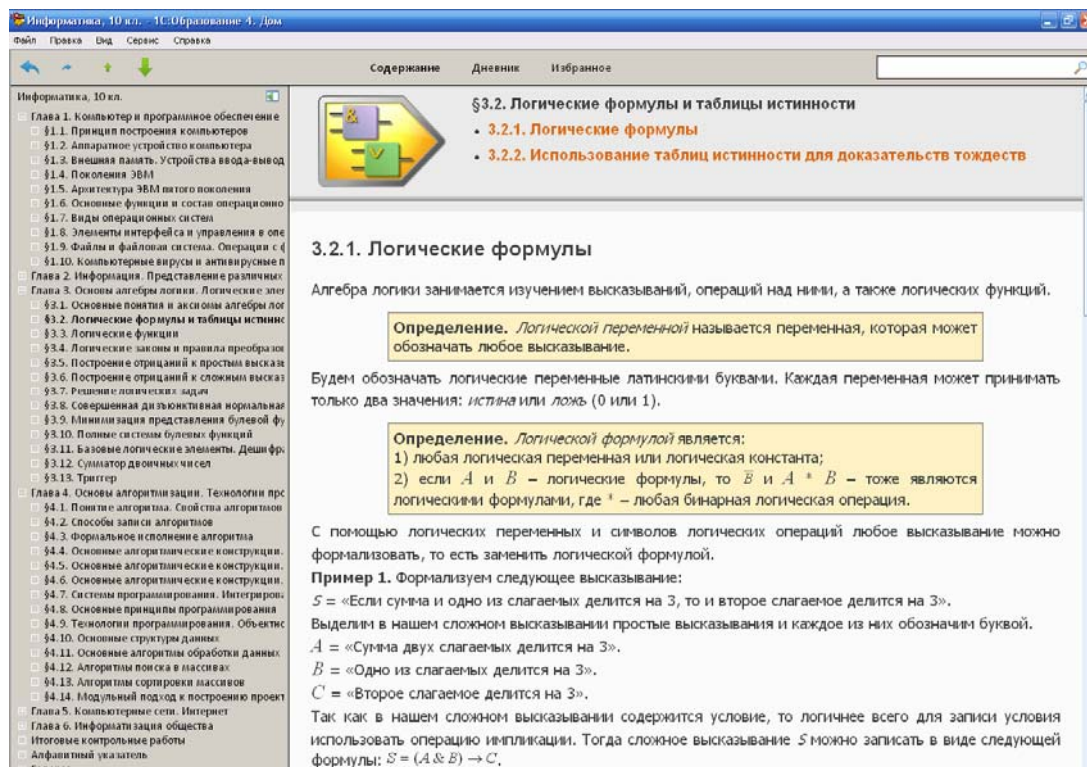


Рис. 2. Вид программного продукта 1С «Информатика. 10 класс»

Задание 23 относится к высокому уровню, традиционно является одним из самых сложных в первой части. Поэтому при подготовке к ЕГЭ по информатике ему должно быть уделено особое внимание (рис. 3).

**23** Сколько существует различных наборов значений логических переменных  $x_1, x_2, \dots, x_6, y_1, y_2, \dots, y_6$ , которые удовлетворяют всем перечисленным ниже условиям?

$$(x_1 \rightarrow (x_2 \wedge y_1)) \wedge (y_1 \rightarrow y_2) = 1$$

$$(x_2 \rightarrow (x_3 \wedge y_2)) \wedge (y_2 \rightarrow y_3) = 1$$

...

$$(x_5 \rightarrow (x_6 \wedge y_5)) \wedge (y_5 \rightarrow y_6) = 1$$

$$x_6 \rightarrow y_6 = 1$$

В ответе не нужно перечислять все различные наборы значений переменных  $x_1, x_2, \dots, x_6, y_1, y_2, \dots, y_6$ , при которых выполнена данная система равенств. В качестве ответа Вам нужно указать количество таких наборов.

Ответ: \_\_\_\_\_.

Рис. 3. Задание 23 в ЕГЭ по информатике и ИКТ

На наш взгляд, при решении этого задания должен быть задействован следующий материал:

- определение основных логических операций, их таблицы истинности;
- правила заполнения таблиц истинности для логических формул различной сложности;
- законы алгебры логики;
- общее представление о решении систем уравнений, основные приемы решения систем уравнений.

Нашей задачей становится составить систему заданий для подготовки к решению 23 задания; при этом мы будем использовать диск «Информатика 1С» для 10 и для 11 классов, а также свои собственные задания.

Таким образом, рациональное использование программных продуктов 1С позволяет учителю сэкономить учебное время на повтор теоретического материала, разбор примеров, подготовку домашнего задания.

### **Библиографический список**

1. Акимова, И. В. Возможности реализации модульного подхода при обучении бакалавров педагогических специальностей на примере темы «Введение в алгебру логики» / И. В. Акимова, О. М. Губанова, Е. И. Титова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.
2. Акимова, И. В. Методика изучения темы «Массивы» при обучении программированию бакалавров педагогических специальностей профиля «Информатика» / И. В. Акимова, М. А. Родионов // Информатика и образование. – 2014. – № 3. – С. 20–24.

**Слугина Алена Александровна**, студентка, Пензенский государственный университет.

E-mail: alena-sluginaz109@mail.ru

УДК 004.9

**Слугина, А. А.**

Возможности использования 1С «Информатика» при подготовке к решению логических задач в ЕГЭ по информатике и информационно-коммуникативным технологиям / А. А. Слугина // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 98–100.

УДК 624.21.037

**Д. Б. Чакветадзе, А. Н. Щербаков**

## **ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВУХУРОВНЕВОЙ РАЗВЯЗКИ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ PTVVISSIM**

**Аннотация.** Представлены схема и модель двухуровневой развязки с Т-образным пересечением на нижнем уровне, а также результаты моделирования транспортного движения при различных схемах организации.

**Ключевые слова:** транспортная развязка, путепровод, сравнительный анализ, моделирование.

Моделирование широко применяется для изучения и анализа сложных технических систем. Особенно важна роль этого метода исследования в случаях, когда реальные эксперименты нецелесообразны из-за экономических либо аналитических препятствий, а также из соображений безопасности. По этим же причинам необходимо произвести компьютерный анализ транспортных процессов прежде, чем менять организацию движения на участке улично-дорожной сети.

