

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

НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

№ 4 (36)

2020

СОДЕРЖАНИЕ

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

Грошева Е. С.

КОНКУРЕНТНАЯ РАЗВЕДКА В СТРУКТУРЕ
СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ..... 5

Володина Н. Л.

СТРУКТУРАЛИСТСКАЯ ПАРАДИГМА
КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ..... 14

Зинченко С. В., Бижанова Е. М., Попова Е. А., Цибизова А. С.

МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО
СПРОСА НА ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЖИЛЬЕ В г. ПЕНЗА..... 22

Тактарова С. В., Солдатова С. С.

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ
КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И РАЗВИТИЯ
ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ 31

Колесниченко Е. А., Радюкова Я. Ю., Соколинская Ю. М.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ВЫЯВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ
ПРЕДПРИЯТИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ МИНИМИЗАЦИИ 45

РАЗДЕЛ 2. МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ТЕХНИКЕ

Косников Ю. Н.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ
ФУНКЦИЙ В ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ
ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ..... 55

Торопкин Р. А., Зиновьев Я. В., Рассказов Н. С., Митрохин М. А.

ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ САЙТА
НА ПРИМЕРЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ
ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА..... 71

Жуков В. М.

ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА
АНТЕННЫМ СОГЛАСУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
ЭЛЕМЕНТОВ НАСТРОЙКИ..... 79

Чкалова М. В., Павлидис В. Д.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
МЕМБРАННОГО ПРИВОДА..... 88

Дубинин В. Н., Дубинин А. В., Ручкин М. А.

ПРОГРАММНЫЕ МОДЕЛИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ 97

MODELS, SYSTEMS, NETWORKS IN ECONOMICS, TECHNOLOGY, NATURE AND SOCIETY

SCIENTIFIC JOURNAL

№ 4 (36)

2020

CONTENT

SECTION 1. MODELS, SYSTEMS, NETWORKS IN ECONOMICS AND MANAGEMENT

Grosheva E. S.

COMPETITIVE INTELLIGENCE IN THE STRUCTURE
OF A MODERN ORGANIZATION 5

Volodina N. L.

STRUCTURAL PARADIGM AS A BASIS OF MANAGEMENT 14

Zinchenko S. V., Bijanova E. M., Popova E. A., Tsibizova A. S.

MARKETING RESEARCH OF CONSUMER DEMAND
FOR INDIVIDUAL HOUSING IN PENZA 22

Taktarova S. V., Soldatova S. S.

THE CONCEPT OF DESIGNING AND IMPLEMENTING
A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR EVALUATING
AND DEVELOPING THE COMPANY'S PERSONNEL 31

Kolesnickenko E. A., Radyukova Ya. Yu., Sokolinskaya Yu. M.

TOOLS FOR IDENTIFICATION OF FINANCIAL RISKS
OF THE ENTERPRISE AND DIRECTION
OF THEIR MINIMIZATION 45

SECTION 2. MODELS, SYSTEMS, NETWORKS IN THE TECHNIQUE

Kosnikov Yu. N.

RADIAL BASIS FUNCTIONS USE IN GEOMETRIC MODELING
OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS OF VISUALIZATION 55

Toropkin R. A., Zinov'ev Ya. V., Rasskazov N. S., Mitrokhin M. A.

SITE OPTIMIZATION TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE
OF THE ANALYTICAL SYSTEM OF PUBLISHING ACTIVITY
OF PENZA STATE UNIVERSITY 71

Zhukov V. M.

INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR AN ANTENNA
MATCHING DEVICE WITH DISTRIBUTED PARAMETERS
OF CONFIGURATION ELEMENTS 79

Chkalova M. V., Pavlidis V. D.

SIMULATION OF AN OSCILLATORY SYSTEM
OF A DIAPHRAGM DRIVE 88

Dubinin V. N., Dubinin A. V., Ruchkin M. A.

SOFTWARE MODELS OF MECHATRONIC SYSTEMS
BASED ON SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE 97

РАЗДЕЛ 1

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ЭКОНОМИКЕ И УПРАВЛЕНИИ

УДК 339.13

DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-1

КОНКУРЕНТНАЯ РАЗВЕДКА В СТРУКТУРЕ СОВРЕМЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Е. С. Грошева

COMPETITIVE INTELLIGENCE IN THE STRUCTURE OF A MODERN ORGANIZATION

E. S. Grosheva

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Изучается конкурентная разведка с точки зрения эффективного инструмента менеджмента с целью определения ее места в структуре современной организации и выявления алгоритма работы. *Методы.* В основу проведенного исследования легли труды ученых по данной тематике, как российских, так и зарубежных, а также публикации представителей профессионального сообщества специалистов конкурентной разведки. *Результаты и выводы.* По итогам работы были выделены уровни конкурентной разведки в соответствии с уровнями управления организацией, разработана современная модель разведывательного цикла, изучены варианты внедрения разведывательных методов в деятельность компании и предложена универсальная модель организации соответствующей службы на предприятии. Полученные в ходе исследования модели могут быть адаптированы в любой организации и использованы для дальнейшего изучения конкурентной разведки как бизнес-процесса.

Ключевые слова: менеджмент, система управления, разведывательный цикл, конкурентная разведка, деловая разведка.

Abstract. *Subject and goals.* This work is devoted to the study of competitive intelligence from the point of view of an effective management tool to determine its place in the structure of a modern organization and identify the work algorithm. *Methods.* The study was based on the works of domestic and foreign scientists on this topic, as well as publications by representatives of the professional community of competitive intelligence specialists. *Results and conclusions.* Based on the results of the work, the levels of competitive intelligence were determined in accordance with the of organization managements levels, the modern model of the intelligence cycle was developed, options for introducing competitive intelligence into the company's activities were studied, the universal model of organization competitive intelligence service in the company was proposed. The models obtained in the research can be adapted in any organization and used for further study of competitive intelligence as a business process.

Keywords: management, management system, intelligence cycle, competitive intelligence, business intelligence.

Введение

Проблема сохранения устойчивого конкурентного преимущества актуальна для любой компании, особенно в условиях глобальной конкуренции. Обостряющаяся конкурентная борьба требует от руководства незамедлительных и правильных решений в отношении возникающих возможностей и рыночных угроз, что нельзя сделать без постоянного отслеживания информации о бизнес-среде компании.

Организация процесса отслеживания информации, ее сбора, хранения, а также оценки и анализа требует наличия определенно организованной системы в структуре предприятия, отвечающей за экономическую безопасность. Помимо этого, своевременное выявление вероятных рисков, угроз и возможностей, в том числе тех, что, на первый взгляд, не имеют прямого отношения к среде функционирования предприятия, с целью определения стратегических перспективных сценариев развития событий, а также стратегических и тактических ошибок невозможно без использования специфических методов.

Описанными возможностями обладает такой инструмент, как конкурентная разведка, в некоторых источниках именуемая как маркетинговая, коммерческая, стратегическая, деловая или бизнес-разведка.

Компании постоянно находятся в процессе изменений, как собственных (своей структуры, товаров и услуг, каналов распространения, коммуникации и т.д.), так и окружающих (окружение компании и условия функционирования). Это обуславливает рост потребности в конкурентной разведке как мощном способе анализа среды функционирования и получения своевременной информации с целью принятия верных решений и развития конкурентных преимуществ [1].

Конкурентная разведка как эффективный бизнес-инструмент

Внедрение инструментов и методов конкурентной разведки обладает своими возможностями и высокой степенью экономической отдачи, обеспечивает конкурентные преимущества и позволяет избежать многих ошибок и угроз [2].

Е. Л. Ющук отмечает, что применение конкурентной разведки должно быть систематическим, так как разовые обращения в итоге дают минимум результата. Исключительно только на постоянной основе мониторинг, анализ и оценка ситуации позволят компании максимально развить свои конкурентные преимущества [3].

Если методы конкурентной разведки применяются непрерывно, это позволяет в разы увеличить шансы компании на благоприятное будущее [4], так как в этом случае руководство организации будет заранее осведомлено и подготовлено на основании:

- прогнозов изменений конъюнктуры рынка, действий контрагентов, политических и законодательных преобразований;
- выявления потенциальных конкурентов, утечек информации, угроз безопасности организации;
- анализа новых технологий, патентов, лицензий и других результатов интеллектуальной деятельности;
- оценки создания, приобретения нового бизнеса, расширения имеющегося предприятия, открытия новых направлений;

– постоянного сбора и анализа сведений о партнерах, конкурентах и клиентах [5].

Безусловно, данный список не является окончательным и с развитием конкурентной разведки будет дополняться и другими вопросами. Однако уже данные возможности позволяют руководству компаний принимать решения на основе актуальной и достоверной информации и четко проанализированных прогнозов.

С помощью инструментов конкурентной разведки руководители нередко также могут получить обратную связь о собственном бизнесе (взгляд со стороны), а также избежать ошибок своих конкурентов или, наоборот, поучиться на их успехах, тем самым превратив собственные слабости в преимущества.

Из приведенного списка видно, что конкурентная разведка затрагивает различные аспекты ведения бизнеса. Чаще всего выделяют три основных уровня конкурентной разведки: стратегический, оперативный и тактический в соответствии с уровнями управления организацией (табл. 1).

Таблица 1

Уровни конкурентной разведки (составлена автором на основе [6])

Уровень конкурентной разведки	Объекты анализа	Задачи
Стратегический уровень	Окружающая и внутренняя среда компании	1) долгосрочное целеполагание (10 лет); 2) планирование и координация ресурсов в соответствии с целями; 3) прогнозирование возможных рисков и выработка возможных сценариев ухода от них; 4) прогнозирование экономической, политической и технологической ситуации; 5) разработка рекомендаций
Тактический уровень	Конкретные события и факты, касающиеся повседневной деятельности компании	1) уточнение целей и планов на краткосрочные периоды (до трех лет) 2) анализ действующих и выявление потенциальных конкурентов, прогнозирование их планов; 3) анализ и оценка партнеров; 4) анализ и оценка поставщиков; 5) разработка клиентского профиля
Оперативный уровень	Непредвиденные изменения внешней среды, внезапно возникающие риски, угрозы, способные повлиять на деятельность компании в текущей или краткосрочной перспективе	1) краткосрочное планирование (квартальные, месячные, недельные, дневные планы и нормативы); 2) регулирование и контроль выполнения планов; 3) мониторинг информации об окружающей компанию среде; 4) своевременное предоставление отчетов руководству о результатах анализа и оценки текущей и прогнозируемой ситуации

Таким образом, задачи, которые решает конкурентная разведка на разных уровнях ведения бизнеса, говорят о ней как об эффективном бизнес-инструменте, позволяющем не только получить представление о реальном положении дел, но и спрогнозировать наиболее вероятные события как на краткосрочную, так и долгосрочную перспективы [7].

В общем виде конкурентная разведка представляет собой стратегический инструмент, позволяющий систематически и своевременно получать актуальную информацию, необходимую при принятии управленческих решений. В основе процесса конкурентной разведки лежит разведывательный цикл из четырех (постановка задачи, сбор информации, анализ информации, представление результатов) [8] или пяти (целеполагание и планирование, сбор данных, обработка и хранение данных, анализ данных, распространение информации) [9] этапов в зависимости от выстроенных внутри компании процессов.

С развитием концепции конкурентной разведки, ее методов и инструментов произошло и совершенствование разведывательного цикла (рис. 1).

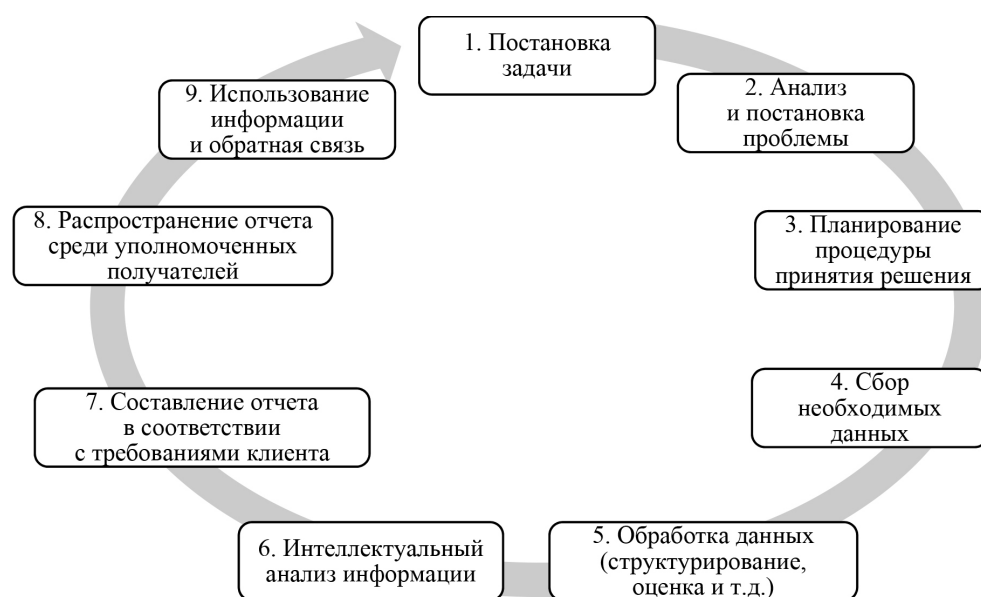


Рис. 1. Современный разведывательный цикл

Приведенная обновленная модель разведывательного цикла в некоторой степени превосходит его классическое представление в виде пятифазной модели. Во-первых, разбиение этапа целеполагания и планирования на отдельные фазы «постановка задачи», «анализ и постановка проблемы» и «планирование процедуры принятия решения» позволяет более тщательно определить цель проведения конкурентной разведки, выявить требования заказчика и согласовать план сбора и анализа информации.

Включение в цикл фазы «обработка данных» позволяет проводить более тщательную обработку исходных данных и их структурирование, а также передать гораздо лучшего качества входные данные для выполнения последующего интеллектуального анализа.

Деление этапа «распространение информации» на «составление отчета в соответствии с требованиями клиента» и «распространение отчета среди уполномоченных получателей» позволяет усовершенствовать способы представления и распространения конечного продукта конкурентной разведки до заказчика. Также цикл дополнен фазой «использование информации и обратная связь»: после принятия того или иного решения руководство компании предоставляет обратную связь о качестве и эффективности проведенной конкурентной разведки. В соответствии с полученной обратной связью, корректировками и обновленными задачами разведывательный цикл вновь иницируется.

С учетом объемов информации, огромного количества информационных потоков и каналов взаимодействия, числа участников и их целей конкурентная разведка из инструмента исследования конкурентной среды превратилась в сложный многогранный бизнес-процесс, что подтверждают проведенные и опубликованные ранее результаты собственных исследований, в рамках которых был представлен и подробно описан алгоритм процесса конкурентной разведки [10, 11].

Организация конкурентной разведки на предприятии

В любой организации так или иначе изначально присутствуют элементы конкурентной разведки: специалисты по маркетингу и продажам собирают и консолидируют информацию о контрагентах компании, специалисты финансового отдела или бухгалтерии на основании поступающих финансовых документов могут сделать выводы о финансовом состоянии партнеров, конкурентов, клиентов и т.д.

Все сведения, поступающие в организацию в процессе выполнения привычных процедур, несут в себе важные аспекты разведывательного характера, но им не уделяется достаточно внимания. В результате информация, которая может быть чрезвычайно важной для руководства компании не анализируется должным образом или вовсе теряется, так как используется лишь в рамках выполнения узкоспециализированных задач конкретного подразделения.

Еще одной негативной тенденцией, особенно часто встречающейся на крупных предприятиях со сложной структурой управления, является информационная зависимость топ-менеджеров компании от своих подчиненных.

Это происходит по двум причинам. Во-первых, менеджеры высшего звена зачастую не владеют эффективными технологиями анализа данных, поэтому вынуждены пользоваться сведениями, полученными от подчиненных им руководителей нижестоящих подразделений, ввиду необходимости обработки и анализа большого объема информации для принятия того или иного решения.

Во-вторых, каждый руководитель среднего звена стремится в первую очередь к развитию собственного подразделения и при предоставлении информации руководству может заведомо приукрасить ситуацию или вовсе опустить некоторые важные негативные сведения, что приводит к недостоверности и неполноте этой информации.

Внедрение конкурентной разведки в деятельность предприятия целесообразно лишь на постоянной основе, так как разовое или краткосрочное ис-

пользование разведывательных методов не приводит к достижению высоких показателей эффективности.

Для любой компании целесообразна организация собственного процесса конкурентной разведки, координатором которого может быть как отдельно созданное подразделение (служба) конкурентной разведки, если это крупное предприятие, так и один или несколько ответственных сотрудников – в небольшой организации.

На рис. 2 представлена универсальная модель организации службы конкурентной разведки на предприятии.

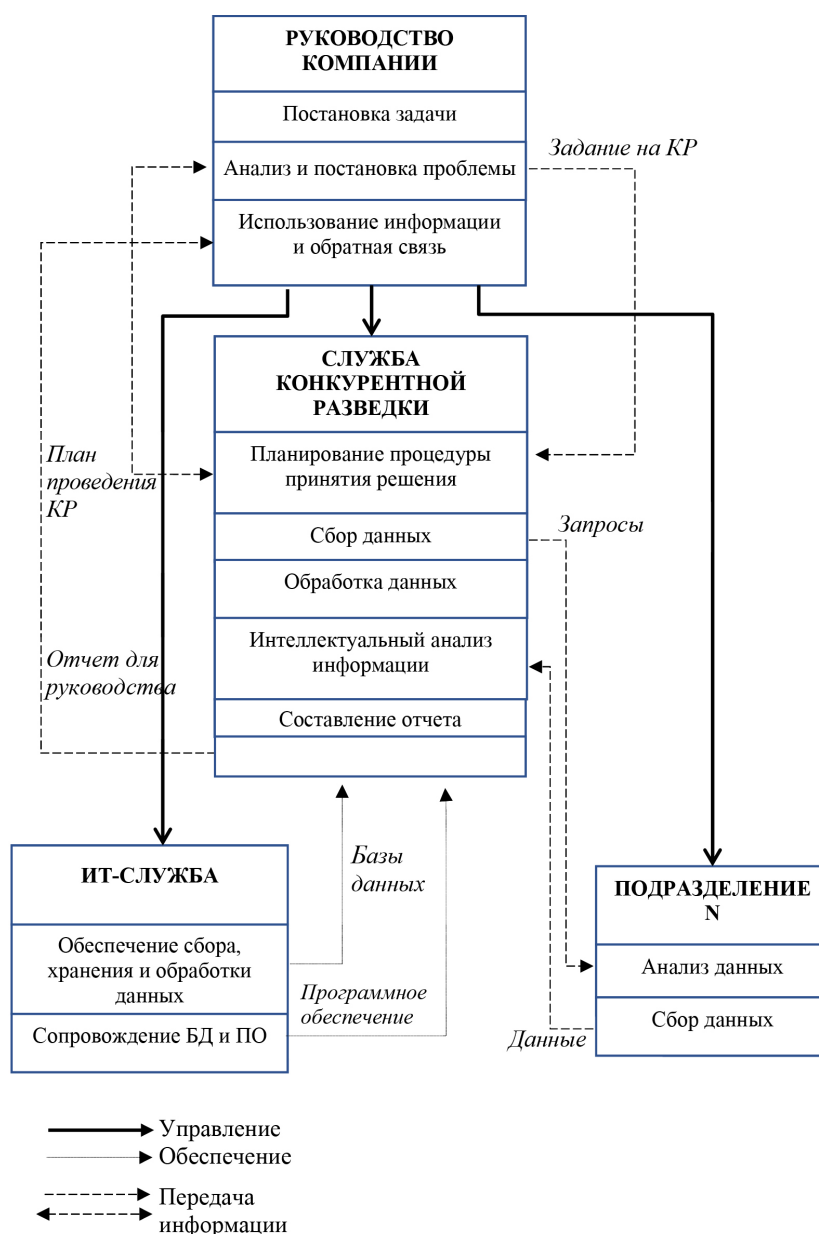


Рис. 2. Универсальная модель организации службы конкурентной разведки на предприятии

В случаях, когда для решения поставленной руководством задачи недостаточно внутренних (материальных, финансовых или человеческих) ресурсов, требуются применение передовых технологий обработки данных, наличие специализированного программного обеспечения или когда объем информации, необходимый для проведения анализа, слишком большой, имеет смысл обратиться в стороннюю организацию, агентства, выполняющие услуги конкурентной разведки, т.е. передать часть или всю работу на аутсорсинг.

