ISSN 2227-8486

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

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (22) 2017

СОДЕРЖАНИЕ

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

Бобарыкина Е. Н., Черненко Н. Г.
ГЕНЕЗИС ПОНЯТИЯ «ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ» 4

Загуменнов В. Р., Сутягин В. Ю., Радюкова Я. Ю., Колесниченко Е. А.
ПРИЧИНЫ МОНЕТАРНОГО ХАРАКТЕРА СОВРЕМЕННОГО КРИЗИСА ЭКОНОМИКИ РОССИИ 22

Илюхина Н. А.
РАЗВИТИЕ ИНТУИЦИИ МЕНЕДЖЕРА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ 41

Кузнецов Д. А., Кулькова И. А.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ ЛИДЕРСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ 58

Кумехов К. К.
ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ 69

Опекунов А. Н.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ В ДИАГНОСТИКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ 88

Тактарова С. В., Щетинина Н. Ю.
ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ: ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОБУЧЕНИЯ 101

Фенин К. В.
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ИСТОРИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ СТАРОВЕРОВ И ЕЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ 114

Цветкова И. И., Сиволап А. В.
ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПЕРСОНАЛА ТУРИСТСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ 129

РАЗДЕЛ 2. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ

Бождай А. С., Свиридова В. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ШАХМАТИСТОВ К СОРЕВНОВАНИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ 140

Виноградов М. В., Игнатьев А. А., Сигитов Е. А., Клепова И. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИВОДЕ ПОДАЧИ ТОКАРНОГО МОДУЛЯ В РЕЖИМЕ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЯ 149

Гришко А. К.
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ОТРАЖЕНИЙ 163

Кизилов Е. А., Коннов Н. Н., Патунин Д. В.
МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОЧЕРЕДЕЙ В КОММУТАТОРЕ С ПОДДЕРЖКОЙ QOS 170

Курносов Н. Е., Тарнопольский А. В., Асосков А. С.
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В СРЕДЕ ОХЛАЖДЕННОГО ИОНИЗИРОВАННОГО ВОЗДУХА 183

Мартышкин А. И.
ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ И СТРУКТУРА АППАРАТНОГО АРБИТРА ОБЩЕЙ ШИНЫ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ 195

Мостовой В. Д., Бирюков В. П.
МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА 205

Никишин К. И., Коннов Н. Н.
МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЯМИ ПЕТРИ КОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ TIME-TRIGGERED ETHERNET 222

Полосин В. Г.
ОСОБЕННОСТИ ЭНТРОПИЙНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА 237

Филиппов М. В., Завьялов Д. В.
ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УЧЕТА ТРУДОВЫХ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С СОЗДАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИИ 255

Черепашков А. А., Самойлов П. А.
ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ 268

Шамин А. А., Николаев К. О., Печерская Е. А., Купцов А. Н.
МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ 279

РАЗДЕЛ 1
МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

УДК 339.035

ГЕНЕЗИС ПОНЯТИЯ «ЭКОНОМИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРЕДПРИЯТИЯ»

Е. Н. Бобарыкина, Н. Г. Черненко

GENESIS OF THE CONCEPT «ECONOMIC SAFETY OF ENTERPRISES»

E. N. Bobarykina, N. G. Chernenko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Современные изменения социально-экономической ситуации привели к необходимости уточнения сущности экономической безопасности предприятия в новой реальности. В настоящее время эта задача – одна из важнейших государственных приоритетов. Современная рыночная экономика характеризуется острой конкуренцией, изменчивостью условий внешней среды хозяйствования. Это требует от руководителей предприятий не только постоянной корректировки своей рыночной стратегии, но и значительных усилий по формированию эффективной стратегии экономической безопасности. Предприятия в изменчивой рыночной среде сталкиваются с необходимостью поиска принципиально новых подходов к обеспечению собственной экономической безопасности (независимо от сферы деятельности предприятия). Процесс успешной деятельности и экономического развития российских предприятий во многом зависит от эффективности их деятельности в направлении обеспечения экономической безопасности. Цель статьи – исследовать генезис понятия «экономическая безопасность» и сформулировать авторское определение экономической безопасности предприятия. Для достижения поставленной цели необходимо раскрыть содержание понятий «безопасность» и «экономическая безопасность», на основе которых сформулировать определение экономической безопасности предприятия. *Материалы и методы.* Реализация задач была достигнута с помощью морфологического анализа понятия экономической безопасности предприятия. *Результаты*. В статье проведен анализ определений экономической безопасности, предложенных в научной литературе. Проанализированы определения экономической безопасности предприятия ученых-экономистов и специалистов в области экономической безопасности. Предложено и обосновано авторское определение экономической безопасности предприятия. Определены направления для дальнейших научных исследований в контексте эффективности управления экономической безопасностью предприятия. *Выводы*. Определение понятия «экономическая безопасность» станет отправной точкой для дальнейших исследований в области формирования и построения модели экономической безопасности.

Ключевые слова: безопасность, экономическая безопасность, предприятие, состояние, угроза, внешняя среда.

Abstract. *Background.* Modern changes in the social and economic situation have again actualized the issue of developing and implementing a strategy for ensuring economic security as a separate enterprise and entire industries. At present, this task is one of the most important state priorities. The modern market economy is characterized by sharp competition, the variability of the conditions of the external economic environment. This requires the heads of enterprises not only to constantly adjust their market strategy, but also significant efforts to form an effective strategy of economic security. Enterprises in a volatile market environment face the need to find fundamentally new approaches to ensuring their own economic security (regardless of the scope of the enterprise). The process of successful operation and economic development of Russian enterprises largely depends on the effectiveness of their activities in the direction of ensuring economic security. The purpose of the article is to investigate the genesis of the concept of «economic security» and formulate the author's definition of «economic security of an enterprise». To achieve this goal, it is necessary to disclose the content of the concepts «security» and «economic security», on the basis of which we formulate the definition of «economic security of an enterprise». *Materials and methods.* The implementation of the tasks was achieved through the morphological analysis of the concepts of «economic security of the enterprise». *Results.* The article analyzes the definitions of «economic security» proposed in the scientific literature. The definitions of «economic security of an enterprise» by different authors are analyzed. Proposed and justified the author's definition of «economic security of the enterprise.» Directions for further scientific research in the context of the effectiveness of economic management of the enterprise are determined. *Conclusions.* The definition of «economic security» will allow to build an adequate model for assessing the economic security of an enterprise.

Key words: security, economic security, enterprise, state, threat, external environment.

Введение

Категория экономической безопасности является новой для российской экономики. До недавнего времени эта проблема была предметом рассмотрения в основном западных специалистов. В научной литературе нет единого подхода к трактовке понятия «экономическая безопасность».

Понятие экономической безопасности сформулировано в словарях В. И. Даля [1], С. И. Ожегова [2], С. О. Кузнецова [3], Д. В. Дмитриева [4].

Вопросами, касающимися экономической безопасности предприятия, занимались такие ученые, как А. В. Козаченко, В. П. Пономарев, А. М. Ляшенко [5], С. О. Грунин [6], В. А. Тамбовцев [7], Г. С. Вечканов [8], В. К. Сенчагов [9]. На макроуровне экономическая безопасность рассмотрена в работах таких ученых, как О. А. Бельков [10], Е. Бухвальд, Н. Гловацкая, С. Лазаренко [11], Л. И. Абалкин [12], Ю. И. Владимиров, А. С. Павлов [13], С. Ю. Глазьев [14], В. С. Загашвили [15].

Большой вклад в разработку данной темы, но относительно предприятий внесли такие ученые, как В. М. Геец, М. О. Кизим, Т. С. Клебанова, О. И. Черняк и др. [16], А. Ю. Евсеева, С. В. Котик [17], Т. Г. Васильцив [18],

Ю. Г. Лысенко, С. Г. Мищенко, Р. А. Руденский, А. А. Спиридонов [19], С. О. Грунин [6], Г. Б. Клейнер [20], К. С. Половнев [21], И. А. Бланк [22], А. В. Иванов, В. В. Шликов [23], М. В. Матвеев [24], В. П. Мак-Мак [25], О. В. Климочкин [26].

Понятие «безопасность»

Становление и развитие в Российской Федерации рыночной экономики кардинально изменило как организационно-правовую форму предприятий, так и внешние условия их взаимодействия с институтами государства и рынка. Это обстоятельство породило потребность разработки системы управления предприятиями, обеспечивающей экономическую безопасность как самих предприятий, так и страны и ее граждан. В современных постоянно меняющихся условиях практически у каждого предприятия угрозы экономической безопасности довольно большие. Субъекты хозяйствования, предприятия различных отраслей экономики и даже регионы страны должны прикладывать значительные усилия для обеспечения своей экономической безопасности.

Руководствуясь методом дедукции, сначала выясним содержание понятия «безопасность», а затем перейдем к определению экономической безопасности.

Проанализируем ряд определений безопасности, прежде всего законодательных. В соответствии с Федеральным законом Российской Федерации «О безопасности» под безопасностью понимается «состояние защищенности жизненно принципиальных интересов личности, общества и государства от внутренних и внешних угроз. Жизненно важные интересы – это совокупность потребностей, удовлетворение которых надежно обеспечивает существование и возможность прогрессивного развития личности, общества и государства. К основным объектам безопасности относятся: личность – ее права и свободы; общество – его материальные и духовные ценности; государство – его конституционный строй, суверенитет и территориальная целостность» [27].

Понятие безопасности в различных источниках имеет ряд интерпретаций. В Толковом словаре живого великорусского языка В. И. Даля безопасность определяется как «отсутствие опасности, сохранность, надежность» [1]. В словаре С. И. Ожегова безопасность трактуется как «состояние, при котором не угрожает опасность, есть защита от опасности» [2].

Существуют различные виды безопасности, такие как социальная, экологическая, демографическая, политическая, военная, научно-технологическая, информационная, энергетическая, культурная, правовая, генетическая, криминологическая, гуманитарная, психологическая и экономическая.

Понятие «безопасность» является базой понятия «экономическая безопасность», которое мы дальше и исследуем, принимая во внимание те экономические обстоятельства, которые складывались на момент написания цитируемых научных работ, а также статус экономической субъектности.

Понятие «экономическая безопасность»

Федеральный закон Российской Федерации «О безопасности» определяет экономическую безопасность России как защиту жизненно важных интересов всех жителей страны, российского общества в целом и государства в экономической сфере от внутренних и внешних угроз [27].

В Указе Президента РФ «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» отсутствует конкретное определение экономической безопасности, но приводятся угрозы экономической безопасности – совокупность условий и факторов, создающих опасность жизненно важным интересам личности, общества и государства [28].

Эти угрозы реализуются на различных уровнях объектов экономической безопасности, а именно:

– на макроэкономическом уровне (экономическая безопасность государства);

– мезоуровне (экономическая безопасность региона, территории, отрасли, производственного комплекса);

– микроуровне (экономическая безопасность предприятий – экономических агентов рынка);

– уровне экономической безопасности личности, семьи [29].

А. В. Козаченко, В. П. Пономарев и А. Н. Ляшенко экономическую безопасность предприятия понимают как своевременную реакцию менеджмента предприятия на изменяющиеся условия внешней среды. С помощью ситуационного похода А. В. Козаченко, В. П. Пономарев и А. Н. Ляшенко показали важность скорости и адекватности реакции для адаптации предприятия к изменяющимся условиям [5].

По мнению А. А. Белькова, экономическая безопасность – это состояние страны, которое должно быть сохранено и развиваться [10].

Анализируя макроаспекты экономической безопасности, Е. Бухвальд, Н. Гловацкая, С. Лазаренко предлагали понимать под этим термином уровень развития экономики, который в условиях отрицательного влияния факторов позволяет иметь такую стабильность, как социально-политическая, военная и экономическая [11].

Академик Л. И. Абалкин считал, что «экономическая безопасность – это состояние экономической системы, которое позволяет ей развиваться динамично, эффективно и решать социальные задачи и при котором государство может формировать и реализовать в жизнь независимую экономическую политику» [12, с. 5].

В своей совместной работе Ю. И. Владимиров и А. С. Павлов исследовали внешнеэкономический аспект экономической безопасности, по их мнению, данная безопасность является важнейшей качественной характеристикой экономической системы. Экономическая безопасность определяет, по их мнению, способность системы поддерживать нормальные условия жизнедеятельности населения. Экономическая безопасность определяет устойчивое обеспечение ресурсами развития народного хозяйства, а также последовательную реализацию государственных интересов [13].

Одно из наиболее часто цитируемых в литературе определений экономической безопасности сформулировал С. Ю. Глазьев: «Безопасность экономическая – состояние экономики и производительных сил общества с точки зрения возможностей самостоятельного обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны, поддержания необходимого уровня безопасности государства, а также надлежащего уровня конкурентоспособности экономики в условиях глобальной конкуренции» [14].

В. С. Загашвили в своем определении экономической безопасности подчеркивает важность объективных внешних условий, влияющих на функционирование хозяйственной системы на современном этапе развития мировой экономики. По его мнению, «экономическая безопасность – это состояние хозяйства, которое обеспечивает осуществление экономического суверенитета, увеличение экономической мощи и повышение качества жизни в условиях требований, налагаемых участием в системе международной экономической взаимозависимости» [15].

Анализ понятия «экономическая безопасность» показал, что некоторые ученые-экономисты и специалисты в области экономической безопасности понимают ее как уровень развития экономики, который обеспечивает стабильность всех сфер жизни страны. Такой акцент объясним сложными экономическими условиями, которые складывались в период написания ряда цитируемых научных работ (середина – конец 1990-х гг.).

Другие ученые-экономисты и специалисты в данной области понимают экономическую безопасность как состояние экономики, при котором государство самостоятельно может обеспечить устойчивое социально-экономическое развитие.

Ряд ученых-экономистов и специалистов в области экономической безопасности считают ее качественной характеристикой экономики, при которой государство может поддерживать нормальный уровень жизни населения.

Как видим, точки зрения схожи, и поэтому будем считать, что экономическая безопасность – это состояние экономики и производительных сил общества с точки зрения возможностей самостоятельного обеспечения устойчивого социально-экономического развития страны, поддержания необходимого уровня безопасности государства, а также надлежащего уровня конкурентоспособности экономики в условиях глобальной конкуренции.

Предметом данной статьи является экономическая безопасность на микроуровне, т.е. экономическая безопасность предприятий.

Научные определения экономической безопасности существенно отличаются друг от друга.

В законодательстве уровень экономической безопасности предприятия фактически не выделен. Причиной этого, на наш взгляд, является то, что масштаб событий на уровне предприятия несущественен по сравнению с уровнем страны, региона или сферы деятельности. Но субъекты хозяйствования платят налоги в бюджеты всех уровней, поэтому состояние каждого конкретного предприятия входит в сферу интересов граждан, общества и государства в целом. Это приводит к тому, что обеспечение экономической

безопасности необходимо осуществлять не только на уровне государства, региона, сферы деятельности. Решение этой проблемы важно и на уровне предприятия.

Проанализируем сущность понятия «экономическая безопасность предприятия» согласно точкам зрения разных ученых-экономистов и специалистов в области экономической безопасности (табл. 1).

Таблица 1

Интерпретация понятия «экономическая безопасность предприятия»

Автор / источник	Понятие
1	2
Козаченко А. В., Пономарев В. П., Ляшенко А. Н.	«…наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технико-технологического потенциалов и организационной структуры предприятия его стратегическим целям и задачам» [5]
Бланк И. А.	«Финансовая безопасность предприятия является основным элементом системы экономической безопасности. В общем составе элементов экономической безопасности финансовая компонента выступает в качестве базового значения уровня и структуры финансового потенциала предприятия в обеспечении целей его экономического развития» [22]
Мак-Мак В. П.	«…состояние объекта (в нашем случае – предприятия) в системе его связей с точки зрения способности к устойчивости (выживания) и развития в условиях внутренних и внешних угроз, действий непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [25]
Лысенко Ю. Г., Мищенко С. Г., Руденский Р. А., Спиридонов А. А.	«…состояние производственно-экономической системы, при котором функционируют механизмы предотвращения или уменьшения степени воздействия угроз стабильности функционирования и развития предприятия. Обеспечение экономической безопасности предприятия предполагает достижение высоких финансовых результатов деятельности и финансовой устойчивости; обеспечение технологической независимости и высокой конкурентоспособности технологического потенциала; высокую эффективность системы управления, оптимальность и эффективность организационной структуры; высокий уровень экологичности; качественную правовую защищенность всех аспектов деятельности; защиту информационной среды; безопасность персонала, его капитала, имущества и коммерческих интересов» [19]
Сенчагов В. К.	«…состояние объекта в системе его связей с точки зрения способности к выживанию и развитию в условиях внутренних и внешних угроз, а также действия непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [30]

Продолжение табл. 1

1	2
Безуглая Н. С.	«…идеальное состояние экономической системы, при котором она находится в равновесии, способна к саморегулированию в изменяющихся условиях существования и достигает максимально возможного результата, который является целью существования системы. Но идеальное состояние – это то, к чему можно бесконечно стремиться, в реалиях же достижение полной экономической безопасности практически невозможно, для чего и существует процесс, называющийся обеспечением экономической безопасности» [31]
Прохожев А. А.	«…защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства в экономической сфере от внутренних и внешних угроз» [32]
Иванова Л. К.	«наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технологического потенциалов и организационной структуры предприятия его стратегическим целям и задачам» [33]
Васильев Г. А., Халикова Э. А.	«…обеспечение защищенности жизненно важных интересов предприятия от внутренних и внешних угроз, организуемое администрацией и коллективом предприятия путем реализации системы мер правового, экономического, организационного, инженерно-технического и социально-психологического характера» [34]
Лысенко Ю. Г.	«Обеспечение экономической безопасности предприятия предполагает достижение высоких финансовых результатов деятельности и финансовой устойчивости; обеспечение технологической независимости и высокой конкурентоспособности технологического потенциала; высокую эффективность системы управления, оптимальность и эффективность организационной структуры; высокий уровень экологичности; качественную правовую защищенность всех аспектов деятельности; защиту информационной среды; безопасность персонала, его капитала, имущества и коммерческих интересов» [19]
Геец В. М., Кизим Н. А., Клебанова Т. С., Черняк А. И. и др.	«В более общем аспекте экономическая безопасность – это характеристика, суть которой заключается в нормальном функционировании экономической системы вообще, возможности нормальной работы внутренней экономической системы и безболезненного включения в мировую экономическую систему. В зависимости от субъекта выделяют экономическую безопасность личности, предприятия и государства» [16]

Продолжение табл. 1

1	2
Евсеева А. Ю., Котик С. В.	«…состояние предприятия (материальных и нематериальных ресурсов: капитала, персонала, информации и технологии, техники и оборудования), при котором гарантируется наиболее эффективное их использование для стабильного функционирования и обеспечиваются защита интересов предприятия, устойчивое развитие и защищенность жизненно важных интересов от внутренних и внешних негативных воздействий. Под жизненно важными интересами в данном контексте понимается совокупность таких действий, обеспечивающих прибыльность предприятия и его прогрессивное развитие, а также формирование и обоснование стратегических механизмов решения проблем» [17]
Васильцив Т. Г.	«…состояние функционирования, при котором предприятие и его продукция являются конкурентоспособными на рынке и одновременно гарантируется: эффективное использование ресурсов, интеллектуального и кадрового потенциала; стабильность функционирования, устойчивость и прогрессивность развития; возможность противодействовать негативным воздействиям внешней и внутренней среды его функционирования. Главной целью экономической безопасности предприятия является обеспечение его стабильного и максимально эффективного функционирования, а задачами такой деятельности являются: достижение цели функционирования предприятия; обеспечение эффективного использования ресурсов, предотвращения разрушительного воздействия факторов внешней среды; осуществление финансовой устойчивости и платежеспособности; охрана коммерческой тайны и информации; достижение безопасности персонала предприятия, имущества и капитала» [18]
Грунин С. А.	«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором он при наиболее эффективном использовании корпоративных ресурсов достигает предотвращения, ослабления или защиты от существующих опасностей и угроз или других непредвиденных обстоятельств и в основном обеспечивает достижение целей бизнеса в условиях конкуренции и хозяйственного риска» [6]
Клейнер Г. Б.	«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором жизненно важные компоненты структуры и деятельности предприятия характеризуются высокой степенью защищенности от нежелательных изменений» [20]
Половнев К. С.	«…непрерывный процесс обеспечения на промышленном предприятии, находящемся в определенном внешнем окружении, стабильности его функционирования, финансового равновесия и регулярного получения прибыли, а также возможности выполнения поставленных целей и задач, способности его дальнейшего развития и совершенствования на различных стадиях жизненного цикла предприятия и в процессе изменения конкурентных рыночных стратегий» [21]

Окончание табл. 1

1	2
Иванов В. В., Шлыков В. В.	«…состояние защищенности жизненно важных интересов предприятия от реальных и потенциальных источников опасности или экономических угроз» [23]
Матвеев М. В.	«…состояние предприятия, при котором обеспечивается стабильность его функционирования, финансовое равновесие и регулярное получение прибыли, возможность выполнения поставленных целей и задач, способность к дальнейшему развитию и совершенствованию» [24]
Климочкин А. В.	«…состояние защищенности его жизненно важных интересов в финансово-экономической, производственно-хозяйственной, технологической сферах от различного рода угроз, в первую очередь социально-экономического плана, которое обеспечивается благодаря принятой руководством и персоналом системе мер правового, организационного, социально-экономического и инженерно-технического характера» [26]

Из приведенных данных видно, что существует много определений экономической безопасности. И потому нужно уточнить, что же мы будем понимать под экономической безопасностью.

Морфологический анализ понятия «экономическая безопасность»

Для установления различия точек зрения ученых-экономистов и специалистов в области экономической безопасности проведем морфологический анализ определений (табл. 2).

Таблица 2

Морфологический анализ понятия «экономическая безопасность предприятия»

Ключевое слово	Понятие
1	2
Преимущества	«…наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технико-технологического потенциалов и организационной структуры предприятия его стратегическим целям и задачам» [5]
	«…наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технологического потенциалов и организационной структуры предприятия его стратегическим целям и задачам» [33]
Состояние	«…идеальное состояние экономической системы, при котором она находится в равновесии, способна к саморегулированию в изменяющихся условиях существования и достигает максимально возможного результата, который является целью существования системы» [31]
	«…состояние объекта в системе его связей с точки зрения способности к выживанию и развитию в условиях внутренних и внешних угроз, а также действия непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [30]

Продолжение табл. 2

1	2
	«…состояние предприятия (материальных и нематериальных ресурсов: капитала, персонала, информации и технологии, техники и оборудования), при котором гарантируется наиболее эффективное их использование для стабильного функционирования и обеспечиваются защита интересов предприятия, устойчивое развитие и защищенность жизненно важных интересов от внутренних и внешних негативных воздействий. Под жизненно важными интересами в данном контексте понимается совокупность таких действий, обеспечивающих прибыльность предприятия и его прогрессивное развитие, а также формирование и обоснование стратегических механизмов решения проблем» [17]
	«состояние функционирования, при котором предприятие и его продукция являются конкурентоспособными на рынке и одновременно гарантируется: эффективное использование ресурсов, интеллектуального и кадрового потенциала; стабильность функционирования, устойчивость и прогрессивность развития; возможность противодействовать негативным воздействиям внешней и внутренней среды его функционирования. Главной целью обеспечения экономической безопасности предприятия является обеспечение его стабильного и максимально эффективного функционирования, а задачами такой деятельности являются: достижение цели функционирования предприятия; обеспечение эффективного использования ресурсов, предотвращения разрушительного воздействия факторов внешней среды; осуществление финансовой устойчивости и платежеспособности; охрана коммерческой тайны и информации; достижение безопасности персонала предприятия, имущества и капитала» [18]
	«…состояние производственно-экономической системы, при котором функционируют механизмы предотвращения или уменьшения степени воздействия угроз стабильности функционирования и развития предприятия. Обеспечение экономической безопасности предприятия предполагает достижение высоких финансовых результатов деятельности и финансовой устойчивости; обеспечение технологической независимости и высокой конкурентоспособности технологического потенциала; высокую эффективность системы управления, оптимальность и эффективность организационной структуры; высокий уровень экологичности; качественную правовую защищенность всех аспектов деятельности; защиту информационной среды; безопасность персонала, его капитала, имущества и коммерческих интересов» [19]
	«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором он при наиболее эффективном использовании корпоративных ресурсов достигает предотвращения, ослабления или защиты от существующих опасностей и угроз или других непредвиденных обстоятельств и в основном обеспечивает достижение целей бизнеса в условиях конкуренции и хозяйственного риска» [6]

Продолжение табл. 2

1	2
	«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором жизненно важные компоненты структуры и деятельности предприятия характеризуются высокой степенью защищенности от нежелательных изменений» [20]
	«…состояние защищенности жизненно важных интересов предприятия от реальных и потенциальных источников опасности или экономических угроз» [23]
	«…состояние предприятия, при котором обеспечивается стабильность его функционирования, финансовое равновесие и регулярное получение прибыли, возможность выполнения поставленных целей и задач, способность к дальнейшему развитию и совершенствованию» [24]
	«…состояние объекта (в нашем случае – предприятия) в системе его связей с точки зрения способности к устойчивости (выживания) и развития в условиях внутренних и внешних угроз, действий непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [25]
	«…состояние защищенности его жизненно важных интересов в финансово-экономической, производственно-хозяйственной, технологической сферах от различного рода угроз, в первую очередь социально-экономического плана, которое обеспечивается благодаря принятой руководством и персоналом системе мер правового, организационного, социально-экономического и инженерно-технического характера» [26]
Защищенность	«…защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства в экономической сфере от внутренних и внешних угроз» [32]
	«…обеспечение защищенности жизненно важных интересов предприятия от внутренних и внешних угроз, организуемое администрацией и коллективом предприятия путем реализации системы мер правового, экономического, организационного, инженерно-технического и социально-психологического характера» [34]
Высокий уровень показателей деятельности	«Обеспечение экономической безопасности предприятия предполагает достижение высоких финансовых результатов деятельности и финансовой устойчивости; обеспечение технологической независимости и высокой конкурентоспособности технологического потенциала; высокую эффективность системы управления, оптимальность и эффективность организационной структуры; высокий уровень экологичности; качественную правовую защищенность всех аспектов деятельности; защиту информационной среды; безопасность персонала, его капитала, имущества и коммерческих интересов» [19]
Характеристика	«…характеристика, суть которой заключается в нормальном функционировании экономической системы вообще, возможности нормальной работы внутренней экономической системы и безболезненного включения в мировую экономическую систему» [15]

Окончание табл. 2

1	2
Процесс	«…непрерывный процесс обеспечения на промышленном предприятии, находящемся в определенном внешнем окружении, стабильности его функционирования, финансового равновесия и регулярного получения прибыли, а также возможности выполнения поставленных целей и задач, способности его дальнейшего развития и совершенствования на различных стадиях жизненного цикла предприятия и в процессе изменения конкурентных рыночных стратегий» [21]

Из приведенных данных видно, что существует шесть подходов к пониманию экономической безопасности: преимущества; состояние; защищенность; высокий уровень показателей деятельности; характеристика; процесс.

Для более глубокого изучения данного понятия продолжим морфологический анализ. Для этого определим ключевые слова в пределах каждого подхода (табл. 3).

Таблица 3

Морфологический анализ в пределах ключевого слова

Ключевое слово	В пределах ключевого слова	Понятие
1	2	3
Преимущества	конкурентные	«…наличие конкурентных преимуществ, обусловленных соответствием материального, финансового, кадрового, технико-технологического потенциалов и организационной структуры предприятия его стратегическим целям и задачам» [5, 33]
Состояние	экономической системы	«…идеальное состояние экономической системы, при котором она находится в равновесии, способна к саморегулированию в изменяющихся условиях существования и достигает максимально возможного результата, который является целью существования системы» [31]
	объекта в системе его связей	«…состояние объекта в системе его связей с точки зрения способности к выживанию и развитию в условиях внутренних и внешних угроз, а также действия непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [30]
	предприятия	«…состояние предприятия (материальных и нематериальных ресурсов: капитала, персонала, информации и технологии, техники и оборудования), при котором гарантируется наиболее эффективное их использование для стабильного функционирования и обеспечиваются защита интересов предприятия, устойчивое развитие и защищенность жизненно важных интересов от внутренних и внешних негативных воздействий» [17]

Продолжение табл. 3

1	2	3
		«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором он при наиболее эффективном использовании корпоративных ресурсов достигает предотвращения, ослабления или защиты от существующих опасностей и угроз или других непредвиденных обстоятельств и в основном обеспечивает достижение целей бизнеса в условиях конкуренции и хозяйственного риска» [6]
		«…состояние хозяйствующего субъекта, при котором жизненно важные компоненты структуры и деятельности предприятия характеризуются высокой степенью защищенности от нежелательных изменений» [20]
		«…состояние предприятия, при котором обеспечивается стабильность его функционирования, финансовое равновесие и регулярное получение прибыли, возможность выполнения поставленных целей и задач, способность к дальнейшему развитию и совершенствованию» [24]
		«…состояние объекта (в нашем случае – предприятия) в системе его связей с точки зрения способности к устойчивости (выживания) и развития в условиях внутренних и внешних угроз, действий непредсказуемых и трудно прогнозируемых факторов» [25]
	функционирования	«…состояние функционирования, при котором предприятие и его продукция являются конкурентоспособными на рынке и одновременно гарантируется: эффективное использование ресурсов, интеллектуального и кадрового потенциала; стабильность функционирования, устойчивость и прогрессивность развития; возможность противодействовать негативным воздействиям внешней и внутренней среды его функционирования» [18]
	производственно-экономической системы	«…состояние производственно-экономической системы, при котором функционируют механизмы предотвращения или уменьшения степени воздействия угроз стабильности функционирования и развития предприятия» [19]
	защищенности	«…состояние защищенности жизненно важных интересов предприятия от реальных и потенциальных источников опасности или экономических угроз» [23]

Продолжение табл. 3

1	2	3
		«…состояние защищенности его жизненно важных интересов в финансово-экономической, производственно-хозяйственной, технологической сферах от различного рода угроз, в первую очередь социально-экономического плана, которое обеспечивается благодаря принятой руководством и персоналом системе мер правового, организационного, социально-экономического и инженерно-технического характера» [26]
Защищенность	интересов	«…защищенность жизненно важных интересов личности, общества и государства в экономической сфере от внутренних и внешних угроз» [32]
		«…обеспечение защищенности жизненно важных интересов предприятия от внутренних и внешних угроз, организуемое администрацией и коллективом предприятия путем реализации системы мер правового, экономического, организационного, инженерно-технического и социально-психологического характера» [34]
Высокий уровень	показателей деятельности	«Обеспечение экономической безопасности предприятия предполагает достижение высоких финансовых результатов деятельности и финансовой устойчивости; обеспечение технологической независимости и высокой конкурентоспособности технологического потенциала; высокую эффективность системы управления, оптимальность и эффективность организационной структуры; высокий уровень экологичности; качественную правовую защищенность всех аспектов деятельности; защиту информационной среды; безопасность персонала, его капитала, имущества и коммерческих интересов» [19]
Характеристика	нормального функционирования	«…характеристика, суть которой заключается в нормальном функционировании экономической системы вообще, возможности нормальной работы внутренней экономической системы и безболезненного включения в мировую экономическую систему» [16]

Окончание табл. 3

1	2	3
Процесс	обеспечения равновесия	«…непрерывный процесс обеспечения на промышленном предприятии, находящемся в определенном внешнем окружении, стабильности его функционирования, финансового равновесия и регулярного получения прибыли, а также возможности выполнения поставленных целей и задач, способности его дальнейшего развития и совершенствования на различных стадиях жизненного цикла предприятия и в процессе изменения конкурентных рыночных стратегий» [20]

Из проведенного анализа видно, что при уточнении трактовки термина «состояние» (при рассмотрении экономической безопасности как состояния предприятия) было выявлено восемь разных ключевых слов в рамках этого подхода: состояние защищенности; состояние ресурсов; состояние использования ресурсов; состояние производственно-экономической системы; состояние функционирования; состояние предприятия; состояние объекта в системе его связей; состояние экономической системы.

Итак, в результате морфологического анализа нами были выявлены следующие подходы к определению экономической безопасности:

– конкурентные преимущества;
– состояние защищенности;
– состояние производственно-экономической системы;
– состояние функционирования;
– состояние предприятия;
– состояние объекта в системе его связей;
– состояние экономической системы;
– защищенность интересов;
– высокий уровень показателей деятельности;
– характеристика нормального функционирования;
– процесс обеспечения равновесия.

Таким образом, на основании проведенного анализа авторами сформулировано и предлагается к научному обсуждению следующее определение экономической безопасности предприятия. **Экономическая безопасность предприятия** – это состояние предприятия, характеризующееся его способностью наиболее эффективно использовать доступные ресурсы для обеспечения стабильной экономической и хозяйственной деятельности и запланированного развития.

Такой подход к определению экономической безопасности предприятия позволит ему осуществлять свою деятельность в условиях неопределенности и достигать поставленных целей. Предприятие готово к любым, даже негативным, влияниям внешней среды. При этом оно будет продолжать осуществлять свою основную деятельность.

Заключение

В результате анализа понятий экономической безопасности, данных учеными-экономистами и специалистами в области экономической безопасности, было определено, что экономическая безопасность – это состояние предприятия, характеризующееся его способностью наиболее эффективно использовать доступные ресурсы для обеспечения стабильной экономической и хозяйственной деятельности и запланированного развития.

Библиографический список

1. Даль, В. И. Толковый словарь живого великорусского языка : в 4 т. / В. И. Даль. – 2-е изд., исправл. и значительно умноженное по рукописи автора. – СПб. : Издание книгопродавца-типографа О. М. Вольфа, 1880. – Т. 1. – 723 с.
2. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова. – URL: http://www.downloadbest.ru/allnews/book/104-tolkovyj-slovar-ozhegova-i-shvedovoj
3. Большой толковый словарь русского языка. / сост. и гл. ред. С. А. Кузнецов. – СПб. : Норинт, 2000. – 1536 с.
4. Толковый словарь русского языка: Ок. 7000 словар. ст. / под ред. Д. В. Дмитриева. – М. : Астрель : АСТ, 2003. – 1582 с.
5. Козаченко, Г. В. Економічна безпека підприємства: сутність та механізм забезпечення : моног. / Г. В. Козаченко, В. П. Пономарьов, О. М. Ляшенко. – К. : Лібра, 2003. – 280 с.
6. Грунин, С. О. Механизм управления экономической безопасностью организации : автореф. дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Грунин С. О. – СПб., 2001. – 27 с.
7. Тамбовцев, В. Л. Объект экономической безопасности России / В. Л. Тамбовцев // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 45–53.
8. Вечканов, Г. С. Микро- и макроэкономика : энциклопедический словарь / Г. С. Вечканов, Г. Р. Вечканова. – СПб. : Лань, 2001. – 352 с.
9. Сенчагов, В. К. О сущности и основах стратегии экономической безопасности России / В. К. Сенчагов // Вопросы экономики. – 1995. – № 1. – С. 98–101.
10. Бельков, О. А. Понятийно-категориальный аппарат концепции национальной безопасности / О. А. Бельков // Безопасность. – 2004. – № 3. – С. 91–94.
11. Бухвальд, Е. Макроаспекты экономической безопасности: факторы, критерии и показатели / Е. Бухвальд, Н. Гловацкая, С. Лазаренко // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 25–44.
12. Абалкин, Л. И. Экономическая безопасность России: угрозы и их отражение / Л. И. Абалкин // Вопросы экономики. – 1994. – № 12. – С. 4–13.
13. Владимиров, Ю. И. Внешнеэкономический аспект экономической безопасности Российской Федерации / Ю. И. Владимиров, А. С. Павлов // Безопасность. – 1994. – № 3. – С. 60–65.
14. Глазьев, С. Ю. Основы обеспечения экономической безопасности страны – альтернативный реформационный курс // Российский экономический журнал. – 1997. − № 1. – С. 3−16.
15. Загашвили, В. С. Экономическая безопасность России / В. С. Загашвили. – М. : Юристъ, 1997. – 240 с.
16. Моделювання економічної безпеки: держава, регіон, підприємство : моногр. / В. М. Геєць, М. О. Кизим, Т. С. Клебанова, О. І. Черняк та ін. ; за ред. В. Гейця. – Харків : Інжек, 2006. – 240 с.

17. Евсеева, А. Ю. Экономическая безопасность и ее значение для предпринимательской деятельности / А. Ю. Евсеева, С. В. Котик // Налоговое планирование. – 2012. – № 3. – С. 46–48.
18. Васильців, Т. Г. Економічна безпека підприємництва України: стратегія та механізм зміцнення : моногр. / Т. Г. Васильців. – Львів : Арал, 2008. – 386 с.
19. Механизмы управления экономической безопасностью / Ю. Г. Лысенко, С. Г. Мищенко, Р. А. Руденский, А. А. Спиридонов ; под ред. Ю. Г. Лысенко. – Донецк : ДонНУ, 2002. – 178 с.
20. Стратегии бизнеса : справочник / под ред. Г. Клейнера. – М. : Консэко, 1998. – 288 с.
21. Половнев, К. С. Механизм обеспечения экономической безопасности промышленного предприятия : автореф. дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Половнев К. С. – Екатеринбург, 2002. – 23 с.
22. Бланк, И. А. Управление финансовой безопасностью предприятия / И. А. Бланк. – М. : SmartBook, 2013. – 776 с.
23. Иванов, А. В. Методика оценки экономической безопасности региона / А. В. Иванов // Региональная экономика: теория и практика. – 2012. – № 48 (279). – С. 47–56.
24. Матвеев, Н. В. Экономическая безопасность предприятия : дис. … канд. экон. наук : 08.00.05 / Матвеев Н. В. – М., 1999. – 112 с.
25. Мак-Мак, В. П. Служба безопасности предприятия как субъект частной правоохранительной деятельности : моногр. / В. П. Мак-Мак. – М. : Спутник+, 2003. – 256 с.
26. Климочкин, О. В. Экономическая безопасность промышленного предприятия: проблемы вывода из-под криминального влияния : дис. ... канд. экон. наук : 08.00.05 / Климочкин О. В. – М., 2002. – 196 с.
27. О безопасности : федер. закон № 390-ФЗ от 28.12.2010 : [принят Государственной Думой 7 декабря 2010 г. ; одобрен Советом Федерации 15 декабря 2010 г. ; дата подписания 28 декабря 2010 г. ; опубл. 29 декабря 2010 г.]. – URL: http://consultant.ru/document/cons_doc_LAW_108546/ (дата обращения: 23.04.2017).
28. О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации : указ Президента РФ № 683 от 31.12.2015. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW (дата обращения 24.04.2017).
29. Государственная стратегия экономической безопасности Российской Федерации (основные положения) : [одобр. указом Президента РФ от 29 апреля 1996 г. № 608]. – URL: http://base.garant.ru/106503 (дата обращения: 23.03.2017).
30. Сенчагов, В. К. Экономическая безопасность: геополитика, глобализация, самосохранение и развитие. Кн. 4. Институт экономики РАН / В. К. Сенчагов. – М. : Финстатинформ, 2002. – 128 с.
31. Безуглая, Н. С. Экономическая безопасность предприятия. Сущность экономической безопасности предприятия / Н. С. Безуглая // Российское предпринимательство. – 2010. – № 4-1. – С. 63–67.
32. Прохожев, А. А. Методологические основы решения проблем внутренней безопасности России / А. А. Прохожев // Проблемы внутренней безопасности России : материалы науч.-практ. конф. (г. Москва, 15–16 февраля 2001 г.). – М., 2001. – С. 12.
33. Иванова, Л. К. Экономическая безопасность предприятия / Л. К. Иванова // Экономическая безопасность: концепция, стандарты. – 2013. – Т. 17, № 7 (60). – С. 30–33.

34. Васильев, Г. А. Экономическая безопасность предприятия в современных условиях / Г. А. Васильев, Э. А. Халикова // Экономика и современный менеджмент: теория и практика : сб. ст. по материалам VIII Междунар. науч.-практ. конф. – Новосибирск : СибАК, 2011.

Бобарыкина Елена Николаевна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра маркетинга, торгового
и таможенного дела,
Институт экономики и управления,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского
E-mail: elena_bobarykina@mail.ru

Bobarykina Elena Nikolayevna
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of marketing,
trade and customs,
Institute of Economics and Management,
Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky

Черненко Наталья Георгиевна
ассистент, кафедра менеджмента,
Институт экономики и управления,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского
E-mail: natali@bk.ru

Chernenko Natalia Georgievna
assistant,
sub-department of management,
Institute of Economics and Management,
Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky

УДК 339.035
Бобарыкина, Е. Н.
Генезис понятия «экономическая безопасность предприятия» / Е. Н. Бобарыкина, Н. Г. Черненко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 4–21.

УДК 336.13

ПРИЧИНЫ МОНЕТАРНОГО ХАРАКТЕРА СОВРЕМЕННОГО КРИЗИСА ЭКОНОМИКИ РОССИИ

В. Р. Загуменнов, В. Ю. Сутягин,
Я. Ю. Радюкова, Е. А. Колесниченко

REASONS OF MONETARY NATURE OF MODERN CRISIS OF ECONOMY OF RUSSIA

V. R. Zagumyonnov, V. Yu. Sutyagin,
Ya. Yu. Radyukova, E. A. Kolesnichenko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Последние годы стали для российской экономики тяжелыми. Санкции со стороны стран ЕС и США, а также продуктовые контрсанкции стали катализатором спада в экономике. Целью написания данной статьи является исследование финансовых аспектов причин текущего кризиса. *Материалы и методы*. Информационную основу настоящего исследования составили статистические данные Банка России, Международного валютного фонда, порталов Investing.com, IEconomics, Московской биржи и брокерского агентства «Финам». Кроме того, при подготовке статьи использовались аналитические данные ОПЕК и Федерального резерва США. Основу методологии составил анализ динамики числовых рядов и парный корреляционный анализ. *Результаты*. Авторами в статье обосновано, что причины сегодняшнего кризиса экономики России носят монетарный характер. Проведенный анализ показал, что хронической проблемой российской экономики является ее низкая монетизация. Обосновано, что тот факт, что текущий уровень монетизации российской экономики как минимум в два раза ниже аналогичных показателей развитых стран, является усугубляющим в условиях действия санкций на российскую экономику, поскольку низкая монетизация является главным ограничителем экономического роста. Авторами определена необходимость изменения курса денежной политики, поскольку в сложившихся условиях реализуемая антиинфляционная политика Банка России существенно ограничена, так как создает условия для формирования инфляции издержек. *Выводы*. Проведенный анализ позволяет сделать вывод о том, что существенным внутренним резервом экономического роста является денежная эмиссия. Ее эффективность зависит от разработки следующих направлений: механизма связывания денежной и товарной массы и выравнивания доходностей финансового и реального рынка до конкурентных уровней.

Ключевые слова: экономический кризис, денежная масса, монетизация, денежная эмиссия.

Abstract. *Background*. Recent years have become difficult for the Russian economy. Sanctions from EU and USA countries, as well as food counter-satellites, have become a catalyst for a recession in the economy. The purpose of this article is to investigate the financial aspects of the causes of the current crisis. *Materials and methods*. The information basis of this study was compiled by the statistics of the Bank of Russia, the International Monetary Fund, the portals Investing.com, IEconomics, the Moscow stock exchange and the brokerage agency Finam. In addition, in preparing the article, analytical data from OPEC and the US Federal Reserve were used. The basis of the methodology was analysis

of the dynamics of numerical series and pair correlation analysis. *Results*. By authors in article it is proved that the reasons of today's crisis of economy of Russia have monetary character. The analysis which is carried out by authors showed that a chronic problem of the Russian economy is its low monetization. It is proved that the fact that the current level of monetization of the Russian economy at least, than is twice lower than similar indicators of developed countries, is aggravating in the conditions of action of sanctions on the Russian economy as low monetization is the main limiter of economic growth. Authors defined need of change of course of monetary management as at this conjuncture the realized anti-inflation policy of the Bank of Russia is significantly limited as creates conditions for cost-push inflation formation. *Conclusions*. The analysis allows us to conclude that a significant internal reserve of economic growth is the money issue. Its effectiveness depends on the solution of two tasks: the mechanism of linking monetary and commodity.

***Key words**:* economic crisis, money supply, monetization, money issue.

Введение

Последние годы для российской экономики стали довольно сложными. Санкции со стороны США и стран ЕС и ответные контрсанкции (продуктовое эмбарго), падение мировых цен на нефть поставили российскую экономику в тяжелую ситуацию. При этом номинальные оценки (к примеру, ВВП) выглядят не такими уж плохими (табл. 1).

Таблица 1

Динамика ВВП, индекса потребительских цен, денежного агрегата М2 России за период с 1995 по 2016 г. [1, 2]

Годы	ВВП, млрд руб.	Индекс потребительских цен, %	Денежный агрегат М2, млрд руб.
1995	1523,7	131,3	175
1996	2141,6	21,8	255
1997	2498,7	11,0	333
1998	2804,9	84,4	373
1999	5144,7	36,5	552
2000	7792,6	20,2	875
2001	9539,8	18,6	1276
2002	11540,4	15,1	1720
2003	14088,7	12,0	2463
2004	18162,3	11,7	3543
2005	23050,3	10,9	4796
2006	28711,6	9,0	6834
2007	35463,9	11,9	10 332
2008	44028,4	13,3	13 268
2009	41394,2	8,8	12 490
2010	49395,6	8,8	16 569
2011	59698,1	6,1	20 517
2012	66976,1	6,6	24 124
2013	71055,4	6,5	27 759
2014	77893,1	11,4	30 111
2015	80412,5	12,9	31 824
2016	85088,6	7,9	35 473

Однако после проведения инфляционной корректировки картина предстает уже совсем иная (табл. 2).

Таблица 2

Динамика ВВП и денежного агрегата М2 России за период с 1995 по 2016 г. (реальные оценки, база 1995 г.)

Годы	ВВП, млрд руб. (в реальном исчислении, база 1995 г.)	Денежный агрегат М2, млрд руб. (в реальном исчислении, база 1995 г.)
1995	1523,7	175,0
1996	1758,3	209,4
1997	1848,1	246,3
1998	1125,1	149,6
1999	1511,8	162,2
2000	1905,1	213,9
2001	1966,5	263,0
2002	2066,8	308,0
2003	2252,8	393,8
2004	2600,0	507,2
2005	2975,4	619,1
2006	3400,2	809,3
2007	3753,2	1093,4
2008	4112,6	1239,3
2009	3553,5	1072,2
2010	3898,1	1307,6
2011	4440,3	1526,0
2012	4674,5	1683,7
2013	4657,8	1819,7
2014	4585,6	1772,6
2015	4192,6	1659,3
2016	4111,6	1714,1

Фактически речь идет о том, что начиная с 2013 г. российская экономика погружается в кризис, который хорошо иллюстрируется спадом реального ВВП.

Циклический или системный кризис?

Следует отметить, что причиной кризиса вряд ли стоит признавать противостояние с Западом, которое скорее является катализатором накопившихся системных проблем. Обратим внимание, что реальные оценки ВВП перестали расти уже с 2013 г., т.е. заведомо раньше начала внешнеполитической напряженности (рис. 1, 2).

Аналогичная ситуация и с реальной заработной платой. Оба представленных рисунка наглядно демонстрируют падение спроса, которое создает ключевую проблему для экономического роста. Почему ключевую? Дело в том, что падение внутреннего спроса лишает внутренних источников роста экономики.

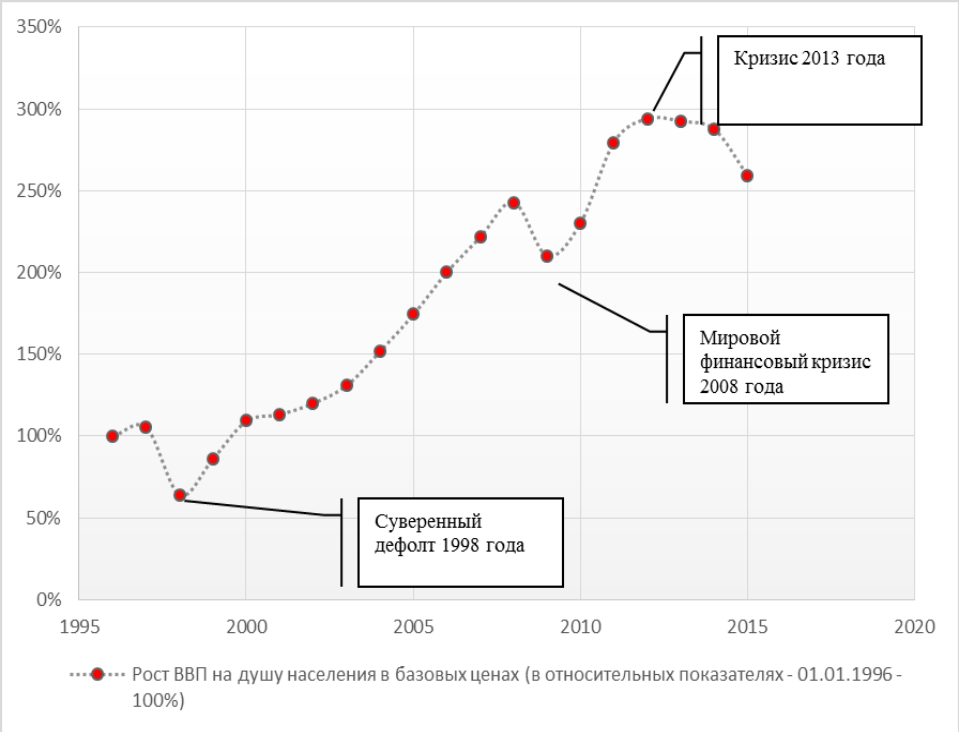


Рис. 1. Динамика роста ВВП на душу населения в относительных показателях (после инфляционной корректировки) [3]

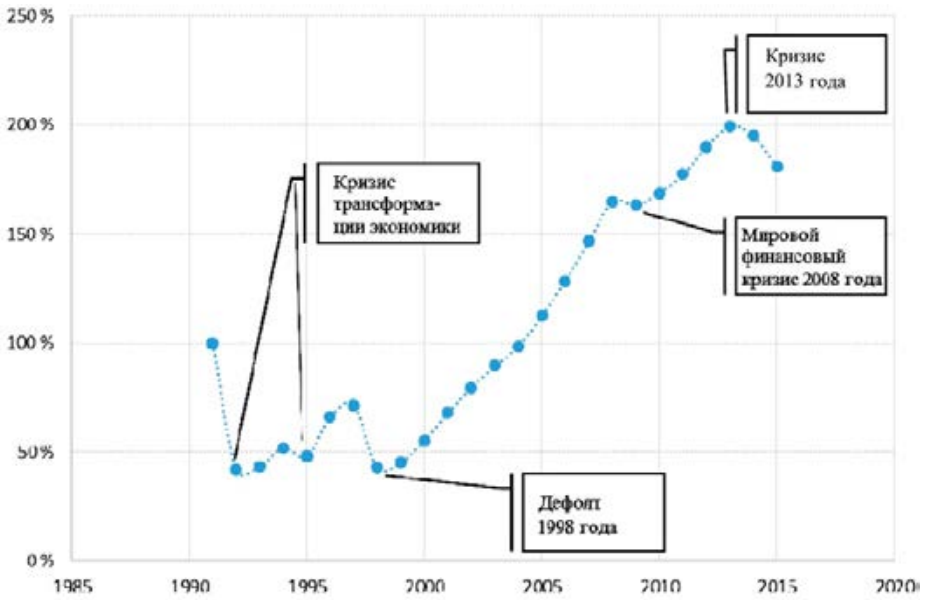


Рис. 2. Динамика роста среднемесячной заработной платы в относительных показателях (после инфляционной корректировки) [4]

Безусловно, для экспортно ориентированной экономики (коей и является российская экономика – рис. 3) падение внутреннего спроса может быть компенсировано ростом профицита внешнеторгового баланса.

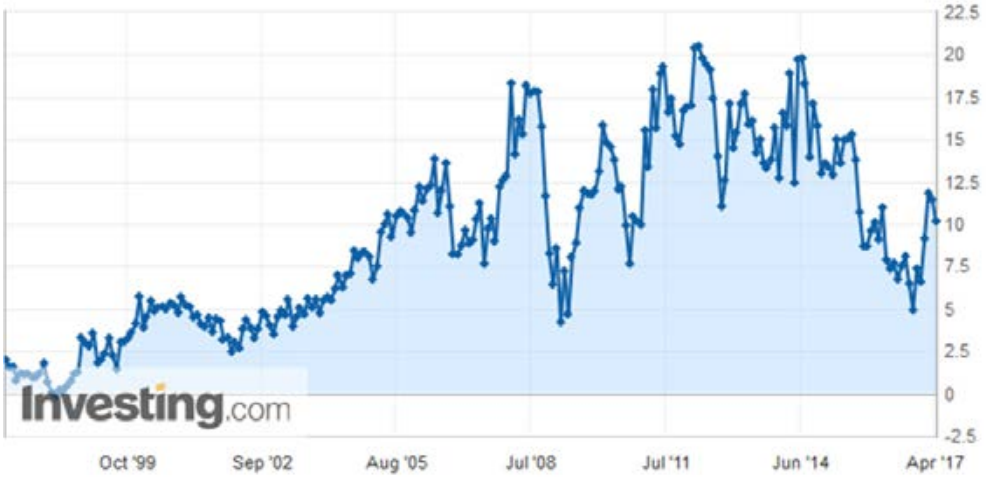


Рис. 3. Динамика профицита внешнеторгового баланса России (млрд долл. США) [5]

Однако основу российского экспорта составляют природные ресурсы (главным образом нефть, газ и металлы), цены на которые заметно упали за последние два года. При этом надеяться на восстановление цен (особенно на нефть и газ) не приходится. К примеру, если средняя цена корзины ОПЕК в 2016 г. составила 40 долл. США за баррель нефти, то к 2021 г. прогнозируется ее рост на 5 долл. США за баррель [6]. Причин тому много: сланцевая революция, отмена санкций против Ирана, неустойчивый рост мировой экономики и многое другое. С природным газом ситуация для России несколько лучше, однако здесь следует помнить, что в настоящее время цены на газ привязаны к нефтяным котировкам.

В этой связи очевидно, что в вопросе обеспечения устойчивого экономического роста следует ориентироваться в первую очередь на внутренние источники, что требует поиска подхода к стимулированию внутреннего спроса.

Примечательно, что стагнация российской экономики и ограничение доступа к международному рынку капитала заставляют экономический блок российского правительства более активно изыскивать внутренние резервы. К примеру, Банк России (в лице председателя ЦБ РФ Э. С. Набиуллиной) заявил о необходимости поиска новой модели развития российской экономики и формирования внутренних источников инвестиций [7]. Последнее особенно интересно в свете того, что с начала 1990-х гг. Минфин РФ и Банк России твердили о необходимости привлечения иностранных инвестиций.

Все это приводит к выводам, что текущий кризис российской экономики имеет системный характер, что концептуально связано с двумя факторами: падением внутреннего спроса и снижением цен на мировом рынке на традиционные экспортные товары. Безусловно, у системного кризиса, как правило, существует целый ряд причин (экономических, политических, социальных, демографических и т.д.). Однако в рамках настоящей статьи в дальнейшем мы остановимся лишь на финансовых аспектах проблемы.

О значимости монетизации экономики

Часто, говоря о проблемах российской экономики, вспоминают тяжелое наследие 1990-х гг., низкую производительность труда, отсутствие инвестиций в реальный сектор, демографический спад, низкую диверсификацию экономики, территориальную неравномерность развития и многое другое. Однако с финансовой точки зрения хронической проблемой российской экономики является ее низкая монетизация. Кстати, об этом почему-то упоминается не часто.

Напомним, коэффициент монетизации рассчитывается как отношение денежной массы (чаще всего денежного агрегата М2) к ВВП (табл. 3).

Таблица 3

Сравнительная оценка монетизации 10 крупнейших экономик мира по состоянию на конец 2015 г.

Страна	Денежный агрегат М2, трлн (нац. вал.)	ВВП, трлн (нац. вал.)	Коэффициент монетизации
1. Китай	139	68,392	203,2 %
2. США	12,3	17,947	68,5 %
3. Индия	25,1	136,318	18,4 %
4. Япония	921	499,096	184,5 %
5. Германия	2,6	3,026	85,9 %
6. Россия	35,8	80,413	44,5 %
7. Бразилия	2,27	5,904	38,4 %
8. Индонезия	4,55	11,541	39,4 %
9. Великобритания	1,58	1,864	84,8 %
10. Франция	1,79	2,182	82,0 %

Коэффициент монетизации российской экономики существенно уступает аналогичным показателям развитых стран. Вообще, лишь Индия находится ниже России по данному показателю.

Кратко напомним, что коэффициент монетизации экономики отражает насыщение экономики деньгами. Высокий уровень монетизации экономики отражает уровень развития финансовых институтов, а также доступности денег, что создает базу для будущих инвестиций и далее экономического роста. Напротив, низкая монетизация порождает дефицит денег, сокращает инвестиционные сроки и объемы инвестирования и, соответственно, является ограничением для экономического роста (табл. 4).

Обратим внимание, что в странах, которые существенно нарастили свой ВВП за период с 1995 по 2015 г., активно росла денежная масса. Особенно ярко эта ситуация иллюстрируется примерами стран БРИК и Индонезии. Исключением в этом списке является лишь Япония. Конечно, стоит сделать оговорку, что для развивающихся стран динамика показателей в значительной степени объясняется исходной низкой статистической базой. Более того, после исключения инфляционной составляющей реальные оценки ВВП и денежной массы в динамике будут другими. Это, в частности, означает, что частично рост денежной массы связан с необходимостью преодоления ее инфляционного обесценения. Однако это не отменяет того факта, что наибольший экономический рост наблюдался в тех странах, где наблюдались высокие темпы денежной эмиссии.

Таблица 4

Сравнительная динамика роста номинального ВВП и денежного агрегата 10 ведущих экономик мира за период с 1995 по 2015 г.

Страна	Показатель	Значение показателя, трлн (нац. вал.)					Средний темп прироста
		1995	2000	2005	2010	2015	2015/ 1995
1. Китай	Денежный агрегат М2	5,84	13,50	29,90	73,40	139,00	17,2 %
	Номинальный ВВП	6,13	10,01	18,78	40,66	68,39	12,8 %
2. США	Денежный агрегат М2	3,63	4,90	6,65	8,78	12,30	6,3 %
	Номинальный ВВП	7,66	10,28	13,09	14,96	17,95	4,3 %
3. Индия	Денежный агрегат М2	2,03	3,73	7,43	15,50	25,10	13,4 %
	Номинальный ВВП	12,27	21,77	36,93	77,84	136,32	12,8 %
4. Япония	Денежный агрегат М2	549,00	640,00	709,00	782,00	921,00	2,6 %
	Номинальный ВВП	501,71	509,86	503,90	482,68	499,10	0,0 %
5. Германия	Денежный агрегат М2	1,01	1,21	1,47	1,93	2,60	4,8 %
	Номинальный ВВП	1,90	2,12	2,30	2,58	3,03	2,4 %
6. Россия	Денежный агрегат М2	0,22	1,15	6,03	20,00	35,80	29,0 %
	Номинальный ВВП	1,52	7,79	23,05	49,40	80,41	21,9 %
7. Бразилия	Денежный агрегат М2	0,18	0,28	0,58	1,36	2,27	13,5 %
	Номинальный ВВП	0,72	1,20	2,17	3,89	5,90	11,1 %
8. Индонезия	Денежный агрегат М2	0,22	0,75	1,20	2,47	4,55	16,4 %
	Номинальный ВВП	549,17	1511,56	3017,39	6864,13	11540,79	16,4 %
9. Великобритания	Денежный агрегат М2	0,44	0,59	0,92	1,23	1,58	6,6 %
	Номинальный ВВП	0,78	1,03	1,33	1,56	1,86	4,4 %
10. Франция	Денежный агрегат М2	0,59	0,73	1,02	1,46	1,79	5,7 %
	Номинальный ВВП	1,22	1,49	1,77	2,00	2,18	2,9 %

Указанная связь между денежной массой и ВВП хорошо иллюстрируется показателем парной корреляции (табл. 5)

Таблица 5

Сравнительная оценка коэффициентов парной корреляции М2 и ВВП

Страна	Показатель	Коэффициент парной корреляции
1. Китай	Денежный агрегат М2	0,999
	Номинальный ВВП	
2. США	Денежный агрегат М2	0,980
	Номинальный ВВП	
3. Индия	Денежный агрегат М2	0,998
	Номинальный ВВП	
4. Япония	Денежный агрегат М2	–0,413
	Номинальный ВВП	
5. Германия	Денежный агрегат М2	0,997
	Номинальный ВВП	
6. Россия	Денежный агрегат М2	0,995
	Номинальный ВВП	
7. Бразилия	Денежный агрегат М2	0,996
	Номинальный ВВП	
8. Индонезия	Денежный агрегат М2	0,997
	Номинальный ВВП	
9. Великобритания	Денежный агрегат М2	0,994
	Номинальный ВВП	
10. Франция	Денежный агрегат М2	0,974
	Номинальный ВВП	

Обратим внимание, что между размером ВВП и денежной массы существует практически функциональная зависимость (коэффициент парной корреляции практически равен 1). Исключением опять же является лишь Япония, ситуация с которой требует отдельного анализа и осмысления, поскольку вполне возможно, что именно в ходе этого анализа можно обнаружить предел денежного стимулирования экономики.

Для всех остальных экономик денежные вливания сопровождаются экономическим ростом. Безусловно, можно возразить, что коэффициент корреляции свидетельствует лишь о связи двух показателей, а не об обусловленности одного показателя другим. Однако также очевидно, что воздействовать на экономический рост напрямую вряд ли возможно, тогда как для управления денежной ликвидностью есть соответствующие институты (в первую очередь центральные банки) и необходимые инструменты.

О монетизации российской экономики

Обратим внимание на тот факт, что коэффициент монетизации начиная с 1995 г. всегда находился на низких уровнях (к сожалению, более ранние данные по денежным агрегатам в публичных источниках найти не удалось) (табл. 6).

Таблица 6

Динамика коэффициента монетизации российской экономики

Годы	Коэффициент монетизации (М2/ВВП)
1995	11,5 %
1996	11,9 %
1997	13,3 %
1998	13,3 %
1999	10,7 %
2000	11,2 %
2001	13,4 %
2002	14,9 %
2003	17,5 %
2004	19,5 %
2005	20,8 %
2006	23,8 %
2007	29,1 %
2008	30,1 %
2009	30,2 %
2010	33,5 %
2011	34,4 %
2012	36,0 %
2013	39,1 %
2014	38,7 %
2015	39,6 %
2016	41,7 %

Так, в середине и конце 1990-х гг. под «лозунгом» борьбы с инфляцией удалось достичь «поразительных» результатов: коэффициент монетизации находился на уровне 11–13 %, а в кризисный 1999 г. рухнул до уровня 10,7 % (рис. 4).

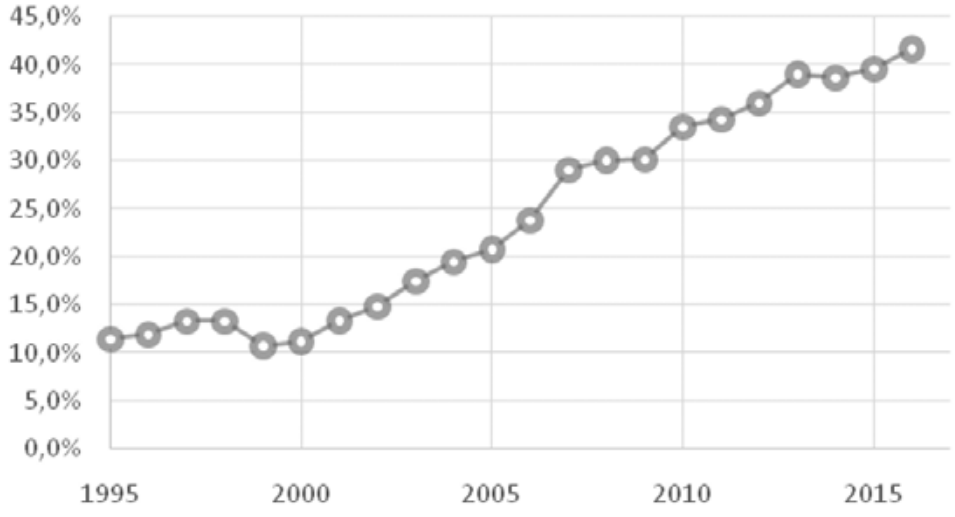


Рис. 4. Динамика роста коэффициента монетизации российской экономики

Объективности ради стоит сказать: показатель начиная с 1999 г. устойчиво рос. К примеру, за период с 2000 по 2008 г. показатель вырос в 2,68 раза, что сопровождалось стремительным ростом ВВП (в 5,65 раза по номинальной оценке и в 2,16 раза по реальной оценке). Однако за следующие 8 лет коэффициент монетизации вырос всего лишь в 1,38 раза, что сопровождалось ростом номинальных оценок ВВП в 2,06 раза и реальных оценок 1,16 раза.

Очевидно, что рост денежной массы оказывает стимулирующий эффект на рост ВВП, что хорошо соответствует логике уравнения И. Фишера:

$$MV = PQ,$$

где M – размер денежной массы; V – скорость обращения денег; P – цена товаров; Q – количество товаров.

По сути, это означает, что объем произведенной товарной массы должен быть равен размеру товарной массы, умноженной на скорость обращения денег. Последняя зависит от экономической активности в стране. Справедливости ради следует заметить, что вопрос первостепенности (скорости обращения денег и экономической активности) неоднозначен, поскольку уровень экономической активности в значительной степени определяется доступностью денег (т.е. денежной массой). В любом случае сдерживание денежной массы замедляет экономический рост, а в кризисной ситуации усугубляет падение экономики.

Собственно говоря, такой тезис не является для мировой истории и экономики чем-то новым. К примеру, М. Фридман еще в 1963 г., проанализировав монетарную историю США за период с 1867 по 1960 г. [8], пришел к выводу, что раунды повышения учетной ставки Федерального резерва США предшествуют экономическим кризисам. К примеру, повышение учетной ставки в 1920-х гг. и в 1931 г. привело к сжатию денежной массы на 38 % [9], что стало причиной Великой депрессии. Кстати, сей факт в 2002 г. был признан Федеральным резервом [10].

По сути, ту же ошибку совершает постоянно Банк России. Еще до начала каждого кризиса замедляется скорость денежного обращения, и банки начинают искусственно обеспечивать необходимые темпы прироста денежной массы. Однако самое интересное: в момент начала кризиса Банк России вместо того, чтобы смягчать денежно-кредитную политику, наоборот, ее ужесточает, тем самым усугубляя падение российского финансового сектора, а затем и экономики в целом (рис. 5).

Примечательно, что все четыре кризиса российской экономики начиная с 1991 г. совпадали со сжатием денежной массы. Заметим и тот факт, что чем резче сжатие денежной массы, тем острее развивается кризис. По сути, именно сжатие денежной массы с финансовой точки зрения является причиной и катализатором кризиса. Более того, хроническая недомонетизация держит экономику на «голодном пайке».

К примеру, в мировой финансовый кризис (2008 г.) за период с начала 2008 г. по середину 2009 г. ставка рефинансирования Банка России выросла с 10 до 12 % (максимум 13 %); а за этот же период учетная ставка Федерального резерва США упала с 3,5 до 0,25 %. По сути, такое поведение Банка России противоречит базовым постулатам монетарного подхода управления экономикой.

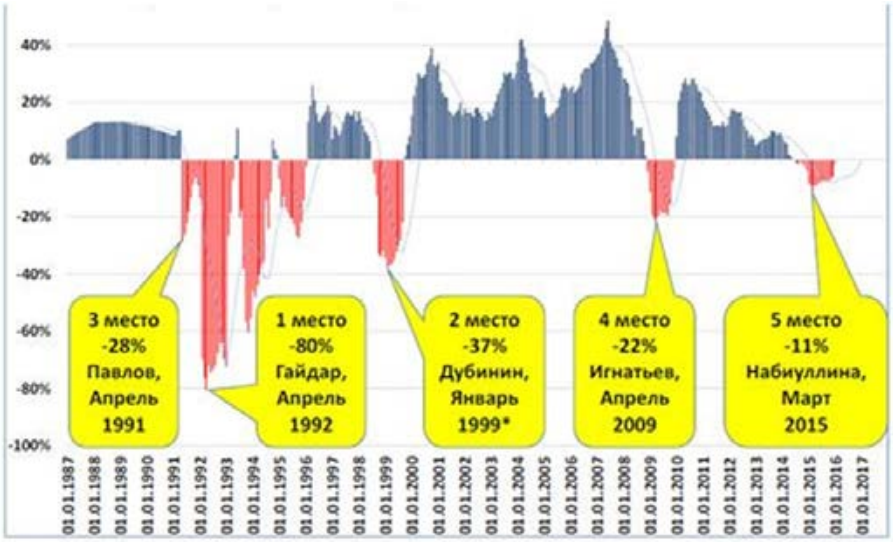


Рис. 5. Динамика реальной денежной массы (М2) с 1992 г. [11]

О жесткости или «жестокости» денежно-кредитной политики в России

Политику любого центрального банка в зависимости от уровня ставки рефинансирования и объемов предоставляемой ликвидности называют либо мягкой, либо жесткой.

Политика ЦБ РФ в 1990-х и 2000-х гг. характеризовалась попытками снижения инфляции; а с начала 2010-х гг. Банк России перешел в режим таргетирования инфляции. И если первое своей целью ставит просто снижение инфляции, то второе призвано обеспечить стабильность национальной валюты и тем самым достичь целевых ориентиров по инфляции. Впрочем, если не вдаваться в нюансы и используемые инструменты, и то, и другое ставит своей целью сдерживание инфляции.

Интересно, что сам Банк России отмечает: «Банк России реализует денежно-кредитную политику в рамках режима таргетирования инфляции и его основной целью является защита и обеспечение устойчивости рубля посредством поддержания ценовой стабильности, что означает достижение и поддержание устойчиво низкой инфляции» [12]. Далее поясняется: «Поддержание устойчиво низкой инфляции создает более предсказуемые условия экономической деятельности как для домохозяйств, так и для производителей, облегчает им планирование и принятие решений относительно потребления и инвестирования, обеспечивает сохранность сбережений. Таким образом, ценовая стабильность вносит вклад в снижение экономической неопределенности и способствует формированию источников финансирования долгосрочных инвестиций, что создает условия для устойчивого и сбалансированного роста экономики» [12]. Кроме того, Банк России поясняет: «Банк России не устанавливает каких-либо целевых ориентиров по уровню обменного курса рубля и не препятствует формированию тенденций в его динамике, обусловленных действием фундаментальных макроэкономических

факторов. Банк России перешел к режиму плавающего валютного курса, что обеспечивает возможность проведения более действенной процентной политики, направленной на поддержание ценовой стабильности, а также способствует адаптации экономики к изменениям внешних условий и увеличивает ее устойчивость к влиянию внешних факторов. Банк России не имеет количественных целей по другим экономическим показателям, в том числе темпам экономического роста, но при принятии решений опирается на комплексный анализ состояния экономики, рассматривая широкий круг индикаторов. Наряду с ценовой стабильностью Банк России также стремится обеспечивать стабильное функционирование и развитие банковского сектора, финансового рынка и платежной системы…» [12].

Примечательно, что даже в этом небольшом разъяснении есть противоречие между заявленными целями и используемыми инструментами. В частности, Банк России заявляет об устойчиво низкой инфляции как цели. При этом он переходит к плавающему валютному курсу, при том что, по официальным оценкам Московской биржи, доля нерезидентов (чьи финансовые возможности огромны по российским меркам, а источники капитала находятся за пределами юрисдикции Банка России) в сделках «рубль – доллар» в среднем составляла 58 %; «евро – рубль» – более 67 % [13]; а во внебиржевом обороте в отдельные дни доля нерезидентов по валютным операциям доходит почти до 80 % [14]. Классической в этом отношении является ситуация с торговлей парой «доллар – рубль» на Московской бирже 16 декабря 2014 г. До начала открытия торгов Банк России поднял ключевую процентную ставку с 10 до 17 % (т.е. на 70 %), что в логике монетарного регулирования должно привести к резкому удорожанию рубля. Однако нерезиденты развернули рынок, по сути поставив под сомнение роль Банка России как регулятора финансового рынка (и его возможности в обеспечении стабильности рубля) (рис. 6).

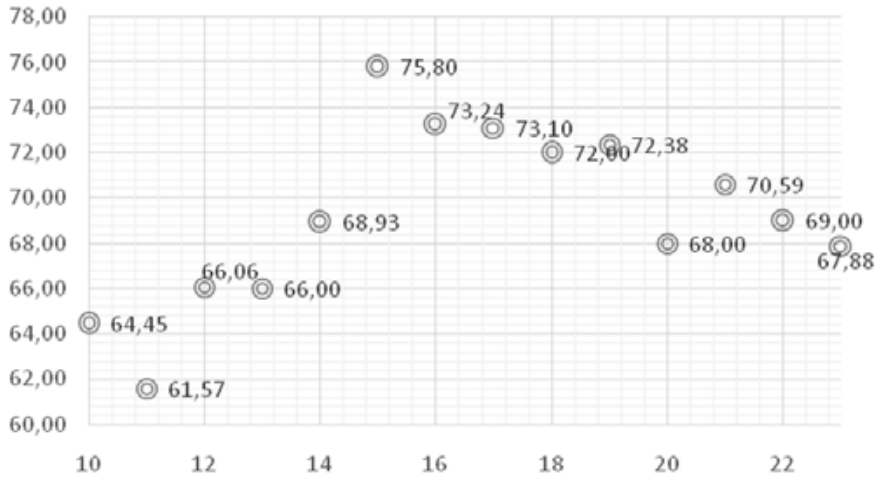


Рис. 6. Внутридневная динамика курса рубля к доллару США 16 декабря 2014 г. (по оси абсцисс – время; по оси ординат – биржевой курс пары «рубль – доллар США») [15]

Непонятным является и то, каким образом возможно обеспечивать финансовую стабильность, не имея «количественных целей» по экономическим показателям. Наконец, сложно представить, как можно обеспечить стабильное развитие банковского сектора, платежной системы и финансового рынка без стабильности национальной валюты.

Политика таргетирования Банком России достигается с помощью денежно-кредитных инструментов, главным из которых является ставка рефинансирования [12].

Однако, если рассмотреть применение этого инструмента в длительной перспективе, то вновь получается парадоксальная ситуация (табл. 7).

Таблица 7

Динамика ставки рефинансирования (ключевой процентной ставки) [16]

Годы	Ключевая процентная ставка / ставка рефинансирования на конец года	Индекс потребительских цен, %	Разница между ставкой рефинансирования и темпом потребительских цен, %
1995	160,0 %	131,3	28,7 %
1996	60,0 %	21,8	38,2 %
1997	21,0 %	11,0	10,0 %
1998	80,0 %	84,4	–4,4 %
1999	60,0 %	36,5	23,5 %
2000	28,0 %	20,2	7,8 %
2001	28,0 %	18,6	9,4 %
2002	23,0 %	15,1	7,9 %
2003	18,0 %	12,0	6,0 %
2004	14,0 %	11,7	2,3 %
2005	13,0 %	10,9	2,1 %
2006	11,5 %	9,0	2,5 %
2007	10,5 %	11,9	–1,4 %
2008	12,0 %	13,3	–1,3 %
2009	9,0 %	8,8	0,2 %
2010	8,0 %	8,8	–0,8 %
2011	8,25 %	6,1	2,2 %
2012	8,25 %	6,6	1,7 %
2013	8,25 %	6,5	1,8 %
2014	10,50 %	11,4	–0,9 %
2015	11,50 %	12,9	–1,4 %
2016	10,00 %	7,9	2,1 %

Очевидно, что даже в лучшие годы политику Банка России нельзя признать мягкой. Примечательно, что ставка рефинансирования в большинстве периодов превышала уровень инфляции. И если в 1990-х гг. ее можно было считать обоснованной на фоне гиперинфляции, то начиная с 2000-х гг. манипуляции со ставкой рефинансирования стали иметь очевидный сдерживающий эффект как для экономического роста, так и для самой инфляции.

Что касается экономического роста, то жесткая денежно-кредитная политика не способствует формированию внутренних источников инвестиций и препятствует «длинным» инвестициям.

В плане противодействия инфляции все несколько сложнее.

Во-первых, ставка рефинансирования определяет уровень процентных ставок в экономике. При этом, если помнить о кредитной природе денег, чем выше ставка рефинансирования, тем дороже обходится привлечение денежных ресурсов. Дороговизна денежных ресурсов приводит к дополнительным издержкам производителей, что порождает инфляцию издержек.

Во-вторых, темпы инфляции в значительной степени зависят от инфляционных ожиданий. При этом размер ставки рефинансирования представляет собой ориентир по инфляционным ожиданиям.

В-третьих, следует помнить, что чрезмерное «пережатие» денежной массы (следствие чрезмерно жесткой денежно-кредитной политики) приводит к хроническому денежному дефициту как у домохозяйств, так и у производителей. Последнее, в свою очередь, наводняет экономику денежными суррогатами, т.е. инструментами, используемыми в качестве средства платежа, но не являющимися деньгами в полном смысле. К ним относятся бартерные схемы оплаты, использование векселей и частных расписок, продовольственных талонов, криптовалют, казначейских обязательств, местных денег (например, «уральские франки» в 1992 г.; «шаймуратики» в 2010–2011 гг). Денежные суррогаты хоть и используются в качестве средства платежа, но не обладают всеми функциями денег и являются вынужденной мерой. При этом их использование обходится дороже, что вносит дополнительный вклад в формирование инфляции издержек. Фактически следствием излишне жесткой денежно-кредитной политики является рост инфляции.

Наконец, следует помнить, что ежегодно заметный вклад в формирование инфляции вносят немонетарные факторы (например, рост тарифов естественных монополий), которые в принципе находятся за пределами контроля российского финансового регулятора.

Примечательной является позиция Минэкономразвития РФ, которое отмечает: «Существует мнение, что низкая монетизация ведет к торможению экономического роста, к чрезмерной зависимости от коротких инвестиций нерезидентов, к слабости ресурсного потенциала финансового сектора, завышенной цене денег в экономике, а с нарастанием финансовой глубины экономики формируются все более крупные, ликвидные, массовые финансовые рынки, являющиеся механизмом перераспределения денежных ресурсов на цели развития. То есть чем выше финансовая глубина экономики, тем выше уровень ее развития и оцененности и, соответственно, выше темпы экономического роста (более объемным и диверсифицированным является денежный спрос, более крупные потоки перераспределяются с тем, чтобы финансировать экономическое развитие, не допускается искусственного дефицита денег, ограничивающего инвестиции)» [17]. Далее Минэкономразвития указывает, что «в реальности рост коэффициента монетизации» приводит к тому, что денежные средства в финансовом секторе оседают быстрее, чем растет ВВП, то есть все большая и большая часть средств не инвестируется в

реальную экономику, оставаясь на финансовом рынке. Иными словами, реальные инвестиции начинают замещаться финансовыми, что меняет структуру и диверсифицирует источники инвестирования. Далее ведомство апеллирует примером, что монетизация американской экономики заметно ниже, чем японской, однако темпы роста последней близки к нулю [17].

В качестве вывода министерством отмечается, что «для стран, рынки которых формируются» (т.е. стран, которые пока еще нельзя отнести к развитым), «намного более важными являются не способы привлечения инвестиций, а их объемы». «Значение же коэффициента монетизации экономики заключается в том, что он дает возможность оценить эффективность банковских механизмов аккумуляции финансовых ресурсов за счет внутренних чистых сбережений. При этом он не охватывает другие альтернативные механизмы, которые играют значительную роль в обеспечении источников финансирования – в частности, иностранные и государственные инвестиции» [17].

Такая позиция ведомства выглядит как минимум странной. Безусловным фактом является то, что высокий уровень насыщения экономики приводит к тому, что часть денежных средств идет не в реальную экономику, а в финансовый сектор, что вполне очевидно, поскольку деньги как актив должны приносить своему владельцу прибыль (неважно – в реальном или финансовом секторе). При этом норма прибыли на инвестированные средства по меньшей мере должна покрывать стоимость привлеченных средств. И если в реальном секторе нет подходящих объектов инвестирования, обеспечивающих нужную норму доходности, то «приходится» получать прибыль на финансовом рынке. Слово «приходится» взято в кавычки не случайно: предпринимателю не принципиально, где получать прибыль (в реальном или финансовом секторе). Выбор осуществляется на основе сопоставления потенциальной доходности и риска.

Однако, во-первых, именно ставкой рефинансирования (ключевой процентной ставкой) Банк России задает минимальный порог нормы доходности по инвестициям. Глядя на динамику ставки рефинансирования, сложно представить себе экономику, средняя доходность по реальным инвестициям в которой превышала бы ставки рефинансирования середины 1990–2000-х гг. в 28–60 %. Да и всем памятна история подъема ключевой ставки с 10 до 17 % в декабре 2014 г.

Во-вторых, и это вытекает из предыдущего, поскольку реальный сектор не позволяет получить «нужную» норму прибыли, то эту доходность можно попробовать «заработать» на финансовом рынке. Это, кстати, объясняет, почему даже при такой низкой монетизации российской экономики основным источником доходов банковского сектора являются не кредиты юридическим и физическим лицам (в которых они нуждаются в силу дефицита ликвидности), а операции с иностранной валютой.

В-третьих, Минэкономразвития РФ, поясняя свой взгляд на монетизацию экономики, почему-то «забывает», что средний уровень коэффициента монетизации для развитых стран колеблется в диапазоне от 65 до 90 %, до которого России как минимум следует удвоить объем денежной массы.

В-четвертых, нелогичной выглядит апелляция к тому, что высокая монетизация экономики означает глубину экономики и высокий уровень развития институтов. В действительности скорее развитие финансовых институтов (и «углубление экономики») осуществляется как вызов на увеличение размеров экономики денежного рынка, а не наоборот. Какой смысл в развитии финансовых институтов (фондовых бирж, страхового рынка, пенсионных и инвестиционных фондов), если нет денежных средств, с которыми они должны работать?

Наконец, в-пятых, странной представляется логика рассуждений: коэффициент монетизации отражает лишь эффективность «аккумуляции финансовых ресурсов за счет внутренних чистых сбережений», но есть «иностранные и государственные инвестиции», которые крайне важны. По сути, это можно трактовать так: если нет внутренних частных инвестиций, то это не является проблемой, ведь всегда можно привлечь государственные или иностранные инвестиции. Сложно спорить, что не стоит забывать об иностранных и государственных инвестициях. Однако разве рыночная экономика основана не на частных инвестициях и частной инициативе?

Несмотря на очевидность положительного влияния роста денежной массы на экономический рост, мы далеки от упрощенного восприятия денежной эмиссии. Эффективная денежная эмиссия подразумевает решение двух важных задач:

1. Необходим механизм связывания денежной массы товарной. Денежная эмиссия подразумевает не «раздачу» денег, а создание условий, при которых денежная ликвидность становится доступной населению и бизнесу. Другими словами, здесь работает принцип «не дать», а «дать возможность заработать». Учитывая природу денег, основным каналом накачки экономики ликвидностью является кредит. Однако важным является не только рост кредитных портфелей коммерческих банков, но и их структура (ипотечные, потребительские, инвестиционные или автокредиты), поскольку от последней зависит, насколько кумулятивный эффект будет иметь эмиссия.

2. Необходимо выравнивание уровней доходностей в финансовом секторе и реальной экономике. Дело в том, что в условиях свободы движения капитала доходность и оборачиваемость на финансовом рынке (главным образом валютном и срочном рынках) несопоставимо выше аналогичных показателей реальной экономики. Это приводит к тому, что привлеченная банком ликвидность идет на финансовый рынок, а не в реальный сектор. При этом первостепенными выглядят следующие направления: экономические ограничения в сфере движения спекулятивного капитала, а также развитие системы целевого рефинансирования кредитного рынка. Первое означает, что следует создавать стимулы (главным образом экономические), которые ограничивали бы хождение краткосрочного спекулятивного капитала (в первую очередь иностранного), но развивали бы движение долгосрочного капитала. В этом смысле интересным выглядит опыт Китая в развитии собственного финансового рынка, а также обобщение мировой практики введения так называемого «налога Тобина». Второе подразумевает развитие системы целевого рефинансирования кредитного рынка, тогда кредитные портфели отдельной груп-

пы банков рефинансируются Банком России на льготных условиях. Цель такого льготного рефинансирования заключается в создании заинтересованности со стороны банков в кредитовании отдельных наиболее значимых направлений экономики и/или категорий заемщиков. При этом такое льготное рефинансирование должно осуществляться на равных условиях для всех банков (а не только избранных).

Заключение

Подводя некоторые итоги, следует сделать следующие выводы:

1. С финансовой точки зрения вклад роста денежной массы (денежной эмиссии) в формирование экономического роста является ключевым. Это убедительно показывает опыт ведущих экономик мира (за исключением Японии) и наглядно иллюстрируется сравнительной динамикой ВВП и денежной массой, а также анализом парной корреляции этих показателей.

2. Россия отстает в вопросе монетизации экономики от уровней развитых стран минимум в два раза, что представляет собой резерв для стимулирования экономического роста.

3. Искусственное сдерживание денежной массы отрицательно влияет на экономический рост, а при низких уровнях монетизации (что характерно для России) становится причиной возникновения инфляции издержек и тем самым имеет обратный эффект в вопросе антиинфляционного противодействия.

4. Эффективность денежной эмиссии зависит от каналов доставки ликвидности в реальный сектор, что связано с определенными рисками. Поскольку эмиссия будет осуществляться через коммерческие банки, существуют высокие риски того, что денежная ликвидность пойдет на финансовый рынок, а не в реальный сектор. Это связано с тем, что доходность на рынке спекулятивного капитала заметно выше доходности в реальном секторе. Последнее, в свою очередь, требует со стороны денежных властей (Банка России, Минфина РФ и Минэкономразвития РФ) выравнивания доходностей в финансовом секторе и реальной экономики до конкурентного уровня.

5. Требуется детальный анализ экстремально высоких уровней монетизации (примером являются Китай и Япония). Вполне возможно, что существует предел уровня монетизации, после которого будет наблюдаться отрицательный эффект в плане экономического роста. Причина такой возможности очевидна: современные деньги имеют кредитный характер и их эмиссия приводит к наращиванию долгов в государственном, корпоративном и частном секторах, что увеличивает нагрузку на экономику в будущем.

Библиографический список

1. IMF Data // International Monetary Fund. – URL: http://www.imf.org/external/data.htm (дата обращения: 17.03.2017).
2. World – Money supply M2 // IEconomics.com. – URL: https://ieconomics.com/money-supply-m2 (дата обращения: 17.03.2017).

3. Сутягин, В. Ю. Уверенной поступью от кризиса к кризису или языком статистики о российской экономике / В. Ю. Сутягин, Е. К. Карпунина, Я. Ю. Радюкова, Е. А. Колесниченко // Вестник Северо-Кавказского федерального университета. – 2016. – № 4 (55). – С. 134–142.
4. Сутягин, В. Ю. Заметки о благосостоянии россиян / В. Ю. Сутягин // Ученые записки Тамбовского отделения РОСМУ. – 2016. – № 6. – С. 154–163.
5. Сальдо торгового баланса РФ // Investing.com. – URL: https://ru.investing.com/economic-calendar/russian-trade-balance-550 (дата обращения: 15.04.2017).
6. Worldoiloutlook // Opec.org. – URL: http://woo.opec.org/images/woo/WOO_2016.pdf (дата обращения: 12.04.2017).
7. Калюков, Е. Набиуллина рассказала о смене модели развития экономики России / Е. Калюков. – URL: http://www.rbc.ru/economics/14/11/2016/5829b9229a7947388373a8f3 (дата обращения: 12.04.2017).
8. A Monetary History of the United States, 1867–1967. – Princeton : Princeton University Press, 1963. – 861 p.
9. Блинов, С. Текущий кризис, его причины и необходимые меры / С. Блинов // Эксперт Online. – URL: http://expert.ru/2015/02/6/tekuschij-krizis-ego-prichinyi-i-neobhodimyie-meryi/ (дата обращения: 12.04.2017).
10. Bernanke, B. S. Remarks by Governor Ben S. Bernanke. On Milton Friedman's Ninetieth Birthday / B. S. Bernanke // The Federal Reserve Board. – URL: www.federalreserve.gov/boarddocs/speeches/2002/20021108/default.htm (дата обращения: 14.04.2017).
11. Блинов, С. Динамика реальной денежной массы как опережающий индикатор состояния многострадальной российской экономики и не только / С. Блинов // Мировой кризис – хроника и комментарии. – URL: http://worldcrisis.ru/crisis/2327059/ (дата обращения: 12.04.2017).
12. О денежно-кредитной политике Банка России // Банк России. – URL: http://www.cbr.ru/dkp/print.aspx?file=dkp.htm&pid=dkp&sid=itm_31087 (дата обращения: 14.04.2017).
13. Рынки. Валютные рынки. О рынке // Московская биржа. – URL: http://moex.com/s490 (дата обращения: 13.04.2017).
14. Эксперт: нерезиденты занимают очень высокие доли на российском открытом рынке // Finversia. – URL: http://www.finversia.ru/news/markets/ekspert-nerezidenty-zanimayut-ochen-vysokie-doli-na-rossiiskom-otkrytom-rynke-16838 (дата обращения: 13.04.2017).
15. Экспорт котировок USDRUB_TOM // Финам. – URL: https://www.finam.ru/profile/mosbirzha-valyutnyj-rynok/usdrubtom-usd-rub/export/ (дата обращения: 10.04.2017).
16. Ключевая ставка и ставка рефинансирования (подготовлено экспертами компании «Гарант») // Гарант. – URL: http://base.garant.ru/10180094/ (дата обращения: 12.04.2017).
17. По вопросу монетизации // Минэкономразвития России. – URL: http://economy.gov.ru/minec/references/faq/201601110450 (дата обращения: 14.04.2017).

Загуменнов Виктор Романович
студент,
Финансовый университет
при Правительстве РФ (г. Москва)
E-mail: nikolayzagum@gmail.com

Zagumyonnov Viktor Romanovich
student,
Financial University
under the Government
of the Russian Federation (Moscow)

Сутягин Владислав Юрьевич
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра финансов и кредита,
Институт экономики, управления
и сервиса,
Тамбовский государственный
университет им. Г. Р. Державина
E-mail: sutyagin.vladislav@yandex.ru

Sutyagin Vladislav Yuryevich
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of finance and credit,
Institute of Economics, Management
and Service,
Tambov State University
named after G. R. Derzhavin

Радюкова Яна Юрьевна
кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой финансов
и кредита,
Институт экономики, управления
и сервиса,
Тамбовский государственный
университет им. Г. Р. Державина
E-mail: radyukova68@mail.ru

Radyukova Yana Yurievna
candidate of economic sciences,
associate professor,
head of sub-department of finance
and credit,
Institute of Economics, Management
and Service,
Tambov State University
named after G. R. Derzhavin

Колесниченко Елена Александровна
доктор экономических наук, профессор,
заведующий кафедрой кадрового
управления,
Институт экономики, управления
и сервиса,
Тамбовский государственный
университет им. Г. Р. Державина
E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Kolesnichenko Elena Alexandrovna
doctor of economic sciences, professor,
head of sub-department of human resource
management,
Institute of Economics, Management
and Service,
Tambov State University
named after G. R. Derzhavin

УДК 336.13
Загуменнов, В. Р.

Причины монетарного характера современного кризиса экономики России / В. Р. Загуменнов, В. Ю. Сутягин, Я. Ю. Радюкова, Е. А. Колесниченко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 22–40.

УДК 005:339:338

РАЗВИТИЕ ИНТУИЦИИ МЕНЕДЖЕРА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Н. А. Илюхина

DEVELOPMENT OF THE MANAGER'S INTUITION AS A TOOL OF IMPROVING THE QUALITY AND EFFECTIVENESS OF MANAGERIAL DECISIONS

N. A. Ilyukhina

Аннотация. *Актуальность и цели.* Профессиональная интуиция в менеджменте относится, с одной стороны, к разряду инновационных инструментов, методу решения задач посредством единомоментного подсознательного вывода, с другой стороны, является одним из наименее понятных феноменов, загадкой для большинства специалистов – психологов и менеджеров. Целью данного исследования является изучение методов развития интуиции в современных условиях хозяйствования. *Материалы и методы.* Методологической основой являются общенаучные и классические методы отдельных отраслей знаний, диалектический метод познания. Для решения поставленных задач в качестве инструментария применялись общенаучные методы: анализ, синтез, дедукция, индукция, аналогия, классификация, исторический и логический анализы. С целью изучения понятия «интуиция» в работе использованы методы группировки и сравнения. Применение данных методов обеспечивает достаточный уровень надежности и достоверности полученных результатов и позволяет наиболее полно осуществить решение поставленных задач. *Результаты.* В работе проанализированы научные взгляды на понятие «интуиция» многих ученых и практиков, определены многочисленные составляющие изучаемого понятия: увеличение прибыльности разрабатываемых проектов, качество и упреждение глобальных форс-мажорных социально-экономических рисков, генерация креативных идей, выявлено соотношение интуиции с рациональным знанием. *Выводы.* Развитие способностей у менеджера быть креативным, думать «на лету» и принимать важные бизнес-решения за короткое время среди большого потока внешней информации позволяет действовать на опережение, вырабатывать инновационные идеи, успешно взаимодействовать без сбора огромного массива данных и принимать качественные и эффективные управленческие решения.