Программный комплекс PTVVissim предоставляет возможность имитации транспортного движения при различных схемах организации. Основные возможности программы:

- оценка влияния типа пересечения дорог на пропускную способность (нерегулируемый перекресток, регулируемый перекресток, круговое движение, ж/д переезд, развязка в разных уровнях);
- проектирование, тестирование и оценка влияния режима работы светофора на характер транспортного потока;
- оценка транспортной эффективности предложенных мероприятий;
- анализ управления дорожным движением на автострадах и городских улицах, контроль за направлениями движения как на отдельных полосах, так и на всей проезжей части дороги;
- анализ возможности предоставления приоритета общественному транспорту и мероприятия, направленные на приоритетный пропуск трамваев;
- анализ влияния управления движением на ситуацию в транспортной сети (регулирование притока транспорта, изменение расстояния между вынужденными остановками транспорта, проверка подъездов, организация одностороннего движения и полос для движения общественного транспорта);
- анализ пропускной способности больших транспортных сетей (например, сети автомагистралей или городской улично-дорожной сети) при динамическом перераспределении транспортных потоков (это необходимо, например, при планировании перехватывающих парковок);
- анализ мер по регулированию движения в железнодорожном транспорте и при организации стоянок ожидания (например, таможенных пунктов);
- детальная имитация движения каждого участника движения;
- моделирование остановок общественного транспорта и станций метрополитена с учетом их взаимного влияния;
- расчет аналитических показателей (более 50 различных оценок и аналитических коэффициентов), построение графика временной загрузки сети и т.п. [5].

Для проведения исследований необходимо иметь информацию об интенсивности движения по каждому направлению и о составе транспортных потоков. По выходным

данным можно сравнить светофорное регулирование и многоуровневую развязку, а также различные развязки между собой.

Транспортная развязка – комплекс дорожных сооружений (мостов, туннелей, дорог), предназначенный для минимизации пересечений транспортных потоков и, как следствие, для увеличения пропускной способности дорог [4]. Чаще всего под этим термином подразумеваются развязки именно в разных уровнях, что обеспечивается путем строительства мостов через водоемы и путепроводов над автомобильными дорогами.

Многоуровневые развязки бывают разных видов – в зависимости от количества самих уровней и способа организации левоповоротного движения.

Преимуществами многоуровневых развязок над светофорным регулированием являются:

- меньшее количество пересечений в одном уровне, что снижает число конфликтных точек и, следовательно, повышает безопасность движения;
- меньшее время задержек и количество остановок транспортных средств;
- лучшая пропускная способность и более высокая скорость движения.

К недостаткам же нельзя не отнести высокую стоимость и большую площадь конструкции, а из-за длины въездов и съездов имеют место перепробеги транспортных средств.

Одной из самых распространенных является развязка типа «клеверный лист», имеющая всего один путепровод. Левый поворот заменяется поворотом вправо на  $270^\circ$  (рис. 1).



Рис. 1. Развязка типа «клеверный лист»

На перекрестке улиц Ново-Тамбовская, Воронова, Вишневая (рис. 2) организовано светофорное регулирование. В часы пик нередки заторные ситуации, особенно по ул. Ново-Тамбовская. Кроме того, по этой причине затруднены выезды с второстепенных дорог и прилегающих территорий. В связи с этим возникает необходимость в разработке, анализе и применении принципиально новой схемы организации дорожного движения, которая бы повысила пропускную способность и среднюю скорость движения автомобилей, а также снизила время задержек и количество остановок транспортных средств на данном участке улично-дорожной сети.



Рис. 2. Общий вид перекрестка

С этой целью предлагается двухуровневая развязка с Т-образным перекрестком на нижнем уровне, которая с учетом прилегающей свободной территории может быть осуществлена на данном пересечении (рис. 3).

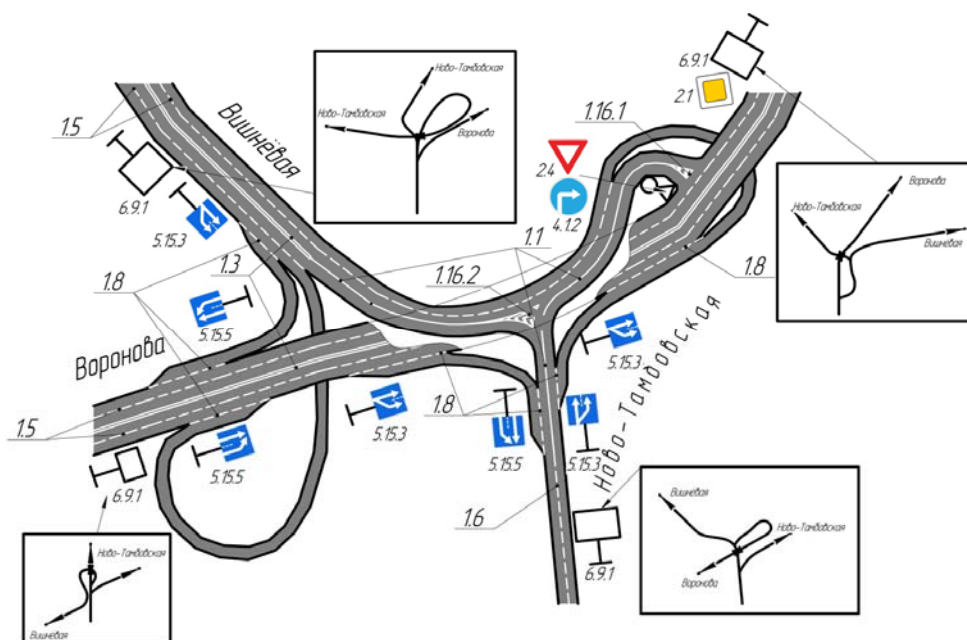


Рис. 3. Схема развязки с Т-образным пересечением на нижнем уровне

На путепроводе располагается участок Ново-Тамбовская – Воронова. На нижнем уровне – Т-образный перекресток.

На новой схеме могут применяться следующие технические средства организации движения:

- дорожные знаки [1]:
  - 2.4 «Уступите дорогу»;
  - 4.1.2 «Движение направо»;

- 5.15.3 «Начало полосы»;
- 5.15.5 «Конец полосы»;
- 6.9.1 «Предварительный указатель направлений»;
- горизонтальная разметка [2]:
  - 1.1 «Сплошная линия» – разделяет транспортные потоки противоположных направлений;
  - 1.3 «Двойная сплошная линия» – разделяет транспортные потоки противоположных направлений на дорогах с четырьмя полосами для движения в обоих направлениях;
  - 1.5 – прерывистая линия, у которой длина штрихов в три раза короче промежутков между ними; разделяет транспортные потоки противоположных направлений на дорогах, имеющих две или три полосы; обозначает границы полос движения при наличии двух и более полос, предназначенных для движения в одном направлении;
  - 1.6 «Линия приближения» – прерывистая линия, у которой длина штрихов в три раза превышает промежутки между ними; предупреждает о приближении к разметке 1.1, которая разделяет транспортные потоки противоположных направлений;
  - 1.8 «Широкая прерывистая линия» – обозначает границу между полосой разгона или торможения и основной полосой проезжей части;
  - 1.16.1 – обозначает островок, разделяющий транспортные потоки противоположных направлений;
  - 1.16.2 – обозначает островок, разделяющий транспортные потоки одного направления.