Прибегнуть к аутсорсингу имеет смысл также при необходимости снижения финансовых издержек (содержание собственной службы достаточно дорого) или при отсутствии на данный момент времени опытных специалистов в штате компании (поиск и найм высококвалифицированных кадров в области конкурентной разведки могут длиться достаточно долго).

Необходимым условием успешного выполнения конкурентной разведки является тесное взаимодействие подразделений компании со службой конкурентной разведки для оперативного обмена необходимыми данными.

Не менее важным в процессе организации службы конкурентной разведки является налаживание быстрого взаимодействия с ИТ-службами, на которые возлагается функция по обеспечению сбора, хранения и обработки данных, техническому сопровождению баз данных и программного обеспечения.

Предложенная модель может быть масштабирована для крупного бизнеса по принципу: центральная служба – служба филиала – служба подразделения и т.д. – в зависимости от количества уровней управления организации.

Выводы и результаты

Организация на предприятии конкурентной разведки в соответствии с масштабом бизнеса способствует достижению следующих целей:

- сохранение и развитие конкурентных преимуществ бизнеса;
- своевременное обнаружение явных и скрытых угроз со стороны внутренней и внешней среды;
- определение новых возможностей развития бизнеса.

Однократное применение инструментов конкурентной разведки не дает того эффекта, который возможно получить при комплексном подходе и организации процесса конкурентной разведки на предприятии на постоянной основе.

В зависимости от масштабов компании можно рассмотреть несколько вариантов организации конкурентной разведки:

- одним или несколькими координаторами процесса (для небольших организаций);
- собственной службой (для крупного бизнеса);
- аутсорсингом.

По результатам проведенного исследования был смоделирован современный разведывательный цикл, соответствующий реалиям нынешней экономики и расширяющий привычные четырех- и пятифазные модели.

На основании предложенной современной модели разведывательного цикла разработана универсальная модель организации службы конкурентной разведки на предприятии, которая может быть адаптирована к бизнесу любого масштаба.

Библиографический список

1. Seyyedamiri, N. Competitive Intelligence and Developing Sustainable Competitive Advantage / N. Seyyedamiri, S. Shirkavand, M. Chalak, N. Razaeei // *AD-minister*. – 2017. – Vol. 30. – P. 173–194. – URL: <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.9>
2. Скупов, Б. Основы деловой разведки на предприятиях строительного комплекса / Б. Скупов. – URL: <https://ardexpert.ru/article/4927>
3. Юшук, Е. Л. Что конкурентная разведка может сделать для вашей компании / Е. Л. Юшук. – URL: http://old.iteam.ru/publications/marketing/section_22/article_2987
4. Конкурентная разведка : учеб. пособие / под ред. Е. Л. Юшука, А. А. Мальцева. – Екатеринбург : Изд-во Урал. гос. эконом. ун-та, 2015. – Ч. 1. – 210 с.
5. Kahaner, L. Competitive Intelligence: How to Gather, Analyze, and Use Information to Move Your Business to the Top / L. Kahaner. – New York : Simon & Schuster, 1997. – 300 p.
6. Форум сообщества практиков конкурентной разведки (СПКР). – URL: <http://forum.razved.info/>
7. Михалина, Л. М. Конкурентная разведка : учеб. пособие / Л. М. Михалина. – Челябинск : Изд. центр ЮУрГУ, 2017. – 121 с.
8. Нежданов, И. Ю. Аналитическая разведка для бизнеса / И. Ю. Нежданов. – Москва : Ось-89, 2008. – 336 с.
9. Bartes, F. Five-phase model of the intelligence cycle of Competitive Intelligence / F. Bartes // *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. – 2013. – Vol. 61 (2). – P. 283–288.
10. Сетевые технологии в экономике и образовании / И. Г. Кревский, Ю. С. Артамонова, З. А. Дивненко, Т. В. Глотова, С. В. Матюкин, А. А. Тусков, Ю. В. Шленов, М. Ю. Шленова, Е. С. Юдина. – Пенза : Поволжская школа бизнеса, 2016. – 228 с.
11. Application of information technologies in competitive intelligence / L. N. Semerkova, A. P. Zaretskiy, Z. A. Divnenko, E. S. Grosheva, G. V. Vishnevskaya // 20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM) : proceedings. – IEEE, 2017. – P. 804–807.

References

1. Seyyedamiri N., Shirkavand S., Chalak M., Razaeei N. *AD-minister*. 2017, vol. 30, pp. 173–194. Available at: <https://doi.org/10.17230/ad-minister.30.9>
2. Skupov B. *Osnovy delovoy razvedki na predpriyatiyakh stroitel'nogo kompleksa* [Fundamentals of business intelligence at construction enterprises]. Available at: <https://ardexpert.ru/article/4927> [In Russian]
3. Yushchuk E. L. *Chto konkurentnaya razvedka mozhet sdelat' dlya vashey kompanii* [What competitive intelligence can do for your company]. Available at: http://old.iteam.ru/publications/marketing/section_22/article_2987 [In Russian]
4. *Konkurentnaya razvedka: ucheb. posobie* [Competitive Intelligence: a textbook]. Eds. E. L. Yushchuk, A. A. Mal'tsev. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. gos. ekonom. un-ta, 2015, part 1, 210 p. [In Russian]
5. Kahaner L. *Competitive Intelligence: How to Gather, Analyze, and Use Information to Move Your Business to the Top*. New York: Simon & Schuster, 1997, 300 p.
6. *Forum soobshchestva praktikov konkurentnoy razvedki (SPKR)* [Forum of the Community of Competitive Intelligence Practitioners (CIC)]. Available at: <http://forum.razved.info/> [In Russian]
7. Mikhulina L. M. *Konkurentnaya razvedka: ucheb. posobie* [Competitive intelligence: a textbook]. Chelyabinsk: Izd. tsentr YuUrGU, 2017, 121 p. [In Russian]

8. Nezhdanov I. Yu. *Analiticheskaya razvedka dlya biznesa* [Analytical intelligence for business]. Moscow: Os'-89, 2008, 336 p. [In Russian]
9. Bartes F. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis* [Journal of the University of Agriculture and Silviculturae Mendelianae Brunensis]. 2013, vol. 61 (2), pp. 283–288.
10. Krevskiy I. G., Artamonova Yu. S., Divnenko Z. A., Glotova T. V., Matyukin S. V., Tuskov A. A., Shlenov Yu. V., Shlenova M. Yu., Yudina E. S. *Setevye tekhnologii v ekonomike i obrazovanii* [Network technologies in economics and education]. Penza: Povolzhskaya shkola biznesa, 2016, 228 p. [In Russian]
11. Semerkova L. N., Zaretskiy A. P., Divnenko Z. A., Grosheva E. S., Vishnevskaya G. V. *20th IEEE International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM): proceedings*. IEEE, 2017, pp. 804–807.

Грошева Екатерина Сергеевна
преподаватель,
кафедра цифровой экономики,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: e.yudina@outlook.com

Grosheva Ekaterina Sergeevna
lecturer,
sub-department of digital economy,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Грошева, Е. С. Конкурентная разведка в структуре современной организации / Е. С. Грошева // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 5–13. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-1.

СТРУКТУРАЛИСТСКАЯ ПАРАДИГМА КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ

Н. Л. Володина

STRUCTURAL PARADIGM AS A BASIS OF MANAGEMENT

N. L. Volodina

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Представлены материалы исследования управления промышленными предприятиями в условиях цифровой экономики с позиции структурного подхода. *Методы.* Для выявления преимуществ внедрения цифровых технологий были использованы метод анализа, метод структуризации. *Результаты и выводы.* Выделены особенности управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации. Сформулированы принципы структурного управления промышленными предприятиями в современных условиях. Управление промышленными предприятиями осуществляется на основе системы менеджмента качества, во главе угла которой стоит качество как соответствие требованиям. Тотальное внедрение цифровых технологий диктует требования для промышленных предприятий. Структуралистская парадигма управления позволит соответствовать этим требованиям.

Ключевые слова: структуризация, управление, цифровизация, промышленные предприятия, стейкхолдеры, качество.

Abstract. *Subject and goals.* The article presents research materials on industrial enterprise management in the digital economy from the point of view of a structural approach. *Methods.* To identify the advantages of implementing digital technologies, the analysis method and the structuring method were used. *Results and conclusions.* Features of management of industrial enterprises in the conditions of digitalization are highlighted. The principles of structural management of industrial enterprises in modern conditions are formulated. Industrial enterprises are managed on the basis of a quality management system, which focuses on quality as compliance with requirements. The total implementation of digital technologies dictates requirements for industrial enterprises. A structuralist management paradigm will meet these requirements.

Keywords: structuring, management, digitalization, industrial enterprises, stakeholders, quality.

Введение

В сегодняшних условиях, когда наблюдаются значительный рост и развитие внедрения процессов цифровой трансформации экономики и общества, с которыми связывают как ожидания (экономического роста, улучшения качества и т.д.), так и опасения (сокращение рабочих мест, возникновение риска угрозы информационной безопасности), весьма актуальным считается решение задачи адекватного информационно-аналитического обеспечения управления всеми этими процессами на различных уровнях. Реализация таких процессов на основе максимального удовлетворения ожиданий и минимизации рисков возможна через призму структуры.

Особенности управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации

Рассмотрим процесс управления промышленными предприятиями через структуру. Данный подход является весьма актуальным в период реализации концепции цифровизации на предприятии. Анализ литературных источников позволил сформулировать следующее определение структуризации управления: это комплексный процесс приведения структуры управления в состояние, обеспечивающее устойчивое развитие экосистемы. Изучив ряд определений экосистемы, автор считает наиболее полным предложенное главой российской практики Accenture Technology М. Григорьевой: «экосистема – система, в которой полноценно взаимодействуют между собой производители технологических платформ (на базе определенного оборудования и программного обеспечения) с производителями новых умных устройств. И также в это взаимодействие включена третья равноценная сторона – поставщики услуг и решений для конечных потребителей» [1].

Под цифровой трансформацией промышленных предприятий в рамках данной работы следует понимать «преобразование промышленности, моделей ведения бизнеса, управленческих парадигм, экономических отношений и социальных практик за счет использования современных цифровых технологий. Основными драйверами цифровой трансформации промышленных предприятий для повышения эффективности структурного управления являются цифровизация и всеобщая подключенность, дополненные расширяющейся экосистемой взаимосвязанных цифровых технологий и приложений. Ключевыми компонентами этой экосистемы являются интернет вещей, предиктивная аналитика, искусственный интеллект, роботехника, ее формируют также технологии обычных вычислений, распределенных реестров, аддитивного производства, виртуальной реальности и другие» [2]. Внедрение и развитие компонентов экосистемы диктуют необходимость реализации изменений в структуре управления промышленными предприятиями.

Вопросы реализации процессов цифровизации в управлении промышленными предприятиями интересуют сегодня многих специалистов в области менеджмента. Анализ их мнений позволил выделить преимущества и недостатки управления промышленными предприятиями (ПП) в данных условиях (рис. 1).

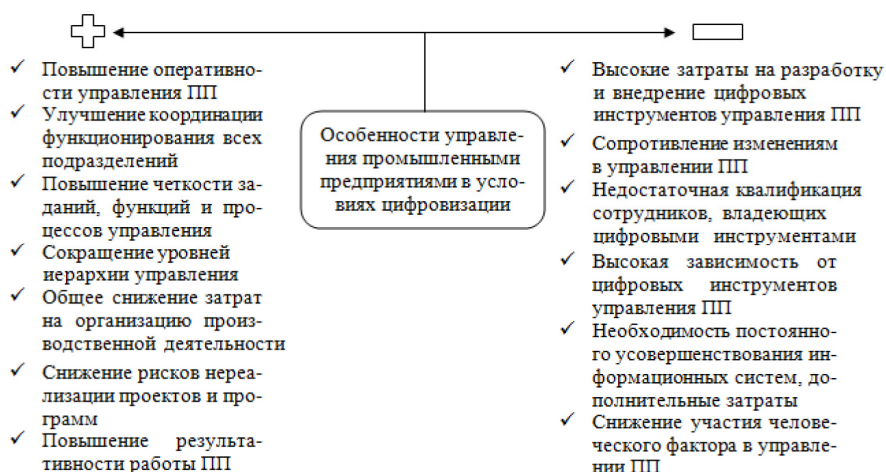


Рис. 1. Особенности управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации

Структурный подход к управлению промышленными предприятиями

Модель управления промышленными предприятиями с позиции структурного подхода можно представить как теоретическую конструкцию взаимосвязи элементов, основными из которых являются определение, субъект, объект, принципы, процесс, функции и метод [3]. Рассмотрим содержание некоторых элементов.

Фундаментом в изменении структуры управления является реализация ключевых экономических потенциалов, высоких результатов экономических и производственных отношений между хозяйствующими субъектами.

Структуризация по своему содержанию представляет процесс дифференциации его элементов, нацеленных на повышение уровня реализации ключевых потенциалов.

Субъектами такой структуризации являются стейкхолдеры. Исследование стейкхолдеров позволит промышленным предприятиям определить их потребности и ожидания, что является основой для эффективного управления. Выделим основных стейкхолдеров, а также их потребности и ожидания (рис. 2). Безусловно, данный перечень является общим, на него влияет достаточное количество внутренних и внешних факторов.

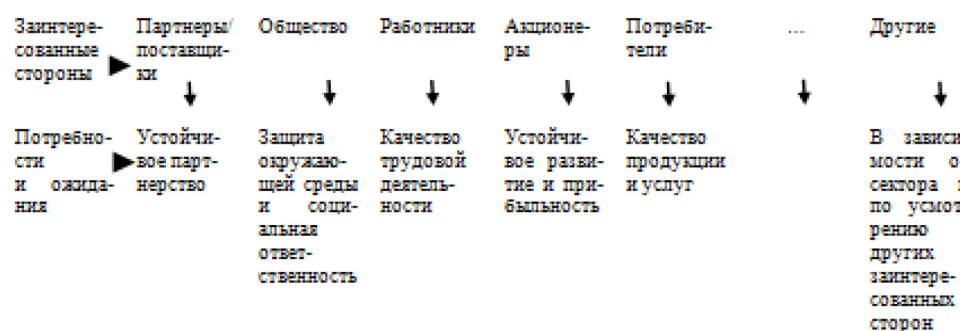


Рис. 2. Стейкхолдеры и их потребности и ожидания

Структуралистская парадигма помогает исследовать организацию управления, т.е. трансформацию стимулов во внутренние концепты. С позиции теории управления парадигма управления и есть сама теория управления, включающая категории и концепции для выявления проблем и последующего их решения. Парадигма управления – это модель, в соответствии с которой осуществляется управление различными субъектами. Основная идея структурного управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации – это создание взаимодействия за рамками одного предприятия. При определении структурного управления промышленными предприятиями в таких условиях должны присутствовать следующие характеристики: сосредоточенность управления на цифровых платформах, доминирование персонализированных управленческих бизнес-моделей, взаимодействие производителя и потребителя как фундамент для максимального удовлетворения потребностей и ожиданий заинтересованных сторон, экономика совместного использования, рост индивидуального вклада каждого участника структурного управления промышленными предприятиями [4]. Реализация всех характеристик направлена на удовлетворение требований заинтересованных лиц, что является основой

концепции менеджмента качества. Вследствие этого примем принципы системы менеджмента качества как основополагающие для структурного управления промышленными предприятиями:

- ориентация на потребителя;
- лидерство;
- вовлечение персонала;
- процессный подход;
- улучшения;
- решения, основанные на фактах;
- управление взаимоотношениями [5].

В условиях цифровизации предлагается включить в принципы структурного управления промышленными предприятиями:

– принцип гибкости: структура управления промышленными предприятиями должна подвергаться изменениям на основе внедрения цифровых инструментов, которые позволят реализовать потенциал, повысить качество продукции/услуг, производительность труда, прибыльность, снизить издержки, текучесть кадров;

– принцип инновационности: структурное управление в условиях цифровизации должно способствовать развитию потенциала промышленного предприятия, стимулировать инициативность сотрудников в процессе изучения и внедрения цифровых технологий, привлекать внешние ресурсы для создания инноваций;

– принцип технологичности: структурное управление должно базироваться на использовании цифровых технологий для повышения качества, снижения издержек, а также заниматься обучением сотрудников и развитием цифровых компетенций персонала.

Выделим основное содержание каждого принципа относительно структурного управления промышленными предприятиями с учетом современных условий. Принцип ориентации на потребителя представляет собой демонстрацию руководством промышленного предприятия лидерства и обязательств в отношении потребителя, которая будет гарантировать следующее:

– требования и ожидания потребителей определяются, воспринимаются и постоянно выполняются;

– риски (например, угроза кибербезопасности, дисбаланс взаимоотношений стейкхолдеров, кадровые риски и т.д.) и потенциальные возможности цифровых инструментов, которые могут влиять на соответствие продуктов / услуг, а также на способность повышать удовлетворенность потребителя, определяются и по ним предпринимаются действия;

– поддерживается нацеленность структурного управления промышленного предприятия на повышение удовлетворенности заинтересованных сторон [6].

Принцип лидерства в структурном управлении промышленными предприятиями предполагает реализацию цифрового лидерства и наличие у руководства не только цифровых компетенций, но и способности оказывать влияние на личности и группы, направляя их усилия на достижение целей организации [7]. Автор считает, что в современных условиях происходит перелом взглядов о лидере от традиционного понятия как авторитетной лично-

сти к цифровому лидерству как эффективной команде, взаимодействующей за рамками экосистемы.

Принцип вовлеченности персонала в структурное управление промышленными предприятиями включает подходы и методы управления для всех категорий персонала. Вовлечение персонала является необходимым и обязательным условием для достижения эффективности управления, также данный процесс дает возможность промышленным предприятиям создавать и предоставлять ценности для заинтересованных лиц. При реализации структурного управления руководителям всех уровней следует обеспечить поощрение персонала, активно участвующего в достижении поставленных целей предприятия и улучшении показателей его деятельности. Для активного вовлечения персонала целесообразно разработать и организовать процесс обмена знаниями, использование компетентного подхода, создание системы квалификации навыков и планирования служебного роста для содействия личному развитию, постоянный анализ уровня удовлетворенности соответствующих потребностей и ожиданий персонала, предоставление возможностей для наставничества и индивидуального обучения, содействие командной деятельности по улучшению.

Наибольшую значимость, по мнению автора, при реализации структурного управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации имеет принцип процессного подхода. Данный принцип базируется на цикле PDCA (Plan-Do-Check-Act) и риск-ориентированном мышлении. Реализация цикла PDCA обеспечивает стабильность процессов посредством эффективного управления ресурсами, выявления возможностей для улучшения процессов [7]. Риск-ориентированное мышление в структурном управлении промышленного предприятия должно позволить снизить угрозы кибербезопасности.

Принцип улучшения в структурном управлении промышленными предприятиями предполагает реализацию действий по повышению результатов их деятельности на основе внедрения цифровых инструментов. Основными результатами деятельности промышленных предприятий являются производство продукции, оказание услуги или реализация процесса. Разработанные на предприятии мероприятия по повышению эффективности с учетом цифровизации позволят промышленным предприятиям прогнозировать и соответствовать потребностям и ожиданиям заинтересованных сторон [8]. Внедрение цифровых инструментов приведет к повышению эффективности и результативности процессов экосистемы, что имеет такие преимущества, как экономия издержек, времени и энергии и снижение отходов. Процессы улучшения должны соответствовать структурированному подходу к управлению. При внедрении системы менеджмента качества специалисты в данной области рекомендовали изменить философию управления, основываясь на том положении, что качество – это соответствие определенным требованиям. Цифровая экономика диктует свои требования, поэтому промышленные предприятия должны удовлетворять им. Необходимость структуризации связана с индивидуализацией ответственности в процессе обеспечения соответствия требованиям. Новые требования – тотальное использование цифровых технологий. Следовательно, промышленным предприятиям следует обеспечивать их реализацию как часть культуры посредством:

- наделения работников предприятия полномочиями участвовать и вносить вклад в успешное достижение инициатив по улучшению;
- выделения необходимых ресурсов для достижения инициатив;
- создания систем поощрения за улучшения, повышение результативности и эффективности процесса улучшения;
- вовлечения высшего руководства предприятия в деятельность по улучшению (цифровое лидерство).