Ключевые слова: менеджер, интуиция, рациональное познание, управленческие решения, эффективность, качество.

Abstract. *Background.* Professional intuition in management refers, on the one hand, to the category of innovative tools, the method of solving problems through one-stage subconscious withdrawal, on the other hand, is one of the least understandable phenomena, a mystery for most psychologists and managers. The purpose of this study is to study the methods of developing intuition in the current economic conditions. *Materials and methods.* The methodological basis is general scientific and classical methods of individual branches of knowledge, a dialectical method of cognition. To solve these problems, general scientific methods were used as a tool: analysis, synthesis, deduction, induction, analogy,

classification, historical and logical analysis. In order to study the concept of «intuition», the methods of grouping and comparison were used in the work. The application of these methods provides a sufficient level of reliability and reliability of the results obtained and allows the most complete implementation of the solution of the tasks. *Results.* The scientific views on the concept of «intuition» of various scientists and practitioners are analyzed in the article, the numerous components of the studied concept are defined: increase in the profitability of the projects being developed, quality and anticipation of global force majeure socio-economic risks, generation of creative ideas, a correlation of intuition with rational knowledge is revealed. *Conclusions.* Developing the manager's ability to be creative, think on the fly and make important business decisions in a short time among a large flow of external information allows you to act on the lead, develop innovative ideas, successfully interact without collecting a huge amount of data and take quality and effective managerial solutions.

Key words: manager, intuition, rational cognition, managerial decisions, efficiency, quality.

Введение

Трудно перечислить все ситуации, в которых менеджеру для принятия решения необходима интуиция. Интуиция используется постоянно: при выборе из нескольких вариантов, для разработки проекта, для оценки причин сложившейся ситуации, для принятия решения по инвестициям, при найме работников и поиске партнеров, при ведении переговоров, для создания чего-то нового (открытия своего дела и т.п.). Специфика работы требует от нас умения оказываться в нужном месте и в нужное время, «автоматически» выбирать наилучший вариант.

Развитая интуиция – это продукт, редко встречающийся на рынке бизнес-образования, однако есть все основания полагать, что он востребован руководителями. Это связано с нарастанием таких факторов современности, как стресс, неопределенность при принятии решений, увеличение информационных потоков и одновременное увеличение временного дефицита. Для принятия решений и эффективной деятельности в таких условиях необходимо обращение к психическим резервам, практически не используемым в традиционном рациональном подходе к управлению. Эти резервы находятся в сфере бессознательного.

Управление человеческими ресурсами: цели, функции, принципы и эволюция подходов

В основе системного подхода к менеджменту лежит понятие «система» – упорядоченная совокупность взаимосвязанных и взаимно влияющих друг на друга элементов, образующих устойчивое единство. Как правило, система обладает как минимум одним новым свойством, которого нет у ее элементов. Развитие системного подхода к управлению тесно связано с формированием научного направления «Теория организации». Несмотря на то, что теория организации в наши дни представляет собой вполне сформировавшуюся науку, до сих пор ведутся дискуссии об определении авторства ее первых научных концепций. Основой любого процесса являются целенаправленность, взаимодействие и последовательность. Целенаправленность – это спо-

собность процесса достигать определенного результата – обязательный элемент процессного подхода и основной критерий оценки для выбора процессов и показателей эффективности. Взаимодействие – важная категория, определяющая, насколько результат, полученный в ходе процесса, соответствует потребностям потребителя этого результата. Причем под термином «потребитель» далеко не всегда понимается клиент организации, это может быть сотрудник другого, а иногда и того же отдела, управляющий частью общего процесса компании [1, 2].

Последовательность (поток) представляет собой очередность действий, выполняемых в соответствии со всеми установленными условиями и определяющих направление дальнейшего движения. Правильно выстроенная последовательность позволяет избавиться от ненужных операций, сократить длительность и стоимость процесса, добиться улучшения качества результата. Чтобы достичь поставленных целей, менеджмент компании должен уметь управлять необходимыми процессами, обеспечивая их взаимосвязанное исполнение. Для этого необходимо создать так называемую процессную структуру компании – связь процессов с системой ее целей (целевой структурой компании).

В 1990-е гг. специалистами в области управления был сформирован процессный подход к управлению. Начало методическим разработкам в этой области было положено исследованиями аудиторской компании Ernst & Young и трудами Дж. Харрингтона. Понятийный аппарат процессного подхода окончательно на данный момент не сформирован, хотя некоторые определения закреплены в Международных стандартах управления качеством ИСО 9000:2000. Спецификой процессного подхода является перенос акцента в управлении с административно-организационной структуры компании (отделов, цехов, департаментов) на бизнес-процессы, представляющие собой «устойчивую, целенаправленную совокупность взаимосвязанных видов деятельности, которая по определенной технологии преобразует входы в выходы, представляющие ценность для потребителя». В качестве входов рассматриваются различные ресурсы, а в качестве выходов – товары, работы, услуги, информация. Выходы одного процесса могут являться входом для другого, но наличие каждого элемента в процессе (входа, технологии преобразования, выхода) обязательно.

Неверное определение или отсутствие отдельных элементов говорит о некорректности выделения бизнес-процессов или о бесполезности некоторых из них. Таким образом, сама попытка внедрения процессного подхода уже может принести эффект в виде выявления излишних звеньев в организационной структуре или «узких мест», не позволяющих бизнесу работать на полную мощность. Выделение бизнес-процессов в деятельности организации происходит по признаку единства технологии преобразования входов в выходы, т.е. способа создания добавленной ценности. Универсального способа выделения бизнес-процессов не существует [3, 4]. После выделения укрупненных бизнес-процессов производится декомпозиция процессов, определяются подпроцессы, виды деятельности.

В структуре бизнеса назначаются владельцы бизнес-процессов, определяются схемы их взаимосвязи и взаимодействия. Построение иерархии бизнес-процессов может привести к возникновению новой системы управления бизнес-процессами, существующей параллельно с административно-функциональной системой управления. Сложность сочетания двух способов управления является одной из трудноразрешимых проблем при внедрении процессного подхода. Дело в том, что процессный подход направлен на устранение границ между подразделениями, что порождает необходимость кросс-функционального взаимодействия. Непосредственные исполнители, как правило, стремятся четко ограничить круг своих обязанностей и не выполнять лишней работы, выходящей за данный круг. Следствием этого являются рассогласованность во взаимодействии различных подразделений, отсутствие конгруэнтности их частных целей со стратегическими целями организации, наличие избыточных мощностей и узость взгляда на возникающие отклонения от запланированных действий. Способами разрешения этих проблем являются:

– создание временных кросс-функциональных групп, направленных на решение локальных проектных задач;

– реинжиниринг бизнес-процессов, т.е. кардинальная перестройка их взаимодействия, которая позволит в конечном счете повысить эффективность деятельности компании в целом.

Более организованные системы легче поддаются управлению. Таким образом, в сложных системах для оптимизации управления ими необходимо исключить большое число переменных и свести задачу к решению небольшого числа переменных, играющих роль параметров порядка. Параметр порядка выступает в роли информатора, который усиливает действие отдельных сил и концентрирует их в одном направлении. Первоначально обмен информацией может происходить случайно, со временем между различного рода сигналами возникает конкуренция или кооперация, и в конце концов устанавливается новое коллективное состояние, которое качественно отличается от неупорядоченного, или некоррелируемого, состояния, существовавшего прежде. Смысл процесса обретается только в соотнесении с окружающей средой и отчасти в связи с тем, насколько оно важно для выживания системы. Цель научного поиска – на основе стратегического, инновационного и процессного подходов разработать способы обеспечения гибкости и адаптивности систем управления в динамично изменяющихся рыночных условиях. Таким образом, в современном понимании процессный подход – это управление организацией путем построения системы процессов, управления ими и постоянного улучшения процессов в целях построения системы менеджмента качества – совокупности организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством.

Например, в Международных стандартах системы менеджмента качества о процессном подходе указано следующее [1]: преимуществом процессного подхода является возможность осуществления текущего (оперативного) управления посредством связи между отдельными процессами внутри системы процессов, их объединения и взаимодействия. В основе ситуационного

подхода к менеджменту лежит понятие «ситуация» (от средневековых лат. situatio – положение) – сочетание условий и обстоятельств, создающих определенную обстановку. В современных условиях внутренняя и внешняя среда любой организации подвержены резким изменениям. Постоянно возникают такие обстоятельства, которые сильно влияют на организацию в каждый конкретный период времени. Набор возникающих в организации обстоятельств и условий и называют управленческой (организационной) ситуацией. Ситуационный подход увязывает конкретные приемы и методы управления с конкретными ситуациями таким образом, чтобы наиболее эффективно достичь целей организации в сложившейся ситуации.

Методология ситуационного подхода к управлению состоит в том, что от менеджера требуется:

1) знание методов управления, доказавших свою эффективность;

2) умение прогнозировать вероятные последствия применения каждого метода управления;

3) навык правильной идентификации (распознавания) сложившейся ситуации;

4) навык выбора оптимального для данной ситуации решения (метода управления).

Информационные технологии оказывают огромное влияние на построение систем управления и управленческого учета. В конце XX в. произошел логический переход от автоматизации отдельных технологических процессов к комплексной оптимизации информационных потоков в системе управления организацией. Современные открытия в области информационных технологий также существенно расширяют возможности построения системы учета, интегрирующей данные о внутренних бизнес-процессах организации и о внешней рыночной среде. Перспективы исследований в этом направлении – это переход от отдельных подсистем, таких как планирование потребностей в материалах MRP (Material Resource Planning), управление взаимоотношениями с клиентами CRM (Customer Relations Management), к комплексным системам управления бизнес-процессами ERP (Enterprise Resource Planning). На практике комплексная автоматизация поддерживает процессы конвергенции различных информационных систем, которые характерны для современного бизнеса [2].

В условиях постоянно изменяющейся экономической действительности конкурентоспособность бизнеса в огромной степени зависит от адаптивных свойств системы управления. Постоянное обновление, поиск наилучших способов управления формируют инновационный стиль современного бизнеса. Согласно исследованию специалиста в области инновационного менеджмента Р. Росвелла, в зависимости от характера организации инновационного процесса выделяют шесть моделей:

– модель технологического толчка G1;

– модель рыночной тяги G2;

– сопряженную инновационную модель G3;

– модель интегрированных бизнес-процессов G4;

– модель интегрированных систем и сетей G5;

– модель информационных технологий G6.

Эволюция моделей инновационного развития менеджмента заключается в переходе от линейных моделей (G1, G2) к нелинейным (G3–G5), от закрытых – к открытым. Уровень межфункциональной и межинституциональной интеграции при этом постоянно возрастает, становясь ведущим фактором успешности развития бизнеса. Основой успешного развития любой организации является совершенствование профессионального ноу-хау ее работников. На наш взгляд, задача менеджмента должна заключаться не только в простой постановке той или иной задачи, но и в инструктировании сотрудников для достижения нужных результатов. В настоящее время знания являются неотъемлемой составляющей успешной политики, проводимой в самых разных сферах. Такие понятия, как «общество, основанное на знании», «экономика, основанная на знании» и «управление знаниями», получают все более широкое распространение в современном мире [2].

Особое внимание должно быть уделено инновационному развитию производственной базы и научному сопровождению производства, а также современной оснащенности труда работников на всех участках инновационного производства. Требуется создание региональных информационно-инновационных центров координации и управления фундаментальными и прикладными исследованиями и разработками, обеспечивающих интеграции творческого потенциала специалистов в мировой рынок, а также развитие частногосударственного партнерства и взаимодействия с профильными саморегулирующими организациями по этим направлениям. Требуются разработка и реализация новой инновационной политики и создание новых систем образования, а также государственный контроль за их осуществлением. В ряду целей и мер совершенствования управления персоналом главным является постоянное интенсивное наращивание его интеллектуального потенциала.

Учитывая, что интеллектуальный потенциал человека – это наследственные и приобретаемые (вследствие развития) свойства ума, мыслительных способностей и рационального познания, обеспечивающие определенный уровень функционирования, совершенствования и использования прогрессивных достижений труда и применяемые им во благо, которые формируются и создаются значительными его затратами, возникает необходимость формирования нового креативного сознания человека и создания ему соответствующих условий жизни. Решение этих задач связано не столько с инвестициями, сколько с изменением многих элементов и спектров общественной жизни (агрессии, насилия и т.п.), стихийно навязанных нам рынком и противниками нашего успешного развития.

Опыт работы высокоэффективных зарубежных и отечественных фирм свидетельствует о том, что высокое качество продукции, особенно с инновационными свойствами, вызывает необходимость создания новой технической политики, культуры и технологии производства, определяемых как приоритетное комплексное воздействие всех подсистем организации на разных этапах инвестиционных циклов, обеспечивающее гарантированное признание потребителем ее высоких стандартов и проявление устойчиво растущего

спроса. Высокий технический и потребительский уровень продукции должен подтверждаться соответствующими свойствами функционального, социального, эстетического, эргономического, экологического и другого характера, определяющего ее конкурентоспособность [3].

В заключении обзора необходимо осветить перспективные модели оценки эффективности управления. Так, ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators, KPI) – это показатели деятельности компании, которые помогают организации в достижении стратегических и тактических (операционных) целей. С помощью KPI можно планировать, а также контролировать эффективность и результативность компании на различных уровнях управления. Следует уточнить, что результативность компании – это то, как компания выполняет поставленные целевые ориентиры, например выполнение плана продаж, а эффективность – выполнение целевых показателей в рамках выделенных ресурсов (бюджетных ограничений), например выполнение плана продаж при соблюдении бюджета коммерческой службы. Часто KPI называют комплексными показателями, так как они могут охватывать стратегические и операционные цели на уровне компании, подразделений, бизнес-процессов, проектов, а также на уровне личностных целей сотрудников [3].

Внедрение KPI предполагает переход на целевое управление компанией, когда стратегические, операционные, проектные цели, важные задачи и инициативы транслируются на уровень руководителей высшего и среднего звена управления, на уровень исполнителей. Таким образом, за счет персонализации ответственности, делегирования полномочий повышается эффективность работы каждого сотрудника. Такая система «управления ответственностью каждого сотрудника» особенно актуальна сейчас, в период ожидаемого уменьшения спроса, урезания бюджетов, сокращений персонала, когда станут ощутимы ценность и отдача от каждого сотрудника компании.

Особенность целевого управления состоит в том, что целевые показатели закрепляются за руководителями подразделений или конкретными должностными лицами, и за их выполнение персонал отвечает своей переменной частью заработной платы. Одним из возможных вариантов достижения компанией своих целевых ориентиров является достижение всеми участниками (подразделениями, проектными командами, отдельными должностными лицами) целевых значений своих показателей. Другими словами, если весь персонал выполнил свои KPI, то компании ничего не остается, как достигать поставленных показателей.

В компаниях, в которых отсутствуют целевое управление и четко определенная ответственность за выполнение своих целей, более низкая управляемость, трудно рассчитать требуемые ресурсы, компания держится на героях. В таких компаниях все время что-то неожиданно случается, обычно находится множество причин, почему это происходит, и ответственность перекладывается с одного на другого. Разработка системы управления на базе KPI основывается на ряде бизнес-технологий, среди которых следует выделить управление по целям (Management by Objectives (MBO)) и управление эффективностью (Business Performance Management (BPM)). Отмеченные техноло-

гии объединяют следующие принципы, которыми целесообразно руководствоваться при разработке системы KPI: системность, смартизованность, сбалансированность [4].

Системность предполагает четкую постановку стратегических, операционных, проектных целей и задач различным категориям персонала. Причем цели могут ставиться как отдельно на уровне компании, подразделений, конкретных исполнителей, так и декомпозироваться с верхнего уровня на уровень нижестоящих исполнителей. При постановке целей и задач учитываются принципы SMART:

1. Specific – цели должны быть конкретными и учитывать специфику компании, подразделения, функционал конкретных исполнителей.

2. Measurable – измеримые. Для целей должны быть определены понятные для персонала показатели их достижения.

3. Achievable – цели должны быть достижимые и реалистичные. Ничто так не демотивирует персонал, как постановка неисполнимых целей. У персонала должны быть инструменты для управления поставленными целями или задачами (ресурсы, время, информация, знания, компетенции и др.).

4. Result-oriented – ориентация на результат, а не на усилия или участие в процессе. В результате выполнения цели, задачи должен быть получен заранее определенный объективный результат.

5. Time-based – установка четких временных ориентиров для целей. Стратегические и операционные цели должны быть сбалансированы. Причем технология BPM предполагает сбалансированность и согласованность процессной структуры, функционального дизайна и организационной структуры компании со стратегическими и операционными целями. Например, для достижения сбалансированности стратегических целей может использоваться сбалансированная система показателей (Balanced Scorecard (BSC)), которая предполагает планирование и контроль исполнения показателей в финансовой, клиентской, процессной проекциях, а также в проекции развития [1].

Примерами целевых показателей в финансовой проекции могут быть чистая прибыль, рентабельность активов, получаемый доход, выручка от новых магазинов. Клиентская проекция ориентирована на задачи маркетинга, продаж, производства, качества, технологов и может включать показатели освоения новых сегментов рынка, привлечения новых клиентов, показатели вывода новых продуктов или услуг, ввода новых объектов. Процессная проекция предполагает развитие, оптимизацию, реинжиниринг процессов, функционала, необходимого для выполнения стратегических и операционных целей компании. Проекция развития включает проектные цели в области обучения и развития персонала, в том числе и внедрение системы мотивации на базе KPI. Проектными целями могут быть показатели выполнения как вех проекта, так и проекта в целом. Управление компанией на базе KPI будет иметь отличия в различных отраслях, которые будут обусловлены разными подходами, временными горизонтами стратегического и операционного планирования, различной длительностью цикла производства готовой продукции или услуг, особенностями принятого в отрасли управленческого и других ви-

дов учета, особенностями системы оплаты труда, зрелостью бизнес- и производственных процессов.

Целевое управление с использованием системы KPI можно успешно применять в различных отраслях. Отличия, конечно, будут касаться содержания планируемых целевых показателей, привлекаемых категорий персонала, для которых ставятся целевые ориентиры, периодичности и размера премиальных выплат за выполнение целевых показателей. В настоящее время набирает популярность технология ценностного управления, получившая название Winning the Hearts (зажечь сердца людей), направленная на повышение вовлеченности и эффективности персонала. Зарубежный опыт свидетельствует, что сотрудники, понимающие и разделяющие ценности компании (в которых учитываются личные ценности сотрудников), любящие свою компанию и выполняемую работу, показывают более высокую производительность труда.

В таких компаниях низкая текучесть персонала, постоянно выполняются высокие целевые показатели, здесь персоналу интересно работать. Другими словами, система KPI – это только начало преобразования компании [2, 3]. Таким образом, для современного этапа развития экономики характерно формирование новых специфических процессов в развитии систем управления:

– развитие стратегического подхода к управлению (формулирование миссии, стратегических целей организации, организация командной работы, ситуационный подход к реагированию на изменение внешней среды);

– применение электронных информационных технологий (разработка сетевых моделей управления, круглосуточная работа рынка валют и фондов, создание корпоративных хранилищ данных, применение экспертных систем в процессах выработки управленческих решений);

– реализация системного подхода в инновационной деятельности (новые консалтинговые технологии, учет национальных традиций и менталитета, международная сертификация систем управления качеством продукции);

– смена структурного подхода к реорганизации систем управления на процессный подход, трансформация межфирменных бизнес-процессов.

Предпосылки для исследования понятия «интуиция»

Современный менеджер решает ряд проблем: организационно-экономические, административно-управленческие, технологические, правовые, групповые, личностные. Профессионализм менеджера в любой сфере деятельности заключается в том, что принимаемые им решения, с одной стороны, не противоречат установленным стандартам и не ограничиваются ими, а с другой стороны – менеджер способен генерировать новые нормативы, инструкции, практики и требования [5]. В порядке созидательного, на наш взгляд, креативного опережающего выхода от прежних познаний, становлений свежих методик, стандартов центральной функцией представляется интуиция.

В настоящий момент проектировка мер деятельности современного руководителя требует масштабной переработки данных. Их подборка, ультра-

фильтрация, проверка достоверности, надежности, аналитика, степень сложности, а также степень сотрудничества участников реализации проектов столь огромны, что лишь наше обыкновение, склонность к некоему всезнанию и, конечно, интуиция допускают менеджера к занятию деятельностью, входящей в его компетенцию. Для решения одних возникающих проблем, решаемых типичными наиболее рациональными способами, без включения интуитивности и творчества, и наоборот, в ходе разрешения других необходимы открытие и даже изобретение новейших способов, принципов и правил [1, 2]. Данное явление присуще индивиду, сталкивающемуся с такими ситуациями, которые не имеют поистине ничего похожего в минувшем. Это происходит, когда мы сталкиваемся с принципиально новыми ситуациями, не имеющими точных аналогов в прошлом, – вот тут и требуется активизация творческого процесса, представляющего собой механизм приспособленности личности в непостоянном мире, тот механизм, который является залогом самовыживания и дальнейшего совершенствования. Поэтому творчество выступает как естественное и необходимое дополнение к рациональности.

Многие ученые, рассматривая позиции К. Г. Юнга о коллективном бессознательном, в основу механизма интуиции ставят показатели социального роста. По их мнению, информативная основа возникла непроизвольно, выраженно стимулируя интуитивные способности личности. Однако интуиция не поддается однозначному описанию жесткими правилами и, как мастерство и умение, разделяется на несколько компонентов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание понятия «интуиция» в трактовке различных авторов и источников

Содержание определения понятия «интуиция»	Источник определения
1	2
Позднелатинское «intuitio» – «созерцание», от глагола «intueor» – пристально смотрю – метод решения задач посредством единомоментного подсознательного вывода, основанный на воображении, эмпатии и предшествующем опыте; «чутье», проницательность	Сетевая интернет-энциклопедия. – URL: www.wikipedia.org
Способность постижения истины путем прямого ее усмотрения без обоснования с помощью доказательства	Большая советская энциклопедия
Интуиция характеризуется как чутье, проницательность, тонкое понимание, проникновение в самую суть какого-либо события	Универсальная научно-популярная онлайн-энциклопедия. – URL: http://www.krugosvet.ru/
Созерцание идей (прообразов вещей чувственного мира) есть вид непосредственного знания, которое приходит как внезапное озарение, предполагающее длительную подготовку ума	Древнегреческий философ Платон

Окончание табл. 1

1	2
Прямое постижение умом истины, не выведенное логическим анализом из других истин и не воспринимаемое через органы чувств	Швейцарский психиатр, основоположник одного из направлений глубинной психологии Карл Гу́став Юнг
Инстинкт, непосредственно, без предварительного научения определяющий формы поведения организма	Французский философ Анри́ Бергсо́н
Быстрое решение, требующее длительной подготовки, и это скорее итог, чем начало	Французский психолог А. Спайер
Интуиция есть та психологическая функция, которая передает субъекту восприятие бессознательным путем	Швейцарский психиатр, основоположник аналитической психологии Карл Гу́став Юнг
Способность человека принимать эффективные решения в условиях, когда минимально необходимая информация по решаемой задаче отсутствует или внешние обстоятельства делают последовательный рациональный анализ всех «за» и «против» невозможным	Российские исследователи Ю. И. Филимоненко, О. Б. Торопова

Исследователи международного уровня предполагают, что предрасположенность к активному использованию интуиции закладывается еще на генном уровне, и считают, что ресурс интуиции формируется в течение всего жизненного пути. Активно развивая свою врожденную интуицию, можно научиться понимать и трактовать едва заметные сигналы нашего сверхсознательного начала и благодаря этому избегать небезопасных и нежелательных ситуаций, находить эффективные принятия решений как в персональных ресурсах, так и в системе государственного управления. В менеджменте интуиция является следствием кумуляции навыков и умений, определенных сведений, сочетающихся с креативностью аналитико-исследовательской деятельности как в направленном, осознанном состоянии, так и в неосознанном режиме (сон).

Интуиция в менеджменте – важнейший ресурс управления, одна из ярко выраженных форм внутригосударственной гармонии самоорганизации. Данный ресурс является составной частью системы управления как невидимый каркас коллектива или ментального пространства.

Если руководители откроют для себя такой познавательный инструмент, как интуиция, и научатся пользоваться им, то они получат дополнительный резерв для страхования рисков при принятии решений. В 2002 г. произошло знаменательное событие. Впервые Нобелевская премия по экономике была присуждена не экономисту, а психологу Дэниэлу Канеману. В своих книгах «Психология прогнозирования», «Принятие решений в условиях неопределенности» он экспериментально доказал, что решения в области экономики принимаются людьми не на рациональном, а на эмоциональном и интуитивном уровнях.

Женщина, являющаяся руководителем торговой фирмы, рассказала такую историю. Однажды, когда она собиралась утром на работу, ей в голову пришла мысль, что нужно напомнить коллективу своего магазина об усилении внимательности, чтобы не допускать краж товара. Руководитель решила провести для этого небольшое собрание коллектива (заодно обсудить и ряд других накопившихся вопросов). Однако тут раздался звонок, и ей сообщили, что необходимо ехать в офис к партнеру. Таким образом, неотложные дела привели к тому, что в магазин она попала только во второй половине дня. И тут ее работники сообщили о краже, которая уже произошла в первой половине дня. Когда позже она обдумывала произошедшее, то пришла к выводу, что нужно было незамедлительно действовать согласно полученному сигналу интуиции. Если она хотя бы позвонила в магазин утром и просто напомнила о бдительности, то, вполне вероятно, кражи удалось бы избежать.

Одним из наиболее ординарных примеров использования интуиции является решение такой проблемы, как выбор профессии. Через этот интуитивный выбор проходит каждый человек. При выборе профессии у молодого человека нет гарантий, что освоенная квалификация в будущем принесет ему успех. При приеме на работу вопрос о том, что повлияло на выбор профессии, является одним из самых информативных. В ответах кандидатов можно услышать разные варианты: что это было решение родителей, что тот же институт успешно закончила сестра, что решение было принято «за компанию» с друзьями, что эта профессия сулила гарантированный заработок или социальный престиж и т.п. Подобные «внешние» выборы в абсолютном большинстве случаев приводят к тому, что человек не любит свою профессию и не добивается в ней успеха [2; 6, с. 55].

Одним из наиболее ответственных примеров использования интуиции является постановка целей. Каждый лидер ставит цели, которые затем превращаются в цели для многих людей: иногда нескольких человек, а иногда и миллионов. Именно силой поставленной цели лидер способен объединить и сплотить вокруг себя свою команду. Постановка целей является интуитивным процессом. Наряду с рациональной информацией при выборе цели лидер должен руководствоваться своей интуицией, иначе поставленная цель не будет обладать мотивирующей силой. Известно, что лидеры «заражают» других людей собственными целями. Объединяющая сила цели напрямую зависит от веры в нее самого лидера, автора идеи или направления. Эта вера идет из глубины его психики, и если цель не находит глубокого отклика в его душе, она теряет свою способность вести за собой людей.

У современных деловых людей существует такая особенность, как недоверие к себе самим. Зачастую человек получает полезную информацию от своей интуиции, но не считает ее важной, «релевантной». Менеджеры и бизнесмены склонны скорее послушать совет специалиста, запросить консультацию эксперта, прочитать сводки новостей по интересующей теме, нежели прислушаться к голосу собственного «Я». Однако без голоса собственного «Я» невозможно выбрать правильное решение, найти истинный путь, ибо только ты сам знаешь дорогу к собственному благополучию. Современное бизнес-образование преуспело в формировании рациональных навыков анализа и получения внешней информации. Однако нам представляется, что этого не-

достаточно. Необходимо формировать также культуру интроспекции, самопонимания, умения прислушиваться к внутренним сигналам.

Складывается парадоксальная ситуация: с одной стороны, общеизвестно, что все успешные бизнесмены заявляли о своей интуиции и ее важнейшей роли в их успехе. Генри Минцберг, обозреватель «Гарвард Бизнес Ревью», провел опрос высокопоставленных чиновников и бизнесменов, в результате которого выяснилось, что многие из них «…постоянно решают проблемы, слишком сложные для рационального мышления, с помощью интуиции». Но одновременно с этим большая часть современных менеджеров и руководителей не владеют даже азами работы с интуицией [1, с. 15; 3].

Соотношение интуиции и рационального знания, управление интуицией

Интуиция – инструмент познания, известный с древнейших времен. Он не исключает использования рациональных инструментов и отнюдь не предполагает пренебрежения рациональным знанием. У них разные задачи. Задача интуиции – показывать направление и цели развития индивида, а задача рационального мышления – подбирать средства для достижения. Рациональность не может указать, что для данного индивида будет благом, а что – злом. Например, каждая мать желает добра своему ребенку – это рациональный посыл. Однако, если ребенок в своем выборе будет следовать желанию матери, он не имеет шансов прожить свою собственную жизнь. Он не узнает ни из книг (даже самых умных), ни от профессоров или начальников, как можно реализовать свои возможности. Он может узнать это только от своей интуиции.

При сравнении интуитивного и рационального знания вполне подходит сравнение между менеджером и лидером, сделанное Ф. Лютенсом в книге «Организационное поведение». Интуиция соотносится с рациональным знанием так же, как способности лидера соотносятся со способностями менеджера (табл. 2) [7, с. 25].

Таблица 2

Соотношение интуиции с рациональным знанием [7, с. 26]

Характеристики рационального познания	Характеристики интуиции
Администрирует	Осуществляет инновации
Копия	Оригинал
Поддерживает	Развивает
Ориентирован на системы и структуры	Ориентирован на людей
Полагается на контроль	Внушает доверие
Краткосрочная перспектива	Долгосрочная перспектива
Спрашивает: как и когда?	Спрашивает: что и почему?
Смотрит на итоговые данные	Смотрит в будущее
Подражает	Создает
Принимает status quo	Оспаривает status quo
Хороший солдат	Индивидуальность
Делает дело правильно	Делает правильное дело

Если вспомнить знаменитое изречение А. Эйнштейна, что рассудок – это слуга интуиции, то можно еще раз подчеркнуть, что задача рациональности – подсказать человеку, как делать дела правильно, а задача интуиции – подсказать, как делать правильные дела. Интуиция представляет собой тончайший инструмент природы, призванный работать на благо человека. Интуиция имеет ряд ограничений и строгих правил использования, стимулирования и развития. Все эти правила вполне доступны современному руководителю. Ими можно овладеть и успешно применять с пользой для себя и бизнеса.

Интуиция является способностью, присущей большинству успешных людей. В биографиях великих бизнесменов и лидеров часто встречается упоминание о значимости интуиции при принятии наиболее важных решений. Интуиция является средством экономии сил и времени руководителя, ибо позволяет принимать решения в кратчайшие сроки при недостатке информации. Тренинги интуиции являются традицией во многих зарубежных компаниях, таких как Microsoft. Обычно это компании сферы высоких технологий, где существует потребность в постоянном креативном развитии и изменениях. Что касается России, то сейчас планомерное внимание к этой теме проявляет компания Forex, так как сфера биржевых торгов – одна из тех, где навык интуиции задействован ежедневно. Большую работу в части практического применения интуитивных решений проводит академик М. Норбеков.

В контексте бизнес-образования тренинг интуиции находится между тренингом креативности, тренингом саморегуляции и тренингом принятия решений. Можно также увидеть близкую связь тренинга интуиции с тренингом «эмоционального интеллекта». Интуиция как познавательная способность имеет источником бессознательное, которое в психологии связывается с эмоциональной сферой личности. Интуитивные способности близки к креативным способностям, так как у них общий механизм – образное мышление. Одновременно интуиция напрямую связана с физической и эмоциональной саморегуляцией. Академик М. Норбеков считает важнейшим условием развития интуиции здоровье и эмоциональную уравновешенность. Интуитивное мышление предполагает высокую чувствительность к сигналам в области эмоциональной и физиологической систем (организмическая чувствительность).

Наконец, практическое применение интуиция находит в процессе принятия решений в бизнесе. Таким образом, тренинг интуиции находится на пересечении тренингов эмоционального интеллекта и менеджмента. Существенный вклад в изучение интуиции внесла онтопсихология. Данное направление современной психологии разработано профессором Антонио Менегетти (Италия). Онтопсихология позволяет использовать следующие новые инструменты для развития интуиции. Интуицию необходимо отличать от других сигналов, как внешних, так и внутренних. Семантическое поле – это воздействие внешних влияний на человека. Это эмоции, образы, мысли, состояния, которые субъект испытывает как свои собственные, однако они привнесены в его сознание извне. Для использования интуиции необходимо распознавать информационные сигналы семантического поля. На тренинге

участники обучаются распознавать и содержательно квалифицировать сигналы семантического поля [4; 8, с. 151].

Рассмотрим пример поведения, которое может привести к развитию либо, наоборот, к регрессу интуитивной способности. Современный молодой человек может находиться перед сложным выбором: друзья зовут его принять участие в общей вечеринке; мама требует, чтобы он приехал к ней на семейный ужин; подруга просит сопровождать ее в ночной клуб, а его собственный внутренний голос говорит, что ему нужно побыть в одиночестве. В зависимости от того, готов ли молодой человек не предавать самого себя в данной ситуации, будет зависеть, сможет ли он слышать голос своей интуиции в дальнейшем.

Послушавшись «других голосов»: чувства солидарности в случае с друзьями, чувства долга в случае с мамой, чувства любви в случае с девушкой – он предает себя и постепенно теряет способность слышать указания собственной интуиции. Так, уступка за уступкой, ошибка за ошибкой человек начинает запутываться в хоре чужих голосов, а своего уже не слышит. Таким образом, чтобы пользоваться благами интуиции, необходимы внутренняя зрелость, автономность, сила личности.

В психологии принятым считается тот факт, что интуитивное мышление отличается от логического, однако «орган», отвечающий за интуитивное мышление, остается обсуждаемым. Многие авторы считают, что если логическое мышление осуществляется головным мозгом, то интуитивное мышление осуществляется сердцем. Однако точнее будет сказать, что интуитивное мышление осуществляется целостностью существа человека. В рамках онтопсихологии клинически доказано, что локализацией целостной чувствительности в человеке является висцеральная зона. В нее входят легкие, желудочно-кишечный тракт, генитальная сфера. В литературе эту зону принято называть «вторым мозгом». Висцеральная зона анализирует информацию, поступающую к субъекту из внешнего мира, на основе совокупной реакции эмоциональной и физиологической сфер, т.е. целостно-организмически [5].

Для управления интуицией субъекту необходимо иметь развитую висцеральную чувствительность, поскольку реакция висцеральной зоны является первичной недифференцированной реакцией организмического на ситуацию с точки зрения благоприятности либо опасности для субъекта.

Кроме того, необходим навык синхронизации логического сознания с висцеральной чувствительностью, так как это обеспечивает оптимальное состояние, находясь в котором субъект способен прогнозировать события до наступления следствий. Развитие интуиции предполагает определенный стиль жизни. Отступая от собственной аутентичности в пользу стереотипных выборов, продиктованных комплексами, страхами, чувством вины, желанием быть как все и т.п., человек теряет этот дар. И наоборот, делая аутентичные выборы, человек наращивает свою способность к интуиции. Интуиция относится к «тонким» способностям, которые трудно развить и легко утратить вследствие неправильных действий. Поэтому важным элементом развития интуиции является этическая (поведенческая) составляющая, которую можно обозначить как «гигиена интуиции». Следуя ей, т.е. делая выборы самостоя-

тельно на основе личных предположений и своих собственных выводов (чутья), можно вести такой стиль жизни, который позволяет наращивать интуитивные способности [9].

На данный момент существует огромное количество игр, позволяющих развить интуицию: «Камень-ножницы-бумага», «Казаки-разбойники», покер и др. В них так или иначе человек использует интуицию, чтобы победить. Например, в игре «Казаки-разбойники» человек заранее не знает, где находятся его соперники, и куда бежать он определяет с помощью интуиции. Кроме того, сейчас существует огромное количество компьютерных игр, так или иначе затрагивающих интуицию человека: «Dota 2», «Perfect world» и др. Например, в компьютерных играх существует огромное количество классов персонажей, которые человек выбирает для себя интуитивно (зачастую выбор зависит от характера человека), и этот выбор определяет стратегию игры человека. Кроме того, вышесказанное влияет на скорость принятия и правильность оперативных решений.

Заключение

В качестве выводов целесообразно привести общую номенклатуру навыков, составляющих способность к интуитивному мышлению. Интуиция как способность и умение распадается на несколько составляющих. К ним можно отнести:

– навык образного мышления;

– навык осознавания своего эмоционального и физического состояния;

– навык эмоциональной и физической саморегуляции;

– навык прогнозирования;

– навык анализа проблем;

– навык принятия решений в условиях неопределенности;

– навык организмической гигиены;

– навык прочтения семантического поля;

– навык синхронизации логического сознания с висцеральной чувствительностью;

– навык распознавания и интерпретации образов.

В общем и целом, чтобы развить интуицию современному менеджеру, необходимо не только изучать различную литературу, но и вести соответствующий образ жизни, способствующий развитию интуиции, например, практиковать регулярное использование специальных игр, развивающих интуицию, делать различные выборы в жизни самостоятельно, основываясь на внутреннем стремлении – интуиции.

Библиографический список

1. Дэй, Л. Практическая интуиция в бизнесе / Л. Дэй. – М. : ИНФРА-М : Менеджмент, 2013. – 232 с.
2. Илюхина, Н. А. Инструменты оценки результатов труда в системе управления персоналом / Н. А. Илюхина, Н. А. Залесова // Теория. Практика. Инновации. – 2016. – № 6. – URL: http://tpi.vectorscience.ru/wp-content/uploads/2016/06/tpi/Ilyukhina1.pdf

3. Илюхина, Н. А. Дискретно-событийное моделирование в управлении экономической системы муниципального образования / Н. А. Илюхина, О. Комаревцева // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 7. – С. 77–80.
4. Илюхина, Н. А. Исторический аспект в теории и практике менеджмента / Н. А. Илюхина, А. Мельникова // Прогнозирование инновационного развития национальной экономики в рамках рационального природопользования : материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 13 ноября 2015 г.) : в 3 ч. / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2015. – С. 90–98.
5. Илюхина, Н. А. Информационные системы в структуре органов государственной власти Российской Федерации / Н. А. Илюхина, Е. Хмызова // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 9. – С. 35–38.
6. Канеман, Д. Принятие решений в неопределенности: Правила и Менеджмент / Д. Канеман, П. Словик, А. Тверски. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 86 с.
7. Шульц, Л. Язык интуиции. Менеджмент / Л. Шульц. – СПб. : Книжный дом, 2015. – 336 с.
8. Менегетти, А. Психология лидера : учеб. пособие / А. Менегетти. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 231 с.
9. Илюхина, Н. А. Управление человеческими ресурсами как особый вид управленческой деятельности: цели, функции, принципы и эволюция подходов / Н. А. Илюхина, И. П. Цвирова // Теория. Практика. Инновации. – 2016. – № 6. – URL: http://tpi.vectorscience.ru/wp-content/uploads/2016/06/tpi/Ilyukhina2.pdf

---

Илюхина Наталия Александровна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра бухгалтерского учета, анализа
и аудита,
Орловский государственный университет
экономики и торговли
E-mail: ilyukhina.orel@mail.ru

Ilyukhina Natalia Alexandrovna
candidate of economic sciences, associate
professor, sub-department of accounting,
analysis and audit,
Orel State University of Economics and
Trade

УДК 005:339:338
Илюхина, Н. А.
Развитие интуиции менеджера как инструмент повышения качества и эффективности управленческих решений / Н. А. Илюхина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 41–57.

УДК 331.44

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ ЛИДЕРСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ

Д. А. Кузнецов, И. А. Кулькова

INVESTIGATION OF THE LEADERSHIP PERCEPTION IN THE ORGANIZATION

D. A. Kuznetsov, I. A. Kulkova

Аннотация. *Актуальность и цели.* Лидерство в любой организации является дополнением к формальному руководству. Для развития лидерского потенциала в трудовом коллективе необходимо наличие четкого представления о природе лидерства. И для решения этой задачи более всего подходит проведение такого вида исследования, как анкетирование, с целью обнаружения и ликвидации неправильных представлений, сложившихся в коллективе. Целью настоящей статьи является исследование проблемы понимания сущности лидерства персоналом организации. *Материалы и методы*. Для обоснования сущности понятия лидерства в организации использовались методы терминологического анализа, сравнительного анализа, обобщения. Для проведения исследования мнения персонала организации о лидерстве использовался метод опроса, в частности анкетирования. *Результаты.* В работе проанализированы основные определения и направления, касающиеся изучения вопроса лидерства, а также лидера как одного из важнейших членов рабочего коллектива, способного повлиять на результат основной деятельности организации. На основе изучения различных точек зрения ученых на лидерство была выделена суть понятия, касающаяся сферы управления персоналом и трудовых отношений, а также перечислены основные необходимые компетенции индивида, который является лидером в организации. Статья содержит также результаты авторского исследования понимания работниками лидерства в организации. *Выводы.* Проведенное авторами экономико-социальное исследование сотрудников действующего производственного предприятия позволило сделать выводы о недостаточном развитии и использовании лидерского потенциала в организации и необходимости изменения системы мотивации.

Ключевые слова: лидерство, руководство, природа лидерства, восприятие лидерства, лидерские компетенции.

Abstract. *Background.* Leadership in any organization is a complement to formal management. The presence of a clear idea about the leadership nature is necessary for the development of leadership potential in the work collective. Carrying out such a type of research as the questionnaire is most suitable for solving this problem, in order to detect and eliminate the misconceptions that have developed in the team. The purpose of this article is to investigate the problem of understanding the leadership essence by the personnel of the organization. *Materials and methods*. Methods of terminological analysis, comparative analysis, generalizations were used to substantiate the essence of the leadership concept in the organization. The survey method, in particular the questionnaire, was used to conduct a survey of the organization's staff's opinion on leadership. *Results.* In this article the authors analyzed the main definitions and directions related to the study of leadership research, as well as the leader – one of the most important members of the working collective, who is

able to influence the result of the main organizational activity. Based on the study of various scientists' points of view, the essence of the leadership notion was singled out concerning the sphere of personnel management and labor relations, as well as the basic necessary competences are listed of the individual who is the leader in the organization. The article also contains the results of the authors' study of the leadership understanding by workers in the organization. *Conclusions* . The economic and social research of the employees in the operating production enterprise carried out by the authors made it possible to draw conclusions about the insufficient development and use of leadership potential in the organization and the need to change the motivation system.

Key words: leadership, management, nature of leadership, leadership perception, leadership competencies.

Введение

В наиболее успешных компаниях мира развитие лидерства означает систематическую деятельность, которой руководители компаний посвящают значительную часть времени. В российских организациях данный вопрос разработан еще не в полной мере, хотя в большинстве своем отечественные компании достигли той стадии развития, на которой слабый лидерский потенциал становится серьезной проблемой для дальнейшего роста и повышения эффективности. Однако зачастую в умах сотрудников организаций складывается ошибочное представление о значении термина «лидерство», а также качествах и компетенциях, которыми должен обладать лидер. Наиболее часто лидера ошибочно ассоциируют либо с представителем высшего уровня руководства, либо с руководителем структурного подразделения, частью которого являются работники. Важное отличие руководства от лидерства заключается в том, что оно является социальной характеристикой отношений в группе, и в первую очередь с точки зрения распределения ролей управления и подчинения. В отличие от лидерства руководство выступает как регламентированный обществом правовой процесс. Для проведения исследования проблемы понимания термина лидерства у персонала организации авторы выбрали проведение анкетирования как средство достижения поставленной задачи.

Исследование понятия «лидерство»

Развитие современных управленческих технологий формирует потребность в разработке адаптивных форм управления персоналом. Особую роль в данной области играет наличие лидерских качеств у руководителей организаций различных сфер деятельности. В свою очередь в научных трудах многих исследователей на текущий момент не нашли достаточного отражения вопросы разработки методического инструментария, а также анализ процессов формирования лидерских навыков, влияющих на повышение эффективности деятельности организации. Более того, зачастую руководители предприятий всех уровней управления и их подчиненные имеют весьма смутные представления о важности роли лидерства в достижении поставленных производственных задач.

Оценка уровня осведомленности руководителей всех звеньев и их сотрудников требует разработки универсального инструмента для сбора информации. В качестве такого инструмента может быть использована анкета.

Для составления анкеты по оценке уровня осведомленности руководителей всех звеньев и их сотрудников о лидерстве и его важной роли в достижении поставленных в организации задач необходимо четко понимать значение термина «лидерство».

Следует отметить, что раскрытие понятия «лидерство» без рассмотрения понятия «лидер» будет неполным.

Понятие «лидер» у разных авторов определяется как:

– лицо, за которым определенное сообщество признает право на принятие решений, наиболее значимых с точки зрения группового интереса [1];

– человек, способный объединить людей для достижения определенной цели [2];

– член группы, который в значимых ситуациях способен оказывать существенное влияние на поведение остальных участников [3];

– член группы, за которым все остальные члены группы признают право принимать в значимых для нее ситуациях ответственные решения, затрагивающие их интересы и определяющие направление и характер деятельности всей группы [4];

– член группы с наивысшим социометрическим статусом, за которым признается и закрепляется особая роль при принятии групповых решений и организации совместной деятельности [5];

– член группы, чей авторитет безоговорочно признается остальными членами, готовыми следовать за ним. Группа признает за лидером право принимать ответственные решения в значимых для нее ситуациях [6];

– самая авторитетная личность, реально играющая центральную роль в организации совместной деятельности и регулировании взаимоотношений в группе [7].

Существует множество словарных статей, разъясняющих слово «лидерство». Рассмотрим данные в них определения в виде классификации по подходам:

1. Процессный подход:

– процесс, при котором один член группы (лидер) организует и направляет других к достижению конкретной общей цели [8];

– процесс, посредством которого определенные члены группы мотивируют и ведут за собой группу [8];

– процесс взаимовлияния между лидером и его последователями ради достижения групповых, организационных и социальных целей [9];

– процесс, в ходе которого определенные члены группы ведут за собой всех остальных [10];

– процесс влияния на членов группы для достижения групповых целей [11];

– процесс осуществления полномочий власти и влияния внутри социальной группы [12].

2. Статусный подход:

– управленческий статус, социальная позиция, связанная с принятием решений [1];

– способности, качества и поведение, связанные с ролью группового лидера [13].

3. Методологический подход:

– влияние, носящее постоянный характер и распространяющееся на всю группу людей, основанное на авторитете, а не на применении силы [14];

– отношения доминирования и подчинения, влияния и следования в системе межличностных отношений в группе [15];

– способ воздействия на группу, основанный на личном авторитете, признании личности лидера [16];

– один из механизмов интеграции групповой деятельности, когда индивид или часть социальной группы выполняет роль лидера, т.е. объединяет, направляет действия всей группы, которая ожидает, принимает и поддерживает его действия [17].

В 1974 г. Р. Стогдилл в книге «Справочник по лидерству» [18] выделил 14 моделей лидерства, отражающих различные подходы к пониманию и исследованию этого явления:

- Центр групповых процессов: лидер – интегратор групповых процессов и отношений.
- Проявление личностных особенностей и порождаемых ими эффектов: лидерство – проявление силы личности, комбинация черт, дающих личности возможность побуждать других к выполнению поставленной задачи; лидер обладает наибольшим но сравнению с другими членами группы набором желательных черт личности и характера.
- Искусство достижения согласия: лидерство – способность организовывать людей на эффективное сотрудничество, умение улаживать конфликты и добиваться согласия со стороны ведомых.
- Действие и поведение: лидерство – поведение человека, вовлеченного в управление групповыми действиями; специфические действия, которые предпринимает лидер в ходе управления и координации работы членов его группы.
- Инструмент достижения цели или результата: лидерство – деятельность, направленная на достижение определенных групповых целей, средство интеграции членов группы и формирования согласованности их действий для получения желаемого результата.
- Взаимодействие: лидерство – процесс и результат группового взаимодействия, в ходе которого люди добровольно объединяются вокруг того человека, в котором чувствуют личную заинтересованность и которого считают основным носителем целей, программ и методов действия, а также ценностей и норм группы.
- Умение убеждать: лидерство – способность управлять людьми с помощью убеждения и поощрения и отказ от принуждения и использования силы для того, чтобы заставить людей следовать в определенном направлении.
- Осуществление влияния: лидерство – процесс влияния на деятельность группы в целом и отдельных последователей в частности для достижения общей цели.

- Отношение власти: лидерство – власть, которая осуществляется «сверху вниз» и характеризуется способностью одного индивида доминировать над другими, заставляя их делать то, что те могли бы не делать вообще.
- Дифференциация ролей: лидерство – особая роль внутри системы взаимоотношений, которая определяется взаимными ожиданиями лидера и последователей друг от друга и к которой предъявляются большие требования, на которую налагаются большие обязанности, чем на другие роли.
- Введение структуры: лидерство – активный процесс инициирования, созидания и поддержания ролевой структуры в групповом взаимодействии.
- Процесс социальной перцепции: лидерство – процесс познания лидером последователей и взаимодействия с ними на основе этого познания.
- Видение перспективы: лидерство – устремленность в будущее, обладание видением перспективы, наличие заманчивых для последователей планов и знание того, как их реализовать.
- Следование особым ценностям: лидерство – соответствие особым, наиболее притягательным для последователей ценностям, которые одновременно являются социально позитивными и значимыми.

Данная классификация используется в литературе по лидерству до сих пор, хотя в последнее время она была дополнена и расширена [19].

Проанализировав рассмотренные выше определения понятия «лидерство», можно выделить его суть, касающуюся сферы трудовых отношений. Лидерство – это отношения доминирования работника в коллективе, основанные на авторитете личности и руководящей способности. В состав лидерства входят следующие компетенции:

- коммуникабельность;
- устойчивость к стрессовым ситуациям;
- умение расставлять приоритеты;
- способность фокусировать энергию и ресурсы на поставленной задаче;
- способность создавать команду;
- наличие стратегического видения;
- способность заручаться поддержкой заинтересованных лиц;
- харизма;
- эмпатия.

Оценка восприятия лидерства в организации

Для того чтобы определить уровень осведомленности руководителей всех звеньев и их сотрудников о лидерстве и его роли в достижении поставленных в организации задач, а также узнать их мнение насчет сложившейся на предприятии ситуации, был проведен опрос методом анкетирования. Анкета была предложена сотрудникам предприятия ЗАО «Энергомаш (Сысерть) – Уралгидромаш». Предприятие занимается производством насосов, гидравлических турбин, высоковольтного оборудования, баков трансформаторов [20]. Некогда градообразующее предприятие в последнее время находится в весьма затруднительной ситуации, в частности, наблюдается кризис

взаимоотношений внутри коллектива. Именно поэтому его сотрудники были выбраны для анкетирования. Опрос был проведен среди 215 сотрудников предприятия. Ниже представлены вопросы и ответы на них с указанием процентного соотношения опрашиваемых.

На вопрос о наличии смысла существования лидера в организации 92 % опрошенных ответили, что лидер необходим, а 2 % считают, что в наличии лидера нет необходимости, формальных отношений вполне достаточно.

Результаты ответа на вопрос, становятся ли лидерами в процессе выполнения поставленных на предприятии задач или это – врожденная человеческая сторона, представлены на рис. 1.

Рис. 1. Природа возникновения лидерства
(составлено авторами на основе собственного исследования)

Ответы на вопрос, поощряет ли политика управления персоналом компании проявление лидерства, распределились следующим образом: 57 % опрошенных считают, что не поощряет; 18 % – что поощряет; остальные 25 % затруднились ответить.

Большинство опрошенных работников считают, что только менеджеры высшего и среднего уровней управления влияют на успех реализации поставленных задач организации (рис. 2).

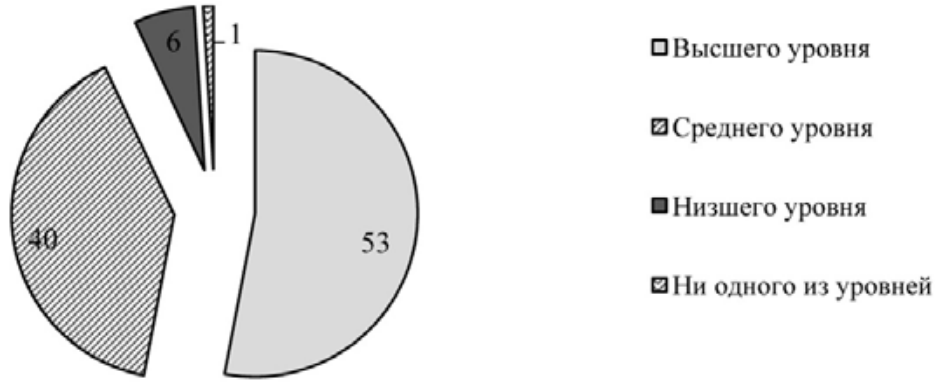


Рис. 2. Уровни менеджеров, с которыми связан успех реализации поставленных задач организации (составлено авторами на основе собственного исследования)

Интересно сравнить, какие лидерские компетенции наиболее востребованы в организации (рис. 3), с ответами на вопрос, какие лидерские компетенции больше всего, по мнению опрошенных, ценятся руководителями (рис. 4).

Рис. 3. Наиболее востребованные в организации лидерские компетенции (составлено авторами на основе собственного исследования)

Рис. 4. Лидерские компетенции, которые ценят руководители (составлено авторами на основе собственного исследования)

Сравнение рисунков показывает, что такие качества, как устойчивость к стрессу, способность фокусировать энергию и ресурсы на задаче, являются очень важными для лидера, но не считаются особо ценными самими руководителями. В то же время некоторые компетенции явно переоцениваются руководителями, например наличие стратегического видения.

При этом считают себя лидерами 68 % опрошенных, а 32 % респондентов считают себя людьми ведомыми и лидерами себя назвать не могут.

Далее был задан вопрос, обладают ли перечисленными лидерскими компетенциями руководители организации, в которой работают респонденты. 56 % опрошенных считают, что их непосредственные руководители обладают такими качествами, а 37 % полагают, что лидерские навыки у руководителей отсутствуют.

Следующий вопрос касался возможностей для респондентов реализовать свою потребность в лидерстве в рамках исследуемой организации. Ответы распределились следующим образом: 54,4 % опрошенных считают, что это реально, главное, чтобы у них самих было желание; 45,6 % опрошенных считают, что все зависит от определенных обстоятельств.

Последний вопрос был оценочным. Мы попросили респондентов оценить, продуктивно ли, по их мнению, организация использует потенциал лидерства (рис. 5).

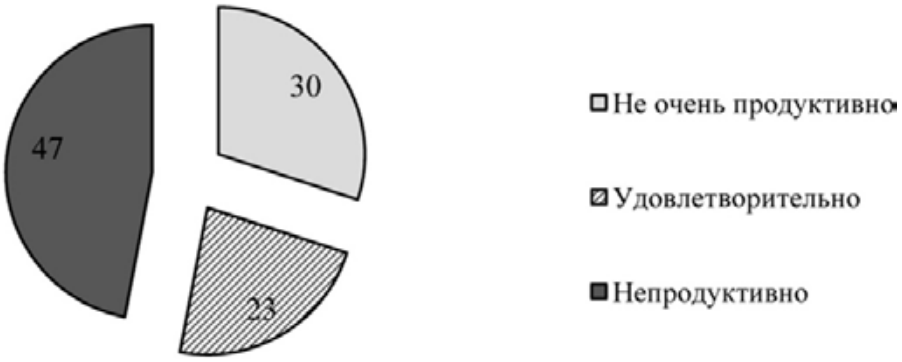


Рис. 5. Оценка использования лидерского потенциала
(составлено авторами на основе собственного исследования)

На основании ответов на поставленные сотрудникам организации вопросы можно сделать следующие выводы:

– наблюдается необходимость наличия лидера в организации;

– отсутствие поощрения проявления лидерских качеств говорит о наличии жесткого авторитарного стиля руководства в организации;

– наличие в организации авторитарного стиля управления заложило в умы сотрудников предположение, что мнение руководителей нижнего уровня и их лидерские качества в меньшей степени влияют на конечный результат рабочей деятельности;

– по мнению большинства сотрудников организации, наиболее предпочтительными качествами для лидера являются коммуникабельность, устойчивость к стрессу и способность фокусировать энергию и ресурсы на задаче. Это говорит о высокой эмоциональной напряженности, возникающей в процессе работы;

– руководителями организации наиболее ценятся такие качества лидеров, как наличие стратегического видения, способность создавать команду и умение определять приоритеты. Наличие данных лидерских компетенций

важно при определении в дальнейшем потенциальной замены нынешним руководителям предприятия;

– по мнению большинства сотрудников предприятия, лидерский потенциал почти не используется. Это может быть следствием ограничения рамками предписаний, характерных для авторитарного стиля управления организацией.

Считаем, что данную анкету можно рассматривать как инструмент, позволяющий оценивать сложившееся в организации представление о лидерстве, анализировать существующую на данный момент времени ситуацию, касающуюся отношений в коллективе, и, как следствие, искать пути решения проблем, если таковые были обнаружены.

Заключение

Таким образом, лидер дает импульс к развитию, в то время как формальный руководитель следует установленным правилам. Именно поэтому в наиболее развитых компаниях мира произошел перенос центра внимания с воспроизводства менеджеров на развитие и продвижение по карьерной лестнице сотрудников, обладающих лидерскими компетенциями.

В процессе развития лидерских качеств у потенциальных руководителей, помимо всего прочего, происходит процесс передачи накопленного опыта и знаний, которые будут являться ориентиром для будущего функционирования организации.

Отсутствие более полной осведомленности руководителей организации и их подчиненных о понятии «лидерство» существенно затрудняет процесс развития предприятия, что сказывается на его эффективности. Ведь управление сотрудниками предприятия только на основании установленных правил значительно снижает мотивацию у последних повышать качество изготовления продукции или оказания каких-либо услуг. Поэтому, по нашему мнению, существует необходимость развития лидерского потенциала у потенциальных руководителей организации, для чего нужно наличие четкого представления о природе лидерства. Именно для этого необходимо проведение исследований в рамках организации для обнаружения и ликвидации неточностей в восприятии лидерства у его сотрудников.

Библиографический список

1. Блондель, Ж. Политическое лидерство: путь к всеобъемлющему анализу : пер. с англ. / Ж. Блондель. – М., 2011. – 135 с.
2. Петрунин, Ю. Ю. Социология : словарь по обществознанию / Ю. Ю. Петрунин, М. И. Панов, Л. Б. Логунова. – 3-е изд. – М. : КДУ, 2014. – 512 с.
3. Душков, Б. Л. Психология труда, управления, инженерная психология и эргономика : энцикл. словарь / Б. Л. Душков, Л. В. Королев, Б. А. Смирнов. – 3-е изд. – М. : Академический проект, 2014. – 848 с.
4. Шипилов, А. И. Словарь конфликтолога / А. И. Шипилов, А. Я. Анцупов. – М. : Эксмо, 2010. – 526 с.
5. Деркач, А. А. Акмеологический словарь / А. А. Деркач. – М. : Изд-во РАГС, 2014. – 161 с.

6. Резанович, И. В. Бизнес-образование: профессиональное развитие менеджеров / И. В. Резанович. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2013. – 46 с.
7. Головин, С. Ю. Словарь практического психолога / С. Ю. Головин. – М. : АСТ : Харвест, 2013. – 800 с.
8. Коваль, Л. В. Краткий словарь-справочник по психологии / Л. В. Коваль. – М. : РУДН, 2015. – 18 с.
9. Мацумото, Д. Человек, культура, психология. Удивительные загадки, исследования и открытия / Д. Мацумото. – СПб. : Прайм-Еврознак, 2015. – 672 с.
10. Майерс, Д. Социальная психология / Д. Майерс. – 9-е изд. – СПб. : Питер, 2015. – 688 с.
11. Вердербер, Р. Психология общения / Р. Вердербер, К. Вердербер. – СПб. : Прайм-Еврознак, 2013. – 320 с.
12. Аберкромби, Н. Социологический словарь / Н. Аберкромби, С. Хилл, Б. С. Тернер ; пер. с англ. под ред. С. А. Ерофеева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Экономика, 2012. – 420 с.
13. Джери, Д. Большой толковый социологический словарь / Д. Джери, Дж. Джери. – М. : Вече : АСТ, 2012. – 544 с.
14. Гурнак, А. В. Историко-философский анализ развития проблематики лидерства в западной философии / А. В. Гурнак // Каспийский регион: политика, экономика, культура. – 2016. – № 1 (46). – 147–155 с.
15. Кондратьев, М. Ю. Психологический лексикон : энцикл. словарь : в 6 т. / М. Ю. Кондратьев. – М. : ПЕР СЭ, 2012. – 176 с.
16. Давлетчина, С. Б. Словарь по конфликтологии / С. Б. Давлетчина. – Улан-Удэ : ВСГТУ, 2015. – 100 с.
17. Аллаярова, Ж. С. Концептуализация природы лидерства: социокультурный аспект : автореф. дис. … канд. филос. наук / Аллаярова Ж. С. – Томск, 2011. – 25 с.
18. Стогдилл, Р. Справочник по лидерству. Обзор теории и исследований / Р. Стогдилл. – Нью-Йорк, 1974. – 319 с.
19. Евтихов, О. В. Лидерский потенциал руководителя: специфика, содержание и возможности развития / О. В. Евтихов. – Красноярск : СибЮИ МВД России, 2011. – 288 с.
20. Официальный сайт ЗАО «Энергомаш (Сысерть) – Уралгидромаш». – URL: http://www.uralgidromash.ru (дата обращения: 27.10.2016).

Кузнецов Дмитрий Алексеевич
аспирант,
Уральский государственный экономический университет
E-mail: dmitrii_kuznietsov_93@mail.ru

Kuznetsov Dmitry Alekseyevich
postgraduate student,
Ural State University of Economics

Кулькова Инна Анатольевна
доктор экономических наук, профессор,
кафедра экономики труда и управления персоналом,
Уральский государственный экономический университет
E-mail: i.a.koulkova@mail.ru

Kulkova Inna Anatolyevna
doctor of economic sciences, professor,
sub-department of labor economics and human resources management,
Ural State University of Economics

УДК 331.44
Кузнецов, Д. А.

Исследование восприятия лидерства в организации / Д. А. Кузнецов, И. А. Кулькова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 58–68.

УДК 334

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ДВУХУРОВНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

К. К. Кумехов

THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE TWO-LEVEL DESIGN OF THE MACROECONOMIC MODEL

K. K. Kumekhov

Аннотация. *Актуальность и цели*. Известные макроэкономические модели Ф. Кенэ, М. Э. Л. Вальраса, Р. Фриша, Дж. М. Кейнса, К. Эрроу – Ж. Дебре, П. Самуэльсона-Хикса, наших соотечественников А. А. Петрова и И. Г. Поспелова, Л. В. Канторовича и другие по разным причинам не позволяют решить стоящих перед экономической наукой теоретических и практических задач. В настоящем исследовании ставится цель представить оригинальную макроэкономическую модель, построенную не на концепции равновесия различных факторов экономики, а на технологическом факторе с использованием спред-линий, содержание и роль которых впервые описана в статье. *Материалы и методы*. Двухуровневая макроэкономическая модель, построенная на классических представлениях о факторах экономики, представляет собой схематическое отражение элементов и взаимосвязей между ними. При их обосновании использованы методы абстракции, моделирования, монографический метод и др. *Результаты*. В статье теоретически обоснована и схематически представлена принципиально отличная от классических моделей равновесия двухуровневая макроэкономическая модель, основу которой составляют две непересекающиеся плоскости: первая – движение ресурсов, вторая – движение денежных средств. Описаны этапы разработки и алгоритм внедрения результатов моделирования. Представленная модель позволяет структурировать все элементы макроэкономической модели и механизмы взаимодействия между ними, а также рационализировать системы глобального и локального управления ими. *Выводы*. На основании данного исследования установлено, что макроэкономическая модель по структурному содержанию является двухуровневой: первый уровень – движение ресурсов, второй – движение денежных средств. Такая модель основана не на концепции равновесия, которая делает невозможной использование результатов моделирования на практике, а на технологическом факторе, сформированном на выделении спредлиний. Предложена также схема внедрения результатов моделирования. На первом этапе разрабатывается абстрактная, идеальная, универсальная макроэкономическая модель. После этого с учетом ее содержания разрабатывается полезная, имитационная модель для конкретной экономики. Затем путем сопоставления параметров полезной и реальной модели выявляются расхождения, которые являются основанием для управленческих воздействий.

Ключевые слова: макроэкономическая модель, моделирование, имитация, спред-линия, континуум, поля передела.

Abstract. *Background.* Famous macroeconomic models: F. Kene, M. E. L. Valras, R. Frish, J. M. Keynes, K. Errou – J. Debrou, P. Samuelson-Hicks, our compatriots: A. A. Petrova and I. G. Pospelov, L. V. Kantorovich and others for various reasons do not allow to solve the theoretical and practical problems facing economics. The purpose of this

study is to present an original macroeconomic model based not on the concept of equilibrium of various factors of the economy, but on the technological factor, using the «spread lines», the content and role of which is described for the first time in the article. *Materials and methods.* A two-level macroeconomic model is a schematic representation of the elements and interrelations between them, built on the classical concepts of the factors of the economy. With their justification, the methods of abstraction, modeling, monographic and others were used. *Results.* The article theoretically substantiates and schematically represents a two-level macroeconomic model, fundamentally different from classical equilibrium models, based on two disjoint planes: the first is the movement of resources, the second is the movement of money. The stages of development and the algorithm for implementing simulation results are described. The presented model allows to structure all elements of a macroeconomic model and mechanisms of interaction between them, and also to rationalize systems of global and local management by them. *Conclusions.* Based on this study, it is established that the macroeconomic model for structural content is two-level: the first level is the movement of resources, the second is the movement of money. This model is not based on the concept of equilibrium, which makes it impossible to use the results of modeling in practice, but on the technological factor formed on the allocation of the spread lines. A scheme for introducing simulation results is also proposed. At the first stage, an abstract, ideal, universal macroeconomic model is developed. After that, taking into account its content, a useful, simulation model for a specific economy is developed. Then, by comparing the parameters of a useful and real model, discrepancies are identified, which are the basis for administrative influences.

Key words: macroeconomic model, simulation, imitation, spread line, continuum, redistribution fields.

Введение

Концептуальная макроэкономическая модель должна дать ответы на несколько принципиальных вопросов:

1. Какова сущность моделируемого объекта – экономической системы: отражает ли она объективную реальность, существующую независимо от воли и желания человека, или это феномен человеческого творчества?

2. Какова конструкция этой модели: это «сложная, вероятностная, динамическая система, охватывающая процессы производства, обмена, распределения и потребления материальных благ» [1], состояние которой связано с общественно-политическим устройством и управляется им, или это агрегат по превращению природных ресурсов в материальные и иные блага, могущий эффективно функционировать по своим законам, без управленческого воздействия политических институтов?

3. Какими подходами, принципами и методами следует руководствоваться при конструировании макроэкономических моделей и каков их алгоритм?

4. На что направлено моделирование: на удовлетворение материальных и иных потребностей общества в целом или на разработку механизмов максимизации прибыли субъектов?

5. Какие основные факторы определяют внутреннюю конструкцию модели и каковы ее границы?

6. Какие внутри- и внесистемные силы определяют основные направления внутрисистемного развития, или это процесс хаотический?

При разработке такой модели необходимо учитывать исторический опыт, так как только «исторический метод позволяет оценить исторический ракурс и развитие экономических систем и явлений» [2]. Ее теоретическую основу должны составлять научные представления о факторах производства, технологических процессах, связях и отношениях между субъектами и институтами в процессе их взаимодействия, целеполагание и т.д.

Абстрактные модели этапов эволюции экономических систем

На основе исторического описания процесса эволюции экономических систем можно выделить пять моделей, отражающих стадии их становления:

1) доисторическую модель;
2) модель натурального хозяйства;
3) модель стадии примитивных форм обработки первичного сырья и появления товарных денег;
4) прединдустриальную модель;
5) модель стадии современных товарно-денежных отношений.

Конструкции перечисленных моделей составлены схематически на основе абстракции. Такое представление позволяет максимально конкретизировать содержание моделей и минимизировать возможности словесного маневра. По своему характеру такие модели являются имитационными, искусственными, отражающими «реальные процессы в экономике с целью исследования, обучения, планирования и прогнозирования» [3, с. 266].

Первая стадия – наиболее простая с точки зрения моделирования. Ее основная особенность – отсутствие труда как осознанной, целенаправленной деятельности по удовлетворению человеком своих потребностей. На этой стадии человек мало чем отличается от представителей животного мира, так как все потребности удовлетворяются на основе использования свойств окружающей среды. Несмотря на это, на данном этапе выделяются самые главные факторы становления будущих экономических систем: потребности человека и природные ресурсы (рис. 1).

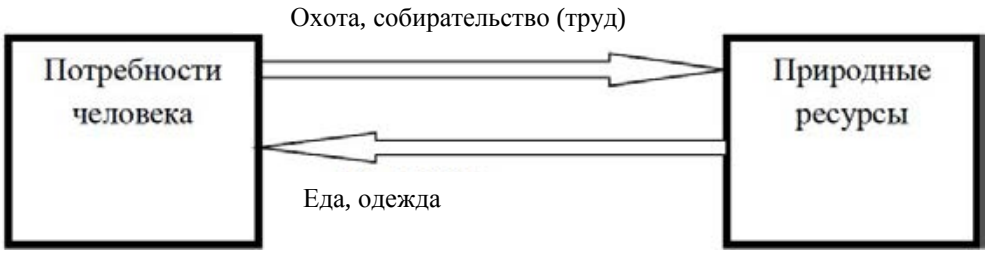


Рис. 1. Доисторическая модель

Дальнейшее развитие экономических систем связано с эволюцией способов взаимодействия между потребностями человека и природными ресурсами, в которых экономика является как бы «прокладкой» между ними, все более совершенствующимся механизмом удовлетворения человеческих потребностей.

Вторая стадия, натуралистическая, знаменуется не только зарождением труда как целенаправленной деятельности, но и процессов его разделения, переходом на оседлый образ жизни и связанной с этим системой натуральных обменов (рис. 2).

На данном этапе как элементы системы проявляются труд, физические лица и общины. Основной механизм взаимодействия между ними – обмены.

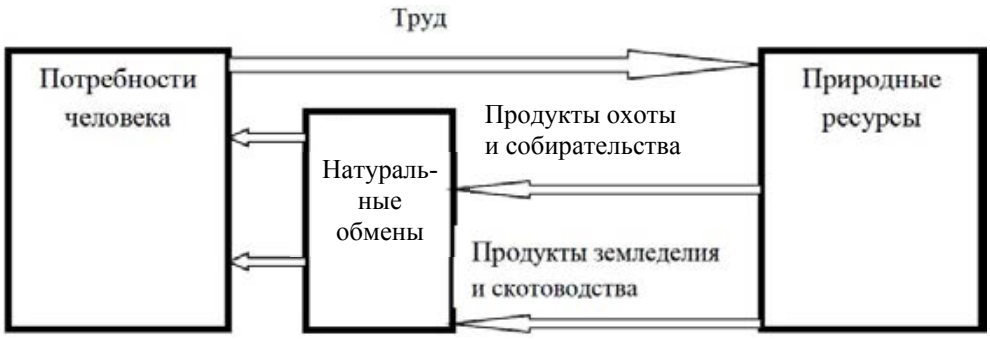
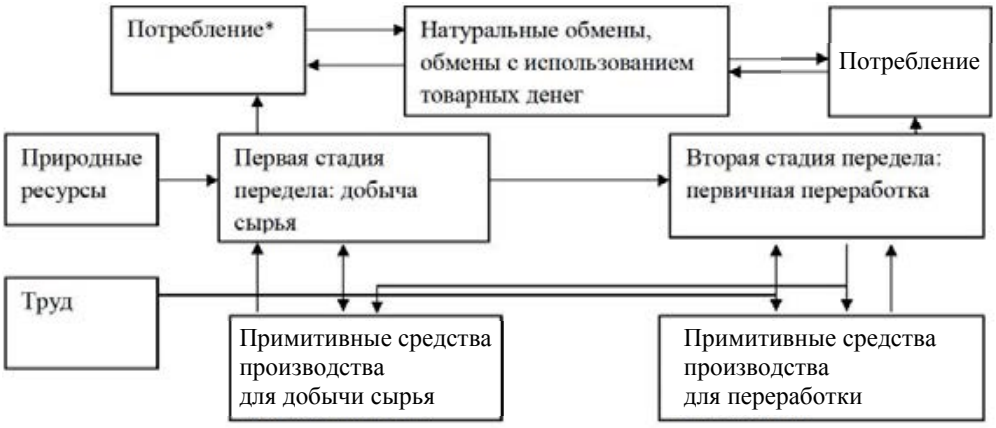


Рис. 2. Модель стадии натурального хозяйства

Третья стадия – становление примитивных форм обработки первичного сырья и появление товарных денег. На этом этапе начинается проявление технологического фактора, основанного на более глубоких знаниях свойств различных материалов и климатических условий. Здесь явно выделяются классы «добытчиков» и «переработчиков» сырья не только для личного потребления, но и для производства обменов с использованием товарных денег как обменного эквивалента (рис. 3).



* «Потребление» тождественно потребностям человека

Рис. 3. Модель стадии примитивных форм обработки первичного сырья и использования товарных денег

Таким образом, наблюдается усложнение экономической модели: в результате разделения труда наряду с классами формируются поля передела как

элементы системы. Вводимое понятие «поле передела» шире, чем понятие «отрасль». В отрасли, как известно, субъекты объединяются на основе общности выполняемых функций, потребительских качеств выпускаемых товаров и услуг. Поля передела формируются только на основе технологического фактора, без учета потребительских качеств производимой продукции. Поэтому на одном поле передела располагаются предприятия и целые отрасли, занятые, к примеру, добычей сырья, такие как сельское хозяйство, добычей минерального сырья, добычей металлов и других полезных ископаемых, а также поступлением сырья из-за границы. Таким образом, на этом этапе в модели можно выделить два поля передела: первое поле – добыча сырья, второе – его переработка. Кроме этого, здесь в процессе труда применяются примитивные, но многократно используемые средства производства при добыче и переработке продуктов.

Вместе с этим начинается становление и развитие форм собственности, что в свою очередь выделяет особый класс занятых управленческими функциями. Усложняющиеся технологии существенно увеличивают количество связей между субъектами, зарождаются отношения между ними, чему наряду с разделением труда во многом способствует использование натуральных денег.

Четвертая модель отражает прединдустриальную стадию, которая характеризуется становлением и совершенствованием коллективных форм организации труда, обеспечивших рост потребительских качеств товаров. Широко применяющийся наемный труд оплачивается вошедшими в оборот металлическими деньгами, которые намного удобнее в пользовании своих предыдущих аналогов – натуральных денег (рис. 4), что в свою очередь приводит к ликвидации многоступенчатых натуральных обменов.

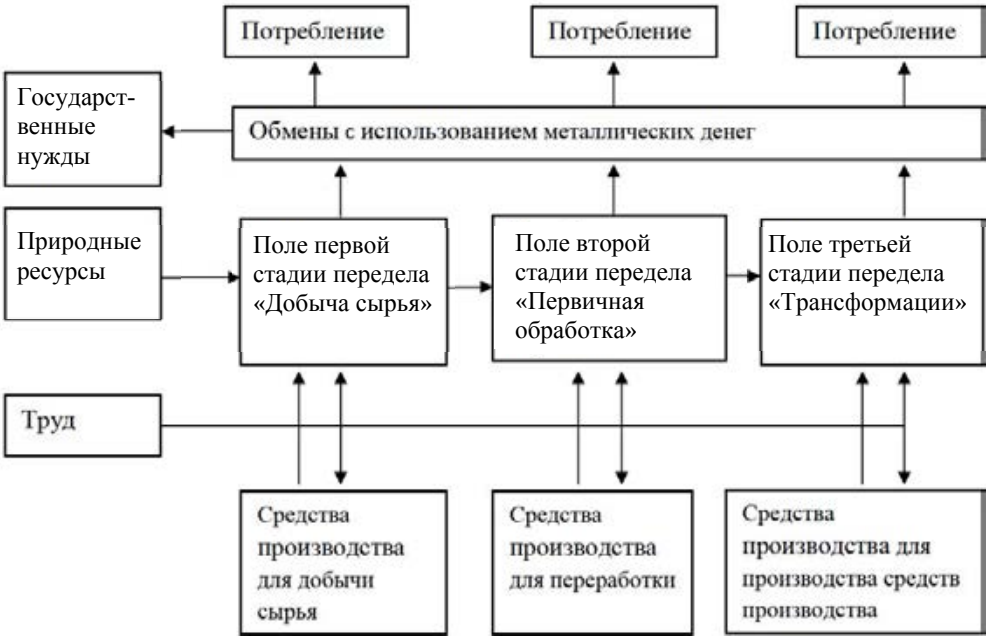


Рис. 4. Модель прединдустриальной стадии

Дальнейшие познания в области переработки металлов (меди, железа, свинца и других) способствовали созданию сложных, многокомпонентных орудий труда. Тем самым были обозначены контуры очередного поля передела, который можно назвать полем трансформаций. На этом поле проявляют себя субъекты, занятые выработкой многокомпонентных товаров, более сложных орудий труда.

Все это происходит параллельно с совершенствованием форм государственной власти, без которой невозможно дальнейшее развитие, так как зарождающийся класс собственников нуждался в «правилах игры» – законах. Существенно преображалась социальная сфера и др. С точки зрения схематического конструирования четвертой стадии развития она, как и предыдущие модели, остается одноуровневой.

Наличие одноуровневой конструкции объясняется тем, что введение в оборот денег происходило в период патримониального устройства, когда деньги выпускались и находились в обороте по распоряжению правителей. При этом обладатели денег без посредников могли их обменять на любой товар, и не только. Деньгами можно было расплачиваться за труд, платить налоги тем же правителям и т.д. В процессе проведения расчетов между владельцами металлических и бумажных денег и товаров не было посредников, деньги представлялись в процессе обмена номинально, а их ценность основывалась в основном на их физическом весе. Именно это обстоятельство является главнейшим фактором, обусловливающим одноуровневую конструкцию представляемой модели.

Конструкция двухуровневой макроэкономической модели

Проявление современной двухуровневой макроэкономической модели начинается с начала возникновения банков. Изначально организованные как центры ростовщичества, они постепенно стали хранилищами денег и расчетными центрами. Кроме этого, создавая «удобства» при расчетах между продавцами и покупателями, отправителями и получателями, они тем самым фактически стали вечными обладателями денег, тогда как их собственники денег довольствовались ролью распорядителя в едином денежном пространстве, где правила игры задаются банками. Взаимодействовавшие до этого в единой плоскости товарные и денежные потоки разделились по причине присвоения банками агентских полномочий в транзакциях, которых не интересуют потоки ресурсов. Кроме этого, обозначившаяся единая цель для всех субъектов товарно-денежных отношений (увеличение прибыли) стимулировала зарождение новых инструментов извлечения прибыли по видам деятельности, не связанным с движением ресурсов. Это кредитование, страхование, введение в оборот различных ценных бумаг и т.д.

Научное обоснование двухуровневой макроэкономической модели включает набор «принципов и способов организации и построения теоретической и практической деятельности» [4, с. 368], которые дают описание «компонентов и функций, отображающих существенные свойства моделируемого объекта» [5, с. 204]. В совокупности они формируют методологию двухуровневого моделирования, направленную:

1) на определение цели создания модели: прогностическая, имитационная или оптимизационная [3, с. 405]. Для этого должен быть определен перечень вопросов, на которые должны быть получены ответы в результате моделирования;

2) на определение состава элементов, его составляющих, на основе выработки общих критериев их идентификации. Это очень важно, так как невключение хотя бы одного элемента экономической системы в модель способно разрушить ее конструкцию, что неминуемо приведет к некорректным результатам моделирования;

3) на установление конструктивных связей между элементами модели, механизмами их функционирования, их качественными и количественными проявлениями. Так как экономическая модель по своему характеру является интегрированной, следует учитывать варианты мультипликативных эффектов;

4) на определение четких визуальных границ модели: макро-, микро- и его характера: замкнутая, открытая;

5) на описание способа формализации модели: словесная, математическая, геометрическая, структурная, специальная [6] и т.д.;

6) на выработку системы детерминирующих и оценочных показателей и эффектов;

7) на обоснование этажности модели, разработки механизма запуска и оценки результатов моделирования.

Построенная с учетом этих принципов модель позволит создать «наилучшую экономическую систему», которая «максимально обеспечивает людей тем, в чем они нуждаются» [7].

В отличие от одноуровневой в двухуровневой макроэкономической модели отдельные элементы и их взаимосвязи могут быть представлены в виде двух непересекающихся плоскостей. Первый уровень – движение природных ресурсов от добычи до их потребления. На этом уровне, как и в модели первой и последующих стадий, на «входе» мы наблюдаем природные ресурсы и целенаправленную деятельность человека – труд, на «выходе» – расширившиеся до небывалых размеров потребности человека во всем их многообразии. Все, что находится «между ними», есть экономика. Стержнем этого пространства являются сформировавшиеся поля переделов. Поле передела можно определить как совокупность хозяйственных отраслей и входящих в их состав хозяйствующих субъектов, объединенных общностью выполняемых функций и характером участия в создании материальных и иных благ (рис. 5).

Исходя из этого, движение ресурсов от их добычи и потребления можно подразделить на четыре поля передела: первое поле – «Добыча сырья», второе – «Первичная переработка», третье – «Сложные трансформации» и четвертое – «Сложные конструкции».

На поле первого передела сконцентрированы добывающие отрасли и предприятия, их инфраструктура и сервисное обслуживание. По схеме на данном поле, как и всех остальных полях, соединены воедино все факторы производства: труд, природные ресурсы и производственная база – средства производства. Они вместе с поступающим извне сырьем формируют «входящие потоки».

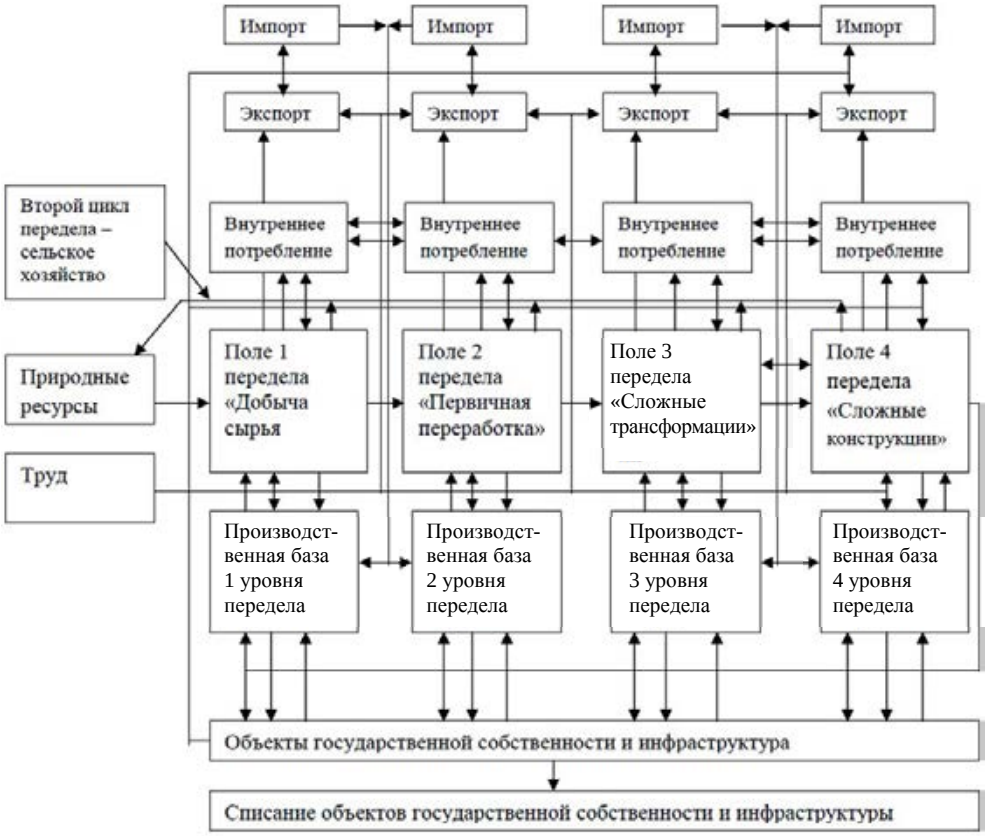


Рис. 5. Первый уровень двухуровневой модели – движение природных ресурсов

Исходящие потоки каждого поля передела определяются направлениями использования добываемой продукции: дальнейшая переработка, т.е. переход на поле первичной переработки (промежуточное потребление), внутреннее потребление, экспорт и использование при формировании производственной базы и инфраструктуры.

Здесь следует выделить место сельскохозяйственного производства, которое удалось установить в результате достоверного отражения процессов в двухуровневой модели.

Многими зарубежными авторами в зависимости от «отстояния» от природной среды оно также относится к первому переделу, при этом не учитываются технологические факторы, которые выделяют эту отрасль из других добывающих отраслей. В частности, общеизвестно, что в сельском хозяйстве земля используется не как физическое основание для осуществления любой деятельности, а как средство производства. Однако в отличие от недр, для улучшения качества которых никаких вложений не требуется, в сельском хозяйстве для получения сырья необходимы вложения на улучшение среды, из которой это сырье исходит. Они направлены на улучшение естественного плодородия почвы и создание агротехнических условий для произрастания растений. По сути, это второй цикл передела. В связи с этим уместно подраз-

делить затраты в растениеводстве на вложения на обеспечение агротехнических условий и сбор урожая.

При сравнении производственных процессов в сельском хозяйстве с добывающими отраслями становится очевидным, что они были бы на равных экономических условиях только в том случае, если бы земледельцам ничего не нужно было бы делать, кроме как загнать на поле комбайн и убрать урожай, который сам по себе произрастает в неограниченном количестве.

Если говорить о животноводстве в составе сельскохозяйственной отрасли, то это еще один – третий – цикл передела, но связанный уже не с вложениями в землю, а в живые организмы – домашние животные.

При разработке различных государственных программ эти основополагающие причины малой привлекательности и низкой экономической эффективности сельскохозяйственного производства не учитываются. Тогда как именно в силу этих специфических особенностей отрасль изначально находится в невыгодных экономических условиях и проигрывает в межотраслевой конкуренции.

Вторая стадия передела, как и все последующие, формируется на «входе» и «выходе» из аналогичных источников. На этом поле располагаются перерабатывающие предприятия, предприятия их инфраструктуры и сервисного обслуживания. На этом уровне производятся продукты питания и сырье для дальнейшего использования.

Отличительной особенностью третьего уровня передела – «сложных трансформаций» – является то, что на предприятиях здесь производятся многокомпонентные, синтетические продукты, состоящие из различных материалов и их производных. Кроме этого, сюда можно отнести предприятия, производящие полуфабрикаты для дальнейшего использования. Часть продукции может быть использована для прямого потребления, другая как промежуточное потребление используется на поле «сложных конструкций». На этом поле сконцентрированы предприятия, производящие средства производства, бытовую технику и другие сложные конструкции, а также строительные организации и т.д. Отрасли данного передела имеют обратную связь с предприятиями и отраслями всех других переделов в части формирования их производственной базы.

Таким образом, на основе краткого описания схематического отображения первого уровня макроэкономической модели можно сделать вывод о том, что в качестве элементов можно выделить природные ресурсы, труд, четыре уровня передела, их производственную базу, объекты государственной собственности и инфраструктуру, внутреннее потребление (человеческие потребности), экспорт и импорт. Наряду с внутренним потреблением списание объектов производственной базы и инфраструктуры выделяется в качестве завершающего этапа их жизненного цикла.

Движение каждого вида ресурсов по схеме происходит на основе технологического фактора, который раскрывает весь спектр вариантов использования того или иного вида ресурсов. В данном случае напрашивается выделение спред-линии как новой экономической категории. Спред-линия – это все возможные варианты использования природного ресурса на всех стадиях

передела, воплощенные в конкретные продукты, имеющие натуральное и стоимостное выражение.

Спред-линия должна формироваться на основе качественных, количественных и стоимостных показателей, которые изменяются в процессе прохождения продукта от одного передела к другому. Качественные показатели должны отражать потребительские характеристики продуктов, полученных на каждом последующем уровне передела, количественные характеристики – определять их количество, выработанное из единицы первичного сырья, и стоимостные – определять стоимость на каждом последующем переходе. Определение оптимального соотношения между этими показателями – важнейшая задача имитационной модели, напрямую связанная с развитием научно-технического прогресса. В связи с этим можно утверждать, что спредлиния напрямую формируется и изменяется под воздействием НТП. Новые достижения фундаментальной науки способны существенно изменить вышеуказанные параметры.

Еще один, не менее значимый фактор спред-линии – стоимостной. Алгоритм продвижения природного ресурса ясно показывает, что формирование стоимости отдельных компонентов спреда в решающей степени зависит от цены, заложенной еще на первой стадии передела – добыче природных ресурсов. Даже без всяких расчетов, вследствие отсутствия информации о механизмах формирования цены на этом этапе, очевидно, что завышенная цена на этом этапе может привести как минимум к трем негативным последствиям:

1. Дальнейшие циклы передела при высокой первоначальной цене являются бессмысленными с экономической точки зрения, так как предприятия становятся неконкурентоспособными со всеми вытекающими последствиями. Состояние ресурсоориентированных национальных экономик (как это мы видим на примере нашей экономики) зависит только от этих отраслей.

2. Формируется устойчивый механизм, когда львиную долю всех поступлений в бюджеты обеспечивают предприятия первого передела. На самом деле это верно только с точки зрения налогового администрирования, а реальные денежные потоки покрываются за счет потребителей высших ступеней передела. На основании этого также можно сделать вывод о том, что уровень развития отраслей высших степеней передела (третьего, четвертого поля и второго цикла передела) напрямую зависит от того, позволяет ли стоимость дошедших до них ресурсов при существующих технологиях и ценах получать хотя бы какую-нибудь выгоду.

3. Наблюдается снижение эффективности использования денежной массы, которая должна в достаточной степени «питать» все элементы экономической модели.

Представленная статическая модель первого уровня позволяет также создать схематическое представление о локальных структурах данного уровня, таких как отраслевая структура (продольные линии), внутриотраслевая структура (поперечные линии). Данные представления могли быть заложены в основу при разработке структуры управления на макроуровне: создании министерств, ведомств, центров ответственности и информационной систе-

мы, осуществляющей сбор, обработку и анализ информации с целью оптимизации движения ресурсов в целом.

Второй уровень модели – движение денежных средств – из-за сложности конструкции невозможно отразить одной схемой. В связи с этим он подразделен на два сектора: сектор реальной экономики и финансовый сектор. Состав элементов сектора реальной экономики по схеме в точности повторяет состав элементов первого уровня, за исключением того, что в качестве новых элементов модели на данном уровне вводятся финансовые институты: ЦБ, коммерческие банки и другие кредитные учреждения, внешние кредиторы и инвесторы, бюджеты всех уровней и внебюджетные фонды, валютный, фондовый и страховые рынки (рис. 6).