Кроме того, на путепроводе, а также въездах и съездах должны быть установлены дорожные ограждения первой группы по СНиП 2.05.02–85 [3].

По сравнению с развязкой типа «клеверный лист» преимущества заключаются в меньшей площади занимаемой территории и протяженности въездов и съездов, что очень важно в городских условиях. Следовательно, строительство обойдется дешевле, а также окажутся меньшими перепробеги автомобилей. Недостатки – сложности в выполнении разворота по некоторым направлениям, а также возможные неудобства для восприятия водителями из-за довольно сложной организации движения, что может быть решено путем установки знаков 6.9.1 «Предварительный указатель направлений».

С помощью программы Vissim проведен анализ некоторых характеристик движения на перекрестке при различной организации движения. На гистограмме (рис. 4) указана средняя скорость (км/ч) движения транспортных средств через перекресток.



Рис. 4. Анализ скорости

Видно, что при использовании светофора она существенно ниже. Также можно заметить, что на предлагаемой развязке скорость немного выше, чем на «клеверном листе» – небольшое дополнительное преимущество.

Очень важным фактором является среднее время задержки транспортных средств. На данной гистограмме (рис. 5) – среднее время задержек в секундах.

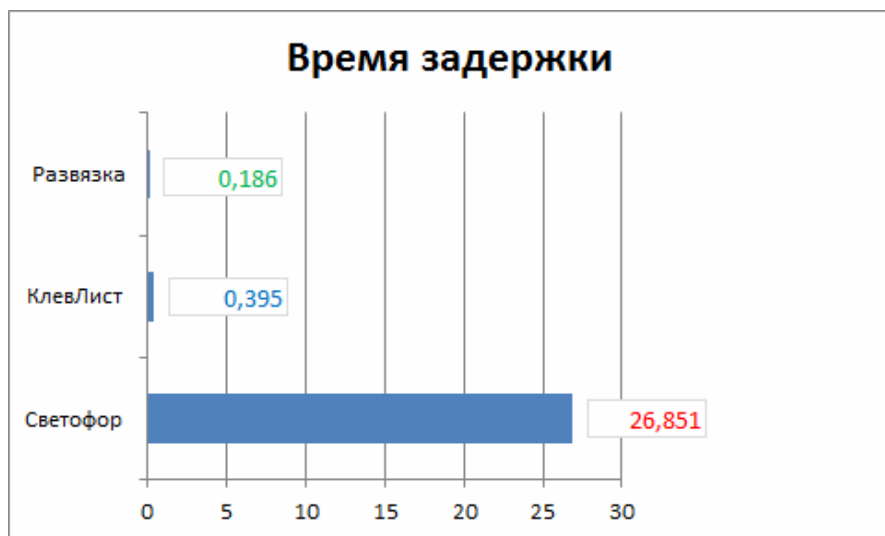


Рис. 5. Анализ времени задержки

При светофорном регулировании это время наибольшее из-за необходимости остановок на запрещающий сигнал светофора, а также в случаях предоставления права первоочередного движения транспортным средствам, имеющим преимущество. Развязки же позволяют водителям двигаться практически без остановки.

Следствием из вышесказанного является существенный недостаток светофорных объектов – возникновение заторов. При высокой интенсивности это доставляет большие неудобства участникам движения, в том числе водителям и пассажирам маршрутного транспорта. И снова применение развязок позволяет решить эту задачу. На гистограмме (рис. 6) показано среднее время заторов (в секундах), возникающих при различных схемах организации движения.

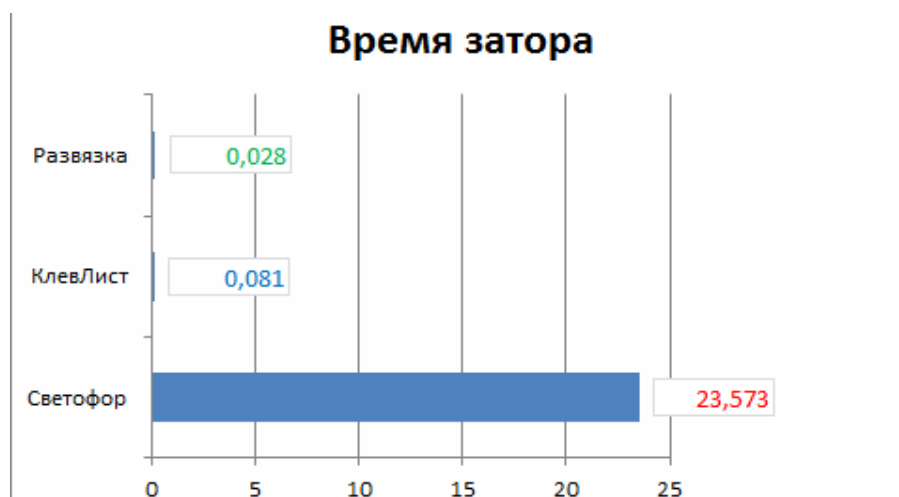


Рис. 6. Анализ времени затора

Известно, что оптимальный режим движения обеспечивает езда с плавным ускорением и плавным замедлением. Но такой стиль вождения не всегда удастся соблюдать при движении в плотном трафике по участкам со светофорным регулированием. Водителям

приходится чаще трогаться с места и останавливаться, что отрицательно влияет на ресурс элементов сцепления и тормозной системы автомобиля. Использование путепровода позволяет избегать пересечений главных направлений и обеспечивает равномерную скорость движения. На гистограмме (рис. 7) представлены средние значения ускорений (м/с<sup>2</sup>) транспортных средств, проезжающих через исследуемый перекресток.