Следующий базовый принцип системы менеджмента качества, который рекомендуется использовать для структурного управления промышленными предприятиями в условиях цифровизации, – принцип принятия решений на основе фактов, базирующийся на анализе и оценке информации, которые с большей долей вероятности приведут к желаемым результатам. Применение BigData позволит максимально эффективно реализовать данный принцип. Принятие решения может быть сложным процессом, и это всегда предполагает некоторую неопределенность. Данный процесс включает разнообразные типы и источники исходных данных, а также их интерпретацию, которая может быть субъективной. Снизить субъективность интерпретации полученных данных позволит внедрение цифровых технологий [9].

Принцип управления взаимоотношениями носит коммуникационный характер. Построение эффективной коммуникационной системы промышленного предприятия, как внутренней, так и внешней, в рамках структурного управления позволит повысить результативность деятельности всего предприятия. Безусловно, стейкхолдеры промышленного предприятия оказывают влияние на его функционирование. Эффективность структурного управления будет достигнута, когда предприятие управляет взаимоотношениями с его заинтересованными сторонами так, чтобы оптимизировать их воздействие на его характеристики.

Следующим элементом структурного управления промышленными предприятиями является метод. В качестве обобщающего метода управления промышленными предприятиями автором предлагается один из методов системного анализа – метод структуризации. Он основан на дезагрегировании исследуемой проблемы на составные элементы с последующей возможной численной оценкой их относительной величины [10]. Данный процесс предполагает реализацию аналитической работы, которая в современных условиях осуществляется посредством цифровых инструментов.

Для эффективного структурного управления применение метода структуризации позволит выделить основные векторы развития отдельных экосистем, а также локализовать и устранить проблемы в сфере управления экосистемы [11].

Внедрение метода структуризации даст возможность получать новые идеи при проведении качественного анализа на основе цифровых инструментов, а также раскрыть потенциал экосистемы. Реализация предлагаемого метода тесно связана с организационными структурами промышленных предприятий, детализацией и конкретизацией функций управления, а также отдельными системами и их элементами. Адаптация общеизвестных в теории управления функций на основе структуризации является особенностью их реализации в сегодняшних условиях деятельности промышленных предприятий, а именно в условиях внедрения цифровизации.

Заключение

Таким образом, метод структуризации улучшает качество управленческих решений, принимаемых по разнообразным вопросам, поскольку его применение способствует конкретизации целей деятельности промышленных предприятий, что является одним из важнейших этапов в процессе подготовки решений с целью повышения эффективности. Структуралистская парадигма как основа управления включает несколько элементов, реализация которых позволит повысить эффективность деятельности промышленных предприятий в условиях цифровизации.

Библиографический список

1. Рагимов, С. Каждой компании нужна экосистема; аналитика / С. Рагимов // Коммерсант. «Информационные технологии». – Прил. № 55. – 2015. – 31 марта. – С. 13. – URL: <https://www.kommersant.ru/doc/2697933>
2. Еришова, Т. В. Методика оценки уровня развития цифровой экономики как инструмент управления процессами цифровой трансформации / Т. В. Еришова, Ю. А. Хохлов, С. Б. Шапошник // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD 2018. – 2018. – Т. 1. – URL: https://www.researchgate.net/publication/328771823_Metodika_ocenki_urovna_razvitiya_cifrovoj_ekonomiki_kak_instrument_upravleniya_processami_cifrovoj_transformacii
3. Кальницкая, И. В. Модель управления предприятием с позиции структурного подхода / И. В. Кальницкая // Региональная экономика: теория и практика. – 2009. – № 24. – С. 36–38.
4. ГОСТ Р ИСО 9004–2019. Менеджмент качества. Руководство по достижению устойчивого успеха организации. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200167117>
5. Володина, Н. Л. Процессный подход в системе менеджмента качества / Н. Л. Володина // Организатор производства. – 2017. – Т. 25, № 4. – С. 67–82.
6. Джурабаева, Г. К. Метод структуризации – основа управления инвестиционной привлекательностью промышленного предприятия / Г. К. Джурабаева // Организатор производства. – 2011. – № 3. – С. 77–79.
7. Левченко, Е. В. Влияние цифровизации на развитие системы менеджмента качества / Е. В. Левченко // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. – 2018. – № 4. – С. 9–14.
8. Ширинкина, Е. В. Особенности функционирования промышленных предприятий в цифровой экономике / Е. В. Ширинкина // Экономика в промышленности. – 2018. – № 11 (2). – С. 143–150. – URL: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-2-143-150>
9. Герасимов, А. Цифровая трансформация предприятий и отраслей: цели, критерии, модели, опыт / А. Герасимов // CONNECT. – 2020. – № 3-4. – С. 50–56.
10. Комарова, П. С. Влияние IT-технологий на экосистему российских компаний / П. С. Комарова, Е. Г. Меньшикова // SCIENCEJUICE2019 : сб. ст. и тез. студ. открытой конф. – Москва : Парадигма, 2020. – С. 379–386.
11. Belenov, O. N. Transformation of the regional innovation sub-system as a factor in the development of the digital economy / O. N. Belenov, S. S. Kiselev, N. V. Sirotkina, M. V. Titova // Lecture Notes in Networks and Systems. – 2020. – Vol. 87. – P. 482–488.

References

1. Ragimov S. *Kommersant*. «*Informatsionnye tekhnologii*». *Prilozhenie № 55* [The Merchant. "Information Technologies". – App. no. 55]. 2015, 31 March, p. 13. Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/2697933> [In Russian]

2. Ershova T. V., Khokhlov Yu. A., Shaposhnik S. B. *Upravlenie razvitiem krupno-masshtabnykh sistem MLSD 2018* [Managing the development of large-scale MLSD systems 2018]. 2018, vol. 1. Available at: https://www.researchgate.net/publication/328771823_Metodika_ocenki_urovna_razvitiya_cifrovoj_ekonomiki_kak_instrument_upravleniya_processami_cifrovoj_transformatsii [In Russian]
3. Kal'nitskaya I. V. *Regional'naya ekonomika: teoriya i praktika* [Regional economy: theory and practice]. 2009, no. 24, pp. 36–38. [In Russian]
4. GOST R ISO 9004–2019. *Menedzhment kachestva. Rukovodstvo po dostizheniyu ustoychivogo uspekha organizatsii* [GOST R ISO 9004-2019. Quality management. A Guide to achieving sustainable organizational success]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200167117> [In Russian]
5. Volodina N. L. *Organizator proizvodstva* [Production organizer]. 2017, vol. 25, no. 4, pp. 67–82. [In Russian]
6. Dzhurabaeva G. K. *Organizator proizvodstva* [Production organizer]. 2011, no. 3, pp. 77–79. [In Russian]
7. Levchenko E. V. *Vestnik Saratovskogo gosudarstvennogo sotsial'no-ekonomicheskogo universiteta* [Bulletin of the Saratov State Socio-Economic University]. 2018, no. 4, pp. 9–14. [In Russian]
8. Shirinkina E. V. *Ekonomika v promyshlennosti* [The economy in the industry]. 2018, no. 11 (2), pp. 143–150. Available at: <https://doi.org/10.17073/2072-1633-2018-2-143-150> [In Russian]
9. Gerasimov A. *CONNECT*. 2020, no. 3-4, pp. 50–56. [In Russian]
10. Komarova P. S., Men'shikova E. G. *SCIENCEJUICE2019: sb. st. i tez. stud. otkrytoy konf.* [SCIENCEJUICE2019: collection of articles and theses of the student open conference]. Moscow: Paradigma, 2020, pp. 379–386. [In Russian]
11. Belenov O. N., Kiselev S. S., Sirotkina N. V., Titova M. V. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2020, vol. 87, pp. 482–488.

Володина Наталья Леонидовна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра цифровой
и отраслевой экономики,
Воронежский государственный
технический университет
(Россия, г. Воронеж,
ул. 20-летие Октября, 84)
E-mail: Volonataly.79@mail.ru

Volodina Nataliya Leonidovna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of digital
and industrial economics,
Voronezh State Technical University
(84 20th anniversary of October street, Vo-
ronezh, Russia)

Образец цитирования:

Володина, Н. Л. Структуралистская парадигма как основа управления /
Н. Л. Володина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. –
2020. – № 4 (36). – С. 14–21. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-2.

**МАРКЕТИНГОВОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО
СПРОСА НА ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЖИЛЬЕ В г. ПЕНЗА*****С. В. Зинченко, Е. М. Бижанова, Е. А. Попова, А. С. Цибизова*****MARKETING RESEARCH OF CONSUMER DEMAND
FOR INDIVIDUAL HOUSING IN PENZA*****S. V. Zinchenko, E. M. Bijanova, E. A. Popova, A. S. Tsibizova***

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Актуальность данной темы характеризуется несколькими положениями. Во-первых, индивидуальное жилищное строительство является одним из перспективных сегментов строительной индустрии в настоящее время. Во-вторых, проводя анализ литературных источников по теме исследования, можно сделать вывод, что реалии российского рынка индивидуального жилищного строительства в них отражены мало, особенно это касается потребительского спроса на рынке. По вопросу имеется небольшое количество работ, которые могут быть расширены и дополнены с целью разработки методов, использование которых позволит строительным организациям развиваться, формировать портфели продуктов и услуг с ориентацией на предпочтения потребителей. В-третьих, интенсификация деятельности компаний, осуществляющих работу на рынке индивидуального жилищного строительства в малых и средних городах, повлечет развитие машиностроительных отраслей (так как будут необходимы новые типы строительных машин и оборудования), что в целом подтолкнет экономику страны к росту, повысив одновременно доходы бюджета. Цель исследования заключается в изучении спроса на индивидуальное жилье в г. Пенза, а также выявлении потребительских предпочтений, которые могут быть использованы для разработки рекомендаций по созданию сбалансированного портфеля продуктов компаний на рынке индивидуального жилищного строительства. Предметом исследования являются особенности потребительского спроса на индивидуальное жилье. *Методы.* Реализация задач исследования была достигнута на основе использования как теоретических методов: анализ, метод классификации, общелогические методы и приемы; так и практических методов: сравнение, опрос (анкетирование). *Результаты и выводы.* Проведенные исследования позволили выявить тренды потребительского поведения на рынке индивидуального жилищного строительства. В настоящее время на рынке отмечается спрос на объекты индивидуального жилищного строительства. Определяющую роль в выборе дома играет стоимость материала для строительства. При этом потребители предъявляют высокие требования к комфорту проживания.

Ключевые слова: индивидуальное жилищное строительство, технологии строительства, маркетинговые исследования, исследование потребителей, спрос.

Abstract. *Subject and goals.* The relevance of this topic is characterized by several provisions. Firstly, individual housing construction is one of the promising segments in the construction industry at present. Secondly, analyzing the literary sources on the research topic, we can conclude that the realities of the Russian market of individual housing construction are little reflected in them, especially with regard to consumer demand in this market. On this issue, there are few works that can be expanded and supplemented, with the aim to propose methods, the use of which will allow construction organizations to develop, form portfolios of products and services that focus on consumer preferences. Thirdly, the

intensification of companies operating in the individual housing construction market in small and medium-sized cities will entail the development of engineering industries (will be needed new types of construction machinery and equipment), which will generally push the country's economy to growth, while simultaneously increasing budget revenues. The purpose of the study is to study the demand for individual housing in the city of Penza, as well as to identify consumer preferences that can be used to develop recommendations, the basis for creating a balanced portfolio of products for companies in the individual housing market. *Methods.* The implementation of the research objectives was achieved through the use of theoretical methods: analysis, classification method, general logical methods and techniques; and practical methods: comparison, survey (questionnaire). *Results and conclusions.* The authors revealed trends in consumer behaviour in the individual housing construction sector. There is a demand for individual housing on the market. The cost of building materials determines the choice of house. At the same time, consumers make high demand on the comfort of living.

Keywords: individual housing construction, construction technologies, marketing research, consumer research, demand.

Введение

Об индивидуальном жилищном строительстве в России заговорили практически с 1991 г., когда рухнул советский строй и начался поиск нового пути развития, в том числе при решении жилищного вопроса. Много ссылались на пример малоэтажной и преуспевающей Америки (США) [1]. Несмотря на огромные территории от Калининграда до Владивостока и растущее с годами желание самих россиян жить в своем собственном доме, на сегодняшний момент реальное количество людей, проживающих в индивидуальном доме, существенно разнится с количеством желающих [2].

В настоящее время в России наблюдается рост числа компаний, специализирующихся на индивидуальном строительстве [3]. Исходя из факта снижения покупательской способности населения в кризисной экономической ситуации и высокой конкуренции на рынке некоторые строительные компании столкнулись с проблемой существенного уменьшения потока клиентов и, соответственно, с падением продаж.

Выбор строительной компании – это очень ответственный и важный шаг для потенциального потребителя. Критерии выбора могут быть различными. Без знания потребностей потенциальных клиентов строительные компании не смогут развиваться адекватными темпами или хотя бы оставаться на занятых позициях рынка. Изучение потребительского спроса позволяет выявить тенденции, моду, актуальные направления работы, чтобы впоследствии предложить продукт, который будет востребован. Четкое знание и понимание потребностей клиентов – залог успеха в любом бизнесе, поэтому подходить к вопросу маркетинговых исследований спроса нужно особенно тщательно и продуманно. Этим и объясняется актуальность исследовательской работы.

Основная часть

Развернутые маркетинговые исследования строительного рынка России проводятся уже на протяжении 30 лет, однако обзор литературы по теме исследования показал, что реалии российского рынка индивидуального жи-

личного строительства (далее – ИЖС) в них отражены мало, особенно это касается потребительского спроса на рынке [4].

Первоочередная задача каждой компании, производящей определенные товары или занимающейся определенным видом деятельности, – создание оптимального бизнес-портфеля, который сформирован исходя из современных тенденций рынка и ориентирован на потребительские предпочтения. Портфель компании и ее ассортиментная политика так или иначе всегда тесно связаны с ориентацией на потребителя и его запросами, изменяющимися с учетом постоянного прогресса. Таким образом, одно из условий формирования сбалансированного портфеля организации – мониторинг потребительских предпочтений и анализ рынка потребителей.

В январе 2020 г. был проведен опрос жителей г. Пенза с целью выявления покупательских предпочтений в сфере ИЖС. Задачи исследования:

- установить, представляет ли интерес проживание в индивидуальном доме;
- выяснить, какие технологии индивидуального строительства являются наиболее предпочтительными;
- определить параметры индивидуального дома на основании потребительских предпочтений;
- определить сумму, которую потребители готовы потратить на покупку/строительство индивидуального дома;
- выявить условия, которые потребители считают необходимыми для комфортного проживания.

Отправной точкой исследования стал анализ вторичных данных. Именно внешние данные (справочники государственной и отраслевой статистики) показали, что на рынке мало информации о спросе потенциальных потребителей. Данный факт позволил начать первичные исследования рынка.

В самом процессе исследования была использована первичная информация, полученная методом опроса, а именно путем анкетирования в анонимной форме. Анкетирование проводилось в интернете при использовании инструмента «Google.Формы» в январе 2020 г. Процесс привлечения участников осуществлялся через приглашительную рассылку на e-mail-адреса. База e-mail-адресов жителей г. Пенза для рассылки была взята со специализированного сайта «Parsinfo.ru». А в качестве инструмента для рассылок был использован платный сервис доставки сообщений «UniSender».

Респондентами для проведения исследования стали жители г. Пенза в возрасте от 18 до 65 лет. Исследование было выборочным, а процедура формирования выборки – случайная. В связи с ограниченностью временных и человеческих ресурсов было принято решение о проведении опроса до тех пор, пока не будут получены анкеты, отвечающие всем требованиям, от 150 респондентов. Несмотря на низкую репрезентативность выборки, ее величины достаточно для установления основных тенденций.

Всего по данным «Google.Форм» было опрошено 156 человек. Из них 52 % женщин и 48 % мужчин. Распределение респондентов по возрасту и полу, стратификация опрашиваемых по уровню дохода, данные о семейном положении респондентов и составе семьи представлены на рис. 1–3.

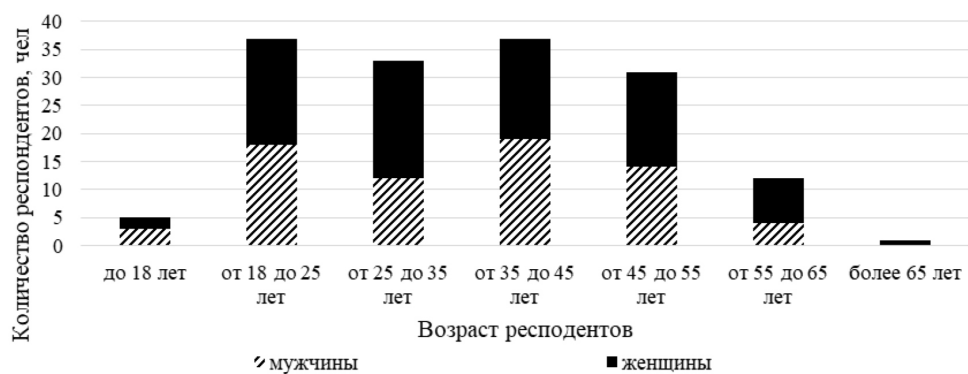


Рис. 1. Распределение респондентов по полу и возрасту

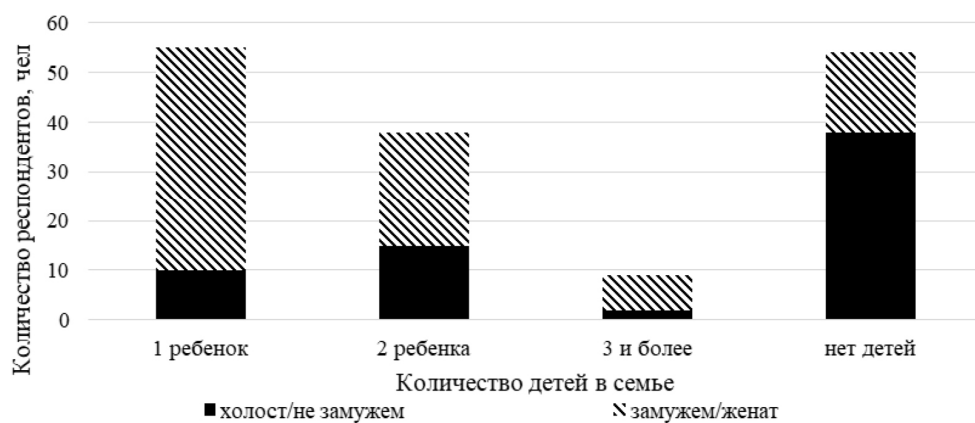


Рис. 2. Данные респондентов о семейном положении и составе семьи

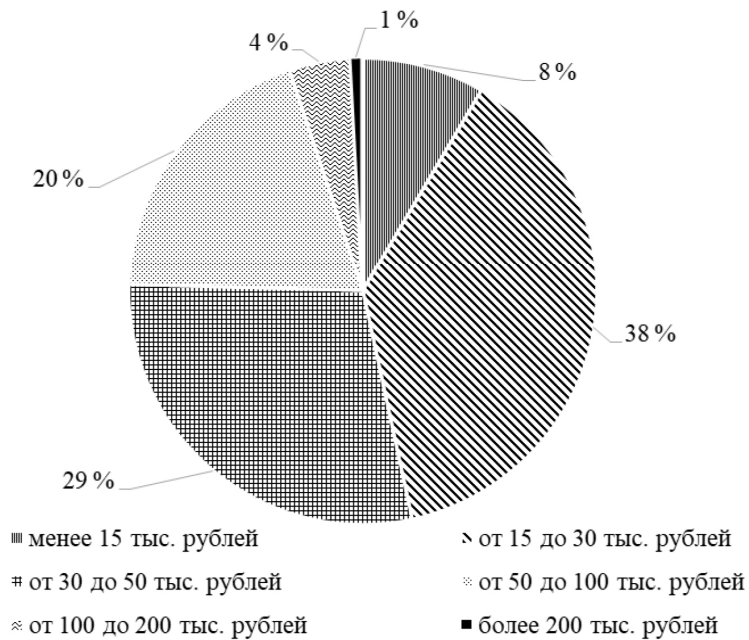


Рис. 3. Распределение респондентов по уровню дохода (из расчета на одного человека в семье)

В ходе исследования было выявлено следующее. По данным анкеты, большинство, а именно 68 %, опрошенных проживают в собственных отдельных квартирах, 26 % – в частных домах, остальные снимают жилье. Более трети респондентов планируют улучшение жилищных условий в ближайшие 5 лет, в том числе 12 % из общего числа респондентов предполагают покупку в ближайшие 1–3 года. 57 % из тех, кто планирует покупку жилья в будущем, хотят приобрести индивидуальный дом. Все это свидетельствует о том, что количество желающих жить в индивидуальном доме отличается от количества реально проживающих там людей (существует неудовлетворенный спрос).