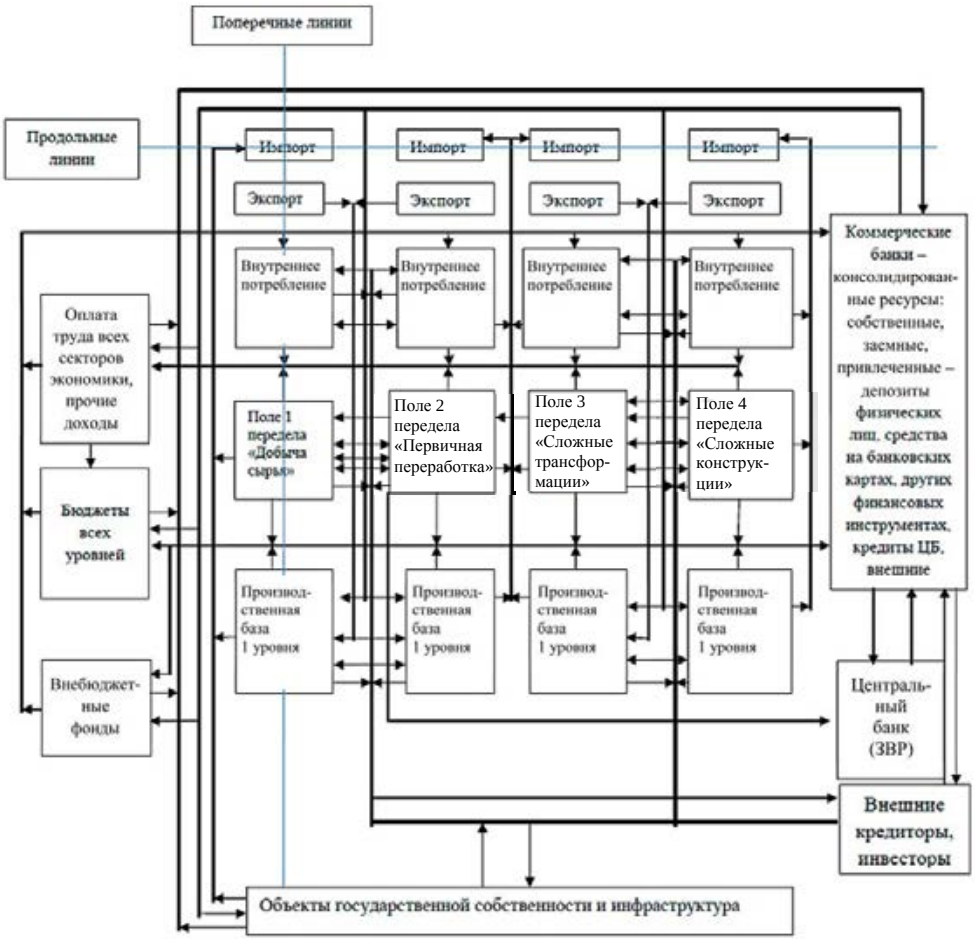


Рис. 6. Второй уровень двухуровневой модели – движение денежных средств (реальный сектор экономики)

Схема расположения элементов реального сектора в точности повторяет их расположение на первом уровне. В то же время основная их цель – обеспечение продвижения потока природных ресурсов (спредов) до промежуточных и конечных потребителей путем налаживания потоков денежных средств.

Двухуровневая модель (см. рис. 5, 6) представляет движение потоков природных и денежных ресурсов как противонаправленные. Это принципиально важный момент, меняющий наше привычное представление о хозяйственных процессах как о кругообороте, в котором происходит повторяющаяся конвертация денег и ресурсов в единой плоскости. Данное представление справедливо лишь с позиции субъектов, а для макроэкономического моделирования это неверное представление. Как видно из схемы, банки и другие кредитные учреждения являются постоянными распорядителями основной денежной массы и используют ее для извлечения прибыли. Такое положение не может не вызывать массу вопросов, связанных с декларируемыми свойствами денег.

Прибыль, полученная таким путем, не способствует увеличению валового национального продукта, деньги используются «вхолостую», только для целей ее перераспределения. На втором уровне также определены место и взаимосвязи бюджетов всех уровней и внебюджетных фондов, доходы которых в основном формируются за счет функционирования реального сектора экономики (рис. 7).

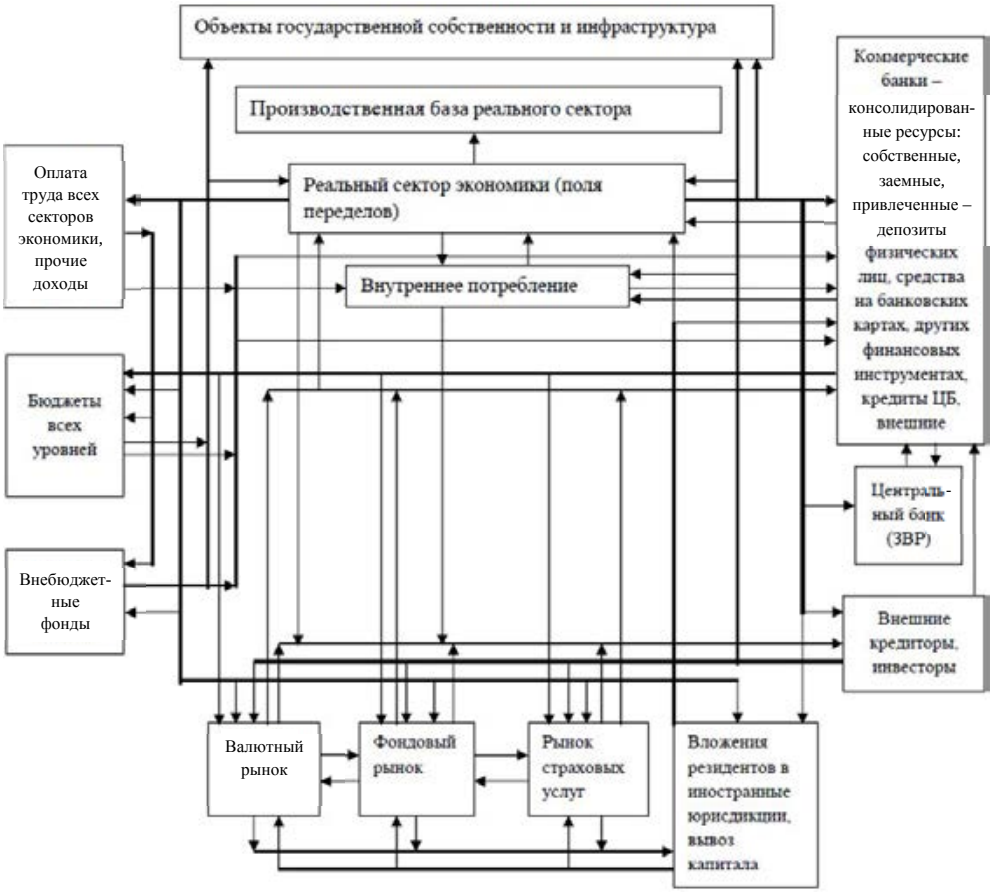


Рис. 7. Второй уровень двухуровневой модели – движение денежных средств (финансовый сектор)

Таким образом, во второй части модели отражена схема основных денежных потоков. Для отражения элементов и взаимосвязей, не включенных в схему, при необходимости разрабатываются локальные модели с их детализацией.

При построении двухуровневой модели одной из основных задач было выявление направленности денежных потоков, их соотношение с потоками природных ресурсов и структурирование элементов на каждом уровне модели. Исходя из этого, среди элементов второго уровня мы видим фондовый и валютный рынки, страховые компании, внешних инвесторов и каналы вывода денег за пределы экономической системы.

Очевидно, что две плоскости, составляющие единую систему, должны быть взаимосвязаны. Поэтому очень важно достоверно определить механизм взаимодействия двух уровней в процессе функционирования. Он призван показать характер связей элементов первого и второго уровней, а также давать возможность оптимизации их параметров в процессе функционирования.

Различные экономические школы в подавляющем большинстве видели механизм налаживания экономической модели в построении равновесия между спросом, предложением, инвестициями, занятостью, ценами и т.д. [8, с. 181–189]. Как показала практика, даже при достижении идеального равновесия авторы могут объяснить лишь причины той или иной ситуации, но не могут экстраполировать полученный опыт и знания на будущие события ввиду того, что постоянно меняется конъюнктура. По сути, это погоня за тенью.

Предлагаемая схема механизма взаимосвязи и взаимодействия между двумя уровнями макроэкономической модели выражается в виде двух шкивов, соединенных между собой валом синхронизации вращения. На верхнем уровне представлено поле передела, на котором в виде вращающихся кругов обозначены основные факторы производства – ресурсы, живой труд и средства производства. Вращение с определенной скоростью позволяет генерировать готовый продукт, в дальнейшем распределяющийся по каналам реализации, которые можно проследить по схеме первого уровня.

Второй – нижний – уровень представляет собой отражение денежных потоков, связанных с движением продукции на верхнем уровне. Они подразделяются в зависимости от их направленности на входящие (оплата за продукцию, прочие поступления, поступления из бюджетов, кредиты и займы и т.д.) и исходящие (оплата труда, ресурсов, перечисления в бюджеты всех уровней и внебюджетные фонды, инвестиции, накопления, дивиденды, возврат заемных средств и т.д.). Другими словами, это все общепризнанные каналы движения ресурсов и денежных потоков. Между ними, как видно из схемы (рис. 8), существует жесткая взаимосвязь, которая отражена в виде вала синхронности вращения.

Очевидно, что механизм взаимодействия двух уровней в процессе его запуска требует «налаживания», т.е. определения качественных, количественных и временных параметров отдельных его составляющих. Наладить механизм означает исключить или минимизировать все возможные «люфты» – временные лаги между потоком ресурсов и денежных средств, которые могут привести к нарушениям непрерывности и ритмичности, тем самым обеспечить синхронность вращения.

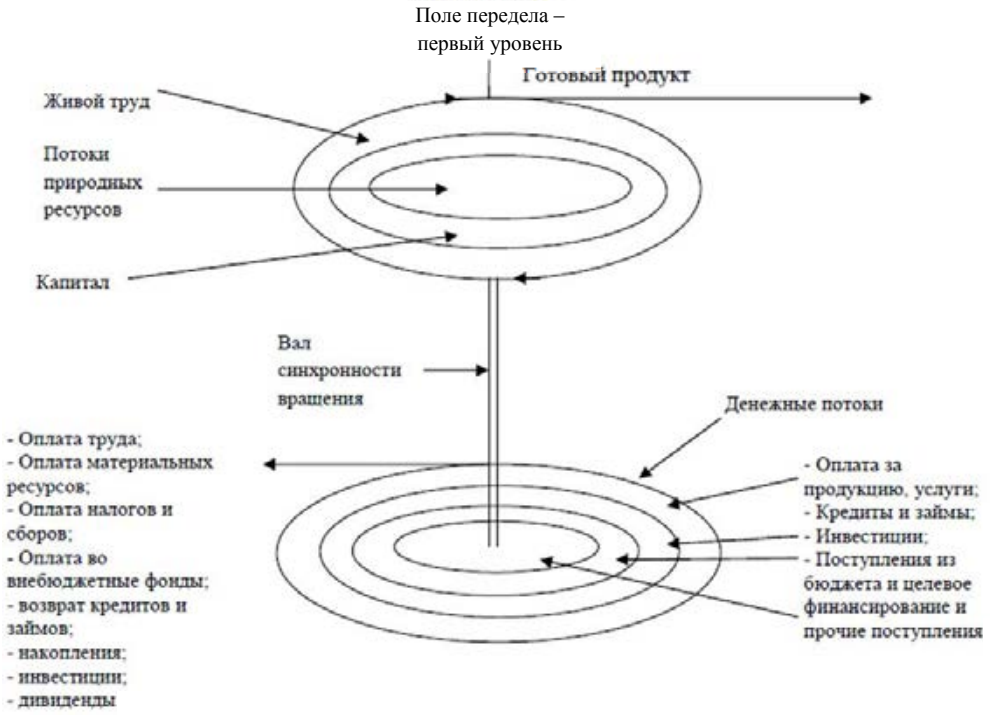


Рис. 8. Механизм взаимодействия потоков материальных (спред-линий) и денежных ресурсов

Следует учитывать, что с учетом алгоритма хозяйственных процессов некоторые временные разрывы допустимы. В то же время сверхнормативные разрывы могут привести к отказу всего механизма, что на деле означает разрыв хозяйственных связей. По схеме видно, что это может происходить как за счет неотрегулированности денежных потоков на втором уровне, так и за счет нарушения хозяйственных связей на первом. Исходя из этого, наладка механизма должна производиться изначально в каждой плоскости отдельно: на верхнем уровне – за счет налаживания связей и отношений, на нижнем – за счет синхронизации денежных потоков. После этого принимаются меры по синхронизации потоков материальных ресурсов и денежных потоков во времени, и только после этого механизм запускается вновь.

Двухуровневое представление макроэкономической модели позволяет вскрыть еще один весьма значимый фактор функционирования модели в целом – это количество и расположение механизмов. Их можно определить путем вертикального наложения схемы, отображающей движение ресурсов, на схему движения денежных средств (сектор реальной экономики). Таким образом, мы получим, что каждый из элементов первого уровня модели будет иметь связь с уровнем движения денежных потоков посредством вышеописанного механизма. В результате «наложения» обнаруживается, что некоторые элементы второго уровня (финансового сектора) как бы не имеют взаимосвязи с элементами первого уровня модели. Однако это не так. Здесь можно говорить о том, что в первом случае мы имеем дело с межуровневой

связью, которая представляет собой механизм синхронизации потоков материальных и денежных ресурсов с целью достижения поставленной цели.

Во втором случае связь одноуровневая, тождественная по экономическому смыслу понятию горизонтальных связей, которые «носят характер согласования» [9] и связаны только с движением денежных ресурсов и их заменителей.

Этапы разработки модели

Формирование и использование результатов двухуровневой имитационной макроэкономической модели должно происходить поэтапно. Каждый этап включает набор конкретных логически последовательных действий, обеспечивающих разработку и внедрение макроэкономической модели.

1-й этап – конструирование статической имитационной экономической модели. На этом этапе определяется система исходных параметров на первом уровне модели «Движение ресурсов». Состав ресурсов определяется исходя из ресурсного потенциала национальной экономики, наличия трудовых ресурсов и сложившейся производственной базы по уровням передела. Исходя из принципов максимальной полезности каждого вида ресурсов для экономики в целом и максимальной производительности труда уточняются спредлинии каждого вида ресурсов по полям передела от добывающих отраслей до отраслей поля «Сложные конструкции». Исходным пунктом для их определения является генеральная цель функционирования всей модели. Если она создается для «удовлетворения возрастающих потребностей населения в товарах и услугах», модель должна быть настроена на соответствующие параметры. Если в ее основе будет заложено «удовлетворение потребностей через создание условий для бизнеса», для нее необходимо подбирать другие алгоритмы и оценочные критерии.

Одновременно на втором уровне модели «Движение денежных средств» под движение ресурсов подбираются встречные потоки денежных средств: от поля «Сложные конструкции» до добывающих отраслей.

2-й этап – ввод временных параметров. На этом этапе движение каждого ресурса на первом уровне и встречное движение денежных средств расписываются по времени. Если на первом этапе использовано статическое содержание времени, сопряженное с «сосуществованием всех модусов времени, таких как произвол в выборе точки настоящего, симуляция хода и направления времени, интервальная длительность» [10] и т.д., то здесь при конструировании должно быть использовано «динамическое содержание времени» – неравнозначность модусов, отличие времени от пространства, акцент на момент настоящего и его значимости, необратимость хода и его направленность. Применение на данном этапе «динамического времени» одинаково актуально для обоих уровней модели. Если на первом уровне движение ресурсов во времени привязано к технологии их продвижения по полям передела, то на втором уровне (встречных денежных потоков) динамическое время определяется ограничениями для обеспечения непрерывности продвижения ресурса.

3-й этап – обоснование и ввод системы исходных качественных и количественных показателей, критериев и параметров оценки. Это самый слож-

ный этап, который для первого уровня модели начинается с определения перечня ресурсов национальной экономики, причем не только уже используемых, но и потенциально возможных, с указанием объемов и периодичности их введения в оборот (добычи). Очень важно при этом выработать подходы по выбору сбалансированных вариантов запуска и различного сочетания добываемых ресурсов. Они могут определяться на основе оптимального сочетания внутренних потребностей и внешней конъюнктуры.

На втором уровне модели в первую очередь необходимо сбалансировать денежную массу между финансовым сектором и реальной экономикой, не забывая о том, что основная цель экономики – обеспечение материальных потребностей населения. Должен соблюдаться приоритет реального сектора в достаточном обеспечении денежной массой для поддержания хозяйственных процессов.

4-й этап – конструирование имитационной динамической модели. По своей сути это «запуск», который начинается с обозначения схемы продвижения каждого ресурса до его полного потребления. При этом следует исходить из необходимости использования системы необходимых допущений:

а) на всех предприятиях, вовлеченных технологически в процесс продвижения ресурса, на момент запуска имеются все необходимые условия для обеспечения непрерывности и ритмичности продвижения ресурса от добычи до полного использования;

б) все предприятия, вовлеченные в процесс продвижения ресурса, платежеспособны;

в) на всех этапах продвижения ресурса используются техника и технологии, позволяющие достичь максимально возможной производительности труда;

г) исходя из принципа максимальной полезности и целеполагания всей модели определены каналы использования каждого вида ресурсов.

Критерии максимальной полезности каждого вида ресурсов могут определяться, к примеру, исходя из максимальной пополняемости бюджетов всех уровней. Кроме этого, должны учитываться мультипликативные эффекты, которые могут иметь место при тех или иных сочетаниях конечных продуктов, получаемых из одного вида ресурсов.

5-й этап – определение оптимальных параметров имитационной модели. Как следует из предыдущих этапов, они формируются на «входе» – ресурсный потенциал, трудовой потенциал и производственная база (инфраструктура), «внутри» – технологии и горизонтальные внутрисистемные и межуровневые связи и на «выходе» – обеспечение материальных потребностей общества в заданных объемах и экспорта. Иными словами, на «выходе» должен быть представлен максимально возможный результат, который может быть обеспечен при соблюдении идеальных условий производства.

6-й этап – сопоставление параметров имитационной и реальной моделей. На данном этапе на основании сопоставления параметров имитационной и реальной моделей выявляются отклонения, которые являются программой к действиям для руководства. Несмотря на очевидность логической схемы на данном этапе, полагаем, что принимать решения на основе этих расхождений будет нелегко, так как при сложившейся практике, когда «точки прило-

жения» и «приоритетные направления» определяются неизвестно кем и на каком основании, они могут идти вразрез с лоббистскими интересами.

Тем не менее с учетом объективности и нейтральности представленного подхода, если руководство заинтересовано в налаживании экономики, это единственный путь, обеспечивающий развитие экономики. Исходя из этого, под обеспечение полученных на первом уровне модели параметров должен быть настроен и второй уровень, так как в экономике «деньги – это средство достижения цели, а не сама цель» [11].

7-й этап – управленческие решения, корректировки. На данном этапе в полной мере проявляется прикладная ценность разработанной имитационной модели. Статическая модель позволит на основе определившихся элементов модели и характера взаимосвязей между ними создать организационную структуру, которая с учетом технологических особенностей обеспечит налаживание внутри- и межотраслевых связей и отношений как основы эффективного функционирования. Динамическая модель на основании выявленных расхождений позволит составить дорожную карту конкретных действий по дальнейшему развитию экономики в части направления инвестиций на вовлечение в оборот дополнительных ресурсов. В части повышения производительности труда выявляются «точки приложения» в техническом и технологическом перевооружении.

На втором уровне на основании выявленных расхождений предпринимаются действия, направленные на дифференциацию монетарной политики с целью обеспечения достаточной денежной массы для поддержания покупательского спроса, кредитного и бюджетного обеспечения реализации инновационных программ.

Безусловно, представленное описание двухуровневой системы не статическая конструкция. Модель отражает постоянные процессы, которые изменяются под воздействием различных факторов. Отражение этих изменений в двухуровневой макроэкономической модели – очень сложный процесс. В то же время исследования теоретических, эволюционных и прикладных основ макроэкономического моделирования позволяют утверждать, что двухуровневая имитационная макроэкономическая модель в наибольшей степени соответствует сущности и теоретическим представлениям об экономических системах [12].

Заключение

Для научного обоснования объективности тех или иных теорий макроэкономического моделирования недостаточно взаимных признаний их несостоятельности. Для этого необходимы научные обоснования, среди которых на первый план необходимо выдвинуть отказ от классического представления хозяйственных процессов как попеременной конвертации денег и ресурсов. Во-вторых, ни одна концентрация модели не должна рассматриваться без ее схематического или механического отображения с конкретным описанием элементов модели и механизмов взаимодействия между ними. Любое схематическое отображение лишает авторов излишнего словесного маневра, при этом применение математического аппарата становится максимально эффективным. Приведенные в статье доводы позволяют теоретически обосновать двухуровневую конструкцию макроэкономической модели в виде двух непе-

ресекающихся плоскостей: первый уровень – движение ресурсов, второй – движение денежных средств. Такая модель основана не на концепции равновесия, которая делает невозможным использование результатов моделирования на практике, а на технологическом факторе, сформированном на выделении спред-линий, которые предлагаются в качестве основного признака моделирования. Такой подход позволяет разработать схему внедрения результатов моделирования.

Библиографический список

1. Фролова, Т. А. Экономическая теория : конспект лекций / Т. А. Фролова. – URL: http://www.aup.ru/books/m202/1_5.htm (дата обращения: 01.06.2015).
2. Беляев, М. И. Милогия. 1999–2007 / М. И. Беляев. – URL: http://www.milogiya2007.ru/microeconom01.htm (дата обращения: 02.09.2015).
3. Новый экономический словарь / А. Н. Азрилиян, О. М. Азрилиян, Е. В. Калашникова, О. В. Квардакова. – М. : Институт новой экономики, 2009. – 266 с.
4. Философский энциклопедический словарь / А. М. Прохоров, И. В. Абашидзе, П. А. Азимов, А. П. Александрова. – М. : Советская Энциклопедия, 1983. – С. 368.
5. Лопатников, Л. И. Экономико-математический словарь / Л. И. Лопатников. – М. : Дело, 2003. – С. 204.
6. Формы представления информационных моделей. Модели материальные и модели информационные. – URL: ttp://gigabaza.ru/doc/13946.html (дата обращения: 02.09.2015).
7. Гэлбрейт, Дж. Экономические теории и цели общества. Электронная библиотека научной литературы по гуманитарным дисциплинам / Дж. Гэлбрейт. – URL: www.i-u.ru\biblio (дата обращения: 02.10.2015).
8. Кумехов, К. К. Критика классических теорий макроэкономического моделирования / К. К. Кумехов // Вестник Московского государственного института международных отношений. – 2015. – № 5 (44). – С. 181–189.
9. Finace management education's blogBusiness-training education Posts Tagged ‘Вертикальные связи. Структура управления фирмой. – URL: https://kirushina.wordpress.com/tag (дата обращения: 01.06.2015).
10. Баскин, А. И. Время в системе экономических ресурсов постиндустриального общества / А. И. Баскин. – URL: http://www.dslib.net/econom-teoria/vremja-v-sisteme-jekonomicheskih-resursov-postindustrialnogo-obwestva.html (дата обращения: 02.10.2015).
11. Брэнсон, Р. Цитаты Ричарда Брэнсон о деньгах / Р. Брэнсон. – URL: www.i-u.ru\biblio (дата обращения: 02.10.2015).
12. Кумехов, К. К. О проблемах и направлениях дальнейшего развития современной экономической теории / К. К. Кумехов, А. К. Кумехова // Финансы и кредит. – 2013. – № 20 (209). – С. 47–57.

Кумехов Константин Колумбиевич
доктор экономических наук, профессор,
кафедра финансов,
Московский государственный институт
международных отношений
(Одинцовский филиал)
E-mail: komeh@yandex.ru

Kumekhov Konstantin Kolumbievich
doctor of economic sciences, professor,
sub-department of finances,
Moscow State Institute of International
Relations (Odintsovo branch)

УДК 334
Кумехов, К. К.

Теоретическое обоснование двухуровневой конструкции макроэкономической модели / К. К. Кумехов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 69–87.

УДК 338.2

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИЗНЕС-АНАЛИТИКИ В ДИАГНОСТИКЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИИ КРИЗИСНЫХ ЯВЛЕНИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

А. Н. Опекунов

USING BUSINESS-ANALYTICS METHODS IN DIAGNOSTICS AND FORECASTING CRISIS PHENOMENA IN THE ENTERPRISE

A. N. Opekunov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Рассматриваются основные предпосылки и концептуальные тенденции развития антикризисного управления. Анализ динамики и причин банкротств предприятий различной отраслевой принадлежности показал, что методы оценки и прогнозирования кризисных явлений требуют существенного развития. В первую очередь аналитическая работа должна быть тесно увязана с формированием бизнес-модели предприятия, а не ограничиваться констатацией фактов неплатежеспособности на основе финансовых коэффициентов. Цель статьи – исследование принципов формирования инструментов диагностики и оценки в антикризисном управлении предприятием. *Материалы и методы.* Использованы статистические и аналитические данные ЦМАКП, НИУ «Высшая школа экономики», научные труды ученых, занятых в сфере исследования диагностики финансового состояния. Методологическую основу составили принципы системного подхода и использование фундаментальных положений экономического анализа и бизнес-анализа. *Результаты.* Дана оценка возможностям применения традиционных методов диагностической работы на предприятиях в условиях кризиса. Анализ данных по предприятиям различных отраслей позволил выявить основные финансовые показатели, характерные для формирования предпосылок банкротства. Однако по полученным критериям формирование прогноза кризисных явлений и управление ими существенно ограничено. Для получения достоверных оценочно-прогнозных результатов необходимо выстраивать аналитическую работу на основе исследования бизнес-модели, примерный состав которой представлен в заключительной части статьи. *Выводы.* Выделены стадии кризиса и соответствующие им виды антикризисного управления, наибольшую актуальность из которых имеют антиципативное и превентивное управление. Предложены направления использования методологического и методического аппаратов антикризисного бизнес-регулирования, основу которых составляют методы бизнес-моделирования и бизнес-анализа.

Ключевые слова: антикризисное управление, виды антикризисного управления, банкротство, инструменты антикризисного бизнес-регулирования, бизнес-модель, бизнес-анализ.

Abstract. *Background.* The article considers the main prerequisites and conceptual trends in the development of crisis management. Analysis of the dynamics and causes of bankruptcies of enterprises of various industry affiliation showed that methods for assessing and predicting crisis phenomena require significant development. First of all, analytical work should be closely linked with the formation of the business model of the enterprise, and not be limited to ascertaining the facts of insolvency based on financial ratios. The purpose of the article is to study the principles of forming diagnostic and evaluation

tools in the anti-crisis management of an enterprise. *Materials and methods*. The statistical and analytical data of the Center for Strategic Studies, the Higher School of Economics, scientific works of scientists engaged in the study of financial state diagnostics are used. The methodological basis was formed by the principles of the system approach and the use of the fundamental provisions of economic analysis and business analysis. *Results.* An assessment is made of the possibilities of using traditional methods of diagnostic work at enterprises in times of crisis. Analysis of data on enterprises in various industries made it possible to identify the main financial indicators that are characteristic for the formation of the preconditions for bankruptcy. However, according to the received criteria, the formation of the forecast of crisis phenomena, and, consequently, their management is essentially limited. To obtain reliable estimates and forecasts, it is necessary to build analytical work on the basis of a business model study, the approximate composition of which is presented in the final part of the article. *Conclusions.* The stages of the crisis and the corresponding types of crisis management are singled out, the most topical of which are anticipatory and preventive management. The directions of using methodological and methodical apparatus of anti-recessionary business regulation are proposed, based on methods of business modeling and business-analysis.

Key words: anti-crisis management, types of crisis management, bankruptcy, tools of anti-crisis business regulation, business model, business-analysis.

Введение

Кризисные явления в российской экономике конца 1980–1990-х гг. сыграли важную роль в развитии нового для нашей экономики направления – «антикризисного управления». Его появление связано прежде всего с развитием менеджмента как науки и реальными практическими потребностями бизнеса, действующего в непростых кризисных условиях. В то же время следует отметить, что трактовки антикризисного управления как на «западе», так и у нас неоднозначны. Существуют значительные различия в содержательной части этого научного направления. Так, в зарубежных странах получил распространение термин «crisis-management» (кризис-менеджмент), который по своему содержанию более близок к стратегическому управлению предприятием. В России антикризисное управление в большей степени направлено на выявление неплатежеспособности (банкротства) и на разработку мер по выводу предприятия из этой негативной ситуации. На наш взгляд, более оправдан первый подход, так как он предполагает не только борьбу с наступившим кризисом и его последствиями, но и его предсказание, разработку мер по его предотвращению, разработку стратегии посткризисного развития и т.д.

Формирование основных методологических подходов к антикризисному управлению

Механизм антикризисного управления – это совокупность взаимосвязанных элементов, направленных на разработку и внедрение мер по своевременной профилактике или предотвращению кризисных явлений.

В последние десятилетия появилось довольно много научных и методических разработок, посвященных антикризисному управлению, в том числе проблемам определения самой сущности понятия «антикризисное управление».

Большое внимание вопросам теоретического обоснования подходов к понятию «антикризисное управление» уделяется в работах И. О. Бланка, А. П. Градова, А. Г. Градовой, С. Г. Беляева, Л. А. Лигоненко, В. С. Пономаренко, Е. О. Уткина.

В настоящий момент единого мнения о понятии «антикризисное управление» не сложилось (табл. 1).

Таблица 1

Основные подходы к определению понятия «антикризисное управление»

Авторы и название работы	Определение понятия «антикризисное управление»
1	2
С. Г. Беляев, В. И. Кошкина «Теория и практика антикризисного управления»	Антикризисное управление – это совокупность форм и методов реализации антикризисных процедур касательно конкретного предприятия должника. Антикризисное управление является категорией микроэкономической и отображает общественные отношения, которые складываются на уровне предприятия при его оздоровлении или ликвидации [1]
М. В. Медведева «Обоснование и выбор подхода к анализу и регулированию кризисных ситуаций»	Задача текущего антикризисного управления – поддержание состояний кризисных центров на оптимальном уровне. При этом надо определенно отдавать себе отчет о невозможности значительного улучшения положения одного из центров без ухудшения положения другого [2]
Э. С. Минаев, В. П. Панагушин «Диагностика банкротства»	Антикризисное управление должно априори опережать и предотвращать неплатежеспособность и несостоятельность предприятия, а в стратегическом плане обеспечить предприятию в течение длительного периода такое конкурентное преимущество, которое позволит производить востребованную рынком продукцию и выручать достаточно денежных средств для оплаты всех своих обязательств, возникающих при ее создании и продажах. Антикризисное управление – это: – предварительная диагностика причин возникновения кризисной ситуации на предприятии; – анализ внешней среды и потенциала конкурентных преимуществ предприятия для выбора стратегии его развития; – разработка процедур финансового оздоровления предприятия и системы контроля за их реализацией [3]
А. П. Градов, Б. И. Кузин «Стратегия и тактика антикризисного управления»	Антикризисное управление – это: – анализ состояния макро- и микросреды и выбор предпочтительной миссии фирмы; – познание экономического механизма возникновения кризисных ситуаций и создания системы сканирования внешней и внутренней среды фирмы с целью раннего обнаружения «слабых сигналов» об угрозе приближения кризиса; – разработка предпочтительной политики поведения в условиях наступившего кризиса и вывода из него фирмы [4]

Окончание табл. 1

1	2
Э. А. Уткин «Антикризисное управление»	Антикризисное управление является частью общего менеджмента, использует его лучшие приемы, средства и инструменты, ориентируется на предупреждение возможных проблем в деятельности предприятия, обеспечение его стабильного успешного функционирования [5]
А. Н. Скибитский «Антикризисное управление»	Антикризисное управление – это управление, которое нацелено на предупреждение возможных серьезных осложнений в рыночной деятельности предприятия, обеспечение его стабильного, успешного хозяйствования. Главной чертой его является обеспечение устойчивого положения на рынке и стабильных финансов предприятия при любых экономических, политических, социальных метаморфозах в стране [6]
А. Г. Грязнова «Антикризисный менеджмент»	Антикризисное управление – такая система управления предприятием, которая имеет комплексный, системный характер и направлена на предотвращение или устранение неблагоприятных для бизнеса явлений посредством использования всего потенциала современного менеджмента, разработки и реализации на предприятии специальной программы, имеющей стратегический характер, позволяющей устранить временные затруднения, сохранить и преумножить рыночные позиции при любых обстоятельствах, опираясь в основном на собственные ресурсы [7]
В. О. Василенко «Антикризисное управление»	Это не управление в условиях кризиса. Это управление, направленное на выведение предприятий и организаций из кризисного состояния независимо от состояния экономики. Поэтому антикризисное управление является подходом к определению первоочередных мер. Если в обычных условиях стратегия управления начинается с анализа динамики экономического положения предприятия, то в стратегии антикризисного управления на первом месте стоит выбор желаемой миссии организации, определение целей и возможных мероприятий по их достижению, потенциала предприятия, определения конкурентных преимуществ фирмы, которые способны обеспечить преимущества организации в течение длительного времени [8]

Таким образом, анализ трактовок антикризисного управления в отечественной экономической и управленческой литературе показал, что существуют разногласия относительно понятийного аппарата «антикризисное управление». Вследствие этого мы выделяем три основных подхода к данному понятию:

– антикризисное управление как процесс управления в условиях кризиса, целью которого является стабилизация деятельности предприятия и его финансового положения;

– антикризисное управление как процесс предотвращения кризиса – предкризисное управление, ориентированное на своевременное выявление симптомов надвигающегося кризиса с целью недопущения его развития;

– антикризисное управление как управление процессами выхода из кризисной ситуации, направленное на минимизацию затрат и потерянных возможностей при выходе из кризиса.

По нашему мнению, антикризисное управление должно обеспечивать устойчивое развитие предприятия как в краткосрочной, так и долгосрочной перспективе. Его фундаментальную основу составляют методы экономического и финансового анализа с учетом мониторинга внешней и внутренней среды. Однако нельзя ограничивать антикризисное управление только стратегическим менеджментом и его задачами. На наш взгляд, это более широкая экономическая категория. Анализ отечественного и зарубежного опыта позволяет выделить несколько структурных областей теории антикризисного управления. Это – «западный» кризис-менеджмент, реструктуризация и реорганизация, управление рисками, стратегическое управление и т.д. Но особую роль все-таки должны играть новые современные методы диагностики, являющиеся связующей функцией в механизме антикризисного управления.

Определение и оценка ключевых индикаторов банкротств в РФ

В экономике России в 2016 г. продолжалась стабилизация интенсивности банкротств на уровне 1000 «неблагоприятных событий» в месяц. Это на 10 % ниже пикового уровня начала 2015 г. Тем не менее данное значение является пока еще достаточно высоким (почти на 20 % выше, чем в докризисном 2013 г.).

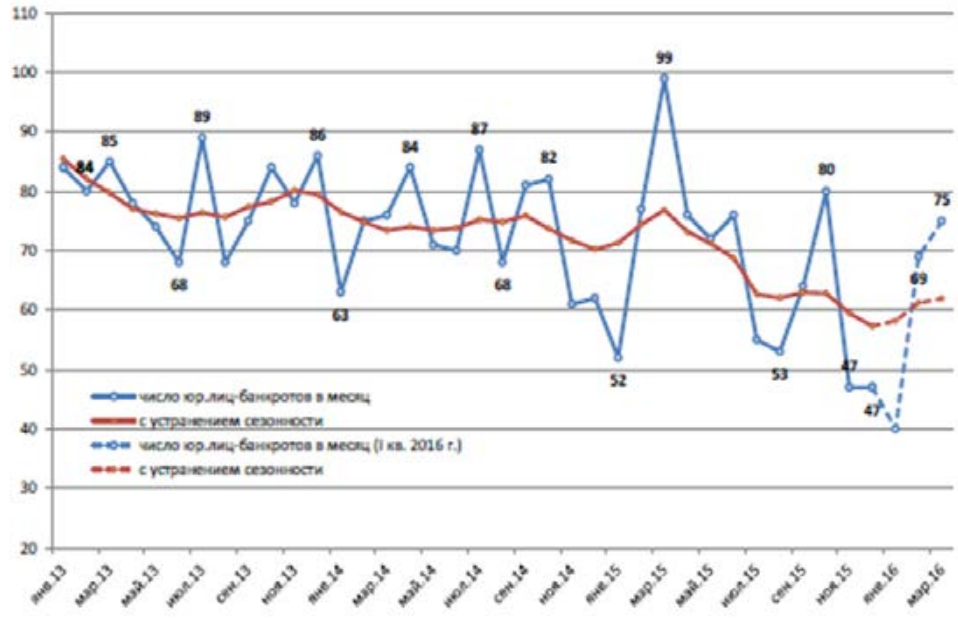


Рис. 1. Динамика банкротств в России 2013–2016 гг.

Суммарная выручка банкротов первого квартала 2016 г. на конец 2014 г. составила 0,52 % от номинального ВВП страны того же года, а суммарные обязательства – 0,69 % [9].

Наблюдается заметный рост числа юридических лиц-банкротов в отдельных наиболее пострадавших от кризиса сегментах: машиностроительном комплексе, строительстве и, что выглядит достаточно странно, в пищевой промышленности.

Наибольшее снижение числа банкротств к предыдущему кварталу продемонстрировало металлургическое производство (на 17 %), чему, вероятно, способствовало ожидание улучшения финансового положения вслед за повышением цен на продукцию на внутреннем и внешних рынках.

Среди отраслей наибольшую интенсивность банкротств продемонстрировали такие сектора экономики, как электроэнергетика, производство пищевых продуктов, сельское и лесное хозяйство – в 4,7; 3,4 и 2,1 раза соответственно выше, чем в среднем по стране (рис. 2) [9].

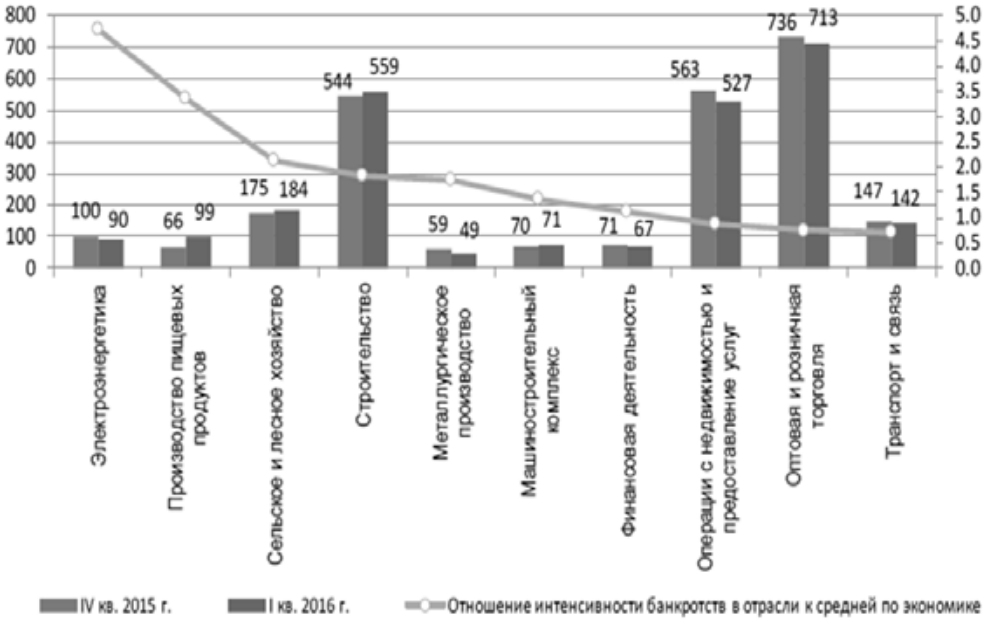


Рис. 2. Отрасли с наибольшим удельным весом юридических лиц-банкротов в сравнении со средним по стране в I квартале 2016 г.

Среди федеральных округов наибольшая интенсивность банкротств была зафиксирована в Сибирском федеральном округе (СФО) – в 1,4 раза выше, чем в среднем по стране, а среди регионов – в Амурской области и Республике Алтай – в 4 и 2,7 раза соответственно выше, чем в среднем по стране.

Основными инструментами антикризисного управления являются мониторинг и диагностика. В свою очередь диагностика финансового состояния предприятия относится к мерам превентивной санации, целью которой явля-

ется своевременное выявление существующих и потенциальных рисков предприятия, распознавание вероятности и причин наступления кризиса, а также возможности повышения конкурентных преимуществ и финансового оздоровления [10].

К числу наиболее важных задач в диагностике финансового состояния антикризисного управления относят экспресс-диагностику финансовой состоятельности и детализированный анализ финансовой состоятельности и финансовой устойчивости. Однако эти методы имеют ряд недостатков и недоработок.

Методики финансовой диагностики в условиях антикризисного управления предлагается классифицировать следующим образом:

1) *критерии оценки неудовлетворительной структуры баланса предприятия, установленные для таких показателей, как коэффициент текущей ликвидности и коэффициент обеспеченности оборотных активов собственными средствами.* Дополнением к оценке этих показателей служат анализ коэффициентов восстановления (утраты) платежеспособности предприятия и сумма платежей по обслуживанию задолженности государства перед этим предприятием;

2) *система показателей, принятая к исполнению территориальными органами Федеральной службы России по финансовому оздоровлению и банкротству, на основе которых проводится финансовый мониторинг крупных и социально значимых предприятий*. Основной целью анализа является получение объективной оценки платежеспособности, финансовой устойчивости, деловой и инвестиционной активности, эффективности деятельности организаций;

3) *метод чистых активов* позволяет специфическим образом на основе баланса вычислить собственный капитал предприятия;

4) *стохастические модели оценки вероятности угрозы банкротства (Э. Альтмана, Бивера и др.), частично адаптированные к российским условиям.* Как показывает практика работы с моделями, в большинстве случаев применение этих моделей для экспресс-анализа состояния бизнеса кризисных предприятий позволяет получить достоверные результаты;

5) *методы оценки стоимости предприятия.* В любом случае предприятие, подлежащее финансовому оздоровлению, сравнивается по экономической стоимости как действующее в рассматриваемой перспективе, с суммой, которую можно выручить от его возможной ликвидации. Превышение экономической стоимости над ликвидационной стоимостью складывается в пользу проведения процесса финансового оздоровления;

6) *реструктуризация имущества, капитала и долгов*;

7) *методы оценки предпринимательского, финансового и общего рисков бизнеса предприятия*;

8) *методы факторного анализа.* Среди этих моделей в первую очередь можно выделить формулу Дюпона для расчета рентабельности активов и собственного капитала (чистых активов), различные модификации формул для расчета внутренних темпов роста (ВТР) предприятия;

9) *дифференциальный показатель оценки эффективности финансовой реструктуризации*;

10) *методы инвестиционного анализа*.

Диагностика финансового состояния предприятия осуществляется по основным этапам (рис. 3) [11].

В процессе изучения и оценки эти факторы подразделяются на две основные группы:

1) не зависящие от деятельности предприятия (внешние, или экзогенные, факторы);

2) зависящие от деятельности предприятия (внутренние, или эндогенные, факторы) [12].

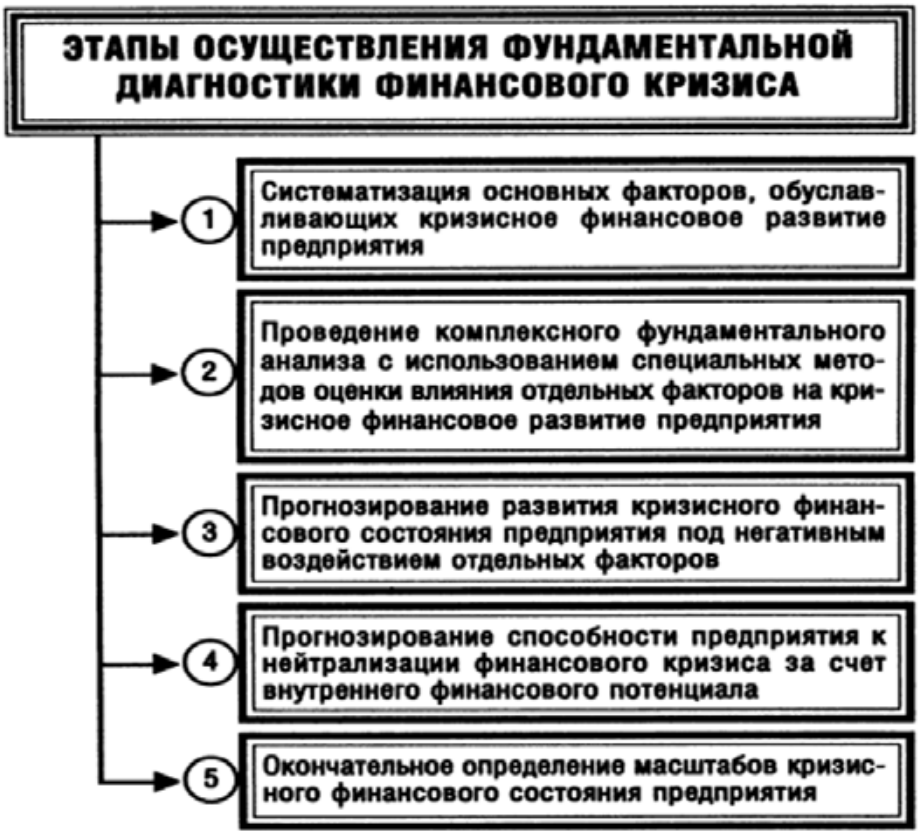


Рис. 3. Механизм диагностической работы по оценке финансового кризиса

Определим значимые (ключевые) факторы, которые могли бы служить индикаторами банкротств в сфере промышленного производства.

Можно выделить следующие особенности финансового состояния банкротов в машиностроительном комплексе в предбанкротный период 2012–2014 гг. [9]:

– значительная ежегодная убыточность (рентабельность активов находилась в красной зоне), которая резко усугубилась в 2014 г. и достигла значения в –11,4 % (рис. 4);

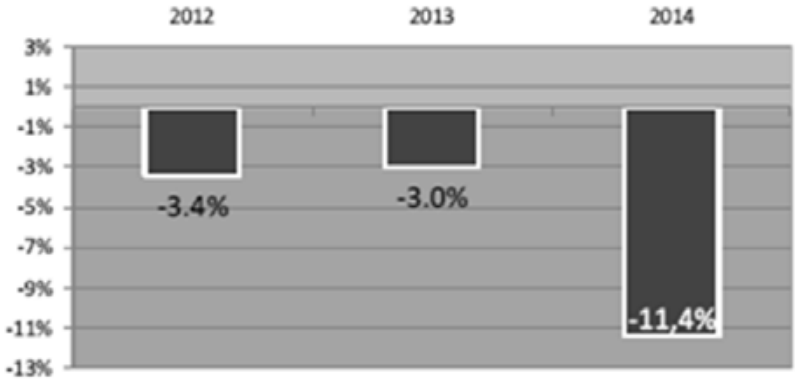


Рис. 4. Динамика рентабельности активов

– неспособность обсуживать процентные платежи по своим обязательствам (коэффициент покрытия процентов также находился в красной зоне) (рис. 5);

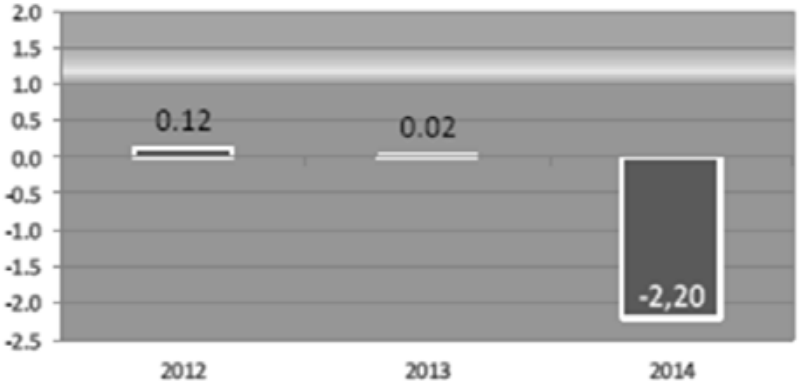


Рис. 5. Динамика коэффициента покрытия процентов

– текущая ликвидность в 2012 и 2013 гг. балансировала на границе нормативного значения, а в 2014 г. «провалилась» в красную зону, что означает недостаточность оборотных активов для покрытия краткосрочных обязательств (рис. 6).

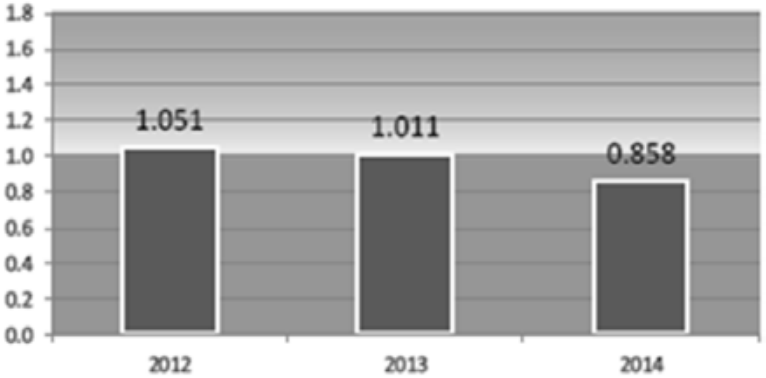


Рис. 6. Динамика коэффициента текущей ликвидности

Суммарная выручка банкротов первого квартала по итогам 2014 г. составила 0,52 % от номинального ВВП страны того же года, а суммарные обязательства – 0,69 % (рис. 7).

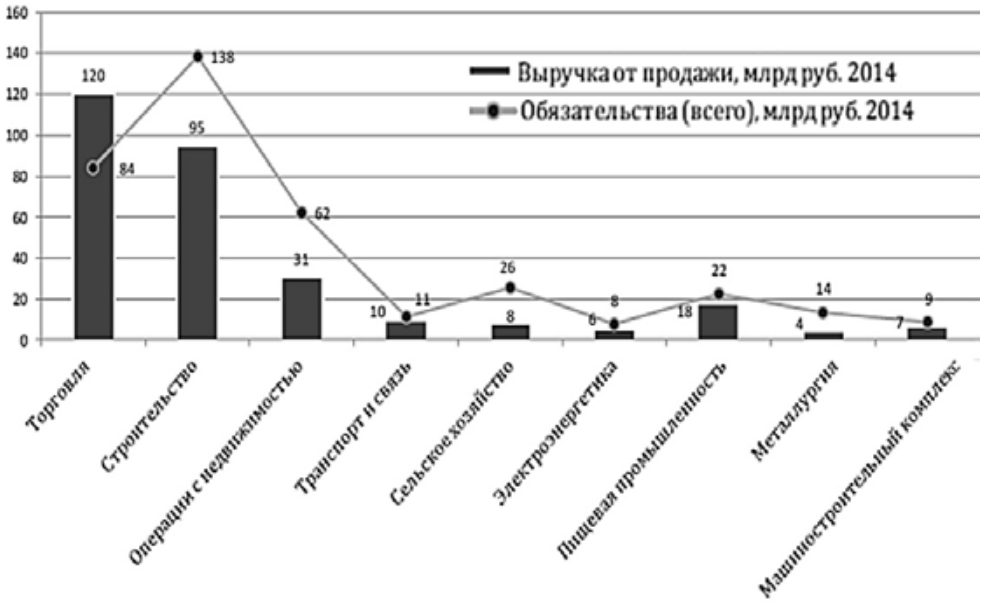


Рис. 7. Соотношение выручки от продаж и совокупных обязательств юридических лиц-банкротов в I квартале 2016 г. по отраслям

Характерной чертой является тот факт, что у предприятий, стоящих на грани банкротства, суммарные обязательства перед контрагентами превышают получаемую ими выручку от продаж.

Диагностика кризисного состояния предприятия на основе разработки его бизнес-модели

Существуют определенные подходы к определению диагностики финансового состояния фирмы. Нужно заметить, что основной проблемой существующих методов диагностики финансового состояния предприятия является то, что они не могут комплексно оценить существующие проблемы, которые могут привести к кризису, а однобоко направлены на оценку падения денежных потоков (финансовую несостоятельность предприятия), т.е. неспособности бизнеса в полном объеме расплатиться по своим обязательствам.

Для комплексного анализа наступления кризисного состояния предприятия необходимо построение бизнес-модели.

На примере бизнес-модели можно рассмотреть технологию и инструментарий, с помощью которых можно выстроить эффективный вариант функционирования бизнеса, наладить механизм его реализации. Бизнес-модель включает следующие модули: экономика – издержки – продукт – финансы (рис. 8) [10].

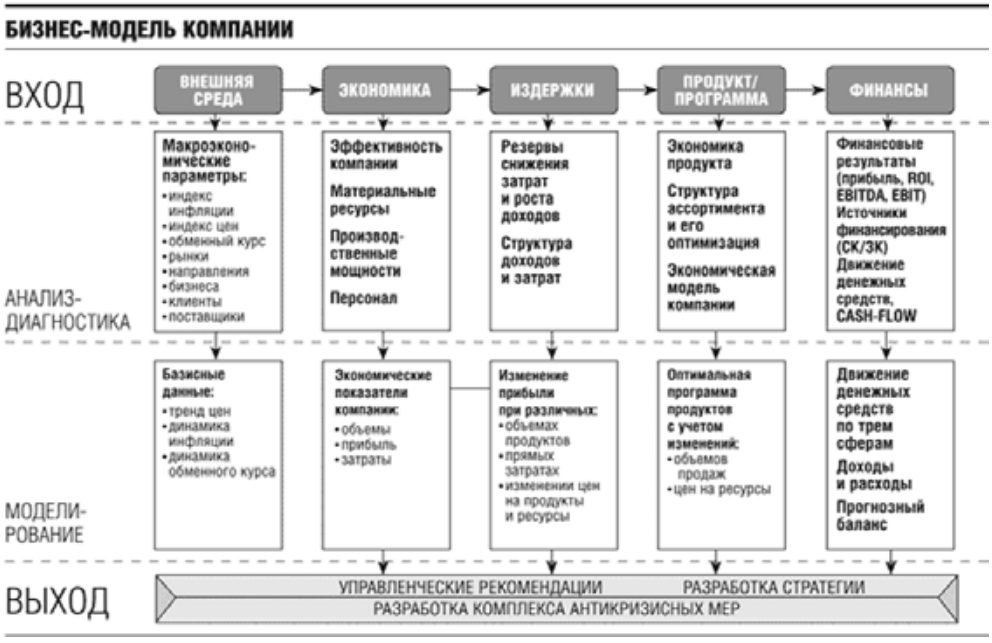


Рис. 8. Концептуальное представление бизнес-модели промышленного предприятия

Процесс работы каждого модуля включает три этапа. Первый этап – это анализ и оценка окружающей среды, второй – аналитический – для выявления проблемы и третий – моделирование сценариев развития фирмы для поиска и выбора приемлемого варианта.

На входе каждого модуля задается исходная информация, на выходе – краткие аналитические выводы и рекомендации, а также план возможных мероприятий.

По итогам аналитики всех модулей можно ставить диагноз и на основании этого разрабатывать комплекс антикризисных мер и рекомендации, а также стратегию развития организации.

Проблема реализации данного подхода состоит в том, что необходимая информация либо отсутствует в силу своей новизны, либо генерируется в разных учетных системах, при этом согласование между такими данными, а тем более их интеграция и быстродействие отсутствуют. Лишь разработка и внедрение новых аналитических технологий в бизнес-деятельность позволят решить эту проблему.

Эти новые, по существу, аналитические технологии, по нашему мнению, сформировались в современных концепциях бизнес-анализа и в ходе развития практики корпоративного управления. К базовым методологическим подходам в бизнес-анализе отнесем системный, ситуационный, процессный и поведенческий подходы, а также концепцию управления эффективностью бизнеса (BPM), концепции управления по целям, управления по отклонениям, ценностноориентированного менеджмента, партнерских отношений, заинтересованных сторон и социальной ответственности бизнеса [8, с. 5, 12].

В сочетании исходных концепций проявляется интегрирующая функция бизнес-аналитики. Современные концепции управления обусловили формирование как системы аналитических показателей, значительно отличающейся от традиционной, так и системы аналитических процедур (кластеризация, нейронные сети, нечеткая логика, генетические алгоритмы, карты данных, деревья решений и т. д.), выполняемых с применением развивающихся компьютерных технологий, и непрерывное усложнение аналитических платформ (например, Deductor Academic).

Заключение

Традиционные методы финансового анализа, методы оценки и прогнозирования банкротства (Э. Альтмана, Бригхема и др.) не отвечают современным запросам бизнес-среды. Эти методы отличаются универсальностью, позволяют проводить сравнительную (рейтинговую) оценку предприятий. Однако они существенно ограничены и дают противоречивые оценки при исследовании кризисных явлений на предприятиях.

Поэтому, на наш взгляд, все большую актуальность приобретает подход, увязывающий построение антикризисной аналитической работы с бизнес-моделью предприятия. Комплекс работ по изучению внешней среды, анализу и диагностике положения предприятия, система ключевых показателей оценки должны соответствовать ключевым бизнес-процессам предприятия, а не носить универсальный характер.

Библиографический список

1. Беляев, С. Г. Теория и практика антикризисного управления : учеб. / под ред. С. Г. Беляева, В. И. Кошкина. – М. : Закон и право : ЮНИТИ, 2004.
2. Медведева, М. В. Обоснование и выбор подхода к анализу и регулированию кризисных ситуаций / М. В. Медведева. – М. : ЮНИТИ, 1999.
3. Минаев, Э. С. Антикризисное управление : учеб. пособие / Э. С. Минаев, В. П. Панагушин. – М. : Приор, 1998.
4. Стратегия и тактика антикризисного управления фирмой / под ред. А. П. Градова, Б. И. Кузина. – СПб. : Специальная литература, 2004.
5. Уткин, Э. А. Управление фирмой : учеб. / Э. А. Уткин. – М. : Акалис, 2010.
6. Скибицкий, А. Н. Антикризисный менеджмент : учеб. пособие / А. Н. Скибицкий. – М. : Центр учебной литературы, 2009.
7. Антикризисный менеджмент / под ред. А. Г. Грязновой. – М. : ЭКСМО, 1999.
8. Василенко, В. А. Антикризисное управление предприятием : учеб. пособие / В. А. Василенко. – 2-е изд., испр. и доп. – Киев : Центр учебной литературы, 2005.
9. Рыбалка, А. Банкротства юридических лиц в России: основные тенденции / А. Рыбалка, В. Сальников. Материал подготовлен в рамках программы фундаментальных исследований НИУ ВШЭ в 2016 г. ТЗ. – URL: http://www.forecast.ru/ARCHIVE/Analitics/PROM/2016/Bnkrpc
10. Ряховская, А. Н. Антикризисное управление: развитие научного направления и практики / А. Н. Ряховская, С. Е. Кован // Антикризисный менеджмент. – 2014. – № 3 (12). – С. 29–37.
11. Нариманов, Т. Н. Качество антикризисного управления: Инструментарий оценки / Т. Н. Нариманов, В. И. Терехин // Вестник ТГУ. – 2007. – № 5 (49). – С. 174–177.

12. Каменева, М. В. Антикризисное управление против банкротства предприятий / М. В. Каменева // Российское предпринимательство. – 2010. – № 9 (1). – С. 46–51.
13. Бланк, И. А. Основы финансового менеджмента : в 2 т. / И. А. Бланк. – 4-е изд., стер. – М. : Омега-Л, 2012.

Опекунов Алексей Николаевич
кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономики и финансов, Пензенский государственный университет
E-mail: opekunovan@yandex.ru

Opekunov Aleksey Nikolayevich
candidate of economic sciences, associate professor, sub-department of economics and finance,
Penza State University
E-mail: opekunovan@yandex.ru

УДК 338.2
Опекунов, А. Н.
Использование методов бизнес-аналитики в диагностике и прогнозировании кризисных явлений на предприятии / А. Н. Опекунов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 88–100.

УДК 331.5

ИНДИВИДУАЛЬНАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ТРАЕКТОРИЯ: ФОРМИРОВАНИЕ УСЛОВИЙ ДЛЯ НЕПРЕРЫВНОГО ОБУЧЕНИЯ

С. В. Тактарова, Н. Ю. Щетинина

INDIVIDUAL PROFESSIONAL TRAJECTORY: FORMATION OF CONDITIONS FOR LIFELONG LEARNING

S. V. Taktarova, N. Yu. Shchetinina

Аннотация. *Актуальность и цели.* Развитие современных технологий в различных областях науки и техники накладывает отпечаток на требования к различным профессиям. Активное развитие междисциплинарных связей порождает потребность в новых компетенциях и подчас новых профессиях. Поэтому все большую актуальность приобретает концепция непрерывного образования на основе индивидуальной профессиональной траектории. В качестве основной цели исследования было поставлено изучение условий, необходимых для формирования вузом профессиональных траекторий и системы непрерывного образования. Были решены следующие задачи: проведено изучение базовой информации для разработки образовательных программ; отмечены условия, необходимые для формирования конкурентоспособного образовательного продукта; представлены некоторые программы поддержки непрерывного образования в России и за рубежом; предложены инструменты реализации обратной связи с заинтересованными сторонами. *Материалы и методы*. Исследование опиралось на изучение существующих тенденций развития сферы высшего и профессионального образования с учетом глобализационных процессов на рынке образовательных услуг и требований стандартов управления качеством в сфере высшего образования. В работе использован анализ программ развития высшего и профессионального образования в России и в странах ЕС, направленных на формирование системы непрерывного образования, соответствующего индивидуальным профессиональным траекториям. Приведены результаты опроса студентов об отношении к дополнительному образованию. *Результаты*. В результате изучения требований стандартов управления качеством в сфере высшего образования были определены условия, необходимые для формирования индивидуальной профессиональной траектории, наилучшим образом адаптированной под требования работодателя: ориентация на потребителя и учет требований заинтересованных сторон, непрерывное обучение, открытость и доступность образования. *Выводы*. Выявлена заинтересованность студенческой аудитории в продолжении образования. На основе изучения международной практики реализации программ непрерывного обучения была предложена модель профессиональной образовательной траектории с учетом взаимодействия академической среды и бизнес-среды.

Ключевые слова: индивидуальная профессиональная траектория, непрерывное образование, управление качеством образования.

Abstract. *Background.* Modern technologies development in various areas of science and equipment leaves a mark on requirements to various professions. Active develop-

ment of interdisciplinary communications generates need for new competences and sometimes new professions. Therefore the increasing relevance is gained by the concept of lifelong learning education on the basis of an individual professional trajectory. As a main objective of research studying of the conditions necessary for formation by higher education institution of professional trajectories and system of lifelong learning education was put. The following tasks were solved: studying of a basic information for development of educational programs is carried out; the conditions necessary for formation of a competitive educational product are noted; some programs of lifelong learning education support in Russia and abroad are submitted; instruments of feedback with interested parties realization are offered. *Materials and methods.* Research relied on studying of the existing trends of the higher and professional education sphere development taking into account globalization processes in the market of educational services and requirements of quality management in the sphere of the higher education standards. In work the analysis of development of the higher and professional education programs in Russia and in the EU countries directed on formation of the lifelong learning education system corresponding to individual professional trajectories is used. Results of students poll about the relation to additional education are given. *Results.* As a result of standards of quality management requirements studying in the sphere of the higher education the conditions necessary for formation of an individual professional trajectory of the employer who is best adapted under requirements were created: orientation to the consumer and accounting of interested parties requirements, lifelong learning training, open and available education. *Conclusions.* Interest of student's audience throughout education is revealed practically. On the basis of the international practice of lifelong learning education studying was offered the model of a professional educational trajectory taking into account interaction academic and business environments.

Key words: individual professional trajectory, lifelong learning education, education quality management.

Введение

Начальной точкой формирования профессиональной траектории условно можно считать школу, хотя базу для формирования будущих компетенций закладывают в раннем детстве в учреждениях дошкольного образования и развивающих центрах, а также непосредственно в семье. Траекторию во многом определяют особенности семьи и уровень профессиональной подготовки и знаний родителей. Одни семьи традиционно ограничиваются самостоятельным воспитанием и развитием, другие ищут профессионалов для развития способностей своего ребенка. Поэтому истоки значительных различий в траекториях профессиональной кривой следует искать прежде всего в детстве, не основываясь исключительно на способностях ребенка.

Профессиональная траектория в наши дни становится кривой, а не плавной прямой специалиста, закончившего школу, университет и практически всю жизнь посвятившего одной сфере деятельности, а зачастую и единственному работодателю. Мы живем во время стремительных перемен, в эпоху бурного развития информационных технологий, в так называемую эру знаний. Мы привыкли к использованию терминов «прорывное развитие», «глобальные вызовы», «радикальные изменения». Подобная терминология накладывает отпечаток и на изменения в бытовой сфере – на темп жизни и профессиональную активность. Учитывая динамику изменений в реальном

секторе экономики и на рынке труда, ожидание технологической революции (Индустрия 4.0), приходится постоянно актуализировать знания, заниматься саморазвитием, подчас радикально менять сферу деятельности, проходя переподготовку. В этом случае профессиональная траектория принимает вид кривой, отражая все точки профессионального развития и изменения профессиональной ориентации. В подобной ситуации вузам должна отводиться роль аккумулятора знаний и поставщика современных и качественных образовательных продуктов (рис. 1).

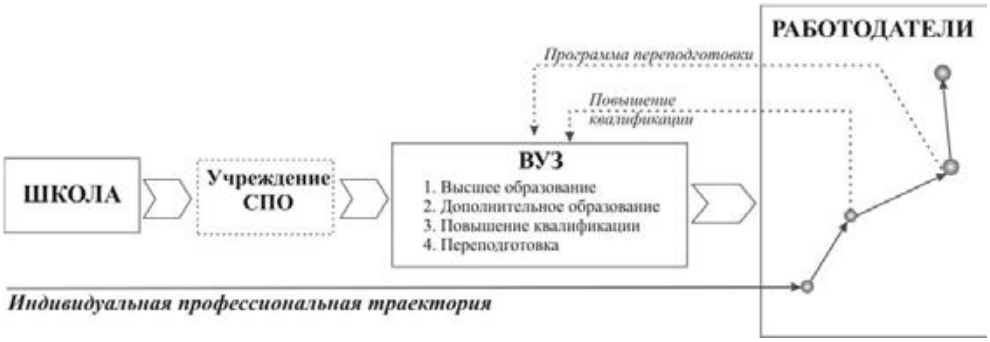


Рис.1. Общее направление профессиональной траектории (составлено авторами)

Современная профессиональная траектория должна учитывать множество внешних факторов, одним из которых является реализация Национальной Технологической Инициативы (НТИ), предложенной Российской венчурной компанией (РВК) и Агентством стратегических инициатив (АСИ). В ее задачи входит формирование принципиально новых рынков и создание условий для глобального технологического лидерства России к 2035 г. Вузам отведена значительная роль в данной программе. Для обозначения ключевых изменений в функционировании вузов, необходимых для реализации НТИ, был предложен термин «Университет 3.0». Это новый тип университетов, которые рассматриваются как центр экосистем бизнеса, отвечающие за права интеллектуальной собственности, коммерциализацию технологий и предпринимательскую деятельность. Вузы рассматриваются как межотраслевые интеграторы, организующие взаимодействие в бизнес-среде в рамках реализации приоритетных проектов, а также реализующие диалог между бизнесом и академическим сообществом.

Успешность профессиональной траектории напрямую зависит от качества управления образовательным процессом, для достижения которого необходимо руководствоваться основными принципами управления качеством в организациях в соответствии с руководящими указаниями по применению ГОСТ Р ИСО 2001:2011 в сфере образования (ГОСТ Р 52614.2–2006) [1]. К данным принципам относятся:

- ориентация на потребителя;
- лидерство руководства;
- вовлечение персонала;
- взаимовыгодные отношения с заинтересованными сторонами;

– процессный и системный подходы в управлении;
– обоснованное принятие решений, основанное на фактах;
– непрерывное улучшение.

Рассмотрим более подробно влияние реализации первого принципа на планирование профессиональной траектории и управление образовательной организацией.

Ориентация на потребителя: персонификация образовательного продукта

Отправной точкой в ориентации деятельности на потребителя (заинтересованные стороны) является его идентификация. Есть некоторая специфика в идентификации потребителя для сферы образования, стоит учитывать не только непосредственного потребителя образовательных услуг, но и отметить заинтересованные стороны: в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001:2015 – родителей и прежде всего работодателей [2].

В качестве одного из основных мероприятий Программы развития образования в России до 2020 г. отмечено развитие механизмов обратной связи и поддержки потребителя в образовании [3], что создает основу для формирования образовательной и профессиональной траектории. Для этого необходимо идентифицировать требования каждой заинтересованной стороны. Здесь возможны некоторые неожиданности, связанные с необоснованными ожиданиями потребителей. Поэтому имеет смысл не просто идентифицировать ожидания потребителей и заинтересованных сторон, но и рассмотреть их через призму образовательных стандартов для соответствующей специальности (направления подготовки), а также реальных условий будущей профессиональной деятельности выпускника. Таким образом, не только требования и ожидания потребителей должны быть положены в основу образовательных программ. Образовательное учреждение испытывает влияние со стороны множества различных факторов, которые и определяют совокупность требований к выпускникам.

Структура информационного поля, влияющего на образовательную траекторию, образовательный процесс и образовательную среду в целом, показана на рис. 2.

Это информационная основа для планирования, организации и совершенствования образовательного процесса. Отмечены места пересечения требований потребителей с требованиями образовательных стандартов и показателей аккредитации вузов, а также пересечение современных программ развития вузов и лучших практик в сфере образования с требованиями потребителей. Подобные пересечения вполне логичны, так как стандарты в сфере образования должны учитывать требования потребителей, на них также основаны и лучшие образовательные практики.

Взаимодействие образовательных стандартов и лучших практик в сфере образования можно назвать двусторонним: с одной стороны, деятельность ведущих вузов основана на образовательных стандартах,

а с другой – развитие самих стандартов должно быть направлено на распространение лучших практик в образовательной среде. Таким образом, совершенствование образовательных стандартов должно быть основано в том числе и на изучении практик организации образовательного процесса в лучших вузах.

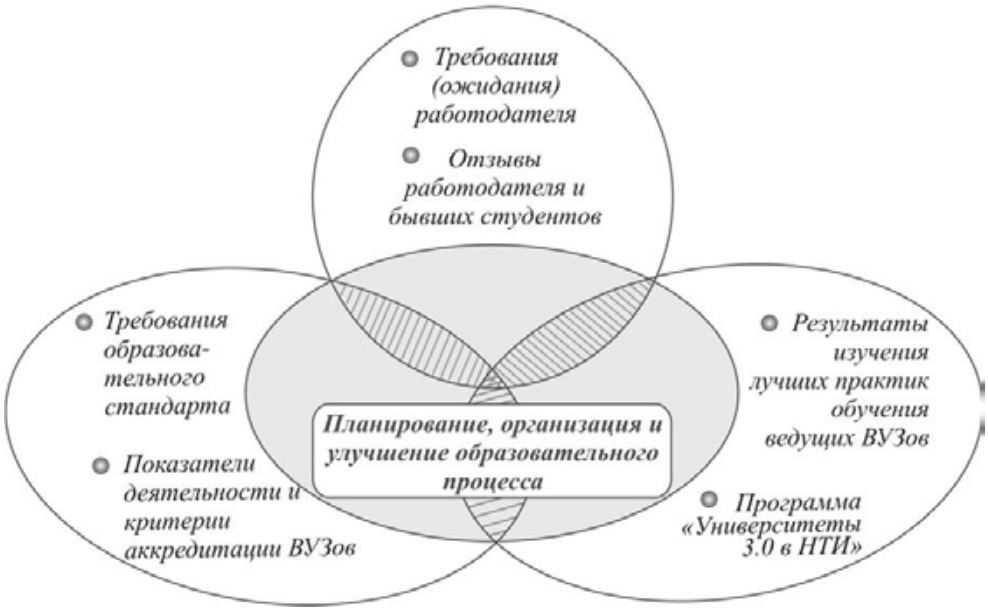


Рис. 2. Структура внешнего информационного поля,
влияющего на образовательный процесс (составлено авторами)

На рис. 3 показаны основные виды руководящей информации, определяющие учебный процесс и, по сути, всю профессиональную траекторию. Отмечено информационное влияние профессиональной среды на образовательный процесс.

Особый интерес представляет отрезок траектории между вузом и работодателем. На данном участке профессиональной траектории возможны различные стратегии поведения вуза по отношению к выпускнику:

1) *отсутствие поддержки в период адаптации*: в этом случае не будет пересечения среды вуза с профессиональной средой (рис. 3) (предоставление полной самостоятельности в трудоустройстве);

2) *поддержка в период адаптации*: организация консультаций с преподавателями в период адаптации на рабочем месте;

3) *организация процесса адаптации выпускника*: производственная и преддипломная практика могут быть организованы на объекте будущего работодателя с привлечением студентов к хоздоговорным работам и НИР, выполняемых совместно с будущим работодателем;

4) *трудоустройство выпускника в соответствии с целевым направлением в вуз*.

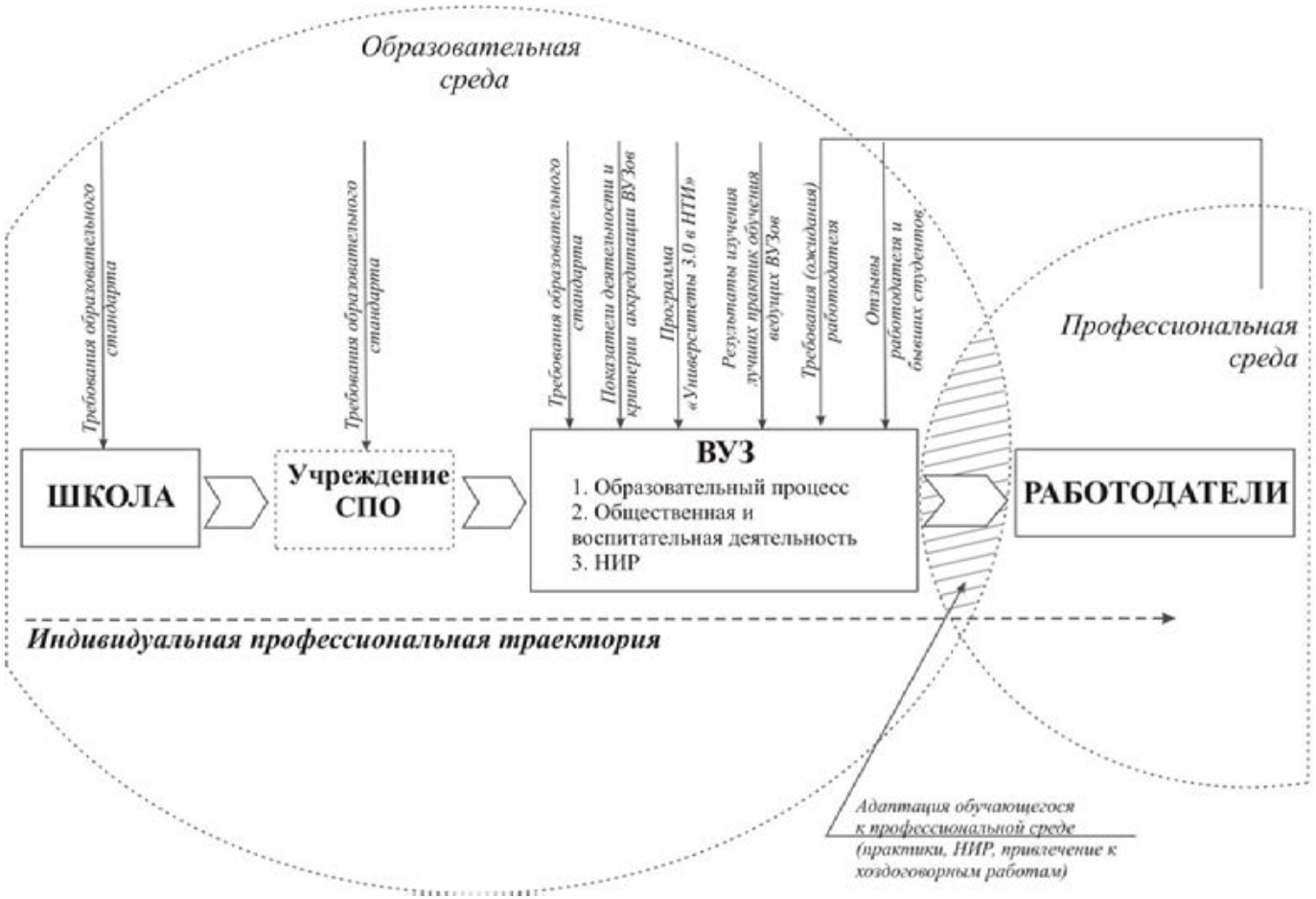


Рис. 3. Модель профессиональной образовательной траектории (составлено авторами)

Выбор стратегии поведения на этапе адаптации выпускника – это самостоятельный свободный выбор каждого образовательного учреждения. Вместе с тем поддержка выпускников в этот период может стать одним из серьезных конкурентных преимуществ вуза.

Таким образом, принцип ориентации на потребителя важно положить в основу формирования профессиональной траектории выпускников, так как и производитель, и потребитель образовательных услуг заинтересованы в скорейшей адаптации выпускника к особенностям профессиональной среды.

Непрерывное улучшение: Концепция обучения на протяжении всей жизни (Lifelong Learning Program – LLP)

Процесс формирования профессиональной траектории должен представлять собой не разовое мероприятие, а постоянную целенаправленную деятельность по стратегическому планированию и управлению индивидуальным профессиональным развитием. С учетом постоянного характера перемен в экономике, промышленности и на рынке труда в основу эффективного управления профессиональной траекторией должен быть положен процесс непрерывного обучения и адаптации к окружающим изменениям.

Lifelong Learning – это обучение на протяжении всей жизни, т.е. непрерывное обучение за счет постоянного поиска новых знаний и навыков. Это формирование и развитие своей личной ценности для общества и непрестанное саморазвитие, что является залогом конкурентоспособности на рынке труда.

В 2010 г. была утверждена стратегия развития ЕС 2020 – «Европа 2020: стратегия разумного, устойчивого и всеобъемлющего роста» [4]. *В рамках направления «Движение молодежи» Европейская Комиссия и государства-члены ЕС планируют работать в следующих основных направлениях:*

– *модернизация высшего образования;*

– *повышение мобильности обучающихся и рост доступности программ обучения;*

– *поддержка неформального обучения;*

– *рост открытости и доступности образовательных систем* с помощью создания национальных квалификационных стандартов [5].

Европейское агентство в сфере образования и культуры (*Education, Audiovisual and Culture Executive Agency (EACEA),* Брюссель) руководит программами в сфере образования, культуры, волонтерства и спорта. Была разработана программа поддержки образования, молодежи и спорта Erasmus+ на период 2014–2020 гг. Она направлена на распространение лучших практик в сфере образования и повышение его доступности. *Erasmus+* включает программы непрерывного обучения (*LLP*), такие как *Erasmus, Leonardo da Vinci, Comenius, Grundtvig* и *Jean Monnet*. Они создают основу для межнационального сотрудничества в сфере образования и развития инновационных подходов к образованию.

В Российской системе образования также предусмотрено создание условий для получения любым гражданином Российской Федерации дополнительного образования, профессионального образования, повышения квалификации и переподготовки на протяжении всей жизни [1]. В нашей стране действует государственная программа «Развитие образования» на 2013–2020 гг. В настоящее время мы находимся на втором этапе ее реализации. В подпрограмме «Развитие образования» на 2013–2020 гг. в качестве одного из основных мероприятий отмечено опережающее развитие непрерывного профессионального образования, в том числе развитие региональных систем дополнительного профессионального образования, заочной и очно-заочной (вечерней) форм получения образования, а также открытого образования.

Реализация Подпрограммы предполагает достижение следующих результатов:

– улучшение результатов качества общего образования российских школьников по итогам международных сопоставительных исследований (*PIRLS, TIMSS, PISA*);

– повышение удовлетворенности населения качеством образовательных услуг;

– повышение привлекательности педагогической профессии и уровня квалификации преподавательских кадров;

– полная обеспеченность потребности экономики России в кадрах высокой квалификации по приоритетным направлениям модернизации и технологического развития;

– повышение эффективности реализации молодежной политики в интересах инновационного развития страны.

В качестве одного из показателей успешности реализации Программы отмечен широкий охват населения программами дополнительного профессионального образования. Планируется стимулировать зарубежное партнерство в сфере образования и инновационную активность вузов.

На третьем этапе реализации Программы акцент будет сделан на развитии сферы непрерывного образования, развитии образовательной среды и дальнейшей индивидуализации образовательных программ. В результате сеть образовательных организаций, федеральные государственные образовательные стандарты, система информационной открытости и оценки учебных достижений должны будут обеспечивать максимальные возможности для выбора и реализации индивидуальных образовательных траекторий [1].

Интересным представляется изучение вопроса отношения самих потребителей к продолжению образования после окончания вуза. В 2016 г. одним из авторов статьи был проведен опрос студенческой молодежи с целью изучения уровня осведомленности о происходящих технологических изменениях и отношении к ним. Опрос касался отношения молодежи к развитию искусственного интеллекта, биотехнологиям, роботостроению, современным финансовым технологиям и т.д. В качестве выборочной совокупности были отобраны студенты (301 человек) экономических факультетов Пензенского государственно-

го университета, Московского государственного университета технологий и управления им. К. Г. Разумовского (Пензенский филиал) (Первый казачий университет, г. Пенза) и Финансового университета при Правительстве Российской Федерации (г. Москва) [6]. Для целей данной статьи обратим внимание на один из вопросов анкеты, а именно на отношение респондентов к возможности получения дополнительного образования. Ответы на него были в основном положительные, причем даже среди тех, кто не опасается замены своей будущей профессии искусственным интеллектом (рис. 4) [4].

Результаты опроса явно свидетельствуют в пользу развития институтов дополнительного образования, отражая спрос на продолжение обучения среди представителей студенческой среды. Можно отметить, что вопрос о продолжении образования и непрерывном образовании становится все актуальнее с развитием современных технологий четвертой промышленной революции (Индустрии 4.0). Это связано с распространением СМИ информации о грядущих переменах на рынке труда и вытеснении ряда профессий искусственным интеллектом.

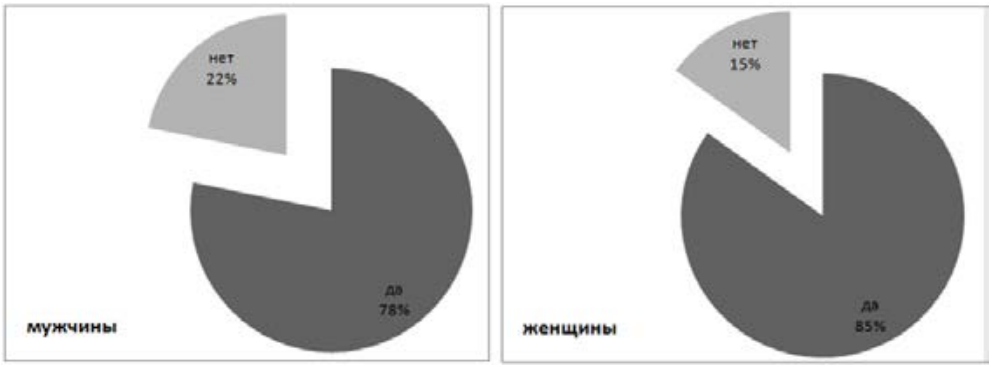


Рис. 4. Заинтересованность в получении дополнительного образования среди представителей студенческой среды (составлено авторами на основе социологического опроса)

Формирование индивидуальной образовательной траектории и развитие концепции непрерывного обучения невозможно без ориентации на потребителя. Взаимодействие с ним дает возможность совместного создания эффективной профессиональной траектории для него, а также конкурентоспособного образовательного предложения для вуза.

Открытое образование: формируем конкурентоспособное предложение

Способность вуза формировать не только требуемые образовательными стандартами, но и востребованные на рынке труда компетенции, а также создание условий для послевузовской поддержки выпускников в соответствии с концепцией непрерывного обучения в скором будущем станут базовыми требованиями к вузам. В настоящий момент наличие всех вышеперечисленных характеристик можно расценивать скорее как конкурентное преимуще-

ство. Образовательный рынок, как и любой другой свободный рынок, открыт для конкуренции и испытывает все блага глобализационных процессов: доступность зарубежных образовательных программ особенно в сфере бизнес-образования привлекает отечественных потребителей. Ранее малодоступное образование в лучших зарубежных университетах становится значительно более доступным за счет создания on-line курсов, открытия программ и центров на базе российских вузов. Открытость рынка образования делает конкуренцию в этой среде глобальной. Выстоять в подобных условиях возможно за счет усиления ориентации на потребителя.

Именно программы непрерывного обучения, адаптированные под индивидуальные запросы, с учетом потребностей работодателей смогут наилучшим образом сформировать необходимые для профессиональной деятельности компетенции. Подобная работа должна вестись с каждым потребителем образовательных услуг постоянно. Причем обращаться к услугам непрерывного образования и формирования образовательной траектории смогут не только частные потребители, но и организации с целью развития профессиональных навыков и компетенций своих сотрудников, получения актуального опыта и ознакомления с современными технологиями ведения деятельности.

Однако необходимо учесть, что работодатели не всегда готовы к масштабным программам повышения квалификации с отрывом от производства. Поэтому имеет смысл проанализировать возможности создания персонифицированных модульных программ актуализации знаний и повышения компетенции в зависимости от потребностей региональных рынков. Условия организации обучения должны быть комфортны для специалистов, поэтому, возможно, стоит больше внимания уделить дистанционным формам обучения – разработке образовательных модулей, доступных пользователям сети Интернет. С учетом бурного развития цифровых технологий в дальнейшем станет возможной организация интерактивного дистанционного обучения и кейс-технологий с применением элементов дополненной (*AR*) и виртуальной реальности (*VR*).

На рис. 5 показано взаимодействие образовательной и профессиональной среды посредством интернет-технологий.

В настоящее время в интернет-пространстве уже функционируют образовательные порталы зарубежных организаций, на которых представлен широкий набор онлайн-курсов. Возможности технологий анализа больших объемов данных *(big data)* позволяют формировать персонифицированные предложения для обучающихся и осуществлять дальнейшую новостную рассылку, адаптированную под потребности клиентов. Так, например, образовательный портал *Coursera* предлагает широкий спектр наиболее актуальных образовательных курсов, принадлежащих преимущественно зарубежным университетам. Однако стоит отметить, что Российские вузы уже начинают осваивать эти ресурсы, что делает отечественные образовательные программы доступными широкому кругу потребителей, в том числе и за рубежом.

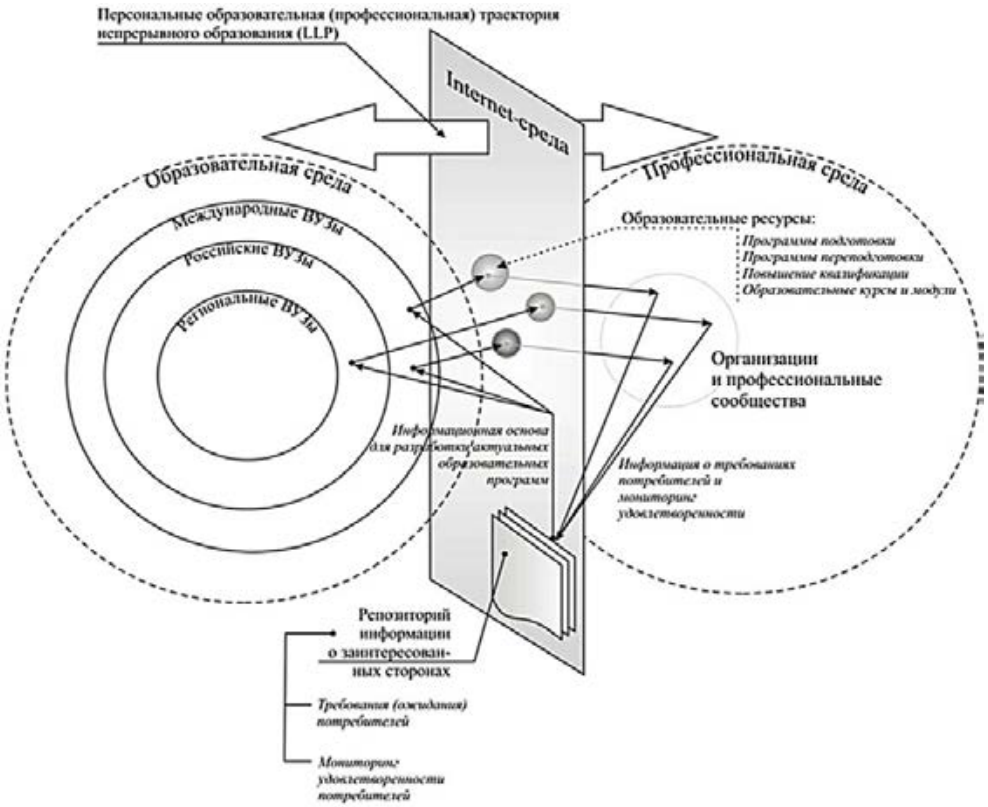


Рис. 5. Дистанционное взаимодействие академической и профессиональной среды в рамках образовательного процесса (составлено авторами)

Необходимым элементом ориентации на потребителя является регулярный мониторинг его удовлетворенности. С целью осуществления непрерывного мониторинга требований потребителя и его удовлетворенности стоит уделить внимание разработке информационной среды интерактивного взаимодействия заинтересованных сторон. Вернемся к рис. 2, на котором показано информационное поле, влияющее на образовательный процесс. Необходимо организовать интерактивный сбор информации для дальнейшего развития и улучшения образовательного процесса. Для этого могут быть созданы сетевые репозитории с информацией о требованиях и ожиданиях заинтересованных сторон от использования программ обучения. Репозитории должны аккумулировать базовую информацию для планирования улучшения образовательного процесса:

– требования образовательных и профессиональных стандартов;

– ожидания и требования потребителей и заинтересованных сторон;

– предложения по развитию образовательных программ на основе анализа изменений окружающей среды и лучших образовательных практик.

Права ограниченного доступа к разделам репозитория должны иметь все заинтересованные стороны. Это необходимо для того, чтобы потребители могли самостоятельно вносить актуальную информацию о своих требо-

ваниях и пройти мониторинг удовлетворенности. Подобные репозитории могут быть разработаны на базе отдельно взятых вузов и ориентироваться на потребности регионального рынка. Более того, они могут стать общероссийской практикой и тогда, реализованные на основе облачных технологий, смогут быть доступными для всех вузов страны, которые заинтересованы в актуализации и улучшении своих образовательных программ. Формирование репозиториев позволит также формировать пакет персонифицированных предложений по обучению и профессиональную образовательную траекторию непрерывного обучения с учетом профессиональной специфики потребителя.

Заключение

Статья посвящена вопросам формирования условий для развития индивидуальной профессиональной траектории. Рассмотрены условия, необходимые для обеспечения соответствия данной траектории требованиям работодателя, что будет являться залогом востребованности и конкурентоспособности выпускников вузов. Проведено изучение информационной основы развития и улучшения образовательных программ, являющихся основой профессиональной траектории. Рассмотрены действующие в ЕС и России программы по поддержке образования, в том числе программы поддержки непрерывного обучения. Представлены результаты опроса обучающихся в отношении востребованности дополнительного образования, которые свидетельствуют в пользу продолжения обучения по окончании вуза. В статье подчеркивается важность ориентации вуза на потребности заинтересованных сторон, предложены возможные средства аккумулирования информации и технологии обратной связи.

Библиографический список

1. Информационная система Меганорм. – URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4293846/4293846573.htm (дата обращения: 23.03.2017).
2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200124394 (дата обращения: 25.03.2017).
3. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы : [утв. распоряжением Правительства РФ от 15 мая 2013 г. № 792-р] // СПС «ГАРАНТ». – URL: http://base.garant.ru/70379634/#ixzz4cO0btrzz (дата обращения: 26.03.2017).
4. Europe 2020 strategy. – URL: https://ec.europa.eu/info/strategy/european-semester/framework/europe-2020-strategy_en (дата обращения: 26.03.2017).
5. Бордяшов, Е. С. Перспективы реализации новой стратегии развития Европейского союза «Европа-2020» / Е. С. Бордяшов // Вестник МГИМО. – 2012. – № 3. – URL: http://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-realizatsii-novoy-strategii-razvitiya-evropeyskogo-soyuza-evropa-2020 (дата обращения: 26.03.2017).
6. Щетинина, Н. Ю. Исследование факторов персональной адаптации к новому технологическому укладу / Н. Ю. Щетинина, А. В. Власов // Мир образования – образование в мире. – 2017. – № 1 (65). – С. 197–206.

Тактарова Светлана Викторовна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента и экономической безопасности,
Пензенский государственный университет
E-mail: staktarova@yandex.ru

Taktarova Svetlana Viktorovna
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of management and economic security,
Penza State University

Щетинина Наталья Юрьевна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента и экономической безопасности,
Пензенский государственный университет
E-mail: nataly_sh@bk.ru

Shchetinina Natalia Yurievna
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of management and economic security,
Penza State University

УДК 331.5
Тактарова, С. В.
Индивидуальная профессиональная траектория: формирование условий для непрерывного обучения / С. В. Тактарова, Н. Ю. Щетинина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 101–113.