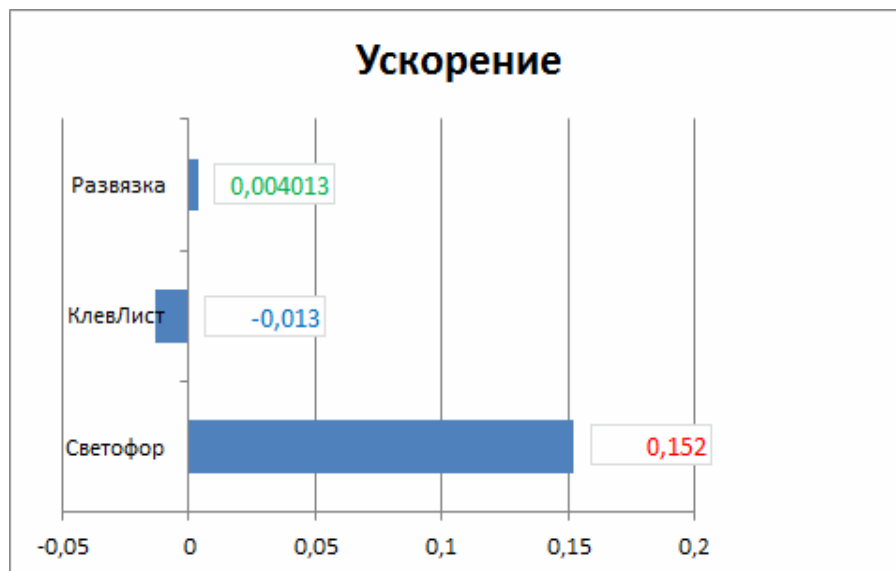


Рис. 7. Анализ ускорений

Следует пояснить, что, чем ближе по модулю к нулю среднее значение ускорений, тем реже водитель меняет скорость движения. Это положительно сказывается не только на сроке службы деталей, но и на расходе топлива.

Таким образом, применение двухуровневой развязки с Т-образным пересечением на нижнем уровне обеспечит большую пропускную способность и среднюю скорость движения, а также значительно уменьшит время задержек и число остановок транспортных средств. Кроме того, такая схема движения сэкономит денежные и территориальные ресурсы в большей мере, нежели развязка типа «клеверный лист», благодаря наличию пересечения на нижнем уровне, не вызывая при этом значительных задержек, так как пересекаться будут именно второстепенные направления.

Использование широких возможностей компьютерного моделирования позволяет провести необходимые исследования без вмешательства в процесс дорожного движения.

### **Библиографический список**

1. ГОСТ Р 52290–2004. Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования (с Изменениями № 1, 2). – М., 2004.
2. ГОСТ Р 51256–2011. Технические средства организации дорожного движения. Разметка дорожная. Классификация. Технические требования (с Изменением № 1). – М., 2011.
3. СНиП 2.05.02–85. Автомобильные дороги (с Изменениями № 2–5). – М., 1985.
4. Автомобильные дороги ДБН. В.2.3-4–2007. – М., 2007.
5. Транспортное планирование. – URL: <http://ptv-vision.ru>

**Чакветадзе Джордж Бакарович**, студент, Пензенский государственный университет.

E-mail: lomov101195@yandex.ru

**Щербаков Андрей Николаевич**, старший преподаватель, кафедры «Транспортные машины», Пензенский государственный университет.

E-mail: andre-shherbakov@yandex.ru

УДК 624.21.037

**Чакветадзе, Д. Б.**

**Возможности моделирования двухуровневой развязки с помощью программы PTVVISSIM /**  
Д. Б. Чакветадзе, А. Н. Щербаков // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 101–107.

УДК 004.056.53

**А. Я. Чернова**

## **АНАЛИЗ СИСТЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОДПИСИ**

**Аннотация.** Представлен краткий обзор устройства электронной подписи, а также анализ необходимости моделирования и исследования системы формирования и проверки электронной подписи.

**Ключевые слова:** электронная подпись, криптостойкость, хэш-код, формирование, проверка, несанкционированный доступ, атаки.

В связи с развитием вычислительной техники, информационных технологий, а также большой протяженностью компьютерных сетей в настоящее время все большее внимание уделяется защите данных, передаваемых по вычислительным сетям, от несанкционированного доступа.

Электронная подпись (ЭП) – это особый реквизит документа, который позволяет установить отсутствие искажения информации в электронном документе с момента формирования ЭП и подтвердить ее принадлежность владельцу [1]. Использование ЭП позволяет не только сократить время, которое затрачивается на оформление и обмен документацией, но и усовершенствовать саму процедуру ее хранения и учета – в частности, ускорить поиск необходимых документов.

Электронная подпись применяется в следующих сферах:

- электронный документооборот;
- электронная отчетность для контролирующих органов;
- государственные услуги;
- электронные торги;
- арбитражный суд;
- документооборот с физическими лицами.

Например, в электронном документообороте ЭП используется для реализации:

- контроля за целостностью передаваемого электронного платежного документа.

При любом случайном или преднамеренном изменении цифровая подпись становится недействительной;

- защиты от изменений или подделки документа. Использование электронной подписи гарантирует выявление любого рода подделок передаваемого документа;

- невозможности отказа от авторства документа. Закрытый ключ может находиться только у владельца документа, что позволяет однозначно доказать авторство.

Различают три вида электронных подписей:

- простая подпись позволяет идентифицировать автора документа, но не проверить документ на наличие изменений. Используется, как правило, гражданами для отправления документов органам власти;

- усиленная неквалифицированная подпись позволяет не только идентифицировать автора, но и зафиксировать изменения в документе. Рассматривается как аналог документа с печатью;

- усиленная квалифицированная подпись. Разновидность усиленных неквалифицированных подписей, но создается она с помощью средств, подтвержденных ФСБ. Документация с такой подписью используется, например, для получения гражданами госуслуг в электронном виде [2].

Для дальнейшего рассмотрения структуры электронной подписи необходимо выделить следующие основные понятия:

- сертификат ключа проверки электронной подписи – документ, выданный удостоверяющим центром и подтверждающий принадлежность ключа проверки ЭП владельцу сертификата;

- ключ электронной подписи (закрытый ключ) – уникальная последовательность символов для формирования подписи. Закрытый ключ есть только у отправителя документа;

- ключ проверки электронной подписи (открытый ключ) – уникальная последовательность символов для проверки подписи. Размещается на разделяемом (открытом) ресурсе или же рассылается всем, кому он необходим. Открытый ключ вычисляется, исходя из закрытого ключа, и является для него парным.

Принцип работы электронной подписи заключается в следующем: первым шагом является вычисление значения криптографической хэш-функции на основе документа, в результате чего получается хэш – короткая строка символов фиксированной длины. Затем полученный хэш шифруется с помощью закрытого ключа, чтобы получить саму подпись документа. Получатель может расшифровать документ, применив открытый ключ и вычислив хэш полученного документа. Документ будет считаться подлинным, если его хэш до отправки и после получения совпадет. В противном случае считается, что документ был изменен или подделан, что могло произойти из-за атаки на электронную подпись [3].