Распределение предпочтений респондентов при выборе материалов для строительства индивидуального дома отражено на диаграмме (рис. 4). Явные фавориты – кирпичный (33 %) и каркасный дома (30 %), в то время как самыми непопулярными материалами оказались газо- и пенобетон (16 %). Явно прослеживается тенденция к снижению спроса на дома из дорогостоящих материалов.

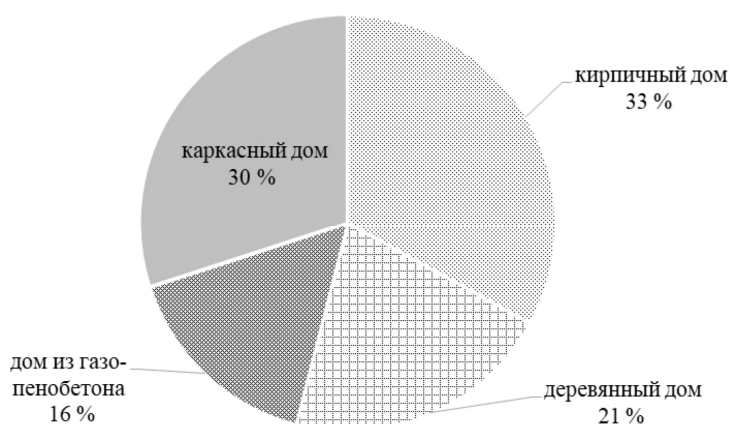


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос о выборе материала для строительства дома

Делая выбор в пользу того или иного материала, опрошиваемые ориентировались в основном на затраты в процессе строительства (51 %), а также на качество и долговечность конструкции (29 %). Решающим фактором в выборе дома на данный момент является именно цена материала, определяющая затраты на строительство.

Большинство респондентов (65 %) предпочли бы заказать строительство дома специализированной компании, 38 % из них готовы воспользоваться типовыми проектами, остальные же выбрали индивидуальные проекты. 23 % опрошиваемых хотят приобрести уже построенный дом.

Для проживания 73 % выбрали дом за городом (из них 67 % в возрасте от 35 до 65 лет) и только 27 % дом в городской черте (из них 78 % в возрасте до 35 лет). Таким образом, можно сделать вывод, что возраст респондентов очень сильно влияет на их предпочтения относительно расположения дома.

Главные преимущества частного дома, названные респондентами, отражены на рис. 5. Приватность (67 %), возможность иметь собственный двор и место для отдыха (54 %), а также возможность создания сада/огорода на

придомовом участке (39 %) – все это говорит о том, что для владельца загородного дома очень важно иметь обширную придомовую территорию.

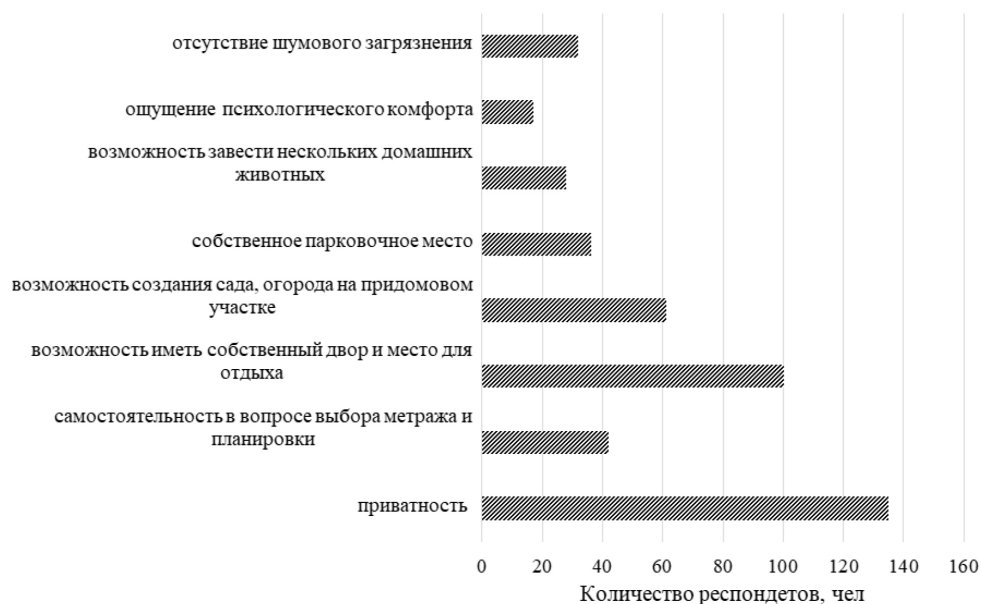


Рис. 5. Распределение ответов на вопрос о главных преимуществах частного дома.

По мнению большинства респондентов, для частного дома оптимальна площадь от 100 до 150 м². На втором месте по популярности – площадь до 100 м². Если сортировать данные по наличию детей у респондентов, то в первом случае их оказывается гораздо больше. Иными словами, семьи с детьми предпочитают дома большей площади. Также можно установить зависимость от уровня дохода: чем выше уровень дохода респондента, тем большую площадь он считает оптимальной.

Респонденты были практически солидарны в ответе на вопрос об этажности: 81 % считает, что в доме должно быть два этажа. Данные параметры из блока вопросов, касающихся предпочтительных характеристик, необходимо учесть, чтобы предложить потребителю продукт, который сможет полностью удовлетворить его спрос.

Для обеспечения комфортного проживания, по мнению респондентов, в шаговой доступности (200–300 м) должны находиться детская площадка, остановка транспорта, магазин. В пределах 1 км должны быть парк или аллея. Школа, больница должны быть в пределах 1–2 км. Заведения общепита, тренажерный зал должны быть доступны на расстоянии до 5 км.

Участникам опроса оказалось важно, чтобы их дом располагался на охраняемой территории. Средний балл среди всех респондентов при ответе на этот вопрос составил 4,42 (по 5-балльной шкале, где 5 – очень важно, а 1 – совсем не важно).

Самыми главными минусами, с которыми сталкиваются жители частных домов в отличие от жителей квартир, были названы следующие: отсутствие инфраструктуры шаговой доступности (67 %), низкое качество подъездных дорог (43 %), обслуживание и ремонт за свой счет (32 %) (рис. 6).

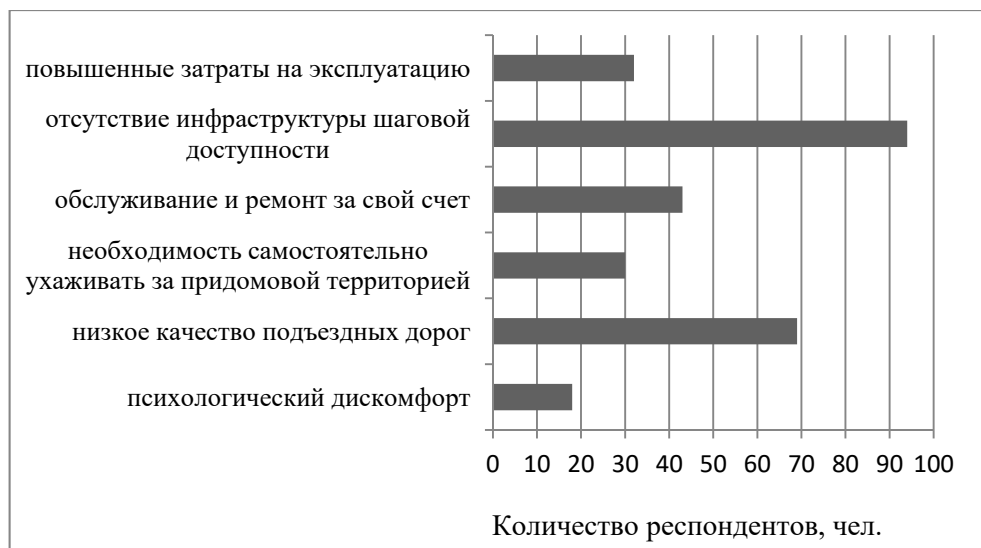


Рис. 6. Распределение ответов на вопрос о главных недостатках частного дома

На строительство или покупку жилья 43 % респондентов готовы потратить от 2 до 3 млн рублей, 23 % – от 1 до 2 млн рублей, а 13 % – от 3 до 5 млн рублей. Как и в случае с метражом, здесь можно увидеть прямую зависимость от уровня дохода: чем выше уровень дохода респондента, тем большую сумму он готов потратить. Также можно заметить аналогичную зависимость от профессионального статуса (директора, руководители и предприниматели называли в анкете суммы выше относительно других респондентов). Также для участников опроса имеет значение возможность использования льготных/ипотечных программ при оплате. Средний балл среди всех респондентов 3,8 (по 5-балльной шкале, где 5 – очень важно, а 1 – совсем не важно). В основном в 5 баллов оценивали важность опрашиваемые с уровнем дохода менее 50 тыс. рублей на человека в семье.

Заключение

Анализируя результаты проведенного исследования, можно сделать следующие выводы. Во-первых, большинство респондентов отдает предпочтение именно индивидуальному строительству. Во-вторых, реальное количество людей, проживающих в загородном доме, существенно отличается от количества желающих, что свидетельствует о перспективности направления индивидуального жилищного строительства.

На сегодняшний день, по данным опроса, определяющую роль в выборе дома играет стоимость материала для строительства. Такое положение дел на рынке нельзя назвать выгодным для компаний, работающих в сфере деревянного домостроения, в особенности это относится к компаниям, строящим из дорогих материалов: профилированного и клееного бруса. При этом все большую популярность приобретает недорогое жилье, возведенное по каркасной технологии, и кирпичные дома.

Основываясь на ответах, можно составить портрет характеристик «идеального» продукта: респонденты предпочитают одноэтажный дом площадью от 100 до 150 м, построенный по типовому проекту в специализированной компа-

нии, расположенный за городом, с обширной придомовой территорией. Жители г. Пенза готовы потратить на покупку/строительство индивидуального дома в среднем от 2 до 3 млн рублей. Данные параметры можно использовать для совершенствования товарной политики организаций, работающих на рынке ИЖС.

На основе полученных данных можно сделать вывод, что многие респонденты мечтают о частном доме, однако их смущают такие минусы, как отсутствие инфраструктуры шаговой доступности, низкое качество подъездных дорог, удаленность от города. На сегодняшний момент согласно опросу люди предъявляют очень высокие требования к комфорту проживания, который нельзя обеспечить в рамках отдельно стоящего частного дома. Единственный вариант удовлетворения данной потребности – создание проекта, объединяющего плюсы городской и загородной жизни, с максимально комфортными условиями для всей семьи – коттеджного поселка.

Таким образом, в ходе проведенного исследования были выполнены все заявленные цели и задачи. Практическая значимость данного исследования состоит в том, что его результаты можно использовать для выработки рекомендаций по совершенствованию товарно-ассортиментной политики компаний, работающих в сфере индивидуального жилищного строительства.

Библиографический список

1. Синякова, Е. В. Инновационный сценарий развития рынка индивидуального жилищного строительства / Е. В. Синякова // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2015. – № 1 (61). – С. 229–233.
2. Кутырев, В. Г. К проблеме индивидуального жилищного строительства в России / В. Г. Кутырев, А. М. Стеклов // Теория и практика общественного развития. – 2013. – № 12. – С. 95–99.
3. Коршаков, Ф. Н. Индивидуальное жилищное строительство в городе / Ф. Н. Коршаков // Архитектура и современные информационные технологии. – 2011. – № 3. – С. 38–45.
4. Трошин, А. С. Индивидуальное жилищное строительство – анализ и прогнозы / А. С. Трошин, Я. Ю. Бондарева // Научный результат. – 2017. – № 3. – С. 134–142.

References

1. Sinyakova E. V. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of the Kemerovo State University]. 2015, no. 1 (61), pp. 229–233. [In Russian]
2. Kutyrev V. G., Steklov A. M. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2013, no. 12, pp. 95–99. [In Russian]
3. Korshakov F. N. *Arkhitektura i sovremennye informatsionnye tekhnologii* [Architecture and modern information technologies]. 2011, no. 3, pp. 38–45. [In Russian]
4. Troshin A. S., Bondareva Ya. Yu. *Nauchnyy rezul'tat* [Scientific result]. 2017, no. 3, pp. 134–142. [In Russian]

Зинченко Светлана Владимировна
кандидат экономических наук, доцент,
кафедра маркетинга, коммерции
и сферы обслуживания,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: slatynova@mail.ru

Zinchenko Svetlana Vladimirovna
candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of marketing,
business and services,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Бижанова Евгения Михайловна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра маркетинга, коммерции
и сферы обслуживания,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: janette@list.ru

Bizhanova Evgeniya Mikhailovna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of marketing,
business and services,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Попова Елена Александровна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента и экономической
безопасности,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: elenapopova09@yandex.ru

Popova Elena Aleksandrovna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of management
and economic security,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Цибизова Александра Сергеевна

студентка,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: pridanova.evldk@yandex.ru

Tsibizova Aleksandra Sergeevna

student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Зинченко, С. В. Маркетинговое исследование потребительского спроса на индивидуальное жилье в г. Пенза / С. В. Зинченко, Е. М. Бижанова, Е. А. Попова, А. С. Цибизова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 22–30. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-3.

КОНЦЕПЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА ПРЕДПРИЯТИЯ

С. В. Тактарова, С. С. Солдатова

THE CONCEPT OF DESIGNING AND IMPLEMENTING A COMPREHENSIVE SYSTEM FOR EVALUATING AND DEVELOPING THE COMPANY'S PERSONNEL

S. V. Taktarova, S. S. Soldatova

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Актуальность данного исследования обусловлена необходимостью внедрения в практику управления российскими предприятиями качественно новых механизмов оценки персонала, позволяющих выявить «точки роста» производительности труда и определить потенциал развития организации. *Методы.* При решении поставленных в исследовании целей и задач была предложена концепция создания и внедрения комплексной системы оценки персонала предприятия, нацеленная на развитие организации, включающая в себя анализ деятельности предприятия, оценку личности, сопоставление ее критериев и характеристик с предъявляемыми к ней текущими требованиями с учетом их возможных изменений в будущем. *Результаты и выводы.* Предложения и рекомендации, выработанные в ходе исследования, позволят предприятиям модернизировать собственную систему оценки персонала, актуализировать ее с учетом требований современного менеджмента.

Ключевые слова: персонал, личность, система оценки, критерий, показатель, производительность труда.

Abstract. *Subject and goals.* The relevance of this study is due to the need of introduction into practice the qualitatively new mechanisms for evaluating personnel into management of Russian enterprises, allowing to identify the "growth points" of labor productivity and determine the potential for development of the organization. *Methods.* In dealing with the studied goals and objectives the concept of creating and implementing a comprehensive system of assessment of personnel of the enterprise was presented aimed at the development of the organization including analysis of business activities, personality assessments, comparison of criteria and characteristics of the individual with the qualifying requirements, as well as taking into account their possible changes in the future. *Results and conclusions.* The proposals and recommendations developed during the study will allow companies to modernize their own personnel assessment system and update it to meet the requirements of modern management.

Keywords: personnel, personality, evaluation system, criterion, indicator, labor productivity.

Введение

В современных социально-экономических условиях совершенствование кадровой политики хозяйствующего субъекта тесно сопряжено с поиском новых способов и методов урегулирования сложных взаимоотно-

ношений работодателя и работника, с поиском эффективных механизмов управления человеческим капиталом, который сам по себе является важнейшим конкурентным преимуществом производственно-коммерческой организации.

В классической модели управления трудовыми ресурсами первым этапом общепринято выделять процедуру «оценка персонала», при этом акцент устанавливается на анализ следующих показателей: коэффициент текучести кадров, уровень образования, средний возраст работников, половозрастные характеристики. Конечно, данные показатели являются важными, но они не отражают в полной мере качественного состояния кадров организации, не раскрывают индивидуальность сложившегося на предприятии трудового коллектива, его культуру и трудовое поведение.

Таким образом, на большинстве российских предприятий и в организациях остро стоит вопрос, связанный с актуализацией методов и способов оценки действующего или потенциального (человека, подавшего резюме на рассмотрение в отдел кадров) персонала, разработкой и внедрением комплексной системы оценки как отдельного работника (личности), так и трудового коллектива в целом.

Сама процедура «оценки» начинается с определения требований к личности исходя из характеристики, особенностей и условий труда (в соответствии с занимаемой должностью, спецификой профессии, качественными и количественными показателями трудового процесса) [1]. Данные требования позволят организации разработать и внедрить эффективную систему критериев оценки личности как основного элемента трудового процесса.

Материалы и методы исследования

Система критериев оценки личности, способствующая принятию объективного решения о степени пригодности человека к конкретной трудовой деятельности на определенном рабочем месте, позволяющая с высокой точностью установить профессиональную пригодность личности и, что не менее важно, сравнить потенциальную работоспособность нескольких человек между собой (например, при оценке претендентов на одно вакантное рабочее место) – вот что необходимо российским организациям и предприятиям.

Сегодня в средствах массовой информации много внимания уделяется вопросу: «Как повысить уровень производительности труда в российской экономике?» Совершенно ясно, что импульс к долгожданному росту в данной сфере может быть получен при трансформации механизмов оценки как качества труда, так и качества самих трудовых ресурсов предприятия с двух позиций: определение базовых требований к работнику на основе характеристик трудовой деятельности; измерение характеристик личности, соответствующих определенным требованиям и критериям.

На рисунке 1 представлена система оценки персонала, которая позволяет выявить динамику изменения критериальных оценок личности и которая, безусловно, будет весьма полезна при разработке мероприятий, нацелен-

ных на развитие данной личности и повышение ее работоспособности, и, как следствие, обеспечит рост производительности труда на предприятии.

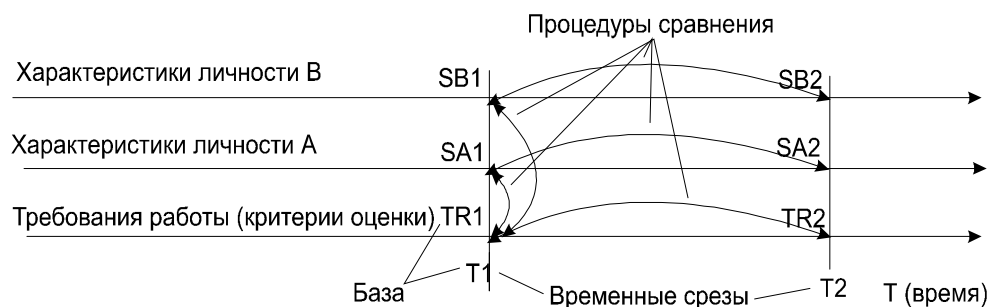


Рис. 1. Система оценки персонала [2]

Согласно представленной системе оценки персонала сравнение конкретной личности (действующего работника или претендента на вакантную должность) рекомендуется осуществлять по четырем направлениям:

1) сравнение личностных характеристик с базовыми критериями, что позволит выявить степень пригодности работника (личности) для выполнения определенной трудовой деятельности (работы), а также определить те характеристики личности, которые необходимо усовершенствовать (развить), на основании чего может быть составлена программа профессионального обучения или индивидуального развития личности;

2) базовых характеристик (критериев) с требованиями, установленными условиями рациональной организации трудовой деятельности на предприятии в текущий момент времени, – данный вариант сравнения позволит организации адаптировать свои требования к работникам исходя из реальных условий труда или, как обратный процесс, изменить уровень специализации и кооперации труда с учетом профессионально-квалификационного уровня трудовых ресурсов;

3) текущих характеристик личности с характеристиками той же личности в предыдущем временном периоде – данное сравнение позволит выявить динамику изменения профессионально-квалификационного уровня человека, оценить траекторию развития личности за определенное время;

4) текущих характеристик личности и базовых критериев в настоящем периоде времени (базовый период) с предполагаемыми показателями на ближайшую перспективу, с учетом общих тенденций изменения организационно-технических, социально-экономических, научно-технических, политических и других факторов, оказывающих прямое или косвенное влияние на конкретный субъект производственно-коммерческой деятельности [2].

Процесс проектирования системы критериев и индикаторов оценки персонала общепринято начинать с этапа «Установление критериев оценки личности». При этом критерии оценки рекомендуется определять по трем сферам анализа личности как элемента производственного процесса: физическо-физиологической, социально-психологической, профессиональной сферам (рис. 2) [2].