УДК 338.2

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ИСТОРИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НАЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ СТАРОВЕРОВ И ЕЕ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ

К. В. Фенин

RETROSPECTIVE HISTORICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF OLD BELIEVER NATIONAL ECONOMIC MODEL AND ITS CULTURAL HERITAGE

K. V. Fenin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Производится исследование социально-сущностных характеристик модели экономической деятельности русских старообрядцев как возможного примера хозяйственной системы, проходящей через предельные состояния – циклические трансформации в ходе смены режимов своего функционирования. Предполагается, что некоторые культурные и духовно-нравственные элементы модели хозяйствования раскольников, обладая устойчивостью к изменениям во времени, значительно продлили существование данной экономической парадигмы и частично были восприняты постреволюционным российским социумом. *Материалы и методы.* Имеющиеся в наличии статистические данные, подкрепленные экспертными оценками и обширной фактологией о масштабах производственной и торговой деятельности раскольников, позволили провести ретроспективный историко-хозяйственный анализ социальных факторов генезиса и неравномерного развития модели экономического поведения староверов. *Результаты.* В ходе анализа установлено, что парадигма хозяйствования староверов претерпела значительные социальные изменения, укладывающиеся в два вековых цикла: с 1670-х по 1770-е гг. и с 1770–80-х по 1850–60-е гг. и один полувековой цикл: с 1860-х гг. до Первой мировой войны. Развитие модели торгово-производственной активности раскольников на практике заключалось в ее трансформации из частично закрытой, «анклавной» структуры в теле народного хозяйства Российской империи в структуру, органически инкорпорированную в межотраслевую и межрегиональную иерархию рынков национальной экономики. *Выводы.* На основе рассмотренных данных логично заключить, что одним из социокультурных факторов (компонентов) успеха староверов на промышленном и коммерческом поприще стала их уникальная этика. Именно православная трудовая хозяйственная этика как устойчивое в длительном времени социальное множество и составила историко-культурное наследие «раскольничьей» модели хозяйствования. Данное наследие нашло свое отражение в идеях о приоритете общественных интересов над личными, возвышенном отношении к труду, склонности к альтруизму и бытовой благотворительности, которые были восприняты и частично переняты советским и российским обществом.

Ключевые слова: раскольники, В. О. Ключевский, экономическая модель, общинность, экономические анклавы, иерархия рынков, трудовая хозяйственная этика, благотворительность.

Abstract. *Background.* This article is devoted to a research of social characteristics of Old Believer economic model as possible example of the economic system passing

through limit states – cyclic transformations during change of the modes of the functioning. It is supposed that some cultural and spiritually-moral elements of Old Believer economic model, having resistance to changes in time, prolonged existence of this economic paradigm and were partially apprehended by post-revolutionary Russian society. *Materials and methods.* The fragmentary statistical data, supported by expert assessments and extensive factual data on the scale of the production and trade activities of the Old Believers, made it possible to conduct a retrospective historical and economic analysis of the social factors of genesis and the uneven development of the model of the economic behavior of Old Believers. *Results.* The retrospective economic analysis has shown that the Old Believer economic paradigm has undergone the considerable changes which are keeping within two century cycles: with 1670-h – on the 1770th and from the 1770–80th – on the 1850–60th, and one semicentennial cycle: from the 1860th – before World War I. Development of model of trade and production activity of Old Believers in practice consisted in its transformation from partially closed and socially isolated structure in economic space of the Russian Empire in the structure incorporated in interindustry and interregional hierarchy of the markets of national economy. *Conclusions.* Unique labor ethics of Old Believers is the major sociocultural factor of their success in business. The orthodox labor economic ethics which are steady in a long time have made historical and cultural heritage of Old Believer economic model. This heritage has found the reflection in the ideas about a priority of public interests over personal, in the sublime relation to work, in tendency to altruism and household charity which have been partially adopted by the Soviet and Russian society.

Key words: Old Believers, Vasily O. Klyuchevsky, economic model, communality, economic enclaves, markets hierarchy, work economic ethic, charitable cause.

Введение

Изучение собственного культурного исторического наследия является одной из важнейших форм интеллектуальной духовной деятельности любого человеческого общества. Через данную форму деятельности социум осуществляет самоидентификацию и обеспечивает непрерывность своего существования, согласуя свое прошлое с настоящим и будущим, а также качественно совершенствуясь посредством поддержания преемственности традиций, общественных норм поведения и высших моральных ценностей.

В этом отношении как с позиции экономической теории, так и реальной хозяйственной практики кроется не теряющая свой актуальности проблема определения сущностных характеристик российской национальной модели экономики [1]. Следует сразу принять во внимание, что представление национальной модели хозяйствования в виде формализованной усеченной совокупности взаимосвязанных, закономерно повторяющихся экономических процессов и явлений хотя и может гарантировать ей некую универсальность, но в то же время ограничивает теоретическую содержательность модели. Кроме того, большинство подобных выхолощенных экономико-математических моделей не может быть применено для описания предельных состояний хозяйственных систем – циклических трансформаций в ходе смены режимов функционирования, когда количественные изменения сопровождаются изменениями качественных свойств системы. Именно данные состояния, в которых экономика меняет свой режим функционирования

и тенденцию развития, позволяют через ретроспективный историко-хозяйственный анализ выявить ее сущностные характеристики, поскольку наиболее заметные «выдающиеся» отклонения от нормы развития социо-экономических систем наглядно демонстрируют то, какой именно должна быть эта норма. С другой стороны, рождение новой хозяйственной парадигмы дает возможность на более глубоком фундаментальном уровне познать старую парадигму, уже ставшую историей и стационарным фундаментом новоявленной национальной модели экономики, посредством анализа имеющейся в наличии статистического и фактологического материала. При этом всякая новая хозяйственная парадигма есть либо органическое, либо искусственное продолжение старой [2, с. 29].

В реальности на функционирование национальной экономической модели оказывают значительное влияние социальные, нормативные (юридические), философские, духовно-нравственные и культурные факторы, которые сами в свою очередь попадают под влияние парадигмы хозяйственной деятельности [3, с. 6]. Последние два из перечисленных факторов отличаются наибольшей способностью к самосохранению в течение длительного времени. Культурный и духовно-нравственный компоненты как «самые древние персонажи человеческой истории» служат опознавательными знаками специфики экономической деятельности в конкретный период времени [4, с. 60]. Однако и они в условиях обновления «исторических декораций», т.е. при чередовании фаз больших волн Н. Д. Кондратьева (К-циклов), могут подвергнуться трансформации [2, с. 24].

В связи с этим представляется интересным провести краткий анализ модели хозяйственной деятельности малой конфессиональной группы старообрядцев – староверов, раскольников, «старолюбцев», которые фактически стали одними из прародителей российского капитализма [3]. Изучение их культурного наследия в сфере экономики и предпринимательства демонстрирует ту самую ситуацию смены режима функционирования хозяйственной практики, когда духовные факторы наиболее ярко через социальные потрясения свидетельствуют о своей значимости в жизни общества.

Теоретический анализ

Возникновение самого социума старообрядцев в результате церковного раскола – отделения значительной части русского православного общества от господствующей русской православной церкви – произошло, по мнению выдающегося отечественного историка В. О. Ключевского, вследствие усилившегося западного влияния. В западноевропейском мире в XVI и XVII вв. на развалинах феодального порядка создались большие централизованные государства; одновременно с этим и народный труд вышел из тесной сферы феодального поземельного хозяйства, в которую он был насильственно заключен прежде. Благодаря географическим открытиям и техническим изобретениям перед ним предстал широкий простор для деятельности, и он начал усиленно работать на новых поприщах и новым капиталом, городским или

торгово-промышленным, который вступил в успешное состязание с капиталом феодальным, землевладельческим. Политическая централизация и городской буржуазный индустриализм вели за собой значительные успехи, с одной стороны, в развитии техники административной, финансовой и военной, устройстве постоянных армий, новой организации налогов, развитии теорий народного и государственного хозяйства, а с другой – в развитии техники экономической и фабричной промышленности, создании торговых флотов, устройстве торгового сбыта и кредита.

Допетровская Россия не участвовала во всех этих успехах, тратя свои силы и средства на внешнюю оборону и кормление двора, правительства, привилегированных классов, ничего не делавших и неспособных что-либо сделать для экономического и духовного развития народа. Поэтому в XVII в. она отстала от Европы. Влияние Запада вышло из чувства национального бессилия, источником которого была вскрывавшаяся в войнах, дипломатических сношениях, торговом обмене скудость собственных материальных и духовных средств перед западноевропейцами, что вело к осознанию своей отсталости [5, с. 243].

С воцарением новой династии у нас были предприняты политические и экономические нововведения с целью устройства народной обороны и государственного хозяйства. Почувствовав потребность в новых, заимствованных технических средствах, государство во множестве призывало иноземцев: лютеран и кальвинистов. Правда, их призывали для обучения солдат, литья пушек, строительства заводов. Все это очень мало касалось нравственных понятий и еще менее – религиозных воззрений. Однако в Москве почувствовали потребность в европейском искусстве и комфорте, а потом и в научном образовании. «Начали иноземным офицером и немецкой пушкой, а кончили немецким балетом и латинской грамматикой. Вызванное насущными материальными нуждами государства западное влияние вместе с необходимым приносило и то, без чего можно было пока обойтись, с чем можно было еще повременить» [5, с. 264, 279–280].

Совесть русского человека в раздумье стала между родной стариной и Немецкой слободой. В Москве вдруг пошли толки, что «скоро настанет конец древнему благочестию и будут введены новые иноземные обычаи». При таком настроении попытка исправить церковные обряды и текст богослужебных книг легко могла показаться смущенному и пугливому церковному обществу посягательством на самую веру. Случилось так, что за это исправление принялся Патриарх Никон, который по своему характеру способен был довести это настроение до крайней степени напряжения [5, с. 264, 279–280].

Раскол как религиозное настроение и протест против западного влияния произошел от встречи преобразовательного движения в государстве и церкви с народно-психологическим значением церковного обряда и национальным взглядом на положение русской церкви в христианском мире. Но протестующее противоцерковное настроение раскола превратилось в цер-

ковный мятеж, когда старообрядцы отказались повиноваться своим церковным пастырям за их предполагаемую привязанность к латинству, а русские церковные иерархи с двумя восточными патриархами на московском соборе 1667 г. отлучили непокорных старообрядцев от православной церкви за их противление канонической власти церковных пастырей. С того времени раскол и получил свое бытие не только как религиозное настроение, но и как особенное церковное общество, отделившееся от господствующей церкви [5, с. 295].

Парадоксальность и противоречивость исторических событий и процессов побуждает к соответствующему диалектическому объяснению происходившего со стороны историков-исследователей. В. О. Ключевский утверждал, что раскол содействовал западному влиянию и ускорил проведение реформ. «Раскол уронил авторитет старины, подняв во имя ее мятеж против церкви, а по связи с ней и против государства. Большая часть русского церковного общества теперь увидела, какие дурные чувства и наклонности может воспитывать эта старина и какими опасностями грозит слепая к ней привязанность. Руководители преобразовательного движения, еще колебавшиеся между родной стариной и Западом, теперь с облегченной совестью решительнее и смелее пошли своей дорогой» [5, с. 299].

Иным путем, т.е. путем сохранения древнего благочестия, последовали староверы, оказавшись в один миг в среде, состоящей из иноверцев и «отступников» и не отличавшейся к ним особой доброжелательностью. Вначале смущенные нововведениями «старолюбцы», уверовав, что близятся последние дни и наступило царствие антихриста, были дезорганизованы и не проявляли особого усердия ни в торговом деле, ни на ремесленном поприще. Спустя десятилетия после никоновской реформы, предания анафеме и репрессий раскольников, их бегства от мира и многочисленных актов «крещения огнем» часть различных раскольничьих согласий полностью переосмыслила случившееся, уже по-новому интерпретируя проблему спасения как всеобщего, так и личного.

Главный путь к спасению староверы видели в деятельной подготовке уже не к приходу «зверя», а скорее ко второму пришествию Спасителя. Это способствовало возникновению религиозного активизма, а затем активизма социального и мирской аскезы, выраженных в том, что каждый истинный православный человек должен принять участие в «поднятии благочестия», «очищения мира от скверны», т.е. то, что раньше вменялось инокам, теперь предлагалось всем верующим [6, с. 418–421].

Подобное переосмысление церковной реформы интенсифицировало идею христианского подвига, который может быть осуществлен через личный усердный и добросовестный труд и деятельность на благо всей общины. Именно труд уже не как источник средств к существованию, вынужденная повинность, которую должен нести весь род человеческий, а как основа творческой жизни стал на уровень христианского подвига. Наполнение высшим смыслом и одухотворение различных форм трудовой деятельности: натурального хозяйства, ремесленного бартерного обмена и денежной торговли,

организации артелей и промышленных предприятий, работы на заводах и фабриках – в дальнейшем привело к значительному росту уровня благосостояния этноконфессиональной группы староверов.

Незавидное социальное положение гонимой и ограниченной конфессиональной общности, чередовавшееся с некоторыми периодами послаблений, сохранялось вплоть до конца XIX в. Это социальное положение также стало одним из факторов, определенным образом направляющих развитие экономической деятельности в старообрядческой среде. Староверам требовались основательные материальные ресурсы, чтобы выдерживать тяжелый фискальный гнет. После введения подушной подати в 1724 г. со старообрядцев взималась дополнительная плата «за раскол»: с посадских по 40 алтын (1 руб. 20 коп.), а с крестьян по 70 коп. С женщин бралась половинная сумма, соответственно 60 и 35 коп., что превышало размер обычной подушной подати в 2 раза. В дальнейшем давление налогообложения усилилось. Согласно указу от 30 августа 1732 г., дополнительная подать с «записных раскольников» из купцов стала исчисляться из величины их гильдейских окладов, определяемых внутримирской раскладкой общепосадского подушного оклада с учетом хозяйственной состоятельности тяглецов», что легло еще большим бременем на податное сословие [7, с. 30].

Помимо официальных налоговых выплат среди властьимущих, занимающих хоть сколь-нибудь значимый светский или духовный пост, довольно часто практиковались нелегальные поборы с «еретиков-старолюбцев», за которые служащие соглашались не замечать их подчас слишком активную хозяйственную деятельность, за счет которой полученные средства шли на поддержание «древнего благочестия»: обустройство молельных домов, возведение храмов, раздачу милостыни и т.п. Получался замкнутый круг, стимулирующий расширенный тип воспроизводства: заработанные денежные средства автоматически спускались не столько на собственные социальные нужды, сколько на хозяйственное обеспечение возможности относительно открыто и легально заниматься стяжательством.

Избежать подобных трудностей с формальными и неформальными выплатами было возможно либо сменой социального статуса, перейдя к «никонианам» или в единоверие, либо меняя местожительство. Многие раскольники предпочли второй вариант, что выражалось в переселении больших людских масс в XVII–XVIII вв. и первичном или повторном освоении малозаселенных районов России: территорий вблизи Новгорода, Перми, Саратова, Ржева, современной Польши, Украины и Белоруссии, регионов Поморья, Урала, Дона и Сибири, где можно было скрыться от различного рода агрессоров. Впрочем, некоторые особо влиятельные боярские и купеческие семьи из «записных» и тайных староверов все-таки оставались в Москве и Санкт-Петербурге, рискуя между тем впасть в немилость [8].

Интенсивная хозяйственная деятельность и массовое расселение раскольников в пределах дореволюционной России привели к созданию специфической «анклавной» (пространственно обособленной и социально замкнутой) структуры в ее экономике [9, с. 223]. Вследствие того, что «противоборству-

ющие силы не разошлись, оставаясь в одном государстве, Россия, в отличие от европейских стран, условно разделилась внутри себя на очаги компактного проживания раскольничьих согласий и регионы с преобладанием «никониан», будучи единой на географической карте» [10].

Первоначально трудовая деятельность в подобных староверческих экономических анклавах строилась в форме, схожей с общинами первых времен христианства. Часто поселения «старолюбцев» представляли собой своеобразные «общежительства» или киновии, устроенные по монастырскому типу, где «общежитники… предвосхищают блага обетованного царствия, в доброхвальном житии и общении, представляя точное подражание тамошнему жительству и состоянию» [6, с. 424–427]. Это подтверждается историческими примерами устройства одной из крупнейших общин староверов XVIII в. – Выговской. В определенной степени управление экономикой Выга, осуществляющееся по монастырскому порядку, представляло собой развитие традиции, восходящей к Иосифу Волоцкому и его последователям, которые отстаивали идеологию умеренного стяжательства Церковью для обеспечения собственных нужд и помощи нуждающимся [3, с. 9]. Специфической чертой экономики киновий Выга было глубокое горизонтальное разделение труда: специально поставленные члены общины «надзирали» «над пашнями и над прочим», другие – «у приходу и расходу денежнаго и над покупками всяких братских припасов». Во «внешней» торговле одни занимались закупками в Поволжье – «на Низу», другие перевозили зерно, третьи продавали хлеб в «Петебурхе», по всему региону и за его пределами. Прибыль от одних товаров, проданных выговскими купцами (рыбы, сукна и прочих), вкладывалась другими агентами общежительства в новые закупки поволжского хлеба, который затем продавался.

Следует упомянуть о сложном для того времени характере торговых операций выговцев и наличии в ней таких атрибутов современного предпринимательства, как отпуск в кредит и эквивалентный бартер [11, с. 42].

Другой не менее известной старообрядческой общиной в начале XVIII в. было поселение на острове Ветка. В скором времени эта небольшая киновия старообрядцев разрослась до 40 тыс. жителей и прославилась на всю Россию как крупный и весьма успешный ремесленный и торговый центр. «Купцы-раскольники сбывали в Польше, Белоруссии и Украине продукцию местных кустарей-ремесленников: бондарей, шапочников, портных, скорняков, шорников, красильщиков, рукавичников. На вырученные деньги купцы снабжали единоверцев сырьем и предоставляли кредиты. Ремесленное производство стремительно расширялось. Коробейники с Ветки потеснили польских, украинских, белорусских и даже российских торговцев, став монополистами на огромных территориях» [8].

Как раз такой, близкий к монастырскому стилю общежительства, уклад сформировал своеобразный психологический тип поведения русского предпринимателя-старообрядца, который стремился к индивидуализму, не отрываясь от общины. Данная модель экономического поведения может именоваться «монах в миру». Искони традиционная «внешняя» функция

монашества и монастырей – это служение миру (обществу) молитвой за него, заступничеством сирых и убогих, наставлением, при отдалении от самого мира (общества), т.е. стремление к уединению и индивидуализму. Однако данный восточнохристианский «старообрядческий» индивидуализм ничего общего не имеет с ведущим к атомизации общества индивидуализмом протестантов, с которыми часто сравнивают и отождествляют раскольников многие отечественные и зарубежные исследователи [6, с. 424–427].

По сути, в среде англосаксонских протестантов произошла подмена значения понятий «индивидуализм» и «независимость». «Эти понятия рассматриваются в протестантском сообществе не как "освобождение от неких социальных пут", но как "право собственности на самого себя". Цель данного "права", олицетворяющего "естественное" стремление любого человека владеть самим собой, – это приложить все свои усилия к достижению собственных успехов. Естественно, что наличие "права собственности на самого себя" предполагает и существование обязанности. Подобной обязанностью у протестантов является личный усердный труд как необходимое основание для любви тебя Всевышним. Достаточное же основание для того, чтобы быть возлюбленным Богом, – туго набитый кошелек. Причем у протестантов наполнение личного усердного труда одухотворенностью или иными морально-нравственными императивами вовсе не обязательно. Общество, в интересах которого трудится протестант, уже возлюблено за него Богом. Поэтому быть индивидуальным по-протестантски – это значит быть свободным от социума, вне его или даже над ним» [12, с. 110, 220, 224].

Для восточных христиан индивидуализм – средство, необходимое для совершения высшей миссии – спасения собственной души. Личное спасение требовало непосредственной сопричастности к благополучию всего своего окружения. Растворяясь в социуме, православные христиане успешно сохраняли достаточную долю индивидуальности. Поэтому сторонники древнего благочестия оказались ориентированы в своей хозяйственной деятельности совсем на иные приоритеты, которые имели не много общего с приоритетами протестантских буржуазных ценностей. «Староверы нацеливались не на получение прибыли в пользу конкретных людей или семей, а на обеспечение жизнедеятельности всех своих единоверцев. Только такие общественно-коллективистские механизмы были оптимальны в том положении, в котором жило русское старообрядчество. Их восточнохристианская религиозная идеология допускала и поддерживала экономику, предназначенную не для конкуренции хозяйств и обоснования отдельной избранности, как у протестантов, а для утверждения солидарных начал, обеспечивающих существование всей общины в анклаве» [10].

Таким образом, к середине XVIII столетия завершилось формирование религиозной трудовой хозяйственной этики и первоначальной анклавной структуры экономики староверов. Данный процесс уложился в вековой цикл: начиная с 1670-х гг. вплоть до 1770-х гг.

Со второй половины XVIII в. последовал ряд реформ императрицы Екатерины II, таких как: манифест, призывающий раскольников вернуться

в Россию; отмена в 1782 г. доплаты «за раскол»; введение более льготного налогообложения для купцов-староверов, – ставших дополнительными экзогенными факторами, стимулирующими динамичное развитие экономической деятельности раскольников. К властьимущим вовремя пришло осознание, что накопленные значительные капиталы и амбиции старообрядцев в мелкой, средней и крупной торговле, кустарном ремесле, учреждении мануфактур и строительстве фабрик могут принести ощутимую пользу российской экономике [13].

С этого же времени начались изменения в структуре экономических анклавов староверов, вызвавшие появление своеобразной иерархии рынков в территориальном и отраслевом общественном разделении труда между основной частью православного населения и раскольниками. Хотя статистические выкладки по объемам хозяйственной деятельности староверов могут носить только оценочный, экспертный характер, так как подсчеты в обстановке гонений на «старолюбцев» произвести было практически невозможно, в литературе встречаются данные по отдельным отраслям и регионам с XVIII в. Исторические факты свидетельствуют о наличии довольно крупных предпринимателей среди тайных старообрядцев в местах их компактного проживания: Стародубье, Ветке, Урале, Поморье, некоторых районах Поволжья и Сибири. На данных периферийных территориях России общины староверов развернули бурную торгово-промышленную деятельность, удовлетворяющую в первую очередь собственные нужды и внутренний массовый спрос «неблагородных» сословий.

В старообрядческих посадах, слободах и городах юго-западной России во второй трети XIX в. проводилось ежегодно по 3–5 ярмарок с оборотом до 40 тыс. руб. В Верхнем Поволжье самые крупные предприниматели Ярославля, Рыбинска, Ростова и других городов принадлежали к старообрядческим согласиям и полностью контролировали инфраструктуру торговли и транспортной сети. Во второй половине XVIII – начале XIX в. старообрядцы доминировали на Сызранской хлебной пристани, в судоходстве по Волге, на Макарьевской, а затем Нижегородской ярмарках. В нижегородском крае уже со второй половины XVIII столетия в руках староверов сосредоточилась вся местная промышленность: судостроение, производство посуды, прядение льна и многое другое. В Нижнем Поволжье, особенно в Саратовской губернии, староверы были богатейшей частью населения. Они основали ряд новых городских центров, прежде всего Вольск, ставший в начале XIX в. одним из самых богатых городов Поволжья. От вольских «миллионщиков» немного отставали «заволжские тысячники» – самарские предприниматели-староверы. Есть свидетельства, что подобная бурная хозяйственная деятельность раскольников присутствовала также в регионах Урала и Сибири [11, с. 35–37].

Иную конфессиональную структуру показывал рынок центрального региона Российской империи. Здесь предпринимательское сословие было связанно преимущественно с государственными подрядами и откупами и поэтому не относилось в основной своей массе к сторонникам древнего благочестия. Однако уже в означенный период реформ с 1770–1780-х гг. воз-

никли «внешние» условия для роста старообрядческой экономической деятельности и обновления верхушки купечества московского региона [11, с. 33]. С перемещением анклавов старой веры в центр России резко возросла их роль в развитии региональной и всей отечественной экономики. В 1850 г. только записные купцы-староверы составляли 15 % численности гильдейского купечества Москвы, в то время как 5 % московского населения было старообрядцами. Их предприятия производили 12,7 % промышленной продукции столицы [11, с. 35].

Действуя уже в общероссийском масштабе, старообрядцы во второй трети XIX в. достигли наибольших успехов в оптовой торговле хлебом и текстильной индустрии. Последняя была на тот период времени самой передовой отраслью экономики. В текстильной индустрии раньше других начался промышленный переворот, возникла фабричная организация производства, сложился значительный рынок наемного труда, происходило становление капитализма в нашей стране. Несмотря на свои архаику и аскетизм в быту, сообщество староверов оказалось восприимчивым к западным технологическим и организационно-хозяйственным новшествам, профессиональному обучению, что способствовало развитию и расширению объема производства.

В 1830–1840-е гг. из 17 фабрик Лефортовской части – первой фабричной окраины Москвы – 12 предприятий принадлежало староверам. К 1870 г. доля старообрядцев составляла свыше 34 % в бумаготкацкой промышленности Московской губернии и 75 % – в Москве, а шерстоткацкой – 63 % в Москве, свыше 42 % в губернии и 40 % – в целом по всей России. В Калужской губернии старообрядческим семьям принадлежало 90 % фабричного бумаготкацкого производства, во Владимирской – 37 % прядильного. Размер контролируемого староверами сектора в суконной, ситценабивной и некоторых других текстильных отраслях, т.е. 21 % производства Московской губернии, значительно превышал их долю среди промышленников иных конфессий [11, с. 36]. В староверческом анклаве и «ткацкой столице Российской империи» – Иваново – географическая концентрация экономической активности раскольников даже по сравнению с приведенными примерами была буквально грандиозной: в 1830–1840-х гг. там насчитывалось около 180 ткацких, красильных фабрик и прочих сопряженных производств [10]. Все красильное дело и порядка 60 % клееварной промышленности Москвы было в руках староверов [11, с. 36].

Помимо передового технического оснащения и кластерного сосредоточения, отличительной чертой предприятий «старолюбцев» было то, что они преимущественно состояли из артелей. «Артель как основная производственная единица непосредственно вела дела, "рядилась с хозяином", определяла заработанное, т.е. оказывала ключевое влияние на весь ход фабричной жизни. В артели сформировался особый тип "фабричного", "мастерового" [работника], интересы которого ставились ничуть не ниже интересов хозяина. Свободолюбивый и независимый психологический тип этого трудящегося был весьма далек от работника по найму в классическом капиталистическом смысле этого слова» [10].

Конец второго векового цикла развития экономической деятельности староверов, пришедшийся на 1850–1860-е гг., был ознаменован полным органичным встраиванием старообрядческих торгово-промышленных анклавов в экономику России. Внешние факторы становления мирового хозяйства и внутренние факторы изменения экономики Российской империи закрепили в ней наметившуюся в 1780-е гг. тенденцию разделения труда и иерархии рынков. Хозяйственная деятельность «старолюбцев» осталась направленной преимущественно на удовлетворение внутреннего спроса российской экономики. При этом емкость внутрироссийского рынка была значительна: «если оценивать ее исходя из оборота внутренней торговли, то к середине XIX в. она ежегодно составляла примерно 900 млн руб. Эта сумма практически целиком приходилась на произведенные и потребленные внутри страны промышленные товары, обладающие низкой конкурентоспособностью на внешнем рынке. Удовлетворение Российской империей потребностей складывающегося мирового рынка, выраженного во внешней торговле, которая на 96 % состояла из вывоза зерна, леса и сырья, оставалась за русским дворянством и иностранными купцами. В стоимостном выражении весь объем внешней торговли не превышал 250 млн руб.» [10].

Специфика внутренней торговли заключалась в том, что она протекала преимущественно вне бирж. Так, согласно замечанию российского историка А. В. Пыжикова, «этот торговый институт [биржи] европейского типа не привлекал внимания русского купечества». Вместе с тем в раскольничьей среде возникла и успешно развивалась гуманная система беспроцентных и безвозвратных денежных ссуд, когда в стране еще не сложились ни национальная кредитная, ни вексельная системы. Данная "внутриконфессиональная" практика займов обеспечивала нужды хозяйственной деятельности раскольников в первоначальном капитале для открытия новых общинных производств и собственного дела» [13].

Специфика последнего полувекового цикла (с 1860-х гг. до начала Первой мировой войны) развития экономической деятельности раскольников состояла в размытии границ между ними и «титульным православным этносом». Частый переход в единоверие или православие, наблюдавшийся среди все меньше таившихся «старолюбцев», уже не носил такого негативного психологического оттенка. Выгодность же его была очевидна и выражалась в возможности легализовать крупные капиталы, законно вступать в брак, избегать очередной возможной волны притеснений, получать высшее образование в отечественных и иностранных университетах, активно участвовать в политической и культурной жизни российского общества.

Однако подобные новшества особо не затронули практику организации хозяйственной деятельности раскольников, «повторно обращенных в православие». Сохранялась своеобразная иерархия рынков, но выраженная не столько в регионально-отраслевой специализации, сколько в иерархии преобладающих форм организации товарно-денежного хозяйства. Пространственно единый экономический анклав старообрядцев к началу XX в. состоял из крупных хозяйствующих субъектов – заводов в окружении множества

средних и мелких фабричных и мануфактурных производств с примыкающими «очагами» кустарного ремесла. Причем создание рынка более высокого уровня не отменяло относительно успешного существования рынков более низкого порядка. Мелкие кустари и ремесленники становились естественной неотъемлемой полупериферией и периферией промышленного хозяйственного ядра [13]. Оставляя приоритет за удовлетворением втутрироссийского спроса, некоторые крупные предприятия староверов осуществляли и внешнеторговые операции. Известнейшая Никольская мануфактура С. Т. Морозова занималась экспортом тканей во многие страны Европы и США, получив международное признание и множество наград за высочайшее качество продукции.

Неизменными остались и нравственные императивы экономической деятельности: стремление к сохранению морального облика истинного христианина при ведении коммерческих дел и широкое распространение в купеческой среде благотворительности. Традиционная религиозная нравственность и благочестие предполагались как непременные условия делового успеха в среде крупных российских предпринимателей [14, с. 23]. Хорошим тоном почиталось по собственной инициативе отсрочить платеж попавшему в сложную ситуацию заемщику или вовсе простить долг. Предприниматель-старовер М. Я. Рябушинский в завещании указал: «…должные мне деньги по счетам, записям и векселям, если не будут иметь возможность платить, то простить оные и после кончины моей не требовать». Кроме того, часть из оставленных им 2 млн руб. предназначалась на то, чтобы кормить и призревать нищих [11, с. 56].

Массовые взносы на благотворительность в среде старообрядцев первоначально представляли собой исполнение главного конфессионального долга – христианского подвига. В раскольничьих общинах, церквях и часовнях собирались обязательные, но не регламентированные сборы («в кружку»), которые современник, наблюдавший развитие старообрядчества в Поволжье, назвал явлениями «в роде естественно подоходного налога». Причем считалось, что «богатые всегда воздадут за скудность бедных», но милостыню подавали все [11, с. 55]. Со второй половины XIX в. в связи с наметившейся тенденцией распада старообрядческих общин и переходом их активов (земель, фабрик, заводов и финансового капитала) из коллективного в единоличное владение и управление, осуществляемых представителями немногочисленных известнейших купеческих семей, добровольная благотворительность стала еще и инструментом установления социальной компенсации и справедливости. Жертвование значительных денежных сумм в пользу единоверцев заменяло действовавшие ранее механизмы распределения торгово-промышленных доходов среди работников артелей [10]. Стирание границ между сторонниками древнего благочестия и православными не привело первых к отказу от укоренившейся традиции благотворительности. Поскольку подчас мнимое деление на «своих и чужих» не предполагало строгой адресной помощи, благотворительность раскольников охватывала все российское общество. Это явственно следует из биографий известных купеческих дина-

стий, таких как Морозовы, Щукины, Третьяковы, Мамонтовы, Кузнецовы, Рябушинские, Прохоровы или отдельных представителей крупных предпринимателей-староверов – Кокорева и Солдатенкова. Все они в свое время были признанными филантропами и меценатами, возводившими на собственные деньги сиротские дома, богадельни, приюты, театры и галереи, куда затем безвозмездно передавали лично приобретенные ими шедевры мировой и отечественной культуры.

Конец двух с половиной вековых циклов развития хозяйственной парадигмы раскольников был ознаменован резкой трансформацией всей российской экономики, непререкаемой частью которой являлись и старообрядческие торгово-производственные анклавы. Стойкое культурное и историческое наследие экономической модели староверов сохранилось в их трудовой хозяйственной этике. Вначале она, продемонстрировав свою социально-экономическую эффективность, была органично перенята всем православным сообществом Российской империи. Впоследствии в годы Советского Союза и Российской Федерации она была переработана в трудовую «этику обязанностей», сохранив свои основные этнокультурные народнохозяйственные элементы: сплоченный коллективный труд с элементами творчества на благо общего дела, альтруизм, «идеал служения» и высокую степень самоотдачи и амбиций тружеников, которые готовы даже на самопожертвование ради великой цели [15, с. 192–193, 197; 16, с. 35; 17, с. 606].

Заключение

В заключение стоит отметить, что сам феномен возникновения трудовой хозяйственной этики раскольников и их деятельного отношения к миру – следствие стечения или констелляции целого ряда исторических факторов. Значительные культурные религиозные и социальные потрясения XVII в., затронувшие нематериальные ценности русского мира, позволили потенции восточно-христианской трудовой этики, заложенной в ней догматической теорией синергизма (соработничества, соучастия в спасении души), перейти в состояние акта. Тяжелые социально-политические условия, в которых оказалась часть русского православного общества, не отказавшаяся от старого обряда, потребовали от нее решительных действий для достижения экономической независимости с целью самосохранения как этноконфессиональной группы. Совокупность данных условий обеспечила возможность староверам продемонстрировать свою пассионарность, которая ярко видна у представителей славянского суперэтноса в периоды великих потрясений и имеет склонность к затуханию в периоды относительного спокойствия.

Библиографический список

1. Фенин, К. В. Генезис отечественной парадигмы предпринимательства / К. В. Фенин // Предпринимательство и реформы в России : материалы XX Междунар. конф. молодых ученых-экономистов, 21–22 ноября 2014 г., Санкт-Петербург, СПбГУ. – СПб. : Изд. центр эконом. факультета СПбГУ, 2014. – С. 35–36.

2. Черемисинов, Г. А. Парадигма директивно-плановой экономики: российский опыт хозяйственных преобразований : в 2 ч. Ч. 1. / Г. А. Черемисинов. – Саратов : Изд-во Сарат. ун.-та, 2012. – 348 с.
3. Фенин, К. В. Старообрядческая хозяйственная этика: зарождение русского капитализма / К. В. Фенин // Проблемы современной экономики : материалы II Междунар. заоч. науч. конф. (октябрь 2012 г.). – Челябинск : Два комсомольца, 2012. – С. 6–13.
4. Бродель, Ф. Время мира: материальная цивилизация, экономика и капитализм, XV–XVIII вв. / Ф. Бродель ; пер. с фр. Л. Е. Куббеля : под ред. Ю. Н. Афанасьева. – М. : Прогресс, 1992. – Т. 3. – 680 с.
5. Ключевский, В. О. Сочинения. Курс русской истории / В. О. Ключевский. – М. : Мысль, 1988. – Т. 3. – 414 с.
6. Керов, В. В. Эсхатология старообрядчества конца XVII – первой половины XVIII в. и новая хозяйственная этика старой веры / В. В. Керов // Старообрядчество в России (XVII – XX) : сб. науч. тр. – Вып. 3. Старообрядческое предпринимательство / отв. ред. и сост. Е. М. Юхименко. – М. : Языки словянской культуры, 2004. – С. 405–433.
7. Мирошниченко, Е. А. Купцы-старообрядцы в городах европейской России в середине XVIII века (из истории российского предпринимательства) / Е. А. Мирошниченко // Отечественная история. – 2006. – № 5. – С. 28–39.
8. Норкин, А. Могла ли выжить в России экономика на честном слове? Старообрядцы. И все-таки они выжили / А. Норкин. – URL: http://shkolazhizni.ru/archive/0/n-48516/ (дата обращения: 17.08.2012).
9. Фенин, К. В. История анклавов в экономике России: предпринимательство староверов / К. В. Фенин // Студенческая наука: перекрестки теории и практики : материалы I Внутривуз. науч.-практ. конф. студентов и аспирантов, 20 ноября 2012 г., Саратов, СГУ им. Н. Г. Чернышевского. – Саратов : Наука, 2013. – С. 223–229.
10. Пыжиков, А. Неизвестное лицо дореволюционного капитализма: какова роль старообрядцев в развитии российской буржуазии / А. Пыжиков. – URL: http://www.forbes.ru/mneniya/istoriya/324075-neizvestnoe-litso-dorevolyutsionnogo-kapitalizma-kakova-rol-staroobryadtsev?page = 0,1 (дата обращения: 20.09.2016).
11. Керов, В. В. Предпринимательство старообрядцев в России / В. В. Керов // Частное предпринимательство в дореволюционной России: этноконфессиональная структура и региональное развитие, XIX – начало XX в. / отв. ред. Б. В. Ананьич, Д. Дальманн, Ю. А. Петров. – М. : РОССПЭН, 2010. – С. 31–142.
12. Фромм, Э. Иметь или быть? / Э. Фромм. – М. : АСТ, 2016. – 320 с.
13. Шахназаров, О. Л. Отношение к собственности у старообрядцев (до 1917 года) / О. Л. Шахназаров // Вопросы истории. – 2004. – № 4. – С. 53–70.
14. Керов, В. В. Конфессионально-этическая мотивация хозяйствования староверов в XVIII–XIX веках / В. В. Керов // Отечественная история. – 2001. – № 4. – С. 18–40.
15. Коптелова, Т. И. Экономика и православие – евразийский вариант «капиталистического духа» / Т. И. Коптелова // Философия хозяйства. – 2014. – № 5 (95). – С. 191–198.
16. Пшеницын, И. В. Будущее Запада и России / И. В. Пшеницын // Философия хозяйства. – 2014. – № 5 (95). – С. 34–41.
17. Фенин, К. В. Институциональный и этнокультурный компоненты формирования стратегии инновационного развития экономики Российской Федерации / К. В. Фенин // Экономическая система современной России: пути и цели развития : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 19 ноября 2014 г., Москва, МГУ. – М. : Экономический факультет МГУ им. М. В. Ломоносова, 2015. – С. 604–607.

Фенин Кирилл Вячеславович
аспирант,
Саратовский национальный
исследовательский государственный
университет им. Н. Г. Чернышевского
E-mail: fenin.kir@yandex.ru

Fenin Kirill Vyacheslavovich
postgraduate student,
Saratov National Research State University
named after N. G. Chernyshevsky

УДК 338.2
Фенин, К. В.
Ретроспективный историко-экономический анализ национальной модели хозяйствования староверов и ее культурного наследия / К. В. Фенин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 114–128.

УДК 331

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ НАДЕЖНОСТИ ПЕРСОНАЛА ТУРИСТСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

И. И. Цветкова, А. В. Сиволап

FORMATION MODEL OF RELIABILITY OF PERSONNEL IN TOURIST ORGANIZATION

I. I. Tsvetkova, A. V. Sivolap

Аннотация. *Актуальность и цели.* Кадровая безопасность является одним из элементов, обеспечивающих экономическую безопасность предприятий и организаций. Ведущую роль в обеспечении кадровой безопасности играет надежность персонала. Формирование модели надежности персонала с последующей оценкой надежности позволит руководству предприятия обеспечить надлежащий уровень кадровой безопасности и нивелировать угрозы, обусловленные негативными умышленными или неосторожными действиями персонала. Целью статьи является разработка модели надежности персонала для организаций, функционирующих в сфере туризма. *Материалы и методы.* Реализация цели исследования была достигнута на основе анализа особенностей туристического бизнеса, а также концептуальных положений, изложенных в трудах отечественных и зарубежных ученых по проблемам обеспечения кадровой безопасности предприятий. *Результаты.* Рассмотрены различные подходы к определению сущности надежности персонала. Определены внешние факторы, оказывающие влияние на степень надежности человека, и сгруппированы по двум категориям: организационные и факторы внешней среды. Определена специфика туристического бизнеса в современных условиях хозяйствования. Построена модель надежности персонала в туристической организации, включающая в себя три кластера, элементы по каждому кластеру, а также уровни проявления элементов. Также в модели показано влияние внешних факторов на уровни проявления элементов надежности. Представлены лингвистическая характеристика всех элементов модели надежности персонала и рекомендуемые методы их оценки. Обоснована возможность расширения модели надежности для управленческого персонала за счет включения в нее дополнительных элементов. *Выводы.* Формирование модели надежности персонала с последующей оценкой надежности, а также принятие управленческих решений по результатам оценки способны повысить уровень кадровой безопасности организации, что непременно приведет к росту эффективности всей деятельности.

Ключевые слова: надежность персонала, модель, кадровая безопасность, кластер, элемент, факторы.

Abstract. *Background.* Personnel security is one of the elements that ensure the economic security of enterprises and organizations. The reliability of the personnel plays a leading role in providing personnel security. The formation of a personnel reliability model with subsequent reliability assessment will allow the company's management to ensure an adequate level of personnel security and to level out threats caused by negative intentional or reckless actions of personnel. The aim of the article is to develop a model of personnel

reliability for organizations operating in the field of tourism. *Materials and methods.* The goal of the research was achieved on the basis of an analysis of the characteristics of the tourism business, as well as the conceptual provisions set forth in the works of domestic and foreign scientists on the problems of ensuring the personnel safety of enterprises. *Results.* Different approaches to determining the essence of staff reliability are considered. External factors influencing the degree of human reliability are identified and grouped into two categories: organizational and environmental factors. Specificity of the tourist business in modern conditions of management is determined. A model of staff reliability in a tourist organization is constructed, which includes three clusters, elements for each cluster, and the levels of manifestation of elements. Also, the model shows the influence of external factors on the levels of manifestation of reliability elements. A linguistic characteristic of all elements of the personnel reliability model and recommended methods for their evaluation are presented. The possibility of expanding the reliability model for management personnel is substantiated by including additional elements in it. *Conclusions.* The formation of a personnel reliability model with subsequent reliability assessment, as well as management decisions based on the evaluation results, can improve the level of the organization's human resources security, which will certainly lead to an increase in the effectiveness of all activities.

Key words: personnel reliability, model, personnel safety, cluster, element, factors.

Введение

Обеспечение экономической безопасности является важнейшей проблемой, стоящей перед любым отечественным предприятием. Кадровая безопасность является одной из подсистем экономической безопасности, наряду с финансовой, экологической, информационной, технико-технологической и т.п. Формирование кадровой безопасности предполагает создание механизма оптимального управления персоналом, способствующего обеспечению устойчивого функционирования предприятия и возможности противодействия различным негативным явлениям.

Кадровая безопасность включает в себя целый ряд количественных и качественных показателей: численного состава персонала и его динамики, квалификации и интеллектуального потенциала, эффективности использования персонала, условий труда, качества мотивационной системы, деструктивных форм поведения, личностных характеристик и акцентуаций характера, надежности персонала, социальные показатели. При этом наиболее весомой характеристикой, оказывающей влияние на уровень кадровой безопасности, является надежность персонала.

Однако состав элементов надежности персонала будет разным для предприятий различных сфер деятельности. Так, для производственных предприятий надежность персонала будут определять вероятность выполнения сменного задания, производительность труда, эффективность эксплуатационного обслуживания, уровень квалификации, психофизиологическое состояние. Для предприятий сферы услуг, наряду с профессиональными характеристиками, приобретают значение личностные характеристики и организационная приверженность.

Целью данного исследования является разработка модели надежности персонала в сфере туризма.

Элементы надежности персонала и факторы, оказывающие влияние на уровень надежности

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортировки [1]. Надежность человека определятся его способностью в течение заданного времени в предусмотренных условиях сохранять нормальное состояние жизнедеятельности и выдерживать технические параметры управления системы в установленных пределах, а также выполнять все возложенные на него функции по поддержанию заданного режима [2].

В современной литературе надежность персонала исследуется с различных позиций: принятия решений, эргономики, инженерной психологии. Так, надежность персонала в процессе принятия решений рассматривается через анализ ошибочно принятых решений (В. С. Кулибанов, А. И. Шипилов). Эргономика исследует пути оптимизации условий труда и повышения надежности персонала с учетом психологических, гигиенических и прочих факторов (Н. В. Прусова, Г. Х. Боронова). В инженерной психологии анализ надежности персонала проводят путем моделирования взаимодействия человека с машиной для количественной оценки возможности аварии на сложных человеко-машинных комплексах (Г. С. Никифоров, А. А. Широкова, А. А. Крылов).

Традиционно надежность персонала включает в себя ряд элементов:

– профессиональная надежность, уровень которой определяется в зависимости от соответствующей квалификации, опыта, знаний и навыков профессиональной деятельности;

– психологическая надежность, обеспечиваемая наличием определенных свойств характера, позволяющих человеку выполнять конкретную работу на надлежащем уровне;

– моральная надежность, предполагающая высокую степень лояльности сотрудника к организации и готовность прилагать усилия для достижения поставленных целей.

На уровень надежности персонала оказывает влияние также ряд внешних по отношению к человеку факторов, которые можно представить как организационные и факторы внешней среды.

Среди организационных факторов наибольшее воздействие на степень надежности человека будут оказывать:

– система мотивации и стимулирования труда;

– информационная политика;

– уровень корпоративной культуры;

– структура и численность персонала в организации;

– эффективность и структура взаимодействия;

– уровень морально-психологического климата;

– регламентация деятельности персонала;

– автоматизация процессов управления персоналом;

– условия труда;

– организация труда.

Факторы внешней среды – это:

– инфляционные процессы в государстве;

– состояние рынка труда в регионе в разрезе должностей;

– социально-экономическая и политическая ситуация;

– условия труда у конкурентов;

– наличие социально-бытовых и семейных проблем.

Нужно отметить, что степень надежности человека применительно к его профессиональной деятельности может изменяться при возникновении чрезвычайных кризисных ситуаций. Чем ниже оценивается уровень надежности работника в стандартных условиях, тем выше вероятность ее снижения в экстремальных ситуациях.

Как уже отмечалось, основная цель формирования модели надежности персонала состоит в возможности структурированной оценки ее влияния на кадровую безопасность и получении информации, необходимой для принятия соответствующих управленческих решений. Можно выделить и косвенные цели, помочь в достижении которых способно повышение уровня надежности персонала:

– разработка планов развития сотрудников;

– формирование кадрового резерва;

– оптимизация использования трудового потенциала работников;

– формирование эффективной системы мотивации персонала;

– установление стандартов профессиональной деятельности;

– оптимизация качественного и количественного состава персонала в организации.

Специфика туристического бизнеса в современных условиях хозяйствования

Универсальную для всех организаций модель надежности персонала создавать нецелесообразно, так как структура элементов надежности зависит от различных факторов, и, прежде всего, от отраслевой принадлежности и характера выполняемой деятельности. Естественно, оценка уровня надежности персонала, занятого в производстве и обслуживании сложных в техническом отношении объектов, представляется более значимой для предприятия. Тем не менее, и в сфере услуг надежность персонала оказывает существенное влияние на удовлетворенность потребителей качеством оказываемых услуг и отражается на эффективности деятельности туристской организации.

Специфика надежности персонала в сфере туризма обусловлена особенностями данного бизнеса, а также влиянием на туризм тех изменений, которые происходят в настоящий момент в обществе в целом. К таким особенностям можно отнести:

– решающее влияние человеческого фактора на качество оказания туристических услуг;

– сложную структуру туристской индустрии, включающую в себя множество туристических компонентов;

– влияние на туризм отраслей, не имеющих ярко выраженного туристского характера;

– вероятность создания большой нагрузки на инфраструктуру туристского региона, его экологию, объекты культуры и отдыха;

– необходимость кооперации туристских организаций как по вертикали, так и по горизонтали, поскольку туристская услуга является комплексным продуктом;

– сезонность туризма, требующая особого подхода к формированию кадровой политики на туристских предприятиях;

– развитие онлайн-сервиса и интернет-технологий;

– увеличение доли нематериальных и виртуальных активов в структуре активов туристских предприятий;

– глобализацию, мобильность и гибкость туристического бизнеса.

Качество предоставляемых туристических услуг зависит от умения персонала своевременно распознавать потребности каждого клиента, осуществлять обслуживание по установленным стандартам [3].

Модель надежности персонала

Модель надежности персонала в туристской сфере представляет собой структурированный набор элементов надежности. Каждый элемент модели можно детализировать собственным индикатором, который описывает проявление данной характеристики у работника, являясь одновременно требованием к наличию соответствующего элемента модели.

Структура формируемой на предприятии модели надежности персонала зависит от выбора вида модели и может быть различной:

– линейной (общеорганизационной);

– уровневой (каждому уровню должности соответствуют различные элементы кластера);

– ступенчатой (разные градации требований к структуре элементов кластера);

– древообразной (градация требований к структуре элементов кластера для разных карьерных путей, вариантов организационной стратегии и т.п.);

– профильной (применительно к конкретному виду профессиональной деятельности);

– смешанной (содержащей элементы всех перечисленных видов в разной пропорции).

Базовой моделью для организации является линейный вид, на основе которого затем могут разрабатываться другие варианты. При этом для дополнительных моделей надежности может потребоваться включение весовых коэффициентов. Использование весовых коэффициентов для расчета итогового балла надежности сотрудника или группы сотрудников оправдано тем, что для каждой организации разные элементы модели могут иметь различную значимость.

При разработке модели важно ориентироваться на основные принципы ее построения, соблюдать структуру, дорабатывая и увязывая ее с конкретным видом деятельности организации и спецификой кадровой политики.

Разработанная нами модель надежности персонала содержит выделенные кластеры надежности – группы тесно связанных между собой элементов, а также уровни проявления каждого элемента. Дополняют модель внешние факторы, оказывающие влияние на степень надежности персонала в организации (рис. 1).

Наиболее сложный аспект разработки модели надежности персонала в организации – создание оптимальной системы оценивания элементов, которая может включать как количественное, так и качественное оценивание, основанное на отзывах коллег, руководителей и клиентов. Однако, выбирая тот или иной метод оценки элемента, необходимо учитывать возможность сравнения и интерпретации результатов. Поэтому особое внимание при использовании модели надежности персонала в организации следует уделить оценке элементов надежности по каждому кластеру, для чего рекомендуется использовать трехуровневую шкалу.

Первый уровень – пороговый, предполагающий минимальную степень обладания оцениваемым элементом. Второй уровень – продвинутый, предполагающий такую степень проявления характеристики, которая позволит говорить о ее среднем уровне. Третий уровень – высокий, предполагающий максимальную степень проявления оцениваемого элемента надежности.

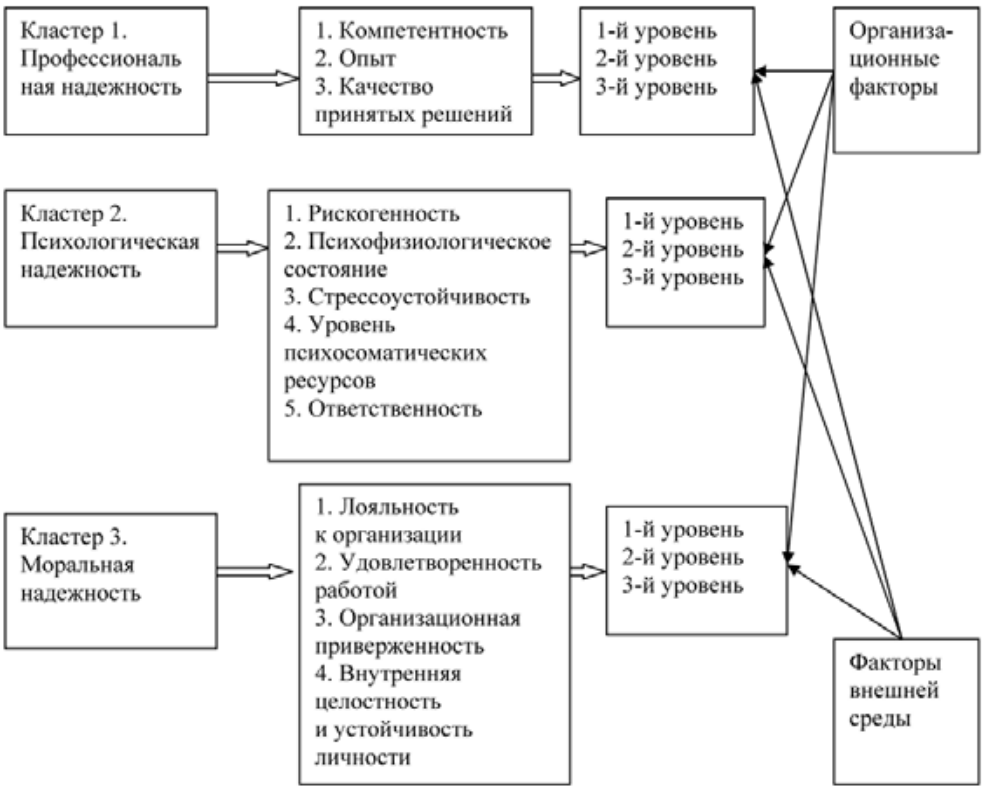


Рис. 1. Модель надежности персонала организации

На наш взгляд, применение трехуровневого подхода к оценке надежности персонала является наиболее разумным, так как использование на практике более сложных методик, связанных с серьезными математическими расчетами, является достаточно затруднительным. Наличие модели надежности персонала в туристской организации даст возможность спрогнозировать динамику изменения качества рабочей силы и оценить эффективность мероприятий по кадровому отбору.

Характеристика элементов надежности персонала

В табл. 1 представлены лингвистическая характеристика всех элементов модели надежности персонала и способы их оценки, которые могут быть использованы в организации.

Таблица 1

Лингвистическая характеристика элементов модели надежности персонала и методы их оценки

Кластер	Элемент	Лингвистическая характеристика	Метод оценки
1	2	3	4
Кластер 1. Профессиональная надежность	Компетентность	Наличие знаний и навыков в определенной сфере деятельности	Метод 360 градусов, ассесмент-центр
	Опыт	Единство знаний и навыков, которые человек приобрел в процессе овладения определенной профессией, а также умение применить их на практике	Практическое упражнение, соответствующее сфере деятельности
	Качество принятых решений	Степень соответствия решения требованиям обоснованности, своевременности, непротиворечивости и реальности	Ситуационное упражнение, деловая игра
Кластер 2. Психологическая надежность	Рискогенность	Степень выраженности психологического механизма побуждения человека к провоцированию рисковых ситуаций и склонность к выбору дел с высоким уровнем неопределенности	Миннесотский многопрофильный тест, тест «Идентификатор типов-16» [4]
	Психофизиологическое состояние	Целостная реакция личности (психическая, физиологическая и поведенческая) на внешние и внутренние стимулы	Измерение психологических и физиологических показателей, пролонгированная фиксация эффективности деятельности

Окончание табл. 1

1	2	3	4
	Стрессоустойчивость	Способность человека выдерживать экстремальные нагрузки без негативных для себя и производства последствий	Бостонский тест на стрессоустойчивость, тест Т. Холмса и Р. Раге
	Уровень психосоматических ресурсов	Уровень эмоциональной, когнитивной и физической энергии, необходимой для работы в определенной должности (прогнозирование профессионального «выгорания»)	Опросник «PS-статус», методика «Миссисипская шкала» [5]
	Ответственность	Готовность выполнять свою работу наилучшим образом и принимать решения за себя и людей, находящихся в зависимости	Тест «Степень ответственности»
Кластер 3. Моральная надежность	Лояльность к организации	Эмоциональная привязанность к организации, отражающаяся на ожидаемом производственном поведении работников	Оценка лояльности по шкале Терстоуна, метод проективных вопросов
	Удовлетворенность работой	Позитивное эмоциональное состояние, возникающее от оценки человеком условий, процесса и результата своей работы	Анкетирование, тест «Удовлетворенность работой» Л. А. Верещагиной
	Организационная приверженность	Степень психологической идентификации с организацией	Опросник Дж. Майера и Н. Аллена «Organizational commitment scale» (OCS)
	Внутренняя целостность и устойчивость	Комплексный элемент, определяемый степенью выраженности ряда моральных качеств, таких как честность, принципиальность, открытость, от которых зависит вероятность сохранения последовательности действий личности в различных ситуациях	Психологические тесты

Решения по результатам оценки надежности персонала

По результатам проведенной оценки администрации предприятия необходимо принять соответствующие управленческие решения, которые могут быть следующими:

– формирование требований к кандидатам на этапе кадрового отбора;

– отбор сотрудников, показавших высокий уровень надежности, для работы в важных проектах;

– разработка стиля управления, позволяющего осуществлять эффективное взаимодействие с лицами, показавшими низкий уровень надежности;

– выдвижение в кадровый резерв;

– ротация персонала;

– повышение сложности и объема работ без фактического горизонтального или вертикального перемещения;

– разработка программ развития и обучения персонала;

– размер инвестиций в повышение уровня надежности персонала;

– разработка карьерограмм;

– пересмотр системы мотивации персонала и условий труда;

– необходимость укрепления корпоративной культуры.

Кроме того, необходимо провести анализ результативности принятых решений по истечении определенного периода времени. Также полезно сравнить текущие результаты оценки надежности персонала с результатами предыдущей оценки, что позволит сделать заключение об эффективности применяемых инструментов развития персонала. Интересен также анализ расхождений оценок разных групп и средней оценки с самооценкой человека.

Модель надежности для управленческого персонала

Особое внимание в организации следует уделить оценке надежности управленческого персонала. При этом модель надежности управленческого персонала может быть расширена за счет включения дополнительных элементов. Так, в кластер «Профессиональная надежность» представляется необходимым добавить элементы, связанные с наличием организационно-управленческих навыков. В кластере «Психологическая надежность» обязательно надо оценить уровень «выгорания» специалиста как руководителя.

«Выгорание» представляет собой состояние качественного изменения характеристик человека, негативно отражающееся на его профессиональной деятельности. Это своего рода защитная реакция организма на избыточное расходование своих энергетических запасов и возможностей. Надо отметить, что эффект «выгорания» далеко не всегда учитывается теоретиками и практиками при оценке тех или иных характеристик персонала. Традиционно считается, что с увеличением квалификации и времени пребывания в должности уровень профессионализма неизменно растет [6]. Однако ряд исследований убедительно показывает, что при определенных условиях процесс профессионального и эмоционального «выгорания» работника неизбежен, и основную группу риска составляют специалисты, работающие с людьми: руководители, менеджеры, преподаватели, врачи и т.п. [7, 8].

В кластер «Моральная надежность» для управленческого персонала можно добавить такой элемент, как «социально-корпоративная зрелость», определяющий уровень совпадения личных целей руководителя с целями организации и его готовность действовать с необходимой для организации напряженностью.

Заключение

Таким образом, формирование модели надежности персонала и последующая оценка надежности ориентированы на выполнение главных задач управления – обеспечение безопасности и достижение заданного уровня технико-экономической эффективности. Конечная цель такого подхода – стимулирование роста профессионализма, более ответственного отношения к дисциплине, технике безопасности, ведению здорового образа жизни. Оценка надежности персонала предоставляет руководству необходимую информацию для принятия обоснованных управленческих решений, связанных с планированием карьеры работников и формированием кадрового резерва, развитием и обучением кадров.

Библиографический список

1. Ефремов, А. А. Теория надежности: конспект лекций / А. А. Ефремов. – Томск : Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2015. – 83 с.
2. Пугачева, Е. В. Теоретические аспекты профессиональной надежности работника в организации / Е. В. Пугачева // Современная психология. – 2013. – № 1. – С. 35–37.
3. Недкова, А. С. Роль персонала в улучшении качества туристских услуг / А. С. Недкова // Вестник ассоциации вузов туризма и сервиса. – 2012. – № 2. – С. 12–15.
4. Жариков, Е. С. Риски в кадровой работе / Е. С. Жариков, А. А. Парамонов. – М. : МЦФЭР, 2005. – 288 с.
5. Колосницына, М. Ю. Диагностика психосоматического статуса / М. Ю. Колосницына // Вестник Московского государственного лингвистического университета. – 2013. – № 7. – С. 102–112.
6. Попов, Б. И. Модель оценки надежности работы управленческого персонала в дорожном хозяйстве / Б. И. Попов // Современные тенденции развития науки и технологии. – 2016. – № 6-5. – С. 126–130.
7. Знакова, Т. Профессиональное «выгорание» руководителей / Т. Знакова, А. Огенев // Управление персоналом. – 2003. – № 11. – URL: https://iteam.ru/publications/human/section_44/article_1481 (дата обращения: 13.05.2017).
8. Коновалова, В. «Огнеопасная» работа: организационные симптомы и факторы профессионального выгорания / В. Коновалова // Кадровик. Кадровый менеджер. – 2010. – № 6-2. – С. 34–41.

Цветкова Изабелла Ивановна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента,
Институт экономики и управления,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского
E-mail: isandra@rambler.ru

Tsvetkova Isabella Ivanovna
candidate of economic sciences,
associate professor,
sub-department of management,
Institute of Economics and Management,
Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky

Сиволап Александр Владимирович
старший преподаватель,
кафедра менеджмента,
Институт экономики и управления,
Крымский федеральный университет
им. В. И. Вернадского
E-mail: raketnaya@yandex.ru

Sivolap Alexander Vladimirovich
senior lecturer,
sub-department of management,
Institute of Economics and Management,
Crimean Federal University
named after V. I. Vernadsky

УДК 331
Цветкова, И. И.
Формирование модели надежности персонала туристской организации / И. И. Цветкова, А. В. Сиволап // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 129–139.

РАЗДЕЛ 2
МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, МЕХАНИЗМЫ В ТЕХНИКЕ

УДК 004.9

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ШАХМАТИСТОВ К СОРЕВНОВАНИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

А. С. Бождай, В. В. Свиридова

MODELING AND INFORMATION SUPPORT OF THE PROCESS OF CHESS PLAYERS TRAINING FOR COMPETITIONS WITH APPLICATION AUTOMATED SYSTEM

A. S. Bozhday, V. V. Sviridova

Аннотация. *Актуальность и цели.* В настоящее время проблема эффективности подготовки шахматистов к соревнованиям и их успешным выступлениям на основе принятия верных решений, совершенствования аналитического мастерства с использованием компьютерных программ и электронных баз данных является актуальной как для большинства профессиональных спортсменов, так и для начинающих шахматистов. Целью данной работы является разработка алгоритмов моделирования и автоматизированной системы, включающей взаимосвязанные программные компоненты по тактике, стратегии, дебютам, миттельшпилю, эндшпилю, а также базы данных шахматных партий, задач и этюдов. *Материалы и методы*. Формализация требований к проектированию автоматизированной системы выполнена с использованием диаграмм прецедентов и последовательности. Диаграмма прецедентов показывает доступные пользователям функции системы. Диаграмма последовательности применяется для моделирования процесса решения задач в соответствии с выбранными шахматными дебютами. *Результаты*. Рассмотрены основные вопросы и ключевые проектные решения создания автоматизированной системы «Chess Training System» для самостоятельной подготовки спортсменов к выступлениям на соревнованиях по шахматам различного статуса от регионального до международного уровней и развития стратегического и тактического мышления шахматистов с применением классификации стратегических и тактических задач на основе выбранных дебютов. *Выводы*. Предложенный алгоритм моделирования и автоматизированная система «Chess Training System», которая может применяться в качестве информационно-методического обеспечения образовательно-тренировочного процесса, положительно повлияют на совершенствование аналитического мастерства шахматистов и принятие верных решений при подготовке к партиям и выборе турниров, что позволит успешно выступать на соревнованиях различных уровней.

Ключевые слова: автоматизированная система, информационная поддержка шахматистов, база данных партий, анализ шахматных партий, модель процесса подготовки шахматистов.

Abstract. *Background.* At present, the problem of the effectiveness of training chess players for competitions and their successful performances based on making the right decisions, improving analytical skills using computer programs and electronic databases is relevant both for the majority of professional sportsmen and for the beginning chess players. The aim of this work is the development of modeling algorithms and an automated system that includes interlinked program components by tactics, strategy, debuts, middlegame, endgame, and also the database of chess games, tasks and etudes. *Materials and methods.* Formalization of requirements for the design of an automated system was performed using use-case and sequence diagrams. The use case diagram shows the system functions available to users. The sequence diagram is used to modeling the process of solving tasks in accordance with the chosen chess debuts. *Results.* In the were considered the main issues and key design solutions for the creation of the automated system «Chess Training System» for the independent preparation of sportsmen for performances in chess competitions of different status from regional to international levels and the development of strategic and tactical thinking of chess players using the classification of strategic and tactical tasks based on selected debuts. *Conclusions.* The proposed modeling algorithm and the automated system «Chess Training System», which can be used as information and methodological support for the educational process, will positively influence the improvement of the analytical skills of chess players and the adoption of right decisions in the preparation for games and the choice of tournaments, which will successfully perform at the competitions of different levels.

Key words: automated system, information support of chess players, database of games, analysis of chess games, model of chess players training process.

Введение

В Стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации до 2020 г. определены основные направления совершенствования подготовки спортсменов высокого класса и спортивного резерва для повышения конкурентоспособности российского спорта на международной спортивной арене, в частности:

1) развитие детско-юношеского спорта, системы отбора и подготовки спортивного резерва;

2) развитие студенческого спорта;

3) совершенствование системы развития спорта высших достижений [1].

Соревнования в современном спорте являются важнейшим средством подготовки шахматистов, совершенствования аналитического мастерства для повышения индивидуального рейтинга и контроля уровня подготовленности.

Недостаточно разработанная научно-методическая база шахматных тренировок с применением информационных технологий, важная для подготовки шахматистов к турнирам различного статуса с обсчетом международного рейтинга и (или) российского рейтинга и отвечающая современным требованиям, препятствует активному развитию профессионального и массового спорта.

Актуальными являются вопросы разработки подходов к организации системы анализа, формализации и моделирования процесса подготовки спортсменов.

Увеличение объема изучаемых данных делает для шахматистов трудоемкими задачи просмотра и оценки информации, ориентированной на цели обучения, при подготовке к соревнованиям. Усложнения турнирной подготовки при выборе партий к конкретному сопернику в связи с наличием открытой базы сыгранных партий требуют создания автоматизированной системы уровневой подготовки шахматистов к соревнованиям на основе современных информационных технологий, ее внедрения в образовательно-тренировочный процесс спортивных организаций и применения для самостоятельной подготовки шахматистов.

Внедрение модели процесса подготовки шахматистов с применением автоматизированной системы включает:

– исследование вопросов, связанных с построением аналитической части, информационных и пользовательских интерфейсов;

– идентификацию модели;

– реализацию автоматизированной системы.

Концептуально решение поставленной проблемы должно основываться на реализации тесного взаимодействия следующих задач:

– систематизации шахматных задач во взаимосвязи с дебютами;

– применения системы анализа для контроля уровня подготовленности шахматистов к соревнованиям.

Определение проблем исследования и создание основ структурирования компьютерных шахматных программ для дальнейшего анализа освоения учебного материала является задачей, решение которой позволит избежать проблем совершенствования мастерства шахматистов. Взаимосвязь изучаемой базы данных партий с шахматными задачами для тренировки мышления и определения верных решений в условиях сопротивления соперника во время шахматной игры позволит повысить уровень подготовленности шахматистов к соревнованиям.

Проблема классификации шахматных задач на основе дебютов

Подготовка спортсменов к соревнованиям по шахматам осуществляется с помощью компьютерных шахматных программ, включающих решение задач: CT-ART, Стратегия, Шахматные комбинации, Этюды для практиков, Практикум по эндшпилю, Энциклопедия миттельшпиля, а также базы данных партий ChessBase и информационных сайтов в сети Интернет.

Шахматная партия основывается на стратегическом принципе правильного вывода и оптимальном развитии фигур и существенно зависит от начальной стадии игры – дебюта, целью которого является вывод фигур на доске на выгодные позиции.

Следует отметить, что в основных шахматных программах отсутствует классификация задач по тактике и стратегии на основе дебютов. Поэтому в

автоматизированной системе для решения данной проблемы предлагаются задачи на основе выбранных дебютов.

Процесс решения шахматных задач можно описать с помощью инструмента объектно-ориентированного проектирования информационных систем – UML-диаграммы последовательности, представленной на рис. 1.

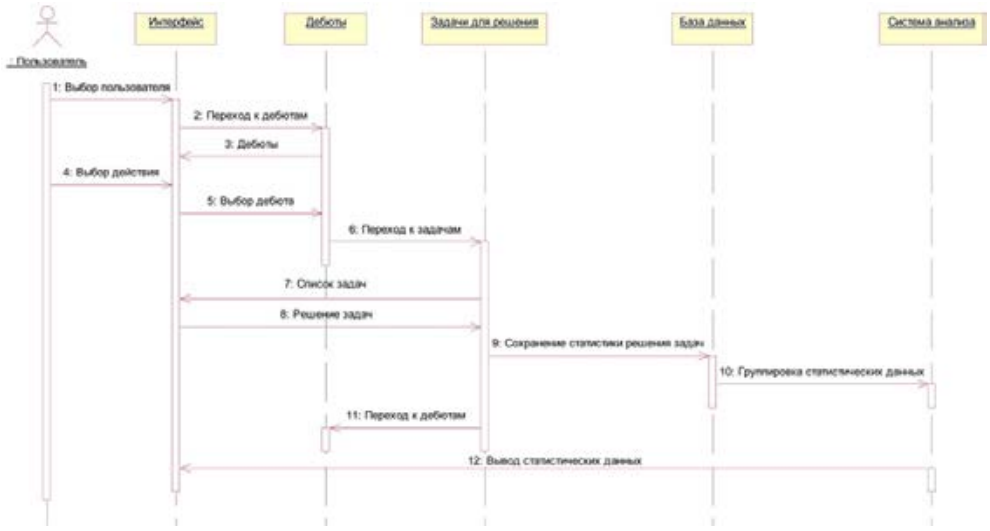


Рис. 1. Диаграмма последовательности решения задач, классифицированных на основе дебютов

Диаграммы последовательности применяют для моделирования взаимодействующих объектов системы.

В процессе решения шахматистом задач учитывается статистика решения, по результатам которой можно сделать вывод об уровне подготовленности к соревнованиям. Задачи классифицированы на основе дебютов, подобраны в соответствии с актуальными сыгранными партиями и могут встретиться в турнирных партиях шахматистов.

Применение классификации шахматных задач в автоматизированной системе по определенному алгоритму позволит решить задачу осуществления комплексной подготовки к игре с конкретным соперником.

Для эффективной подготовки необходимо, чтобы теоретический и практический разделы были представлены взаимосвязанным комплексом используемых средств и методов, а также рассматривались в единой системе проблемы обучения, совершенствования, контроля уровня подготовленности шахматистов.

Обзор существующих решений и их недостатки

Структура тренировочного процесса шахматистов, как правило, организуется с помощью компьютерных программ, обучающих и игровых сайтов Интернет. Она состоит из следующих компонентов:

– подготовки в дебюте, миттельшпиле и эндшпиле;

– тренировки стратегических принципов и тактических приемов;

– использования прямой трансляции партий международных и национальных турниров с комментариями в сети Интернет.

В образовательно-тренировочном процессе спортсмены применяют шахматные программы, которые в настоящее время широко используются в подготовке к турнирам. Однако данные компьютерные программы, в свою очередь, являются отдельными компонентами и не актуализированными к базе данных в связи с динамичным обновлением сыгранных шахматных партий.

В текущей задаче разработки автоматизированной системы выбраны лучшие программы для повышения аналитического мастерства во взаимосвязи с дебютами. Применяемые программы отдельно оказываются недостаточно эффективными, поэтому шахматистам приходится решать стратегические и тактические задачи без привязки к дебютам. И именно, чтобы этого избежать, необходимо внедрение автоматизированной системы, в которой можно выбрать задачи на основе заданных дебютов.

Предлагаемые решения и их достоинства

Предлагаемая автоматизированная система «Chess Training System» включает два направления подготовки:

1. Стандартная подготовка, включающая изучение дебютов, миттельшпиля, эндшпиля и этюдов в соответствии с программой подготовки и способностями шахматиста. К изучаемому дебюту подбираются задачи по тактике, стратегии, миттельшпилю.

2. Подготовка, ориентированная на выигрышную или ничейную игру, против соперника в конкретном турнире, включающая изучение возможных вариантов дебютов соперника, которые он может реализовать во время шахматной партии, и отбор задач для решения к возможным вариантам дебютов и миттельшпиля с целью повышения качества игры.

В системе определена уровневая подготовка:

– для профессиональных спортсменов;

– для начинающих шахматистов и их обучение шахматной игре в образовательной организации (внедрение шахмат как обязательного или факультативного предмета).

На рис. 2 представлена модель процесса подготовки спортсменов к выступлению на шахматных турнирах с применением автоматизированной системы «Chess Training System».

В предлагаемой автоматизированной системе разработаны следующие локальные модули: шахматная игра, система анализа. Система анализа позволяет проводить оценку подготовки шахматиста к турнирам на основе статистики решения задач, изучения дебютов, освоения новых навыков. На основе результатов системы анализа и статистики решения задач для шахматиста выбираются соревнования соответствующего уровня.

Рис. 2. Модель процесса подготовки шахматистов к соревнованиям с применением автоматизированной системы «Chess Training System»

Автоматизированная система объединяет функции ряда лучших компьютерных программ: CT-ART, Стратегия, Шахматные комбинации, Этюды для практиков, Практикум по эндшпилю, Энциклопедия миттельшпиля, а также обобщает учебный материал, что упрощает подготовку к турнирам и положительно влияет на развитие аналитического мастерства шахматистов. Шахматные программы содержат задачи для решения и предназначены для обучения шахматам и развития счетных способностей во время игры. Учебный материал включает подобранные задания, классифицированные по темам. Упражнения даны по возрастанию сложности. Данные программы учитывают подробную статистику решения задач и способствуют достижению максимально учебного эффекта.

В предлагаемой системе применяется программа ChessBase, которая предназначена для работы с базами партий, позволяет выполнять поиск партий по определенным критериям, просматривать и анализировать партии из базы Mega Database. Использование механизма для анализа игровых ситуаций – сильнейшего в мире движка Stockfish – позволяет выполнять оценку шахматных позиций, изучать сильнейшие шахматные варианты. Кроме того, программа ChessBase позволяет создавать базы партий, которые ориентированы на выбранные дебюты.

Автоматизированную систему можно описать с помощью инструмента объектно-ориентированного проектирования информационных систем – диаграммы прецедентов, представленной на рис. 3.

Диаграмма прецедентов показывает доступные пользователю функции.

В автоматизированной системе должны выполняться следующие функции:

- генерация портфолио и статистических данных по выбранному игроку (в том числе и по себе): предпочитаемые стратегии, дебюты и статистика их использования, рейтинги, соревнования, результативность. Это позволит быстро и в компактной форме получать «портреты» потенциальных противников;

- подбор оптимальных стратегий игры против выбранного противника с учетом заданных входных критериев (нацеленность на определенный результат – ничья или победа, временной регламент);
- подбор партий по заданным критериям;
- подбор задач и этюдов по заданным критериям;
- режим анализа произвольно заданной позиции;
- ведение базы данных (тексты партий и их анализ, соревнования, расчет рейтинга, статистика встреч по применяемым дебютам);
- режим доступа к удаленным базам данных;
- режим игры с заданными параметрами;
- генерация выходных данных (статистика решения задач, оформление текста партий и комментариев).

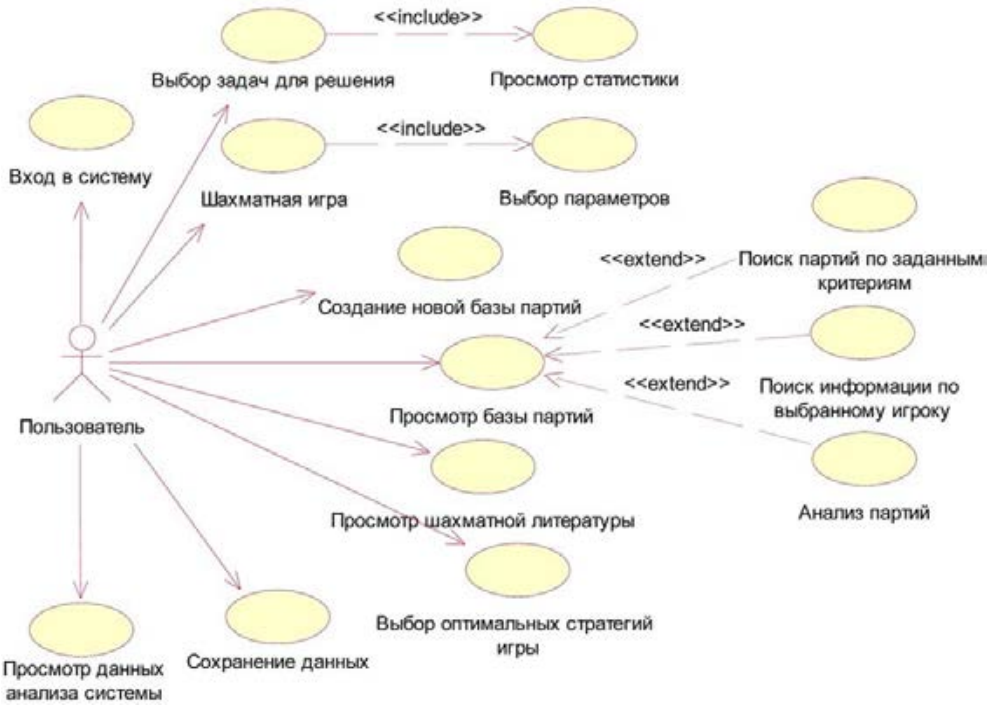


Рис. 3. Диаграмма прецедентов автоматизированной системы подготовки шахматистов «Chess Training System»

Автоматизированная система «Chess Training System» может являться элементом совершенствования системы подготовки шахматистов и научно-методического обеспечения образовательно-тренировочного процесса, а также повышения качества освоения нового шахматного материала с целью получения спортивных разрядов и званий. Различная спортивная квалификация шахматистов выдвигает требования к процессу подготовки, которые сочетают подходы, характерные для массового спорта и спорта высших достижений.

Заключение

Условия, предъявляемые к спортивной деятельности, обязывают применять эффективные информационные технологии и методы, позволяющие оптимизировать тренировочный процесс, активизировать интерес шахматистов к самостоятельной подготовке. В связи с этим разработка и внедрение автоматизированной системы «Chess Training System» позволят интенсифицировать тренировочный процесс, совершенствовать аналитическое мастерство и целенаправленно повышать уровень стратегической и тактической подготовленности шахматистов.

Автоматизированная система может успешно применяться для уровневой подготовки к турнирам профессиональных спортсменов и начинающих шахматистов для повышения эффективности соревновательной деятельности, а также при внедрении шахмат в школьную программу (обязательного или факультативного предмета).

Применение предлагаемой модели процесса подготовки спортсменов к шахматным турнирам положительно повлияет на получение конечного результата при реализации Программы развития шахмат в Российской Федерации и обеспечение успешных выступлений на всероссийских и международных соревнованиях [2].

Библиографический список

1. Стратегия развития физической культуры и спорта на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 07.08.2009 № 1101-р. – URL: https://www.minsport.gov.ru/activities/federal-programs/2/26363/
2. Программа развития шахмат в Российской Федерации на 2011–2018 гг. (одобрена решением Наблюдательного совета общероссийской общественной организации «Российская шахматная федерация» 02.11.2011). – URL: http://72chess.com/sites/default/files/programma2011_2018..pdf

---

Бождай Александр Сергеевич
доктор технических наук, профессор,
кафедра систем автоматизированного проектирования,
Пензенский государственный университет
E-mail: bozhday@yandex.ru

Bozhday Alexander Sergeyevich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of computer aided design,
Penza State University

Свиридова Влада Владиславовна
студентка,
Пензенский государственный университет
E-mail: vladachess@mail.ru

Sviridova Vlada Vladislavovna
student,
Penza State University

УДК 004.9
Бождай, А. С.

Моделирование и информационная поддержка процесса подготовки шахматистов к соревнованиям с применением автоматизированной системы / А. С. Бождай, В. В. Свиридова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 140–148.

УДК 62-187.4

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПРИВОДЕ ПОДАЧИ ТОКАРНОГО МОДУЛЯ В РЕЖИМЕ СТРУЖКОДРОБЛЕНИЯ

М. В. Виноградов, А. А. Игнатьев, Е. А. Сигитов, И. В. Клепова

MODELING OF DYNAMIC PROCESSES IN THE DRIVE THE LATHE FEEDING MODULE CHIP BREAKING

M. V. Vinogradov, A. A. Ignatyev, E. A. Sigitov, I. V. Klepova

Аннотация. *Актуальность и цели.* При обработке на автоматизированных токарных станках актуален вопрос удаления стружки из зоны резания. Указанное реализуется организацией режима стружкодробления, в частности за счет применения возвратно-поступательных перемещений исполнительного органа. Проведен анализ динамических процессов, возникающих при работе мехатронной системы привода подачи в режиме стружкодробления. *Материалы и методы.* Приводы продольной и поперечной подач токарного модуля, включающие многоступенчатые фрикционные передачи (МФП), в сочетании с аэростатическими направляющими позволяют с большой степенью точности (без проскальзывания) отрабатывать заданный закон движения суппорта с крепящимся на нем резцовым блоком, причем с помощью данной системы стружку возможно дробить как при продольном резании, так и при торцевом точении. Добиться надежного дробления стружки с получением высокого качества поверхности деталей позволяет многоступенчатая фрикционная передача (МФП) приводов подач. Это позволяет в режиме стружкодробления обеспечить токарную обработку деталей практически любой конфигурации. *Результаты.* При обработке в режиме стружкодробления на токарном модуле типа ТПАРМ, имеющем аэростатические направляющие суппорта и лазерный интерферометрический датчик обратной связи, обеспечиваются высокая повторяемость движения суппорта в соответствии с заданным законом изменения его скорости и эффективное стружкодробление при обработке различных материалов. *Выводы.* Использование реверсивных формообразующих движений суппорта с частотой, связанной с частотой вращения шпинделя, в режиме стружкодробления в приводах подачи прецизионных токарных модулей позволяет, наряду с надежным дроблением стружки, исключить наростообразование и получить высокое качество обработки без заметного снижения стойкости инструмента.

Ключевые слова: токарная обработка, мехатронная система, привод подачи, динамические процессы, стружкодробление.

Abstract. *Background*. During processing on automated lathes topical issue of chip removal from the cutting zone. Specified is implemented by the mode of chip breaking, particularly through the use of the reciprocating movement of the Executive body. The analysis of the dynamic processes that occur when you work mechatronic drive system supply mode of chip breaking. *Materials and methods*. The drives of longitudinal and cross feeds of the lathe module including a multi-stage friction gear (FIP), combined with aerostatic guides allow a high degree of accuracy (no slippage) to work out a given law of mo-

tion of the caliper with mounted on it a cutting unit, and with the help of this system the chips may be split as by longitudinal cutting and face turning. To achieve a reliable chip breakage with obtaining high quality surface detail allows a multi-stage friction gear (FIP) feed drives. This allows mode to provide chip breaking turning machining of parts of any configuration. *Results*. In the processing in the mode of chip breaking on the lathe module type TPARM with aerostatic guides the caliper and laser interferometric sensor feedback ensures high repeatability of slide movement in accordance with a given law of change of its velocity and effective chip breaking when machining different materials. *Conclusions*. Using reverse shaping movements of the caliper with a frequency related to the frequency of rotation of the spindle, in the mode of chip breaking in feed drives precision turning modules allows along with reliable chip breaking is to eliminate built-up edge and get high quality treatment without significant reduction in tool life.

Key words: turning processing, mechatronic system, feed drive, dynamic processes, chip control.

Введение

В современном механообрабатывающем производстве широко используются автоматизированные станочные модули (АСМ) и малолюдные технологии, что делает актуальной задачу управления процессом образования стружки и ее удаления из зоны резания. Наибольшие трудности возникают при сливной стружке, в связи с этим необходимо решить вопрос организации стружкодробления при различных режимах резания. Конечной целью систем автоматизированного управления процессом стружкообразования при различных условиях резания является придание стружке (дроблением или завиванием) такой формы, которая свела бы на нет ее отрицательные стороны. При этом необходимо обеспечить заданное качество обработанной поверхности, износостойкость режущего инструмента (РИ) и улучшить условия удаления стружки из зоны резания и дальнейшей транспортировки [1–3].

В связи с изложенным научный и практический интерес представляет анализ динамических процессов в приводе подачи при реализации возвратно-поступательного перемещения суппорта токарного модуля типа ТПАРМ в режиме стружкодробления.

Влияние стружкодробления на процесс обработки

Изменение взаимодействия инструмента и заготовки за счет наложения на РИ низкочастотных колебаний позволяет оказать существенное влияние на форму стружки и износ РИ. Однако при этом возникает необходимость установки дополнительных технических средств, что не всегда приемлемо [2–4].

В ряде случаев на АСМ используются для управления процессом стружкообразования различные виды прерывистой подачи РИ. Это дает возможность получать стружку определенной формы и размеров независимо от режимов резания и геометрии РИ. Наиболее эффективным такое решение стружкодробления показано на модуле типа ТПАРМ с приводом подачи на основе МФП [4].

Мехатронная система следящего привода подач прецизионного токарного АСМ с беззазорной МФП позволяет обеспечить возвратно-поступа-

тельные движения суппорта для реализации стружкодробления, что особенно важно для прецизионной обработки в автоматическом режиме.

При токарной обработке с образованием сливной стружки возможно ее навивание на заготовку, что приводит к снижению качества поверхности детали, а также может вызвать поломку инструмента. Наконец, сливная стружка затрудняет подвод смазочно-охлаждающей технологической среды (СОТС) в зону резания, что снижает стойкость РИ и качество обработки. Без дробления стружки невозможна автоматизация процесса ее удаления из зоны резания, что важно для современных систем механообработки в связи с минимальным участием человека в технологическом процессе.

Способы дробления стружки

Исследования в области решения задачи дробления стружки позволили создать несколько способов и большое количество различных устройств для стружкозавивания и стружкодробления [1–3]. Способы дробления стружки подразделяются на естественные и искусственные. При естественном дроблении стружки ее разрушение происходит в результате деформации об естественные препятствия (поверхности заготовки и резца). Главной особенностью специальных резцов является наличие завивателя. Неустойчивая форма стружки требует в каждом конкретном случае индивидуальной доводки его геометрии. Такие резцы нетехнологичны в изготовлении. Естественный способ дробления не требует усложнения конструкции станка, однако обладает низкой стабильностью. Необходимость разнообразных типов резцов делает совершенно неприменимым этот способ для дробления стружки на АСМ.

Искусственное стружкодробление основано на применении устройств, которые обеспечивают разделение стружки на отдельные элементы. При этом изменяется как кинематика, так и динамика процесса резания. В этом случае на обычный процесс резания накладывается колебательное движение резца относительно заготовки. Дробление стружки осуществляется при выходе РИ из обрабатываемого материала либо при периодическом изменении толщины срезаемого слоя. Вибрации станков при резании – сложный процесс, который определяется вынужденными колебаниями, стохастическими колебаниями и автоколебаниями [4]. Возникновение последних резко снижает качество обработки, поэтому применение вибрационного дробления стружки требует экспериментальных исследований по выбору закона изменения колебаний РИ для каждого конкретного сочетания материала заготовки и инструмента.

При стружкодроблении возможно применение как гармонических колебаний, так и колебаний негармонического вида. Частным случаем резания с колебаниями негармонического вида малой частоты является дискретное резание, заключающееся в периодической остановке РИ или даже его отводе в направлении, противоположном направлению резания. В этом случае, кроме дробления стружки, повышается эффективность действия СОТС, что снижает температуру резания. Экспериментально установлено, что для обеспечения разделения стружки на отдельные элементы время остановки РИ должно быть больше, чем время, соответствующее одному обороту заготовки [4].

Реализовать надежное дробление стружки с сохранением высокого качества поверхности деталей позволяет МФП привода подач токарного АСМ типа ТПАРМ. Приводы продольной и поперечной подач обеспечивают высокую точность (без проскальзывания) установленного закона перемещения РИ, причем стружкодробление осуществляется как при продольном резании, так и при торцевом точении. Частота колебаний РИ связана с частотой вращения шпинделя, т.е. при ее изменении длина элемента стружки практически не изменяется.

Динамическая модель привода

Мехатронная система привода подачи модуля представляет собой многоконтурную упругую систему. Воспроизведение заданных воздействий характеризуется точностью позиционирования поперечной и продольной кареток суппорта в рабочей зоне при различных динамических режимах и заданной траектории движения.

Передаточная функция привода (рис. 1) равна

$$W(p)=\frac{К_{БУП}\cdot К_{дв}\cdot К_{МФП}}{Т_{дв}p^2+\left(К_{БУП}\cdot К_{дв}\cdot К_{ТГ}+1\right)p+К_{БУП}\cdot К_{дв}\cdot К_{МФП}\cdot К_{ИНТ}}. \qquad (1)$$

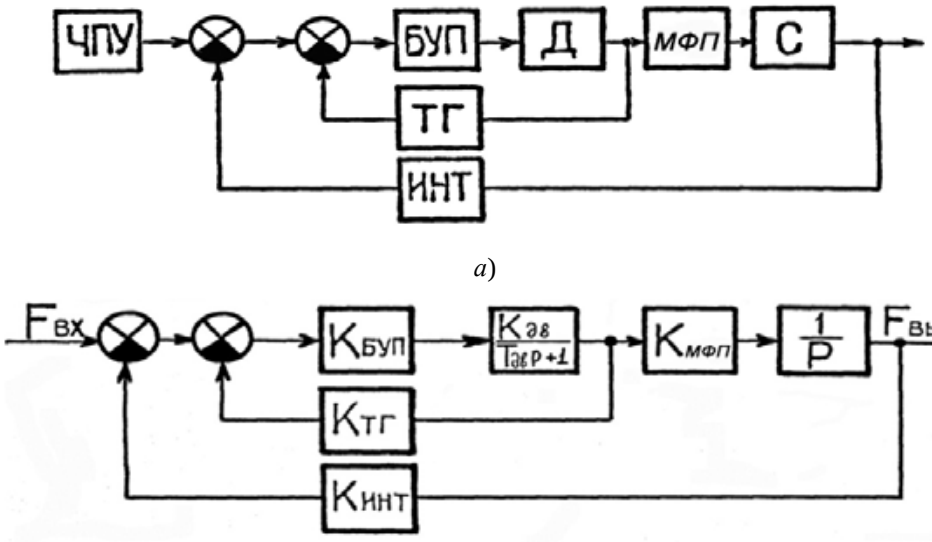


Рис. 1. Динамическая модель привода: а) функциональная схема привода; б) структурная схема привода: $К_{БУП}$, $К_{дв}$, $К_{МФП}$, $К_{ТГ}$, $К_{ИНТ}$ – коэффициенты передачи, соответственно, блока управления приводом, двигателя, МФП, тахогенератора и лазерного интерферометра (датчик обратной связи по перемещению); $Т_{дв}$ – постоянная времени двигателя

Исходные данные для расчета передаточной функции берутся из технических характеристик элементов привода. Специальным программным

обеспечением задание скорости может осуществляться различными способами, например, по трапецеидальному закону (рис. 2), где V_{max} – максимальная подача, определяющая максимальную толщину стружки; V_o – фиксированная скорость отхода инструмента, обеспечивающая гарантированный быстрый отрыв стружки с учетом отжима инструмента; φ – угол поворота шпинделя, измеряемый по количеству импульсов с датчика вращения шпинделя; φ_1 – угол поворота шпинделя, во время которого происходит движение инструмента вперед; φ_2 – угол поворота шпинделя, во время которого происходит отход инструмента назад для гарантированного быстрого обрыва стружки.

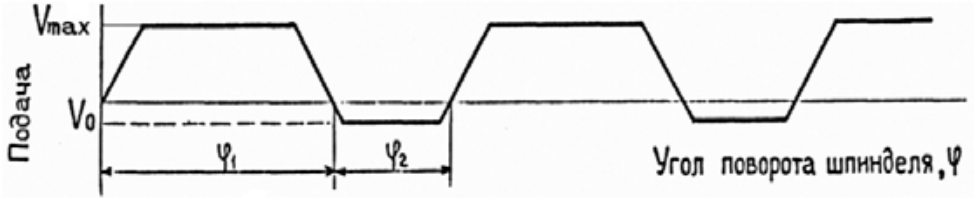


Рис. 2. Вид входного воздействия на привод подачи в режиме стружкодробления

Расчеты показали [4], что в данном случае привод с МФП представляет собой звено второго порядка, описываемое уравнением

$$\mathrm{T}^2 m \frac{d^2 x_{\text{вых}}}{dt^2} + 2h\mathrm{T}\frac{dx_{\text{вых}}}{dt} + x_{\text{вых}} = \mathrm{K}x_{\text{вх}}, \qquad (2)$$

где Т – постоянная времени; h – коэффициент демпфирования; К – коэффициент передачи. Участки разгона и торможения осуществляются с заданным ускорением.