Существует следующая классификация атак на схемы ЭП:

- атака с использованием открытого ключа;
- атака на основе известных подписанных сообщений (когда у злоумышленника помимо открытого ключа имеется набор подписанных сообщений);
- простая атака с выбором подписанных сообщений (злоумышленник может выбрать сообщения, получив открытый ключ уже после выбора);
- направленная атака с выбором сообщений;
- адаптивная атака на основе выбранных сообщений.

Результатом таких атак может быть как полный взлом электронной подписи, так и ее полная (или выборочная) подделка.

В связи с этим главный критерий электронной подписи – это ее криптостойкость, т.е. устойчивость к различного вида атакам, которая определяется методом (алгоритмом) ее формирования. При анализе ЭП на криптостойкость в первую очередь рассматривают адаптивную атаку на основе выбранных сообщений, потому что именно ее считают самой опасной [4].

Выделяют две схемы построения электронной подписи:

- на основе алгоритмов симметричного шифрования. В данном случае используются блочные шифры, чья надежность достаточно хорошо изучена. Более того, если для какой-то конкретной задачи стойкость шифра окажется недостаточной, то его можно будет легко заменить на более стойкий. Но в данном случае необходимо подписывать каждый бит передаваемой информации, а это значительно увеличивает размеры подписи. Кроме того, ключи, сгенерированные для подписи, могут быть использованы всего один раз;

- на основе алгоритмов асимметричного шифрования. На данный момент такой способ наиболее распространен (в этом случае для подписи документа используется пара ключей).

Существует множество различных видов схем формирования электронной подписи на основе алгоритмов асимметричного шифрования, например:

- FDH (FullDomainHash), вероятностная схема RSA-PSS (ProbabilisticSignatureScheme), схемы стандарта PKCS#1 и другие схемы, основанные на алгоритме RSA;

- схема Эль-Гамала;

- американские стандарты электронной цифровой подписи: DSA, ECDSA;
- российские стандарты электронной цифровой подписи: ГОСТ Р 34.10–94 (не действует), ГОСТ Р 34.10–2012;
- схема Диффи-Хельмана;
- схема Шнорра;
- Pointcheval-Sternsignaturealgorithm;
- вероятностная схема подписи Рабина;
- схема BLS (Boneh-Lynn-Shacham);
- схема GMR (Goldwasser-Micali-Rivest) [5].

Самыми распространенными из них на данный момент являются алгоритмы RSA и Эль-Гамала.

Как было описано выше, электронная подпись ставится не на сам документ, а на его хэш (ввиду переменного объема подписываемого документа). Для вычисления этого хэша используются различные хэш-функции. Сама по себе хэш-функция не является частью алгоритма формирования электронной подписи, поэтому может быть использована любая надежная (например, SHA, MD5 и ГОСТ 34.11–2012) [6].

Одной из самых распространенных является хэш-функция SHA. Данная функция построена на идее сжатия. Исходное сообщение разбивается на блоки по 512 бит в каждом, в последнем таком блоке записывается информация о длине изначального сообщения.

Использование хэш-функций имеет ряд преимуществ:

- вычислительная сложность. Подписание хэша занимает гораздо меньше времени, нежели подписание самого документа (из-за меньшего объема);
- совместимость. Хэш-функцию можно использовать для преобразования любого текста в подходящий формат, так как разные алгоритмы используют различные представления данных;
- целостность. Для некоторых схем требуется разбиение большого документа на маленькие блоки, но при проверке подлинности (если не использовать хэш-функцию) нет возможности определить, все ли блоки были доставлены и в верном ли порядке.

Таким образом, криптостойкость сообщений, защищенных посредством электронной подписи, определяется всеми ее составляющими. Поэтому важно проводить статистическую оценку электронной подписи. Эффективное решение данной задачи возможно за счет моделирования и исследования комплексной системы формирования и проверки электронной подписи.

### **Библиографический список**

1. Электронная подпись: принцип использования, методы и способы реализации. – URL: <http://www.gman1990.ru/articles.php>
2. Электронная подпись (ЭЦП). – URL: <http://www.tadviser.ru>
3. Лясин, Д. Н. Методы и средства защиты компьютерной информации / Д. Н. Лясин, С. Г. Саньков. – URL: <http://www.volpi.ru/umkd/zki/>
4. Лясин, Д. Н. Методы и средства защиты компьютерной информации / Д. Н. Лясин, С. Г. Саньков // Криптографические методы защиты информации. – URL: <http://www.volpi.ru/umkd/zki/>
5. Петров, А. А. Компьютерная безопасность. Криптографические методы защиты / А. А. Петров. – М.: ДМК, 2000. – 448 с.
6. Алферов, А. П. Основы криптографии / А. П. Алферов, А. Ю. Зубов, А. С. Кузьмин, А. В. Черемушкин. – М., Гелиос АРВ, 2002. – 480 с.
7. Рябко, Б. Я. Основы современной криптографии для специалистов в информационных технологиях / Б. Я. Рябко, А. Н. Фионов. – М., Научный мир, 2004. – 173 с.

**Чернова Алина Ярославовна**, магистрант, Пензенский государственный университет.

E-mail: al-dragon.zipper@yandex.ru

УДК 004.056.53

**Чернова, А. Я.**

**Анализ системы формирования и проверки электронной подписи** / А. Я. Чернова // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 108–111.

УДК 004.62

**А. Ю. Тимонин**

## **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ДАННЫХ СОЦИАЛЬНОГО ПРОФИЛЯ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧАХ**

**Аннотация.** Исследован процесс представления данных социального профиля для их дальнейшего использования в различных прикладных задачах. Привлечено внимание к проблеме визуализации больших объемов социальных данных в условиях ускоренной информатизации современного общества, результаты которой должны быть пригодны как для ручной, так и для автоматизированной обработки. Рассматриваются распространенные области применения социальных профилей, построенных на основе информации из открытых источников сети Интернет, теоретические основы визуализации структурированной социальной информации с использованием методологии теорий графов и анализа социальных сетей, а также практическая реализация подсистемы представления данных социального профиля на базе программного инструментария IBM i2.

**Ключевые слова:** анализ данных, визуализация данных, неструктурированные данные, открытые источники информации, социальный профиль человека, теория графов, BigData, IBM i2.