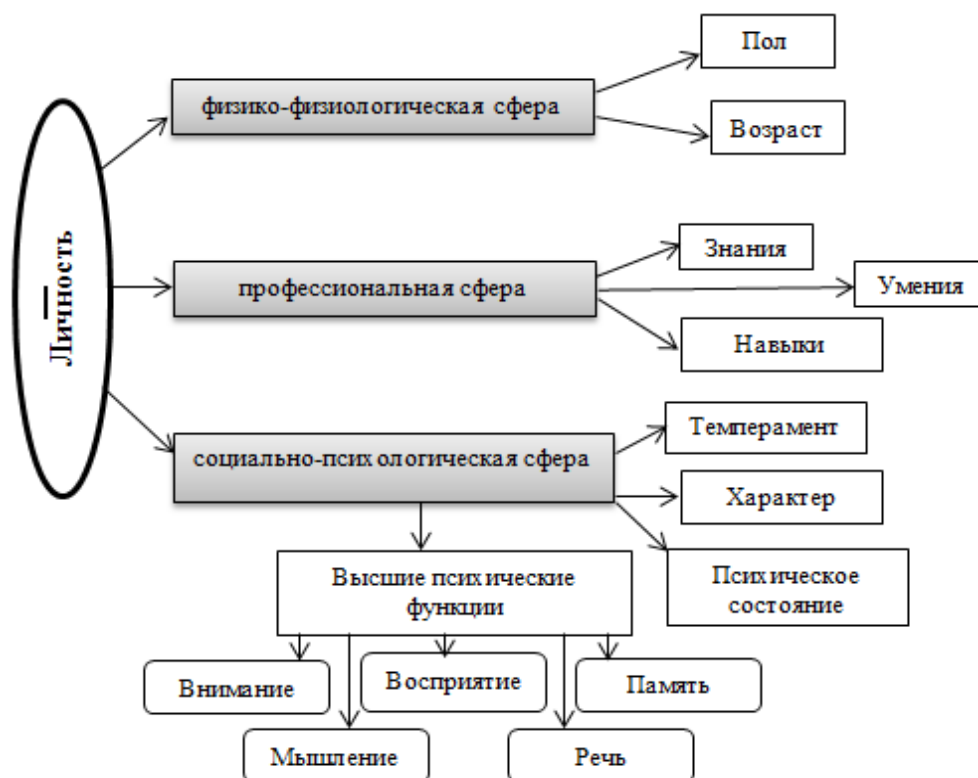


Рис. 2. Направления оценки личности по трем сферам

Критерии и требования к личности по каждой оцениваемой сфере устанавливаются исходя из характера и условий труда, предмета и средств труда, конкретной должностной инструкции, а также индивидуальных особенностей, традиций, устоев трудового коллектива и корпоративной этики предприятия.

Первичным элементом оценки персонала абсолютно любой организации является анализ физическо-физиологических особенностей человека по двум интегральным показателям – «пол» и «возраст». На производстве, характеризующемся высокой долей физического труда, сложными и/или вредными условиями труда, а также для тех, кто работает в экстремальных условиях (летчики-испытатели, моряки-подводники, военные, пожарные и др.), оценка физическо-физиологических характеристик работников должна выполняться более тщательно, в том числе при прохождении специальной медицинской комиссии [1]. Общими критериями оценки физическо-физиологических показателей личности являются физическая сила, выносливость, скорость реакции, острота зрения, частота пульса, сердечно-сосудистое давление и т.д.

Не менее важной составляющей комплексной оценки персонала организации, и при этом наиболее сложно оцениваемой, является социально-психологическая сфера личности. На сегодняшний день существует множество подходов, методик и инструментов, нацеленных на оценку социально-психологических показателей развития личности, есть несколько вариантов группировки оцениваемых критериев. Но, на наш взгляд, организацию как работодателя особенно интересуют такие элементы психоэмоционального

состояния человека, как характер, внимание и память, адекватность мышления, способность к обучению и восприятию новой информации, коммуникативность, умение адаптироваться к условиям труда и сложившимся устоям трудового коллектива.

Необходимо помнить, что социально-психологические показатели личности во многом обеспечивают грамотное и рациональное использование способностей и возможностей данного человека на благо организации, в которой он трудится. Поэтому рост производительности труда и, как следствие, экономической эффективности функционирования организации во многом определяется рациональностью использования индивидуальных способностей и возможностей работников.

Социально-психологические свойства личности развиваются под действием социальных условий, устоев, традиций трудового коллектива, сформированных в процессе взаимодействия его членов в течение определенного времени. Также сама личность своим поведением, характером и другими индивидуальными психофизиологическими требованиями может оказывать существенное влияние на социум (трудовой коллектив или его отдельную часть). Это еще раз доказывает необходимость периодически осуществлять на предприятиях оценку персонала с позиции трехстороннего анализа изменений: *«характеристики личности – требования организации (общества) – изменения во времени»* [2].

Оценку профессиональной сферы человека (действующего или потенциального сотрудника организации) принято осуществлять по таким критериям, как знания, умения и навыки, формирующие профессиональные компетенции работника. Надо отметить, что профессиональные характеристики (знания, умения, навыки) базируются на социально-психологических свойствах личности.

Очевидно, что в целях определения «точек роста» личности, выбора траектории ее развития, способов и методов повышения эффективности использования индивидуальных характеристик человека, его способностей и возможностей в рамках реализации программы роста производительности труда как отдельного предприятия, так и экономики страны в целом необходима комплексная оценка трудовых ресурсов. Доказывать актуальность немедленного решения проблемы низкой производительности труда в российской экономике сегодня никому не надо! Большинство экономистов, экспертов, бизнесменов утверждают, что долгожданный экономический рост невозможен без инвестиций, инноваций и повышения производительности труда в реальном секторе экономики.

Комплексная система оценки и развития персонала, предлагаемая для разработки и внедрения на отечественных предприятиях, основана на составлении системы критериев оценки личности с целью выявления соответствия конкретной трудовой функции, подлежащей реализации в определенных (планируемых или фактически действующих) производственных условиях. Обязательным условием корректного проектирования данной системы критериев является то, что каждый критерий и показатель должен быть сформулирован четко, понятно и однозначно трактоваться. В таблице 1 представлен набор критериев и показателей, позволяющий проанализировать качественные характеристики человека и оценить его потенциал профессионального роста.

Таблица 1

Комплексная оценка личности в целях поиска «точек роста»
производительности труда в организации [1, 2]

Критерий 1	Характеристика 2
Темперамент	<i>Сангвиник</i> – энергичный, настойчивый, с высокой работоспособностью, живой, подвижный человек, стремящийся к частой смене впечатлений, быстро реагирующий на события, легко переживающий неудачи и неприятности. Сангвиник обладает повышенной работоспособностью. <i>Холерик</i> – быстрый, порывистый человек, неуравновешенный, склонный к бурным эмоциональным вспышкам, резким сменам настроения. С точки зрения выполнения производственной деятельности темперамент холерика соответствует тем работам, где необходимо приложить значительные усилия в короткий промежуток времени. <i>Флегматик</i> – медлительный, невозмутимый человек с устойчивыми стремлениями и настроением, со слабым внешним выражением душевных состояний. С точки зрения производственной деятельности темперамент флегматика соответствует тем работам, которые требуют длительных усилий по достижению поставленных целей. <i>Меланхолик</i> – легко ранимый, склонный глубоко переживать даже незначительные события, слабо реагирующий на окружающие явления действием, легко подчиняющийся чужой воле, не проявляющий настойчивости человек. В производственной сфере меланхолик характеризуется медленным вхождением в работу, но зато большей выдержкой, работоспособностью особенно в середине рабочего дня
Характер и его личностные особенности	<i>Характер</i> – это личностные особенности, определяющие поведение человека в конкретных условиях. Частично характер обусловлен наследственностью; формирование, развитие и функционирование характера личности осуществляется под воздействием социума. <i>Воля</i> – способность человека достигать поставленных им целей в условиях преодоления препятствий. <i>Лидерство</i> – стремление к высокому социальному статусу в социальной группе, позволяющему принимать ответственные управленческие решения. <i>Способность к творчеству</i> – способность формировать новые знания (гипотезы), формулировать новые принципы и положения. <i>Обучаемость</i> – желание и способность осваивать новые знания, приобретать новые умения и навыки. Обучаемость является комплексной характеристикой и основывается на способностях и познавательной активности личности. <i>Стрессоустойчивость</i> – способность сохранять высокую продуктивность, работоспособность и эмоциональную устойчивость в условиях интенсивных физических и/или моральных нагрузок в течение длительного времени. <i>Адаптивность</i> – способность приспосабливаться к изменениям внешней среды или социума, в котором личность вынуждена пребывать. <i>Ответственность</i> – комплексное свойство личности, выражающееся в умении самостоятельно принимать решения и лично отвечать за результат как собственной деятельности, так и группы лиц, в том числе за негативные последствия ранее принятых решений. <i>Агрессивность</i> – это черта характера личности, проявляемая во враждебности, неприязненном отношении, ненависти, насилии, деструктивности

Продолжение табл. 1

1	2
Тип личности	<i>Интроверт</i> – реалистичный, критически настроенный, консервативный, склонный к уединению, сдержанный, с высоким уровнем самоконтроля, серьезный, морально нормативный человек. <i>Экстраверт</i> – человек, открытый для всего нового, общительный, коммуникабельный, авантюрный, импульсивный, оптимистичный, склонный к действиям, труднопредсказуемый
Психическое состояние	<i>Оптимизм</i> – светлый эмоциональный тон, позитивное отношение к окружающим, к будущему, к жизни в целом. <i>Пессимизм</i> – негативное отношение к настоящему и будущему. <i>Тревожность</i> – личностная черта, проявляющаяся в легком и частом возникновении состояний тревоги, характеризуется низким порогом воздействия неопределенности будущего. <i>Депрессия</i> – угнетенное, подавленное психическое состояние личности, приводящее к заторможенности психической деятельности. <i>Импульсивность</i> – склонность действовать без достаточного сознательного контроля, под влиянием внешних обстоятельств или в силу эмоциональных переживаний. Человек, обладающий большой импульсивностью, вначале реагирует, а потом думает
Психические процессы	<i>Память</i> – когнитивный процесс, состоящий в запоминании, сохранении, восстановлении и забывании приобретенного опыта. <i>Мышление</i> – высшая форма активного отражения и преобразования в сознании человека объективной реальности, заключается в том, что данный процесс связан с наличием задачи, которую нужно решить. При оценке личности по критерию «мышление» необходимо проанализировать такие комплексные характеристики, как общий уровень интеллекта, системность мышления, гибкость мышления. <i>Воображение</i> – формирование наглядных образов ненаблюдаемых явлений. Воображение неразрывно связано с образным мышлением, с творческими способностями личности. Наличие воображения является основой для таких практических умений работника, как умение планировать, проектировать, организовывать, анализировать, конструировать
Характеристики внимания	<i>Активность</i> – степень вовлеченности сознания, воли в процесс внимания. <i>Направленность</i> – сосредоточенность сознания на определенной цели, объекте, предмете или процессе. <i>Интенсивность</i> – количество информации, одновременно способной сохраняться в сознании человека. <i>Переключение</i> – возможность переключать собственное внимание с одной цели на другую. <i>Устойчивость</i> – возможность сохранения высокого качества внимания в течение длительного периода времени
Социальные характеристики	<i>Конформность</i> – способность человека к усвоению определенных групповых (общественных) норм, устоев, традиций, ценностей. <i>Конфликтность</i> – склонность личности к агрессивному поведению в коллективе, к столкновениям с другим человеком, с группой лиц. <i>Коммуникативность</i> – способность выслушать и понять собеседника, умение тактично высказать собственное мнение по обсуждаемому вопросу, не унижая честь и достоинство собеседника. Данная способность имеет важное значение при работе в крупном трудовом коллективе, обеспечивает комфортные взаимоотношения в ходе трудового процесса

1	2
Мотивационно-ценностные характеристики	В системе оценки персонала организации важное место занимает процесс анализа мотивации людей на качественный труд, так как именно от грамотной мотивации во многом зависит рост производительности труда на предприятии. Виды мотивации: – <i>мотивация достижения</i> (целенаправленная активность личности на достижение успеха); – <i>мотивация избегания неудачи</i> (стремление человека избежать неблагоприятных для себя ситуаций, неудач, порицаний, критики); – <i>мотивация роста</i> (стремление к эффективному развитию, к профессиональному и карьерному росту); – <i>мотивация власти</i> (отчетливо выраженное стремление человека обладать властью над другими людьми); – <i>мотивация альтруизма</i> (стремление создать благополучие другим людям, при этом у личности нет ожидания финансового вознаграждения за свой труд); – <i>мотивация агрессивности</i> (стремление добиться личного благополучия путем ущемления интересов окружающих и/или нанесения вреда другим людям)
Умения (комплексный показатель)	<i>Умение планировать</i> – формулировать и ставить цель, определять задачи, необходимые для достижения поставленной цели, расставлять приоритеты и определять наиболее рациональный способ распределения имеющихся ресурсов. <i>Умение проектировать</i> – мысленно строить, комбинировать образы несуществующих объектов или ситуаций, прогнозировать их изменения, определять и/или просчитывать траекторию развития. <i>Умение организовывать</i> – рассчитывать, распределять полномочия и ответственность, влиять на трудовой коллектив или отдельных людей, контролировать ход выполнения работы и корректировать ее в целях достижения запланированного результата. <i>Умение точно выполнять работу</i> – длительно концентрировать собственное внимание на объекте, конкретизировать свои действия, осуществлять самоконтроль. <i>Умение анализировать</i> – длительно концентрировать внимание на изучаемом объекте, работать с цифровыми носителями информации, запоминать цифровую информацию, строить алгоритмы вычислений, определять причинно-следственные связи, выполнять критический анализ, обрабатывать большие объемы информации и т.д. <i>Умение выразить мысли</i> – грамотно, четко, логично выражать свою точку зрения, в корректной форме доносить до собеседника смысловое значение утверждения

Таким образом, при оценке личности предлагается акцентировать внимание именно на тех характеристиках, которые полностью или частично привязаны к должностной (трудовой) деятельности человека. Умения и навыки личности формируются с помощью профессиональных знаний, под воздействием социальных процессов, и при этом они являются производными от характера, темперамента, психического состояния личности и, безусловно, обладают некоторой психомотивационной составляющей.

Результаты

При проектировании комплексной системы оценки человека, выявления степени его соответствия требованиям конкретной должности перечень профессиональных знаний, умений и навыков, а также список социально-психологических показателей может быть расширен и дополнен с учетом текущей кадровой политики организации и стратегических перспектив ее развития.

Как показывает практический опыт российских производственных предприятий, для оценки соответствия человека занимаемой (или потенциальной) должности применяется от 7 до 12 критериев [3]. В большинстве случаев при оценке профессионального соответствия должностного лица используются комплексные критерии, включающие в себя несколько простых характеристик: системное мышление, организаторские, коммуникативные способности, способности к принятию управленческих решений, творческая активность и др.

Комплексность системы оценки и развития персонала предприятия предполагает, что личность (особенно, если вопрос состоит в оценке руководящих кадров или претендентов на руководящую должность) должна быть оценена всесторонне, с применением следующих методов: анализ оцениваемого критерия по результатам выполненного задания; анализ поведенческих индикаторов (рис. 3) [2].

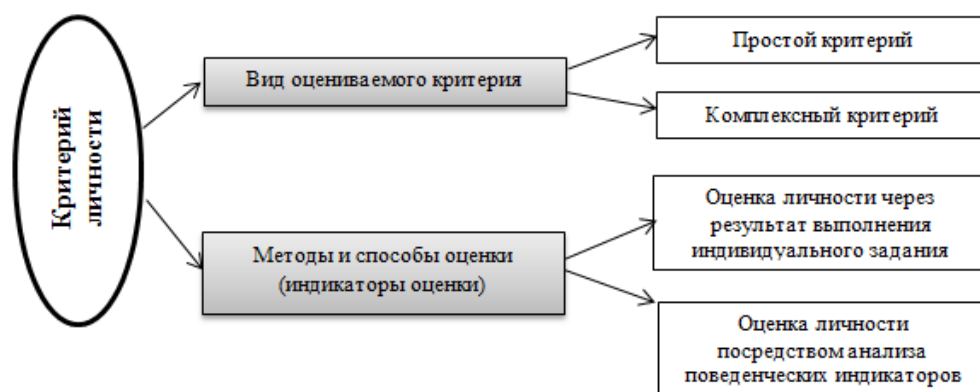


Рис. 3. Оценка критериев личности

В таблице 2 приведен пример критериев и индикаторов, необходимых для комплексной оценки личности, претендующей на выполнение трудовых функций, соответствующих руководящей должности. Уточняется, что индикаторы по каждому критерию могут быть как положительными, так и отрицательными. Первые указывают на наличие у оцениваемого человека данного качества (критерия), а вторые свидетельствуют об его отсутствии. Необходимо отметить, что данный перечень критериев и индикаторов не является константой и может быть дополнен лицами, осуществляющими оценку персонала конкретной организации, исходя из производственно-технической специфики работы данного предприятия, с учетом их личного жизненного и профессионального опыта.

Таблица 2

Критерии и их индикаторы для комплексной характеристики личности
в рамках оценки персонала организации [1, 2]

Критерий	Положительные индикаторы	Отрицательные индикаторы
1	2	3
Четкость, логичность, системность мышления	1. Способность анализировать информацию по ситуации, выделять причинно-следственные связи, делать выводы, способствующие разработке последующих корректирующих мероприятий. 2. Способность аргументировать свою точку зрения, структурировать собственное выступление перед аудиторией. 3. Способность конструктивно критиковать работу подчиненных, а также адекватно воспринимать справедливую критику в собственный адрес	1. Отсутствие последовательности в изложении информации. 2. Неумение слушать собеседника, воспринимать чужие предложения и критические замечания
Гибкость мышления	1. Способность мыслить стратегически. 2. Способность анализировать различные варианты решения проблемы и выбирать наиболее рациональный и эффективный. 3. Способность формулировать адекватные вопросы по ходу изменения ситуации, вносить коррективы в текущий ход работы. 4. Наличие чувства юмора	1. Работает только по жестким шаблонным схемам. 2. При возникновении проблем заикливается на поиске и наказании виновных, при этом полностью перекладывает вину на других людей. 3. Затягивает решение проблем посредством долгих планерок, процедур совещания, согласования. 4. Не признает собственные ошибки
Умение планировать и проектировать	1. Способность поставить конкретную цель, четкие задачи, количественные и качественные показатели и критерии оценки эффективности трудовых процессов. 2. Способность правильно и своевременно расставлять приоритеты. 3. Способность делегировать полномочия, разбивать рабочий процесс на этапы и отдельные элементы. 4. Способность быстро смоделировать ход изменения ситуации, спрогнозировать траекторию развития объекта. 5. Способность быстро предложить вариант (план) решения проблемы, задачи	1. Ориентируется в работе только на прошлый опыт. 2. Решения принимает без четкой аргументации. 3. Допускает неточности и ошибки в механизмах реализации трудовых процессов

Продолжение табл. 2

1	2	3
Умение быстро и качественно организовать работу	1. Способность удерживать внимание трудового коллектива и правильно мотивировать на выполнение установленного задания. 2. Способность проявлять инициативу. 3. Способность ориентироваться в людях, применять индивидуальный подход, создавать команду	1. В общении с коллективом уходит в длительные дискуссии, является поклонником длительных совещаний-планерок. 2. Мешает работе коллектива «пустыми» советами, постоянно вмешивается в рабочий процесс или большую часть работы выполняет сам, не доверяя подчиненным
Умение выражать собственные мысли и вести переговоры	1. Способность выстраивать правильные, логически связанные предложения, подбирать точные определения, образы, сравнения, примеры. 2. Способность внятно, четко излагать информацию, структурировать выступление. 3. Способность добиваться положительных результатов в переговорах как с партнерами, так и в рамках трудового коллектива. 4. Способность внимательно слушать собеседника, задавать уточняющие вопросы, переадресовывать часть вопросов более компетентным участникам переговоров. 5. Способность изменять тактику общения по ситуации. 6. Способность проявлять уважение к аудитории, к собеседнику	1. Дефекты речи и монотонность изложения. 2. Некорректная подача информации, отвлечение на многочисленные детали, резкое изменение тем или рассматриваемых вопросов 3. Замкнутость, агрессивность и отсутствие культуры общения
Ответственность	1. Способность принимать решения в сложных условиях при высоком уровне неопределенности. 2. Способность брать на себя ответственность не только за результаты собственной работы, но и за коллективные результаты труда. 3. Умение рисковать	1. Самоустраняется от взятия ответственности за собственные решения. 2. Предпочитает механизм голосования при принятии решений как способ избежать единоличной ответственности за результаты реализации данных решений. 3. Часто применяет в речи фразы: так получилось; так сложились обстоятельства; кто же мог предугадать и др.