Движение инструмента в режиме стружкодробления

Частным случаем входного воздействия является синусоидальный сигнал, соответствующий периоду колебаний РИ в режиме стружкодробления.

Рассмотрим аналитическое описание движения РИ при синусоидальном входном воздействии вида

$$F_{\text{вх}}(t) = A\sin\omega t = A\sin 2\pi f_{\text{с}}, \qquad (3)$$

где $f_{\text{с}}$ – частота дробления стружки, Гц; A – амплитуда колебаний, мм.

Результирующее движение можно представить в виде двух составляющих: переменной и постоянной, причем последняя является характеристикой равномерного движения. Переменную составляющую можно представить в виде, как на рис. 3,*б*.

Обозначим тангенс угла наклона прямой I как $V_{\text{в}}$, а тангенс угла наклона прямой II – как $V_{\text{н}}$.

Тогда значение $S(t)$ в точке 1 равно

$$S_1(t) = 2A + S^1 \cdot 1{,}5. \qquad (4)$$

Значение $S(t)$ в точке 2 равно

$$S_2(t) = S^1 \cdot 2,6, \tag{5}$$

где S^1 – перемещение каретки на оборот шпинделя (средняя подача на оборот).

В то же время

$$S_1(t) = V_в \cdot 1,5, \tag{6}$$

$$S_2(t) = V_в \cdot 1,5 - V_н \cdot 1,1, \tag{7}$$

где $V_в$ – скорость движения вперед, мм/об.; $V_н$ – скорость движения назад, мм/об.

Таким образом,

$$S_1(t) = S_2(t)\frac{S_1(t)}{S_2(t)}, \tag{8}$$

или

$$S_1(t) = 2AS^1 \cdot 1,5 = S^1 \cdot 2,6\frac{V_в \cdot 1,5}{V_в \cdot 1,5 - V_н \cdot 1,1}. \tag{9}$$

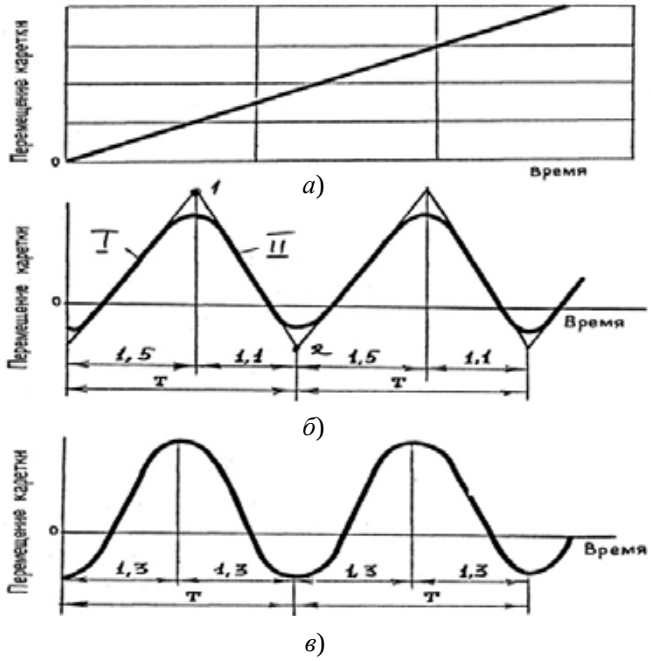


Рис. 3. Составляющие результирующего движения (T – период колебаний инструмента): *а* – равномерное движение; *б* – переменная составляющая; *в* – моделирование переменной составляющей; для трапецеидального закона (б): 1,5 – количество оборотов шпинделя при увеличении скорости; 1,1 – количество оборотов шпинделя при снижении скорости; для синусоидального закона (в): 1,3 – количество оборотов шпинделя при увеличении скорости, 1,3 – количество оборотов шпинделя при снижении скорости

Если принять, что скорости движения вперед и назад задаются одинаковыми, т.е. $V_в = V_н$, тогда получим

$$2A + S^1 \cdot 1,5 = S^1 \cdot 2,6\frac{1,5V_в}{0,4V_в},$$

$$2A = S^1 \cdot 7,75 - S^1 \cdot 1,5 = 6,25 \cdot S^1,$$

$$A = 3,125S^1. \quad (10)$$

Используя соотношение (7) между амплитудой и перемещением каретки на оборот шпинделя, можно определить мгновенное значение перемещения каретки. В общем случае закон движения инструмента описывается уравнением

$$S(t) = V_с^1 \cdot t + A\sin\omega t, \quad (11)$$

где $V_с^1$ – средняя подача, мм/с.

Частота стружкодробления связана с частотой вращения шпинделя соотношением

$$f_с = f_ш \cdot 0,38, \quad (12)$$

где $f_ш$ – частота вращения шпинделя.

С учетом $\omega = 2\pi f_с$ получим уравнение движения в другом виде

$$S(t) = V_с^1 \cdot t + 3,125\,V_с^1 \sin(0,38\omega_ш t), \quad (13)$$

где $\omega_ш$ – круговая частота вращения шпинделя.

Для анализа кинематики процесса стружкодробления удобно иметь зависимость пути инструмента от числа оборотов шпинделя.

Угол поворота шпинделя Θ равен

$$\Theta = \omega_ш \cdot t = 2\pi n, \quad (14)$$

где n – число оборотов, об./с (n может принимать дробные значения).

Путь инструмента в зависимости от числа оборотов шпинделя будет равен

$$S(n) = S^1 \cdot n + 3,125S^1 \sin(0,38 \cdot 2\pi n), \quad (15)$$

или

$$S(n) = S^1 \cdot [n + 3,13\sin(2,39n)]. \quad (16)$$

Пусть скорость движения вперед $V_в$ не равна скорости движения назад $V_н$. В дальнейшем удобно использовать их соотношение

$$Q = \frac{V_в}{V_н}. \quad (17)$$

Подставляя в формулу (9) соотношение (15), получаем следующее выражение:

$$S_1(t) = 2A + 1{,}5S^1 = 2{,}6S^1 \frac{1{,}5V_в}{1{,}5V_в - 1{,}1V_н}. \quad (18)$$

После преобразований имеем соотношение между амплитудой колебаний A и перемещением каретки на оборот S^1

$$A = S^1\left(\frac{1{,}95}{1{,}5 - 1{,}1Q} - 0{,}75\right). \quad (19)$$

Таким образом, введя в выражение (16) соотношение (19), получаем формулу, описывающую закон изменения пути резца в зависимости от угла поворота шпинделя:

$$S(n) = S^1\left[n + \left(\frac{1{,}95}{1{,}5 - 1{,}10Q} - 0{,}75\right)\sin(2{,}39n)\right]. \quad (20)$$

Полученные аналитические зависимости позволяют сделать оценку действительной скорости движения резца и сравнить ее со средней скоростью (средней подачей на оборот S^1).

Расчетные значения, получаемые с учетом выражения (7), предполагают некоторую идеализацию закона движения резца без учета переходных процессов в точках реверса. Реально в этих точках наблюдаются сглаживание кривой за счет $S(t) = V_с^1 \cdot t + A\sin\omega t$, отличия характеристик звеньев привода подачи от идеальных. В связи с этим целесообразнее описывать закон изменения действительной подачи, используя уравнение (20), после дифференцирования которого получим выражение для действительной подачи, т.е. скорости перемещения резца

$$V(n) = S^1 + S^1\left[\frac{4{,}66}{1{,}5 - 1{,}1Q} - 1{,}79\right]\cos(2{,}39n). \quad (21)$$

Приняв значение косинуса, равное единице, определяем максимальные значения действительных подач для различных значений средних подач. Один из вариантов настройки мехатронной системы стружкодробления предусматривает при наличии импульсного датчика, формирующего 180 импульсов за 1 оборот шпинделя, движение вперед за 256 импульсов, а назад – 192 импульса, что соответствует периоду 2,49 оборота шпинделя. При этом система управления обеспечивает положительную полярность сигнала (движение вперед) в течение 1,4 оборота шпинделя и отрицательную полярность – в течение 1,1 оборота. Если изменение полярности происходит по релейному закону, то зависимость перемещения рабочего органа от времени будет иметь резкие перегибы, обуславливаемые мгновенными изменениями скорости движения каретки в точках реверса. Очевидно, что реальный закон изменения скорости можно представить в виде трапеции (см. рис. 2), тогда зависимость перемещения от времени будет иметь вид, как на рис. 4,*а*, а ускорения – как на рис. 4,*в*.

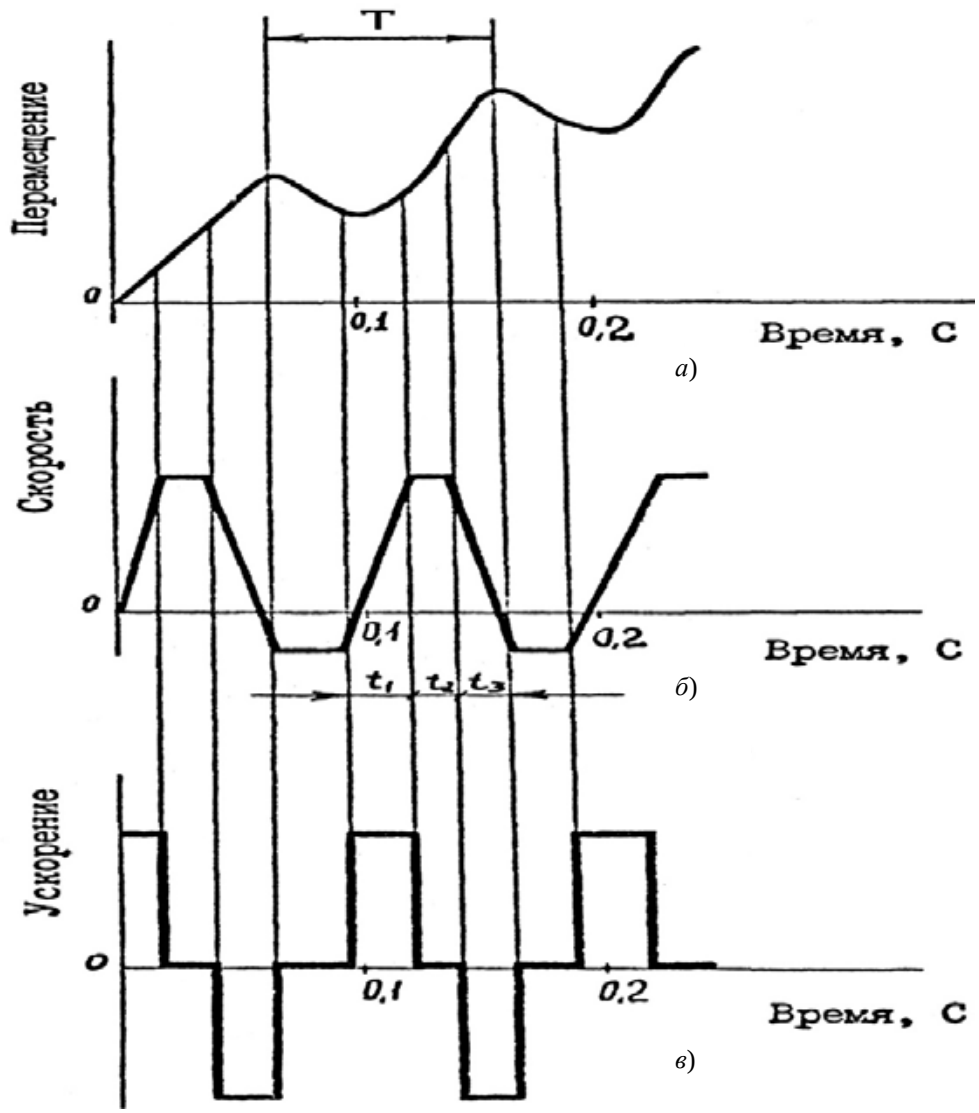


Рис. 4. Зависимость перемещения (*а*), скорости (*б*) и ускорения (*в*) от времени с учетом динамических свойств привода

Движение в одну сторону можно разбить на три характерных участка: разгон – участок t_1, равномерное движение с постоянной скоростью – участок t_2, торможение – участок t_3 (рис. 4,*б*). Перемещение вперед $S_в$ при этом можно определить по формуле

$$S_в = at_1^2 / 2 + V_в t_2 + at_3^2 / 2, \qquad (22)$$

где $V_в$ – скорость каретки вперед после разгона; a – ускорение; t_1, t_2, t_3 – продолжительность разгона, равномерного движения и торможения, соответственно. С учетом реальных возможностей МФП ускорение каретки ограничено величиной a_{max} = 500 мм/с^2. При скорости каретки $V_в$ = 1 мм/с время разгона до указанной скорости составит $t_1 = t_3 = V_в/a_{max}$ = 0,002 с. Если при-

нять период T равным 0,1 с, то движение вперед будет осуществляться в течение времени $t_в = (T/2{,}5) \cdot 1{,}4 = 0{,}056$ с. На равномерное движение с постоянной скоростью остается

$$t_2 = t_в - 2t_1 = 0{,}052 \text{ с.}$$

Перемещение вперед за один период, определенное по формуле (22), составляет $S_в = 0{,}05$ мм. Приняв скорость движения назад $V_н$ в три раза меньше скорости движения вперед, получим величину перемещения назад за период при том же ускорении $S_н = 0{,}01$ мм. Суммарное перемещение за один период можно определить $S = S_в - S_н = 0{,}04$ мм, что при частоте 10 Гц дает величину действительной подачи $V_{действ} = 0{,}3$ мм/с. Максимальная величина действительной подачи для скорости $S_в = 10$ мм/с, определенная аналогичным способом, составляет $V_{действ} = 2{,}36$ мм/с.

Форма элементов стружки

Используя полученные зависимости, описывающие закон движения, который реализуется приводом, можно смоделировать процесс формирования микрорельефа обработанной поверхности детали. На рис. 5 показана развертка поверхности детали, обработанной в условиях стружкодробления, когда скорость движения назад меньше скорости движения вперед. На развертке видна характерная прерывисто-винтовая линия с шагом d:

$$d^1 = d / f_ш . \qquad (23)$$

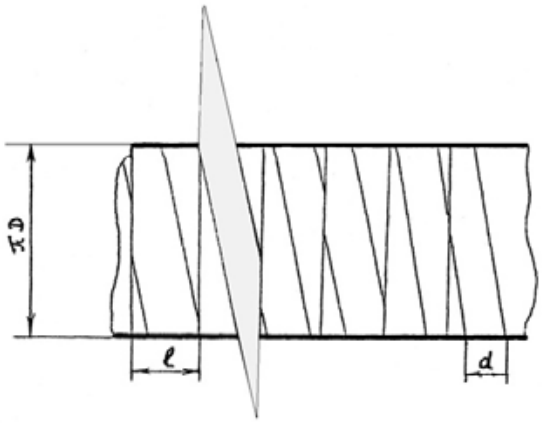


Рис. 5. Развертка поверхности детали:
D – диаметр детали; ℓ – шаг кольцевых линий; d – шаг прерывисто-винтовых линий

Кроме того, на прерывистую линию «накладываются» кольцевые линии, которые соответствуют движению назад с малой скоростью (практически остановка в течение 1,1 оборота). Шаг кольцевых линий

$$\ell = S^1 \frac{f_ш}{f} . \qquad (24)$$

Для кареток станков целесообразен такой закон перемещения, который имел бы плавные изменения скорости в течение периода колебаний. В этом случае исключается резкое изменение скорости и снижается амплитуда вынужденных колебаний узлов, снижаются динамические нагрузки на элементы МФП. Указанным требованиям отвечает синусоидальный закон изменения перемещений каретки

$$S = \frac{S_{\max}}{2} \cdot \sin\omega t \,, \tag{25}$$

где S – перемещение каретки; $S_{\max}$ – максимальный ход каретки.

Из уравнения (25) получается выражение для скорости V и ускорения a каретки:

$$V = \omega \frac{S_{\max}}{2} \cdot \cos\omega t \,, \tag{26}$$

$$a = -\omega^2 \frac{S_{\max}}{2} \cdot \sin\omega t \,. \tag{27}$$

Максимальное значение ускорения $a_{\max}$ равно

$$a_{\max} = \frac{2\pi^2}{T^2} S_{\max} \,. \tag{28}$$

Экспериментальные исследования мехатронной системы привода подачи в режиме стружкодробления осуществлялись на токарном АСМ типа ТПАРМ в условиях цеха. Вид осциллограмм тока в цепи двигателя привода подачи показан на рис. 6. При рабочей подаче в режиме со стружкодроблением ток в цепи двигателя меняет свою величину и направление с заданной частотой.

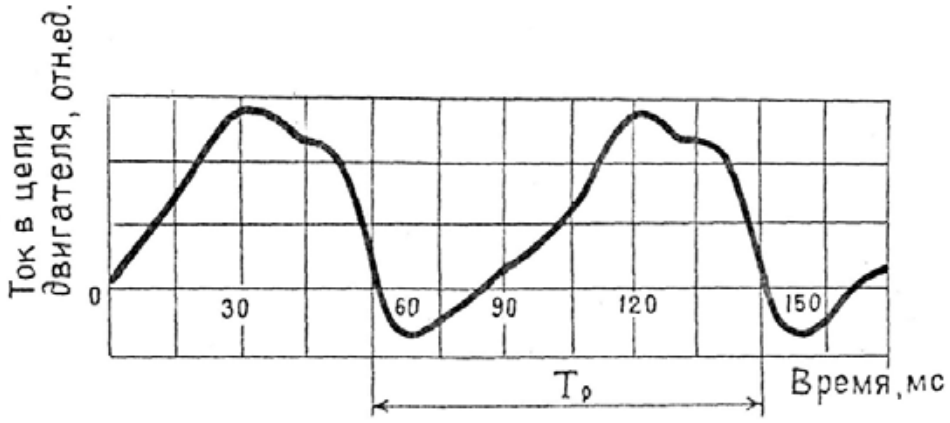


Рис. 6. Осциллограмма тока в цепи двигателя при рабочей подаче

Действительно, если рассматривать звено нагрузки как колебательное звено второго порядка, то при наложении кривой переходного процесса тако-

го звена на трапецеидальный закон изменения тока можно получить кривую, аналогичную полученной в результате экспериментальных исследований (на рис. 7 показана пунктиром).

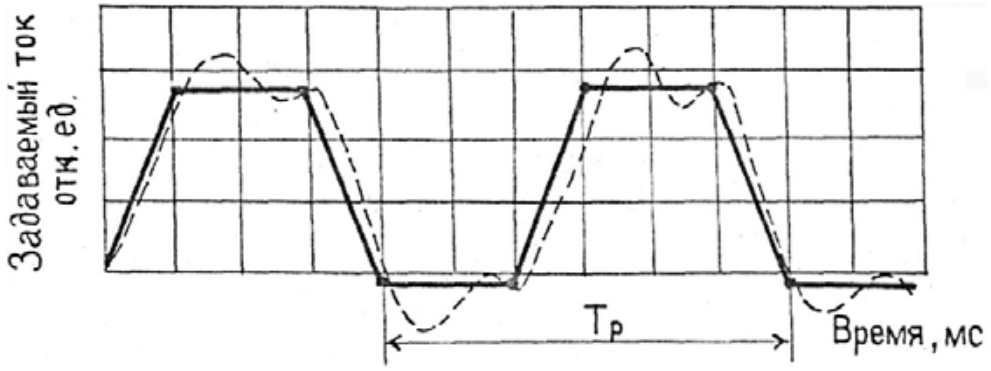


Рис. 7. Характер изменения, задаваемого системой тока
в цепи двигателя мехатронной системы

Для анализа скорости вращения двигателя подачи осциллограф подключался к тахогенератору, который играет роль датчика обратной связи по скорости в мехатронной системе управления приводом подачи. Анализ полученных осциллограмм показал их идентичность осциллограммам, характеризующим изменение тока в цепи двигателя. Соотношение амплитуд положительной и отрицательной ветвей осциллограммы составляет $A_1 / A_2 \approx 4{,}5 / 1{,}5$. Соотношение длительности положительной ветви осциллограммы к периоду колебания составляет $t / T_{\text{р}} \approx 1{,}4 / 2{,}5$ (рис. 8).

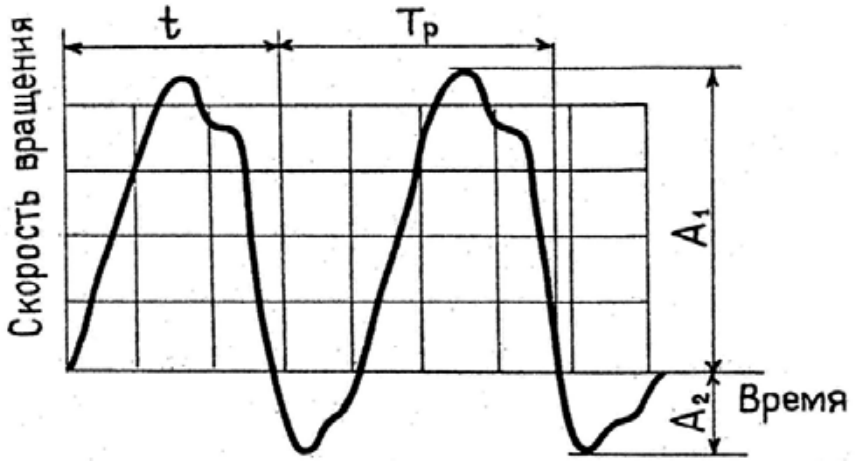


Рис. 8. Осциллограмма изменения скорости вращения
двигателя подачи в режиме стружкодробления

Форма элементов стружки зависит от материала и режимов обработки и в целом соответствует изложенному выше (рис. 9).

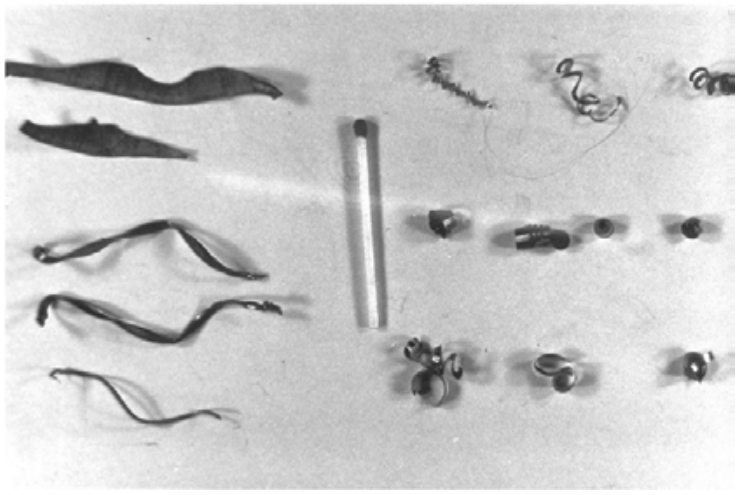


Рис. 9. Форма элементов стружки, получаемых при токарной обработке различных деталей в режиме стружкодробления

Заключение

Сопоставительный анализ результатов экспериментальных и аналитических исследований с данными многолетней эксплуатации прецизионных токарных АСМ типа ТПАРМ позволили установить, что привод подачи с МФП обеспечивает как эффективное стружкодробление, так и высокое качество обработанной поверхности, в частности, шероховатость Ra порядка 0,1…0,2 мкм при точении деталей из алюминиевых и медных сплавов [4].

Библиографический список

1. Вейц, В. Л. Динамика и управление процессом стружкообразования при лезвийной механической обработке / В. Л. Вейц, В. В. Максаров. – СПб. : СЗПИ, 2000. – 160 с.
2. Лавров, Н. К. Завивание и дробление стружки в процессе резания / Н. К. Лавров. – М. : Машиностроение, 1971. – 87 с.
3. Федоров, В. Л. Инструментальные материалы и вопросы стружкодробления в ГПС / В. Л. Федоров, Э. Н. Дымова // Итоги науки и техники. Сер.: Резание металлов. Станки и инструменты. – 1991. – Т. 10. – 136 с.
4. Виноградов, М. В. Приводы подачи прецизионных автоматизированных станков с многоступенчатой фрикционной передачей / М. В. Виноградов, А. А. Игнатьев, Е. А. Сигитов. – Саратов : СГТУ, 2014. – 140 с.

Виноградов Михаил Владимирович
доктор технических наук, профессор,
кафедра автоматизации, управления,
мехатроники,
Саратовский государственный
технический университет
им. Ю. А. Гагарина
E-mail: michail2202@mail.ru

Vinogradov Mikhail Vladimirovich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of automation, control,
mechatronics,
Saratov State Technical University
named after Y. A. Gagarin

Игнатьев Александр Анатольевич
доктор технических наук, профессор,
кафедра автоматизации, управления,
мехатроники,
Саратовский государственный
технический университет
им. Ю. А. Гагарина
E-mail: atp@sstu.ru

Ignatyev Alexander Anatolyevich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of automation, control,
mechatronics,
Saratov State Technical University
named after Y. A. Gagarin

Сигитов Евгений Александрович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра автоматизации, управления,
мехатроники,
Саратовский государственный
технический университет
им. Ю. А. Гагарина;
директор,
ЗАО «НПК Прецизионного
оборудования»
E-mail: sea54@mail.ru

Sigitov Evgeny Alexandrovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of automation, control,
mechatronics,
Saratov State Technical University
named after Y. A. Gagarin;
director,
CJSC «Scientific-production complex
precision equipment»

Клепова Ирина Викторовна
аспирант,
Саратовский государственный
технический университет
им. Ю. А. Гагарина
E-mail: klepovaiv@gmail.com

Klepova Irina Viktorovna
postgraduate student,
Saratov State Technical University
named after Y. A. Gagarin

УДК 62-187.4
Виноградов, М. В.
Моделирование динамических процессов в приводе подачи токарного модуля в режиме стружкодробления / М. В. Виноградов, А. А. Игнатьев, Е. А. Сигитов, И. В. Клепова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 149–162.

УДК 621.396: 621.37

ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ В РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ С УЧЕТОМ ОТРАЖЕНИЙ

А. К. Гришко

GEOSPATIAL ANALYSIS OF ELECTROMAGNETIC FIELDS IN THE RADIO-ELECTRONIC SYSTEMS BASED ON REFLECTIONS

A. K. Grishko

Аннотация. *Актуальность и цели.* Приведены результаты исследования процессов функционирования радиоэлектронной системы в условиях интерференционных помех. Эти помехи связаны с отражениями электромагнитных волн от подстилающей поверхности, формирующими интерференционные явления в радиоканалах. Эффективность функционирования радиоканалов систем передачи информации зависит от интенсивности отраженных излучений, которая напрямую зависит от сложности рельефа, и ее оценка является актуальной исследовательской задачей. Предметом исследования является геопространственная модель радиоканала. Цель работы состоит в том, чтобы оценить интенсивность отраженных излучений и степень интерференции в радиоэлектронных системах с учетом влияния рельефа местности. *Материалы и методы*. Предлагается интерференционная модель функционирования радиоканала, построенная на основе применения геоинформационных систем и методов геометрической оптики. *Результаты.* В результате такого подхода получены модели для расчета и анализа эффективности функционирования радиоэлектронных систем, учитывающие отражения от подстилающей поверхности. *Выводы.* На основе предложенных моделей можно осуществлять оптимальное планирование частотного ресурса с целью уменьшения уровня помех для радиоэлектронных средств, а также оптимизировать размещение приемопередающих станций с учетом рельефа окружающей местности.

Ключевые слова: интерференционная модель, радиоканал, геоинформационные системы.

Abstract. *Background.* The article presents a study about the functioning of electronic systems at work in the process of interference. The subject of this study is to geospatial radio model. The efficiency of radio systems of information transfer in conditions of rugged terrain with difficult terrain forms, is an urgent research task. The purpose of this study is to assess the intensity of interference in electronic systems taking into account the influence of the terrain. *Materials and methods.* It is proposed to model the functioning of radio interference, built on the basis of geoinformation systems and methods of geometrical optics. *Results.* As a result of this approach, a model for calculation and analysis of the efficiency of electronic systems, taking into account the reflection from the surface they spread. *Conclusions.* Based on the proposed models can be made optimal use of frequency resources in order to reduce the level of interference to radio-electronic means, as well as to optimize the placement of transceiver stations, taking into account the surrounding terrain.

Key words: interference model, radio channel, GIS.

Введение

Явления интерференции возникают в большинстве радиотехнических систем [1, 2]. Наибольшую часть деструктивной интерференции представляет влияние рельефа местности на процесс распространения радиоволн. Поэтому вполне логично проводить оценку эффективности распространения радиосигналов на основе геоинформационных технологий и систем [3, 4].

В работе проводится моделирование и предлагается методика оценки интерференции радиосигналов, опирающиеся на электронные модели рельефа местности.

Постановка задачи

Решение поставленной задачи предлагается в виде геопространственной интерференционной модели радиосигнала [4, 5]. Электронная модель рельефа местности представляет собой совокупность элементарных площадок [6–8], представленных на рис. 1.

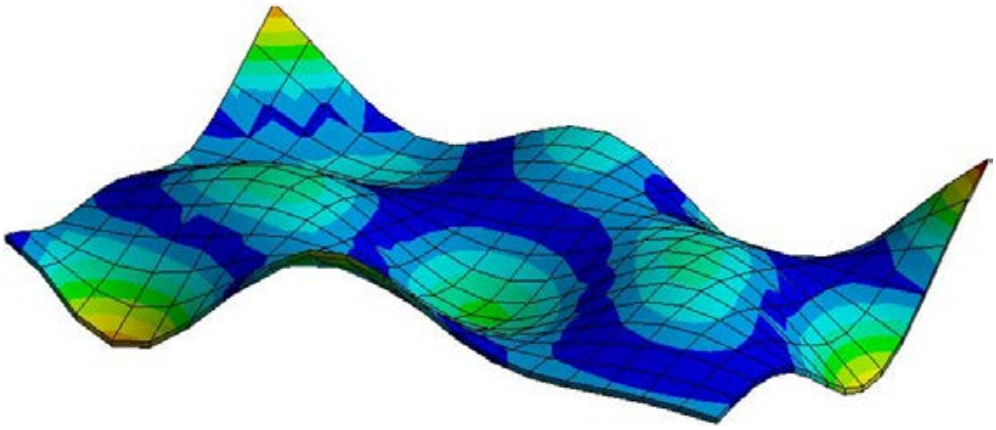


Рис. 1. Электронная модель рельефа местности

Элементарная площадка, в свою очередь, представляет элемент регулярной сетки, который покрывает рассматриваемую территорию. У каждой элементарной площадки имеются следующие характеристики: наклон к горизонтальной плоскости, определенная ориентация в пространстве, координаты, диэлектрическая проницаемость и удельная проводимость. Соответственно, любому участку земной поверхности можно дать оценку как возможному источнику формирования отраженной радиоволны. В результате предлагаемого подхода направление отраженного излучения можно определить на основе положения элементарной площадки в пространстве [9, 10].

Определение значений интенсивности отраженного излучения

Значение интенсивности отраженного излучения пропорционально коэффициенту отражения элементарной площадки, зависящего от вида подсти-

лающей поверхности, а также угла падения радиоволны на элементарную площадку:

$$R_{\text{B}i} = \frac{\varepsilon_i' \sin\Delta_i - \sqrt{\varepsilon_i' - \cos^2\Delta_i}}{\varepsilon_i' \sin\Delta_i + \sqrt{\varepsilon_i' - \cos^2\Delta_i}},\ R_{\Gamma i} = \frac{\sin\Delta_i - \sqrt{\varepsilon_i' - \cos^2\Delta_i}}{\sin\Delta_i + \sqrt{\varepsilon_i' - \cos^2\Delta_i}}, \qquad (1)$$

где $R_{\text{B}i}$ – значение коэффициента отражения i-й элементарной площадки с учетом вертикальной поляризации; $R_{\Gamma i}$ – значение коэффициента отражения i-й элементарной площадки с учетом горизонтальной поляризации; ε_i' – значение комплексной диэлектрической проницаемости подстилающей поверхности i-й элементарной площадки; Δ_i – угол скольжения отраженной радиоволны от i-й элементарной площадки, который вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta_i = 90° - \arccos\frac{(x_1 - x_i)x_{ni} + (y_1 - y_i)y_{ni} + (z_1 - z_i)z_{ni}}{\sqrt{(x_2 - x_i)^2 + (y_2 - y_i)^2 + (z_2 - z_i)^2}\sqrt{x_{ni}^2 + y_{ni}^2 + z_{ni}^2}}, \qquad (2)$$

где x_1, y_1, z_1 – значения координат передающей антенны; x_2, y_2, z_2 – значения координат принимающей антенны; x_i, y_i, z_i – значения координат i-й точки отражения; x_{ni}, y_{ni}, z_{ni} – значения координат вектора нормали к поверхности в i-й точке отражения.

Положение площадки можно определить с помощью координат центральной точки и вектора нормали, который можно выразить через значения наклона к горизонтальной плоскости и ориентацией в пространстве [10, 11]:

$$x_n = \left(\frac{s}{100}\right)^2 \sin\alpha,\ y_n = \left(\frac{s}{100}\right)^2 \sin\alpha,\ z_n = \frac{s}{100}, \qquad (3)$$

где угол α – угол между проекцией отражающей площадки на плоскость XOY и осью OY; s – величина, которая показывает наклон отражающей элементарной площадки и рассчитывается в процентах.

Пространственный анализ отраженного излучения

Определение элементарных площадок, которые участвуют в формировании отраженного излучения, выполняется с помощью пространственного анализа. В трехмерном пространстве производится построение треугольника для каждой потенциальной точки отражения с вершинами в точках A_1 (излучатель), A_2 (приемник), R (точка отражения), с соответствующими значениями координат (x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2) и (x_R, y_R, z_R) [10–12]. Условие отражения будет выполняться, если нормаль к поверхности будет совпадать с биссектрисой угла A_1RA_2, который образован падающим и отраженным лу-

чами. Угол $\beta = 0$ в этом случае и элементарная площадка будет являться отражающей, если выполняется следующее условие:

$$\cos\beta = 1. \quad (4)$$

Угол β между вектором биссектрисы b и нормалью к отражающей поверхности n будет определяться по формуле

$$\beta = \arccos\frac{b \cdot n}{|b| \cdot |n|} = \arccos\left(\frac{x_b x_n + y_b y_n + z_b z_n}{d_b d_n}\right), \quad (5)$$

где x_b, y_b, z_b – значения координат вектора биссектрисы; d_b и d_n – значения длин векторов биссектрисы и нормали:

$$d_b = \sqrt{x_b^2 + y_b^2 + z_b^2}, \;\; d_n = \sqrt{x_n^2 + y_n^2 + z_n^2}. \quad (6)$$

Формирование интерференционного множителя

Принимаемое отраженное электромагнитное радиоизлучение будет складываться из энергии радиоволн, которые отражаются от элементарных площадок в направлении приемной антенны. Таким образом, интерференционный множитель, который учитывает все отражения от неровностей рельефа, будет определяться по следующей формуле [7, 11–14]:

$$F = \left|1 + R_1 e^{-ik\Delta r_1} + R_2 e^{-ik\Delta r_2} + ... + R_n e^{-ik\Delta r_n}\right|, \quad (7)$$

где k – волновое число, $k = 2\pi / \lambda$; R – коэффициент отражения (1); Δr_1 – разность хода прямого и отраженного лучей,

$$\Delta r_1 = r_1 - r, \quad (8)$$

где r – расстояние между приемной и передающей антеннами; r_1 – расстояние, которое проходит отраженный луч:

$$r_i = \sqrt{(x_1 - x_i)^2 + (y_1 - y_i)^2 + (z_1 - z_i)^2} + \sqrt{(x_2 - x_i)^2 + (y_2 - y_i)^2 + (z_2 - z_i)^2}. \quad (9)$$

Анализ результатов экспериментальных исследований

Использование полученных выражений возможно при определении напряженности электрической составляющей электромагнитного поля волн, отраженных от сложных по форме поверхностей, которые возможно разбить на более мелкие части прямоугольной формы.

Проведенные исследования в работах [11, 14–16] позволили получить функциональную зависимость направленных свойств набора элементарных площадок в горизонтальной Fnn(θ) и вертикальной Fnn(0) плоскостях от угла отражения падающих на них и отраженных от них электромагнитных волн, представленную на рис. 2.

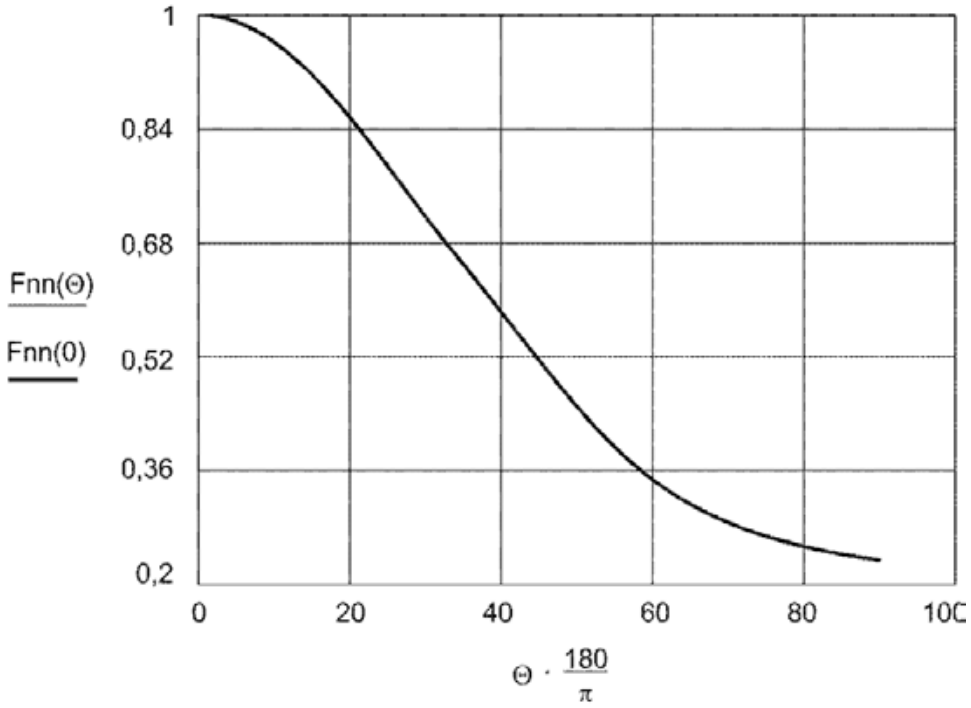


Рис. 2. Функциональная зависимость направленных свойств набора элементарных площадок от угла отражения

Анализ полученных результатов исследований позволил сделать вывод о том, что в случае однотипного разбиения и линейной ориентации элементарных площадок вдоль одной из двух главных плоскостей распространения электромагнитной волны оптимальный размер элементарной площадки должен составлять порядка $(4 \div 7)\lambda$, где λ – длина волны. При этом соотношение общего линейного размера L рассматриваемой поверхности к длине отражаемых ею электромагнитных волн составляет $L/\lambda = 60$.

Дальнейшее увеличение числа элементарных площадок при всех прочих равных условиях не приводит к возрастанию точности вычислений.

Заключение

Реализовать предлагаемую методику можно на основе применения геоинформационных технологий, что с помощью электронной топографической информации будет давать возможность выявлять зоны интерференции деструктивного характера [9, 14–16].

Предлагаемая методика геоинформационного моделирования радиоканала передачи информации позволяет выявлять причины снижения эффективности его функционирования, которое обусловлено наличием областей, где у радиосигнала имеются наихудшие условия для распространения вследствие геометрической невидимости из-за элементов рельефа местности и многократных отражений от объектов местности. На основе предложенных моделей можно осуществлять оптимальное планирование частотного ресурса

с целью уменьшения уровня помех для радиоэлектронных средств, а также оптимизировать размещение приемопередающих станций с учетом рельефа окружающей местности.

Библиографический список

1. Борн, М. Основы оптики : пер. с англ. / М. Борн, Э. Вольф. – 2-е изд. – М. : Наука, 1973. – 720 с.
2. Generalized structural models of complex distributed objects / M. Yu. Mikheev, T. V. Zhashkova, A. B. Shcherban, A. K. Grishko, I. M. Rybakov // IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS) (Yerevan, Armenia, October 14–17, 2016). – Yerevan, Armenia, 2016. – P. 1–4. DOI: 10.1109/EWDTS.2016.7807742.
3. Юрков, Н. К. Проблема обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств / Н. К. Юрков, П. Г. Андреев, А. С. Жумабаева // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 1. – С. 201–203.
4. Гришко А. К. Оптимальное управление параметрами системы радиоэлектронных средств на основе анализа динамики состояний в условиях конфликта / А. К. Гришко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2016. – № 2 (38). – С. 102–111. DOI: 10.21685/2072-3059-2016-2-9.
5. Якимов, А. Н. Моделирование распространения электромагнитных волн в помещении с учетом влияния местных предметов / А. Н. Якимов, П. Г. Андреев, В. В. Князева // Журнал радиоэлектроники. – 2015. – № 2. – С. 8.
6. Гришко А. К. Оптимальное управление частотным ресурсом радиотехнических систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта / А. К. Гришко // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2016. – № 57. – С. 21–28. DOI: 10.21667/1995-4565-2016-57-3-21-28.
7. Гришко, А. К. Анализ математических моделей расчета электроакустических полей и дальности действия радиолокационных систем методом последовательного анализа / А. К. Гришко, Н. В. Горячев, Н. К. Юрков // Инженерный вестник Дона. – 2015. – Т. 35, № 2-1. – С. 16.
8. Андреев, П. Г. Оценка влияния местных предметов на распространение электромагнитных волн в помещении / П. Г. Андреев, А. Н. Якимов // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2013. – Т. 2. – С. 6–9.
9. Якимов, А. Н. Построение геометрической модели излучения зеркальной параболической антенны / А. Н. Якимов, П. Г. Андреев, М. В. Ширшов // Радиоэлектронная техника. – 2013. – № 1. – С. 46–49.
10. Гришко, А. К. Управление электромагнитной устойчивостью радиоэлектронных систем на основе вероятностного анализа динамики информационного конфликта / А. К. Гришко, А. С. Жумабаева, Н. К. Юрков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2016. – № 4 (18). – С. 66–75.
11. Grishko, A. K. Parameter control of radio-electronic systems based of analysis of information conflict / A. K. Grishko // 13th International Scientifictechnical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering (APEIE) (Novosibirsk, Russia, October 3–6, 2016) – Novosibirsk, 2016. – P. 107–111. DOI: 10.1109/APEIE.2016.7806423.
12. Анализ отсчетных сегментов следа вибрационного размытия изображения круглой метки / А. В. Григорьев, И. И. Кочегаров, С. А. Бростилов, Н. В. Горячев, П. Г. Андреев // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. – 2016. – Т. 2. – С. 37–41.
13. Grigor’ev, A. Way of Measurement of Parameters of Vibrations of Mirror Antennas / A. Grigor’ev, N. Goryachev, N. Yurkov // International Siberian Conference on Control

and Communications (SIBCON). – Moscow, Russia, 2015. – P. 7147031. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147031.
14. Grishko, A. Dynamic Analysis and Optimization of Parameter Control in Radio Systems in Conditions of Interference / A. Grishko, N. Goryachev, I. Kochegarov, N. Yurkov // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) (Moscow, Russia, May 12–14, 2016). – Moscow, Russia, 2016. – P. 1–4. DOI: 10.1109/SIBCON.2016.7491674.
15. Grishko, A. Adaptive Control of Functional Elements of Complex Radio Electronic Systems / A. Grishko, N. Goryachev, N. Yurkov // International Journal of Applied Engineering Research. – 2015. – Vol. 10, № 23. – P. 43842–43845.
16. Andreev, P. G. Methods of Calculating the Strength of Electric Component of Electromagnetic Field in Difficult Conditions / P. G. Andreev, A. N. Yakimov, N. K. Yurkov, I. I. Kochegarov // 12th International Conference on Actual Problems of Electron Devices Engineering (APEDE) (Saratov, Russia, September 22–23, 2016) – Saratov, Russia, 2016. – Vol. 1. – P. 1–7. DOI: 10.1109/APEDE.2016.7878895.

Гришко Алексей Константинович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры,
Пензенский государственный университет
E-mail: alexey-grishko@rambler.ru

Grishko Alexey Konstantinovich
candidate of technical sciences, associate professor, sub-department of designing and production of radio equipment,
Penza State University

УДК 621.396: 621.37
Гришко, А. К.
Геопространственный анализ электромагнитных полей в радиоэлектронных системах с учетом отражений / А. К. Гришко // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 163–169.

УДК 681.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ ОЧЕРЕДЕЙ В КОММУТАТОРЕ С ПОДДЕРЖКОЙ QOS

Е. А. Кизилов, Н. Н. Коннов, Д. В. Патунин

SIMULATION OF THE ADAPTIVE SCHEDULING QUEUES IN THE ETHERNET SWITCH SUPPORT

E. A. Kizilov, N. N. Konnov, D. V. Patunin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Целью работы является повышение эффективности дефицитных циклических алгоритмов диспетчеризации очередей в коммутаторах Ethernet с поддержкой обслуживания (QoS). *Материалы и методы*. В качестве оценки эффективности алгоритмов предлагается использовать оценки вариации среднего и максимального значений джиттера трафика различных классов QoS, полученных методом имитационного моделирования алгоритмов диспетчеризации с использованием аппарата цветных временных сетей Петри. *Результаты*. Предложена сеть Петри, моделирующая адаптивный алгоритм дефицитного циклического обслуживания очередей с временной селекцией кадров (DRR-TSS). Проведен сравнительный анализ полученных статистических характеристик джиттера для предложенного алгоритма, классического алгоритма DRR и алгоритма временной селекции DTSS. *Выводы*. Результаты моделирования показали, что эффективность предложенного алгоритма в 1,3–5 раз выше, чем у известных.

Ключевые слова: коммутатор Ethernet, качество обслуживания, TSS-алгоритмы, джиттер, диспетчеризация.

Abstract. *Background.* The purpose of operation is increase in efficiency of deficit cyclic scheduling algorithms of queues in the switches Ethernet with support of service (QoS). *Materials and methods.* As an assessment of efficiency of algorithms it is offered to use estimates of a variation of average and maximum values of a jitter of a traffic of different classes QoS received by method of simulation modeling of algorithms scheduling of with use of the device of color temporal Petri nets. *Results*. The Petri net modeling the adaptive algorithm of deficit round robin servicing of queues with temporal selection of frames (DRR-TSS) is offered. The comparative analysis of the received statistical characteristics of a jitter for the offered algorithm and a classical algorithm of DRR and an algorithm of temporal selection of DTSS is carried out. *Conclusions.* Results of simulation showed efficiency of the offered algorithm in 1,3–5 times above than at known.

Key words: Ethernet switch, quality of service, TSS-algorithms, jitter, scheduling.

Введение

В интеллектуальных коммутаторах Ethernet с поддержкой QoS [1] для диспетчеризации очередей широко применяются циклические алгоритмы, которые обычно реализуются в вариантах, позволяющих регулировать полосы пропускания для каждого канала:

− Weighted Round Robin (WRR) – вес задает количество кадров, пересылаемых из очереди за один сеанс обслуживания, при этом выделяемая полоса зависит от длины передаваемых пакетов;

− Deficit Round Robin (DRR) – вес задает количество байт данных, передаваемых из очереди за один сеанс обслуживания.

Алгоритм DRR более предпочтителен, так как позволяет более точно выделять полосу независимо от длины передаваемых кадров за счет применения механизма «дефицита»: если при передаче нескольких кадров возникает ситуация, когда квота очереди еще не выработана, но ее недостаточно для передачи очередного кадра, то очередной кадр передается, но объем данных, превышающих установленную для очереди квоту (дефицит), вычитается из выделяемой в следующем цикле обслуживания для этой очереди квоты [2].

Основным достоинством циклических алгоритмов является исключение монополизации каналов и простота реализации, а недостатком – неконтролируемая величина джиттера (разброса задержки) коммутируемых кадров разницы во времени ожидания кадров в различных очередях, что вызвано детерминистским порядком их обслуживания. Кроме того, задержка кадров определенного класса QoS, а также размеры соответствующих очередей зависят от выделенной полосы пропускания для конкретного класса. Это приводит к увеличению задержки кадров и перегрузки очередей в каналах с малой назначенной полосой пропускания при пульсирующем характере трафика.

Для решения этой проблемы был предложен алгоритм управления очередями, основанный на учете времени ожидания кадров в очередях различных классов и называемый в дальнейшем «обслуживание с временной селекцией кадров» (TSS – Time Selection Service) [3, 4].

Алгоритм DTSS работает следующим образом:

− каждый кадр, направляемый в соответствующую его классу QoS очередь, снабжается атрибутом, отмечающим время его постановки в очередь;

− после окончания обслуживания очереди диспетчер коммутатора анализирует атрибуты кадров, находящихся во главе очередей, и выбирает для дальнейшего обслуживания очередь с его наименьшим значением, т.е. очередь с самым «старым» на данный момент кадром;

− из анализа очередей исключается последняя обслуженная (кроме случая, когда все остальные очереди пустые);

− для регулирования полосы пропускания каждого класса трафика используется стандартный метод дефицита.

При этом в алгоритме DTSS так же, как в классических циклических сохраняется негативное влияние используемого метода управления полосой пропускания для трафика различного класса, группируемого по очередям, соответствующим полю QoS. Это связано с механизмом выделения для каждой очереди полосы пропускания выходного канала посредством установки квоты (порции) данных, считываемых из очереди за один сеанс обслуживания. Поскольку квота задает длительность сеанса непрерывной передачи очередной порции данных из очереди каждого класса, то это автоматически приводит к увеличению задержек в обслуживании других очередей.

Кроме того, следует отметить, что непрерывная передача больших порций данных трафика одного класса приводит к «пачечности» трафика, что в свою очередь увеличивает нагрузку на буфера последующих телекоммуникационных устройств. Простое пропорциональное уменьшение размеров выделяемых квот не решает проблему, так как оно ограничено физическими размерами кадров данных и необходимой точностью задания полосы пропускания.

Постановка задачи

Таким образом, можно сформулировать задачу диспетчеризации очередей, обеспечивающую одновременно справедливость, наличие дифференцированной, выделяемой для каждого класса трафика полосы пропускания и уменьшение «пачечности» (времени непрерывного обсаживания каждого канала).

Ниже предлагается следующее решение поставленной задачи, одновременно сочетающее принципы диспетчеризации DRR с учетом времени ожидания обслуживания кадров при ограничении длительности обслуживания каждого канала:

- сохраняется логика циклической дисциплины обслуживания очередей с управлением полосой пропускания через установление квоты по методу «дефицита» для каждой очереди, что исключает монополизацию выходного канала и сохраняет высокую точность установки требуемой полосы;
- ограничивается длительность непрерывного обслуживания каждой очереди путем периодического переключения на передачу отдельного кадра, в качестве которого выбирается самый «старый» из всех находящихся в текущий момент в очередях.

Реализация предлагаемого алгоритма диспетчеризации заключается в выполнении следующих действий [5]:

- каждый кадр, направляемый в соответствующую его классу QoS очередь, снабжается дополнительной меткой, обозначающей время его постановки в очередь;
- после окончания обслуживания очереди диспетчер выбирает для дальнейшего обслуживания очередь, используя циклический алгоритм;
- выполняется подсеанс обслуживания выбранной очереди, в рамках которого проводится передача кадров в установленном объеме;
- по окончанию подсеанса выбирается очередь по алгоритму, применяемому в TSS, т.е. содержащая кадр с наименьшим значением временной метки;
- выполняется передача одного разделительного кадра из выбранной очереди в выходной канал, при этом размер переданного разделительного кадра учитывается уменьшением текущего значения выделенной квоты той очереди, из которой взят разделительный кадр;
- после передачи разделительного кадра продолжается следующий подсеанс обслуживания ранее выбранной по алгоритму RR очереди до выработки выделенной квоты или подсеанса;

– для регулирования полосы пропускания каждого класса трафика используется дефицитный алгоритм.

Для сравнения различных алгоритмов диспетчеризации очередей необходимо определить критерии, которые позволяли бы оценить эффективность управления ими. В качестве критерия предлагается использовать вероятностные характеристики джиттера, а именно вариацию средних и максимальных значений трафика различных классов QoS. Эти характеристики можно рассматривать в качестве количественной меры справедливости обслуживания очередей, так как они отображают разброс времени ожидания кадров различного типа трафика, который обеспечивается применяемым алгоритмом диспетчеризации.

Задача определения эффективности на основе оценки вероятностно-временных характеристик обработки трафика в связи с вычислительной сложностью аналитических расчетов может быть решена только с помощью имитационного моделирования [6].

Сеть Петри, моделирующая алгоритм диспетчеризации

Для описания моделей алгоритмов широко применяется аппарат иерархических временных раскрашенных сетей Петри, поддерживаемый пакетом CPN Tools [7–9]. Данный пакет имеет следующие достоинства по сравнению с другими программными средствами:

– анализ поведения моделей с помощью имитации динамики сети Петри;
– построение и анализ пространства состояний модели;
– журналирование поведения модели;
– гибкость, функциональность;
– поддержка мощного языка CPN ML.

Общая схема сети Петри, моделирующей исследуемый алгоритм, представлена на рис. 1.

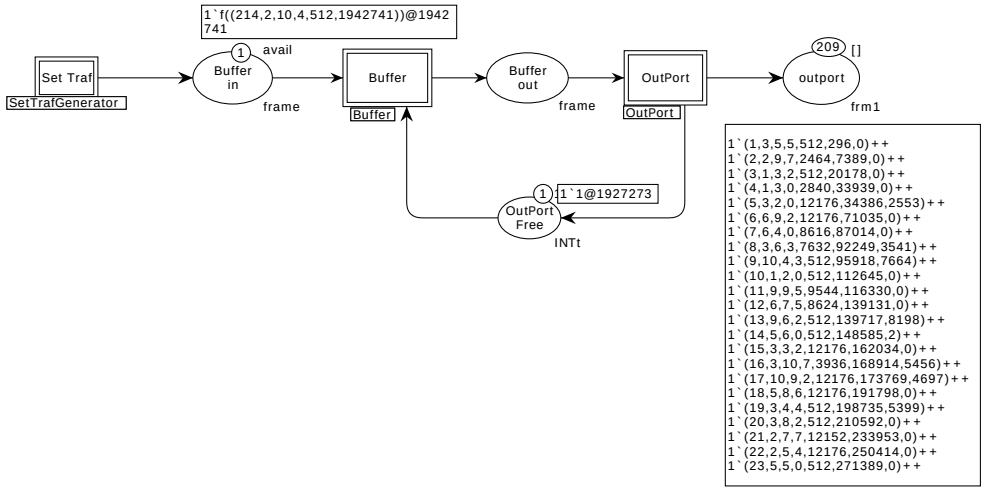


Рис. 1. Сеть Петри, моделирующая алгоритм диспетчеризации

Подсеть *SetTraff* считывает из заранее сгенерированного файла последовательность маркеров, моделирующих трафик с заданными характеристиками, и обеспечивает их передачу в основную модель (подсеть *Buffer*) с учетом временных характеристик. Подсеть *Buffer* моделирует поведение буфера выходного порта и будет рассмотрена ниже. Подсеть *OutPort* моделирует работу выходного порта с учетом временных характеристик спецификации Ethernet. Выходная позиция *outport* используется для сбора статистики о параметрах выходного потока кадров после обработки в коммутаторе.

Обобщенная структура подсети буфера выходного порта, реализующего алгоритм DRR-TSS, представлена на рис. 2 и содержит следующие компоненты: классификатор кадров *Classifier*, четыре очереди *Queue1* … *Queue4*, узел сканирования очередей scan, четыре узла управления полосой пропускания *bend1* … *bend4*.

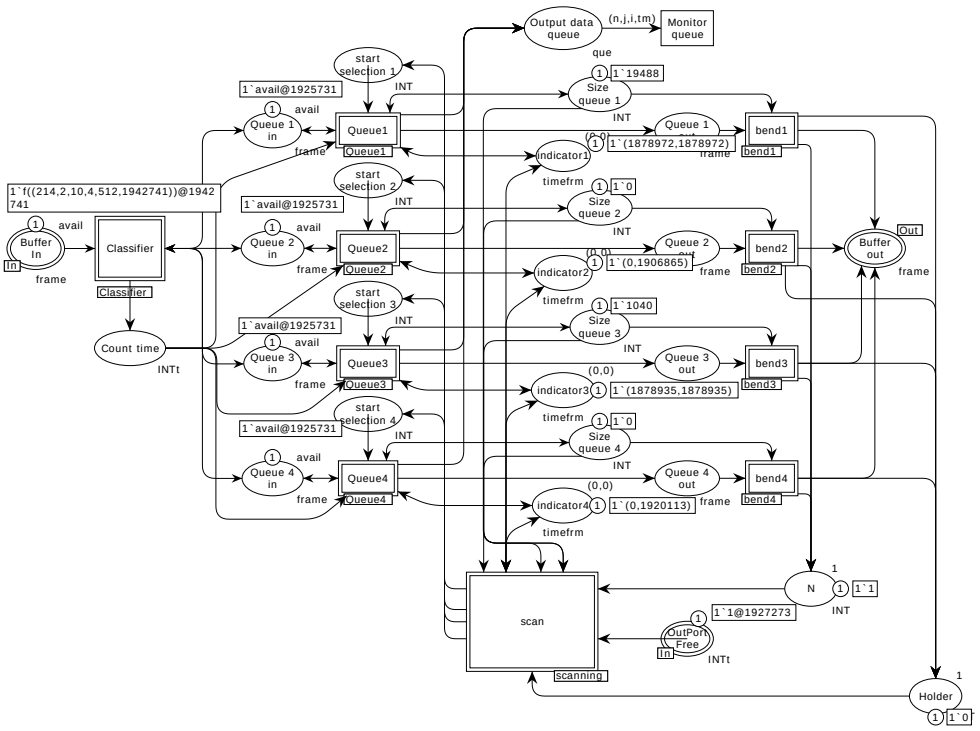


Рис. 2. Обобщенная структура подсети,
моделирующей буфера выходного порта коммутатора

Сетевой трафик моделируется последовательностью маркеров, поступающих во входные порты и исходящих из выходных портов. Цвета маркеров образуют кортеж frm полей, соответствующих формату кадров Ethernet 802.1 q/p [10]: адреса источника и приемника, поле тега с информацией о принадлежности определенному уровню приоритета, поле, указывающее длину полезной нагрузки кадра, а также служебные поля времени прихода и исхода кадров (используются для сбора статистики).

Используется также множество цветов frame, представляющее собой однонаправленный канал, который может быть либо занят передачей кадра frm, либо свободен avail, что позволяет выявлять и обрабатывать события, связанные с наличием или отсутствием кадра.

Кроме того, вводятся маркеры, цвета которых отражают служебные характеристики модели (размер очереди, количество переданных данных, признак очистки очереди и др.). Для описания цветов, переменных и функций используется язык CPN ML [7].

Маркер, моделирующий кадр трафика, после поступления в буфер выходного порта проходит через классификатор, затем поступает в очередь. Далее в узле сканирования очередей выбирается очередь, из которой извлекается кадр и передается в узел управления полосой пропускания, после чего кадр передается в выходной порт.

Подсеть классификатора представлена на рис. 3. После поступления кадра в позицию *Buffer in* переход *Classifier* проверяет, чтобы во всех позициях (*Queue 1 in … Queue 4 in*), связанных с очередями, отсутствовали кадры. Если на входах очередей отсутствуют кадры, то классификатор на основе значения поля *qos* кадра направляет его в одну из очередей, при этом в позицию *Count time* помещается временная метка, соответствующая данному кадру. Далее данная метка передается в буфер вместе с кадром.

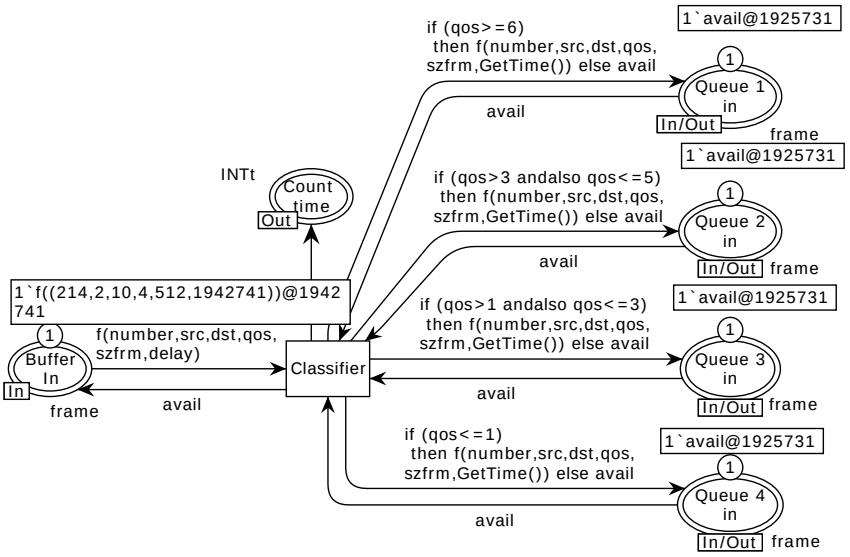


Рис. 3. Подсеть Петри, моделирующая поведение классификатора кадров

Подсеть, моделирующая поведение памяти, представлена на рис. 4. При поступлении кадра в позицию *Queue 1 in* проверяется наличие свободного места в очереди. Если свободное место есть, то в позиции *Size queue 1* измеряется количество хранимых кадров на значение поля *szfrm* кадра, в позицию *Buffer* в хвост очереди добавляется текущий кадр, в позицию *Buffer cnttime* в хвост очереди добавляется временная метка кадра из позиции *Count time*. Если в очереди отсутствовали кадры, то временная метка помещается в

позицию *indicator1*. Если в очереди нет свободного места, то кадр отбрасывается, помещаясь в позицию *Garbadge collector*.

Когда в очередь поступает сигнал считывания кадра (позиция *start selection 1*), из позиции *Buffer* считывается кадр, стоящий в голове очереди, а в позиции *indicator1* выполняется сброс значений, и кадр помещается в позицию *Queue 1 out*.

Если значение позиции *indicator1* сброшено, то в нее из очереди *Buffer cnttime* помещается временная метка, соответствующая кадру в голове очереди в позиции *Buffer*.

Позиция *Output data queue* используется для сбора статистических данных о состоянии очереди.

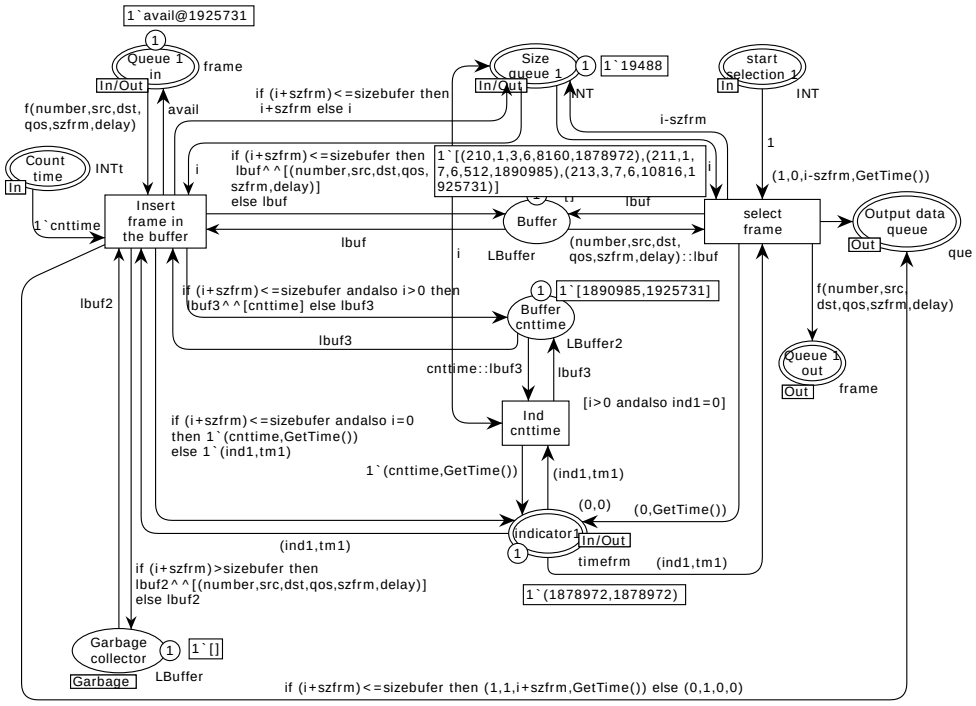


Рис. 4. Подсеть Петри, моделирующая поведение буфера очереди

Как уже было сказано, предлагаемый алгоритм комбинирует алгоритмы RR и TSS, поэтому модель узла сканирования очередей предлагается строить, совместив ранее рассмотренные модели DRR [11] и DTSS [4].

На рис. 5 представлена модель, обеспечивающая поочередное функционирование двух алгоритмов. При поступлении маркера в позицию *OutPort Free* в зависимости от значения маркера в позиции *RR* срабатывает либо переход, отвечающий за циклическое сканирование очередей *scan_RR*, либо переход, отвечающий за обслуживание на основе временной селекции кадров *scan_TSS*. Позиция *Number Queue* указывает, как очередь должна быть обработана при циклическом обслуживании. Позиции *indicator1 … indicator4*, *Size queue 1 … Size queue 4* содержат временные метки и размер буферов для оче-

редей с первой по четвертую соответственно. Позиции *start selection 1 … start selection 4* связаны с очередями и передают маркер считывания кадра в выбранную очередь.

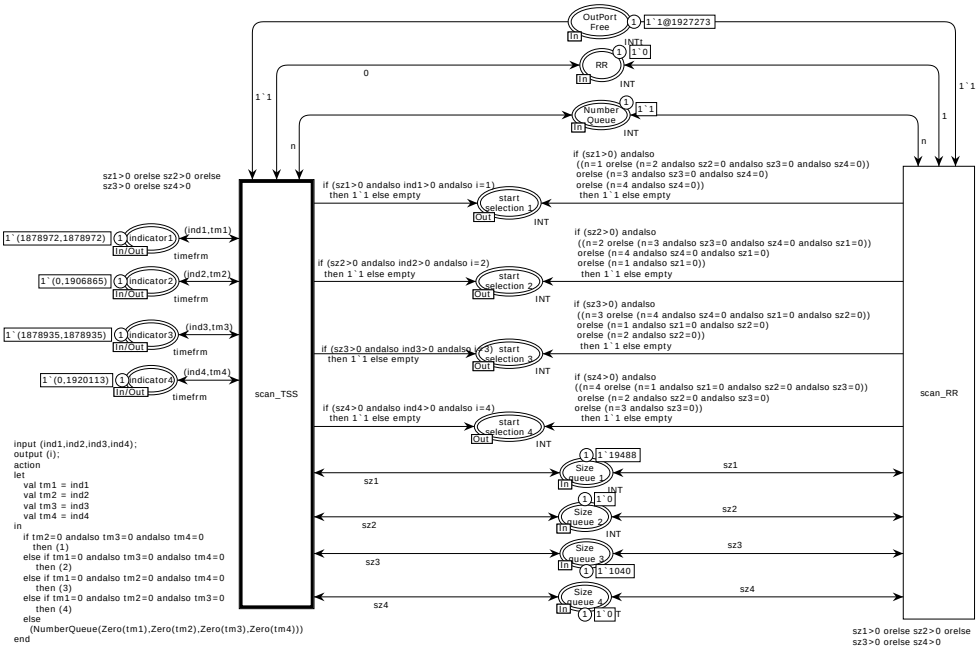


Рис. 5. Подсеть Петри, моделирующая алгоритм сканирования очередей DRR-TSS

Обнуление значения в позиции *counter paks* выполняется при условии, что текущим является алгоритм сканирования TSS. Если текущим является алгоритм RR, то обнуление выполняется при условии, что передана вся информация в рамках данного подсеанса или если очередь пуста или была выработана текущая выделенная квота.

Изменение значения маркера в позиции *RR* выполняется в двух случаях:

– если значение маркера равно 0, что соответствует алгоритму TSS, то значение меняется на 1;

– если выбран алгоритм сканирования RR, значение маркера равно 1, то обнуление выполняется, если выработан объем данных в рамках данного подсеанса.

Изменение значения в позиции *number queue* выполняется при условии, что текущий алгоритм сканирования – RR и была выработана выделенная квота данных, либо очередь пуста.

Изменение значения маркера в позиции *deficiency* выполняется независимо от алгоритма сканирования очередей, что позволяет обеспечить учет текущего дефицита при передаче как разделительного, так и очередного кадра.

Модель подсети регулирования полосы пропускания первой очереди представлена на рис. 6 и содержит следующие позиции:

- размер очереди в битах («Size queue 1»);
- передаваемый пакет («Queue 1 out»);
- дефицит очереди («deficiency»);

– номер следующей обрабатываемой очереди («Number Queue»);
– выходной порт коммутатора («Buffer out»);
– триггер применяемого алгоритма сканирования очередей («RR»);
– количество переданных данных в текущем подсеансе обслуживания очереди («counter paks»).

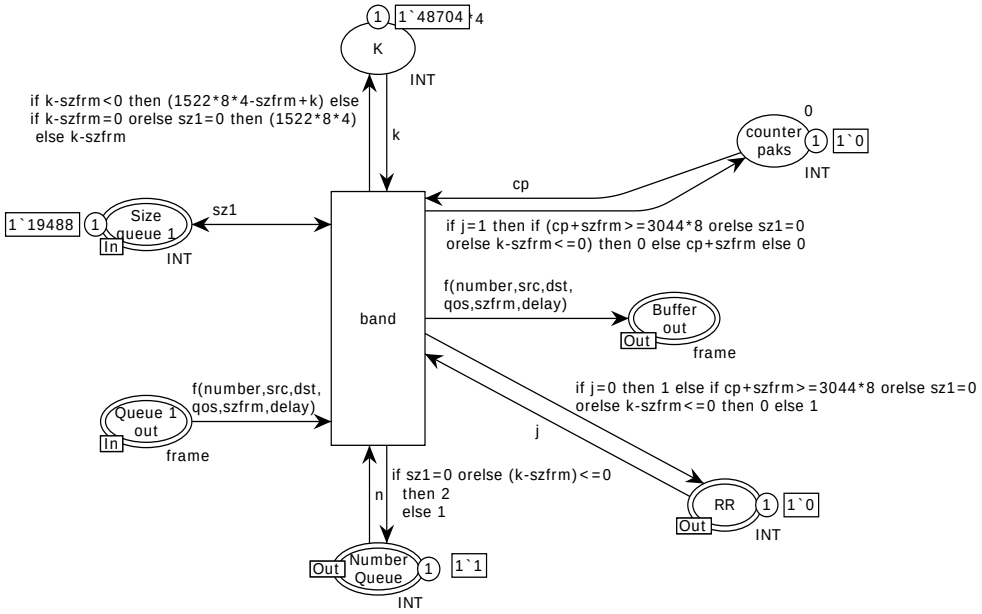


Рис. 6. Подсеть Петри, моделирующая узел регулирования полосы пропускания

После того, как кадр передается в позицию *Buffer out*, срабатывает переход *Port* подсети *OutPort* (рис. 7). При срабатывании перехода маркер из позиции *Buffer out* перемещается в позицию *outport*, значение маркера с позиции *pac's Count* увеличивается на 1, а в позицию *Outport Free* помещается маркер, разрешающий сканирование очередей. Маркер в позицию *OutPort Free* передается с задержкой, равной 96+64+размер кадра TI, где 96 – межпакетный интервал, 64 – заголовок кадра в стандарте IEEE 802.1q/p.

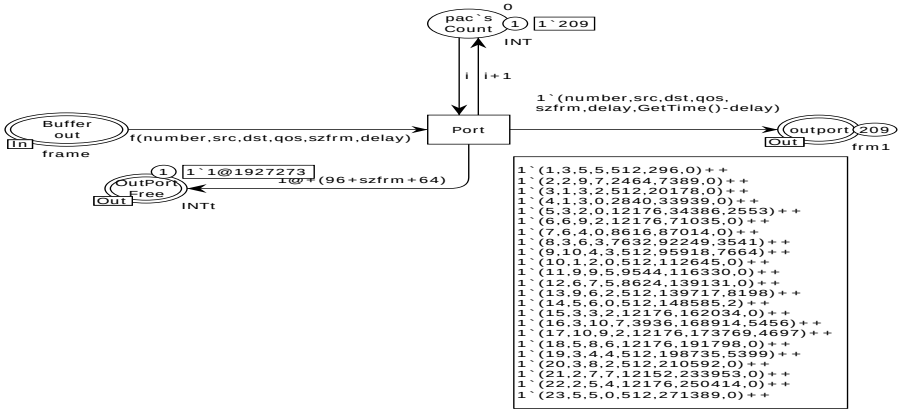


Рис. 7. Подсеть Петри, моделирующая поведение выходного порта

Результаты моделирования алгоритма

Модель входного трафика записывалась в файл с помощью специальной сети Петри [12] и представляет собой комбинацию потока кадров, принадлежащих с равной вероятностью 4 классам QoS и следующих через временные интервалы, распределенные по экспоненциальному закону со средним значением периода поступления, и квазирегулярный поток с редкими кадрами максимальной длительности. Коэффициент загрузки канала равен 0.8. Модельное время выражено в тактовых интервалах TI, каждый из которых равен 100 нс для Ethernet или 10 нс для Fast Ethernet. Случайная длина кадров имеет следующее распределение, соответствующее реальным сетям: по 25 % от всех кадров имеют минимальную и максимальную длину (соответственно TI 512 и 12176), длина остальных равномерно распределена в оставшемся диапазоне.

Кадры имеют метки QoS от 0 до 7. Формируется 4 класса трафика, которым выделяются соответствующие очереди, и устанавливаются следующие значения полосы пропускания: очередь с QoS 0-1 – 10 %, QoS 2-3 – 20 %, QoS 4-5 – 30 %, QoS 6-7 – 40 % от выходной полосы, т.е. генерируемый трафик класса QoS 0-1 превышает выделенную для него полосу в два раза, QoS 2-3 согласован с выделенной полосой пропускания, а QoS 4-5 и 6-7 недогружают выделенные полосы. Параметры квот управления полосой пропускания заданы 12176, 24352, 36528 и 48704 TI для DRR-алгоритмов. Длительности подсеансов для DRR-TSS могут варьироваться.

Описанный выше трафик обрабатывался также с помощью подсетей, моделирующих алгоритмы DRR и DTSS.

Средние и максимальные значения джиттера для трафика различных классов QoS при различных алгоритмах диспетчеризации, а также их вариация сведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики джиттера для алгоритмов DRR, DTSS, DRR-TSS

Классы траффика	Среднее значение джиттера, TI			Максимальное значение джиттера, TI		
	DRR	DTSS	DRR-TSS	DRR	DTSS	DRR-TSS
QoS 0-1	39 520	27 579	27 110	44 6705	196 943	201 899
QoS 2-3	23 460	26 714	25 049	166 584	199 584	187 168
QoS 4-5	18 976	22 439	24 721	107 521	141 382	179 313
QoS 6-7	18 972	21 691	23 041	89 353	135 998	159 643
Вариация средних значений	20 548	5528	4069	357 352	63 586	42 256

Анализ результатов, отображенных в табл. 1, показывает, что для алгоритмов DTSS и DRR-TSS по сравнению с алгоритмом DRR вариация средней задержки уменьшилась в 3,72 и 5,05 раза, а вариация максимальной задержки уменьшилась в 5,62 и 8,46 раза соответственно.

Таким образом, алгоритм диспетчеризации DRR-TSS обеспечивает более справедливое распределение полосы пропускания между трафиком различных классов по сравнению с TSS.

Было проведено исследование влияния длительности подсеанса непрерывной передачи данных на эффективность алгоритма DRR-TSS. Зависимость вариации средних значений джиттера от длительности подсеанса непрерывной передачи данных изображена на рис. 8. На основе полученных данных можно сделать вывод, что минимальные значения вариаций достигаются при длительности подсеанса непрерывной передачи данных, равной 6576 TI, что приблизительно равно среднему размеру кадра.

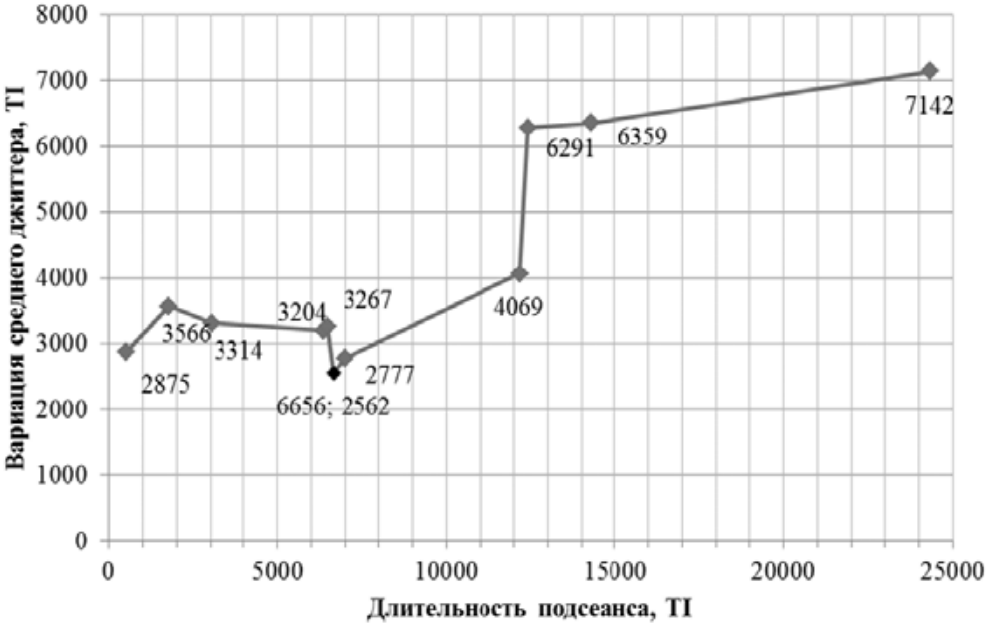


Рис. 8. Зависимость вариации среднего джиттера от длительности подсеанса

Выводы

1. Разработана цветная иерархическая временная сеть Петри, моделирующая адаптивный алгоритм дефицитного циклического обслуживания с временной селекцией кадров DRR-TSS в коммутаторе с поддержкой QoS.

2. Проведенное с использованием разработанной модели сравнительное исследование эффективности алгоритма DRR-TSS и ранее известных алгоритмов показало, что новый алгоритм эффективнее алгоритма DRR более чем в 5 раз, а алгоритма DTSS – более чем в 1,3 раза, что подтверждено экспериментально.

Найдено оптимальное значение длительности подсеанса непрерывной передачи данных в алгоритме DRR-TSS, при котором достигается минимальная вариация средних и максимальных значений очередей, приблизительно равное средней длине кадра.

Библиографический список

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – 4-е изд. – СПб. : Питер, 2010. – С. 943.
2. Вегешна, Ш. Качество обслуживания в сетях IP / Ш. Вегешна. – СПб. : Вильямс, 2003. – С. 368.
3. Кизилов, Е. А. Учет времени поступления кадров для управления очередями в коммутаторе / Е. А. Кизилов, Н. Н. Коннов, В. Б. Механов, К. И. Никишин // Телематика-2014 : труды XXI Всерос. науч.-метод. конф. – СПб. : Университет ИТМО, 2014. – С. 134–136.
4. Scheduling queues in the Ethernet switch, considering the waiting time of frames / E. Kizilov, T. Konnov, K. Nikishin, D. Pashchenko, D. Trokoz // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 44. – P. 01011-p.1-01011-p 5.
5. Кизилов, Е. А. Анализ алгоритмов динамической диспетчеризации очередей в коммутаторах с поддержкой QoS / Е. А. Кизилов, Н. Н. Коннов, Д. В. Патунин // Новые информационные технологии и системы : сб. науч. ст. XIII Междунар. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 23–25 ноября 2016 г.). – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 166–169.
6. Крылов, В. В. Теория телетрафика и ее приложения / В. В. Крылов, С. С. Самохвалова. – СПб. : БХВ, 2005. – С. 288.
7. Jensen, K. Coloured Petri Nets: modelling and validation of concurrent systems / K. Jensen, L. Kristensen. – Springer-Verlag, 2009. – P. 384.
8. Zaitsev, D. A. Switched LAN simulation by colored Petri nets / D. A. Zaitsev // Mathematics and Computers in Simulation. – 2004. – Vol. 65, № 3. – P. 245–249.
9. Kizilov, E. Modeling of QoS in the industrial Ethernet switches / E. Kizilov, N. Konnov, D. Pashchenko, D. Trokoz // The 5th International Workshop on Computer Science and Engineering-Information Processing and Control Engineering (WCSE 2015-IPCE). (April 15–17, 2015). – Moscow, Russia, 2015. – P. 185–190.
10. Олифер, Н. А. Базовые технологии локальных сетей. Центр информационных технологий / Н. А. Олифер, В. Г. Олифер // Библиотека портала CIT Forum. – URL: http://citforum.ru/nets/protocols2
11. Механов, В. Б. Моделирование цветными сетями Петри обслуживания очередей алгоритмом WRR / В. Б. Механов, Е. А. Кизилов // Новые информационные технологии и системы : тр. IX Междунар. науч.-техн. конф. (г. Пенза, 9–10 ноября 2010 г.) : в 2 ч. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2010. – Ч. 1. – С. 67–73.
12. Никишин, К. И. Генератор трафика Ethernet на основе цветных сетей Петри / К. И. Никишин, Н. Н. Коннов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 1 (17). – С. 299–307.

Кизилов Евгений Александрович
аспирант,
Пензенский государственный университет
E-mail: jk6001@yandex.ru

Kizilov Evgeny Alexandrovich
postgraduate student
Penza State University

Коннов Николай Николаевич
кандидат технических наук, профессор,
кафедра вычислительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: knnpnz@mail.ru

Konnov Nikolay Nikolayevich
candidate of technical sciences, professor,
sub-department of computer engineering,
Penza State University

Патунин Дмитрий Васильевич
студент,
Пензенский государственный университет
E-mail: dvpatunin@gmail.com

Patunin Dmitry Vasilyevich
student,
Penza State University

УДК 681.31
Кизилов, Е. А.

Моделирование адаптивной диспетчеризации очередей в коммутаторе с поддержкой QoS / Е. А. Кизилов, Н. Н. Коннов, Д. В. Патунин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 170–182.

УДК 621.941

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ В СРЕДЕ ОХЛАЖДЕННОГО ИОНИЗИРОВАННОГО ВОЗДУХА

Н. Е. Курносов, А. В. Тарнопольский, А. С. Асосков

IMPROVEMENT OF TURNING MATERIALS IN THE ENVIRONMENT CHILLED IONIZED AIR

N. E. Kurnosov, A. V. Tarnopolskiy, A. S. Asoskov

Аннотация. *Актуальность и цели*. Температура в зоне резания является негативным фактором при токарной обработке. Увеличение температуры в зоне резания способствует увеличению шероховатости обработанной поверхности, снижению стойкости лезвийного инструмента, снижению производительности и увеличению себестоимости токарной обработки. Применение физически и химически активного ионизированного воздуха в качестве смазочно-охлаждающего технологического средства (СОТС) способствует улучшению показателей токарной обработки. Температура в зоне резания при этом становится позитивным фактором, способствующим высокой скорости физико-химических процессов, протекающих в зоне резания и являющихся основой действия ионизированного воздуха. Известно, что получение ионизированного воздуха и его подача в зону резания на станках осуществляются устройствами, в которых последовательно установлены труба Ранка и коронный ионизатор. Технически рациональнее получать ионизированный воздух с помощью баллоэлектрического эффекта в вихревых потоках воздуха; при этом используется только энергия увлажненного сжатого воздуха под давлением до 0,6 МПа. Цель данного исследования – определение влияния ионизированного в вихревых потоках увлажненного воздуха на шероховатость обработанной поверхности и стойкость лезвийного инструмента в условиях высокой температуры в зоне резания. Данные исследования ранее не проводились. *Материалы и методы*. Исследования выполнялись в лабораторных и производственных условиях с использованием аттестованных приборов и средств измерения. Результаты исследований обработаны с применением программных пакетов LGraph2, Mathcad 13 и др. *Результаты*. Приводятся условия натурных исследований, в ходе которых получены зависимости влияния давления и влажности воздуха в вихревых потоках на концентрацию ионов, а также влияние концентрации ионов на шероховатость обработанной точением поверхности, стойкость лезвийного инструмента и температуру в зоне резания. Приведены результаты сравнительных исследований процессов резания при использовании в качестве СОТС ионизированного воздуха, традиционно применяемых способов подачи СОТС поливом эмульсией и процесса обработки без подачи СОТС. *Выводы*. Ионизированный в вихревых потоках увлажненный воздух является альтернативой жидким смазочно-охлаждающим технологическим средствам. Его применение способствует улучшению показателей токарной обработки и снижению ее себестоимости.

Ключевые слова: температура в зоне резания, шероховатость обработанной поверхности, стойкость лезвийного инструмента, ионизированный воздух, концентрация ионов.

Abstract. *Background*. The temperature in the cutting zone is a negative factor in turning. The increase of temperature in the cutting zone increases the roughness of the processed surface, the decrease of the resistance of the cutting edge of the tool, reduce performance and increase cost for turning. The use of physically and chemically active ionized air as a lubricating-cooling technological means improves the performance of turning. The temperature in the cutting zone becomes a positive factor contributing to the high rate physical-chemical processes occurring in the cutting zone and is the basis of the action of ionized air. It is known that the obtaining of the ionized air and its supply to the cutting zone of the machine by the device in which successively installed pipe is Wound and a corona ionizer. Technically rational to the ionized air using balloelectric effect in the vortex flow of air, it uses only the energy of humidified compressed air under pressure up to 0.6 MPa. The purpose of this study was to determine the influence of ionized in a vortex flow of humidified air surface finish and durability of the blade of the tool under high temperatures in the cutting zone. These studies have not been previously. *Materials and methods*. The study was performed in laboratory and production environments with the use of certified instruments and measuring instruments. The research results are processed using software packages LGraph2, Mathcad 13 and other programs. *Results*. The paper presents the conditions of the field studies, in which the dependences of the influence of pressure and humidity in the eddy currents on the concentration of ions and the influence of ion concentrations on the roughness of machined by turning, the surface resistance of cutting tool and temperature in the cutting zone. The results of comparative studies of cutting processes when used as coolants of ionized air, and traditional methods of feeding coolants-water emulsion and processed without submission of lubricating-cooling technological means. *Conclusions*. Ionized in a vortex flow of the humidified air is an alternative to liquid lubricant-cooling technological means. Its application improves the performance of the turning process and reduce its cost.

Key words: temperature in the cutting zone, roughness of the processed surface, vitality blade of the tool, ionized air, concentration of ions.

Введение

Токарная обработка деталей машин и механизмов в наши дни является одной из наиболее распространенных в машиностроении. При этом происходит съем большей части припуска и окончательное формирование качества поверхностного слоя деталей тел вращения, не сопрягаемых с другими деталями. С другой стороны, точение может считаться максимально простым видом механической обработки с наиболее наглядными закономерностями процессов, происходящих в зоне резания, что позволяет переносить результаты исследований обработки точением на другие, более сложные технологические операции.

Качество обработанной поверхности детали, производительность токарной обработки, стойкость лезвийного инструмента, затраты ресурсов токарного станка тесно связаны с температурой в зоне резания. Обычно высокая температура, возникающая в зоне резания (в пределах 600…1000 °С), отрицательно влияет на шероховатость поверхности и стойкость лезвийного инструмента и требует для окончательного формирования качества поверхности детали дополнительного перехода с низкими режимами резания или

проведения последующей абразивной обработки. С увеличением скорости и подачи температура в зоне резания растет более высокими темпами, что не позволяет повысить производительность токарной обработки до уровня эффективной реализации мощности станка [1–3].

Для решения проблемы часто применяется охлаждение жидкостями, подаваемыми в зону резания поливом или распылением, однако такой способ приводит к удорожанию обработки и снижению экологической безопасности окружающей среды [4–6]. Другим способом является подача в зону резания микродоз масла для снижения трения лезвийного инструмента о стружку и обработанную поверхность, тем самым минимизируется действие одного из источников высокой температуры – сил трения [7]. Попутно масло обеспечивает незначительный охлаждающий эффект [7]. Недостатками данного способа являются необходимость дооборудования станка и режущего инструмента и наличие расходного материала – масла. Принципиально иным способом снижения действия температуры в зоне резания на показатели токарной обработки является подача в зону резания физически и химически активного ионизированного воздуха, способствующего образованию на трущихся поверхностях неорганических соединений с железом обрабатываемой стали, обеспечивающих при разрушении эффект смазки [8, 9].

Известны исследования [8, 9], которые показали, что для получения и подачи в зону резания ионизированного воздуха используются различные устройства, в основе которых лежит коронный электрический разряд в потоке сжатого воздуха. Часть устройств совмещает эффект Ранка для охлаждения и коронный разряд [9]. Однако представленные устройства требуют отдельного подвода электроэнергии. Разработано новое техническое решение для получения ионизированного воздуха без подвода электроэнергии – устройство на основе баллоэлектрического эффекта в вихревых потоках увлажненного воздуха [10, 11].

Ионизация воздуха при движении в вихревых потоках

Исследования, целью которых ставилось выяснение основных факторов, влияющих на физическую и химическую активность ионизированного в вихревых потоках воздуха, выполнялись на стенде, в основе работы которого лежит эффект Ранка. Учитывая, что физико-химическая активность ионизированного воздуха связана прежде всего с количеством зарядов, исследуемыми параметрами принимались концентрации положительных и отрицательных ионов.

Анализ энергетических характеристик вихревого ионизирующего устройства при диаметре вихревой камеры 10 мм и давлении подводимого сжатого воздуха 0,6 МПа показал, что в устройстве рассеивается полезная мощность порядка 0,03 кДж/с, которая может затрачиваться на ионизацию молекулярного кислорода воздуха до концентраций 10^5 ионов в 1 $см^3$. Для проверки данного предположения был разработан стенд, схема которого показана на рис. 1.

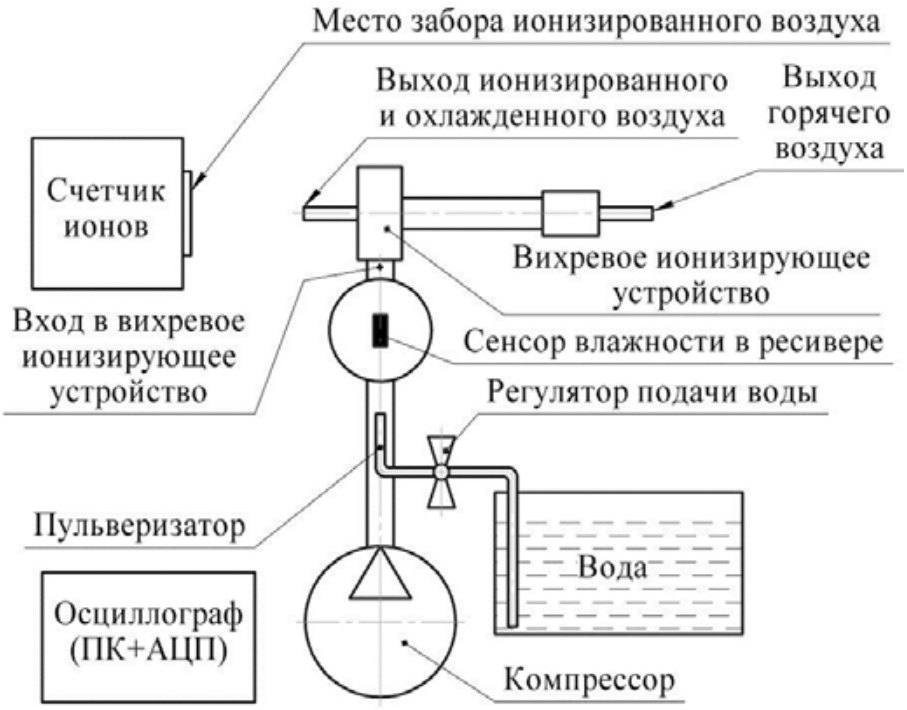


Рис. 1. Схема стенда для исследования зависимости концентрации ионов от внешних факторов

Стенд включал в себя: вихревое ионизирующее устройство с диаметром вихревой камеры 10 мм; компрессор с максимальным давлением до 1,1 МПа; газовый редуктор, оснащенный манометром; трубку-пульверизатор с регулятором подачи воды; сенсор влажности «calHT01.S-2080-ZE05-M08» с рабочим диапазоном измерения влажности от 0 до 100 % и погрешностью ±2 %; счетчик ионов «Сапфир-3М»; осциллограф для опроса сенсора влажности на базе персонального компьютера (ПК) со специальным программным обеспечением (LGraph 2) и аналогово-цифровым преобразователем (АЦП).