### ***Введение***

Одним из приоритетных прикладных направлений IT-науки в сфере анализа социальных сетей являются исследования, рассматривающие отношения в обществе на основе теории сетей [1]. Предметом анализа социальных сетей является структура в виде повторяющихся, регулярных паттернов отношений. Математический аппарат анализа социальных сетей позволяет учитывать реляционные связи фрагментов данных, а также их свойства и скрытые закономерности. Сети обычно описываются социальными сетевыми схемами, где узлы (отдельные участники сети) представлены в виде вершин графа, а связи (отношения между социальными объектами) – в виде ребер. Важной предварительной задачей анализа социальных сетей является построение персональных социальных профилей (СП) людей как структурированных множеств, состоящих из информации, характеризующей социальные свойства человека. Данная проблема решается за счет использования таких передовых достижений информационных технологий, как большие данные (BigData), интеллектуальный анализ данных (DataMining), машинное обучение, нейронные сети и др. [2]. Однако важным моментом решения данной задачи представляется оценка использования конечных результатов исследования и способы их представления для конкретных вариантов использования. Особенности визуализации данных социального профиля посвящена текущая работа.

### ***Сферы применения социального профиля человека***

Социальный профиль человека основывается на информации как из персональных аккаунтов (персональных блогов, социальных сетей, электронных порталов и форумов и т.п.), так и со сторонних ресурсов, где данная личность может упоминаться в каких-либо контекстах.

Область возможного применения социального профиля, построенного на основе открытых источников информации, довольно обширна и не ограничивается достаточно известными задачами коллаборативной фильтрации [3] и противодействия преступности (OSINT) [4]. Наиболее перспективным в настоящее время является использование социальных данных в задачах создания искусственного интеллекта и машинного обучения. Примерами могут служить разработка автомобильного автопилота [5] и использо-

вание суперкомпьютера IBM Watson для диагностики заболеваний [6]. В первом случае из набора социальных профилей водителей берутся геоданные и сведения о наличии нарушений ПДД для обучения нейронной сети автопилота. Во втором случае анализируются не только данные историй болезней пациентов, но и информация об их активности, увлечениях и других неявных факторах, которые могут повлиять на точность постановки диагноза и проведение дальнейшего эффективного лечения.

Иной возможной областью применения социальных профилей является администрирование крупных социально-экономических систем. К ним в первую очередь относят «Умный город» [7] – подходы, заключающиеся в интеграции информационно-коммуникационных технологий и Интернета вещей (IoT решения) для управления городским имуществом и улучшения качества жизни населения посредством оптимизации урбанистических процессов. Это также относится к индивидуальной подстройке окружения (как информационного, так и технического) под конкретного человека с использованием Интернета вещей.

С другой стороны, использование социальных профилей в кадровых службах предприятий может упростить процедуру трудоустройства и повысить эффективность работы коллектива. Алгоритм работы HR (англ. *humanresource* – «кадровая служба») с социальными профилями следующий: на первом шаге отбрасываются неподходящие кандидатуры, затем при наличии нескольких вакансий происходит распределение кандидатов на основе суммарных характеристик и предпочтений, полученных из профилей, и, наконец, формируются списки на прохождение итогового собеседования. В научной сфере возможны моделирование социальных процессов (в том числе исторических) на основе множества социальных профилей, разработка более гибких механизмов социальной политики.

Перечислим также и более распространенные на сегодняшний день задачи, непосредственно связанные с обработкой данных социальных профилей [8]:

- идентификация пользователей. Обнаружение учетных записей, принадлежащих одному человеку, с целью уточнения картины социального профиля и использования в других задачах;
- социальный поиск. Поиск социальных объектов на основе анализа последовательности связей, от которых зависят искомые сущности;
- выявление истинных связей. Применение подхода «разведки на основе открытых источников» для выявления взаимосвязей между пользователями, т.е. настоящих друзей, родственников и т.п. Активно используется правоохранительными структурами по всему миру для борьбы с терроризмом;
- генерация рекомендаций. Различают рекомендации контента и рекомендации «знакомых». Используется при создании графа интересов на основе социального графа. Граф интересов – это представление интересов человека, полученное на основе его интернет-активности;
- использование графа интересов. Применяется для определения тональности текста и установления связей между пользователями в социальных сетях или реальном мире. Активно используется в маркетинге для анализа целевой аудитории продукта и создания таргетированной рекламы, основанной на интересах. Граф интересов имеет множество других вариантов использования, в том числе задачи поиска содержимого и фильтрации для предоставления рекомендаций по шаблонам контента.

После всего вышеперечисленного нужно отметить, что в большинстве случаев при решении конкретной задачи все многообразие данных социального профиля не требуется. Поэтому перед аналитиками стоит задача обеспечения возможности гибкого представления результатов построения социального профиля.

### Представление данных социального профиля

Для визуализации итоговых результатов построения СП в рамках разрабатываемой специализированной системы служит подсистема представления результатов. Она отображает социальный профиль в удобном виде для восприятия, оценки и последующего использования в прикладных задачах. Из-за специфики хранения данных СП и видов прикладных задач рекомендуется использовать методологию теории графов.

Перед тем как перейти к описанию визуализации СП, нужно рассказать о представлении персонализированных данных в виде социального графа и графа интересов. Данные понятия тесно взаимосвязаны. Социальный граф определяет строение общественной группы, т.е. показывает отношения конкретной личности с другими людьми и сообществами в рамках некоторой соцсети. Граф интересов используется для создания сети интересов людей. Рассмотрим его подробнее.

Граф интересов выражает как явные, так и неявные интересы, выведенные на основе активности пользователя. Таким образом, увлечения человека, представленные в виде графа интересов, обеспечивают возможности для дальнейшей персонализации информации, основанной на пересечении графа интересов с веб-контентом.

Рассмотрим особенности представления социальных данных в виде графа интересов [8]. Он может включать в себя различные типы связей, позволяющие пользователю выйти за рамки традиционных социальных сетей. Например, в случае, когда человеку нужна информация, неизвестная его знакомым, выстраивается цепочка из трех типов связей [9]:

- человек–человек;
- человек–интерес;
- интерес–интерес.

При построении взвешенного графа интересов выдвигается предположение о том, что взаимосвязи равнозначны. Первоначально весовой коэффициент связи двух интересов устанавливается в виде бесконечно большого числа. Затем в случае обнаружения сходств в поведении двух групп людей с различными увлечениями значение веса ребра между вершинами данных интересов уменьшается.

Граф интересов является частью структуры социального профиля. Множество социальных профилей без акцентирования на их содержании образуют неявный социальный граф. На рис. 1 представлена возможная структура социального профиля с указанием типов связанных социальных объектов.