1	2	3
Стрессо-устойчивость	1. Способность сохранять спокойствие в сложных непредвиденных обстоятельствах. 2. Способность четко, аргументированно отстаивать свои позиции в любых критических условиях, в спорах. 3. Способность не поддаваться на провокации, корректно реагировать на чужую агрессию и истерику	1. Проявляются частые эмоциональные всплески, перепады настроения. 2. Агрессивность в процессе общения с коллегами, с подчиненными. 3. Проявление страха, паники, хаотичного поведения при принятии и реализации управленческих решений.
Обучаемость	1. Способность быстро выделять суть в новой информации. 2. Проявление интереса к новшествам, инновациям, модным тенденциям и др. 3. Способность брать на себя инициативу в новом деле, на собственном примере увлекать окружающих новыми идеями. 4. Целеустремленность в познании новшеств в профессиональной сфере с целью развития собственного кругозора	1. Консерватизм во всех сферах жизнедеятельности, невосприятие новой информации. 2. Привичка действовать в рамках жестких установок. 3. Пассивность в процессе обучения

Выводы

Обобщая сказанное, можно дать развернутое определение понятия «оценка персонала». Это комплекс взаимосвязанных процедур, включающий в себя:

1) анализ текущей деятельности предприятия для выявления критериев оценки персонала;

2) оценку характеристик личности по установленным критериям с целью определения профпригодности человека к определенной трудовой деятельности или для выбора наиболее достойного из нескольких претендентов на одну должность;

3) анализ критериев оценки личности и их сопоставление с требованиями конкретного рабочего места в целях планирования рациональных форм и методов профессионального обучения и развития личности, и/или для определения направлений корректировки трудового процесса в рамках должности, и/или для создания нового рабочего места;

4) сравнение характеристик личности в текущий период с аналогичными характеристиками в предыдущем периоде (базовом) для выявления динамики их изменения, а также определения потребности предприятия в персонале в будущем, исходя из стратегии его развития, и установления плановых критериев и показателей для оценки и отбора персонала.

Таким образом, проектирование и внедрение комплексной системы оценки и развития персонала предприятия опирается на две составные модели: анализ деятельности организации в текущий и плановый период времени; оценка и анализ изменений личностных и профессиональных характеристик человека.

Практика управления персоналом на отечественных предприятиях и в организациях показывает, что недостаточно внимания уделяется повышению эффективности использования важнейшего производственного ресурса – кадрам. По мнению экспертов, на сегодняшний день лишь 12 % российских компаний имеют стратегию управления человеческим капиталом [3]. Одним из необходимых условий быстрого и эффективного внедрения цифровых технологий в российскую экономику, безусловно, является успешная интеграция экономических, организационно-технических и социальных компонентов в единый комплекс. Именно поэтому решение проблемы оценки кадровой составляющей (персонала) в рамках разработки или корректировки стратегии управления человеческим капиталом предприятия является первоочередной задачей для любого хозяйствующего субъекта.

К сожалению, сегодня многие руководители крупных производственно-коммерческих организаций, а также частные предприниматели при разработке и реализации собственной кадровой политики вынуждены учитывать реальную ситуацию на российском рынке труда, характеризующуюся нехваткой высококвалифицированных рабочих кадров и инженерно-технического персонала.

Библиографический список

1. *Тактарова, С. В.* Организация труда на режимных объектах : учеб. пособие / С. В. Тактарова, С. С. Солдатова. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2020. – 216 с.
2. *Дресвянников, В. А.* Центр оценки и развития персонала (Assessment and Development Center): создание и технология работы : монография / В. А. Дресвянников, Т. Ю. Пашченко, С. В. Тактарова. – Москва : РУСАЙНС, 2017. – 222 с.
3. *Ширинкина, Е. В.* Моделирование влияния компонентов человеческого капитала на уровень цифровизации промышленных предприятий / Е. В. Ширинкина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2019. – № 1-2 (29-30). – С. 51–60. – URL: <https://mss.pnzgu.ru/mss6119>

References

1. Taktarova S. V., Soldatova S. S. *Organizatsiya truda na rezhimnykh ob"ektakh: ucheb. posobie* [Organization of labor at secure facilities : a textbook]. Penza: Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2020, 216 p. [In Russian]
2. Dresvyannikov V. A., Pashchenko T. Yu., Taktarova S. V. *Tsentri otsenki i razvitiya personala (Assessment and Development Center): sozdanie i tekhnologiya raboty: monografiya* [Center for Personnel Assessment and Development (Assessment and Development Center): creation and technology of work: monograph]. Moscow: RUSAYNS, 2017, 222 p. [In Russian]
3. Shirinkina E. V. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, and networks in economics, technology, nature, and society]. 2019, no. 1-2 (29-30), pp. 51–60. Available at: <https://mss.pnzgu.ru/mss6119> [In Russian]

Тактарова Светлана Викторовна
кандидат экономических наук, доцент,
заведующий кафедрой менеджмента
и экономической безопасности,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: staktarova@yandex.ru

Taktarova Svetlana Viktorovna
candidate of economical sciences,
associate professor,
head of sub-department of management
and economic security,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Солдатова Светлана Сергеевна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра менеджмента
и экономической безопасности,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: sssoldatova@mail.ru

Soldatova Svetlana Sergeevna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of management
and economic security,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Тактарова, С. В. Концепция проектирования и внедрения комплексной системы оценки и развития персонала предприятия / С. В. Тактарова, С. С. Солдатова // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 31–44. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-4.

ИНСТРУМЕНТАРИЙ ВЫЯВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Е. А. Колесниченко, Я. Ю. Радюкова, Ю. М. Соколинская

TOOLS FOR IDENTIFICATION OF FINANCIAL RISKS OF THE ENTERPRISE AND DIRECTION OF THEIR MINIMIZATION

E. A. Kolesnickenko, Ya. Yu. Radyukova, Yu. M. Sokolinskaya

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Исследуется формирование направлений минимизации финансовых рисков промышленного предприятия, выявленных на основе проведения комплексного анализа его финансовой отчетности. *Методы.* Выявление рисков производилось на основе оценки финансового состояния предприятия, которая включала вертикальный и горизонтальный анализ средств и источников их формирования; анализа финансовой устойчивости предприятия по методике А. Д. Шеремета; оценки кредитоспособности предприятия по методике, разработанной Сбербанком России; оценки вероятности банкротства по моделям Альтмана. *Результаты и выводы.* На исследуемом предприятии наблюдается снижение интегрального показателя финансового состояния практически до уровня «красной» зоны (зоны повышенного финансового риска), которая характеризуется потерей финансовой устойчивости. В результате оценки финансового левериджа сделан вывод, что к снижению показателя его эффекта привело снижение экономической рентабельности активов предприятия. Предложен ряд мероприятий, направленных на улучшение финансовой ситуации и укрепление его позиций. При формировании методических рекомендаций для предприятия следует исходить из того, что в качестве основных финансовых рисков, определенных по результатам анализа, выделяют риск неплатежеспособности, снижение привлекательности для кредиторов, возможность потери финансовой устойчивости. Снижение показателей обусловлено главным образом изменением процентной ставки по кредитам и займам, а также плечом финансового рычага.

Ключевые слова: финансовые риски предприятия, финансовое положение, финансовая устойчивость предприятия, оценка кредитоспособности.

Abstract. *Subject and goals.* The work is devoted to the formation of directions of minimization of financial risks of the industrial enterprise, identified on the basis of the comprehensive analysis of the financial statements of the enterprise. *Methods.* Risk identification was based on an assessment of the financial condition of the enterprise, which included vertical and horizontal analysis of the funds and their sources of formation; Analysis of financial stability of the enterprise according to the method of A. D. Sheremet; Assessment of creditworthiness of the enterprise according to the method developed by Sberbank of Russia; Estimates of the probability of bankruptcy by Altman models. *Results and conclusions.* At the enterprise there is a decrease in the integral indicator of financial condition almost to the level of the "red" zone (high financial risk zone), which is characterized by loss of financial stability. As a result of the assessment of financial leverage, it was concluded that the decline in the economic profitability of the assets of the enterprise led to a decrease in the indicator of the effect of financial leverage. The work proposes a number of measures aimed at improving the financial situation and strengthening the position of the enterprise. When formulating methodological recommendations for the enterprise, it should

be assumed that the main financial risks determined by the results of the analysis are the risk of insolvency, reduction of attractiveness for creditors, possibility of loss of financial stability. The decrease is mainly due to the change in the interest rate on loans and loans, as well as the arm of the financial leverage.

Keywords: financial risks of the enterprise, financial situation, financial stability of the enterprise, credit rating.

Введение

Переменчивая рыночная экономика, в условиях которой действуют предприятия, вызывает необходимость постоянного исследования экономических показателей. Как правило, основополагающим объектом аналитической деятельности являются финансовые риски организации, а также возможные пути снижения их воздействия. Подобные риски влияют на финансовые результаты организации, кроме того, существует вероятность, что они приведут не только к значительным финансовым потерям, но и к банкротству.

Аналитическая база многочисленных определений сущности риска позволила выявить главные факторы, являющиеся отличительными для рискованных ситуаций [1]:

- наличие неопределенности, что предполагает случайный характер событий;
- наличие альтернативных вариантов развития событий;
- наличие возможности прогнозирования вероятности наступления событий;
- наличие вероятности получения как убытков при наступлении рискованного случая, так и выгоды.

В общей форме понятие финансового риска включает в себя образ действий, для которого характерна неопределенность обстановки в денежно-финансовой области. Отличительной характеристикой анализа финансовых рисков является зависимость от его результатов объективности принимаемых управленческих решений [2].

Эффективность управления рисками зависит от их классификации, что позволяет идентифицировать риск, оценить его влияние и разработать мероприятия, направленные на снижение последствий его наступления. Взаимосвязь исследуемых рисков изображена на рис. 1.



Рис. 1. Взаимосвязь финансовых рисков

В настоящее время нет единых подходов к управлению рисками. В экономической литературе можно найти различные способы оценки рисковой деятельности [3].

Материал и методика

Методические инструменты оценки финансовых рисков – это совокупность разнообразных экономико-статистических, экспертных, аналоговых инструментов [4]. Выявление рисков включает следующие инструменты, примененные авторами для определения финансовых рисков предприятия:

1) оценка финансового состояния предприятия, которая начинается с общей характеристики средств и источников их формирования. Проведение подобного экспресс-анализа позволяет выявить слабые места в деятельности предприятия и сконцентрироваться на поиске причин, которые их обусловили;

2) оценка финансовой устойчивости предприятия и финансовых рисков, которые могут возникнуть, для того, чтобы принимаемые управленческие решения были более обоснованными и взвешенными. Важным элементом является соответствие финансовых ресурсов требованиям рынка и потребностям предприятия, так как недостаточная финансовая устойчивость может привести к потере платежеспособности предприятия, отсутствию средств для его развития, а излишняя – способна препятствовать развитию, отягощая затраты излишними запасами и ресурсами. Финансовая устойчивость предприятия определялась по методике А. Д. Шеремета;

3) оценка кредитоспособности предприятия. Проведена по методике, разработанной Сбербанком России. Согласно данной методике устанавливаются перечень оценочных показателей и их рейтинги (веса), по которым рассчитываются и определяются класс заемщика и условия выдачи ему кредитов. Определение кредитоспособности заемщика – комплексная качественная оценка финансового состояния;

4) оценка вероятности банкротства. Для этого целесообразно воспользоваться моделью Альтмана, которая представляет собой функцию показателей, характеризующих экономический потенциал предприятия и результаты его работы за истекший период [1].

Анализ возможных финансовых рисков проведен на основе данных предприятия, которое представляет собой акционерное общество и занимается производством спирта этилового ректифицированного высшей очистки и на его основе денатурированных спиртов.

Результаты

1. Оценка финансового состояния предприятия. Горизонтальный анализ состава и структуры активов предприятия [5] показал, что его имущество к концу 2018 г. увеличилось практически на 8 %, это оказывает положительное влияние на экономический потенциал предприятия. Также необходимо отметить снижение объема запасов на 78,6 %. Это может свидетельствовать о сокращении масштабов операционной деятельности предприятия или о попытках повышения эффективности управления запасами, что обуславливает рост складских расходов. Для наглядности отражения изменений, произошедших в структуре активов предприятия за анализируемый период с 2016 по 2018 г., построена диаграмма (рис. 1).

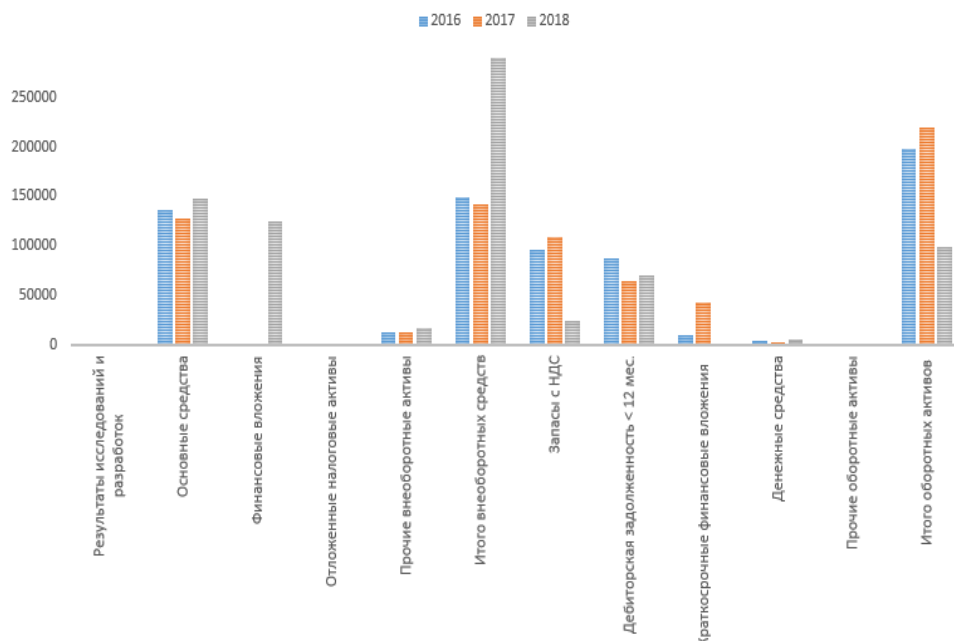


Рис. 1. Изменение структуры актива баланса предприятия

Вертикальный анализ активов показал, что наибольший удельный вес в общем объеме имущества предприятия на начало года имеют внеоборотные активы 74,6 %. Увеличение доли внеоборотных активов свидетельствует о росте иммобилизации активов. Размер запасов с НДС сократился на 24,6 %. Вероятно, изменилась политика управления запасами, что позволило добиться их сокращения. Кроме того, у предприятия отсутствуют краткосрочные финансовые вложения. Это снижает ликвидность баланса. Что касается структуры внеоборотных активов, наибольший удельный вес принадлежит финансовым вложениям, которых раньше не было на предприятии. Результаты представлены на рис. 2. Диаграмма наглядно отражает, что произошло снижение удельного веса по всем статьям актива баланса.

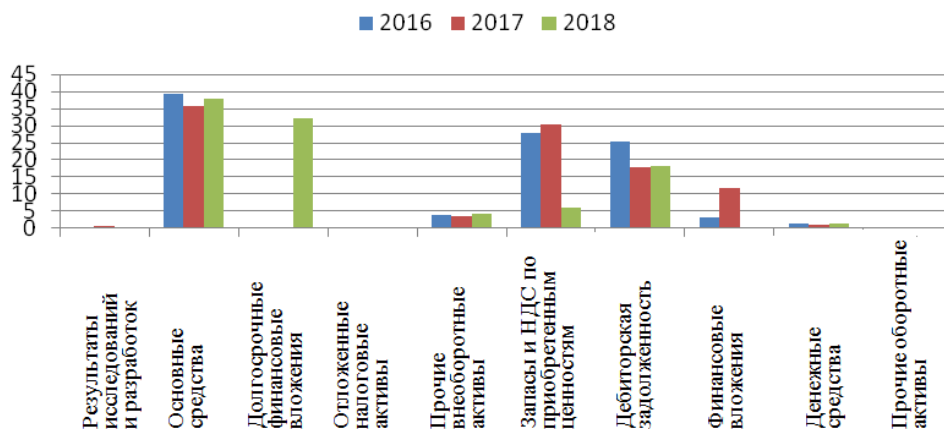


Рис. 2. Структура актива баланса предприятия

Следующий шаг предполагает проведение вертикального и горизонтального анализа пассива предприятия. Результаты представлены на рис. 3.

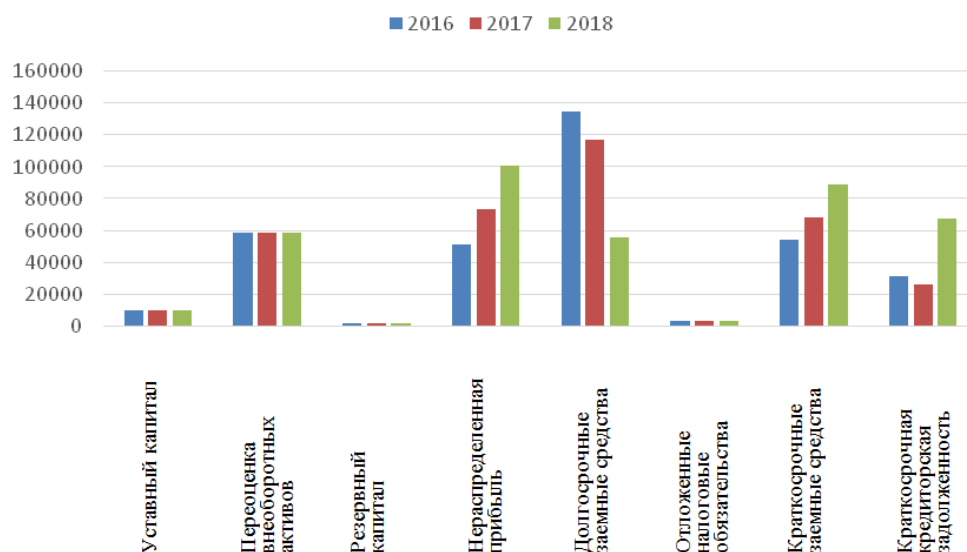


Рис. 3. Горизонтальный анализ пассива баланса

Анализ состава и структуры источников средств предприятия показал, что нераспределенная прибыль выросла в 2018 г. на 27 271 тыс. руб. При этом наблюдается увеличение удельного веса собственного капитала на 4,2 %. Выявлены сокращение долгосрочных обязательств на 103,3 %, а также рост кредиторской задолженности на 64,8 %. Диаграмма (см. рис. 3) отражает, что объем долгосрочных займов снизился, а краткосрочных, напротив, вырос. Снижение долгосрочных обязательств является положительной тенденцией, так как данный раздел показывает займы сроком свыше 12 месяцев.

Структура пассивов к концу года не изменилась в пользу собственных средств, но разрыв между собственными и заемными средствами сократился, что оказывает положительное влияние на финансовую устойчивость предприятия. Удельный вес заемных средств в структуре пассива в 2018 г. сократился на 17,9 % по сравнению с 2017 г. по разделу 4, где отражаются долгосрочные обязательства, и вырос на 4 % по разделу 5, где показаны краткосрочные обязательства. Значение подобных изменений уже рассматривалось в данной работе.

2. Оценка финансовой устойчивости предприятия. На основании методики определения типа финансовой устойчивости был составлен ее трехкомпонентный показатель финансовой устойчивости, а состояние предприятия на 2017 г. определено как неустойчивое. Однако в 2018 г. ситуация изменилась и предприятию удалось достичь абсолютной финансовой устойчивости. Чтобы анализ финансовой устойчивости был более детальным, приведен анализ ее относительных показателей, а затем оценена ее динамика. В результате выявлено, что динамика финансовой устойчивости ниже 0, а значит, финансовая устойчивость предприятия опять снижается.