Пробными исследованиями установлено, что на концентрацию ионов наибольшее влияние оказывают давление и влажность подаваемого на вход в вихревое ионизирующее устройство воздуха.

Влияние давления воздуха на концентрацию ионов во входном штуцере исследовалось при установленном давлении 0,15 МПа и далее с шагом 0,05 МПа до достижения значения 0,6 МПа. При выполнении первой партии опытов увлажнение не использовалось. Последовательность повторялась при увлажнении воздуха до 100 % на входе в устройство. Измерялось устоявшееся значение концентрации ионов. Более подробное описание условий проведения исследований и полученных результатов приведено в работе [12]. Результаты исследований приведены на рис. 2 и 3.

На рис. 2–4 на вертикальной оси отложены значения концентрации ионов в тысячах штук, на что указывает множитель «$\times 10^3$» перед размерностью; соответственно, на рис. 2 величина концентрации ионов находится в пределах от нуля до 25 000 ионов в 1 $см^3$. Уравнения аппроксимирующих

кривых позволяют получать абсолютное значение концентрации ионов в тысячах штук в 1 см^3.

Рис. 2. Зависимости концентрации ионов от давления воздуха на входе (без увлажнения)

Влияние влажности на концентрацию ионов исследовалось при давлении воздуха 0,45 МПа. Измерялись концентрация ионов в холодном потоке воздуха и влажность на входе в течение 60 с. Измерения концентрации ионов проводились при установлении относительной влажности воздуха на входе от 20 до 100 % с шагом 20 %. Каждое измерение выполнялось три раза. Результаты исследований приведены на рис. 4.

Рис. 3. Зависимости концентрации ионов от давления воздуха на входе (при увлажнении воздуха до 100 %)

При отсутствии увлажнения воздуха и повышении давления на входе наблюдалось увеличение концентрации ионов обоих знаков. Это можно объяснить увеличением турбулентности потоков в вихревой камере, что приво-

дит к повышению интенсивности трения воздуха о детали устройства с повышением концентрации ионов.

Рис. 4. Зависимости концентрации ионов
от относительной влажности воздуха на входе

Результаты, полученные при увлажнении воздуха на входе в устройство, показывают существенное превышение концентрации отрицательных ионов над положительными. Концентрация отрицательных ионов более чем в пять раз превосходит концентрацию положительных ионов при одинаковых значениях давления. Последнее можно объяснить тем, что при увеличении давления воздуха распыленная пульверизатором вода измельчается на входе в вихревое ионизирующее устройство, что приводит к повышению интенсивности баллоэлектрического эффекта. Это способствует существенному увеличению концентрации отрицательных ионов.

Наблюдалось повышение концентрации ионов в холодном потоке воздуха с ростом относительной влажности воздуха на входе в ионизирующее устройство. Увеличение количества влаги в воздухе перед входом в устройство способствует интенсификации баллоэлектрического эффекта в вихревых потоках.

Для получения максимальной концентрации ионов с помощью вихревого ионизирующего устройства необходимо обеспечивать давление воздуха в пределах от 0,45 до 0,6 МПа и относительную влажность входящего в устройство воздуха, близкую к 100 %.

Температура в зоне резания и параметры токарной обработки

Работы ряда ученых, занимавшихся исследованиями лезвийной обработки при использовании ионизированного воздуха в качестве охлаждающей среды, подтверждают, что снижение шероховатости обработанной поверхности и увеличение стойкости лезвийного инструмента связаны с интенсивным образованием оксидов железа на трущихся поверхностях, которые, разрушаясь, снижают трение и адгезионное взаимодействие между инструментом, заготовкой и стружкой [8, 9]. С повышением температуры в зоне резания рас-

тет интенсивность образования оксидных пленок [9]. Также в работе [13] приводятся основные положения теории радикально-цепного механизма действия охлаждающих средств, в соответствии с которыми излучение лучевой энергии и электронов от ювенильной поверхности способствует существенному повышению активности охлаждающих средств, в том числе ионизированного воздуха.

Для исследования влияния ионизированного воздуха, полученного с помощью баллоэлектрического эффекта в вихревых потоках, на температуру в зоне резания, стойкость лезвийного инструмента и шероховатость поверхности был создан стенд на базе токарно-винторезного станка 16К20. Стенд включал в себя вихревое ионизирующее устройство, использовавшееся в предыдущих исследованиях, и резец составной с пластинами из твердого сплава Т5К10. Обрабатывался пруток из стали 40Х, которая среди распространенных конструкционных сталей имеет более низкую обрабатываемость по сравнению со сталями 40 и 45.

Шероховатость поверхности измерялась профилометром «Абрис-ПМ7». Для исследования стойкости лезвийного инструмента проводилось измерение ширины фаски на задней поверхности бинарным микроскопом МБС-1 со шкалой с разрешающей способностью 0,01 мм. Температура в зоне резания исследовалась двумя методами: оптическим с помощью тепловизора «NEC G120» и методом естественной термопары. Для измерения термической электродвижущей силы скользящего контакта инструмента-заготовки применялся осциллограф на основе персонального компьютера и аналогово-цифрового преобразователя. Управление концентрацией ионов осуществлялось с помощью изменения влажности воздуха на входе в вихревое ионизирующее устройство.

Для проведения сравнительных исследований применялась эмульсия на водной основе «hydroway 1160» ТУ У 24.6-31709624-001: 2005.

Результаты исследований температуры в зоне резания, стойкости лезвийного инструмента и шероховатости обработанной поверхности показаны на рис. 5–7.

Рис. 5. Зависимости температуры в зоне резания от концентрации ионов

Результаты исследования показали, что увеличение концентрации ионов с 10^4 в 1 $см^3$ до более, чем 10^5 в 1 $см^3$, приводило к повышению стойкости режущего инструмента в 1,9 раза при черновой обработке и в 2,8 раза – при чистовой.

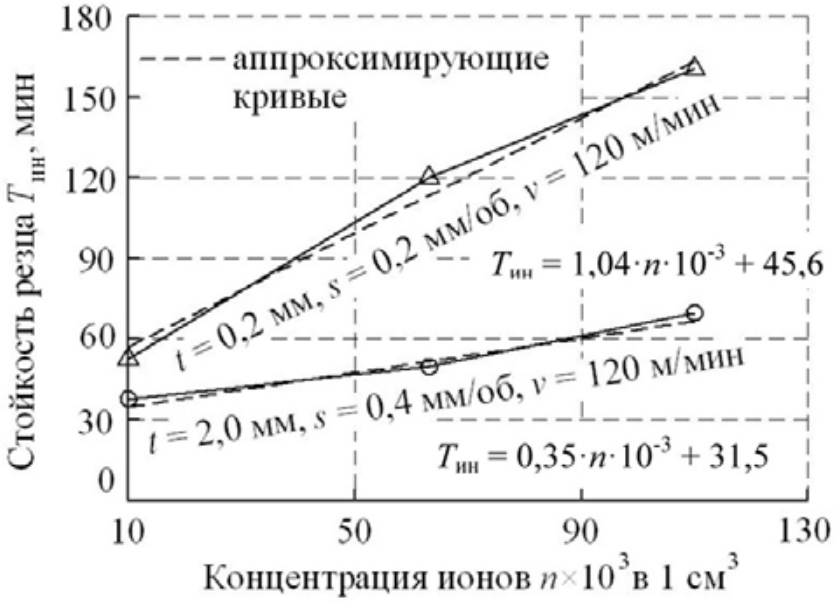


Рис. 6. Зависимости влияния концентрации ионов
на стойкость режущего инструмента

С увеличением концентрации ионов в том же диапазоне, что и при исследовании температуры в зоне резания и стойкости лезвийного инструмента, шероховатость обработанной поверхности уменьшилась с 2,8 до 1,2 мкм по показателю среднеарифметического отклонения профиля.

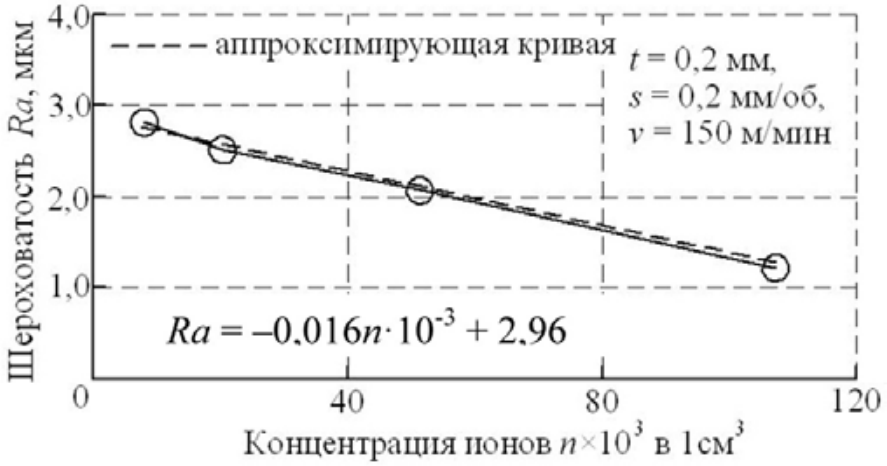


Рис. 7. Зависимость шероховатости поверхности от концентрации ионов
в ионизированном воздухе

Объяснить полученные результаты можно тем, что при повышении концентрации ионов в ионизированном воздухе увеличивается количество физически и химически активных частиц, способных взаимодействовать с железом, содержащимся в обрабатываемой стали. Это способствует увеличению скорости химических реакций по образованию оксидных пленок, которые при разрушении снижают трение.

Рассматривались исследуемые параметры при различных видах охлаждения, результаты представлены на рис. 8–10.

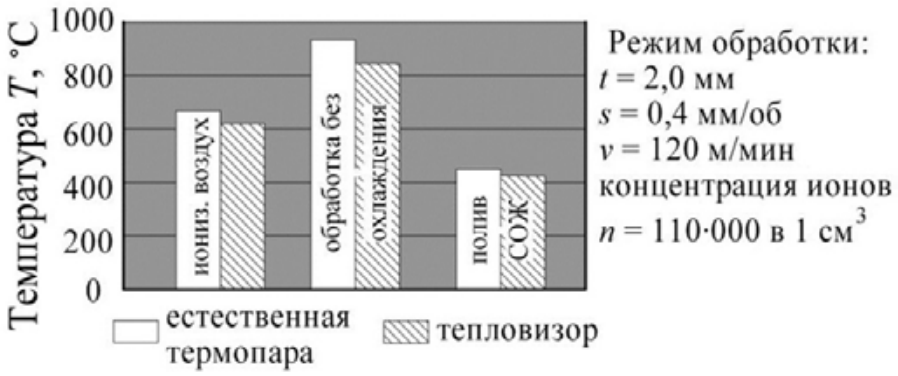


Рис. 8. Диаграмма температуры резания при черновой обработке с различными видами охлаждения

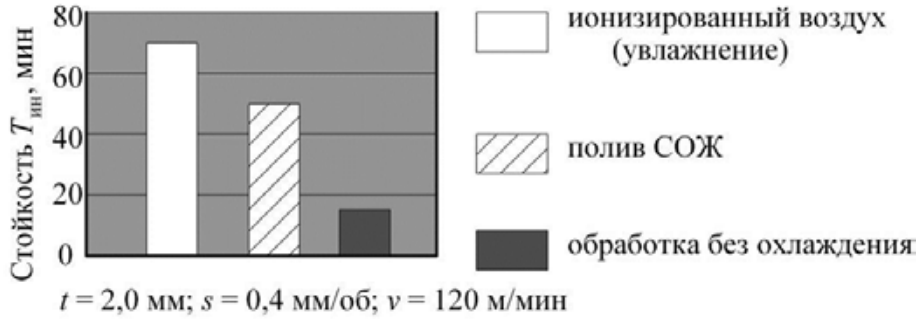


Рис. 9. Диаграмма стойкости лезвийного инструмента (режим черновой)

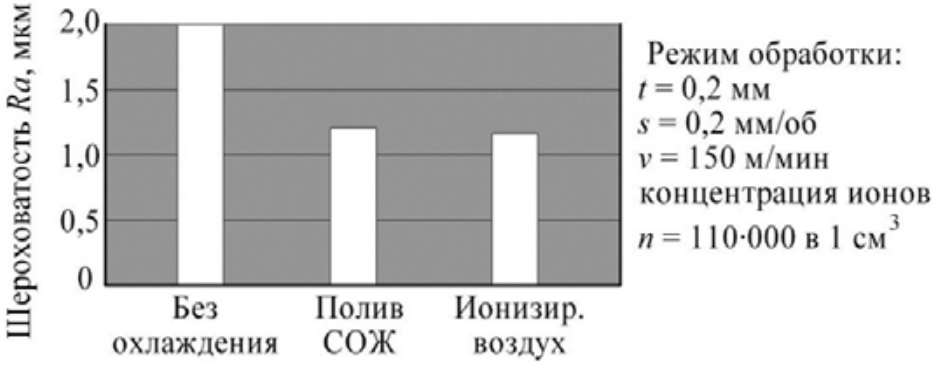


Рис. 10. Влияние различных видов охлаждения на шероховатость поверхности

Результаты исследований показали, что при использовании ионизированного воздуха при концентрации ионов порядка 10^5 в 1 $см^3$ температура в зоне резания на 15–20 % выше, чем при поливе охлаждающей жидкостью. При этом стойкость лезвийного инструмента увеличивается на 50 % и шероховатость поверхности сравнима с поливом эмульсией. Результаты исследований подтверждают, что действие ионизированного в вихревых потоках воздуха, подаваемого в зону резания, не уступает поливу охлаждающей жидкостью. Температура в зоне резания, являющаяся негативным фактором при токарной обработке, при использовании ионизированного воздуха способствует увеличению интенсивности образования оксидных пленок на трущихся поверхностях и тем самым оказывает положительное влияние на результаты токарной обработки.

На основе результатов исследований, приведенных в статье, получен патент на устройство для охлаждения зоны резания при механической обработке [14].

Заключение

Получение ионизированного воздуха с помощью вихревого ионизирующего устройства технически рационально и в достаточной мере эффективно при лезвийной обработке для компенсации негативного влияния температуры в зоне резания на стойкость лезвийного инструмента и шероховатость обработанной поверхности.

Активное влияние ювенильной поверхности на охлаждающую среду позволяет снизить затраты энергии на подготовку ионизированного воздуха, что делает актуальным использование баллоэлектрического эффекта в вихревых потоках без применения коронного ионизатора.

Положительное влияние величины концентрации ионов в ионизированном воздухе на стойкость лезвийного инструмента и шероховатость обработанной поверхности при токарной обработке подтверждается экспериментально и связано с интенсивностью образования оксидных пленок на трущихся поверхностях в зоне резания. Предельная величина концентрации ионов, при которой исследуемые параметры способны достигнуть предельных значений, не установлена.

Библиографический список

1. Справочник токаря-универсала / В. Ф. Безъязычный, В. Г. Моисеев, Д. Г. Белецкий, М. Г. Шеметов ; под ред. М. Г. Шеметова и В. Ф. Безъязычного. – М. : Машиностроение, 2007. – 576 с.
2. Справочник фрезеровщика / Л. Н. Бердников, В. Ф. Безъязычный, В. Н. Крылов, Е. М. Большаков, П. Д. Мотренко ; под ред. В. Ф. Безъязычного. – М. : Машиностроение, 2010. – 272 с.
3. Зубарь, В. П. Лезвийная обработка закаленных сталей и чугунов взамен шлифования / В. П. Зубарь, А. Г. Тимчук, М. В. Чопенко // Сучасні технології в машинобудуванні : сб. науч. раб. НТУ «ХПИ». – 2010. – № 5. – С. 32–38.
4. Касимов, Л. Н. Ресурсосберегающие технологии механической обработки труднообрабатываемых материалов : моногр. / Л. Н. Касимов. – Уфа : ДизайнПолиграфСервис, 2003. – 182 с.

5. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием : справочник / под ред. С. Г. Энтелиса, Э. М. Берлинера. – М. : Машиностроение, 1986. – 352 с.
6. Худобин, Л. В. Техника применения смазочно-охлаждающих средств в металлообработке / Л. В. Худобин, Е. Г. Бердичевский. – М. : Машиностроение, 1977. – 189 с.
7. Потапов, В. А. Применение механической обработки с минимальным количеством СОЖ на германских заводах / В. А. Потапов // Машиностроитель. – 1999. – № 11. – С. 46–52.
8. Верещака, А. С. Система экологически безопасного резания / А. С. Верещака, А. К. Кириллов, О. Ю. Хаустова, С. Н. Поляков // Прогрессивная техника и технология – 2001 : тез. докладов II Междунар. конф. – Киев : НТУУ «КПИ», 2001. – С. 39–41.
9. Подураев, В. Н. Механическая обработка с охлажденным ионизированным воздухом / В. Н. Подураев, А. С. Татаринов, В. Д. Петрова // Вестник машиностроения. – 1991. – № 11. – С. 37–42.
10. Turning of structural steel while supplying cooled ionized air to the cutting zone / Nikolay Efimovich Kurnosov, Konstantin Valerevich Lebedinskiy, Aleksander Vladimirovich Tarnopolskiy, Aleksander Sergeevich Asoskov & Yuriy Petrovich Perelygin // Australian Journal of Mechanical Engineering. DOI: 10.1080/14484846.2017.1296809.
11. Курносов, Н. Е. Совершенствование технологии механической обработки с использованием вихревой ионизации воздуха / Н. Е. Курносов, А. В. Тарнопольский, А. С. Асосков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2013. – № 1. – С. 85–93.
12. Асосков, А. С. Совершенствование технологии лезвийной обработки путем охлаждения зоны резания ионизированным в вихревых потоках воздухом : дис. ... канд. техн. наук : 05.02.08, 05.02.07 / Асосков Александр Сергеевич. – Пенза, 2015. – 237 с.
13. Наумов, А. Г. Развитие теории радикально-цепного механизма действия СОТС при резании металлов / А. Г. Наумов, В. Н. Латышев // Физика, химия и механика трибосистем : межвуз. сб. науч. тр. / под ред. В. Н. Латышева. – Иваново : Иван. гос. ун-т, 2015. – Вып. 12. – С. 5–11.
14. Пат. 125915 Российская Федерация, МПК B 23 Q 11/10. Устройство для охлаждения зоны резания / Курносов Н. Е., Николотов А. А., Асосков А. С., Лебединский К. В., Кирин Е. М. ; заявитель и патентообладатель Пензенский государственный университет. – № 2012152210/02 ; заявл. 04.12.2012, опубл. 20.03.2013.

Курносов Николай Ефимович
доктор технических наук, профессор,
кафедра транспортных машин,
Пензенский государственный университет
E-mail: ttmo-pgu@mail.ru

Kurnosov Nikolay Efimovich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of transport machines,
Penza State University

Тарнопольский Александр Владимирович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра транспортных машин,
Пензенский государственный университет
E-mail: taw48@bk.ru

Tarnopolskiy Alexander Vladimirovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of transport machines,
Penza State University

Асосков Александр Сергеевич
кандидат технических наук, доцент,
кафедра транспортных машин,
Пензенский государственный университет
E-mail: asoskov_w@mail.ru

Asoskov Alexander Sergeyevich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of transport machines,
Penza State University

УДК 621.941
Курносов, Н. Е.

Совершенствование токарной обработки материалов в среде охлажденного ионизированного воздуха / Н. Е. Курносов, А. В. Тарнопольский, А. С. Асосков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 183–194.

УДК 004.31

ВАРИАНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ И СТРУКТУРА АППАРАТНОГО АРБИТРА ОБЩЕЙ ШИНЫ МНОГОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ[1]

А. И. Мартышкин

VARIANTS OF IMPLEMENTATION AND STRUCTURE OF HARDWARE ARBITER OF COMMON BUS FOR MULTIPROCESSOR SYSTEM

A. I. Martyshkin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Сегодня, когда быстродействие вычислительных систем достигло колоссальных показателей, проблема производительности остается актуальной в том числе и потому, что круг задач, решаемых на ЭВМ, существенно расширился, а также потому, что возросла сложность самих задач. Одним из решений этой проблемы стало появление многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем (например, на основе общей шины). Зачастую в них возникает проблема распределения (назначения) процессоров на обработку задач. Здесь немалое влияние имеет организация шинного арбитра, который управляет процессом занятия и освобождения общей шины. Этим обусловлена актуальность статьи. Цель работы – создание и описание структуры аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы, включающей 16 процессоров. *Материалы и методы*. Для достижения поставленных в работе целей применена САПР Web pack ISE фирмы Xilinx с возможностью создания и моделирования работы блока аппаратного арбитра, что облегчает синтез проектов, ориентированных на использование современной элементной базы – ПЛИС. *Результаты*. Рассмотрены возможные варианты реализации аппаратного арбитра, описаны их достоинства и недостатки, а также состав предлагаемого устройства. Представлена структурная схема вычислительной системы, включающей в себя аппаратный арбитр общей шины. *Выводы*. В заключении статьи представлены полученные результаты и выводы, повествующие о результатах проведенных исследований и дальнейшем варианте развития проекта. В будущем предполагается реализовать аппаратный арбитр в виде платы расширения с применением ПЛИС. Областью применения ассоциативного сопроцессора являются многопроцессорные системы на базе сигнальных процессоров типа TMS320 или аналогичных.

Ключевые слова: аппаратный арбитр, общая шина, многопроцессорная система, статические приоритеты, динамические приоритеты, централизованный арбитраж, децентрализованный арбитраж, ПЛИС.

Abstract. *Background.* Today, when the speed of computing systems has reached colossal rates, the problem of productivity remains topical, including because the range of tasks solved on a computer has grown significantly, and because the complexity of the tasks has increased. One of the solutions to this problem was the emergence of multi-core

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-00012).

and multiprocessor computing systems (for example, based on a common bus). Often in them, there is a problem of distribution (assignment) of processors on processing of tasks. Here, the organization of the tire arbitrator, which manages the process of occupying and releasing the common tire, has considerable influence. This is due to the relevance of the article. The purpose of the work is to create and describe the structure of the hardware arbiter of the common bus of the multiprocessor system, which includes 16 processors. *Materials and methods.* To achieve the goals set in the work, CAD Web pack ISE from Xilinx Company is applied with the ability to create and simulate the work of the hardware arbiter unit, which facilitates the synthesis of projects focused on the use of a modern element base – PLD. *Results.* The article considers possible options for implementing a hardware arbiter. Their advantages and disadvantages are described. The composition of the proposed device is described. A block diagram of a computer system including a common bus arbiter is presented. *Conclusions.* The conclusion of the article presents the results and conclusions, which tell about the results of the research and the further development of the project. In the future, it is proposed to implement a hardware arbiter in the form of an expansion board using PLDs. The field of application of the associative coprocessor are multiprocessor systems based on signal processors such as TMS320 or similar.

Key words: hardware arbiter, common bus, multiprocessor system, static priorities, dynamic priorities, centralized arbitration, decentralized arbitration, PLD.

Введение

С каждым годом все большую роль в жизни человека играют ЭВМ. Современный человек не может представить себе жизнь без компьютеров. Они применяются во всех сферах деятельности. Преимуществом компьютеров является то, что они способны выполнять достаточно сложные операции с большой скоростью, что делает их поистине незаменимыми в областях, где требуется большое количество вычислений (научные исследования, инженерно-технические и экономические расчеты и т.д.).

В настоящее время, когда быстродействие вычислительных систем достигает колоссальных показателей, проблема производительности остается актуальной в том числе и потому, что круг задач, решаемых на ЭВМ, существенно вырос, а также потому, что возросла сложность самих задач. Одним из решений этой проблемы стало появление многоядерных и многопроцессорных вычислительных систем [1–3], а также специализированных систем [4–6]. Здесь немалое влияние имеет организация шинного арбитра, который управляет процессом занятия и освобождения общей шины. От того, насколько правильно и качественно продуман функционал и структура арбитра, зависит быстродействие вычислительной системы в целом [7–9].

Постановка задачи

Целью статьи является разработка арбитра общей шины многопроцессорной системы, включающей 16 процессоров.

Суть арбитража состоит в следующем (рис. 1). Имеется многопроцессорная система, состоящая из N процессоров. Также имеется общая шина, например, функционирующая в соответствии со спецификацией AMBA [10], в задачи которой входит обмен данными между процессорами, оперативной

памятью и внешними устройствами. В реальных многопроцессорных системах на занятие общей шины могут претендовать сразу несколько устройств, однако в каждый момент времени сделать это может только одно из них. Чтобы исключить конфликты, шина должна предусматривать определенные механизмы арбитража запросов [7, 11]. Обычно решение принимается на основе приоритетов претендентов. Рассматриваемое устройство должно обеспечивать как статические приоритеты, так и динамическую смену приоритетов.

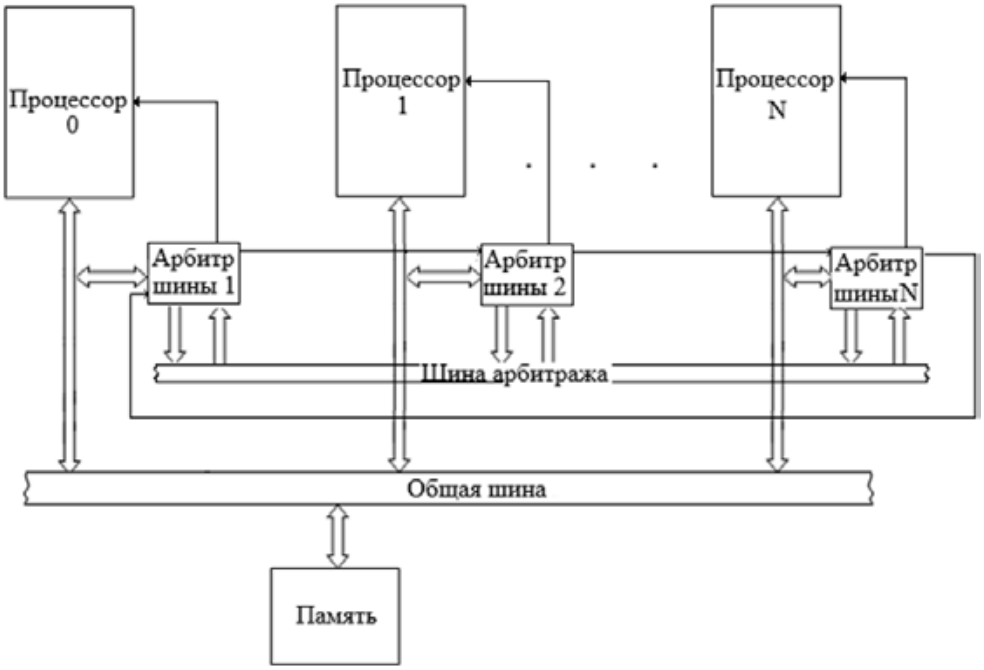


Рис. 1. Многопроцессорная система

Устройство будет состоять из двух основных частей: статический арбитр, который будет обеспечивать строго фиксированный для каждого процессора в системе уровень приоритета; динамический арбитр, который будет обеспечивать циклическую смену приоритетов процессоров по схеме равных приоритетов.

Предполагается, что рассматриваемое устройство будет работать в составе многопроцессорной системы на базе 16 сигнальных процессоров типа TMS 320.

В ходе анализа литературы по тематике статьи были рассмотрены альтернативные варианты проектирования арбитра общей шины многопроцессорной системы [7, 9, 11]. На основе проведенного анализа определим архитектурно-структурные особенности рассматриваемого устройства, сравнив их предварительно с существующими на сегодняшний день. Арбитр шины реализуется аппаратно, что не предусматривает больших требований к ресурсам процессора и делает его независимым от быстродействия последнего.

Далее рассмотрим возможные варианты реализации алгоритма работы арбитра и имеющиеся на сегодняшний день устройства реализации процедуры запросов на управление шиной по централизованной или децентрализованной схеме [6, 7, 11]. Выбор конкретной схемы зависит от требований к производительности и стоимостных ограничений. При централизованном арбитраже в системе имеется устройство (центральный арбитр), ответственное за предоставление доступа к шине только одному из процессоров. Это устройство может быть самостоятельным модулем или частью процессора. В зависимости от того, каким образом процессоры подключены к центральному арбитру, возможные схемы централизованного арбитража можно разделить на параллельные и последовательные. Централизованный последовательный арбитраж (рис. 2) предполагает наличие только одного сигнала предоставления общей шины, последовательно проходящего через цепочку процессоров.

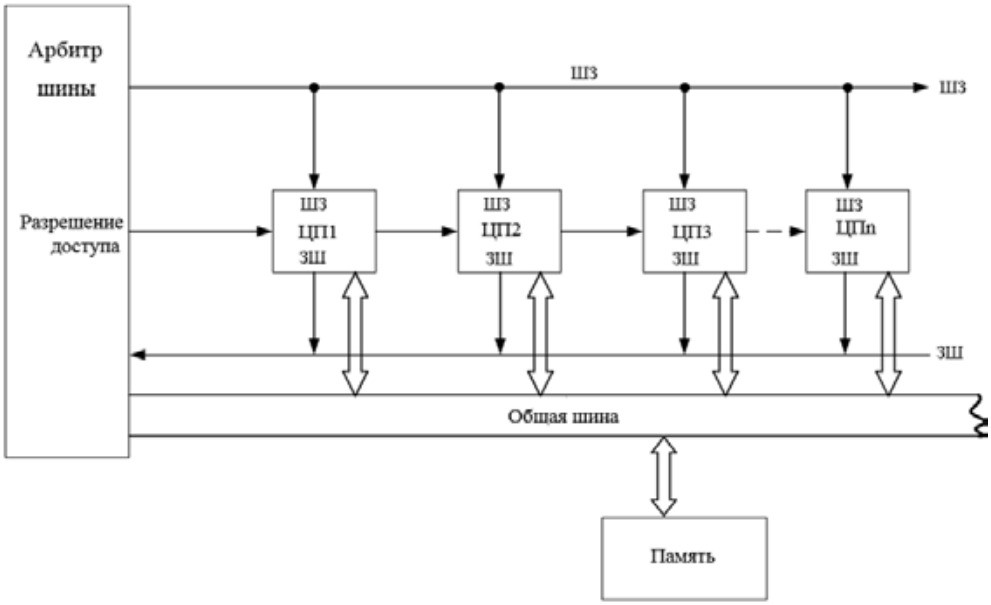


Рис. 2. Общая схема централизованного последовательного арбитража

К достоинствам такого алгоритма можно отнести простоту реализации и малое количество используемых линий. Кроме того, такая схема предполагает сравнительно легкое увеличение числа процессоров, задействованных в системе. Но большим недостатком такой организации является возможность реализации только статических приоритетов. Также из схемы видно, что если один из процессоров в цепочке по каким-либо причинам выйдет из строя, это отключит от линии арбитража все процессоры, следующие за неисправным.

Статический приоритет – каждому потенциальному ведущему присваивается определенный уровень приоритета, который остается неизменным.

Схема статических приоритетов, показанная на рис. 3, может быть описана следующими логическими выражениями:

$$ПШ_0 = ЗШ_0; \quad (1)$$

$$ПШ_1 = \overline{ЗШ_0}ЗШ_1; \quad (2)$$

$$ПШ_2 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}ЗШ_2; \quad (3)$$

$$ПШ_3 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}\,\overline{ЗШ_2}ЗШ_3; \quad (4)$$

$$ПШ_4 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}\,\overline{ЗШ_2}\,\overline{ЗШ_3}ЗШ_4; \quad (5)$$

$$ПШ_5 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}\,\overline{ЗШ_2}\,\overline{ЗШ_3}\,\overline{ЗШ_4}ЗШ_5; \quad (6)$$

$$ПШ_6 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}\,\overline{ЗШ_2}\,\overline{ЗШ_3}\,\overline{ЗШ_4}\,\overline{ЗШ_5}ЗШ_6; \quad (7)$$

$$ПШ_7 = \overline{ЗШ_0}\,\overline{ЗШ_1}\,\overline{ЗШ_2}\,\overline{ЗШ_3}\,\overline{ЗШ_4}\,\overline{ЗШ_5}\,\overline{ЗШ_6}ЗШ_7. \quad (8)$$

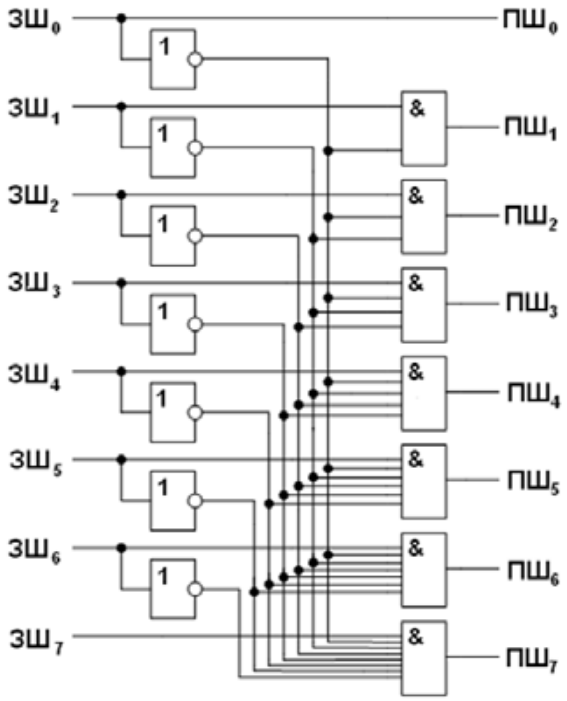


Рис. 3. Возможная реализация централизованного арбитража
со статическими приоритетами

Основной недостаток статических приоритетов состоит в том, что устройства, имеющие высокий приоритет, в состоянии полностью блокировать доступ к шине устройств с низким уровнем приоритета.

Централизованный параллельный арбитраж со статическими приоритетами (рис. 4) предполагает наличие у каждого процессора в системе строго зафиксированного за ним уровня приоритета.

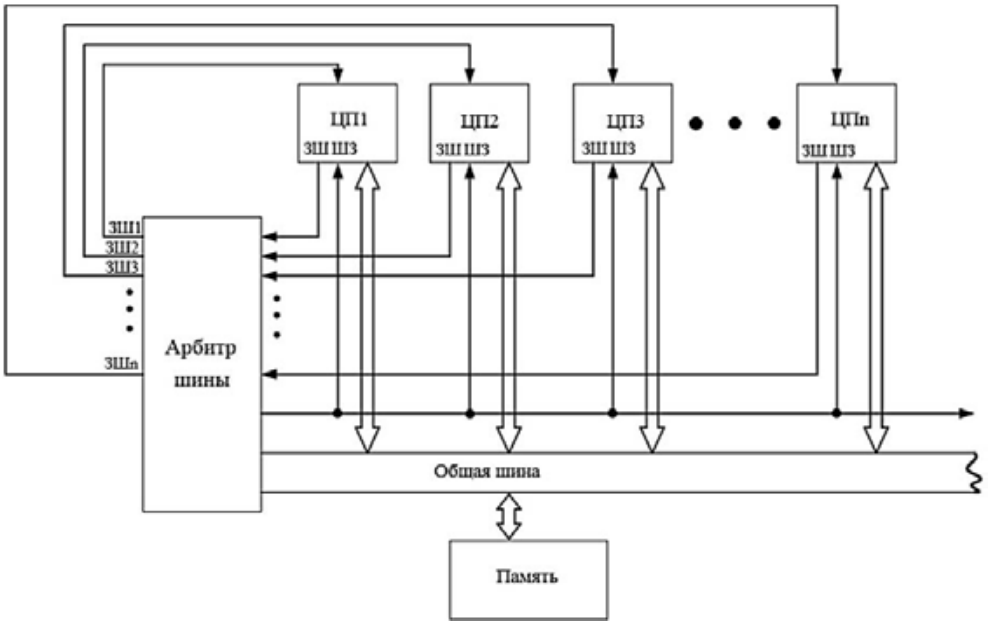


Рис. 4. Общая схема централизованного параллельного арбитража

Предполагается, что в арбитре шины, рассматриваемом в статье, должна быть реализована статическая схема распределения приоритетов на случай, если в многопроцессорной системе будет реализовываться программа с низким уровнем параллелизма.

Децентрализованный арбитраж (рис. 5) предполагает отсутствие центрального арбитра и наличие у каждого процессора в системе собственного модуля доступа к общей шине.

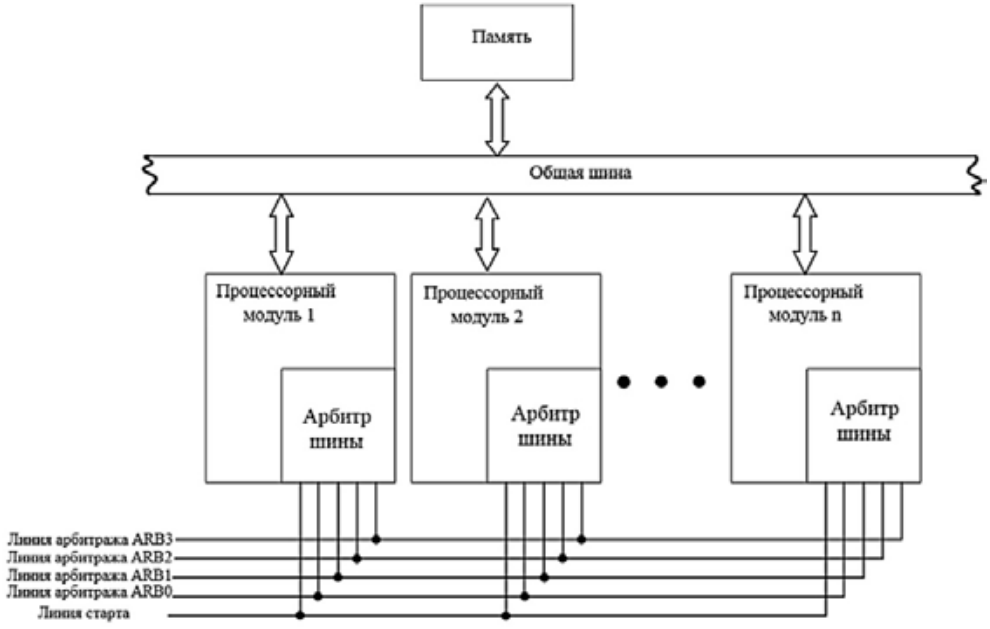


Рис. 5. Схема распределенного децентрализованного арбитража

Такая схема потенциально более надежна, чем централизованный арбитраж, поскольку отказ контроллера шины в одном из ведущих устройств не нарушает работу с шиной на общем уровне. Основной недостаток такой схемы состоит в сложности и дороговизне логики арбитража, которая должна быть реализована в аппаратуре каждого из процессоров многопроцессорной системы.

Таким образом, наиболее предпочтительной для описываемой разработки является схема децентрализованного распределенного арбитража с динамической сменой приоритетов. Для реализации в предлагаемом устройстве была выбрана схема равных приоритетов, которая предполагает равные шансы на обслуживание при поступлении к арбитру сразу нескольких запросов от процессоров.

Устройство, рассматриваемое в статье, предполагается отладить в программе Web pack ISE, создав VHDL-код описания функционирования арбитра [12], а затем спроектировать на базе программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС) Spartan 3 фирмы Xilinx, которая относится к ПЛИС типа FPGA.

Структурная схема аппаратного арбитра

На этапе проектирования любого устройства необходимо выбрать наиболее оптимальную его структуру. Предлагаемая структурная схема многопроцессорной системы с аппаратным арбитром шины представлена на рис. 6.

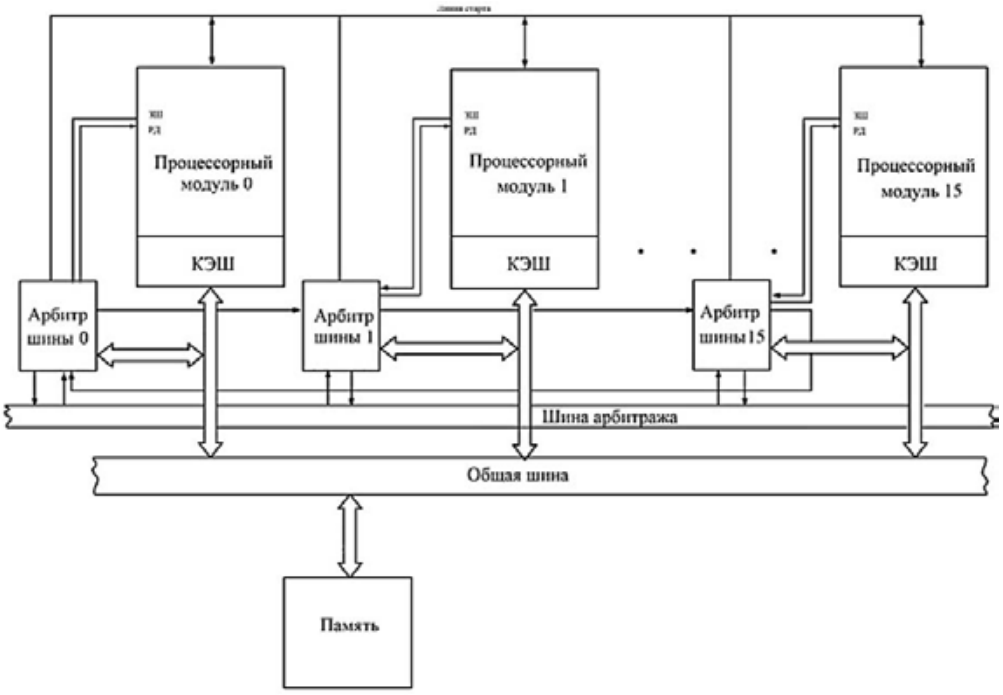


Рис. 6. Структурная схема многопроцессорной системы с аппаратным арбитром

Рассмотрим ее состав и взаимодействие основных структурных блоков друг с другом. Многопроцессорная система состоит из трех основных блоков: арбитр шины, общая память и шестнадцать одинаковых процессорных модулей.

В состав каждого блока процессорного модуля входит схема ввода входной последовательности. Она необходима для приема входной последовательности из канала связи и должна подавать обработанную последовательность на локальную шину данных. Таким образом, блок процессорного модуля необходим для приема входной последовательности из канала связи, обработки данных и формирования управляющих сигналов. Он выполняет следующие функции:

– прием и обработка входной последовательности;
– выполнение вычислений;
– формирование сигналов для работы арбитра шины, глобальной памяти и схемы вывода;
– прием и передача данных из глобальной памяти.

Блок арбитра шины необходим для управления общей шиной. В его состав входят:

– регистр запросов;
– схема выделения статических приоритетов;
– схема выделения динамических приоритетов;
– регистр приоритетов.

Блок арбитра шины выполняет следующие функции:

– обработка сигналов запроса шины от процессоров;
– анализ запросов и формирование ответа по принципу статических или динамических приоритетов;
– разрешение или запрет доступа процессоров к общей шине в зависимости от ее текущего состояния (свободно/занято);
– выделение приоритетов процессорным модулям на захват шины.

Блок общей памяти необходим для хранения промежуточных результатов вычислений. Он имеет в своем составе контроллер, обеспечивающий управление памятью. Этот блок выполняет следующие функции:

– прием и хранение данных, полученных от процессорных модулей;
– передача данных в процессорные модули;
– управление чтением/записью.

Заключение

В результате проведенных исследований рассмотрены возможные варианты построения аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы. Выявлено, что наиболее предпочтительной для арбитра является схема децентрализованного распределенного арбитража с динамической сменой приоритетов. Предложена структурная схема устройства в составе многопроцессорной системы.

Устройство, рассматриваемое в статье, для последующего исследования предполагается спроектировать на базе программируемой логической инте-

гральной схемы (ПЛИС) Spartan 3 фирмы Xilinx и реализовать на плате расширения.

Библиографический список

1. Бикташев, Р. А. Многопроцессорные системы. Архитектура, топология, анализ производительности : учеб. пособие / Р. А. Бикташев, В. С. Князьков. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 107 с.
2. Мартышкин, А. И. Функциональная организация и алгоритмы работы аппаратного буферного устройства памяти многопроцессорной вычислительной системы / А. И. Мартышкин // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 12-3. – С. 518–522.
3. Salnikov, I. I. Investigation of the memory subsystem of information systems by buffering transactions on the queuing models / I. I. Salnikov, M. Yu. Babich, M. M. Butaev, A. I. Martyshkin // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, № 19. – P. 9846–9849.
4. Мартенс-Атюшев, Д. С. Разработка и исследование реконфигурируемого вычислительного кластера для цифровой обработки сигнала / Д. С. Мартенс-Атюшев, А. И. Мартышкин // Современные информационные технологии. – 2015. – № 21. – С. 190–195.
5. Мартышкин, А. И. Модуль ассоциативного сопроцессора на базе ПЛИС для специализированных вычислительных систем / А. И. Мартышкин // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2016. – № 58. – С. 75–82.
6. Мартышкин, А. И. Структурная организация блока ассоциативного сопроцессора на базе программируемой логической интегральной схемы для специализированных вычислительных систем / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 4 (20). – С. 128–138.
7. Бикташев, Р. А. Архитектура параллельных вычислительных систем / Р. А. Бикташев, В. С. Князьков. – Пенза : РИО Упринформпечати, 1993. – 166 с.
8. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера / Э. Таненбаум, Т. Остин. – 6-е изд. – СПб. : Питер, 2013. – 816 с.
9. Хамахер, К. Организация ЭВМ / К. Хамахер, З. Вранешич, С. Заки ; пер. с англ. О. Здир. – 5-е изд. – СПб. : Питер ; Киев : BHV, 2003. – 848 с.
10. AMBA Specification. Rev 2.0. – ARM Limited, 1999. – 230 p.
11. Цилькер, Б. Я. Организация ЭВМ и систем / Б. Я. Цилькер, С. А. Орлов. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2011. – 688 с.
12. Суворова, Е. А. Проектирование цифровых систем на VHDL / Е. А. Суворова, Ю. Е. Шейнин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2003. – 576 с.

Мартышкин Алексей Иванович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра вычислительных машин
и систем,
Пензенский государственный
технологический университет
E-mail: alexey314@yandex.ru

Martyshkin Aleksey Ivanovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of computers and systems,
Penza State Technological University

УДК 004.31
Мартышкин, А. И.

Варианты реализации и структура аппаратного арбитра общей шины многопроцессорной системы / А. И. Мартышкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 195–204.

УДК 681.514

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЫСТРОДЕЙСТВУЮЩЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА

В. Д. Мостовой, В. П. Бирюков

SIMULATION AND EFFICIENCY JUSTIFICATION OF THE TWO-LOOP SYSTEM FOR CONTROLLING TURNING PROCESS WITH USING A HIGH-SPEED ACTUATOR

V. D. Mostovoy, V. P. Biryukov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Адаптивные системы управления в машиностроении являются единственным путем компенсации переменных составляющих сил резания, образующихся в результате действия на процесс резания различных возмущающих воздействий. Поэтому их эффективность во многом определяет точность, производительность обработки и эффективность использования современных станков. Цель данной работы – исследовать возможность повышения эффективности регулирования силы резания при токарной обработке за счет расширения частотного диапазона эффективной работы системы путем создания дополнительного контура управления с использованием быстродействующего исполнительного механизма. *Материалы и методы*. Решение задач было достигнуто методом математического моделирования работы локальных контуров и всей системы на основе теоретических и экспериментальных моделей элементов системы и объекта управления при ступенчатых детерминированных и стохастических задающих и возмущающих воздействиях. *Результаты*. В работе построены математические модели быстродействующего исполнительного механизма на основе пьезоэлектрического актюатора, процесса резания как объекта управления по каналу: продольная подача – сила резания, методом математического моделирования исследована возможность параллельной работы двух контуров управления на один входной управляющий параметр объекта управления, получены оценки качественных показателей работы исходной системы управления и предложенной двухконтурной системы управления. *Выводы*. Результаты моделирования исходной системы управления и предлагаемой двухконтурной системы показали возможность работы двух контуров на одно управляющее воздействие путем ограничения высокочастотного управляющего воздействия по амплитуде и развязки контуров по частоте с помощью высокочастотного фильтра в дополнительном контуре управления.

Ключевые слова: процессы резания, адаптивные системы, математическое моделирование, динамические характеристики, тонкопленочный пьезоэлектрический микроактюатор, частотная развязка контуров управления.

Abstract. *Background.* Adaptive control systems in engineering are the only way to compensate for the variable components of the cutting forces that result from the action of various perturbing influences on the cutting process. Therefore, their efficiency largely de-

termines the accuracy, processing capacity and efficiency of modern machine tools. The purpose of this work is to investigate the possibility of increasing the effectiveness of cutting force control during turning by expanding the frequency range of effective work by creating an additional control loop using a high-speed actuator. *Materials and methods*. The solution of the problems of work was achieved by the method of mathematical modeling of the operation of local circuits and the entire system on the basis of theoretical and experimental models of the elements of the system and the control object with stepwise deterministic and stochastic driving and disturbing influences. *Results.* The mathematical models of a high-speed actuating mechanism based on a piezoelectric actuator are constructed, the process of cutting as a control object along a channel: longitudinal feeding is the cutting force, the possibility of parallel operation of two control loops for one input control parameter of the control object is investigated, The control system and the proposed dual-loop control system. *Conclusions.* The results of the simulation of the initial control system and the proposed two-loop system showed the possibility of two circuits operating for one control action by limiting the high-frequency control action in amplitude and with the decoupling of the circuits in frequency based on the features of the frequency characteristics of the initial system, using as an actuator the electric motor and the high-speed actuator Based on a piezoelectric actuator, as well as high-frequency phi In the additional control loop.

Key words: turning process, adaptive systems, mathematical modeling, dynamic properties, thin-film piezo actuator, frequency isolation of the control loops.

Введение

В настоящее время основными направлениями развития механической обработки являются повышение точности, производительности, снижение стоимости обработки, что достигается путем применения оборудования высокой жесткости и с высокой точностью основных узлов, выбора оптимальных режимных параметров, применения адаптивных систем управления.

Станки с системами адаптивного управления, выполненными в виде надстройки над ЧПУ, находят все большее применение в мировой практике. В качестве примера можно привести системы типа ACM OMATIVE, работающие с CNC SINUMERIK на станках от фирмы DMG MORI.

Объясняется это тем, что сами системы ЧПУ, повышение точности изготовления и жесткости механических систем станков повышают точность обработки, но не снимают вопросов деформации элементов упругой системы станка под действием сил резания. Для обеспечения требований по точности приходится снижать режимы резания, что приводит к снижению производительности и эффективности применения современных дорогостоящих станков с ЧПУ и обрабатывающих центров.

Влияние номинальных сил резания, являющихся постоянными в процессе резания, может быть учтено при разработке режимов и управляющих программ. Единственным же путем обработки изделий при действии таких возмущающих воздействий, как изменение припуска, характеристик материала заготовки, износа инструмента (приводящих к переменным составляющим сил резания), с заданной точностью без снижения производительности является компенсация возмущений, приводящих к деформациям упругих систем станков с помощью адаптивных систем управления.

Однако и адаптивные системы управления имеют ограниченные возможности, что связано с динамическими характеристиками станков как объектов управления, элементов систем управления, а также с дисперсиями и спектрами возмущающих воздействий. К настоящему времени проведены обширные работы по моделированию систем управления силой резания путем изменения продольной подачи [1–3]. Данные системы должны путем изменения величины подачи при отклонении припуска поддерживать постоянную площадь срезаемой стружки, а при изменении характеристик материала заготовки, износе инструмента подбирать такое новое сечение срезаемой стружки, чтобы сила резания была постоянной, и тем самым исключить дополнительные деформации элементов упругих систем заготовки и режущего инструмента, поддерживая постоянное положение режущей кромки инструмента относительно обрабатываемого изделия и исключая появление новых погрешностей по названным входным факторам.

Часто в данных системах в качестве исполнительных механизмов используются электрические двигатели продольных и поперечных подач, что вследствие их инерционности ограничивает быстродействие систем и не позволяет отрабатывать весь спектр возмущающих воздействий. При этом высокочастотные возмущения приводят к погрешностям в обрабатываемых изделиях, снижая их качественные показатели. Для поддерживания погрешностей обработки в допустимых пределах также приходится снижать режимы резания, что не позволяет использовать дорогостоящее оборудование на полную мощность.

Поэтому продолжает оставаться актуальным вопрос поиска путей повышения эффективности адаптивных систем. В работе [1] рассмотрена каскадная система управления силой резания, что позволило повысить быстродействие системы управления и расширить частотный диапазон эффективной работы системы [4]. Но полученные результаты остаются на уровне, не удовлетворяющем современным требованиям.

Возможным путем повышения быстродействия является разработка систем управления с использованием новых быстродействующих исполнительных механизмов. Примерами, подтверждающими возможность повышения быстродействия систем управления, являются системы, разработанные «Cedrat Technologies», построенные на основе пьезоэлектрических элементов. Эскиз конструкции такого исполнительного механизма приведен на рис. 1 [5].

Принцип действия исполнительного механизма в данной системе основан на явлении обратного пьезоэффекта – возникновение механических напряжений и упругих деформаций в пьезоэлектрических материалах при приложении к ним электрического напряжения. Следует отметить, что пьезоэлектрические двигатели имеют значительно меньшие габариты и массу по сравнению с аналогичными по силовым характеристикам электромагнитными двигателями и обладают более высоким быстродействием и ресурсом работы. Однако имеется ряд недостатков: пакетные пьезоэлементы из керамики могут утратить работоспособность при приложении внешнего поля с напряженностью выше критической в направлении, противоположном вектору

предварительной поляризации, требуют большого электрического напряжения питания до 600 В, способны точно возвращаться в нулевую точку только при применении системы управления с активной обратной связью [6].

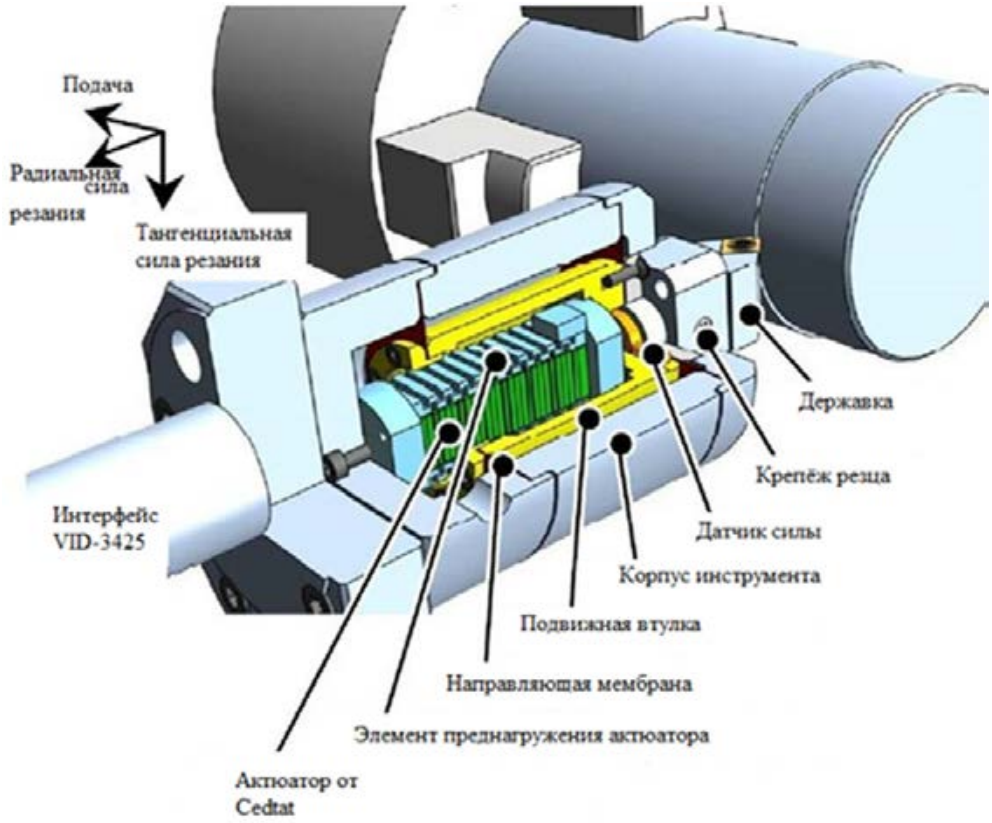


Рис. 1. Эскиз конструкции исполнительного механизма системы активного контроля вибраций от «Cedrat Technologies»

В настоящее время разработаны тонкопленочные многослойные актюаторы, состоящие из чередующихся тонких слоев пьезокерамики и электродов. При толщине керамического слоя в 20–100 мкм такие актюаторы требуют меньшего электрического напряжения, чем пакетные актюаторы того же размера (обычно не более 100 В), при этом они способны развивать значительные усилия пропорционально площади сечения (до 1000 Н на 2×2 мм^2) [6].

Однако применение пьезоэлектрических исполнительных механизмов для управления процессами резания ограничено малыми достижимыми перемещениями. Применяемый в данной работе элемент имеет максимальную величину удлинения 60 мкм, что существенно ограничивает длину обработки и делает разработку системы управления силой резания невозможной.

В работе [7] описаны системы управления процессами резания, построенные с использованием исполнительных механизмов микроперемещений. Они строились путем установки дополнительных двигателей на суппорты станков и позволяли осуществлять перемещения режущего инструмента от-

носительно перемещения суппорта приводами продольной или поперечной подачи. Поэтому возможным вариантом построения системы является установка дополнительно к двигателю продольной подачи пьезоэлектрического исполнительного механизма непосредственно на суппорт с жестким присоединением к нему с помощью специальной оснастки токарного резца, что позволит оказывать высокочастотное управляющее воздействие по отношению к движению продольной подачи по всей длине заготовки.

Но при этом возникают новые проблемы. Это прежде всего проблема работы двух исполнительных механизмов на одно управляющее воздействие объекта управления, в данном случае – на продольную подачу. Получается параллельная работа двух систем управления на одно и то же управляющее воздействие, т.е. полная взаимосвязь двух систем, при которой управляющее воздействие одной системы будет являться возмущением для другой системы.

Однако если учесть возможность работы одной системы в низкочастотном диапазоне, а другой – в высокочастотном диапазоне возмущающих воздействий, то оказывается, что имеются предпосылки для уменьшения такой взаимосвязи и развязки систем управления. Первая предпосылка – система управления с электрическим двигателем в качестве исполнительного механизма вследствие наличия инерционности имеет ниспадающую частотную характеристику. Система управления с пьезоэлектрическим исполнительным механизмом, наоборот, имеет возрастающую амплитудную частотную характеристику. Согласование этих характеристик позволит развязать по частоте работу двух систем управления и добиться работоспособности всей системы. При недостаточном согласовании характеристик можно попытаться уменьшить взаимосвязь систем с помощью дополнительных низкочастотного и высокочастотного фильтров. Кроме того, развязке систем способствует то, что пьезоэлектрический элемент увеличивает формируемое силовое воздействие при повышении частоты управляющего напряжения.

Целью данной работы является проверка гипотезы возможности расширения частотного диапазона эффективной работы системы управления процессом токарной обработки путем согласования совместной работы низкочастотного и высокочастотного контуров системы на один управляющий параметр процесса резания с разнесением их диапазонов работы по частоте.

На рис. 2 представлена функциональная схема возможной двухконтурной системы управления силой резания при токарной обработке, где обозначено: *1* – передняя бабка с передним центром; *2* – задняя бабка с задним центром; *3* – обрабатываемый вал; *4* – суппорт; *5* – токарный резец. Система включает два контура управления.

Первый низкочастотный контур включает датчик силы резания Pz, аналого-цифровой преобразователь АЦП1, элемент сравнения ЭС1, управляющее устройство, реализующее ПИД-закон регулирования Рег1, цифро-аналоговый преобразователь ЦАП1, электронный усилитель ЭУ, электрический двигатель продольной подачи ЭД, редуктор Ред, шарико-винтовую пару ШВП, объект управления как процесс резания по каналу: продольная подача-сила резания.

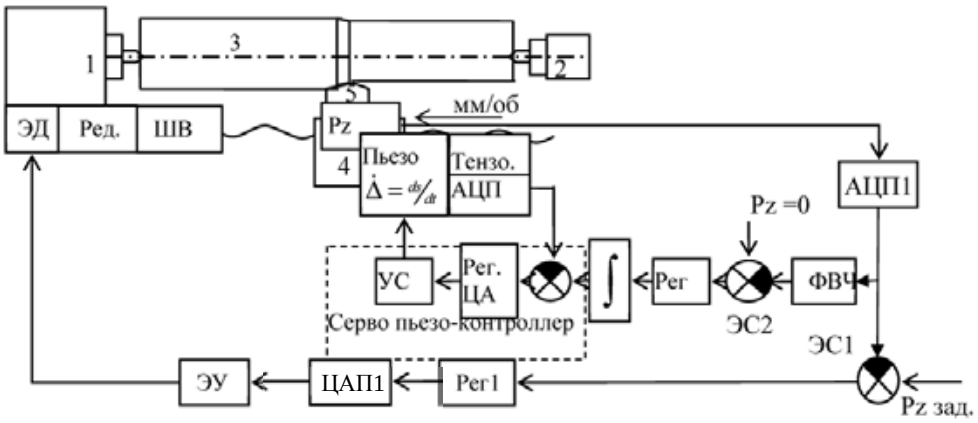


Рис. 2. Функциональная схема двухконтурной системы управления по каналу «продольная подача – сила резания»

Второй высокочастотный контур включает датчик силы резания Pz, аналого-цифровой преобразователь АЦП1, высокочастотный фильтр ФВЧ, элемент сравнения ЭС2, управляющее устройство, реализующее ПИД-закон регулирования, Рег 2, сервопьезопривод, включающий тонкопленочный пьезоактиатор, датчик обратной связи (тензометрический датчик перемещения), внутренний контроллер, формирующий закон управления перемещением рабочего торца пьезоэлемента в зависимости от входного напряжения, объект управления как процесс резания по каналу: продольная подача-сила резания.

Построение математической модели пьезоактюатора и объекта управления

В данной работе в качестве быстродействующего исполнительного механизма применен тонкопленочный пьезоэлектрический микроактюатор, моделирование которого представлено в работе [8]. Технические характеристики многослойного пьезоактюатора типа АПМ приведены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики многослойного пьезоактюатора типа АПМ

Наименование характеристики	Обозначение	Величина
Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	$L \times h \times d$	$70 \times 7{,}4 \times 7{,}2$
Площадь сечения, м^2	S_0	$53{,}28 \cdot 10^{-6}$
Емкость электрическая, мкФ	C_0	11,7
Тангенс угла диэлектрических потерь	tgδ	0,02
Пьезомодуль, Кл/Н	d_{33}	$450 \cdot 10^{-12}$
Модуль Юнга, Н/м^2	Y_{33}	$10 \cdot 10^{10}$
Плотность, кг/м^3	ρ	7800

В качестве базовой принята математическая модель пьезоэлектрического исполнительного механизма пакетного типа. Структурная схема модели приведена на рис. 3. Такая модель применима и к тонкопленочным актюаторам с учетом некоторых особенностей [8]. При моделировании следует

учесть высокую электрическую емкость актюатора, которая увеличивает электростатическую постоянную времени $T_э$, которая превышает постоянную времени самого пьезодвигателя. Также необходим учет влияния силы резания, возникающей в процессе токарной обработки и ограничивающей перемещение управляющего органа исполнительного механизма.

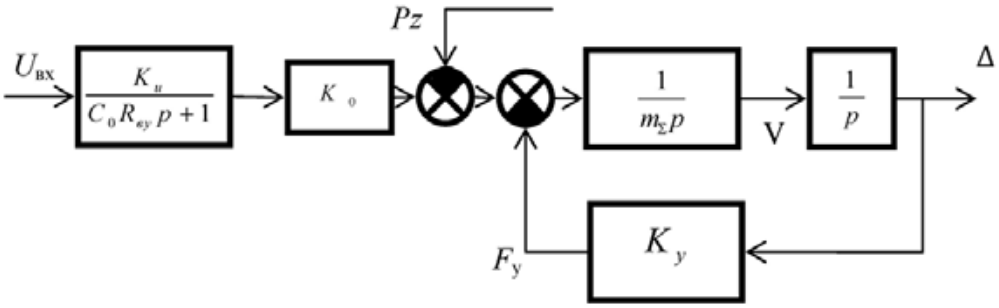


Рис. 3. Математическая модель многослойного пьезоэлектрического микроактюатора: $U_{вх}$ – входное напряжение; K_u – коэффициент усиления; p – оператор Лапласа; $R_{ву}$ – входное сопротивление усилителя; K_0 – коэффициент обратного пьезоэффекта; m – эффективная масса; V – линейная скорость перемещения; Δ – линейное перемещение; K_y – коэффициент упругости; F_y – сила упругости; F_c – сила резания в осевом направлении пьезопривода

Определение оценок параметров математической модели тонкопленочного пьезоэлектрического микроактюатора (см. рис. 3) произведено на основании паспортных данных актюатора (см. табл. 1).

Коэффициент передачи устройства управления (пьезосервоконтроллера) $K_u = 140$.

Электростатическая постоянная времени

$$T_э = C_0 R_{ву} = 0,0012 \text{ с.}$$

Коэффициент упругости

$$K_y = \frac{S_0 Y_{33}}{L} = \frac{53,28 \cdot 10^{-6} \cdot 10^{11}}{70 \cdot 10^{-3}} = 76,1 \cdot 10^6 \text{ Н/м.}$$

Коэффициент обратного пьезоэффекта

$$K_0 = K_y \cdot d_{33} = 76,1 \cdot 10^6 \cdot 450 \cdot 10^{-12} = 38,4 \cdot 10^{-3} \text{ Кл/м.}$$

Эффективная масса: $m_\Sigma = m_0 + 0,382m = 0,125$ кг, где $m_0 = 0,114$ кг – масса присоединенных к актюатору элементов, масса самого пьезоэлемента:

$$m = S_0 l_0 p = 53,28 \cdot 10^{-6} \cdot 70 \cdot 10^{-3} \cdot 7800 = 2,88 \cdot 10^{-2} \text{ кг.}$$

На рис. 4 представлена структурная схема микроактюатора, построенная в среде имитационного моделирования Simulink пакета MATLAB, с учетом силового воздействия процесса резания, показанного штриховой стрелкой.

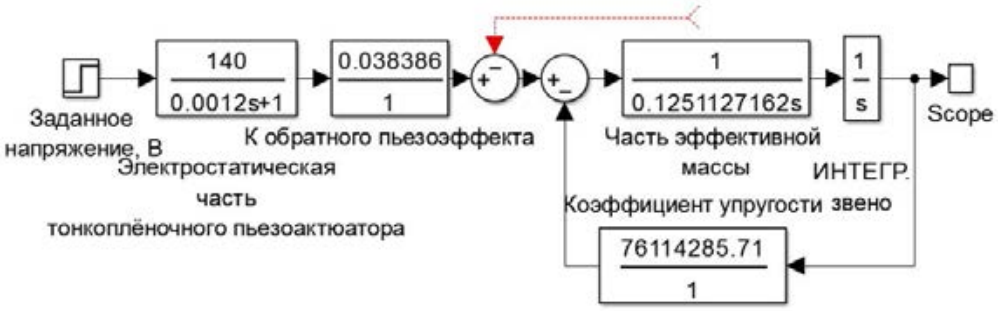


Рис. 4. Математическая модель многослойного пьезоэлектрического микроактюатора в Simulink

Моделирование работы микроактюатора при использовании метода ode4 (Runge – Kutta) с шагом 0,00005 с показало, что характер переходного процесса разомкнутого пьезопривода (рис. 5) соответствует экспериментальным данным, полученным в [8].

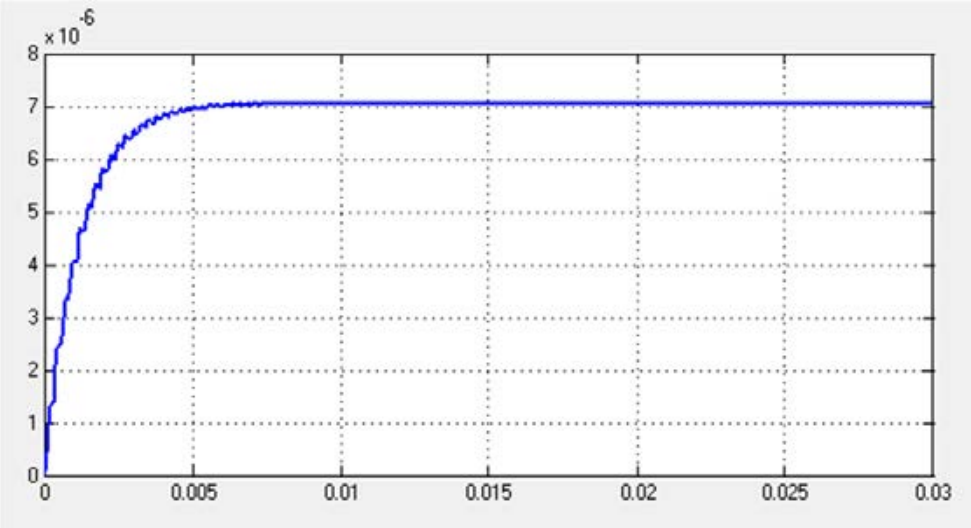


Рис. 5. Переходной процесс при заданном напряжении 100 В

На рис. 6 представлены структурная схема математической модели данного пьезоактюатора с регулятором положения, включающим тензосопротивление, как датчик положения, и пьезосервоконтроллер со встроенным управляющим устройством – ПИД регулятором. Моделирование работы пьезоактюатора с контуром управления пьезоприводом показало их принципиальную работоспособность. На рис. 6 также приведены переходные процессы на ступенчатые изменения по заданию при t = 0 с и ступенчатое возмущение по силе 10 Н при t = 0,015 с.

Полученные показатели переходного процесса являются достаточными для использования математической модели пьезоактюатора при исследовании предлагаемой системы управления.

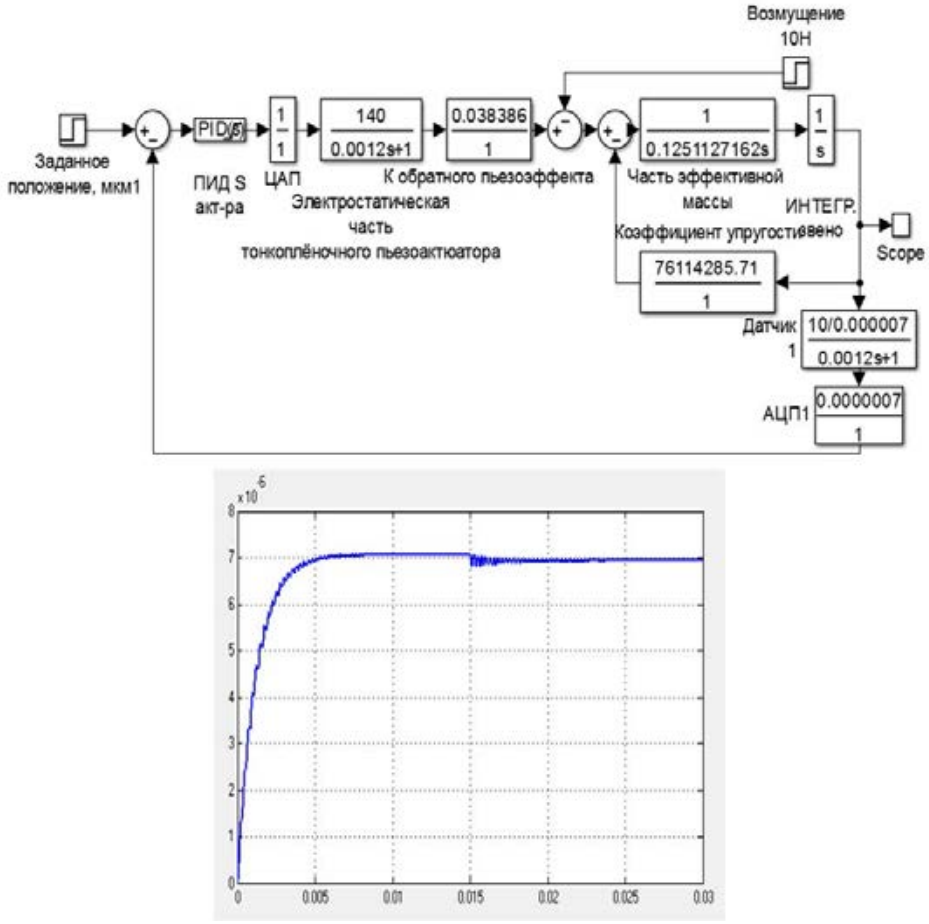


Рис. 6. Расширенная математическая модель пьезоактюатора (сверху)
и переходной процесс при заданном напряжении и возмущении

Математическая модель объекта управления получена путем аппроксимации переходного процесса по силе резания, снятого при врезании токарного отогнутого проходного резца (табл. 2) в заготовку – вал Сталь 45 при t = 0,5 мм, s = 0,35 мм/об, n = 500 об/мин.

Таблица 2

Характеристики токарного отогнутого проходного резца

Характеристика	Значение
Материал пластины	Т5К10
Передний угол γ	10°
Главный задний угол α	7°
Угол заострения β	73°
Угол резания δ	80°
Главный угол в плане φ	93°
Вспомогательный угол в плане φ_1	7°
Угол при вершине ε	80°
Угол наклона главной режущей кромки λ	3–5°

Параметрическая идентификация модели произведена путем решения задачи нелинейного программирования в Excel, алгоритм которой вызывается командой «Поиск решения». Фрагмент программы построения ММ ОУ приведен на рис. 7. Полученная передаточная функция объекта управления по каналу продольная подача – сила резания имеет вид

$$W(p)=\frac{364{,}9}{0{,}47p+1}\left[\frac{\text{Н}\cdot\text{об}}{\text{мм}}\right].$$

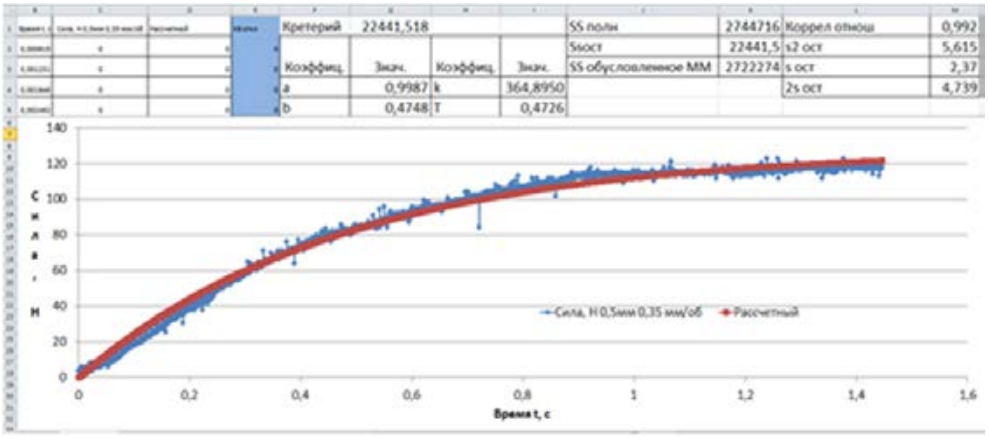


Рис. 7. Фрагмент программы идентификации модели процесса резания

Математические модели элементов двухконтурной системы управления АЦП, ЦАП, датчика силы резания, электродвигателя и других определены по паспортным данным и приведены на структурной схеме (рис. 8).

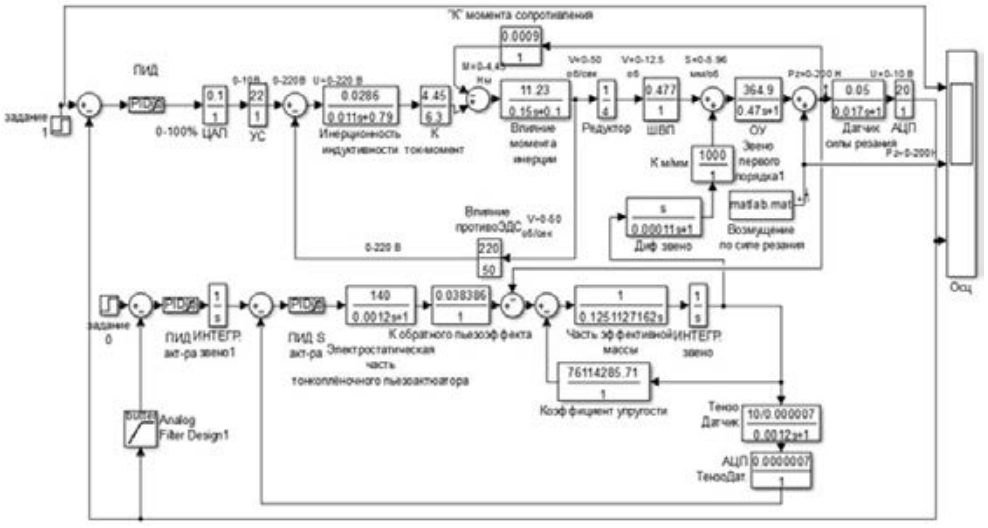


Рис. 8. Структурная схема системы управления в Simulink

Этапы исследования двухконтурной системы управления силой резания по продольной подаче при токарной обработке

С целью анализа работоспособности и определения показателей эффективности разрабатываемой системы управления определен следующий порядок моделирования:

1) настройка ПИД регулятора для контура с двигателем постоянного тока (1 контур), при этом высокочастотный канал управления отключен;

2) определение АЧХ контура с двигателем постоянного тока при отключенном высокочастотном канале (точки входа и выхода, находящиеся на входе и выходе сумматора после объекта управления, показаны на рис. 8);

3) моделирование работы контура с двигателем постоянного тока при подаче случайного возмущающего воздействия из файла matlab.mat;

4) настройка высокочастотного фильтра согласно полученным в п. 2 данным;

5) настройка каскада ПИД регуляторов (начиная с внутреннего) для контура (2 контур) с тонкопленочным пьезоэлектрическим микроактюатором, при этом низкочастотный канал управления с двигателем постоянного тока отключен;

6) определение АЧХ контура с тонкопленочным пьезоэлектрическим микроактюатором при отключенном низкочастотном канале (точки входа и выхода см. п. 2);

7) моделирование работы контура с тонкопленочным пьезоэлектрическим микроактюатором с подачей случайного возмущающего сигнала из файла matlab.mat;

8) моделирование полностью замкнутой системы (см. рис. 8) при случайном возмущении;

9) моделирование полностью замкнутой системы (см. рис. 8) при задании по силе резания в 127,7 Н (среднее значение полученной экспериментально силы резания) и с подачей возмущающего сигнала из файла matlab.mat;

10) определение АЧХ полностью замкнутой системы (см. рис. 8);

11) анализ полученных данных.

При математическом моделировании методом моделирования ode4 (Runge-Kutta) с шагом 0,00005 с использовались ступенчатые задающие и возмущающие воздействия и экспериментальный временной ряд стохастического возмущающего воздействия, полученный при токарной обработке заготовки типа вал, который применялся в процессе экспериментального получения математической модели объекта управления по управляющему воздействию.

Настройка ПИД регуляторов проводилась в диалоговом режиме с помощью функции PID Tuner. Тип регуляторов – непрерывный, ограничение регулятора по управляющему воздействию ±100 % для двигателя постоянного тока и внешнего каскада пьезоактюатора; +100 % для внутреннего каскада пьезоактюатора, метод защиты от интегрального насыщения – Clamping с учетом ограничений при линеаризации и настройке. Результаты настройки ПИД регулятора и кривая переходного процесса двигателя постоянного тока представлены на рис. 9.

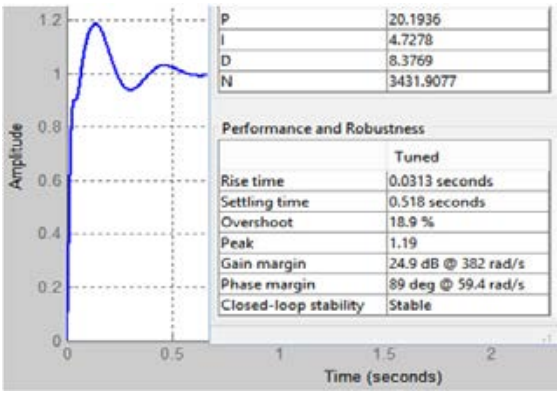


Рис. 9. Параметры настройки ПИД регулятора для 1-го контура

АЧХ контура по возмущающему воздействию для оценки частотного диапазона эффективной работы контура определялась в Simulink пакета Control Design, вкладка Linear Analysis. Вид АЧХ по возмущению 1-го контура представлен на рис. 10.

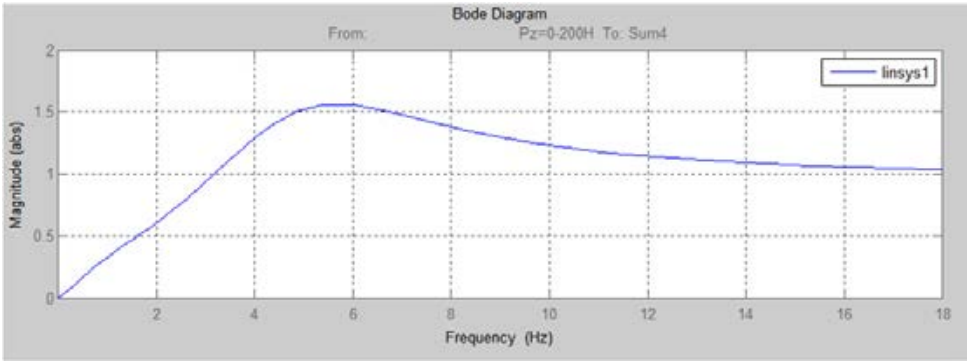


Рис. 10. АЧХ по возмущению для 1-го контура

Результаты моделирования работы контура с двигателем постоянного тока для оценки его эффективности при стохастическом возмущении по силе резания представлены на рис. 11.

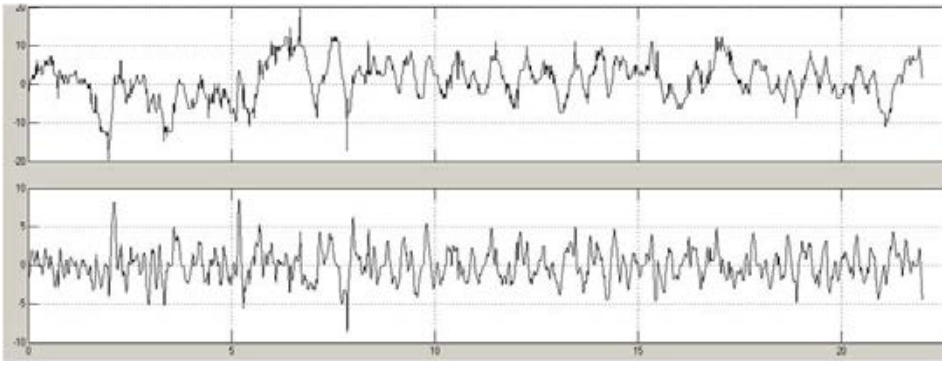


Рис. 11. Временной ряд возмущения (верхний рисунок) и выход 1-го контура постоянного тока при стохастическом возмущающем воздействии (нижний рисунок). По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – сила резания, Н

На основании АЧХ контура с электродвигателем постоянного тока определены параметры фильтра высоких частот Баттерворта 3-го порядка с частотой среза 25 рад/с.

Параметры ПИД регуляторов и кривые переходных процессов пьезоактюатора и высокочастотного контура представлены на рис. 12.

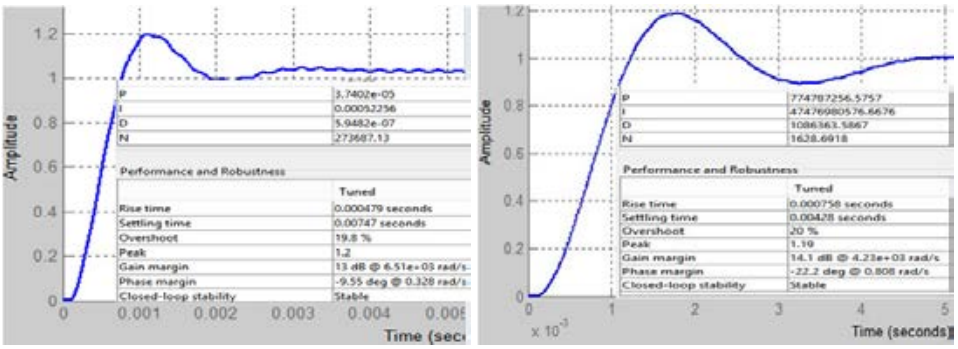


Рис. 12. Параметры ПИД регулятора пьезоактюатора (сверху)
и высокочастотного контура (снизу)

АЧХ по возмущению контура 2 представлена на рис. 13.

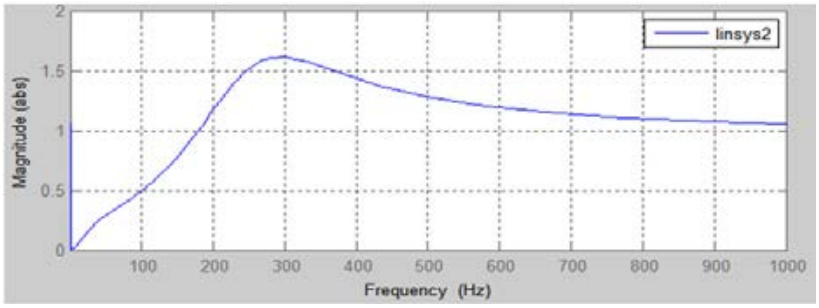


Рис. 13. АЧХ по возмущению для контура с пьезоактюатором

Результаты моделирования работы второго контура с пьезоактюатором при стохастическом возмущении по силе резания представлены на рис. 14.

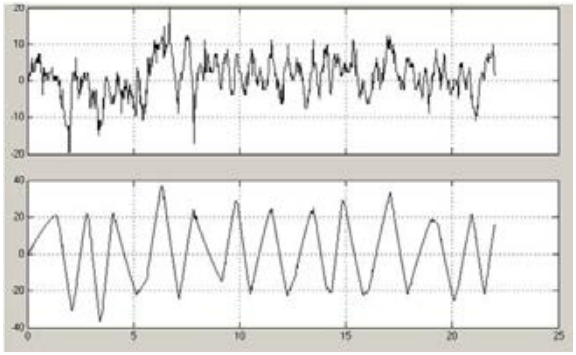


Рис. 14. Сигнал возмущения (сверху) и выход контура управления с пьезоактюатором при задании $P = 0$. По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – сила резания, Н

Результаты моделирования двухконтурной системы при стохастическом возмущении по силе резания представлены на рис. 15.

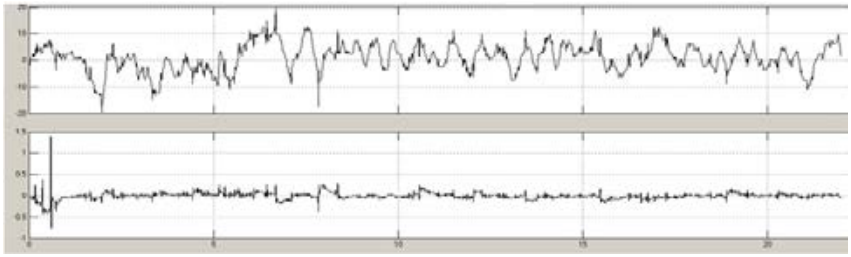


Рис. 15. Сигнал возмущения (сверху) и выход замкнутой системы управления при стохастическом возмущении. По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – сила резания, Н

Результаты моделирования полностью замкнутой системы управления при ступенчатом задании 127,7 Н (номинальное значение силы резания) и стохастическом возмущении представлены на рис. 16.

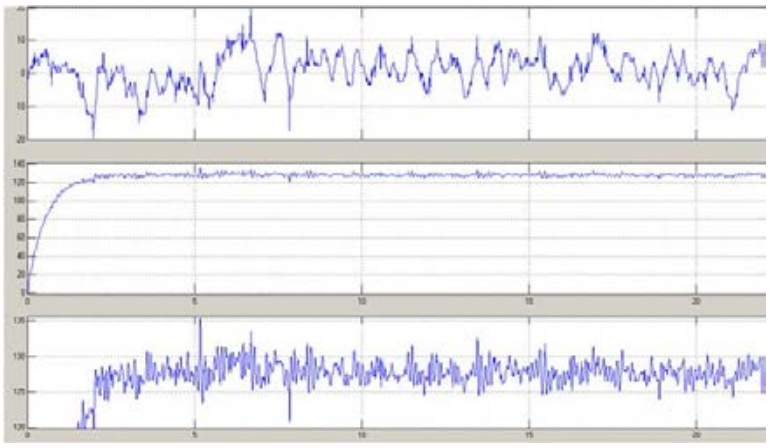


Рис. 16. Сигнал возмущения (сверху) и выход замкнутой системы управления при задании P = 127,7 Н (номинальное значение силы резания) и стохастическом возмущении. По оси абсцисс – время, с; по оси ординат – сила резания, Н

АЧХ двухконтурной системы управления по возмущению представлена на рис. 17.

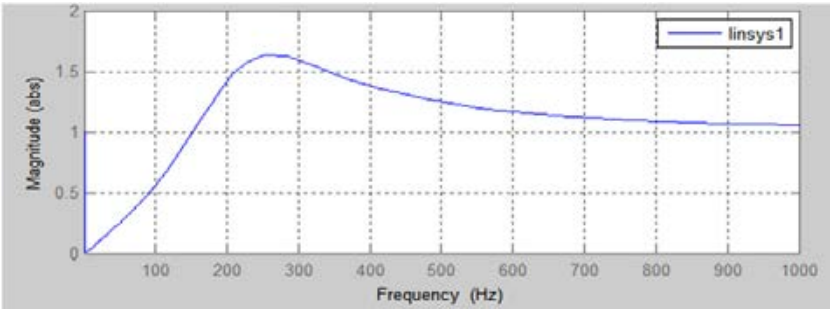


Рис. 17. АЧХ по возмущению для двухконтурной системы управления

Анализ результатов моделирования

Проведенный анализ результатов моделирования системы управления позволил выявить следующее.

Полученная структура системы управления позволяет проводить настройку ПИД регуляторов с обеспечением устойчивости по замкнутому контуру. При этом качество переходных процессов удовлетворяет общим требованиям: перерегулирование – не более 20 %; количество колебаний – от 1,5 до 2.

АЧХ контура управления с электрическим двигателем постоянного тока в качестве исполнительного механизма показывает, что диапазон эффективной работы данного контура находится в пределах $f_{нч}$ = 0–3,6 Гц. В диапазоне $f_{сч}$ = 3,7–18 Гц возмущения усиливаются системой. Свыше $f_{нч}$ = 18 Гц система не оказывает никакого влияния на возмущения.

Моделирование данного контура показало, что выходной диапазон силы резания сузился с ±15 до ±5 Н, что показывает эффективность данного контура. Однако она является недостаточной при наличии более широкого частотного спектра возмущений по силе резания [1]. Это также говорит об имеющихся дополнительных возможностях по повышению точности управления.

Контур управления с тонкопленочным пьезоэлектрическим микроактюатором имеет частотный диапазон эффективной работы системы до 180 Гц. Однако последующее моделирование только данного контура системы управления показало увеличение диапазона колебаний регулируемой силы резания до ±40Н, что может быть вызвано интегральным насыщением на выходе регулятора, обусловленным ограниченным диапазоном рабочих перемещений исполнительного механизма данного контура.

Моделирование двухконтурной системы управления при стохастическом возмущении показало более высокую эффективность, чем каждый контур по отдельности. Диапазон колебаний силы резания сужается до ±0,5 Н, что на порядок меньше, чем для системы с двигателем постоянного тока. Эффективный частотный диапазон работы системы управления по АЧХ сужается до 150 Гц по сравнению с диапазоном эффективной работы контура с пьезоэлементом, что может быть связано с оставшимся взаимным влиянием двух контуров управления.

Моделирование двухконтурной системы управления с заданием по силе резания 127,7 Н показывает отсутствие перерегулирования при врезании, что может быть обусловлено быстродействующим контуром, который успевает отрабатывать данное отклонение от заданного значения. Отклонения силы резания относительно среднего составляют от –2,7 до 4,2 Н, что больше, чем при стохастическом возмущении. Это может быть связано с остаточными взаимными возмущениями двух контуров управления и наличием интегрального насыщения контура с пьезоэлементом.