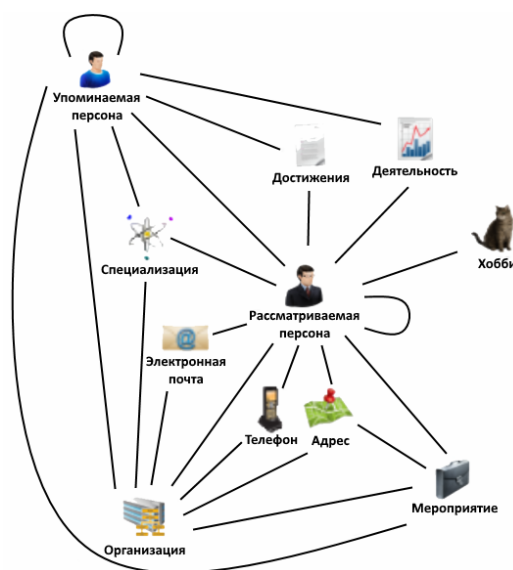


Рис. 1. Образец графа типов сущностей социального профиля

Математическое представление социального профиля описывается следующей функцией:

$$P(S, R) = \sum_{i=1}^m v_i S(X)_i + \sum_{j=1}^n u_j R(Y)_j, \quad (1)$$

где  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$  – множество социальных объектов;  $R = \{R_1, R_2, \dots, R_n\}$  – множество связей между объектами;  $X_i, Y_j$  – матрицы свойств для каждого объекта/связи социального профиля;  $m, n$  – количество объектов и связей соответственно, причем  $m - 1 \leq n$ ;  $v, u$  – весовые коэффициенты объектов и связей соответственно, определяющие значимость и достоверность приводимой информации.

### **Способы визуализации конечных данных социального профиля в системе IBM BigData**

Главными составляющими СП являются социальный граф и база данных персоны, которые получают из исходных данных с помощью системы визуальной аналитики IBM i2 [6]. Дополнительными элементами социального профиля могут служить статистические диаграммы, полученные с помощью BigSheets [6] на этапе фильтрации данных и Content Analytics [6] на этапе анализа.

Приложение IBM iBase служит для создания новой базы данных inputDB, содержащей все типы объектов с атрибутами, которые совпадают с названиями столбцов csv-файла со структурированными данными строящегося профиля. Структура Idb базы данных СП включает в себя множества социальных объектов и связей между ними. При этом каждая сущность СП описывается в виде таблицы свойств, полученных на этапе анализа данных.

На рис. 2 представлена таблица свойств для связи «работает архитектором» между объектами типа «Рассматриваемая персона» и «Организация». В ней перечислены все синонимы определения связи, найденные при анализе в неструктурированных данных социального профиля, а также сопутствующая идентифицирующая информация – такая, как названия должности и даты начала/окончания работы на текущей должности.

| Name              | Value                 |
|-------------------|-----------------------|
| Label             | работает архитектором |
| работает архит... | работает архитектором |
| главный архит...  | главный архитектор    |
| уходит в          | уходит в              |
| Documents         | 1                     |
|                   | doug cutting          |
| post_org          | главный архитектор    |
| архитектор        | архитектор            |
| главный архит...  | главный архитектор    |
| work_begin        | 2009                  |
| 2009              | 2009                  |
| work_end          |                       |

Рис. 2. Пример содержимого объекта/связи социального профиля

Также возможен перенос информации СП из tsv-проекта визуальной аналитики в Idb базу данных. Для этого требуется выбрать из списка наименований социальных

объектов единственное наиболее полное название каждой сущности и атрибутов, так как в iBase реализовано свойство атомарности, и, как следствие, невозможна запись сразу всех определений сущности. Последующее обращение к базе данных СП возможно через запросы или операции обзора в программе IBM iBase, что показано на рис. 3.

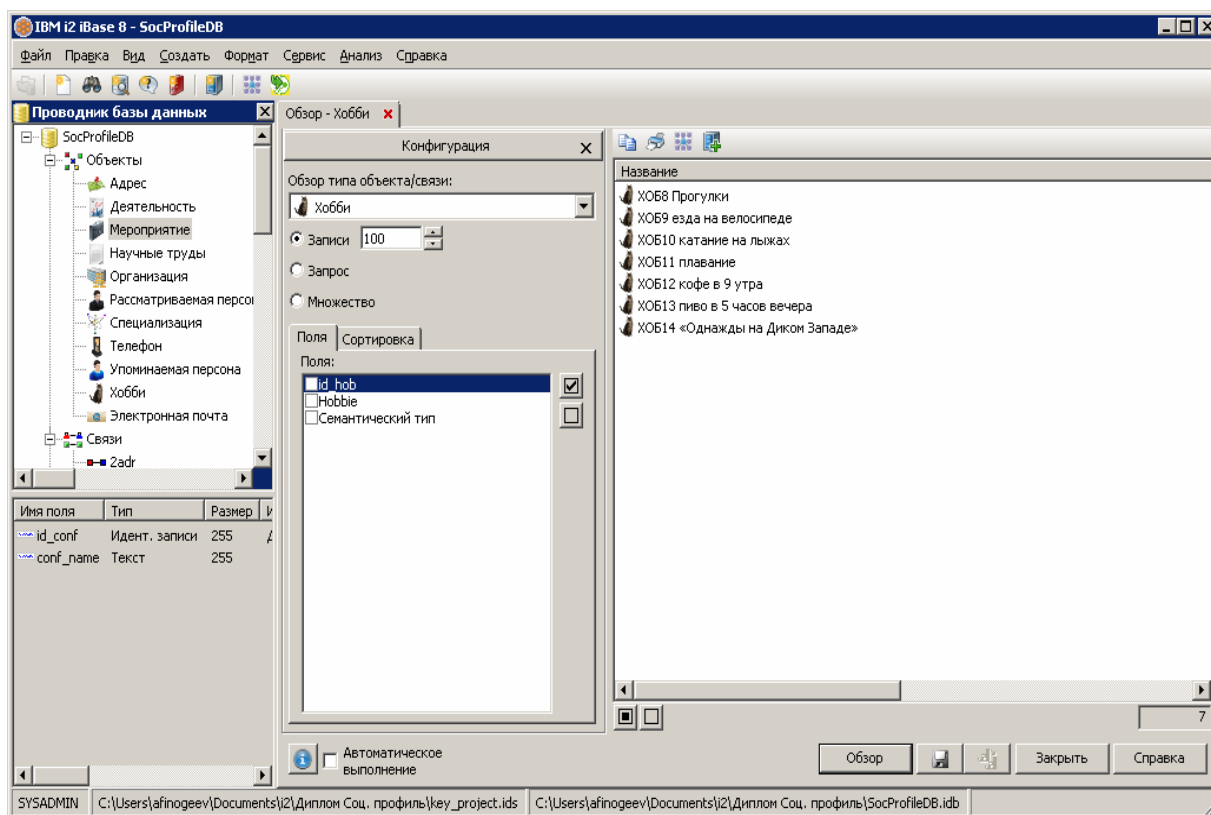


Рис. 3. Обзор сущности «Хобби»

Представление результатов построения социального профиля возможно в виде выборок из базы данных посредством SQL-подобных запросов. Однако такой подход используется только в задачах с автоматизированной обработкой. Чаще аналитики прибегают к визуализации социального профиля или его части в виде социального графа ввиду наглядности последнего.