Анализ коэффициентов финансовой устойчивости позволяет охарактеризовать данное предприятие как финансово устойчивое, практически не нахо-

дящееся в зависимости от внешних источников финансирования, способное обеспечить свои оборотные активы, материальные запасы и основные фонды собственными источниками финансирования. Однако рост отдельных коэффициентов финансовой устойчивости позволил предположить, что ситуация в перспективе улучшится и предприятие станет абсолютно устойчивым [3].

3. Проведена оценка кредитоспособности предприятия по методике Сбербанка России. Стоит отметить значительное снижение коэффициента абсолютной ликвидности. Необходимо помнить о том, что чем выше этот показатель, тем большее количество своих обязательств может покрыть предприятие в ходе текущей деятельности, т.е. оно более устойчиво. В целом на предприятии наблюдается рост показателя текущей ликвидности и снижение быстрой и абсолютной ликвидности. К такому сочетанию рассматриваемых коэффициентов также могут привести различные ситуации. Величина коэффициента соотношения заемного и собственного капитала, находящегося в диапазоне от 0,5 до 0,7, свидетельствует об устойчивости предприятия [4].

Рассчитав значение всех необходимых коэффициентов, определив их категорию и зная вес предприятия, можно установить класс кредитоспособности. Общий балл кредитоспособности предприятия на 2017 г. равен 2,45, т.е. соответствует 3-му классу кредитоспособности. Общий балл кредитоспособности исследуемого предприятия на 2018 г. равен 1,72, а значит, оно относится ко 2-му классу кредитоспособности и при его кредитовании у банка возникают определенные сомнения. Однако при этом стоит отметить динамику снижения значения общего балла, что можно оценивать как положительную тенденцию.

4. Оценка вероятности банкротства предприятия. Согласно двухфакторной модели Альтмана проведены расчеты и выявлено, что для 2017 г. $Z = -2,77$, а для 2018 г. $Z = -0,98$, т.е., несмотря на видимое улучшение, предприятие остается в зоне риска банкротства, что подтверждает опасения кредиторов, возникающие при определении класса кредитоспособности. Для того, чтобы убедиться в полученном результате, авторы воспользовались пятифакторной моделью Альтмана, которая считается классической. В 2017 г. интегральный показатель был равен 2,4, а в 2018 г. – 1,846. Согласно пятифакторной модели Альтмана предприятие относится к «серой» зоне, т.е. зоне неопределенности. При этом наблюдается снижение интегрального показателя практически до уровня «красной» зоны, т.е. зоны повышенного финансового риска, которая характеризуется потерей финансовой устойчивости, что также подтверждается ранее рассчитанным коэффициентом финансовой устойчивости, значение которого отрицательно.

Таким образом, деятельность предприятия нельзя оценивать однозначно, как и считать стабильной. Однако стоит отметить наличие возможностей для укрепления финансового положения и снижения воздействия негативных последствий от наступления финансовых рисков.

Обсуждение

Можно провести мероприятия, которые позволят укрепить финансовую устойчивость предприятия [5]:

- за счет ускорения оборачиваемости капитала в текущих активах;
- за счет снижения запасов и затрат до нормативного уровня;

– за счет пополнения собственного оборотного капитала с помощью внутренних (прибыль) или внешних (эмиссия) источников;

– за счет снижения убытков организации.

Руководству стоит уделить больше внимания финансовым рискам, присутствующим деятельности предприятия, и придерживаться политики, которая позволит снизить негативное влияние выделенных факторов, т.е. разработать комплекс мер, направленных на совершенствование системы управления финансовыми рисками [6].

В результате проведенного анализа стала очевидной необходимость обновления и модернизации оборудования, находящегося в распоряжении предприятия, а также укрепления его финансового состояния. Разумеется, для этого необходимы финансовые ресурсы, а так как предприятие в 2018 г. имеет небольшой объем чистой прибыли (при этом, однако, стоит отметить ее прирост по сравнению с предыдущим периодом на 1712 тыс. руб.), выявленная проблема становится более острой.

В качестве одного из возможных путей решения проблемы можно выделить необходимость рационализации соотношения собственных и заемных средств предприятия. Такая рационализация предполагает изменение эффекта финансового левериджа [7].

Таким образом, снижение экономической рентабельности активов предприятия привело к снижению показателя эффекта финансового левериджа. Главным образом оно обусловлено изменением процентной ставки по кредитам и займам, а также плечом финансового рычага. Также стоит отметить преобладание заемных средств над собственными, что является отрицательной тенденцией.

На основании проведенного анализа сделан вывод, что для предприятия будут целесообразными замена кредитов и подбор кредиторов, предлагающих кредитные ресурсы под наименьшие проценты. Кроме того, результаты анализа еще раз подводят руководство предприятия к необходимости оптимизации структуры капитала [8].

Следует использовать системный подход, который на первоначальной стадии подразумевает составление модели поэтапного описания основных бизнес-процессов, реализуемых в ходе финансово-хозяйственной деятельности.

Модель представлена в форме табл. 1.

Таблица 1

Модель бизнес-процесса

Номер	Этап бизнес-процесса	Ответственное лицо	Входящие документы	Ресурсы	Совершаемое действие	Исходящие документы	Результат
1	2	3	4	5	6	7	8

Модель должна содержать поэтапное описание бизнес-процесса, включающее:

1) этап бизнес-процесса – обобщенное наименование этапа, содержащее краткое описание предполагаемого действия. Необходимо такое название, которое даст содержательную, но краткую характеристику;

2) ответственное лицо – работник, осуществляющий действия, направленные на достижение результата, и ответственный за его качество и достоверность;

3) входящие документы – документы, которые служат исходными данными и инициируют совершение действия;

4) ресурсы – материальные или информационные объекты, необходимые для выполнения процесса. Например, информация, персонал, оборудование, ПО, транспорт и т.д.;

5) совершаемое действие – описание необходимых операций и порядка их выполнения;

6) исходящие документы – результат действий сотрудника, представляющий собой документ, образовавшийся при реализации действия и являющийся входным для следующего этапа реализации бизнес-процесса;

7) результат – основной результат текущего этапа бизнес-процесса.

После сбора информации со всех подразделений следует произвести анализ, который поможет выявить основные риски и проблемные места в деятельности компании. Кроме того, подобный подход помогает рассмотреть, как происходит взаимодействие между различными структурными подразделениями, а также выявить предпосылки для автоматизации процессов, например автоматизации документооборота. В конечном счете данный процесс является предпосылкой для создания политики в сфере управления финансовыми рисками [9].

Выводы

Во-первых, были рассмотрены теоретические основы, которые касаются финансовых рисков. В общей форме понятие финансового риска включает в себя образ действий, для которого характерна неопределенность обстановки в денежно-финансовой области.

Во-вторых, был проведен анализ и дана оценка финансовым рискам предприятия. Стоит отметить, что наблюдается снижение интегрального показателя практически до уровня «красной» зоны, т.е. зоны повышенного финансового риска, которая характеризуется потерей финансовой устойчивости, что также подтверждается ранее рассчитанным коэффициентом финансовой устойчивости, значение которого отрицательно. Таким образом, деятельность предприятия нельзя оценивать однозначно и считать стабильной. Однако стоит отметить наличие возможностей для укрепления финансового положения и снижения воздействия негативных последствий от наступления финансовых рисков.

В-третьих, в рамках проведенного исследования был предложен ряд мероприятий, направленных на улучшение финансовой ситуации и укрепление позиций предприятия. При формировании методических рекомендаций для предприятия следует исходить из того, что в качестве основных финансовых рисков, определенных по результатам анализа, выделяют риск неплатежеспособности, снижение привлекательности для кредиторов, возможность потери финансовой устойчивости, а также наличие «больных» статей бухгалтерского баланса. Далее была дана оценка финансового левериджа предприятия. В результате был сделан вывод, что снижение экономической рентабельности активов предприятия привело к снижению показателя эффекта финансового левериджа.

Снижение показателя обусловлено главным образом изменением процентной ставки по кредитам и займам, а также плечом финансового рычага. Также стоит отметить преобладание заемных средств над собственными, что является отрицательной тенденцией.

Библиографический список

1. Назаренко, Н. А. Анализ финансового состояния предприятия на примере акционерного общества / Н. А. Назаренко, В. А. Попцова, А. В. Гаврилова // Современные научные исследования и инновации. – 2018. – № 2. – С. 17.
2. Конвисарова, Е. В. Анализ финансового состояния предприятия и основание решений по предупреждению угроз экономической безопасности / Е. В. Конвисарова, К. В. Музыка // Актуальные вопросы современной экономики. – 2018. – № 4. – С. 256–263.
3. Galkina, E. V. Regularities of financial statement analysis / E. V. Galkina // Science and Society. – 2018. – Vol. 2. – P. 54–71.
4. Sukhan, A. A. The usage of technical analysis for determining trends in the financial markets / A. A. Sukhan // Modern Science. – 2018. – № 10. – P. 61–65.
5. Коробова, О. В. Необходимость анализа оборотного капитала при антикризисном управлении предприятия / О. В. Коробова, О. А. Дербичева // Вестник научных конференций. – 2016. – № 10-7 (14). – С. 254–263.
6. Improvement of methodological approaches to financial analysis of fixed assets of the enterprise / N. Ya. Golovetsky, E. V. Ivanova, E. A. Galy, I. B. Vypryazhkina, O. E. Lebedeva // Espacios. – 2019. – Vol. 40, № 34. – P. 2.
7. Analysis, monitoring and forecasting financial stability / A. Tyo, V. Berezyuk, G. Kogay, T. Ten, M. Gordova, R. Bulyga // Journal of Applied Economic Sciences. – 2018. – Vol. 13, № 6 (60). – P. 1605–1614.
8. Brancaccio, E. Centralization of capital and financial crisis: a global network analysis of corporate control / E. Brancaccio, R. Giammetti, M. Lopreite, M. Puliga // Structural Change and Economic Dynamics. – 2018. – Vol. 45. – P. 94–104.
9. Симоненко, Н. Н. Краткосрочная и долгосрочная финансовая политика фирмы / Н. Н. Симоненко // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2013. – № 11-1. – С. 129–131.

References

1. Nazarenko N. A., Poptsova V. A., Gavrilova A. V. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii* [Modern scientific research and innovation]. 2018, no. 2, p. 17. [In Russian]
2. Konvisarova E. V., Muzyka K. V. *Aktual'nye voprosy sovremennoy ekonomiki* [Current issues of the modern economy]. 2018, no. 4, pp. 256–263. [In Russian]
3. Galkina E. V. *Science and Society*. 2018, vol. 2, pp. 54–71.
4. Sukhan A. A. *Modern Science*. 2018, no. 10, pp. 61–65.
5. Korobova O. V., Derbicheva O. A. *Vestnik nauchnykh konferentsiy* [Bulletin of scientific conferences]. 2016, no. 10-7 (14), pp. 254–263. [In Russian]
6. Golovetsky N. Ya., Ivanova E. V., Galy E. A., Vypryazhkina I. B., Lebedeva O. E. *Espacios*. 2019, vol. 40, no. 34, p. 2.
7. Tyo A., Berezyuk V., Kogay G., Ten T., Gordova M., Bulyga R. *Journal of Applied Economic Sciences*. 2018, vol. 13, no. 6 (60), pp. 1605–1614.
8. Brancaccio E., Giammetti R., Lopreite M., Puliga M. *Structural Change and Economic Dynamics*. 2018, vol. 45, pp. 94–104.
9. Simonenko N. N. *Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. 2013, no. 11-1, pp. 129–131. [In Russian]

Колесниченко Елена Александровна

доктор экономических наук, профессор,
кафедра кадрового управления,
Тамбовский государственный
университет имени Г. Р. Державина
(Россия, г. Тамбов,
ул. Интернациональная, 33)
E-mail: ekolesnichenko@live.ru

Kolesnichenko Elena Alexandrovna

doctor of economical sciences, professor,
sub-department of personnel administration,
Tambov State University
named after G. R. Derzhavin
(33 Internatsionalnaya street,
Tambov, Russia)

Радюкова Яна Юрьевна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра финансов и банковского дела,
Тамбовский государственный
университет имени Г. Р. Державина
(Россия, г. Тамбов,
ул. Интернациональная, 33)
E-mail: radyukova68@mail.ru

Radyukova Yana Yurievna

candidate of economical sciences,
associate professor,
sub-department of finance and banking,
Tambov State University
named after G. R. Derzhavin
(33 Internatsionalnaya street,
Tambov, Russia)

Соколинская Юлия Михайловна

кандидат экономических наук, доцент,
кафедра экономической безопасности
и финансового мониторинга,
Воронежский государственный
университет инженерных технологий
(Россия, г. Воронеж, пр. Революции, 19)
E-mail: misterias@mail.ru

Sokolinskaya Yuliya Mikhailovna

candidate of economical sciences, associate
professor,
sub-department of economic security and
financial monitoring,
Voronezh State University of Engineering
Technologies
(19 Revolyutsii Prospect,
Voronezh, Russia)

Образец цитирования:

Колесниченко, Е. А. Инструментарий выявления финансовых рисков предприятия и направления их минимизации / Е. А. Колесниченко, Я. Ю. Радюкова, Ю. М. Соколинская // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 45–54. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-5.

РАЗДЕЛ 2

МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ТЕХНИКЕ

УДК 004.925.83

DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-6

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ БАЗИСНЫХ ФУНКЦИЙ В ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТРЕХМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Ю. Н. Косников

RADIAL BASIS FUNCTIONS USE IN GEOMETRIC MODELING OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS OF VISUALIZATION

Yu. N. Kosnikov

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Применение радиальных базисных функций (РБФ) в области визуализации имеет своеобразие, которое следует учитывать. Настоящая статья носит обзорно-постановочный характер, что обуславливает ее актуальность, так как материалы, посвященные системному исследованию РБФ в задачах визуализации, появляются нечасто. РБФ приносят положительный эффект и в решение чисто геометрических задач визуализации, и в повышение их качества. Рассматриваются вопросы геометрического моделирования неаналитических поверхностей, заданных множеством опорных точек. Цель статьи – показать методы создания геометрических форм, удовлетворяющих требованиям эргономичности и позволяющих применять эффективные сеточные алгоритмы визуализации. Возможности РБФ для повышения качества и производительности визуализации будут рассмотрены в следующей статье. *Методы.* Рассмотрены два подхода к регуляризации расстановки опорных точек. Первый заключается в переходе к новым опорным точкам, принадлежащим реконструируемой поверхности и расставленным упорядоченно. Второй подход использует вспомогательную систему координат, в которой исходные опорные точки оказываются расставленными в узлах координатной сетки. Предложено от функций радиального базиса перейти к функциям ортогонального базиса, позволяющим оптимизировать процесс интерполяции. *Результаты и выводы.* Обосновано применение явной формы представления интерполяционных выражений как для незамкнутых, так и для замкнутых поверхностей объектов визуализации. Описана локальная интерполяция на основе РБФ для регуляризации опорных точек. Оценены возможности функций радиального и ортогонального базиса для интерполяции поверхностей. Предложены разновидности функций ортогонального базиса, позволяющие выполнять их вычисление по приращениям. К особенностям геометрического моделирования в задачах визуализации относятся задание поверхности объектов визуализации рассредоточенными опорными точками, эргономичность результатов моделирования, возможность выполнения операций моделирования в реальном времени. На основе анализа перечисленных особенностей сформулированы критерии

© Косников Ю. Н., 2020

выбора средств моделирования. Даны рекомендации по выбору этих средств: явная или параметрическая форма записи интерполянта, локальная (сегментная) интерполяция со стыковкой сегментов, использование РБФ с компактным носителем, применение функций ортогонального базиса.

Ключевые слова: геометрическое моделирование, визуализация, трехмерный объект, радиальная базисная функция, смешивающая функция ортогонального базиса.

Abstract. Subject and goals. The use of radial basis functions (RBF) in the field of visualization has a peculiarity that should be taken into account. This article is of a review and staging nature, which determines its relevance, since materials devoted to the systematic study of RBF in visualization tasks appear infrequently. RBFs bring a positive effect both in solving purely geometric visualization problems and in improving its quality. This article deals with the problems of geometric modeling of non-analytical surfaces defined by a set of reference points. The purpose of the article is to show methods for creating geometric shapes that meet the requirements of ergonomics and allow the use of effective grid visualization algorithms. The possibilities of RBF for improving the quality and performance of visualization will be discussed in the next article. **Methods.** There are two approaches to regularizing the placement of reference points. The first is to move to new reference points that belong to the reconstructed surface and are arranged in an orderly manner. The second approach uses an auxiliary coordinate system, in which the original reference points are placed at the nodes of the coordinate grid. **Results and conclusions.** The use of an explicit form of representation of interpolation expressions for both open and closed surfaces of visualization objects is justified. Local interpolation based on RBF for regularization of reference points is described. The possibilities of the radial and orthogonal basis functions for surface interpolation are evaluated. Varieties of orthogonal basis functions that allow their calculation in increments are proposed. The features of geometric modeling in visualization tasks include: setting the surface of visualization objects with dispersed reference points, usability of modeling results, and the ability to perform modeling operations in real time. Based on the analysis of these features, the criteria for choosing modeling tools are formulated. Recommendations on the choice of these tools are given: explicit or parametric form of interpolant recording, local (segment) interpolation with segment joining, use of RBF with compact support, application of orthogonal basis functions.

Keywords: geometric modeling, visualization, three-dimensional object, radial basis function, blending function of orthogonal basis.

Введение

Радиальные базисные функции (РБФ) находят широкое применение при решении многих прикладных задач. Они используются в качестве функций активации искусственных нейронных сетей и гладкой интерполяции зависимостей, заданных ограниченным набором характерных (опорных) точек. Хорошие интерполирующие свойства РБФ позволяют эффективно использовать их в графических приложениях. Объекты графического отображения зачастую описываются именно набором («облаком») неупорядоченных характерных точек (scattered data) и значительно различаются по сложности конфигурации. Задачи реконструкции поверхности объектов по облаку опорных точек актуальны для многих предметных областей. В археологии недостающие фрагменты находок, например посуды, скульптур, частей скелета, могут быть смоделированы на основе интерполяции по сохранившимся фрагментам [1]. В геоинформационной системе участок местности по замерам топографа восстанавливается в 3D-формате с помощью того или иного вида интерполяции [2, 3]. В медицине интерполяционные методы на основе

РБФ позволяют получить модели фрагментов тела человека [4, 5]. В системе автоматизированного проектирования модель будущего изделия строится интерполяционным способом по характерным точкам, заданным разработчиком или сканером [6]. В компьютерных интерфейсах виртуального окружения геометрическая модель объектов интерфейса занимает большой объем памяти, для минимизации которого можно хранить в компьютере лишь опорные точки интерфейсного пространства, а его полноформатное 3D-представление получать методом интерполяции [7]. В научной визуализации значения контролируемой физической величины (температуры, концентрации, напряжения) снимаются датчиками в ограниченном числе точек, а тенденция поведения этой величины устанавливается с помощью интерполяции [8].

Однако решение интерполяционных задач в системах геометрического моделирования и визуализации трехмерных объектов имеет свои особенности. Первая из них заключается в том, что «потребителем» результатов работы таких систем является человек со всеми достоинствами и недостатками визуального восприятия. Есть объекты, в основном антропогенные, форма которых уверенно опознается человеком и, следовательно, должна моделироваться точно. Модели других объектов, в основном природных, например, земной поверхности, напротив, воспринимаются наблюдателем адекватно оригиналам даже при значительной погрешности моделирования. Вторая особенность визуализации трехмерных объектов в том, что во многих случаях они должны представляться наблюдателю в режиме реального времени (РВ). Процессы моделирования и визуализации должны протекать с задержкой, соизмеримой с временем реакции человека. Это относится, например, к интерфейсам систем технологического, военного, игрового назначения. В качестве третьей особенности можно назвать неупорядоченность опорных точек, которые получаются в результате эксперимента или сбора реальных данных. Такая неупорядоченность требует применения бессеточных (meshless) методов интерполяции, которые, в отличие от сеточных, имеют более высокую сложность и более низкую производительность [9].

Сочетание перечисленных особенностей требует совместить в интерполяционной модели высокую детальность и достаточно простую форму математического описания. В связи с этим встает вопрос о месте и возможностях РБФ применительно к моделированию и визуализации трехмерных объектов в режиме РВ. Этим вопросом занимаются довольно много специалистов разных стран, однако их решения, как правило, учитывают некоторые из названных особенностей моделирования, а не их сочетание. Например, в работах [10, 11] описан процесс моделирования неаналитической поверхности с произвольным расположением опорных точек, однако применяемый математический аппарат делает визуализацию в режиме РВ весьма проблематичной. В работах [12, 13] предложены виды РБФ, позволяющие применить быстрые алгоритмы их вычисления, но это можно сделать при регулярном расположении опорных точек. В [9, 14] описаны операции моделирования бессеточным методом, которые затруднительно реализовать в режиме РВ. В итоге вопрос эффективного использования достоинств РБФ с одновременной минимизацией их недостатков не теряет своей актуальности. В статье названы задачи геометрического моделирования, появляющиеся при использовании РБФ в системах визуализации РВ, а также показаны пути их решения.