Результаты показывают, что эффективность разработанной двухконтурной системы управления существенно выше эффективности отдельного

контура с электродвигателем. Результат данной работы превосходит результаты, представленные в работе [1] для каскадных систем, по диапазону эффективной работы из АЧХ (150 Гц против 5,6 Гц) и по ширине коридора колебаний силы резания (6,9 Н против 8 Н).

Заключение

В работе методом компьютерного моделирования показана принципиальная возможность работы двух контуров на одно управляющее воздействие путем ограничения высокочастотного управляющего воздействия по амплитуде и развязки контуров по частоте и расширения частотного диапазона эффективной работы системы управления силой резания путем применения дополнительного быстродействующего исполнительного механизма.

Библиографический список

1. Мостовой, В. Д. Уменьшение дисперсии ошибки системы управления силой резания путем повышения быстродействия управления / В. Д. Мостовой // Актуальные проблемы автоматизации и управления в технических и организационных системах : сб. тр. Междунар. науч. конф. – Саратов : Амирит, 2016. – С. 130–138.
2. Кравченко, С. А. Обеспечение точности автоматизированной системы управления продольным профилем нежестких валов при токарной обработке путем повышения эффективности обратной связи / С. А. Кравченко. – Саратов : Типография СГТУ, 2013. – С. 179.
3. Набилкин, А. Ю. Автоматизированная двушкальная каскадная система управления продольным профилем нежестких валов при токарной обработке : дис. … канд. техн. наук / Набилкин А. Ю. – Саратов : Типография СГТУ, 2013. – С. 188.
4. Бирюков, В. П. Создание условий эффективной работы обратной связи систем управления / В. П. Бирюков, В. В. Сотников ; Саратовский гос. техн. ун-т. – Саратов, 2012. – 272 с.
5. Harms, A. Tool adaptor for active vibration control in turning operations / A. Harms, B. Denkena, N. Lhermet // ACTUATOR 2004, 9th International Conference on New Actuators (14–16 June 2004). – Bremen, Germany, 2004. – С. 694–697.
6. Бобцов, А. А. Исполнительные устройства и системы для микроперемещений : учеб. пособие / А. А. Бобцов. – СПб. : ИТМО, 2011. – С. 131.
7. Балакшин, Б. С. Адаптивное управление станками / Б. С. Балакшин, Б. М. Базаров, И. М. Баранчукова ; под ред. проф. Б. С. Балакшина. – М. : Машиностроение, 1973. – С. 687.
8. Бойков, В. И. Пьезопривод на основе тонкопленочных пьезоактюаторов / В. И. Бойков // Известия вузов. Приборостроение. – 2009. – Т. 52, № 11. – С. 84–87.

Мостовой Владимир Дмитриевич
аспирант,
Саратовский государственный
технический университет
им. Гагарина Ю. А.
E-mail: mvd-bkp@mail.ru

Mostovoy Vladimir Dmitryevich
postgraduate student,
Saratov State Technical University
named after Y. A. Gagarin

Бирюков Владимир Петрович
доктор технических наук, профессор,
кафедра атомной энергетики,
Балаковский инженерно-технологический
институт
E-mail: bvp-bittu@mail.ru

Biryukov Vladimir Petrovich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of atomic energetics,
Balakovo Institute of Engineering
and Technology

УДК 681.514
Мостовой, В. Д.

Моделирование и обоснование эффективности двухконтурной системы управления процессом токарной обработки с использованием быстродействующего исполнительного механизма / В. Д. Мостовой, В. П. Бирюков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 205–221.

УДК 681.31

МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЯМИ ПЕТРИ КОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ TIME-TRIGGERED ETHERNET

К. И. Никишин, Н. Н. Коннов

MODELLING OF COMMUNICATION HARDWARE TIME-TRIGGERED ETHERNET USING COLORED PETRI NETS

K. I. Nikishin, N. N. Konnov

Аннотация. *Актуальность и цели*. Современная тенденция развития автоматических систем управления предполагает использование технологии Ethernet для передачи трафика реального времени (изохронного). Гарантированная доставка информации жесткого реального времени с точностью до микросекунды обеспечивается технологией Time-Triggered Ethernet (TTE). Цель данного исследования – моделирование телекоммуникационного оборудования, реализующего технологию TTE, которая состоит из компонентов, приближенных к реальности. *Материалы и методы*. Реализация задач была достигнута за счет использования математического аппарата иерархических временных цветных сетей Петри. Для построения моделей на основе сетей Петри использовался пакет CPN Tools. *Результаты*. В работе подробно описаны модели кадра TTE и основные компоненты TTE (защитник системы, очереди, полоса пропускания канала, входной/выходной порты коммутатора и др). Модель TTE позволяет изучить передачу в сети регулярного и эластичного трафика. *Выводы*. Моделирование TTE позволяет изучить саму технологию, наглядно увидеть передачу трафика реального времени и эластичного в модели, изучить работу защитника системы в случае передачи кадра реального времени. Кроме того, модель будет полезна при разработке новых компонентов, усовершенствований технологии TTE.

Ключевые слова: Time-Triggered Ethernet, защитник, кадр реального времени, окно приема кадра, сети Петри.

Abstract. *Background*. The current trend of the development of automatic control systems involves the use of Ethernet technology to transmit the real-time traffic (isochronous). Guaranteed transmission of hard real-time information with precision of microseconds is provided by the technology Time-Triggered Ethernet (TTE). The purpose of this study is modelling of telecommunication hardware, implements technology of TTE, which consists of components that are close to reality. *Materials and methods*. The implementation of the research objective was achieved by the use of mathematical apparatus of hierarchical time colored Petri nets. The package CPN Tools was used for developing models based on Petri nets. *Results*. In detail the article describes the model of frame of TTE and basic TTE components (guardian of the system, queues, channel bandwidth, input/output ports of the switch, etc.). TTE model allows the study of transmission of regular and stochastic traffic in the network. *Conclusions*. Modelling Time-Triggered Ethernet allows to explore the technology, to visualize the transmission of frames of real and stochastic traffic in the model, to study the guardian of the model in the case of transmission real-time frame.

Additionally, the model will be useful in developing new components, improvements of Time-Triggered Ethernet.

Key words: Time-Triggered Ethernet, guardian, real-time frame, acceptance window frame; Petri nets.

Введение

На сегодняшний момент Ethernet является подавляющей сетевой технологией для локальных сетей LAN. Постоянно растут новые требования к работе коммуникационных протоколов, накладывая тем самым новые ограничения и адаптации к Ethernet для критически важных приложений. Сегодня существуют различные вариации Ethernet, такие как Ethernet Powerlink, ProfiNet, Ethernet IP в промышленности, ARINC 664-p7 для аэрокосмических приложений. Но все эти вариации Ethernet объединяет центральное понятие качества обслуживания QoS (Quality of Service).

Time-Triggered Ethernet (TTE) является продолжением и вариацией развития Ethernet и основывается на парадигме коммуникации срабатывания по времени [1]. Таким образом, TTE используется в критически безотказных системах и системах со смешенным типом критичности [2–3].

В статье рассматривается модель TTE, обрабатывающая трафик двух типов: регулярный и эластичный. Выбор данных типов трафика неслучаен. Поскольку для передачи трафика реального времени используется период с соответствующим интервалом и необходимо вычислять задержку кадра через определенные временные интервалы в модели, то тип у данного трафика будет регулярный. Выбор эластичного трафика связан со стандартной передачей кадра в Ethernet, для данного типа трафика не столь важны понятия быстродействия и минимизации задержки кадра. Все основные компоненты модели приближены к реальным, к ним относятся защитник системы, очереди, полоса пропускания канала и др. Свободно распространяемый пакет CPN Tools был выбран в качестве инструмента имитационного моделирования, позволяющего исследовать различные аспекты поведения сложных телекоммуникационных систем и использующего математический аппарат иерархических временных цветных сетей Петри [4–5].

Основные положения Time-Triggered Ethernet

TTE стандартизован SAE. Стандарт SAE AS6802 [6–7] был разработан в 2010 г. TTE обеспечивает отказоустойчивость в распределенных конечных системах и коммутаторах. На сегодняшний день механизмы функционирования сетей TTE находят широкое применение в современных бортовых системах управления мобильными объектами (авиация, автомобили, спутники). Поэтому TTE стандартизирован объединением инженеров американской автомобильной индустрии SAE, поскольку затрагиваются вопросы разработки новых механизмов и повышения быстродействия в бортовых системах управления. Рассмотрим основные положения этого стандарта. TTE объединяет в себе два вида сообщений: сообщения, которые срабатывают по времени (TT-сообщение) или по событию (ET-сообщение). TT-сообщение жестко

синхронизировано по времени через глобальное время системы и определяется системой по идентификатору в сообщении. Кроме того, TT-сообщение должно обрабатываться с минимальной задержкой. Все эти признаки отличают TT-сообщение от ET-сообщения. ET-сообщение относится к эластичному трафику, который обрабатывается Ethernet.

Центральное положение в TTE занимает появление понятия периодических циклов, т.е. для каждого кадра реального времени создается свой виртуальный таймслот. Этот таймслот координируется через TDMA-раунды. TDMA-раунды работают в режиме множественного доступа с временным разделением (TDMA) [8–9]. Тем самым становится возможным вычислить задержку кадра (предсказуемая задержка) и снизить джиттер в системе.

Модель TTE поддерживает два вида трафика: реального времени и эластичный (стандартный). Важное место в TTE занимает синхронизация всех компонентов системы. Обмен кадров с параметрами синхронизации обеспечивается протоколом кадров управления (Protocol Control Frames PCF). Протокол кадров управления представляет собой многоступенчатый алгоритм, и в конечном итоге посылается сообщение о новой задержке всем клиентам и серверу. Вычисление самой задержки для синхронизации устройств осуществляется через функцию сжатия. Схематично работа протокола кадров управления представлена на рис. 1. В модели этот протокол не рассматривается и считается, что требуемая задержка известна коммутатору.

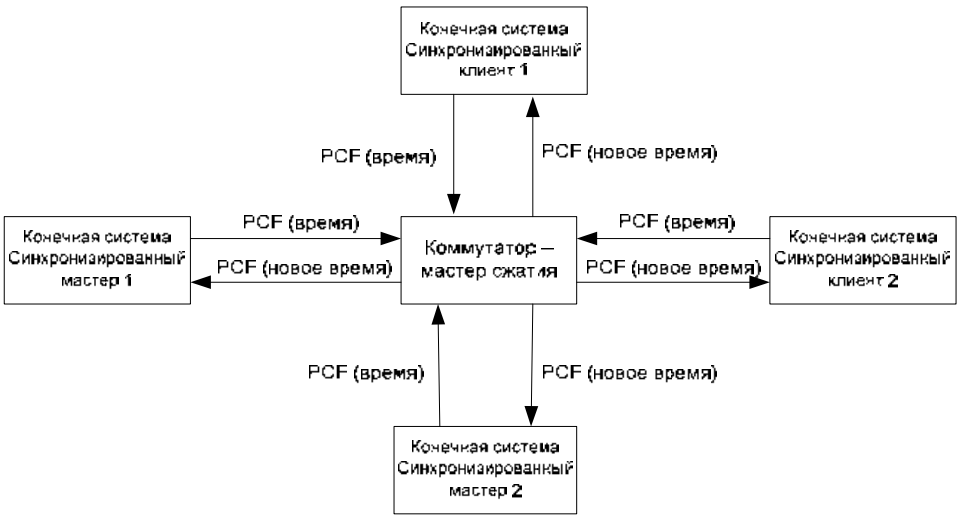


Рис. 1. Работа протокола кадров управления

TTE полностью поддерживает формат кадра Ethernet, стандартизованного в стандарте IEEE 802.3 [10–11]. Формат кадра Ethernet представлен на рис. 2. Формат кадра TTE немного отличается от стандартного формата, так как основывается на ARINC 664 [1]. В стандарте ARINC 664 используется небольшое изменение адреса назначения.

Данное поле разделяется на два параметра: 32-битное константное поле, которое позволяет определить трафик реального времени или эластичного

типа, и 16-битное поле – уникальный идентификатор виртуальной связи Virtual Link Identifier (VL ID). Коммутатор хранит идентификаторы VL ID в виде статической конфигурируемой таблицы. Соответственно, входной порт знает через статическую конфигурируемую таблицу, на какой выходной порт выдавать кадр. TTE основывается на формате ARINC 664.

Преамбула	Начальный ограничитель кадра	Адрес назначения	Адрес источника	Тип/ Длина	Данные	Контрольная сумма	Минимальный межкадровый интервал

Рис. 2. Формат кадра Ethernet

Все основные положения TTE использовались при разработке модели: определение двух типов сообщений по константному полю – TT-сообщение или ET-сообщение; учет в модели задержки для синхронизации устройств, которая определяется через протокол PCF; использован формат кадра, поддерживаемый по технологии TTE.

Модель Time-Triggered Ethernet на сетях Петри

Модель TTE состоит из следующих компонентов: подсеть чтения кадров из файла и восстановление кадров по времени «*Noise Traf*»; подсеть выборки кадра «*Dispatch frames*»; подсеть защитника системы «*Guard*»; подсеть буфера «*Buffer*»; подсеть классификатора кадров «*Classifier*»; подсети очередей «*Queue*»; подсеть обслуживания очередей «*scan*»; подсети полос пропускания канала «*band*»; подсеть выходного порта «*OutPort*». Верхний уровень иерархии модели TTE представлен на рис. 3 и состоит из частей, описанных выше. Подсети «*Classifier*», «*Queue*», «*scan*», «*band*» представлены в буфере модели TTE.

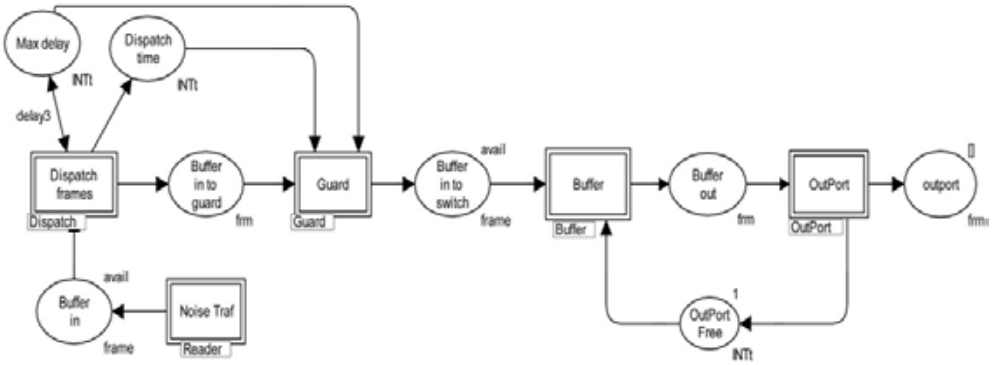


Рис. 3. Верхний уровень модели TTE

Цвет, представляющий кадр TTE, описывается следующим образом:

*colset frm = product INT*MAC*ConstFld*MAC*QoS *INT*INTt*INTt declare input_ms;*

В данном формате представлены следующие поля: номер кадра, адрес источника, константное поле, уникальный идентификатор кадра, тип QoS, длина кадра, входное и выходное время кадра. Определение кадра к типу реального времени или эластичному происходит за счет константного поля *ConstFld*. Если константное поле *ConstFld* = 7, то это кадр реального времени (TT-кадр), иначе это кадр эластичного типа (BE-кадр). Разнообразие цветов кадра *frm* позволяет обнаруживать и обрабатывать события, связанные с наличием или отсутствием кадра в модели за счет маркера передачи кадра либо за счет свободного состояния *avail*.

Подсеть чтения кадров согласно описанному выше формату TTE представлена на рис. 4. Чтение реализовано на переходе *Set Frame param* в сегменте кода. С помощью функции *val infile = TextIO.openIn («MWritefromTraffGenTTEthernet.txt»)* осуществляется открытие файла, который был получен монитором из модели генератора трафика. Все кадры отправляются строго по времени, на переходе конвертации времени *Convert* стоит задержка *@+(delay-delta)*, и далее кадр поступает в следующие подсети. Более подробно описание генератора трафика и описание подсети чтения кадров представлено в статье [12].

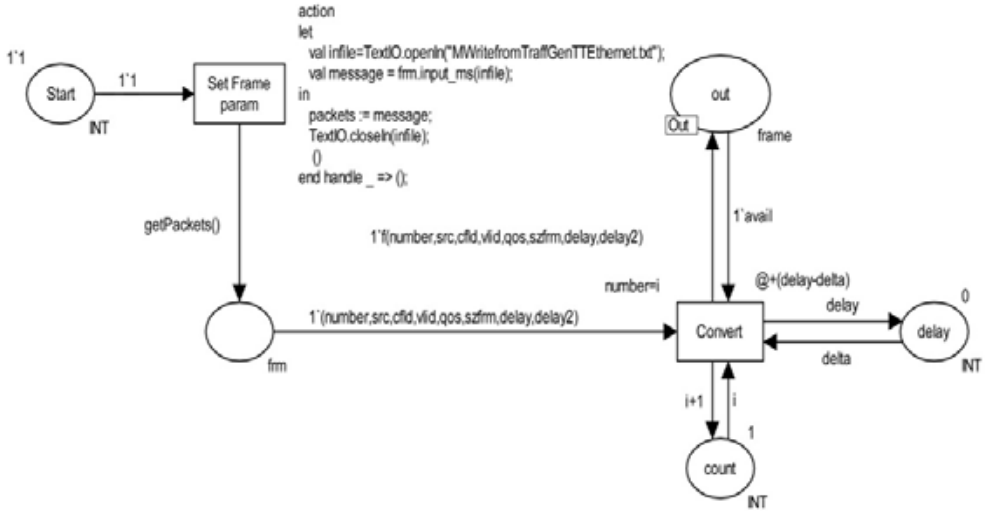


Рис. 4. Подсеть чтения кадров из файла

После этого кадр поступает в подсеть выборки. Данная подсеть показывает, что передача кадра от клиента собственно к коммутатору занимает некоторое время. Данная подсеть анализирует принятый кадр: кадр реального времени или эластичный кадр по полю *ConstFld = 7*. Передача кадра по модели представляется в виде маркера следующего вида: *f(number,src,cfld,vlid, qos,szfrm,delay,delay2)*; данное выражение соответствует описанию цвета *frm*.

В подсети выборки кадра определяется момент выбора TT-кадра. Тем самым на это уходит некоторое время, называемое *dispatch_time*. Здесь вычисляется также максимальная задержка. Поскольку в статье не

рассматривается моделирование протокола кадров управления, имитации синхронизации всех узлов, имитации клиент-серверного взаимодействия и вычисление новой задержки, расчитанной по старым значениям задержек от всех узлов TTE, то вычисляется абстрактная максимальная задержка через функцию *MaxTime*, предварительно записав в константы две задержки для расчета максимальной. Значение максимальной задержки хранится в позиции *Max delay*. Функция *MaxTime* описывается на языке CPN ML [13]:

fun MaxTime(time1,time2) = if time1>time2 then time1 else time2;

В случае если TT-кадр не укладывается в определенный интервал, данный кадр удаляется из сети. Подсеть выборки кадра представлена на рис. 5. В подсети «*Dispatch frames*» проверяется значение текущего времени *GetTime* с суммой выходного времени кадра (*delay2*) и максимальной задержки, определяемой через функцию *MaxTime (delay)*, и если текущее время больше полученной суммы, то кадр удаляется из сети (позиция *Delete frames*), иначе проходит дальше. BE-кадр не проходит данную проверку. Все допущенные кадры отправляются к защитнику системы [14–16].

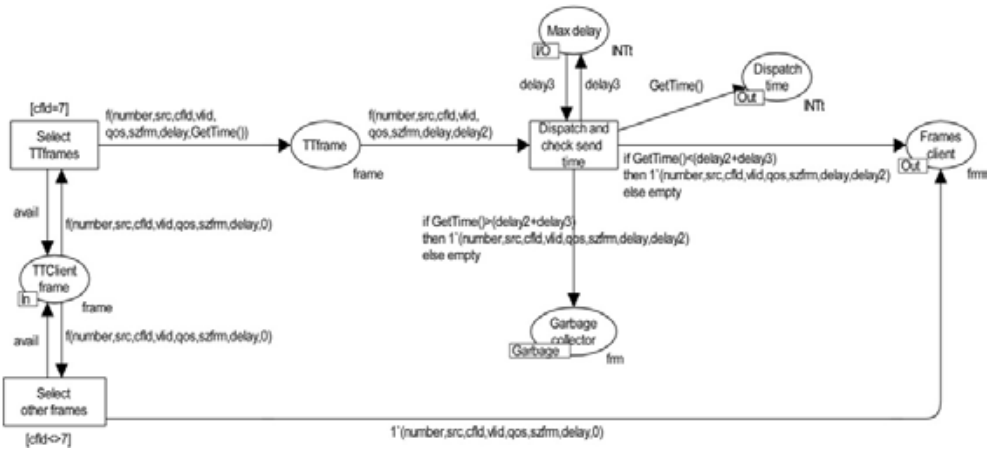


Рис. 5. Подсеть выборки кадра

Особое место в системе TTE занимает защитник системы. Функциональность защитника заложена в коммутатор TTE и защищает сеть от произвольных неисправных конечных систем.

Работа защитника при обработке TT-кадров заключается в следующем: передается TT-кадр в соответствии с синхронизированным глобальным временем. У каждого клиента имеется своя локальная таблица расписания кадров, по которому в строго определенное время клиент должен передавать кадр. Все таблицы расписаний синхронизированы с глобальным временем. Когда достигнута точка выдачи кадра во времени (*dispatch_pit*) на клиенте, т.е. по таблице расписания, определяется выборка TT-кадра.

Затем должен наступить момент передачи самого кадра от клиента к коммутатору (*send_pit*). Задержка *send_pit* ограничена максимальным значе-

нием задержки при передаче – *max(send_delay)*. Момент приема кадров уже на стороне коммутатора ограничен следующим выражением:

receive_pit = send_pit + link_latency, где *link_latency* – задержка непосредственно самой передачи.

Коммутатор TTE настроен на выполнение проверки окна приема, когда точка получения TT-кадра во времени располагается в пределах окна приема. Начало окна приема вычисляется следующим образом [1,17]:

момент начала окна приема = dispatch_pit + link_latency – П, где *П* – точность.

Окончание окна приема TT-кадра вычисляется следующим образом:

момент окончания окна приема = момент начала окна приема + 2П + + max(send_delay)

Если момент времени *receive_pit* не возникает в отведенном временном окне приема, то TT-кадр удаляется из сети и помещается в позицию Delete frames (рис. 6).

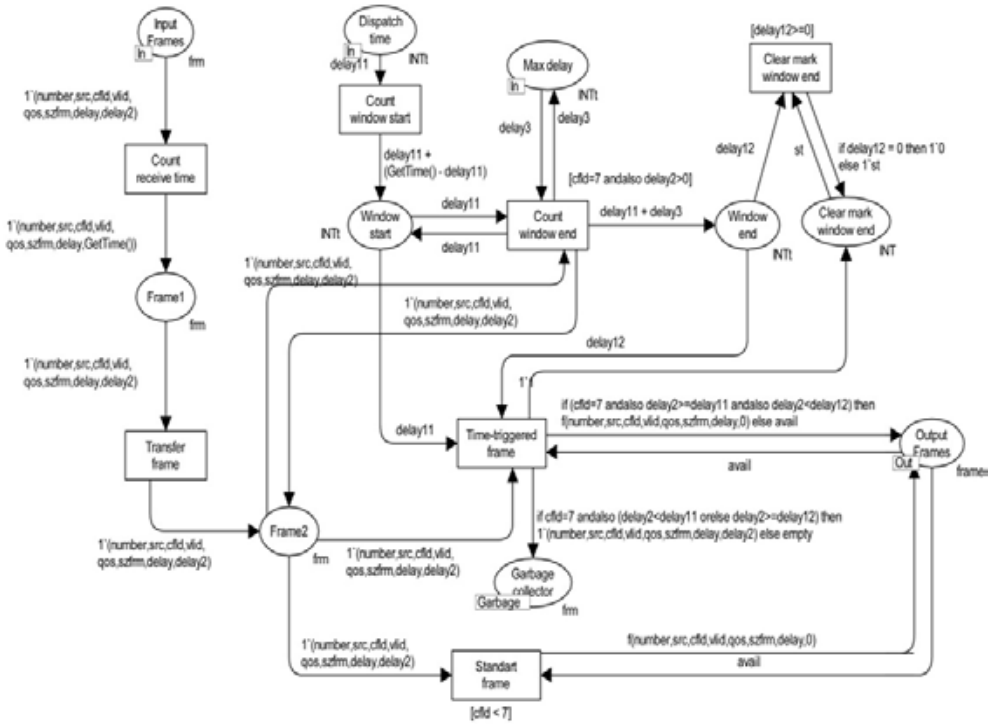


Рис. 6. Подсеть защитника системы

Входными портами подсети защитника являются:

– позиция *Input Frames* (получает кадр любого вида трафика);

– позиция *Dispatch time* (хранит момент времени выдачи кадра от клиента);

– позиция *Max delay* (хранит максимальную задержку передачи).

Кроме того, присутствует позиция *Link latency*, в которой хранится время передачи самого кадра. Выходная позиция *Output Frames* передает кадр (TT-кадр или BE-кадр) в коммутатор с учетом выполнения всех времен-

ных рамок для TT-кадра. Если не соблюдается условие по временному окну приема, то TT-кадр отправляется на удаление из сети и находится в позиции *Delete frames*. Позиция *Window start* хранит время начала окна приема, позиция *Window end* хранит время окончания окна приема. Более подробное функционирование защитника TTE рассмотрено в [17].

Затем кадр поступает непосредственно в коммутатор. Подсеть буфера учитывает классификацию трафика в зависимости от полей *ConstFld* и *QoS*, поддерживает различные алгоритмы диспетчеризации управления очередями коммутатора. Подсеть буфера коммутатора представлена на рис. 7.

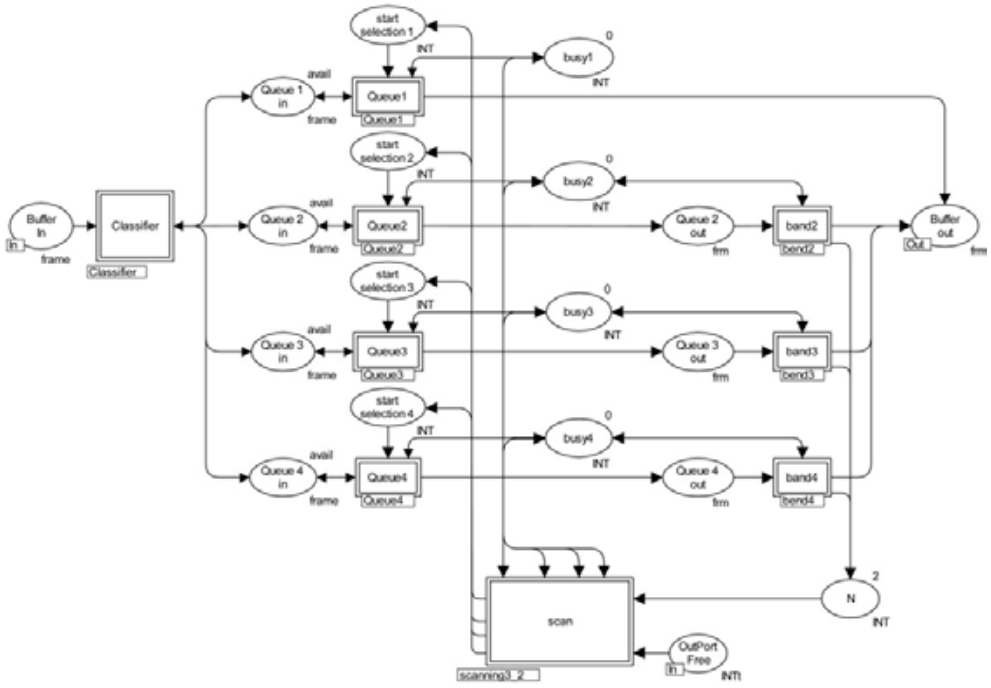


Рис. 7. Подсеть буфера

В модели используется сочетание приоритетного обслуживания очередей (Strictly Priority SP), которые обслуживаются в соответствии со своим приоритетом, и циклического обслуживания очередей. В модели используется взвешенное циклическое обслуживание (Weighted Round Robin WRR) для очередей BE-кадров [18–19]. Алгоритм WRR разработан для того, чтобы можно было предоставить всем классам трафика определенный минимум пропускной способности или гарантировать некоторые требования к задержкам. Под весом данного класса понимается процент предоставляемой классу трафика пропускной способности от полной пропускной способности выходного интерфейса, полоса пропускания рассчитывается исходя из длины кадра.

Кадр поступает на входной порт коммутатора и затем идет в подсеть классификатора. Подсеть классификатора представлена на рис. 8. Классификатор обеспечивает работу в режиме TTE и поддержки различных типов качества обслуживания.

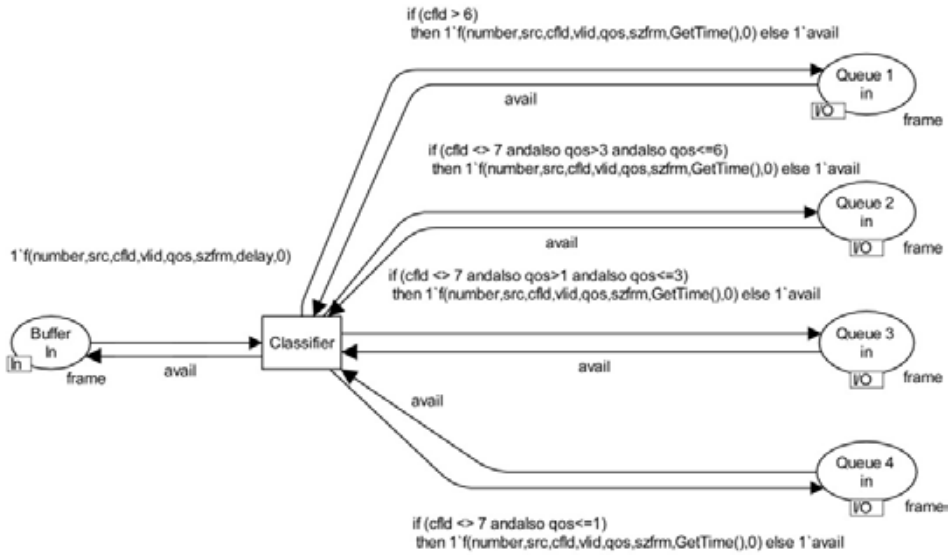


Рис. 8. Подсеть классификатора

Классификатор работает следующим образом: если константное поле *ConstFld = 7*, то это ТТ-кадр и он помещается в очередь № 1; если константное поле не равно 7, то анализируется поле качества обслуживания *qos* (*qos* > 3 и *qos* < = 6, кадр помещается в очередь № 2; *qos* > 1 и *qos* < = 3, кадр помещается в очередь № 3; *qos* < = 1, кадр помещается в очередь № 4).

После кадр помещается в соответствующую очередь. Подсеть очереди *Queue* представляет собой простой буфер FIFO заданного размера, в котором ведется также подсчет текущего размера очереди, отображаемого маркером в позиции *Size Queue*, а также выполняется сброс маркеров при переполнении очереди (переход в позицию *Garbage collector*). Подсеть очереди *Queue* представлена на рис. 9.

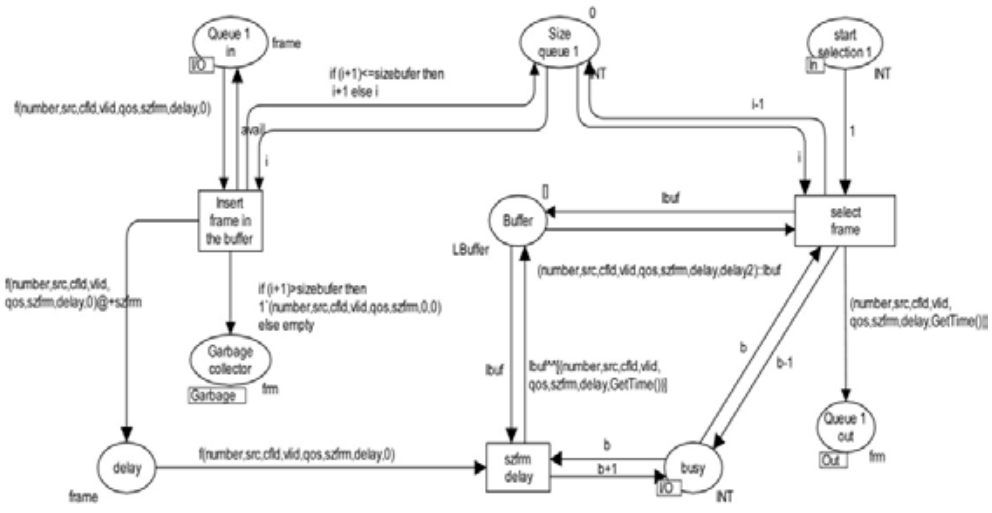


Рис. 9. Подсеть очереди

Но в отличие от реализации подсети очереди, описанной в статьях [18–19], добавлен эффект задержки записи и чтения из очереди, поскольку в реальных системах запись и чтение из очереди происходят не мгновенно, а с небольшой задержкой. Тем самым подсеть очереди приближена к функционированию очереди в реальных коммутаторах. Задержка вычисляется следующим образом: кадр передается с задержкой, равной *@+szfrm*. Устанавливается флаг занятости очереди в позиции *busy*.

Подсеть сканирования обслуживания очередей реализует комбинацию алгоритмов диспетчеризации SP + WRR [10]. Подсеть сканирования представлена на рис. 10. Запуск на разрешение приоритетного обслуживания очереди происходит путем установления маркера в позиции *start selection 1* при условии, что очередь № 1 не пуста.

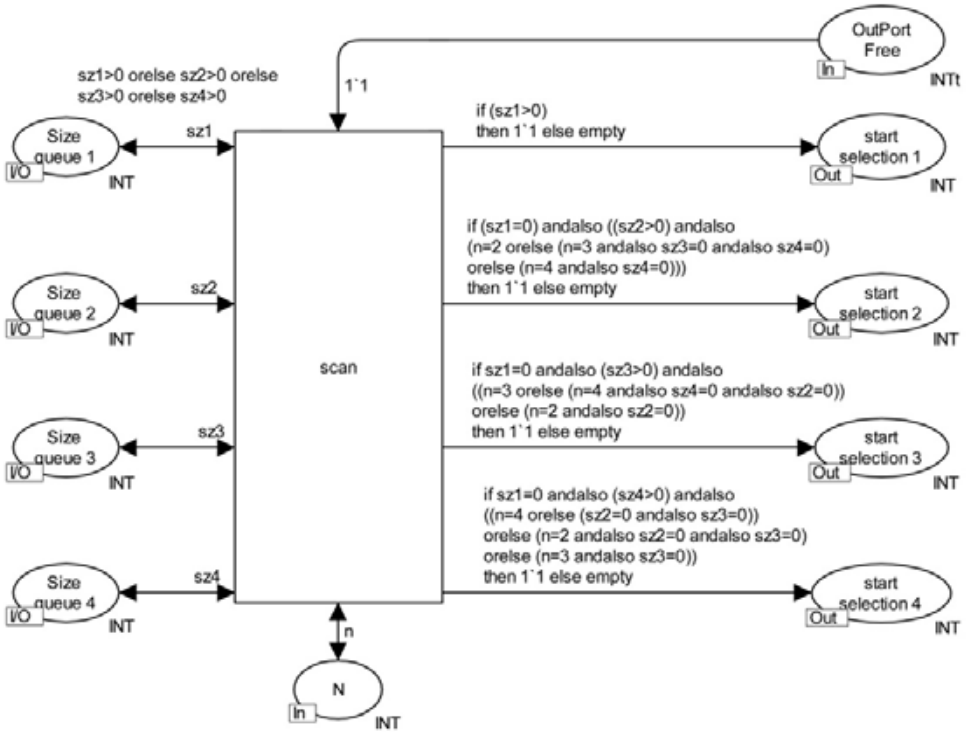


Рис. 10. Подсеть сканирования обслуживания очередей

Циклические алгоритмы диспетчеризации также реализуются на переходе *scan*. Данный переход срабатывает каждый раз, когда любая очередь не пуста и выходной порт коммутатора свободен (входной порт *OutPort Free* в подсети).

Сигналы запуска старта в позициях *start selection 2 – start selection 4* формируются следующим образом: должны быть определены соответствующие маркеры, которые учитывают цвет маркера в позиции *N*, который указывает на следующего кандидата для обслуживания и изменяется в подсети полосы пропускания канала.

Выражение сигнала запуска в позиции *start selection 2*:

if (sz1 = 0) andalso ((sz2>0) andalso (n = 2 orelse (n = 3 andalso sz3 = 0 andalso sz4 = 0) orelse (n = 4 andalso sz4 = 0))) then 1`1 else empty

Проверяется вторая очередь, она должна быть не пустой и кандидат для обслуживания должен быть равным 2, остальные две очереди (№ 3 и 4) должны быть пусты, тогда вырабатывается сигнал запуска для очереди № 2, иначе будет пустой маркер.

Подсеть полосы пропускания канала заключается в определении веса для установки полосы пропускания для каждой из очередей (№ 2–4). Очередь № 1 передает на выходной порт коммутатора кадр сразу же. Подсеть полосы пропускания канала представлена на рис. 11.

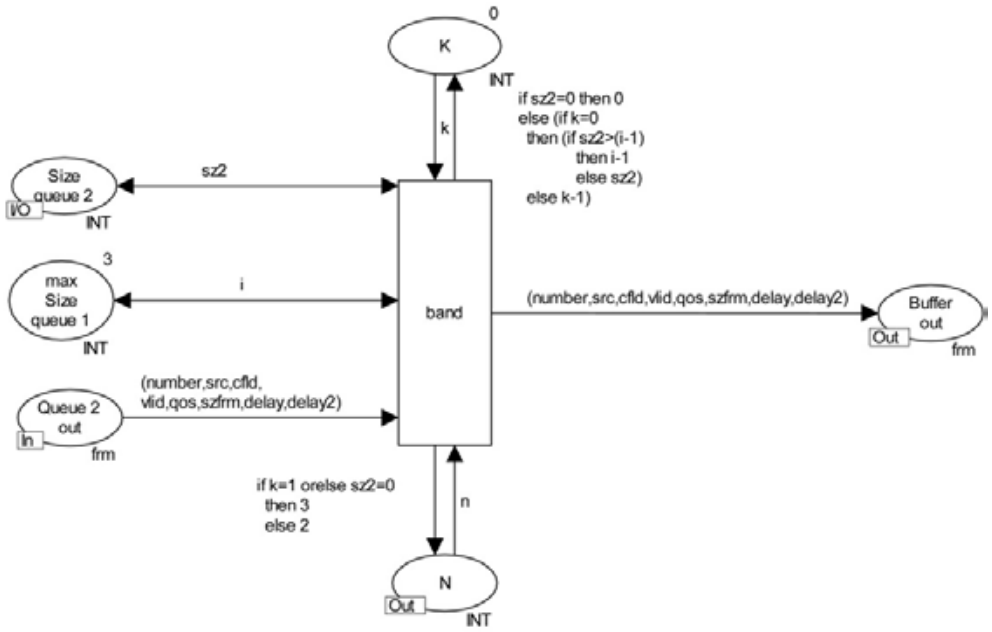


Рис. 11. Подсеть полосы пропускания канала

Подсеть полосы пропускания канала содержит следующие позиции:

– размер очереди (*Size queue*);

– максимальное количество кадров, которое может быть передано подряд (*Max Size queue*);

– передаваемый кадр (*Queue out*);

– количество передаваемых подряд кадров (*K*);

– номер следующей обрабатываемой очереди (*N*);

– выходной порт коммутатора (*Buffer out*).

При срабатывании перехода проверяется размер очереди *sz*, максимальное количество кадров, которое может быть передано подряд (переменная *i*), и количество передаваемых подряд кадров (переменная *k*). При этом выполняется пересчет количества передаваемых подряд кадров в выражении:

if sz2 = 0 then 0 else (if k = 0 then (if sz2>(i–1) then i–1 else sz2) else k–1)

Представленное выше выражение означает, что если количество кадров, передаваемых подряд, равно 0, то выполняется сравнение размера очереди на пустоту и максимального количества передаваемых подряд кадров. Если количество кадров в очереди больше, чем разрешенное количество передачи кадров подряд, то в позицию *K* записывается значение из позиции *Max Size queue*, иначе записывается количество кадров в очереди. Если количество пакетов, передаваемых подряд, не равно 0, то это значение уменьшается на 1.

При этом выполняется вычисление следующей проверяемой очереди через вычисление выражения

if k = 1 orelse sz2 = 0 then 3 else 2

Данное выражение означает, что если количество передаваемых подряд кадров равно 1, то в позицию *N* ставится номер следующей обрабатываемой очереди, иначе записывается номер текущей очереди.

Подсеть выходного порта коммутатора представлена на рис. 12. Выходной порт рассчитывает задержку, необходимую для установления продолжительности межкадрового интервала.

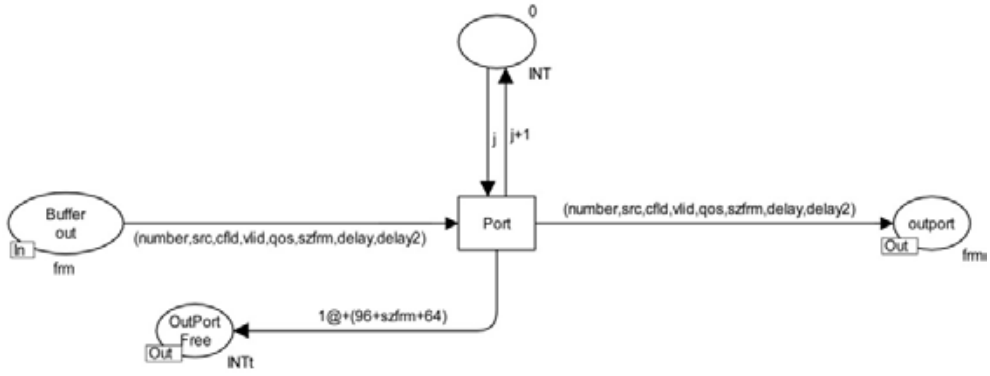


Рис. 12. Подсеть выходного порта коммутатора

На переходе *Port* написан монитор, представляющий собой инструмент пакета CPN Tools и позволяющий записывать полученные данные в файл. Данный файл можно обрабатывать для получения статистики в ходе экспериментов модели. Монитор выглядит следующим образом:

fun obsBindElem (OutPort'Port (1, {delay2,delay,cfld,vlid,j,number,qos, src,szfrm})) =

Int.toString(number)^»,»^Int.toString(src)^»,»^Int.toString(cfld)^»,»^Int.toSt ring(vlid)^»,»

^Int.toString(qos)^»,»^Int.toString(szfrm)^»,
«^Int.toString(delay)^»,»^Int.toString(GetTime()-delay)^»++\n

Данная функция представляет собой запись всех перечисленных полей цвета *frm* и запись задержки обработки кадра на выходе из коммутатора. Данный параметр позволяет оценить джиттер в модели.

После передачи кадра с выходного порта должен определиться адрес назначения доставки кадра. Определение адреса назначения основывается на двух таблицах: статическая конфигурируемая таблица уникальных индексов – происходит сравнение поля уникального идентификатора виртуальной связи кадра virtual link identifier (VL ID) со значением в таблице (для TT-кадров); для BE-кадров тоже происходит сравнение только со статической таблицей адресов назначения. Более подробно сравнение по статическим таблицам описано в статье [16].

Результаты работы модели

Для проверки работы модели было уделено внимание формированию окна приема для трафика реального времени (TT-кадров). Входной трафик модели состоял из 3018 кадров. Выявлена корректная работа формирования окна приема кадра путем экспериментальной настройки некорректных временных параметров кадров. Настройка некорректных временных параметров кадров необходима для выявления непопадания кадра во временное окно, т.е. кадр пришел раньше начала окна приема и позже окончания приема кадра, и обработка корректной ситуации прибытия кадра осуществляется в строго определенное окно приема.

Экспериментальные данные ошибочных ситуаций представлены в табл. 1. В ходе моделирования выявлено четыре кадра из 3018 кадров, в ходе которых TT-кадр пришел не в строго отведенное окно приема.

Таблица 1

Кадры, не успевшие поступить во время окна приема

Кадр	Начало окна приема, модельное время	Окончание окна приема, модельное время	Ошибка
1`(4,6,7,3,6,6408, 33939,0)	35 630	35 660	Кадр пришел раньше начала окна приема
1`(449,6,7,2,4,816, 4480643,0)	4 480 603	4 480 633	Кадр пришел позже окончания окна приема
1`(1346,6,0,3,2,512, 12731236,0)++	12 735 236	12 735 266	Кадр пришел раньше начала окна приема
1`(2546,5,2,9,4,8824, 24697419,0)	24 697 380	24 697 410	Кадр пришел позже окончания окна приема

Заключение

Предложенная модель Time-Triggered Ethernet с использованием аппарата сетей Петри позволяет проанализировать работу функционирования телекоммуникационных компонентов сети TTE. К телекоммуникационному оборудованию относятся коммутатор с заложенными алгоритмами диспетче-

ризации очередей, защитник системы, конечные системы сети (клиент, сервер), которые передают и принимают информацию по технологии TTE.

Подробно рассмотрены особенности обработки TT-кадров и BE-кадров.

Моделируется механизм работы защитника TTE, учитывающего временные ограничения при формировании окна приема TT-кадра. Модель позволяет визуально наблюдать работу защитника как при обработке трафика реального времени, так и при обработке эластичного трафика.

Проведенные эксперименты с моделью показали адекватное отражение ею обработки исключительных ситуаций в случае непопадания момента прихода TT-кадра во временные рамки окна приема.

Предложенная модель будет полезна исследователям как при разработке аппаратуры TTE (разработка новых алгоритмов диспетчеризации очередей в коммутаторе, улучшение и повышение параметров быстродействия работы защитника системы, повышение скорости передачи информации при реализации клиент-серверной архитектуры сети), так и для анализа исследования динамики работы конкретных реализаций автоматических систем, использующих технологию TTE.

Библиографический список

1. Obermaisser, R. Time-Triggered Communication / R. Obermaisser. – San Francisco : CRC Press, 2012. – P. 575.
2. Kopetz, H. The time-triggered Ethernet (tte) design / H. Kopetz, A. Ademaj, P. Grillinger, K. Steinhammer // Proc. of 8th IEEE International Symposium on Object-oriented Real-time Distributed Computing (ISORC). – Washington, 2005. – P. 22–33.
3. Steinhammer, K. A time-triggered Ethernet (TTE) switch / K. Steinhammer, P. Grillinger, A. Ademaj, H. Kopetz // Proc. of the Conference on Design, Automation and Test in Europe (DATE). – Belgium, 2006. – P. 794–799.
4. Jensen, K. Coloured Petri Nets: modelling and validation of concurrent systems / K. Jensen, L. M. Kristensen. – Berlin : Springer, 2009. – P. 384.
5. Описание программы CPN Tools. – URL: http://cpntools.org/ (дата обращения: 15.05.2017).
6. SAE Standard AS 6802: Time-Triggered Ethernet. – SAE International, 2011. – P. 108.
7. Разработки и продукты time-triggered Ethernet. – URL: //https://www.tttech.com (дата обращения: 16.05.2017).
8. Никишин, К. И. Перспективность использования технологии Time-Triggered Ethernet // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 8-1 (19-1). – С. 90–92.
9. Никишин, К. И. Основные принципы сетевой технологии Time-Triggered Ethernet / К. И. Никишин // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы (МНПК – 2016) : сб. ст. III Ежегодной межвуз. науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 166–169.
10. Kizilov, E. Modeling of QoS in the industrial Ethernet switches / E. Kizilov, N. Konnov, D. Pashchenko, D. Trokoz // The 5th International Workshop on Computer Science and Engineering-Information Processing and Control Engineering (WCSE 2015–IPCE). – Moscow, 2015. – P. 185–190.
11. Никишин, К. И. Механизм управления трафиком реального времени в коммутаторе Ethernet / К. И. Никишин // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2015. – № 10 – С. 32–37.

12. Никишин, К. И. Генератор трафика Ethernet на основе цветных сетей Петри / К. И. Никишин, Н. Н. Коннов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2016. – № 1 (17). – С. 299–307.
13. Зайцев, Д. А. Моделирование телекоммуникационных систем в CPN Tools : учеб. пособие по курсу «Математическое моделирование информационных систем» для подготовки магистров в отрасли связи / Д. А. Зайцев, Т. Р. Шмелева. – Одесса, 2008. – С. 68.
14. Nikishin, K. Modelling of systems using Time-Triggered Ethernet / K. Nikishin, N. Konnov, D. Pashchenko // Information Technologies and Mathematical Modelling – Queueing Theory and Applications. Of the series Communications in Computer and Information Science. – 2016. – Vol. 638. – P. 303–314.
15. Никишин, К. И. Моделирование систем на базе технологии Time-Triggered Ethernet / К. И. Никишин, Н. Н. Коннов, Д. В. Пащенко // Информационные технологии и математическое моделирование (ИТММ–2016) : материалы XV Междунар. конф. им. А. Ф. Терпугова. – Томск : Изд-во Томск. ун-та, 2016. – Ч. 2. – С. 117–122.
16. Никишин, К. И. Разработка системы Time-Triggered Ethernet / К. И. Никишин // Новые информационные технологии и системы : сб. науч. ст. XIII Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 174–176.
17. Никишин, К. И. Разработка защитника системы Time-Triggered Ethernet / К. И. Никишин // Новые информационные технологии и системы : сб. науч. ст. XIII Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2016. – С. 176–179.
18. Scheduling queues in the Ethernet switch, considering the waiting time of frames / E. Kizilov, N. Konnov, K. Nikishin, D. Pashchenko, D. Trokoz // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 44 – P. 01011-p.1-01011-p.
19. Никишин, К. И. Разработка устройства диспетчеризации очередей для телекоммуникационных систем / К. И. Никишин // Вестник Пензенского государственного университета. – 2016. – № 1 (13). – С. 41–43.

Никишин Кирилл Игоревич
аспирант,
Пензенский государственный университет
E-mail: kirillnikmail@mail.ru

Nikishin Kirill Igorevich
postgraduate student,
Penza State University

Коннов Николай Николаевич
кандидат технических наук, профессор,
кафедра вычислительной техники,
Пензенский государственный университет
E-mail: knn@pnzgu.ru

Konnov Nikolay Nikolayevich
candidate of technical sciences, professor,
sub-department of computer science,
Penza State University

УДК 681.31
Никишин, К. И.
Моделирование сетями Петри коммуникационного оборудования Time-Triggered Ethernet / К. И. Никишин, Н. Н. Коннов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 222–236.

УДК 53.082.9: 612.172.4

ОСОБЕННОСТИ ЭНТРОПИЙНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ИНТЕРВАЛОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА

В. Г. Полосин

PECULIARITIES OF ENTROPY-PARAMETRIC INVESTIGATION OF INTERMEDIARY INTERVALS OF ELECTRIC CARDIO SIGNAL

V. G. Polosin

Аннотация. *Актуальность и цели.* Внедрение мобильных информационных технологий сформировало предпосылки для совершенствования алгоритмов медицинского диагностического оборудования. Предметом исследования являются методы определения диагностически значимых интервалов электрокардиосигнала (ЭКС). Цель работы состоит в исследовании возможностей информационно-вероятностных технологий для анализа ЭКС. *Материалы и методы*. В работе рассмотрен качественно новый подход обработки и анализа ЭКС, согласно которому исследование интервалов ЭКС основано на изменении активности кардиомиоцитов в зависимости от фазы развития потенциала действия и базируется на взаимосвязи производных и информационной энтропии значений ЭКС от термодинамической активности тканей сердца. *Результаты*. На основе исследования вероятностной и информационной неопределенности значений ЭКС построены обнаружители *QRS*-комплекса, содержащие дополнительные возможности оценки положения максимума *R*-зубца и, как следствие, определения *RR*-интервалов ЭКС, необходимого для расчета частоты сердечных сокращений и для исследования вариабельности сердечного ритма. Реализация оператора суммы второй и третьей производных при построении обнаружителей *QRS*-комплекса и зубцов ЭКС базируется на контроле временной зависимости суммы центральных моментов третьего и четвертого порядка, рассчитываемых для выборки значений ЭКС в скользящем окне. Нелинейная зависимость моментов высокого порядка от разницы между значениями в скользящем окне обеспечивает достоверное обнаружение *QRS*-комплекса и зубцов ЭКС. *Выводы.* Благодаря комбинированному исследованию информации и вероятностных свойств ЭКС были разработаны универсальные инструменты для обнаружения различных эпох кардиоцикла. Использование взаимосвязи информационной и вероятностной неопределенностей значений ЭКС скользящего временного окна добавляет качественно новые возможности в структуру системы мониторинга на этапе регистрации ЭКС.

Ключевые слова: информационно-вероятностный подход, энтропия, неопределенность значений, моменты третьего и четвертого порядка, зубцы электрокардиосигнала.

Abstract. *Background*. The introduction of mobile information technologies has formed prerequisites for improving the algorithms of medical diagnostic equipment. The subject of the study are methods for determining diagnostic significant intervals of the electrocardiogram (ECS). The aim of the paper is to investigate the possibilities of information-and-probabilistic technologies for the analysis of the ECS. *Materials and methods.* The paper deals with a qualitatively new approach to the processing and analysis of ECS, accord-

ing to which the study of the ECS intervals is based on a change in the activity of cardiomyocytes depending on the phase of development of the action potential and is based on the dependence of both the derivatives of the ECS change and on the information entropy of the ECS values on the thermodynamic activity of the heart tissues also. *Results.* On the basis of probabilistic and information uncertainty of ECS values, *QRS*-complex detectors were constructed, which contain additional possibilities for estimating the position of the maximum *R* of the tooth and, as a consequence, determining the *RR*-intervals of the ECS that is necessary for determining the heart rate and for examining the variability of the heart rhythm. The realization of the sum operator of the second and third derivatives in the construction of the *QRS*-complex detectors and ECS wave is based on the control of the time dependence of the sum for central moments of the third and fourth order central moments calculated for the selection of the values of the ECS in the sliding window. The non-linear dependence of high-order moments on the differences between the values in the sliding window provides a reliable detection of the *QRS*-complex and ECS wave. *Conclusions.* Universal tools were developed to detect different epochs of the cardio cycle thanks to joint studies of information and probabilistic properties of the electrocardiogram. The use of connexion for of information and probabilistic uncertainties in the values of the EKS of the sliding time window adds qualitatively new possibilities to the structure of the monitoring system at the stage of registration of the EKS.

Key words: information-probabilistic approach, entropy, uncertainty of values, moments of the third and fourth order, wave of the electric cardiac signal.

Введение

Современная медицина стала одной из передовых отраслей научной и прикладной деятельности, важнейшей задачей которой является своевременная профилактика и снижение рисков заболеваний на основе разработки новых эффективных методов ранней диагностики начала развития патологий. Внедрение в клиническую практику новых информационных технологий сформировало предпосылки для перехода медицинской диагностики на новый технологический уровень и предопределило развитие нового поколения аппаратуры мониторингового контроля. Современные мобильные приложения, включенные в сеть телеметрического мониторинга [1–4], обладают возможностью предварительной обработки электрокардиографической информации с целью выявления временных интервалов кардиоциклов и ее визуализации, удобной для восприятия медицинским специалистом.

В последнее десятилетие наблюдается устойчивая тенденция использования микрокомпьютерных средств обработки ЭКС, отличающихся эффективностью при построении алгоритмов автономного анализа [5–7]. Такие системы разрабатываются для того, чтобы проводить процесс обработки ЭКС в 12 отведениях при проведении Холтеровского мониторинга в реальном масштабе времени. Для этих целей необходимо детектирование *QRS*-комплекса и зубцов ЭКС в реальном времени. Такие системы мониторинга содержат алгоритмы записи интервала аномальной ЭКГ и их передачи в медицинское учреждение. Несмотря на технологические возможности обработки результатов, существующие системы строятся на основе алгоритмических подходов, направленных на применение детерминированных моделей сердца и структурного анализа на основе использования фильтров. Сложная внут-

ренняя структура биологического объекта предполагает случайное изменение контролируемых параметров и сигналов, обусловленное наличием хаоса в его организации. Автоволновые процессы распространения трансмембранного потенциала действия в проводящей системе сердца и системе распространения возбуждения относятся к хаотическим процессам, так как полностью определены организацией внутренней структуры тканей сердца. В современной литературе вероятностные и информационные свойства сердца как динамической системы исследованы, во-первых, для взаимосвязи ритма сердца с функциональным состоянием организма [8]; во-вторых, при организации ярусной технологии структурно-топологического анализа динамики ритма сердца [9]; в-третьих, в методе вариабельности ритма сердца [10]. В условиях *хаотических изменений контролируемого объекта особое значение приобретает объединение* вероятностной и информационной концепций для построения систем контроля и мониторинга состояния сердца. В статье автором рассмотрены некоторые решения, иллюстрирующие возможности применения меры энтропийно-параметрического потенциала для построения обнаружителя зубцов ЭКС. Во время исследований использована база данных ГБУЗ «Клиническая больница № 6 имени Г.А. Захарьина», созданная на основе результатов обследования пациентов, содержащая 100 регистраций электрокардиограмм здоровых пациентов.

Классический подход обнаружения R-зубца

Основные технологические приемы, необходимые для построения алгоритмов обнаружителей *QRS*-комплексов для ЭКС, рассмотрены в работах [11–14]: технологии фильтров, технологии дифференцирования, технологии машинных шаблонов, алгоритм Пана – Томпкинса, корреляционные технологии.

В литературе при реализации обнаружителя *QRS*-комплекса в реальном времени применяют различные модификации алгоритма Пана – Томпкинса, технологическая последовательность обработки которого приведена на рис. 1. Алгоритм состоит из следующей последовательности: аналого-цифрового преобразования (АЦП) ЭКС, фильтра нижних частот (ФНЧ), фильтра высоких частот (ФВЧ), оператора производной (ОП), нелинейного преобразователя (НП), интегратора скользящего окна (ИСО), порогового детектора (ПД) и алгоритма поиска (АП).

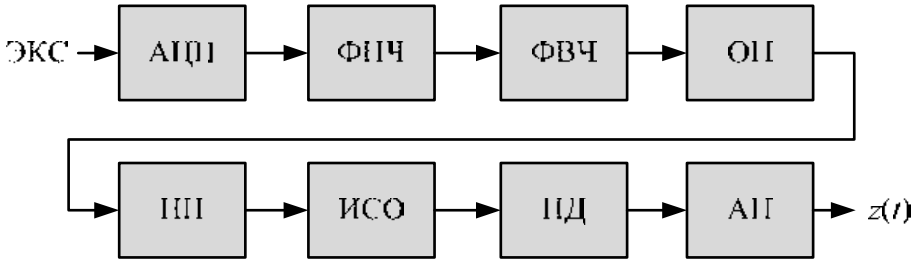


Рис. 1. Последовательность обработки Пана – Томпкинса

Для обнаружения *QRS*-комплекса в реальном времени необходимы процедуры фильтрации низкочастотных и высокочастотных помех. Оператор производной включен в алгоритм для подавления низкочастотных компонент *P*- и *T*-зубцов. Нелинейный преобразователь усиливает большие разности, характерные для *QRS*-комплекса и для подавления малых разностей *P*- и *T*-зубцов посредством возведения в квадрат. Для сглаживания пиков в алгоритм включен интегратор типа скользящего окна.

В настоящее время широко распространены алгоритмы, основанные на цифровом дифференцировании сигнала [10–13, 15]. Операция взятия производной усиливает быстрое изменение сигнала *QRS*-комплекса и подавляет медленные изменения *P*- и *T*-зубцов. Недостаток метода производных состоит в весьма высокой чувствительности производных к высокочастотному шуму, поэтому для применения этого метода необходимо существенное сглаживание сигнала. Применение низкочастотных фильтров для сглаживания сигнала или фильтров высокой частоты для стабилизации изоэлектрической линии вносит существенные искажения в форму биосигналов и влияет на их диагностические свойства [16–18]. Фильтрация ЭКС влияет на амплитуды, длительности и смещение интервалов ЭКС, поэтому в последнее время при проведении диагностического анализа ЭКС рекомендуется учитывать состав фильтров, включенных при регистрации сигнала. В связи с тем, что применение низкочастотных фильтров для фильтрации помех сильно искажает ЭКС, использование разностных операторов производной при цифровой обработке сигнала ограничено нахождением второй производной.

Снизить влияние шума при использовании операторов производных удается за счет применения для построения операторов производных отношений статистической и информационной неопределенности ограниченного количества N отсчетов выборки скользящего окна к его длительности, равного произведению количества N на время получения одного отсчета Δt. Подобный прием был использован для построения фазовых траекторий [19].

Термодинамическое происхождение эпох электрокардиосигнала

Биофизические сигналы содержат признаки физиологических событий. Анализ природы события при мониторном наблюдении объекта позволяет «идентифицировать дискретные эпохи рассматриваемого биомедицинского сигнала и соотнести с событиями в соответствующих физиологических процессах» [7]. Кардиоцикл ЭКС отображается в виде последовательности волн *QRS*-комплексов и *P*-, *T*-зубцов с которыми связаны следующие эпохи.

Эпоха *P*-зубца соответствует сокращению предсердия, инициируемому импульсом из синоатриального узла. Так как ткани предсердия не имеют специальных проводящих нервов и импульсы возбуждения проводятся непосредственно сокращаемыми тканями, сокращение мышц предсердия происходит в виде медленного сжатия длительностью приблизительно 80 мс. Эпохе *P*-зубца соответствует зона ЭКС с амплитудой примерно 0,1–0,2 мВ.

Эпоха *QRS*-комплекса соответствует событию депиляции миокарда и начала сокращения желудочков. Высокая скорость и одновременность деполяризации миокарда обеспечены стимулирующим действием специальной системы волокон Пуркинье, что приводит к резкому и высокому *QRS*-комплексу с длительностью и амплитудой приблизительно 80–100 мс и 1 мВ соответственно. Быстрая стимуляция мышц желудочков, начинающаяся с верхушки сердца, необходима для одновременного сокращения всей мускулатуры желудочков.

Эпоха *T*-зубца относится к последней фазе потенциала действия, во время которой происходит реполяризация тканей миокарда. Так как длительность деполяризации в различных точках миокарда отличается более чем в 2 раза, реполяризация тканей происходит не одновременно. По этой причине *T*-зубец имеет большую продолжительность и малое амплитудное значение порядка 120–160 мс и 0,1–0,3 мВ соответственно.

Свойства эпох ЭКС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Свойства эпох ЭКС

Эпоха ЭКС	Амплитуда, мВ	Длительность, мс	Скорость изменения ЭКС, мВ/с
P-зубца	0,1 … 0,2	80	1,3 – 2,5
QRS-комплекса	1	80–100	10 …12,5
T-зубца	0,1 ... 0,3	120-160	0,6 … 2,5

Эпохи ЭКС (*QRS*-комплексов и *P*- и *T*-зубцов) отражают различные события, связанные с распространением трансмембранного потенциала действия в тканях сердца, происходящих под действием термодинамических форм энергии. Очевидно, что для разработки эффективных методов обнаружения событий при обработке сигнала следует учитывать взаимосвязь изменений ЭКС на поверхности торса с электрической активностью при распространении трансмембранного потенциала действия в тканях сердца. При распространении трансмембранного потенциала действия в тканях сердца происходит изменение энергетических состояний отдельных ионов при открытии и закрытии каналов, что обусловливает продукцию термодинамической энтропии в тканях сердца. Изменение концентраций ионов при распространении трансмембранного потенциала действия обусловливает генерацию электрохимического потенциала ϱ̃ и, как следствие, распространение ионного электрического тока в проводящей среде организма. Термодинамическое происхождение энтропии контролируемого электрического потенциала отведения объединяет термодинамические и информационные процессы при обработке ЭКС. Открытие и закрытие ионных каналов приводит к отклонению от стационарного состояния и усилению электрической активности сердца. Отклонение от стационарного состояния отражается в увеличении неопределенности выборки значений скользящего окна, что можно выгодно использовать для построения

алгоритмов определения зубцов ЭКС. Дело в том, что при детерминированной смене событий распространения потенциала действия по тканям проводящей системы сердца происходит изменение электрической активности сердца, которая имеет термодинамическое происхождение. Более подробно взаимосвязь термодинамических процессов в тканях сердца и информации ЭКС рассмотрена в работе [11].

Так как ЭКС отражает электрическую активность сердца, то при смене эпох ЭКС происходит характерное изменение интенсивности термодинамических процессов в тканях сердца. Из табл. 1 следует, что для эпохи *QRS*-комплекса средняя скорость изменения значений ЭКС приблизительно в 5–10 раз превосходит скорости изменений значений для эпох *P*- и *T*-зубцов. При рассмотрении материала автор полагает, что существует взаимосвязь между продукцией термодинамической энтропии при распространении потенциала действия в проводящей системе сердца и интенсивностью изменений значений ЭКС во времени. Такой подход позволил использовать одинаковую математическую форму, построенную на основе информационной энтропии и моментов вероятности, для обнаружения *QRS*-комплексов, *P*- и *T*-зубцов.

Информационный и вероятностный анализ при выделении временных интервалов ЭКС

При разработке систем Холтеровского мониторинга ценность алгоритмов обработки записи ЭКС с помощью дешифратора определяется точностью реализации основных функций автоматического анализа ЭКС. К основным процедурам анализа относятся процедуры обнаружения, распознания и классификации *QRS*-комплексов [1, 20]. Обнаружение *QRS*-комплексов и определение положения максимума *R*-зубца необходимы для оценки функционального состояния организма на основе метода вариабельности ритма сердца [9, 10].

При реализации функций обнаружения сегментов ЭКС современные алгоритмы ориентированы на анализ морфологии сигналов, для которых необходимы выполнение процедуры предварительной фильтрации низкочастотных и высокочастотных помех, устранение тренда изолинии и исключение артефактов [11, 12, 14, 15].

Автором работы предложен качественно новый информационно-вероятностный подход обработки и анализа ЭКС, согласно которому обнаружение зубцов ЭКС основано на изменении активности кардиомиоцитов в зависимости от фазы развития потенциала действия. Так как диффузионная составляющая электрохимического потенциала является электродвижущей силой ионных токов в биологической среде и создает потенциал на поверхности торса, то увеличение термодинамической активности тканей сердца при деполяризации и первой фазе реполяризации миокарда увеличивает изменение значений ЭКС. Классически для обнаружения *QRS*-комплексов на основе увеличения скорости изменения ЭКС используются операторы первой и вто-

рой производных, недостаток которых состоит в усилении высокочастотных составляющих помех.

Энтропийно-параметрический подход к обнаружению QRS-комплекса

Очевидно, что появление активности тканей сердца меняет распределение значений ЭКС в выборке скользящего временного окна. Вероятностные и энтропийные характеристики выборок значений скользящего окна содержат информацию об интенсивности изменения потенциала отведения во времени. Изменение неопределенности потенциала отведения в выборке значений ЭКС скользящего окна, отнесенное к длительности, имеет свойство оператора первой производной ЭКС.

Качественное отличие вероятностных и информационных оценок неопределенности выборки значений ЭКС от разницы между двумя рядом расположенными значениями ЭКС в том, что такие оценки учитывают характер вероятностного распределения значений потенциала для всей выборки скользящего окна. В статистике для оценки неопределенности выборки значений используют среднее квадратическое отклонение, рассчитываемое для значений скользящего окна с помощью формулы

$$\sigma(t_i) = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)} \sum_{j=1}^{N} \left(u_{(i-N)/(2+j)} - u_{\text{ср}}(t_i) \right)^2}, \qquad (1)$$

где u_i – значение ЭКС в i-й момент времени; N – количество значений в выборке ЭКС скользящего окна; j – порядковый номер ЭКС в выборке скользящего окна; $u_{\text{ср}}(t_i)$ – среднее значение ЭКС выборки скользящего окна.

Информационная неопределенность ЭКС проводится на основе оценки энтропии выборки значений ЭКС скользящего окна, определяемой как математическое ожидание логарифма функции плотности вероятности. Для расчета энтропии в скользящем окне используется формула

$$H(t_i) = -\sum_{s=1}^{m} \left(\frac{n_{s\,i}}{N} \ln \left(\frac{n_{s\,i}}{N \cdot \Delta u_{\text{r}i}} \right) \right), \qquad (2)$$

где m – количество интервалов группирования данных, $m = \left[\sqrt{N} \right]$; n_{si} – количество результатов, попавших в s-й интервал группирования данных для i-го момента времени; $\Delta u_{\text{r}i}$ – ширина интервала группирования результатов.

При построении обнаружителя и предварительного выделения *QRS*-комплекса применено свойство оператора первой производной ЭКС, которым обладают вероятностная и информационная неопределенности потенциала отведения ЭКС скользящего окна. В качестве оператора первой производной использовано отношение энтропийно-параметрического потенциала к интер-

валу временного окна. Формула для расчета энтропийно-параметрического потенциала имеет вид

$$\Delta_{\text{эп}}(t_i)=\sqrt{\sigma^2(t_i)+0,25\exp\left(2H(t_i)\right)}. \quad (3)$$

Характерный пример обнаружения *R*-зубца непосредственно по выборке значений ЭКС при использовании вероятностной и информационной неопределенностей значений ЭКС в скользящем окне показан на рис. 2. Такой обнаружитель реализует операцию взятия первой производной над значениями временного ряда ЭКС, для оценки которой используется отношение энтропийно-параметрического потенциала, рассчитанного по формуле (3), к длительности скользящего окна. Особенность поведения энтропийно-параметрического потенциала состоит в том, что его изменение в области *T*- и *P*-зубцов превышает 10 % предел изменения в области *R*-зубца, что затрудняет выделение значений *R*-зубца при наличии высокой интенсивности помех сигнала и действия артефактов.

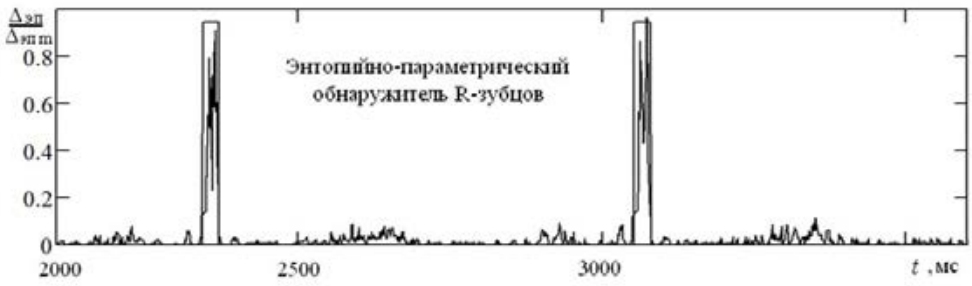


Рис. 2. Обнаружение *R*-зубца, построенное на вероятностной и информационной оценках неопределенности значений ЭКС в скользящем окне

Энтропийно-параметрический потенциал в скользящем окне показал высокую чувствительность для обнаружения *T*- и *P*-зубцов при анализе прошедшего предварительную обработку электрокардиосигнала. Среди характерных особенностей обнаружителя следует отметить его высокую чувствительность к воздействию артефактов, т.е. изменений сигнала при высокой активности организма.

Изменение энтропийно-параметрического потенциала $\Delta_{\text{эп}}(t_i)$ для выборки значений скользящего окна в зависимости от времени t_i при обнаружении *R*-зубцов прошедшего предварительную обработку ЭКС показано на рис. 3. Там же для сравнения даны изменения энтропийной $\Delta_{\text{э}}(t_i)$ и параметрической $\sigma(t_i)$ составляющих потенциала. Точки минимума энтропийно-параметрического потенциала между двумя максимумами соответствуют положению максимумов *R*-зубцов, что делает возможным оценку *RR*-интервалов на основе вероятностной и информационной обработки значений потенциалов ЭКС скользящего временного окна.

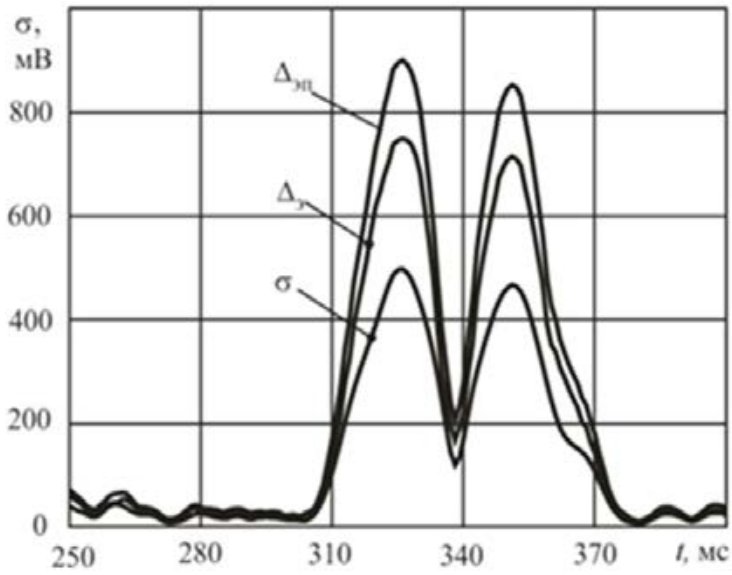


Рис. 3. Изменение оператора первой производной в скользящем окне при обнаружении *QRS*-комплекса

Таким образом, обнаружители *QRS*-комплекса, построенные на вероятностной и информационной неопределенностях значений ЭКС, реализуют операцию первой производной и содержат возможность оценки положения максимума *R*-зубца – важного диагностического показателя, необходимого для определения частоты сердечных сокращений и для исследования вариабельности сердечного ритма [20–22].

Обнаружитель зубцов ЭКС на основе моментов высокого порядка

Другой эффективный подход анализа кардиографической информации основан на оценке центральных моментов высокого порядка для значений ЭКС скользящего окна. Методика аппроксимации распределения выборки значений ЭКС скользящего окна с помощью статистического степенного ряда приведена в работе [23]. Формула для расчета j-го значения u_j выборки ЭКС, сортированной в порядке возрастания, имеет вид

$$u_j = \mathrm{Me}(U) + \sigma(U)\left(\frac{j}{N} - 0{,}5\right)\left(1 + \sum_{s=3}^{n}\left(\frac{\mu_s(U)}{(\mu_2(U))^s}\frac{(0{,}5N - j)^{s-2}}{(Nk)^{s-2}(s-1)!}\right)\right), \qquad (4)$$

где $\mathrm{Me}(U)$, $\sigma(U)$ и $\mu_s(U)$ – медиана, среднее квадратическое отклонение и моменты s-го порядка, рассчитанные для выборки U случайных значений ЭКГ скользящего окна; k – коэффициент вариации, $k = [1\ldots3]$.

Из формулы (4) следует, что для сортированной выборки значений коэффициенты разложения аппроксимаций по степенным составляющим имеют свойства производных s-го порядка. Тогда коэффициенты разложения аппроксимаций можно рассматривать как операторы производных s-го порядка, найденных на основе центральных моментов выборки значений ЭКС для

скользящего временного окна. Применение операторов производных *s*-го порядка открыло возможность модифицировать известные методы выделения *QRS*-комплекса, применяемые в традиционном алгоритмическом анализе ЭКС, что позволило разработать новые способы обнаружения и предварительного выделения *QRS*-комплекса посредством вероятностного и информационного анализа выборки значений скользящего окна.

Обнаружитель *QRS*-комплекса, построенный на контроле временной зависимости суммы центральных моментов третьего $\mu_3(t_i)$ и четвертого $\mu_4(t_i)$ порядка выборки значений ЭКС в скользящем окне, представляет собой реализацию оператора суммы второй и третьей производных. В этом случае контролируемый параметр $X_\mu(t_i)$ для выборки скользящего окна в текущий момент времени рассчитывается по формуле

$$X_\mu(t_i)=\frac{\mu_3(t_i)}{\mu_{3\max}}+\frac{\mu_4(t_i)}{\mu_{4\max}}, \qquad (5)$$

где $\mu_{3\max}$ и $\mu_{4\max}$ – максимальные значения третьего и четвертого центральных моментов, рассчитанные для интервала времени наблюдения ЭКС.

Временной интервал для *QRS*-комплекса определен из условия, что контролируемая величина $X_\mu(t_i)$ больше порогового значения $X_{\mu\text{п}}$:

$$\left|X_\mu(t_i)\right| > X_{\mu\text{п}}. \qquad (6)$$

Пример работы обнаружителя *QRS*-комплекса показан на рис. 4.

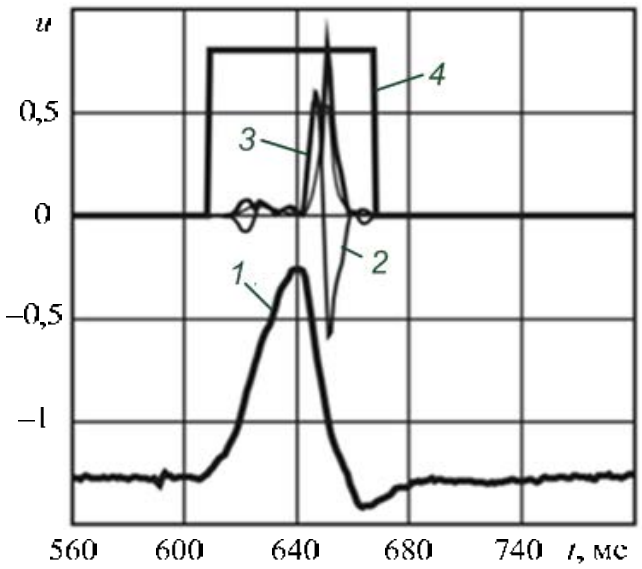


Рис. 4. Изменение операторов суммы производных второго и третьего порядка в скользящем окне: *1* – *QRS*-комплекс ЭКС; *2* и *3* – центральные моменты третьего и четвертого порядка, приведенные к их максимальным значениям; *5* – справедливость неравенства (6)

Пороговое значение контролируемого параметра $X_{\mu п}$ для обнаружения *QRS*-комплекса при достоверности обнаружения 0,95 устанавливается на уровне 10^{-1}–10^{-2}. Высокая достоверность обнаружения *QRS*-комплекса достигается благодаря нелинейной зависимости моментов высокого порядка от максимальной разницы между текущим $u(t_j)$ и средним $\bar{u}(t_i)$ значениями в скользящем окне.

Различие активности кардиомиоцитов во время деполяризации и реполяризации отражено в разности значений скользящего окна *QRS*-комплекса и разницы значений *T*- и *P*-зубцов. Пример обнаружения *QRS*-комплекса, *P*- и *T*-зубцов дан на рис. 5.

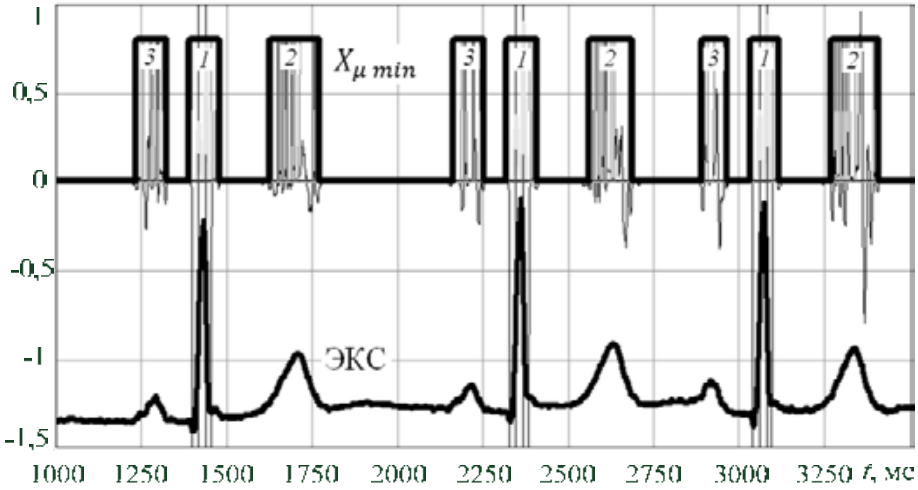


Рис. 5. Обнаружение *QRS*-комплекса, *P*- и *T*-зубцов:
1, *2* и *3* – *QRS*-комплекс, *T*- и *P*-зубцы соответственно

Если разница значений *QRS*-комплекса в 4–10 раз больше разницы значений *T*- и *P*-зубцов, то отношение контролируемого параметра $X_{\mu}(t)\,X_{\mu}(t_i)$ во временных интервалах *QRS*-комплекса и *T*- и *P*-зубцов отличается на 3–6 порядков. В связи с тем, что разницы значений, обусловленные высокочастотными и низкочастотными помехами, в разы отличаются от разницы значений зубцов, применение контролируемого параметра $X_{\mu}(t)$ в скользящем временном окне делает возможным обнаружение зубцов ЭКС за счет установления порогового значения на уровне 10^{-6}–10^{-4} для *P*-зубцов и 10^{-4}–10^{-2} для *T*-зубцов. Так как критерии $X_{\mu\,min}$ для *QRS*-комплекса и *T*- и *P*-зубцов отличаются на 2–3 порядка, применение критерия позволяет однозначно различить обнаруженные сегменты ЭКС.

Технология энтропийно-параметрического обнаружения ЭКС

Особенность действия определителей *R*-зубца состоит в возможности оценки положения максимума *R*-зубца по характерному минимуму между двумя максимумами. Нелинейное увеличение разниц сигнала делает возмож-

ным обнаружение сигнала непосредственно по исходной выборке сигнала. Обнаружение *R*-зубца отражается на изменении суммы моментов второго и третьего порядка в форме увеличения интенсивности сигнала в области *QRS*-комплекса.

Применение энтропийно-параметрического потенциала позволило изменить технологический процесс обнаружения *QRS*-комплекса и зубцов ЭКС. На рис. 6 приведена технологическая последовательность обработки при использовании энтропийно-параметрических способов обнаружения ЭКС.

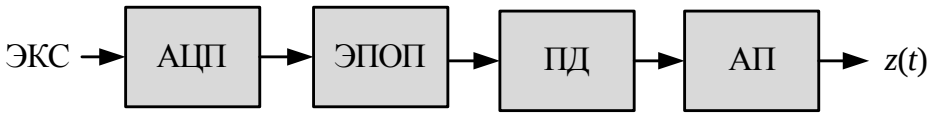


Рис. 6. Последовательность при использовании
энтропийно-параметрических способов обнаружения зубцов ЭКС
(ЭПОП – энтропийно-параметрический оператор)

Характерный пример энтропийно-параметрического обнаружения *R*-зубца, основанный на изменении суммы центральных моментов третьего и четвертого порядка в скользящем окне, содержащем 17 значений, показан на рис. 7.

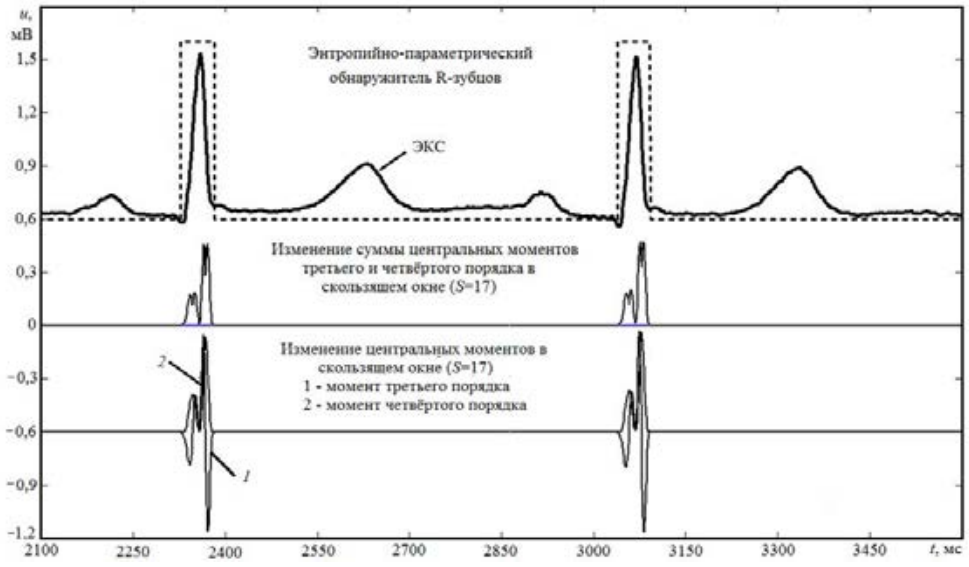


Рис. 7. Энтропийно-параметрическое обнаружение *R*-зубца

После выделения значений суммы моментов для области *QRS*-комплекса на уровне 1 % от их максимального значения выделенные значения для суммы моментов принимают равными нулю. Полученная выборка значений анализируется на новом уровне для анализа *T*- и *P*-зубцов. Пример обнаружения положения *T*- и *P*-зубцов ЭКС показан на рис. 8. Такой подход

делает возможным обнаружение значений в области *R*-зубца, принадлежащих *QRS*-комплексу.

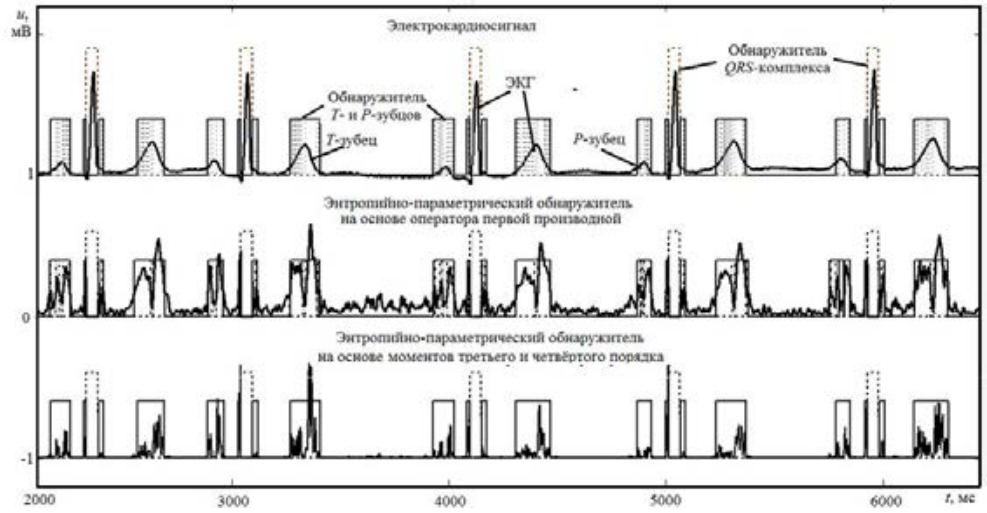


Рис. 8. Энтропийно-параметрическое обнаружение *T*- и *P*-зубцов

Для построения процедуры оценки первой производной по значениям выборки скользящего окна относительно момента времени, соответствующего положению центра окна, используется отношение, рассчитанное для выборки значений скользящего окна, энтропийно-параметрического потенциала к произведению числа значений выборки на процедурное время получения одного значения. Следует отметить, что при работе обнаружителя, реализующего оценку первой производной, сохраняется действие помехи, накладываемой на сигнал, на уровне 10 % от максимального энтропийно-параметрического потенциала, рассчитанного для *T*- и *P*-зубцов. Высокое действие помехи на энтропийно-параметрический потенциал затрудняет обнаружение зубцов непосредственно по значениям ЭКС и усиливает влияние артефактов.

Процедура оценки суммы второй и третьей производных по выборке значений скользящего окна реализована в виде отношения суммы центральных моментов третьего и четвертого порядка к произведению количества значений в выборке на процедурное время получения одного результата. Для получения соразмерности моментов третьего и четвертого порядка при построении обнаружителя используются приведенные моменты к их максимальным значениям на интервале времени в несколько кардиоциклов (1–5 циклов). Высокая чувствительность обнаружения *T*- и *P*-зубцов при использовании суммы моментов третьего и четвертого порядка достигается благодаря нелинейному преобразованию разностей значений в области зубцов относительно разности помех в *ST*- и *TP*-интервалах. Характерная оценка моментов для разниц соседних значений в *ST*- и *TP*-интервалах на 2–3 порядка меньше по сравнению с разницами соседних значений для эпох

P- и *T*-зубцов. Порог детектора при определении *P*- и *T*-зубцов с помощью суммы моментов второго и третьего порядка устанавливается на уровне 0,01–0,1 % от максимального значения суммы моментов в интервале 3–5 кардиоциклов, которые приходятся на интервалы *R*-зубцов. При обнаружении *P*- и *T*-зубцов происходит дополнительное определение области интенсивности *Q*- и *S*-зубцов.

Обсуждение результатов

В целях улучшения определения диагностически значимых интервалов ЭКС на основе информационно-статистического анализа были разработаны два способа обнаружения *QRS*-комплекса: *первый способ* реализует оценку неопределенности значений выборки скользящего окна, *второй способ* построен на сумме центральных моментов третьего и четвертого порядка. Применение центрированных статистических оценок, рассчитанных на основе всей выборки скользящего окна, обеспечивает нечувствительность обнаружителей к низкочастотным помехам и дрейфу ЭКС, так как возможность оценки контролируемых параметров непосредственно по выборке значений ЭКС снижает воздействие высокочастотных помех.

При сравнении обнаружителей *QRS*-комплекса обнаружитель, построенный на основе оператора первой производной, реализует определение максимума положения *R*-зубца. Такой обнаружитель удобно использовать для определения частоты сердечных сокращений по длительности *RR*-интервалов и для исследования вариабельности сердечного ритма. Реализация обнаружителей *QRS*-комплекса и *P*-*T*-зубцов на основе энтропийно-параметрического потенциала является гибким инструментом, удобным на этапе диалогового анализа ЭКС. При реализации контроля параметра на основе суммы третьего и четвертого моментов обнаружители для выделения *QRS* стабильны при реализации автоматического анализа ЭКС.

Нелинейные свойства обнаружителя обеспечивают преобразование разницы приращений сигнала более чем на два порядка. Это означает, что при установлении порогового значения $X_{\text{мп}}$ на уровне 1 % от максимального значения контролируемого параметра $X_{\mu}(t_i)$ для эпох *T*- и *P*-зубцов параметр $X_{\mu}(t_i)$ будет меньше на 2–3 порядка: $\lg(\Delta X_3) > 2$. Так как продукция энтропии для помех сигнала меньше, чем продукция энтропии, вызванная электрической активностью сердца, то значение параметра $X_{\mu}(t_i)$ от действия помех также на несколько порядков меньше контролируемой величины. Нелинейные свойства энтропийно-параметрических обнаружителей иллюстрирует рис. 9, где параметр ΔX задан в логарифмических координатах.

Для обнаружителей на основе первой производной порог устанавливается на уровне характерных изменений *QRS*-комплекса, т.е. разница между порогом $X_{\text{мп}}$ и значениями параметра X_{μ} эпохи *P*-*T*-зубцов отличается менее чем на порядок: $\lg(\Delta X_1) < 0{,}5$.

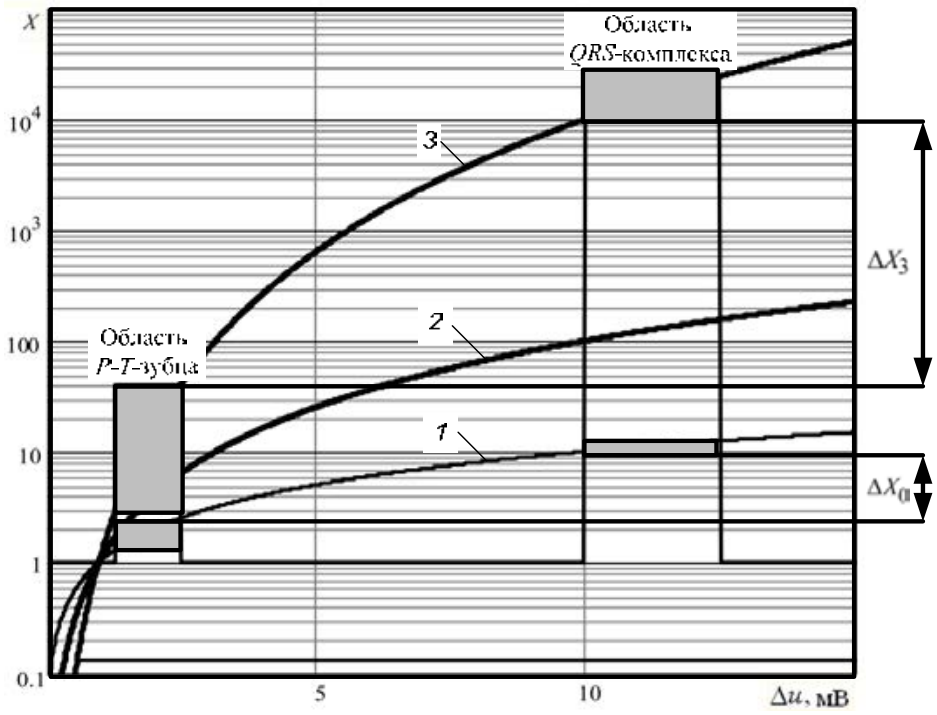


Рис. 9. Нелинейные свойства энтропийно-параметрических обнаружителей: *1* и *2* – на основе оператора первой производной; *3* – на основе моментов третьего и четвертого порядка

Таким образом, нелинейные свойства обнаружителя *QRS*-комплекса, построенного на контроле временной зависимости суммы центральных моментов третьего и четвертого порядка, обеспечивают высокую эффективность обнаружения *QRS*-комплекса, близкую к 100 % без предварительной обработки сигнала. Особенность энтропийно-параметрических обнаружителей состоит в том, что математическая форма для обнаружения *QRS*-комплекса и *P*-*T*-зубцов не меняется, в отличие от существующих обнаружителей, имеющих близкие значения эффективности при обнаружении *QRS*-комплексов.