Для визуализации социального профиля в виде графа нужно запустить IBM i2 Analyst's Notebook, затем во вкладке «Источники данных» открыть созданную базу данных социального профиля. Далее вводится идентификатор ключевой сущности – обычно «Рассматриваемая персона», после чего она выводится на экран. На следующем шаге алгоритма требуется выделить объект и расширить схему: на экране появятся объекты, непосредственно связанные с главной сущностью. Впоследствии выделяются все необходимые сущности социального профиля, и схема расширяется до требуемого состояния. Итоговые результаты визуализации можно расположить на экране в любом удобном для конечного пользователя порядке (рис. 4). К полученному графу применимы алгоритмы для нахождения центральностей.

Таким образом, база данных социального профиля может использоваться как для аналитических функций, так и для представления результатов. На ее основе в приложении IBM Analytic's Notebook строится социальный граф, который наглядно отражает содержимое построенного социального профиля человека.



4. Кондратьев, А. На основе открытых источников / А. Кондратьев // ВПК. – 16 сентября 2009. – № 36 (302).
5. Carvatar: Increasing Trust in Highly-Automated Driving Through Social Cues / J. Zihlsler, P. Hock, M. Walch, K. Dzuba, D. Schwager, P. Szauer, E. Rukzio // Adjunct Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference of Automotive User Interfaces and Interactive Vehicular Applications. – Ann Arbor, MI, USA, 2016. – P. 9–14. DOI>10.1145/3004323.3004354
6. Новые методы работы с большими данными: победные стратегии управления в бизнес-аналитике / отв. ред. А. В. Шмид. – М. : ПАЛЬМИР, 2016. – 528 с.
7. Wu, W. Exploring city social interaction ties in the big data era: Evidence based on location-based social media data from China / W. Wu, J. Wang // World Renaissance: Changing roles for people and places : 55th Congress of the European Regional Science Association. – Lisbon, 2015. – P. 25–28.
8. Теория графов и социальные сети. Eggheado: Science. – URL: <https://www.medium.com/eggheado-science/778c92d20sea> (дата обращения: 17.04.2017).
9. Сутурин, Г. С. Формирование сообществ на основе граф интересов / Г. С. Сутурин // Современные исследования социальных проблем. – 2013. – № 1 (13). – С. 215.

**Тимонин Алексей Юрьевич**, аспирант, Пензенский государственный университет.

E-mail: c013s017b301f018@mail.ru

УДК 004.62

**Тимонин, А. Ю.**

**Визуализация данных социального профиля для использования в прикладных задачах** / А. Ю. Тимонин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 112–118.

# **Вестник**

## **Пензенского государственного университета**

### *Научный журнал*

#### **Тематика журнала:**

гуманитарные исследования; экономика, социология, право; медицина и здравоохранение;  
актуальные вопросы естествознания; техника, технология, управление

#### **Цель журнала:**

ознакомление общественности с результатами новейших фундаментальных и прикладных  
исследований ученых вуза и с достижениями научных школ ПГУ

#### **Территория распространения:**

Российская Федерация

**Периодичность выхода** – 4 раза в год

#### **Учредитель:**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Пензенский государственный университет»

#### **Свидетельство о регистрации средства массовой информации**

ПИ № ФС77-49713 от 04.05.2012 выдано Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

#### **ГЛАВНАЯ РЕДАКЦИЯ**

**В. И. Волчихин**, д.т.н., профессор, президент ПГУ (главный редактор);

**И. И. Артемов**, д.т.н., профессор, проректор по научной работе  
и инновационной деятельности ПГУ (заместитель главного редактора);

**Ю. Л. Афанасьева**, к.социол.н. (ответственный секретарь)

#### **РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ**

**А. С. Бождай**, д.т.н., профессор кафедры систем автоматизированного проектирования ПГУ;

**В. В. Гошуляк**, д.ю.н., доктор исторических наук, профессор,  
декан юридического факультета ПГУ;

**С. Н. Дорофеев**, д.пед.н., профессор кафедры педагогики и психологии  
профессионального образования ПГУ;

**О. В. Калмин**, д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анатомии человека ПГУ;

**В. Ю. Карнишин**, д.и.н., профессор, заведующий кафедрой истории Отечества,  
государства и права ПГУ;

**Г. Б. Кошарная**, д. социол. н., профессор, заведующая кафедрой социологии  
и управления персоналом ПГУ;

**В. П. Кошарный**, д.филос.н., профессор, заведующий кафедрой философии ПГУ;

**В. Д. Кревчик**, д.ф.-м.н., профессор, декан физико-математического факультета ПГУ;

**Л. Н. Семеркова**, д.э.н., профессор, заведующая кафедрой маркетинга,  
коммерции и сферы обслуживания ПГУ;

**Ю. Г. Смирнов**, д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой математики  
и суперкомпьютерного моделирования ПГУ

#### **Адрес редакции:**

Россия, 440026, г. Пенза, ул. Красная, 40  
Пензенский государственный университет  
Издательство

Тел./факс редакции: (8412) 36-84-87, 56-47-33

E-mail: [vestnikpgu@mail.ru](mailto:vestnikpgu@mail.ru)

Website: <http://vestnik.pnzgu.ru>

**Перепечатка допускается только по согласованию  
с редакцией и ссылкой на журнал**

**Вестник**  
**Пензенского государственного университета**

Редактор *А. П. Федосова*  
Компьютерная верстка *С. В. Денисовой*

Подписано в печать 2017. Формат 60×84<sup>1</sup>/8.  
Дата выхода в свет 2017.  
Тираж 1000. Заказ №.  
Цена свободная.

Издательство  
Пензенского государственного университета  
г. Пенза, ул. Красная, 40, тел.: (8412) 56-47-33