В связи с тем, что интенсивность изменения состояния электрической системы сердца при реполяризации миокарда сопоставима с интенсивностью артефактов двигательной активности и наводимыми помехами в автоматическом режиме, возможно только обнаружение *T*- и *P*-зубцов с помощью оператора суммы второй и третьей производных. Для повышения достоверности выделения и последующего анализа зубцов необходима предварительная обработка сигнала, предусматривающая подавление помех и исключение артефактов.

Заключение

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

В настоящее время объединение вероятностного и информационного направления развития методов обработки ЭКС в мобильных системах мони-

торинга формирует тенденцию перехода средств медицинской диагностики на новый качественный уровень.

Основные свойства обнаружителей *QRS*-комплекса и зубцов ЭКС обусловлены термодинамической взаимосвязью между электрической активностью тканей сердца и неопределенностью выборки значений ЭКС скользящего временного окна. Свойства обнаружителей заключаются в увеличении энтропийно-параметрического потенциала во временных интервалах зубцов ЭКС.

При реализации оператора суммы второй и третьей производных ЭКС на основе суммирования центральных моментов третьего и четвертого порядка для значений скользящего окна нелинейные свойства оператора суммы производных позволяют достоверно обнаруживать *QRS*-комплекс, *T*- и *P*-зубцы.

Вероятностный анализ неупорядоченности значений выборки ЭКС с целью обнаружения временных интервалов *QRS*-комплекса, *T*-зубца, *RR*- и *ST*-интервалов проводится непосредственно по зарегистрированным выборочным данным, для которых информация не искажена в результате предварительной обработки данных с целью подавления помех. Такой подход позволяет изменить структуру системы мониторинга, добавив качественно новые возможности как на этапе регистрации ЭКС, так и на этапе автоматического анализа с помощью дешифратора.

Библиографический список

1. Национальные Российские рекомендации по применению методики Холтеровского мониторирования в клинической практике // Российский кардиологический журнал. – 2014. – № 2 (106). – С. 6–71.
2. Пат. 2540528 Российская Федерация, МПК A61B5/0402. Устройство для регистрации электрокардиосигнала в условиях свободной двигательной активности / Бодин О. Н., Кривоногов Л. Ю., Петровский М. А., Рахматуллов Ф. К., Иванчуков А. Г., Бальзанникова Е. А., Папшев Д. В. ; заявл. 16.07.2013 ; опубл. 10.02.2015, Бюл. № 4
3. A new telemonitoring system intended for chronic heart failure patients using mobile telephone technology / S. Winkler, M. Schieber, S. Lücke, P. Heinze, T. Schweizer, D. Wegertseder, M. Scherf, H. Nettlau, S. Henka, M. Braeklein, S. D. Anker, F. Koehler // Feasibility study. Int J Cardiol. – 2011. – Vol. 153, № 1. – P. 55–58.
4. Telemonitoring with implantable electronic devices in young patients with congenital heart diseases / P. A. Zartner, N. Toussaint-Goetz, J. Photiadis, W. Wiebe, M. B. Schneider // Europace. – 2012. – Feb. 2.
5. Бодин, О. Н. Методы и средства обработки кардиографической информации : моногр. / О. Н. Бодин. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2008. – 350 с.
6. Бодин, О. Н. Концепция диагностики состояния сердца в условиях свободной активности / О. Н. Бодин, А. Г. Иванчуков, В. Г. Полосин, М. А. Петровский // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. – URL: www.science-education.ru / 120-16008 (дата обращения: 12.09.2015).
7. Клебнева, А. Е. Разработка алгоритмов обработки электрокардиосигналов для беспроводных систем мониторинга важнейших показателей жизнедеятельности / А. Е. Клебнева, Л. Ю. Кривоногов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2011. – № 1. – С. 198–201.
8. Пат. 2323681 Российская Федерация, МПК A61B5/02; A61B5/0452; A61B5/0482. Способ коррекции функционального состояния человека / Кузьмин А. А., Филист С. А., Пронин Т. В. ; заявл. 29.05.2006 ; опубл. 29.05.2006.

9. Кузнецов, А. А. Измерительные характеристики и свойства информационной энтропии диаграмм ритма сердца / А. А. Кузнецов // Измерительная техника. – 2011. – № 7. – С. 65–70.
10. Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation and clinical use // Eorop. Heard J. – 1996. – Vol. 17. – P. 354–381.
11. Рангайян, Р. М. Анализ биомедицинских сигналов. Практический подход / Р. М. Рангайян. – М. : Физматлит, 2007. – 440 с.
12. Clifford, G. D. Signal processing methods for heart rate variability analysis : PhD Thesis michaelmas Term / G. D. Clifford. – 2002. – 244 p. – URL: http://web.mit.edu/~gari/www/papers/GDCliffordThesis.pdf
13. Digital Signal Processing. C-Language Examples and Laboratory experiments for the IBM PC. ECG QRS Detection / ed. W. J. Tomkins. – New Jersey : Prentice Hall. Upper Saddle River, 2000. – 450 p.
14. Пат. 2410023 Российская Федерация. Способ выделения QRS-комплекса электрокардиосигнала / Бодин О. Н., Зайцева О. А. Кривоногов Л. Ю., Логинов Д. С., Рахматуллов Ф. К. ; заявл. 29.04.2009 ; опубл. 27.01.2011, Бюл. № 1.
15. A comparison of the noise sensitivity of nine QRS detection algorithms. / G. S. Friesend, T. S. Jannett, M. A. Jadallan, S. L. Yates, S. R. Quint, H. T. Nagle // IEEE Trans. Biomed Eng. BME. – 1990. – Vol. 37, № 1. – P. 85–98.
16. Дроздов, Д. В. Влияние фильтрации на диагностические свойства биосигналов / Д. В. Дроздов // Функциональная диагностика. – 2011. – № 3. – С. 75–78.
17. Burri, H. Simulation of myocardial infarction by ECG filters / H. Burri, H. Sunthorn, D. Shah // Journal of Electro cardiology. – 2006. – Vol. 39, Is. 3. – P. 253–258.
18. Ning, X. ECG Enhancement and QRS Detection Based on Sparse Derivatives / X. Ning, I. W. Selesnick // Biomedical Signal Processing and Control. – 2013. – № 8. – P. 713–723.
19. Полосин, В. Г. Статистические методы построения фазовой траектории электрокардиосигнала / В. Г. Полосин, О. Н. Бодин, С. А. Балахонова, Р. В. Рябчиков // Фундаментальные исследования. – 2014. – Т. 12, № 9. – С. 2660–2665.
20. Рябыкина, Г. В. Холтеровское и бифункциональное мониторирование ЭКГ и артериального давления / Г. В. Рябыкина, А. В. Соболев. – М. : Медпрактика–М, 2016. – 352 с.
21. Рахматуллов, Ф. К. Чреспищеводная электрокардиостимуляция сердца и клиническая электрофизиология антиаритмических средств : моногр. / Ф. К. Рахматуллов. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – 112 с.
22. Полосин, В. Г. Способ статистического анализа электрокардиографической информации / В. Г. Полосин // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2014. – № 10. – С. 120–126.
23. Предсердная электромеханическая диссоциация при изолированной фибрилляции предсердий / Ф. К. Рахтатуллов, О. В. Захарова, А. Ф. Рахматуллов, С. А. Пчелинцева, А. Ф. Рахматуллова, Е. Г. Зиновьева // Известия высших учебных заведений. Поволжскийрегион. Медицинскиенауки. – 2011. – № 4 (20). – С. 72–82.

Полосин Виталий Германович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра физики,
Пензенский государственный университет
E-mail: polosin-vitalij@yandex.ru

Polosin Vitaly Germanovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of physics,
Penza State University

УДК 53.082.9: 612.172.4
Полосин, В. Г.

Особенности энтропийно-параметрического исследования временных интервалов электрокардиосигнала / В. Г. Полосин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 237–254.

УДК 330.47

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС УЧЕТА ТРУДОВЫХ ЗАТРАТ, СВЯЗАННЫХ С СОЗДАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИИ

М. В. Филиппов, Д. В. Завьялов

PROGRAM COMPLEX OF THE ACCOUNTING OF THE LABOR EXPENSES CONNECTED WITH CREATION OF ELECTRONIC INFORMATION

M. V. Filippov, D. V. Zavyalov

Аннотация. *Актуальность и цели*. Описан созданный авторами программный комплекс CostInformation, который позволяет отслеживать действия сотрудников в сети организации и определять суммарные трудовые затраты, идущие на создание электронной информации различного вида. Актуальность работы заключается в том, что решение данной задачи позволит правильно оценивать электронные ресурсы компании и обеспечит адекватную оценку труда сотрудников, создающих информацию в электронном виде. Новизна заключается в разработке методики численного расчета стоимости электронной информации и создании нового программного обеспечения. *Материалы и методы*. Предложенная методика решения задачи учета трудовых затрат носит расчетный характер, и для ее применения создан новый программный комплекс CostInformation. Программа фиксирует затраченное время на создание электронной информации. На основе этого выполняется расчет стоимости созданной информации исходя из часовой тарифной ставки работника. *Результаты*. Получены данные по стоимости электронной информации на примере кафедр и факультетов Волгоградского института бизнеса. *Выводы*. Предложенное решение позволяет найти стоимость электронной информации, созданной в организации, что дает возможность более правильно выполнять нормирование и организацию оплаты труда, рассчитывать стоимость затрат, необходимых на резервирование информации.

Ключевые слова: программный комплекс, электронная информация, стоимость электронной информации, учет времени создания информации, расчет стоимости информации, трудовые затраты, оценка трудовых затрат.

Abstract. *Background*. In article the program CostInformation complex which allows to monitor actions of employees on a network of the organization is described and to define the summary labor expenses going for creation of electronic information. Relevance of operation consists in a possibility of the correct assessment of electronic resuros of the organization. It provides an adequate assessment of work of the employees creating information in electronic form. Novelty of a research consists in development of a technique of numerical calculation of cost of electronic information and creation of the new software. *Materials and methods*. The technique of the decision of the task of the accounting of the labor expenses connected to information creation has estimated character. The CostInformation complex is for this purpose created program. The program fixes the spent time for creation of electronic information. On the basis of it calculation of cost of the created in-

formation, proceeding from an hour tariff rate of the worker is executed. *Results*. During the research these costs of electronic information on the example of departments of the Volgograd institute of business are received. *Conclusions*. The cost of the electronic information created in the organization allows to find the proposed solution. It gives the chance of the correct rating of work of the workers creating electronic information. Calculation the cost of the expenses necessary for reservation of electronic information is also correctly executed.

Key words: program complex, electronic information, cost of electronic information, accounting of time of creation of information, calculation of cost of information, labor expenses, calculation of labor expenses.

Введение

Информатизация все глубже проникает во все стороны профессиональной деятельности человека. Можно утверждать, что электронная информация в настоящее время создается практически во всех организациях и учреждениях. При этом для многих компаний и учреждений, связанных с ведением многочисленной электронной документации, актуальной является задача определения стоимости созданной электронной и обрабатываемой информации [1]. Особенно остро данная задача стоит перед IT-компаниями. Для многих современных IT-компаний информация представляет собой предмет бизнеса: они продают информацию в виде нового программного обеспечения. Для таких компаний электронная информация – основной ресурс, обеспечивающий коммерческую деятельность на рынке. Но чтобы правильно назначить цену своему товару – электронной информации, необходимо определить себестоимость создания этого товара. Следовательно, нужно правильно рассчитать трудовые затраты, связанные с созданием информации. Также проблема оценки трудовых затрат, связанных с созданием электронной информации, актуальна и для учебных организаций, в которых накапливаются огромные объемы учебной информации, стоимость которой может измеряться десятками миллионов рублей. Но обеспечением безопасности этой информации учебные организации практически не занимаются, так как руководство не представляет, какую реальную стоимость она имеет.

Методика численного решения задачи оценки трудовых затрат, связанных с созданием электронной информации

Существует несколько подходов к определению стоимости электронной информации. Самой простой и вместе с тем достаточно адекватной оценкой стоимости созданной информации является подход, изложенный в опубликованных ранее работах авторов [2, 3]. Согласно этому подходу затраты складываются из следующих составляющих:

– затраты, связанные с оплатой труда сотрудников компании, создающих и редактирующих информацию в электронном виде;

– затраты, связанные с отчислениями организации на страховые взносы своим сотрудникам;

– затраты, связанные с эксплуатацией компьютерного оборудования (оплата электроэнергии, расходные материалы, амортизация оборудования и пр.);

– затраты, связанные с приобретением программного обеспечения.

С учетом того, что основной составляющей в стоимости информации является оплата труда сотрудников, главной проблемой будет учет рабочего времени, которое расходуется на создание новой и редактирование имеющейся информации. В настоящее время отсутствуют математические методы и модели, позволяющие производить точный расчет стоимости электронной информации. Есть несколько подходов, которые используются IT-компаниями на практике. Первый подход заключается в усредненной оценке стоимости выполненных проектов за определенный период времени и пропорционального расчета стоимости проектов по отдельности.

Допустим, небольшая IT-компания выполнила 4 проекта за год. Длительность работы по каждому проекту составила:

1 проект – 3 месяца;

2 проект – 2 месяца;

3 проект – 4 месяца;

4 проект – 3 месяца.

Общий доход от выполненных проектов, полученный компанией, составил 2400 тыс. руб. Тогда в пропорциональном виде стоимость проектов составит:

1 проект – 600 тыс. руб.;

2 проект – 400 тыс. руб.;

3 проект – 800 тыс. руб.;

4 проект – 600 тыс. руб.

Если затраты компании на производственные расходы, заработную плату, налоги и прочее за указанные месяцы были меньше, чем рассчитанная стоимость, то проект был окупаемым. Если затраты превысили полученную стоимость по проекту, то проект оказался убыточным. Подход достаточно примитивный, но помогает небольшим компаниям (в штате которых от 3 до 10 человек) в целом оценивать свою результативность.

Недостатки подхода очевидны:

– для адекватной оценки необходимо использовать длительный временной период;

– можно применять только при небольшом числе сотрудников в компании;

– мелкие задачи продолжительностью в несколько дней оценить невозможно;

– проекты должны идти последовательно друг за другом. Если проекты идут параллельно, оценить реальные временные затраты на каждый проект невозможно.

Поэтому в более крупных IT-компаниях, в которых выполняется одновременно несколько проектов, применяют почасовой учет работы сотрудников в каждом проекте. Например, в интернет-агентстве «Интерволга» сотрудники заполняют следующие таблицы:

Дата	Сотрудник	Название проекта	Время работы с проектом
01.06.2017	Круглов В. И.	веб-сайт «Хостел»	8.00–9.00
		веб-сайт «Хостел»	9.00–10.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	10.00–11.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	11.00–12.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	13.00–14.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	14.00–15.00
		веб-сайт «Хостел»	16.00–17.00
		веб-сайт «Норд»	17.00–18.00
02.06.2017	Марков Г. И.	веб-сайт «Хостел»	8.00–9.00
		веб-сайт «Норд»	9.00–10.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	10.00–11.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	11.00–12.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	13.00–14.00
		веб-сайт «Мастер_инструмент»	14.00–15.00
		веб-сайт «Хостел»	16.00–17.00
		веб-сайт «Норд»	17.00–18.00
….			

Каждый сотрудник должен указывать дату, проект и время, которое было затрачено на работу с этим проектом. В конце месяца подводятся итоги по каждому проекту. Созданное в интернет-агентстве специальное программное обеспечение автоматически суммирует данные по разным таблицам всех сотрудников, принимающих участие в проектах. В итоге получаются итоговые значения по каждому сотруднику и проекту:

Сотрудник	Название проекта	Затраты времени в месяц (час)	Тарифная ставка (руб./час)	Стоимость работ (руб.)
Круглов В. И.	веб-сайт «Хостел»	44	200	8000
	веб-сайт «Мастер_инструмент»	68	200	13 600
	веб-сайт «Норд»	56	200	11 200
Марков Г. И.	веб-сайт «Хостел»	32	150	4800
	веб-сайт «Мастер_инструмент»	58	150	8700
	веб-сайт «Норд»	78	150	11 700
…..				

Название проекта	Стоимость проекта
веб-сайт «Хостел»	12 800
веб-сайт «Мастер_инструмент»	22 300
веб-сайт «Норд»	22 900
…	

Данный подход имеет преимущества и позволяет в итоге получить необходимые значения по каждому проекту. Однако можно выделить следующие недостатки:

– сотрудникам вручную необходимо заносить данные в таблицы;

– наличие ошибок в данных, которые связаны с забывчивостью сотрудников;

– высокая погрешность расчетов, связанная с округлениями до целого часа.

Существуют также подходы к оценке стоимости информации на основе экспертных оценок, когда путем опроса специалистов можно приблизительно определить стоимость информации. Однако значения, полученные в результате такой оценки, являются весьма приблизительными, и опираются они на субъективное мнение опрашиваемых.

Для исключения субъективности оценки проектов и ручного учета времени работы сотрудников авторами предложен метод численного решения. Методика численного решения задачи оценки стоимости электронной информации (проектов), исходя из понесенных затрат сотрудников организации на ее создание, заключается в следующем. На сервере компьютерной сети компании создаются папки, которые могут хранить информацию. Непосредственно измеряется время работы сотрудников с каждым проектом (точнее, с файлами), что возможно только с использованием самого компьютера. CostInformation отслеживает активные действия пользователей персональных компьютеров (ПК) при создании новых файлов и редактировании имеющихся. При настройке программного обеспечения (ПО) можно задавать время простоя, после которого считается, что пользователь перестал работать на ПК. Например, сотрудник не все время пользуется клавиатурой и мышкой. Он может делать паузы, чтобы обдумать что-то и принять решения. Поэтому короткие временные интервалы входят в оценку времени работы с электронной информацией. Длинные временные интервалы простоя (от 3 минут) уже не входят в расчет стоимости электронной информации.

Программный комплекс CostInformation отслеживает изменения информации в заданных папках, которые входят в проект (подразделение). При этом папки могут выступать в роли проектов (рис. 1) или в роли хранилища информации по подразделениям (рис. 2).

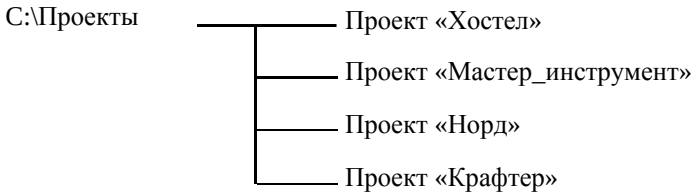


Рис. 1. Структура хранения информации в компании по проектам

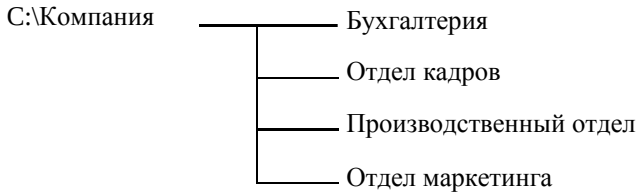


Рис. 2. Структура хранения информации в компании по подразделениям

В первом случае работник в один и тот же промежуток времени может работать над несколькими проектами, и в рамках каждого из них он создает или изменяет различные файлы, расположенные в определенных папках. Во втором случае все работники подразделения хранят свои данные в специально выделенной сетевой папке. С учетом того, как логически используются сетевые папки, расчет стоимости созданной информации выполняется либо по проектам, либо по отделам. В любом случае в результате можно получить итоговую стоимость всей созданной и обрабатываемой информации в организации. Программа подсчитывает итоговую стоимость трудовых затрат по формуле

$$Sj = \sum Cij \cdot Tij \ \text{(руб.)},$$

где *Sj* – стоимость трудовых затрат по *j*-проекту (руб.); *Cij* – тарифная ставка *i*-работника, работающего с *j*-проектом (руб./час); *Tij* – время, затраченное *i*-работником на *j*-проект (час).

Таким образом, по факту вычисляется стоимость трудовых затрат, которые можно с определенными допущениями принять за стоимость проекта или стоимость электронной информации для отдельного подразделения.

Описание программного комплекса **CostInformation**

CostInformation предназначен для оценки стоимости информации на основе слежения за файлами проекта (подразделения), расчета рейтинга их изменения и расчета стоимости этого изменения на основе фиксируемой информации о времени, затраченном на работу с электронной информацией.

Программный комплекс оценки стоимости электронной информации логически состоит из двух частей:

– администраторская часть;

– клиентская часть.

Администраторская часть (рис. 3) позволяет выполнять следующие функции:

– управление пользователями в базе данных, которая позволяет добавлять новых пользователей, удалять их и менять основную информацию о них (логин и пароль, часовую тарифную ставку, дополнительные характеристики);

– управление папками (проектами и подразделениями) в базе данных, которая предназначена для управления сетевыми папками на сервере или на локальном компьютере;

– назначение пользователей проектам и просмотр информации закрепления пользователя за проектами (подразделениями) и проектов за пользователями;

– просмотр статистики работы пользователей с электронной информацией;

– просмотр статистики работы по изменению информации в проектах (подразделениях).

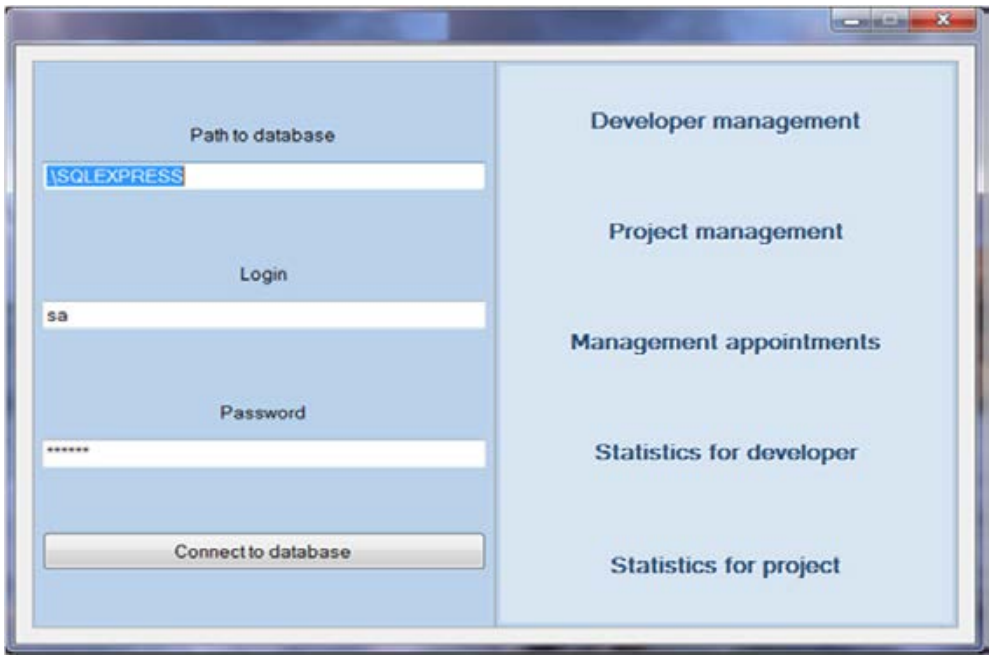


Рис. 3. Интерфейс администраторской части программы

Пользовательская часть (рис. 4) выполняет непосредственно контроль и фиксацию изменения электронной информации. При наличии таких изменений, произошедших со стороны компьютера пользователя, вся полученная информация (размер измененной информации, время работы с информацией, данные пользователя) регулярно передается в базу данных учета статических параметров.

Системные требования программы:

– СУБД MS SQL 2000 и выше на сервере для хранения информации о проектах и пользователях;

– платформа .NET (на данный момент 3.5 и выше) необходима, так как программный комплекс написан на языке C#;

– операционная система Windows XP и выше;

– отслеживаемые файлы doc, docx, txt, xls, xlsx, ppt, pptx, htm, html, php, bmp, jpg, gif, png, tiff.

В настоящее время программный комплекс работает только на платформе Windows в силу того, что часть программного кода использует системные вызовы Windows для получения информации об окнах запущенных

программ и организации перехвата клавиатурных нажатий. В дальнейшем предполагаются программы для возможности использования на ОС Linux под Mono.

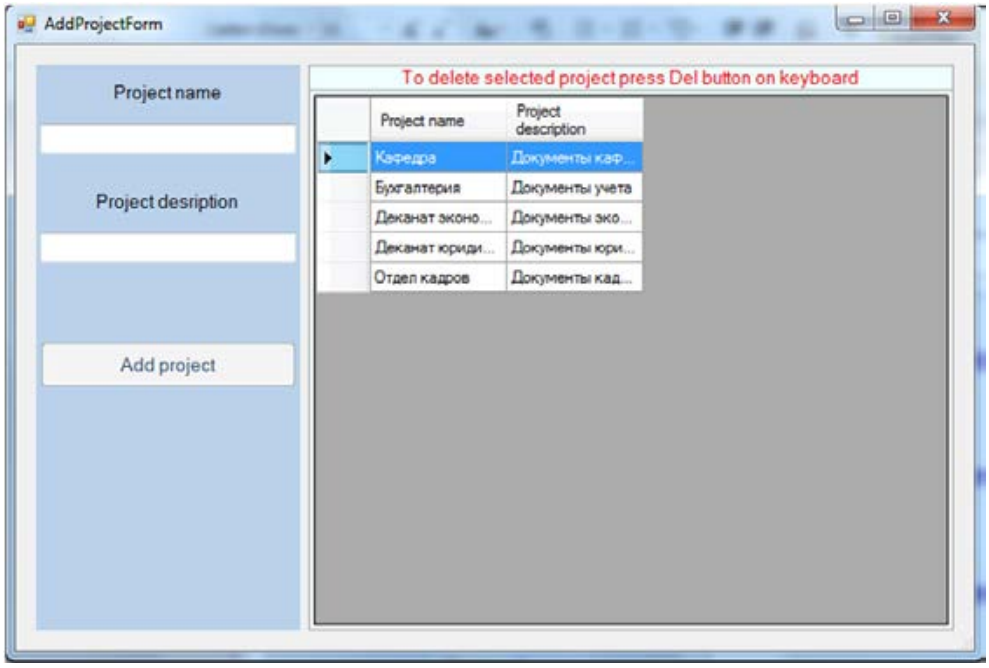


Рис. 4. Интерфейс пользовательской части программы

Процесс работы с программным комплексом состоит из двух этапов. На первом этапе менеджер проектов в администраторской части должен внести пользователя в базу и назначить ему проект (проекты) или подразделение в зависимости от того, как будет построен учет стоимости информации – по проектам или по отделам компании. После этого при запуске клиентской части программы пользователь получит сообщение о добавлении его в проект и сможет назначить папки, в которых будут находиться файлы проекта.

Далее клиентская часть программы запоминает сопоставления проектов пользователя и их папок в файле на локальном компьютере (или сервере) и при следующем запуске загружает эти сопоставления из файла. В настоящее время у пользователя есть возможность изменить папки, назначенные на проект. В дальнейшем предполагается разработать расширенную систему прав доступа к проектам, чтобы только администратор мог управлять проектами.

Клиентская часть комплекса при запуске сканирует все папки, которые назначены в проект, и устанавливает слежение за файлами в этих папках. Слежение устанавливается только за файлами необходимых расширений, которые задаются в отдельном файле. При любом изменении какого-либо файла в проекте с подходящим расширением возникает системное событие. Программа его перехватывает и обрабатывает, рассчитывая новый рейтинг про-

екта – некую обобщенную величину, квалифицирующую трудозатраты на проект. Кроме слежения за файлами проекта, клиентская часть комплекса следит за нажатиями клавиш, перехватывая возникающие при этом системные события. Перехватывать нажатия необходимо для более точной оценки времени, в течении которого пользователь работал над проектом. Процесс определения проекта по нажатой клавише состоит из нескольких этапов:

– программа определяет при нажатии клавиши процесс, которому принадлежит окно, «получившее» нажатие;

– далее определяются все файлы и папки, открытые процессом, и на основе этой информации делается вывод о том, «принадлежит» ли нажатие какому-либо из проектов пользователя или нет.

Если нажатая клавиша «принадлежит» какому-либо процессу, то информация о нажатии сохраняется в специальной структуре для дальнейшей обработки. Впоследствии программа анализирует выполненные нажатия клавиш для проектов и рассчитывает время работы над каждым из них. В итоге определяется стоимость работы сотрудника, которая переносится в стоимость проекта (при этом может быть учтен рейтинг проекта, набранный за время работы пользователя над ним).

Рассмотрим основные классы и их методы в клиентской части программы (рис. 5).

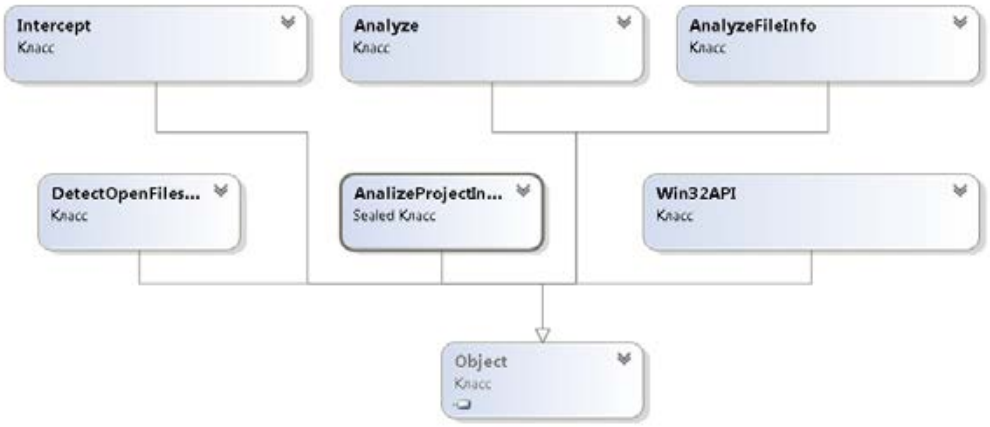


Рис. 5. Классы программного комплекса CostInformation

AnalyzeFileInfo – класс события анализа файла. Экземпляр этого класса создается всякий раз, как возникает событие изменения какого-либо файла, находящегося в папке одного из отслеживаемых проектов. Основные поля:

– поле типа FileInfo, представляющее файл для анализа;

– поле типа FileSystemEventArgs, содержащее информацию о произошедшем событии;

– словарь старых состояний анализируемых файлов проектов для проведения сравнительного анализа изменений. В текущей версии комплекса словарь имеет тип Dictionary<String, FileInfo>, т.е. за старое состояние файла отвечает объект типа FileInfo. Это связано с тем, что в текущей версии ком-

плексная оценка проекта базируется просто на основе приращения размера файла и для ее оценки достаточно стандартной информации, содержащейся в типе FileInfo. Однако для более сложных типов оценок (статистической и т.д.) планируется усложнить тип значений словаря. Словарь является статическим полем.

AnalyzeProjectInfo – класс для хранения данных анализа одного проекта, содержащий комплексную оценку проекта.

Analyze – класс анализатора проектов. Основные поля:

– очередь объектов анализа типа Queue<AnalyzeFileInfo>. При возникновении каждого события анализа файла проекта поле добавляется в эту очередь, которая обрабатывается отдельным потоком, который также является полем класса Analyze типа Thread;

– словарь имен проектов по их папкам типа Dictionary<String, String>, необходимый для быстрого определения имени проекта по папке, в которой произошло файловое событие. Строится при запуске программы и обновляется при любом изменении списка папок проекта, сделанного пользователем;

– словарь имен проектов по ID процессов, работающих с этими проектами типа Dictionary<int, String>. Необходим для быстрого определения имени проекта, с которым произошло событие нажатия клавиши. Процесс определения проекта, для которого нажата клавиша, описан выше и занимает довольно много времени по компьютерным меркам. Запускать такой процесс для нажатия каждой клавиши очень накладно с точки зрения ресурсов центрального процессора, поэтому строится подобный словарь. Однако во время работы могут быть открыты разные проекты в одном и том же процессе (закрыли файл одного проекта в Word и открыли файл другого проекта в том же процессе Word), поэтому время от времени (примерно раз в секунду) словарь очищается и строится заново. Это обеспечивает достаточную точность определения проекта для нажатой клавиши и вместе с тем очень сильно разгружает центральный процессор.

Intercept – класс для перехвата событий клавиатуры, содержащий методы, запускающие и останавливающие слежение за нажатием клавиш, определяющие делегат, который будет вызываться всякий раз при нажатии. Используется стандартный метод из Win32 API – SetWindowsHookEx.

DetectOpenFilesAPI – набор функций для анализа принадлежности файла процессу, содержащий набор методов, сопоставляющих процесс и список открытых им файлов для построения словаря из класса Analyze. На данный момент метод основан на вызове функции NtSystemQueryInformation из ntdll.dll, что требует повышенных привилегий. В дальнейшем этот вызов будет заменен на вызов ZwSystemQueryInformation, работающий в userspace.

Win32API – набор функций, нужных для работы комплекса WinAPI, импортированных из системных библиотек.

Структура базы данных, используемая для учета проектов, представлена на рис. 6.

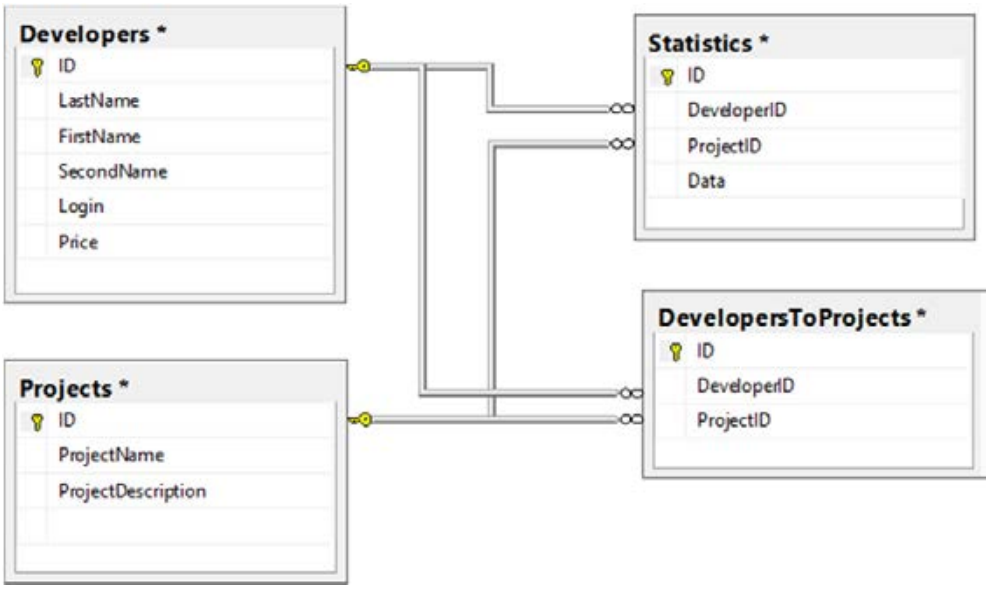


Рис. 6. Структура базы данных программного комплекса

База данных в текущей версии программы состоит из четырех таблиц.

1. Developers – в таблице хранится базовая информация о пользователях – Имя (поле FirstName), Фамилия (поле LastName), Отчество (поле SecondName), Логин (поле Login), Почасовая ставка (поле Price).

2. Projects – в таблице хранится информация о проектах – Название проекта (поле ProjectName), Описание проекта (поле ProjectDescription).

3. DeveloperToProjects – в таблице хранится информация о прикреплениях пользователей к проектам – Идентификатор проекта (поле ProjectID), Идентификатор пользователя (поле DeveloperID).

4. Statistics – в таблице хранится информация о статистике работы, внесенной пользователем в проект – Идентификатор проекта (поле ProjectID), Идентификатор пользователя (поле DeveloperID), информация о событии анализа проекта (время анализа, прибавка рейтинга с прошлого анализа и т.д.).

Заключение

Программный комплекс позволяет точно измерить время непосредственной работы сотрудников с электронной информацией. Это время позволяет оценить стоимость созданной электронной информации с учетом часовой тарифной ставки работы сотрудников организации. Оценка стоимости информации, которая создана и хранится в корпоративной сети компании, позволит руководству иметь объективные данные для принятия различных стратегических решений. Например, можно будет более точно определять затраты, необходимые для обеспечения защиты корпоративной информации. Также это позволит объективнее оценивать текущую заработную плату сотрудников, работающих с информационной системой предприятия. Полученные результаты также можно использовать при исследо-

вании механизма оплаты труда сотрудников компании, создающих электронную информацию.

Программный комплекс апробирован на примере Волгоградского института бизнеса. В результате получены объективные данные по стоимости электронной информации, созданной преподавателями кафедры информатики и математики за второй семестр 2016–2017 учебного года:

Сотрудник	**Проект (подразделение)**	**Период**	**Время работы с проектом (час)**	**Тарифная ставка (руб./час)**	**Сумма затрат (руб.)**
Филиппов М. В.	Кафедра информатики и математики	10.01.2017 – 01.06.2017	418,2	140	58 548
Завьялов Д. В.	Кафедра информатики и математики	10.01.2017 – 01.06.2017	135,1	140	18 914
Гройсман Е.	Кафедра информатики и математики	10.01.2017 – 01.06.2017	720,8	70	50 456
Фатина Т. П.	Кафедра информатики и математики	10.01.2017 – 01.06.2017	512,9	137	70 267,3
Алпатов А. В.	Кафедра информатики и математики	10.01.2017 – 01.06.2017	685,3	140	95 942
Итого (руб.)					294 127,3

Из таблицы видно, что стоимость электронной информации, созданной сотрудниками (участвующими в эксперименте), составила 294 127,3 руб. Потеря этой информации, соответственно, приведет к финансовым потерям учебной организации.

В настоящее время комплекс не учитывает:

– затраты, связанные с работой компьютерного оборудования (оплата электроэнергии, амортизация оборудования и пр.);

– затраты на приобретение программного обеспечения, которое будет использовано для создания новой информации в электронном виде;

– затраты, связанные с приобретением необходимых расходных материалов.

Учет этих затрат позволит в будущем более точно оценить стоимость электронной информации. В этом направлении ведется дальнейшая работа по совершенствованию программного комплекса. Программный комплекс разработан при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) и Правительства Волгоградской области в рамках проекта проведения научных исследований («Исследование механизма оплаты труда работников с учетом стоимости электронной информации, используемой в организации: проблемы, перспективы (на уровне Волгоградской обла-

сти)»), проект № 16-12-34005. Получено Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017612458 «Программный комплекс оценки стоимости электронной информации CostInformation».

Библиографический список

1. Шамрай-Курбатова, Л. В. Методика применения результатов теоретического моделирования в экономическом прогнозе стоимости электронной информации на примере высшего учебного заведения / Л. В. Шамрай-Курбатова, М. В. Филиппов // Современная научная мысль [Научный журнал НИИ Истории, Экономики и Права]. – 2017. – № 1. – С. 143–151.
2. Филиппов, М. В. Основные подходы к решению проблемы расчета стоимости информации, хранимой в электронном виде / М. В. Филиппов // Современное состояние и тенденции развития гуманитарных и экономических наук : сб. науч. тр. 3-й межвуз. науч.-практ. конф. с междунар. участием (Волгоград, 12 апреля 2011 г.). – Волгоград : Волгоградское научное издание, 2011. – С. 208–212.
3. Филиппов, М. В. Решение задачи расчета стоимости электронной информации, создаваемой сотрудниками организации, с учетом выполняемого вида работ / М. В. Филиппов, Д. В. Завьялов // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. – 2016. – № 3 (36). – С. 33–37.

Филиппов Михаил Владимирович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра информатики и математики,
Волгоградский институт бизнеса
E-mail: m_filippov@rambler.ru

Filippov Mikhail Vladimirovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of computer science
and mathematics,
Volgograd Institute of Business

Завьялов Дмитрий Викторович
доктор физико-математических наук,
доцент, кафедра информатики
и математики,
Волгоградский институт бизнеса
E-mail: sinegordon@gmail.com

Zavyalov Dmitry Viktorovich
doctor of physico-mathematical sciences,
associate professor,
sub-department of computer science
and mathematics,
Volgograd Institute of Business

УДК 330.47
Филиппов, М. В.
Программный комплекс учета трудовых затрат, связанных с созданием электронной информации / М. В. Филиппов, Д. В. Завьялов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 255–267.

УДК 621.002:681.3

ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ПРОЦЕССОВ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

А. А. Черепашков, П. А. Самойлов

METHODOLOGY OF GRAPHIC-ANALYTICAL MODELING IN TASKS OF THE ANALYSIS OF PROCESSES OF DEVELOPMENT AND DEPLOYMENT OF THE AUTOMATED SYSTEMS

A. A. Cherepashkov, P. A. Samoylov

Аннотация. *Актуальность и цели*. Проблематика выбора эффективных методов и средств оценки, формализации и наглядного представления бизнес-процессов актуальна для поддержки решения задач анализа и управления процессами проектирования, внедрения и эксплуатации организационно-технических систем в различных предметных сферах. Целью данного исследования является повышение эффективности управления процессами разработки и внедрения комплексных систем автоматизированного проектирования и подготовки производства. *Материалы и методы*. Обсуждается применение графических моделей и диаграмм в задачах анализа бизнес-процессов компаний-интеграторов систем промышленного назначения. Рассматривается ряд известных способов визуального представления моделей и процессов проектирования технических объектов и систем в различных предметных областях. *Результаты*. Предлагается альтернативная методика визуализации индикаторов процессов исполнения комплексного проекта по разработке и внедрению автоматизированных организационно-технических систем. *Выводы*. Разработанная методика графоаналитического моделирования и визуализации наглядно отражает динамику развития проекта организации и управления процессами разработки и эксплуатации систем автоматизированного проектирования (САПР), интегрированных в состав единого информационного пространства предприятия.

Ключевые слова: PLM-системы, интегрированные САПР, моделирование процессов проектирования.

Abstract. *Background*. Research is connected to a perspective of increase of effective management of development processes and implementations of complex automated design engineering systems and preparation of production. *Materials and methods*. In article application of graphic models and charts in tasks of the analysis of business processes of the companies of integrators of automated systems of industrial function is discussed. . A row of the known methods of visual representation of design processes of technical objects and systems in different data domains is considered. *Results*. The alternative technique of visualization of indicators of execution of the complex project for the organization and control systems is offered. *Conclusions*. The developed technique of graphic-analytical modeling visually reflects dynamics of development of the project of the organization and management of processes of development and operation of CAD/CAM systems, integrated into structure of a common information space of the enterprise.

Key words: CAD/CAM, PLM, processes modeling, complex automated systems.

Введение

Проблематика выбора эффективных методов и средств оценки, формализации и наглядного представления бизнес-процессов актуальна для поддержки решения задач анализа и управления процессами проектирования, внедрения и эксплуатации организационно-технических систем в различных предметных сферах [1]. При помощи графоаналитического моделирования определенных аспектов деятельности компании становится возможным достаточно точно и оперативно обнаруживать «узкие места» в управлении, оптимизировать общую схему бизнеса. Осознание важности моделирования бизнес-процессов со всей очевидностью произошло с появлением на рынке сложных программных продуктов, предназначенных для комплексной автоматизации управления предприятием [2].

В теории и практике методики функционального моделирования бизнес-процессов, включающих построение разнообразных схем, графиков и диаграмм, широко представлены в проектах создания и эксплуатации организационно-экономических блоков комплексных систем (ERP, MES и др.).

Особенности моделирования процессов разработки и внедрения PLM-решений в машиностроении

В производственно-технических системах, называемых разработчиками PLM-решениями (Product Lifecycle Management Solution), автоматизируются в основном проектно-производственные этапы жизненного цикла изделий (ЖЦИ). При этом в области организации и управления процессами конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) успешных примеров применения графических средств моделирования значительно меньше. Практически не разработана методика управления комплексными процессами автоматизации проектирования, планирования и организации производства изделий машиностроения. В рамках этих этапов возможно множество различных комбинаций и вариантов средств автоматизации, выбор из которых не является рутинной задачей и требует многокритериального оптимизационного подхода для своего успешного решения.

В действующих технических стандартах [3] для поддержки функционального моделирования автоматизированных систем рекомендуется использовать графический язык IDEF (рис. 1).

Но опыт их использования в практической деятельности показывает, что при всех положительных качествах (отработанная графическая символика, возможность отображения не только последовательности этапов, но и механизмов их взаимодействия, модульность и пр.) трудоемкость составления и сложность чтения графического языка IDEF вызывают проблемы в применении подобных графических моделей в условиях внедренческих компаний, специализирующихся в области САПР. Многим практикам более удобным (простота, наглядность, объектная ориентация и пр.) для моделирования бизнес-процессов представляется функционал языка графического описания UML [4] (рис. 2).

Рис. 1. Фрагмент диаграммы в нотации IDEF0

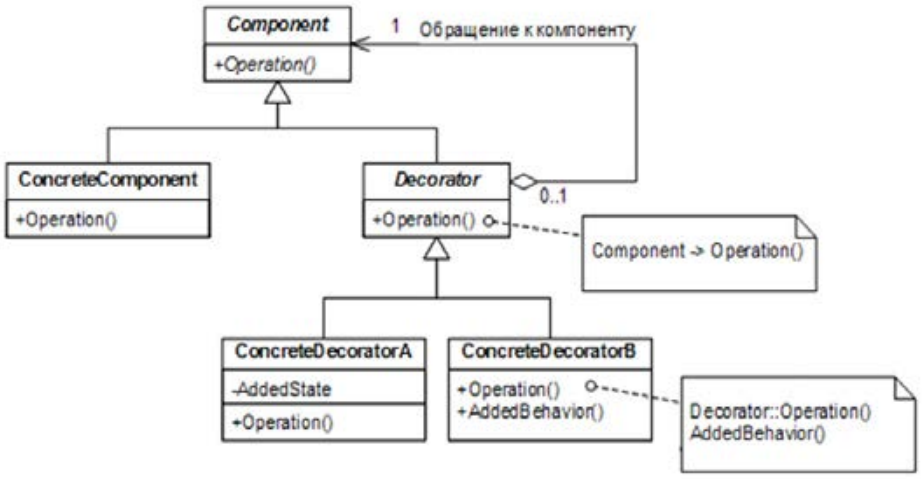
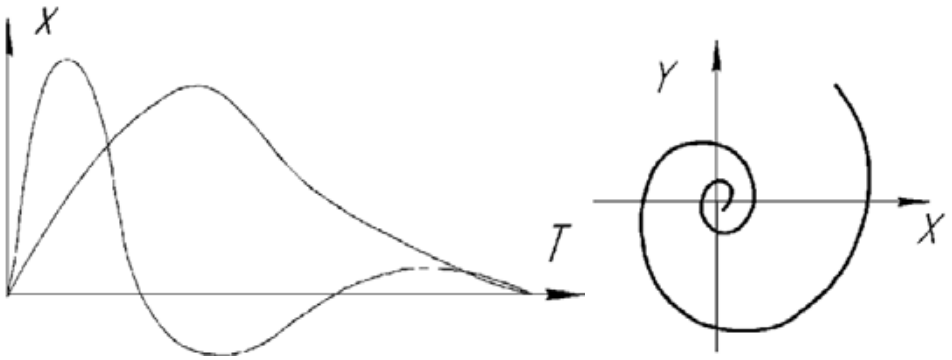


Рис. 2. Фрагмент диаграммы в нотации UML

Однако и в этом случае запутанные статичные схемы представляются плохо приспособленными для качественного анализа и визуализации динамики процессов проектно-производственного характера. При создании и внедрении PLM-систем целесообразно дополнять статические диаграммы динамическими моделями, отражающими некий интегральный показатель, наглядно демонстрирующий продвижение потока разнородных (при этом трудно формализуемых по своему содержанию) работ, характерных для организационно-технических систем промышленного назначения.

Методы моделирования различных процессов на основе математических моделей авторегрессии хорошо прижились во многих науках [5]. В машиностроении было показано, что для моделирования однородных процессов проектирования, связанных с разработкой и модификацией конструкторской документации, также могут быть использованы достаточно простые функции, имеющие очевидные аналоги в классической динамике. Например, в виде кольцевых волн, затухающего колебательного процесса или концентрических спиралей [6] (рис. 3). Так, апериодическая кривая на рис. 3,*а* хорошо отражает динамику распространения технических нововведений.



а) *б*)

Рис. 3. Диаграммы в форме:
а – аналогичной графикам колебательных процессов; *б* – спиралей

По периодическому закону «затухают» изменения, вносимые в конструкторско-технологическую документацию на циклически развивающихся этапах КТПП, а в форме раскручивающейся спирали достаточно успешно моделируется закономерность нарастания объема технической документации на тех же циклах проектирования.

Применение «S»-образных кривых для идентификации комплексных процессов в PLM-системах

Для идентификации комплексных процессов в PLM-системах, связывающих разнородные подсистемы или этапы жизненного цикла изделий машиностроения, более всего подходят так называемые «S»-образные кривые (S-curves) [7]. Известные графики иллюстрируют закономерности формирования полного информационного описания изделия в процессе комплексного проектирования (процессе ЖЦИ – Product Lifecycle) (рис. 4) [8]. На начальных этапах проектных работ знания об изделии (Product Knowledge) минимальны, но при этом разработчику предоставлена максимальная свобода принятия решений (Ease of change). По окончании подготовки производства описания изделия достигают уровня, достаточного для его изготовления, но при этом практически не остается возможностей для внесения изменений.

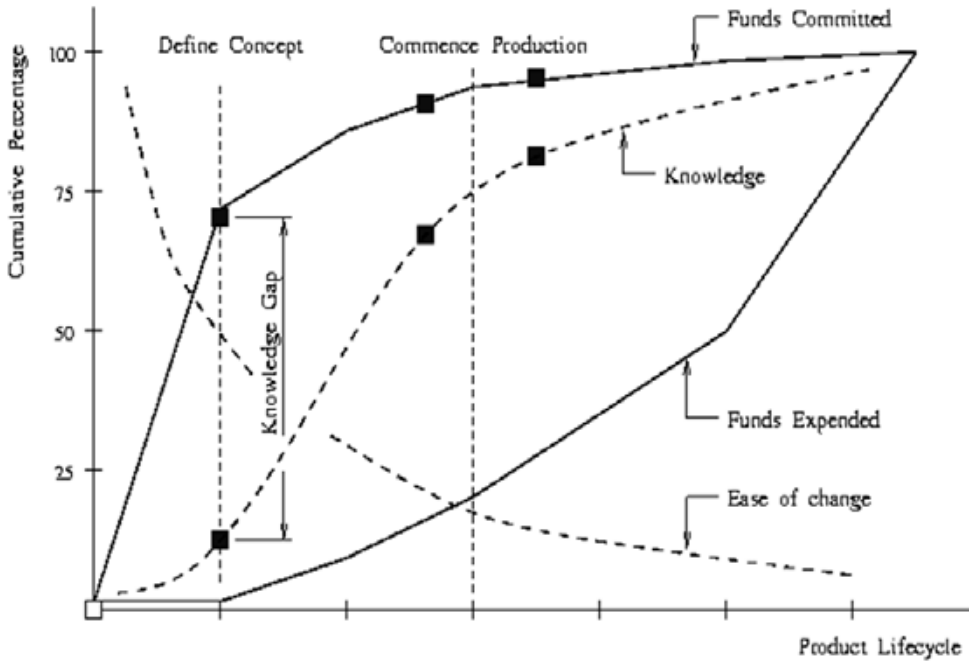


Рис. 4. «S»-кривая (показана пунктиром)

Приведенные рассуждения и рассмотренные зависимости могут быть с высокой степенью подобия распространены на процессы разработки и внедрения PLM-решений.

Динамика изменения «S»-кривых (рис. 5) иллюстрирует влияние управляющих воздействий (внедрения новых информационных технологий и средств, обучения персонала и пр.) на эффективность системы.

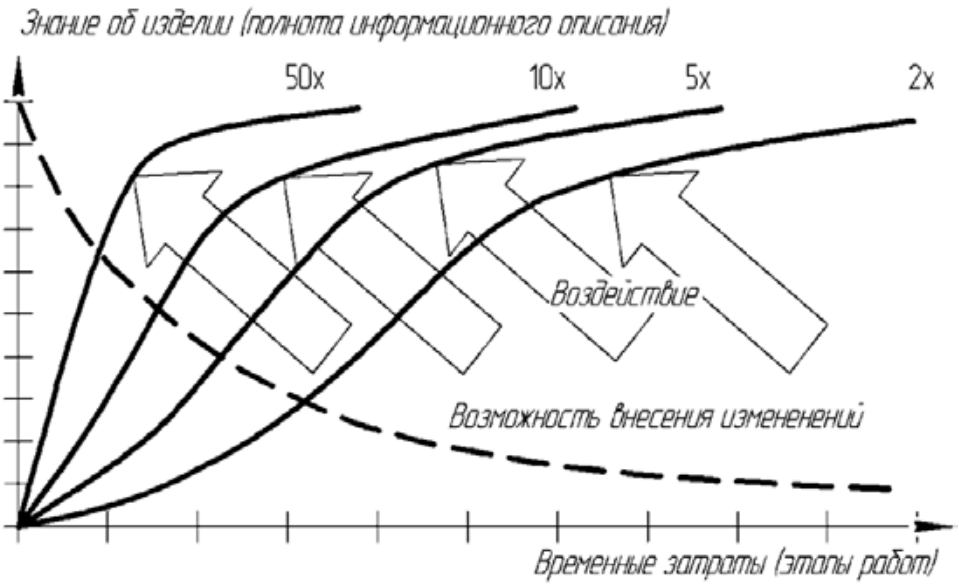


Рис. 5. Траектории проектной деятельности

Близость к эталонной кривой может служить интегральным критерием успешности (эффективности) развития проекта внедрения. В свою очередь нарушения плавности или отклонение проектных траекторий от плановых свидетельствуют о наличии проблем.

В последние годы в мировой индустрии САПР наметились существенные изменения в методологии интеграции комплексных систем в промышленности [9, 10]. Все чаще, даже на малых и средних предприятиях (до этого предпочитавших эксплуатировать устаревшее и часто нелицензионное программное обеспечение), отказываются от так называемых «коробочных» (типовых) продуктов в пользу заказных разработок. В таких решениях, адаптированных к требованиям заказчика, называемых «кастомизированными» (customized), применяется оригинальное или существенно доработанное прикладное программное обеспечение (bespoke software) [11].

Компании-интеграторы, действующие на местах, могут экономически и технически более эффективно проводить проекты внедрения даже на небольших предприятиях. При этом используются собственные (или локализованные) компоненты средств обеспечения, а процессы проектирования и развертывания PLM получают на местах большую гибкость и управляемость, в том числе и за счет оперативного планирования и учета работ.

На известных схемах, отражающих динамику проектирования (в том числе и на рис. 4, 5), графики начинают строить от «нулевой точки» – начала координат. Предполагается, что разработка нового проекта также начинается с нуля как по времени, так и по уровню информационного описания. Если для отсчета момента старта работ это совершено справедливо, то стартовый уровень описания системы, как правило, уже содержит некое множество данных в виде типовых решений-заготовок. Для представления закономерностей деятельности проектных и особенно внедренческих организаций это принципиально важно, поскольку начальный уровень «знаний» об объекте отражает как уровень компетенций персонала компании-интегратора, так и наличие определенного задела в компонентах системы. При этом на графиках «S»-кривые должны смещаться влево от вертикальной оси, как это показано на рис. 6, а начальная часть кривой подрезается – вплоть до полной потери первого перегиба при внедрении готовых решений.

На приведенных выше графиках по оси ординат отмечаются уровни «знания об объекте» или «информационная полнота», выраженные в процентах (Cumulative percentage – совокупный процент), от заданного уровня разработки или даже некоего идеала, например так называемого полного определения объекта (full definition of object).

Следует заметить, что полное определение PLM-системы практически недостижимо в силу целого ряда причин. Во-первых, по тем же принципам системотехники любая достаточно сложная организационно-техническая система для поддержания своего существования должна постоянно развиваться и совершенствоваться (Continuous Acquisition). Во-вторых, уже по законам проектирования путь от незнания (технического задания) к знанию (новому

техническому объекту) содержит существенную вероятностную составляющую, и конечные технические характеристики нового изделия на начальных этапах только прогнозируются.

Построение динамических траекторий достаточно убедительно демонстрирует основные закономерности развития процессов проектов внедрения. При этом «S»-образные кривые представляются одними из самых удобных. Так, например, на рис. 6 показано, что за счет наличия у внедренческих организаций некого задела в виде типовых решений возможно существенное сокращение временных затрат. Однако при этом несколько снижается вариативность и гибкость проектирования.

Менее всего проработанным в научном и практическом аспектах и одним из ключевых элементов обсуждаемого подхода к моделированию является выбор достаточно очевидного и при этом формализуемого показателя уровня полноты проекта. В ряде научных работ [6] в качестве критерия оценки уровня информационной полноты и индикатора динамики процесса проектирования используется валовое количество разработанных конструкторских документов. Такой показатель представляется достаточно логичным с точки зрения традиционной «бумажно-ориентированной» методики выполнения проектных работ.

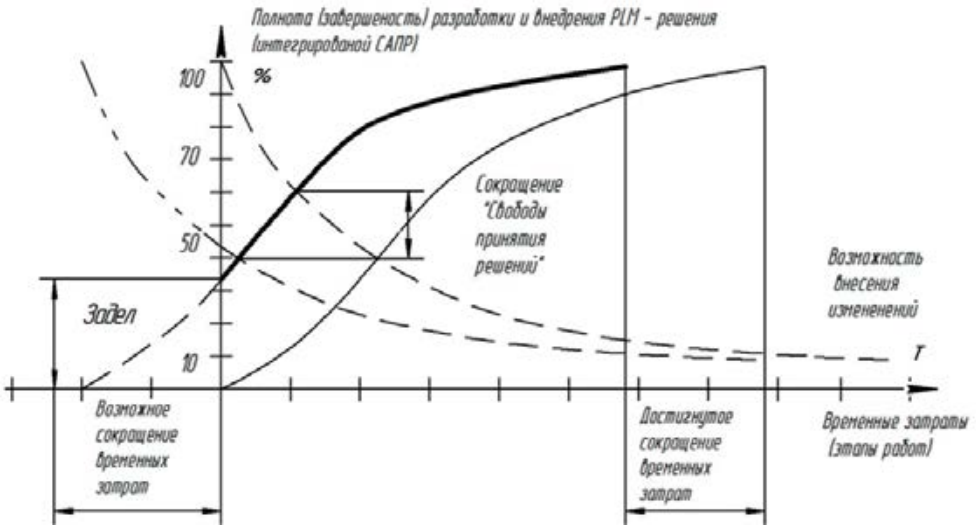


Рис. 6. Изменение траектории внедрения при наличии типового решения

В случае автоматизированного проектирования уже требуется учитывать электронные документы, модели, расчетные и информационные массивы данных и прочее, которые достаточно сложно уравнять с бумажными форматами. А как оценивать и сравнивать между собой работы по программированию, тестированию, обучению, техническому сопровождению?

Для интегральной оценки работ по созданию и внедрению автоматизированных систем проектирования при построении «S»-образных графиков предложено использовать такой критерий, как трудоемкость (см. рис. 6).

В организациях, связанных с предоставлением услуг, трудоемкость широко используется для расчетов стоимости работ. Так называемый нормо-час (человеко-час) включает в себя не только время исполнения работ, но и их характер, сложность, важность и пр. Конечно, такой подход содержит определенную субъективную (экспертную) составляющую. Но в процессе многолетней деятельности в конкурентной среде специализированных субъектов (к которым относятся и компании-интеграторы) экспертные оценки трудоемкости типовых работ нивелируются как в абсолютном, так и относительном выражении. Кроме того, в коммерческих компаниях хорошо налажен учет всех оплачиваемых работ. По суммарной трудоемкости оценивается и стоимость завершенного проекта.

Типовой перечень работ по созданию комплексной автоматизированной системы включает следующие укрупненные этапы:

1. Обследование предприятия.
2. Разработка концепции системы.
3. Разработка технического и коммерческого предложения.
4. Разработка архитектуры системы, комплексирование покупных средств обеспечения и пр.
5. Разработка программного, информационного, организационного и других новых средств обеспечения.
6. Тестирование подсистем.
7. Разработка всех видов сопроводительной документации.
8. Развертывание системы на автоматизированных рабочих местах.
9. Проведение обучения персонала.
10. Консультирование персонала.
11. Сопровождение системы.

На рис. 7–9 показаны реальные графики, построенные по ряду характерных проектов, выполненных специалистами одного из самых крупных региональных дилеров и интеграторов комплексных решений САПР – компании АСКОН-Самара [12].

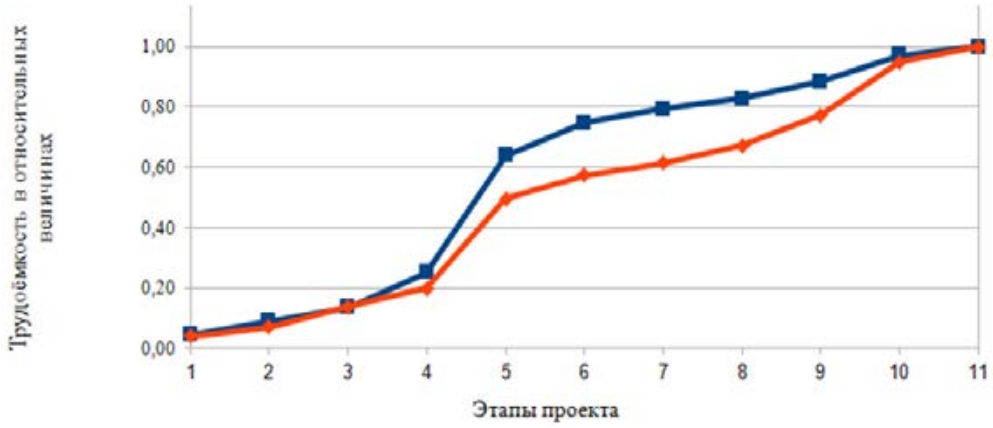


Рис. 7. Траектория разработки и внедрения новых (оригинальных) PLM-решений

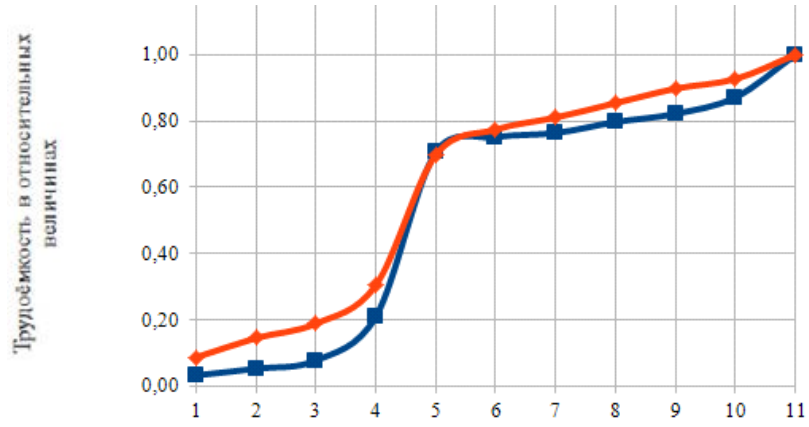


Рис. 8. Траектория разработки и внедрения кастомизированных решений

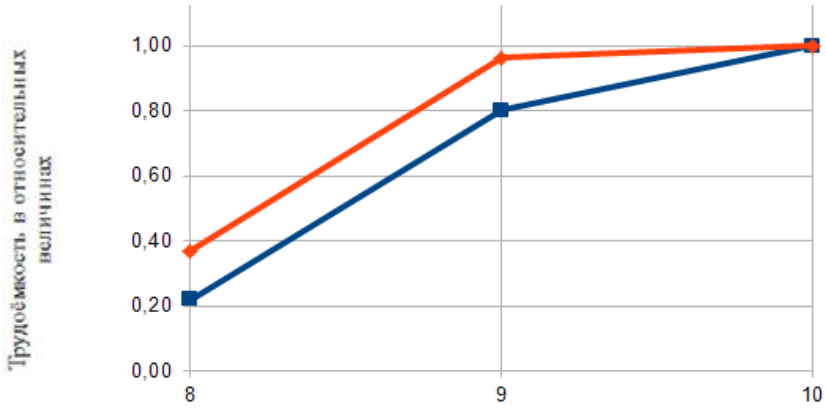


Рис. 9. Траектория внедрения коробочных решений

Для каждого типа проектов было выбрано по два сравнимых между собой решения. Графики разработки и внедрения оригинальной системы (см. рис. 7) достаточно пологие за счет большей длительности практически всех этапов. Причем наибольший трудовой вклад в систему приходится на этапы разработки средств обеспечения, их отладку и тестирование. В этом принимает участие и самая большая группа специалистов.

При реализации адаптированных решений (см. рис. 8) перечень этапов, как правило, остается прежним, но они существенно сокращаются по длительности. На начальных этапах используется задел, и трудоемкость их ниже, чем у оригинальных. Трудоемкость подскакивает на производственных этапах, где происходят доработка типовых подсистем и разработка новых средств обеспечения. При кастомизации более гладко и легко идут внедренческие работы. Это наглядно отражается на графике, приводя к его сжатию по оси абсцисс и к большей кривизне в центральной части.

Траектории внедрения коробочных решений (см. рис. 9) внешне совсем не похожи на «S», но, как было показано выше, это следствие подрезания траектории проектирования за счет уже выполненных разработок и использованного задела.

Заключение

Практика использования описанной методики графоаналитического анализа в проектах одной из крупнейших компаний-итераторов систем промышленной автоматизации в Поволжье (АСКОН-Самара) показала, что «S»-образные модели хорошо согласуются с экспериментальными кривыми и при этом достаточно удобны для организации и управления процессами разработки и эксплуатации САПР, интегрированных в состав единого информационного пространства предприятия.

Библиографический список

1. Черепашков, А. А. Компьютерные технологии, моделирование и автоматизированные системы в машиностроении / А. А. Черепашков, Н. В. Носов. – Волгоград : Ин-фолио, 2009. – 650 с.
2. Репин, В. В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – М. : Манн, Иванов и Фербер, 2013. – 544 с.
3. Р 50.1.028–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 98 с.
4. Википедия. – URL: https:// ru.wikipedia.org/wiki/UML/ (дата обращения: 25.06.2016).
5. Семенычев, В. К. Идентификация экономической динамики на основе моделей авторегрессии / В. К. Семенычев. – Самара : Изд-во СНЦ РАН, 2004. – 243 с.
6. Комаров, В. А. Модели оценки ускорения проектно-конструкторских работ в наукоемком машиностроении за счет распараллеливания итерационных процессов разработки / В. А. Комаров, М. Е. Кременецкая, А. В. Соллогуб, А. Н. Филатов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2010. – № 4 (24). – С. 224–231.
7. Dietz, P. Strategies for Product Knowledge Management and Feedback to Design / P. Dietz, S. Penschke, A. Ort // Application Examples. – 2nd Workshop on Product Knowledge Sharing and Integration (ProKSI–97). – Sophia Antipolis, France, 1997.
8. Terdalkar, S. S. Graphically driven interactive finite element stress reanalysis for machine elements in the early design stage / S. S. Terdalkar, J. J. Rencis // Finite Elements in Analysis and Design. – 2006. – Vol. 42, Issue 10. – P. 884–899.
9. АСКОН: Комплексные решения для машиностроения / Компания «АСКОН». – URL: http://ascon.ru/ press/news/items/?news = 2043 (дата обращения: 12.06.2016).
10. Transition metrics and revenue metrics offer alternative scenarios for Autodesk’s fiscal year: News and Commentary for CAD and DCC Professionals / A Jon Peddie Research Publication, Inc. – URL: http://gfxspeak.com/2016/02/26/autodesk-revenue-down-in-fourth-quarter-flat-for-fiscal-year/ (дата обращения: 18.03.2016).
11. Bespoke Vs COTS [Electronic resource]: Blueberry Systems, Ltd. – URL: http://www.blueberrysystems.co.uk/Resources/WhitePapers/BespokeVsCommercialOff–The-Shelf.aspx (дата обращения: 18.03.2016).
12. Черепашков, А. А. Использование «s»-образных графиков в задачах управления процессами разработки и внедрения интегрированных САПР / А. А. Черепашков, П. А. Самойлов // Проблемы и перспективы развития двигателестроения : материалы докладов Междунар. науч.-техн. конф. – Самара : Самарский университет, 2016. – С. 77–78.

Черепашков Андрей Александрович
доктор технических наук, профессор,
кафедра технологии машиностроения,
Самарский государственный технический университет
E-mail: cher-mail@mail.ru

Cherepashkov Andrey Alexandrovich
doctor of technical sciences, professor,
sub-department of machine building technology,
Samara State Technical University

Самойлов Павел Александрович
директор,
ООО «АСКОН-Самара»
E-mail: samoylov@gk-it-consult.ru

Samoylov Pavel Alexandrovich
director,
ASCON-Samara LLC

УДК 621.002:681.3
Черепашков, А. А.
Применение графоаналитических моделей в задачах анализа процессов разработки и внедрения комплексных автоматизированных систем / А. А. Черепашков, П. А. Самойлов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 268–278.

УДК 620.91

МЕТОДИКИ ПОЛУЧЕНИЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СЛОЕВ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

А. А. Шамин, К. О. Николаев, Е. А. Печерская, А. Н. Купцов

METHODS OF PRODUCING AND RESEARCH OF FUNCTIONAL LAYERS OF SOLAR ELEMENTS

A. A. Shamin, K. O. Nikolayev, E. A. Pecherskaya, A. N. Kuptsov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Известно, что традиционные источники энергии в скором времени исчерпают себя, так как они восстанавливаются с очень низкой скоростью, а спрос на них с каждым годом увеличивается. В связи с этим актуальной задачей является создание легко воспроизводимых, экологически чистых и энергоэффективных источников альтернативной энергии. Цели работы: разработка методик получения функциональных слоев солнечных элементов (СЭ) на основе гибридных органо-неорганических перовскитов (ГОНП), исследование морфологии поверхности полученных покрытий, равномерности толщины слоев. *Материалы и методы*. Цель достигнута благодаря использованию простых и доступных методов, таких как золь-гель метод и роллерный метод. С помощью сканирующего электронного микроскопа *Vega3 Tescan* и лазерного микроконтурографа-профилометра *Mitaka* получены фотографии поверхностей пленок. *Результаты.* Разработаны методики и экспериментально получены прозрачные проводящие покрытия (ППП) на основе SnO_2, легированного фтором, с использованием золь-гель метода и металлооксидного слоя TiO_2 роллерным методом. Оба вида покрытий обладают хорошим качеством и могут быть использованы в качестве функциональных слоев солнечных элементов на основе ГОНП. *Выводы.* Анализ полученных результатов показал высокую конкурентоспособность методов, описанных в работе, следовательно, предложенные методики получения функциональных слоев подходят для создания энергоэффективных СЭ.

Ключевые слова*:* солнечный элемент, перовскит, прозрачное проводящее покрытие, золь-гель метод, диоксид титана, роллерный метод, сканирующий электронный микроскоп, профилометр, сопротивление пленок.

Abstract. *Background.* It is known that the usual sources of energy will soon be exhausted, as they are being restored at a very low rate, and the demand for them is increasing every year. In this regard, the urgent task is to create easily reproducible, environmentally friendly and energy-efficient substitutes. The aim of the work is to describe the method of obtaining functional layers of solar cells based on hybrid organo-inorganic perovskites, and also to diagnose the structural elements. *Materials and methods*. The implementation of the tasks was achieved through the use of simple and accessible methods, such as the sol-gel method and the roller method. With the help of a scanning electron microscope Vega3 Tescanand a laser microcontrolograph-profilometerMitaka, photographs of the investigated films were obtained. *Results.* Both types of coatings are of good quality and can be used as a functional word for solar cells based on hybrid organo-inorganic perovskites. *Conclusions*. The analysis of the obtained results has shown the high efficiency of the methods described in the work, therefore, this technique is suitable for the creation of energy-efficient solar cells.

Key words*:* solar cell, perovskite, transparent conductive coating, sol-gel method, titanium dioxide, rolling method, scanning electron microscope, profilometer, film resistance.

Введение

Среди множества различных типов СЭ, разрабатываемых для замещения устаревшей и малоэкологичной кремниевой технологии, выделяются солнечные элементы на основе гибридных органо-неорганических перовскитов (СЭ ГОНП). На данный момент известны сведения, что отдельные лабораторные образцы достигают КПД до 25 %, в то время как производственные СЭ выпускаются с КПД 20 % [1].

Данная работа освещает те моменты изготовления функциональных слоев, которые можно упростить, используя такие распространенные методы, как золь-гель метод и др. Уникальность такого подхода состоит в существенном упрощении техпроцесса получения функциональных слоев солнечных элементов на основе ГОНП, а также позволяет дополнительно снизить расходы на производство таких солнечных элементов. Кроме того, в данной работе был использован роллерный метод получения прозрачного проводящего покрытия в качестве альтернативы привычной технологии спрей-пиролиза.

Получение и исследование прозрачного проводящего покрытия на основе SnO_2, легированного фтором (FTO)

Прозрачное проводящее покрытие (ППП) представляет собой тонкую пленку из оптически прозрачного проводящего материала. В качестве основного материала используется слой оксида индия, легированного оловом (*ITO*), который имеет малое сопротивление (10^{-4} Ом/см) и высокую проницаемость (не менее 80 %). Однако производство *ITO* является дорогостоящим [2].

В качестве альтернативы может быть использован оксид олова, легированный фтором (*FTO*), также имеющий малое сопротивление $4{,}3 \cdot 10^4$ Ом/см и прозрачность равную 86 %. В рамках данной работы оптимальными приняты значения параметров *FTO*, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные параметры подложек с покрытием *FTO*

Параметр	Значение
Линейные размеры, мм	200×200×2
Поверхностное сопротивление, Ом/□	от 10 до 20
Прозрачность в видимой области спектра, %	>75
Рабочая температура, °С	300

Для получения раствора золя, в который впоследствии погружались стеклянные подложки с целью формирования на них тонкого слоя *FTO*, использованы следующие химические вещества:

- кристаллический диоксид титана (TiO_2);
- дистиллированная вода (H_2O);
- соляная кислота 5 % (HCl);
- тетроэтоксилан ($Si(C_2H_5)_4O_4$);
- триэтилфторсилан ($Si(C_2H_5O)_3F$);

– олова хлорид дигидрат ($SnCl_2 *2H_2O$);
– плавиковая кислота 40 % (HF);
– изопропиловый спирт 99,8 % ($CH_3CH(OH)CH_3$).

На первом этапе формирования раствора золя производилось взвешивание твердых прекурсоров (олова хлорид дигидрат ($SnCl_2 *2H_2O$)) на весах с ценой деления равной 0,1 мг. Необходимое количество вещества помещалось в рабочий объем, где растворялось в изопропиловом спирте. Параллельно с этим во второй пробирке производилось смешивание триэтилфторсилана ($Si(C_2H_5O)_3F$), дистиллированной воды (H_2O) и плавиковой кислоты 40 % (HF). После этого обе пробирки на два часа помещались в держатель пробирок в вытяжной шкаф [3].

На втором этапе производилось перемешивание полученных ранее растворов в объеме магнитной мешалки в течение 1 часа. Для ускорения процесса гомогенизации в итоговый раствор может быть добавлено несколько капель соляной кислоты 5 % (HCl) [4].

На третьем этапе осуществлялось погружение стеклянных подложек в раствор золя с их последующей сушкой горячим воздухом с целью формирования на их поверхности прозрачного проводящего покрытия *FTO* (рис. 1).

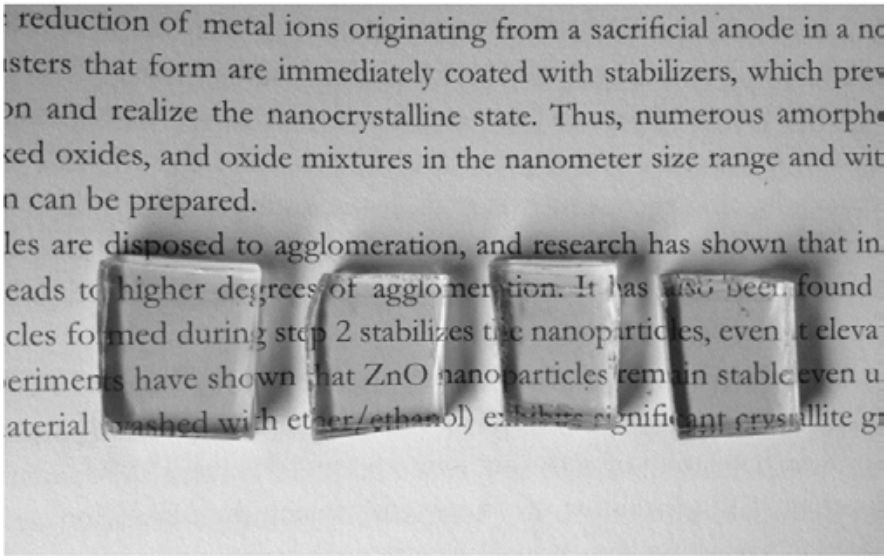


Рис. 1. Фотография образцов стеклянных подложек
с нанесенным на них покрытием *FTO*

Исследование качества полученных образцов с нанесенными на них ППП *FTO* проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) *Vega3 Tescan* и лазерного микроконтурографа-профилометра *Mitaka*.

На рис. 2 представлено СЭМ-изображение, полученное с помощью СЭМ. Из полученного СЭМ-изображения следует, что покрытия являются плотными и равномерными по толщине, что также подтверждается результатом, полученным с помощью лазерного микроконтурографа-профилометра (рис. 3) [1].

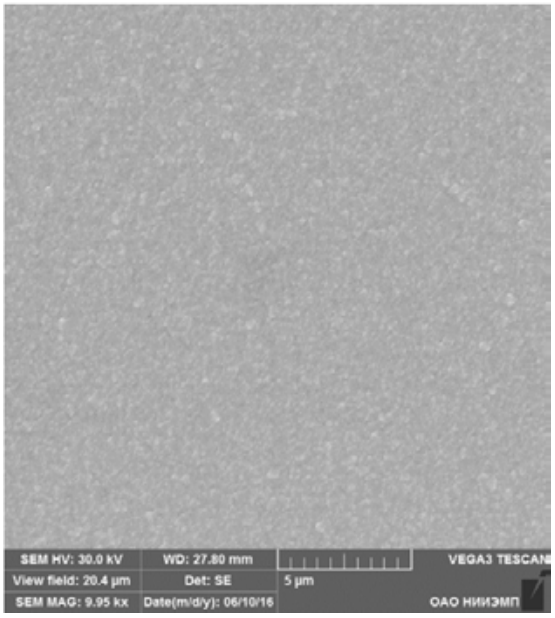


Рис. 2. СЭМ-изображение образцов с нанесенным на них *FTO*

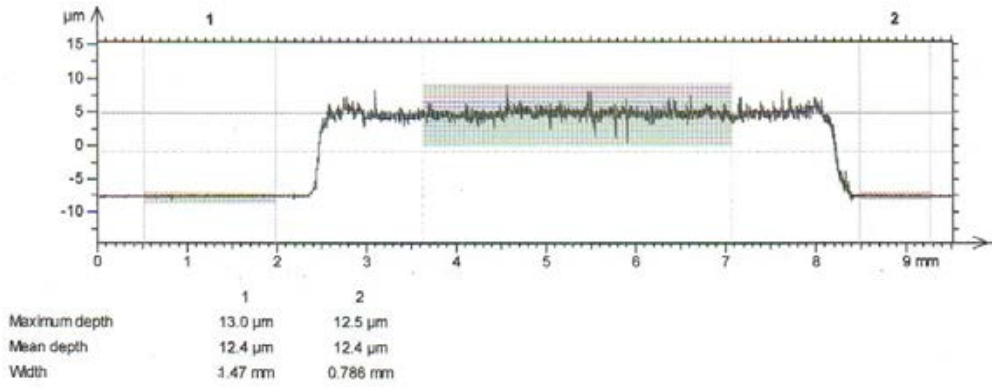


Рис. 3. График распределения толщины пленки *FTO* по ширине образца ППП

Важным параметром для ППП является его поверхностное сопротивление R_s, которое напрямую влияет на энергоэффективность. Для СЭ хорошего качества этот параметр покрытия не должен превышать значения 100 Ом/□. Для измерения сопротивления полученной пленки *FTO* использовался четырехзондовый метод, позволяющий получить значение сопротивления с относительной погрешностью не более 2 %. Измеренные значения сопротивления лежат в интервале от 18 до 25 Ом/□, что свидетельствует о хорошем качестве получаемого ППП.

Методика получения металлооксидного слоя полупроводника TiO_2

Основным свойством металлооксидного полупроводника является перенос электронов от слоя перовскита к прозрачному проводящему покрытию, что накладывает определенные ограничения на использование большого ряда

соединений из-за их низкой эффективности энергопреобразования [5]. Таким образом, в данной работе был сделан выбор в пользу изготовления солнечных элементов на основе гибридных органо-неорганических перовскитов с использованием диоксида титана.

В качестве основного метода получения слоя диоксида титана может использоваться роллерный метод, который представляет собой нанесение пасты диоксида титана с помощью стеклянного стержня [6]. Для реализации подобного подхода использованы следующие химические вещества и оборудование:

- кристаллический диоксид титана (TiO_2);
- уксусная кислота (CH_3CO_2H);
- этанол 95 % (C_2H_5OH);
- *Triton X-100* ($C_{14}H_{22}O(C_2H_4O)_n$);
- скотч;
- электрическая плитка;
- ступка и пестик;
- шприц без иглы.

Методика получения металлооксидных пленок с помощью роллерного метода состоит из следующих этапов:

1. Подготовить поверхности подложек.
2. Размолоть необходимое количество диоксида титана в ступке. В полученный порошок добавить несколько капель уксусной кислоты до образования коллоидной суспензии гладкой консистенции.
3. Добавить такое же количество *Triton X-100* и снова перемешать.
4. Полученную пасту необходимо поместить в объем шприца и нанести на закрепленную на твердой поверхности скотчем стеклянную подложку (рис. 4).

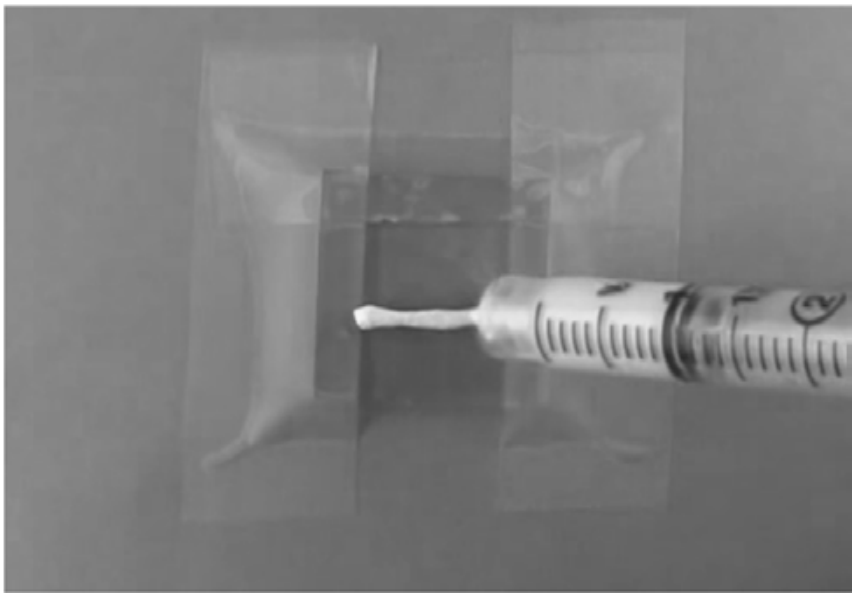


Рис. 4. Нанесение пасты на поверхность стеклянной подложки *FTO*

5. Аккуратно удалить скотч и поместить стеклянную подложку на электрическую плитку на 20 мин при температуре 80 °С. В некоторых случаях стекло может треснуть. Данные образцы отбраковываются.

6. Позволить полученным образцам (рис. 5) остыть.

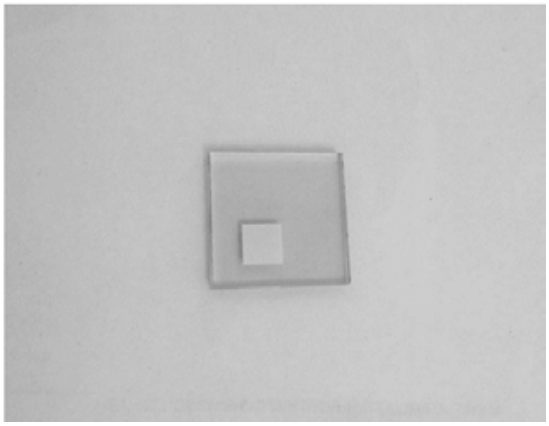
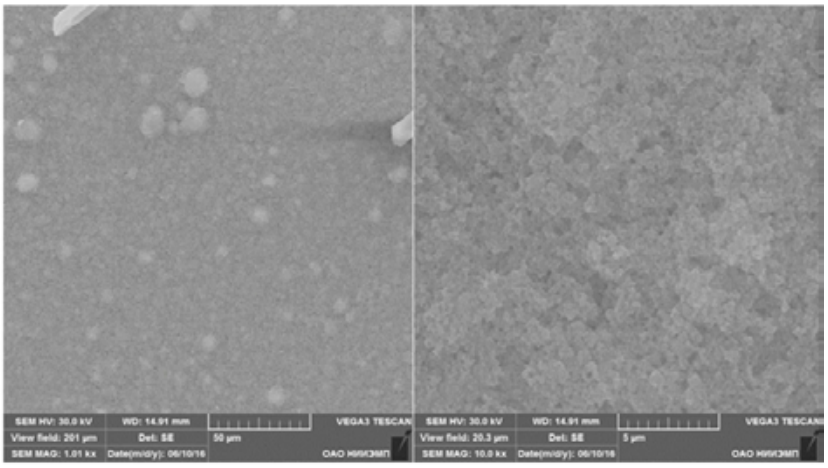


Рис. 5. Фотография образца стеклянных подложек с нанесенным на него металлооксидом диоксида титана

Исследование параметров полученных образцов

Исследование морфологии поверхности образца с нанесенным на него металлооксидом проводилось с помощью сканирующего электронного микроскопа *Vega3 Tescan* и лазерного микроконтурографа-профилометра *Mitaka*. Для измерения поверхностного сопротивления использовался четырехзондовый метод.

На рис. 6 представлены СЭМ-изображения, полученные с помощью сканирующего электронного микроскопа.



а) *б*)

Рис. 6. СЭМ-изображение образцов с нанесенным на них слоем диоксида титана TiO_2: *а* – рабочее поле 200 мкм; *б* – рабочее поле 20 мкм

Хорошо видно, что полученные покрытия обладают правильной поверхностной морфологией, что соотносится с рис. 7, поскольку толщина является равномерной по всему слою [7].

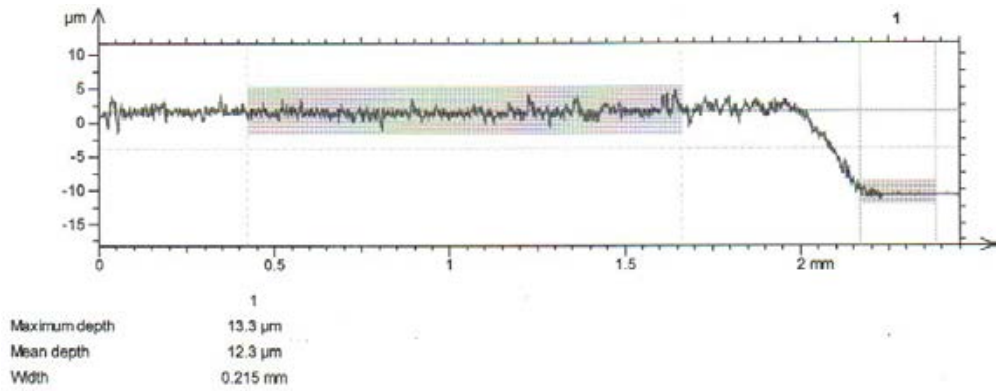


Рис. 7. График распределения толщины пленки *FTO* по ширине образца

Заключение

Предложенная методика позволяет изготавливать функциональные слои для ГОНП СЭ без применения дорогостоящего оборудования и сложных методик, требующих как больших финансовых затрат, так и квалифицированного персонала. В то же время проведенный анализ структур доказывает конкурентоспособность полученных слоев, что в свою очередь позволит создавать СЭ с высоким КПД.

Библиографический список

1. Dong, Q. In_2O_3 based perovskite solar cells / Q. Dong, L. Fangzho // Oxidebased Materials and Devices VII : Hong Kong, China. – 2016.
2. Синтез и свойства нанокристаллических пленок диоксида олова, полученных методом пиролиза аэрозолей / Р. М. Печерская, Е. А. Печерская, А. М. Метальников, В. И. Кондрашин, В. А. Соловьев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2012. – № 4 (24). – С. 237–241.
3. Sakka, Sumio. Sol-Gel Science And Technology: Processing Characterization and Applications / Sumio Sakka. – 2004. – P. 210–220.
4. Banerjee, A. N. Synthesis and Characterization of Nano-Crystalline Fluorine-Doped Tin Oxide Thin Films By Sol-gel Method / A. N. Banerjee, S. Kundoo // Journal of Sol-Gel Science. – 2003. – P. 105–110.
5. Priti, T. Electron Mobility and Injection Dynamics in Mesoporous ZnO, SnO_2, and TiO_2 Films Used in Dye-Sensitized Solar Cells / T. Priti, D. Pablo, M. B. Johnston. – United Kingdom : American Chemical Society, 2011. – P. 5158–5166.
6. Phutthamon, C. Comparison Study of Photocatalytic Activity of TiO_2 and ZnO on the Degradation of Real Batik Wastewater / C. Phutthamon, C. A. Jarusutthirak // International Conference on Biological, Environment and Food Engineering (BEFE-2015). – Singapore. – May 15–16, 2015. – P. 8–12.
7. All-solid-state hybrid solar cells based on a new organometal halide perovskite sensitizer and one-dimensional TiO2 nanowire arrays / J. Qiu, Y. Qiu, K. Yan, M. Zhong, C. Mu, He Yan, S. Yang // The royal society of chemistry. – 2013. – P. 3245–3248.

Шамин Алексей Алексеевич
аспирант,
Пензенский государственный университет
E-mail: alexeyshaminwork@gmail.com

Shamin Aleksey Alekseyevich
postgraduate student,
Penza State University

Николаев Кирилл Олегович
студент,
Пензенский государственный университет
E-mail: nikolaev_kirill10@mail.ru

Nikolayev Kirill Olegovich
student,
Penza State University

Печерская Екатерина Анатольевна
доктор технических наук, профессор,
кафедра нано- и микроэлектроники,
Пензенский государственный университет
E-mail: pea1@list.ru

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

Купцов Александр Николаевич
кандидат технических наук, доцент,
кафедра
высшей и прикладной математики,
Пензенский государственный университет
E-mail: kuptsov1953@gmail.com

Kuptsov Alexander Nikolayevich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of high and applied mathematics,
Penza State University

УДК 620.91
Шамин, А. А.
Методики получения и исследование функциональных слоев солнечных элементов / А. А. Шамин, К. О. Николаев, Е. А. Печерская, А. Н. Купцов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2017. – № 2 (22). – С. 279–286.