Выбор математического аппарата

Опорные точки будущей поверхности обычно задаются в пространстве тройкой декартовых координат (x_i, y_i, z_i) , где i – номер точки. Для интерполяции функциональной зависимости F с целью дальнейшей визуализации, как правило, применяется общая форма ее записи [10]:

$$F(x, y, z) = \sum_{i=1}^N \lambda_i \Phi(r_i) = 0, \quad (1)$$

$$r_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2}, \quad (2)$$

где x, y, z – координаты текущей точки поверхности; $\Phi(r_i)$ – выбранная РБФ, обычно одного вида для всех опорных точек; r_i – декартово расстояние от текущей точки до i -й опорной точки; λ_i – весовой коэффициент (коэффициент влияния) i -й опорной точки; N – количество опорных точек.

Весовые коэффициенты λ_i находятся из условий интерполяции, например из условия точного прохождения полученной в результате реконструкции поверхности через все опорные точки. После подстановки найденных значений λ_i в (1) выражения (1), (2) позволяют найти промежуточные точки поверхности. Однако для визуализации 3D-объектов эти выражения весьма неудобны, так как требуют применения метода, основанного на трассировке лучей. Для нахождения промежуточных точек поверхности необходимо организовать сканирование объема, вмещающего опорные точки, по некоторому регулярному закону и выявить точки, которые с заданной точностью обращают выражение (1) в ноль. Эти точки принадлежат поверхности и могут быть использованы в качестве основы для визуализации. Метод трассировки является чрезвычайно затратным в вычислительном отношении и в случае сложных сцен не реализуется в режиме РВ.

Для повышения производительности операций визуализации следует применить другую форму математического описания реконструируемой поверхности – явную или параметрическую. Однако применение этих форм описания накладывает ограничения на вид поверхности, в частности, требует, чтобы описывающая ее функция была однозначной или чтобы была задана очередность опорных точек. Рекомендации по решению этой задачи изложены далее.

Для реконструкции поверхности, описываемой однозначной функцией (будем называть ее однозначной поверхностью), используется интерполянт в явной форме. Он представляет собой зависимость одной координаты пространства c от расстояния r_i , которое является функцией аргументов u, v – двух других координат пространства:

$$c = \sum_{i=1}^N \lambda_i \Phi(r_i). \quad (3)$$

При незамкнутой поверхности аргументами u, v являются декартовы координаты x, y , а $c \equiv z$. В этом случае r_i находится на плоскости аргументов

и представляет собой декартово расстояние между проекциями i -й опорной и текущей точек. Алгоритм интерполяции предполагает перебор по некоторому закону пар значений x, y , которые задают проекцию текущей пространственной точки на плоскость аргументов. Для каждого сочетания x, y вычисляется значение z .

Для реконструкции замкнутой поверхности интерполяцию следует проводить в сферической системе координат. Для этого сначала параллельным переносом исходная декартова система координат помещается во внутреннее пространство объекта интерполяции, например в его геометрический центр координат. Опорные точки переводятся в сферическую систему координат по известным выражениям:

$$\begin{aligned}\rho_i &= \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}, \\ \varphi_i &= \arctg\left(\frac{y_i}{x_i}\right), \\ \theta_i &= \arccos\left(\frac{z_i}{\rho_i}\right),\end{aligned}$$

где ρ_i – радиус-вектор, φ_i – азимутальный угол и θ_i – полярный угол i -й опорной точки.

В этом случае в выражении (3) независимыми переменными u, v будут угловые координаты φ, θ текущей точки. Расстояние между опорной и текущей точками также выражается в угловых единицах:

$$r_i = \arccos(\cos\theta \cdot \cos\theta_i + \sin\theta \cdot \sin\theta_i \cdot \cos(\varphi - \varphi_i)).$$

Алгоритм интерполяции предполагает перебор по некоторому закону пар значений φ, θ ($\varphi = 0 \dots 2\pi, \theta = 0 \dots \pi$) и вычисление для них значения радиуса-вектора текущей точки ρ . Для визуализации множество найденных текущих точек переводится в декартову систему координат.

Поверхности сложной формы зачастую являются многозначными (описываются многозначными функциями). В этом случае можно попытаться ввести вспомогательную систему координат, и притом такую, что в ней интерполянты поверхности станут однозначной функцией. Для этого следует рационально выбрать местоположение начала координат и направления координатных осей. Вариант методики перехода во вспомогательную систему координат описан в [15]. Другим вариантом является установление между опорными точками отношения упорядоченности. Это достаточно сложная самостоятельная задача, рекомендации по решению которой даны далее.

В случае упорядоченности опорных точек применяется параметрическое описание поверхности. Оно включает три уравнения вида (3), в которых при использовании декартовых координат $s = x, y, z$, а при использовании сферических $s = \rho, \varphi, \theta$. Коэффициенты влияния опорных точек – свои для каждой координаты, а r_i – декартово расстояние между текущей и опорными точками, вычисляемое на поверхности аргументов-параметров u, v . Система координат u, v представляет собой ортогональную сетку, «наброшенную» на реконструируемую поверхность. Каждая опорная точка в соответствии с за-

коном упорядоченности располагается в одном из узлов этой сетки. Ее обход с заданным шагом по аргументам дает вычисленные по выражениям (3) координаты текущих точек поверхности.

Необходимые коэффициенты λ_i во всех формах описания поверхности находятся предварительно из условия точного прохождения поверхности через опорные точки. Для этого составляется и решается система из N линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) вида

$$c_j = \sum_{i=1}^N \lambda_i \Phi(r_{ij}), \quad j = 1 \dots N,$$

где j – номер опорной точки, для которой записывается условие прохождения поверхности; r_{ij} – расстояние между i -й и j -й опорными точками.

В матричной форме СЛАУ имеет вид

$$\begin{pmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Phi(r_{11}) & \Phi(r_{21}) & \dots & \Phi(r_{N1}) \\ \Phi(r_{12}) & \Phi(r_{22}) & \dots & \Phi(r_{N2}) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \Phi(r_{1N}) & \Phi(r_{2N}) & \dots & \Phi(r_{NN}) \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \lambda_1 \\ \lambda_2 \\ \vdots \\ \lambda_N \end{pmatrix},$$

а ее решение после ввода очевидных обозначений:

$$\Lambda = C \cdot \Phi^{-1}.$$

Применение некоторых разновидностей РБФ дает плохо обусловленную матрицу Φ , что при визуализации приводит к скачкам поверхности между опорными точками. В этом случае специалисты рекомендуют видоизменить форму описания поверхности, добавив в выражение (3) линейный полином [16]. Решение СЛАУ усложняется и замедляется, что для N в несколько тысяч точек является существенным. Устранить названный недостаток можно рациональным выбором вида и параметров РБФ.

Представление неупорядоченного множества опорных точек на регулярной сетке

Размещение опорных точек в узлах регулярной сетки имеет два существенных плюса. Во-первых, для описания поверхности может быть применена явная или параметрическая форма записи интерполянта, достоинства которой были отмечены. Во-вторых, между опорными точками устанавливается отношение порядка, что позволяет применить быстрые методы вычисления РБФ и реализовать режим РВ. К регуляризации расстановки опорных точек существует два подхода: первый заключается в переходе к новым опорным точкам, принадлежащим реконструируемой поверхности и расставленным в системе координат упорядоченно, второй – во введении такой системы координат, что исходные опорные точки окажутся расставленными в узлах координатной сетки.

Определить новые опорные точки на еще несуществующей поверхности можно только с помощью интерполяции или аппроксимации. Возможна глобальная интерполяция на основе РБФ, которая дает интерполянт вида (3) в явной или параметрической форме. Число слагаемых интерполянта равно

числу опорных точек, которое для протяженной поверхности может достигать нескольких тысяч. В связи с этим глобальную интерполяцию имеет смысл применять для поверхностей ограниченных размеров. В этом случае в пространстве аргументов u, v задается множество пар значений, выбранных в соответствии с некоторым регулярным законом. Вычисление координаты c по выражению (3) дает набор новых опорных точек, с определенной погрешностью принадлежащих исходной поверхности. Эксперимент показал, что при количестве исходных опорных точек, исчисляемом сотнями, среднеквадратическая погрешность представления тестовой поверхности новыми опорными точками не превысила 1,8 % при использовании РБФ S^0 Матерн, а для остальных РБФ имела порядок десятых долей процента [17].

В случае большого числа исходных опорных точек для нахождения новых опорных точек больше подходит локальная аппроксимация или интерполяция. Для каждого сочетания значений u, v , задаваемых в пространстве аргументов по регулярному закону, находится координата $\tilde{c}$ точки поверхности, в процессе вычисления которой участвует ограниченное количество близких исходных опорных точек. Для этого по поверхности аргументов с определенным шагом перемещается квадрат (или круг). На каждом шаге находится координата $\tilde{c}$ точки поверхности, расположенной в его центре. Размеры квадрата выбираются такими, чтобы внутрь него попало заданное количество M исходных опорных точек. Образно можно представить, что на локальном множестве опорных точек строится фрагмент аппроксимирующей поверхности, и на ней находится точка с заданными значениями координат-аргументов. Вариантом применения такого способа является «плавающая» аппроксимация на основе метода наименьших квадратов [18]. Фрагмент аппроксимирующей поверхности – поверхности второго порядка (квадрики) – описывается уравнением вида

$$\tilde{c} = k_1 u^2 + k_2 v^2 + k_3 uv + k_4 u + k_5 v + k_6, \quad (4)$$

где $k_1, \dots, k_6$ – коэффициенты формы поверхности.

Для определения неизвестных коэффициентов формы применяется метод наименьших квадратов, суть которого в минимизации отклонения аппроксимирующей поверхности от набора исходных опорных точек:

$$F = \sum_{i=1}^M (c_i - \tilde{c}_i)^2 \rightarrow \min,$$

где M – количество опорных точек внутри квадрата; i – номер опорной точки.

Для нахождения шести коэффициентов формы по известной методике составляется шесть уравнений вида

$$\frac{\partial F}{\partial k_i} = 0,$$

которые дают СЛАУ. Найденные путем ее решения коэффициенты подставляются в выражение (4), по которому при задании выбранных значений u, v находится очередная новая опорная точка.

Существенным недостатком описанного способа является большая погрешность аппроксимации для некоторых видов реконструируемых поверх-

ностей, например для поверхности с несколькими локальными экстремумами высоты рельефа в пределах плавающего квадрата [19]. Повысить точность реконструирования поверхности позволяет локальная интерполяция.

Существует ряд методов локальной интерполяции, в которых координата $\tilde{z}$ вычисляется как взвешенная сумма одноименных координат близких опорных точек: метод обратно взвешенных расстояний, метод Шепарда, метод естественной окрестности, метод сети Цао Ена, метод скользящего среднего. Для вычислений применяется математическое выражение, сходное с (3). Различия заключаются в законе выбора коэффициентов влияния (весовых коэффициентов) опорных точек [20]. Перечисленные методы широко применяются при решении задач геоинформатики, экологии, прокладки коммуникаций. В источниках информации, относящихся к этим областям, отмечены ограничения и недостатки методов, например, в [21–23]. Краткое изложение недостатков приведено в [24, 25].

Эффективным способом локальной интерполяции является применение РБФ. Используется описанный плавающий квадрат, в пределах которого на ограниченном множестве исходных опорных точек M выполняется РБФ-интерполяция. Для центральной точки квадрата по выражению (3) находится координата высоты очередной новой опорной точки. Погрешность интерполяции зависит от количества M и выбранного вида РБФ. Для объектов с неаналитическим представлением, например для участков земной поверхности, возможна визуализация с некоторой погрешностью, зависящей от восприятия человека. В таком случае в процессе регуляризации число опорных точек может быть редуцировано и тем самым снижены вычислительные затраты на визуализацию. В качестве примера такой редукции можно привести публикацию [26].

Второй подход к регуляризации расстановки опорных точек заключается в их «привязке» к параметрической системе координат, расположенной особым образом. Вводится система координат u, v , начальное положение которой совпадает с системой координат x, y (в случае декартовой системы координат) или φ, θ (в случае сферической). Вводится отсчет координат u, v , удобный для последующей интерполяции, например целочисленный. Опорные точки проецируются на пространство u, v . Каждая опорная точка получает пару каких-то значений u, v . Далее ее координаты переопределяются: они принимаются равными координатам ближайшего узла координатной сетки u, v . Образно можно представить, что координатные линии (или углы) «изгибаются», в результате чего проходят через опорные точки. Тем самым все опорные точки привязываются к узлам координатной сетки u, v , могут быть отсортированы и получить отношение порядка. Параметрическая система координат u, v является ортогональной, шаги между ее узлами одинаковы. В результате возникает неравномерная расстановка опорных точек на равномерной параметрической сетке.

Выбор вида РБФ

Сложность РБФ-интерполяции заключается в том, что в случае визуализации протяженной поверхности интерполянт может иметь сотни и тысячи слагаемых. Оперирование такими громоздкими математическими конструкциями (решение СЛАУ, вычисление значений в режиме РВ) встречает значи-

тельные трудности. Выходом является локальная интерполяция, предполагающая разбиение поверхности на фрагменты и отдельное построение этих фрагментов. Здесь следует решить две задачи: гладкой стыковки фрагментов и рационального выбора РБФ. Рекомендации по стыковке фрагментов будут изложены в следующей статье, а выбор вида РБФ необходимо проводить исходя из ряда условий:

- для локальной интерполяции рационально применять РБФ, влияние которых локализовано в пространстве, – так называемые РБФ с компактным носителем;

- вид РБФ должен быть максимально простым для вычисления с целью обеспечения визуализации в режиме РВ;

- вид РБФ должен позволять решать традиционные для визуализации геометрические задачи (нахождение нормалей к поверхности, полигонизация) известными способами.

Задача построения локализованных РБФ по возможности простого вида была поставлена еще в 1995 г. Хольгером Вендландом [12]. Им было предложено общее представление локальной РБФ:

$$\Phi(r) = \begin{cases} p(r) & \text{при } 0 \leq r \leq 1, \\ 0 & \text{при } r > 1, \end{cases}$$

где $p(r)$ – степенной полином, и синтезировано несколько разновидностей таких РБФ разного порядка гладкости, например:

$$p(r) = (1-r)^3,$$

$$p(r) = (1-r)^4(4r+1),$$

$$p(r) = (1-r)^7(16r^2+7r+1).$$

Впоследствии в работах других специалистов, например [11, 27, 28], было предложено множество выражений другого вида (ϵ – показатель сглаженности):

$$\left. \begin{aligned} \Phi(r) &= e^{-(\epsilon r)^2} \text{ (гауссиан)}, \\ \Phi(r) &= \frac{1}{\sqrt{1+(\epsilon r)^2}} \text{ (инверсный мультиквадрик)}, \\ \Phi(r) &= \frac{112}{45}r^{\frac{9}{2}} + \frac{16}{3}r^{\frac{7}{2}} - 7r^4 - \frac{14}{15}r^2 + \frac{1}{9}, \\ \Phi(r) &= -2\cos(2\pi r) - \cos(4\pi r), \\ \Phi(r) &= e^{(10r-6)} \sin((5r-2)^2) + (3r-1)^3, \\ \Phi(r) &= \frac{6}{(1+16(r+0,5)^2) + \log(0,01(r-0,25)^2 + 10^{-5}) + 4}. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Анализ известных РБФ с точки зрения простоты вычислений показывает, что те из них, в которых содержатся логарифмы, радикалы, экспоненты, тригонометрические функции должны быть выведены из рассмотрения, так как они являются вычислительно ресурсоемкими. Следует остановиться на степенных функциях, для вычисления которых можно применить быстрые алгоритмы, например основанные на методе конечных разностей. Однако и степенные РБФ не оптимальны в отношении вычислительной сложности, если речь идет о визуализации. Дело в том, что в процессе вычисления текущих точек поверхности должна создаваться ее полигональная модель, так как визуализация именно полигональных моделей аппаратно поддерживается графической системой компьютера. Алгоритм полигонизации будет простым, если за вершины полигонов принимать точки, вычисляемые при последовательном движении вдоль одной координатной оси, например u . При этом вторая координата $v = \text{const}$. По окончании области определения u осуществляется приращение координаты v , и алгоритм переходит на соседнюю координатную линию. При использовании известных РБФ на каждом шаге такого движения приходится заново вычислять декартово или угловое расстояние между текущей точкой и всеми опорными точками, применяя радикалы или тригонометрические функции.

Чтобы ускорить процесс вычисления текущих точек поверхности, следует для опорных точек перейти к таким функциям влияния, значения которых зависят не от декартова или углового расстояния до текущей точки, а от расстояний вдоль каждой координатной линии по отдельности. В этом случае при движении алгоритма полигонизации вдоль одной координаты изменяются расстояния от опорных точек до текущей точки только вдоль этой координаты, а расстояния вдоль второй координаты не изменяются и потому пересчету не подлежат. При использовании таких функций влияния теряется круговой (радиальный) характер областей влияния опорных точек. Эти области превращаются в криволинейные (в общем случае) четырехугольники, ограниченные координатными линиями u , v . Тогда функции влияния могут быть названы смешивающими функциями ортогонального базиса (СФОБ, или OBBF – orthogonal basis blending functions) [29, 30]. Обобщенная запись СФОБ, действующих вдоль координатных линий u , v , имеет вид

$$\left. \begin{aligned} \Phi(r_u, r_v) &= bf_u bf_v, \\ bf_u &= \begin{cases} (1 - r_u^r)^m & \text{при } r_u < 1, \\ 0 & \text{при } r_u \geq 1, \end{cases} \\ bf_v &= \begin{cases} (1 - r_v^s)^n & \text{при } r_v < 1, \\ 0 & \text{при } r_v \geq 1, \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где r_u , r_v – расстояния между текущей и опорной точками, измеренные вдоль координатных линий u , v ; m , n , r , s – показатели степени, определяющие форму СФОБ (обычно $m = n$, $r = s$, однако могут быть использованы различные значения).

В таблице 1 приведено математическое описание некоторых СФОВ, а на рис. 1 показан их вид в декартовом пространстве ($r_u \equiv r_x$, $r_v \equiv r_y$).

Таблица 1

Примеры смешивающих функций (СФ) ортогонального базиса

Наименование	Описание	Вид	Область влияния
1. Параболическая выпуклая СФ	$\Phi(r_u, r_v) = (1 - r_u^2)(1 - r_v^2)$	Рис. 1,а	Локальная
2. Параболическая вогнутая СФ	$\Phi(r_u, r_v) = (1 + r_u^2)(1 + r_v^2)$	Рис. 1,б	Глобальная
3. СФ-аналог гауссиана	$\Phi(r_u, r_v) = (1 - r_u^2)(1 - r_v^2)$	Рис. 1,в	Локальная
4. Биквадратная СФ	$\Phi(r_u, r_v) = (r_u^2 - 1)^2(r_v^2 - 1)^2$	Рис. 1,г	Локальная

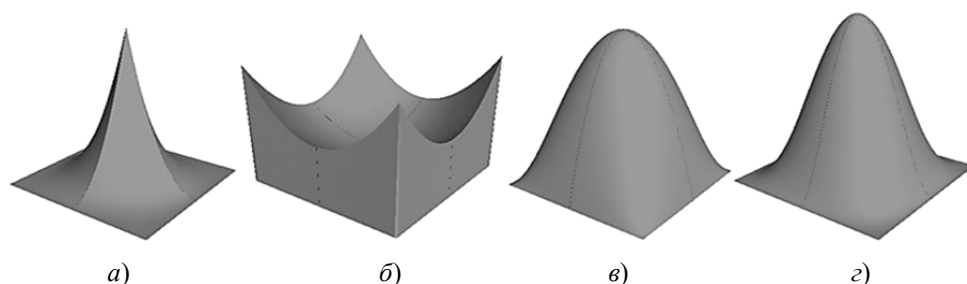


Рис. 1. Графическое представление смешивающих функций ортогонального базиса (см. табл. 1)

Изобразительные и точностные возможности СФОВ исследованы экспериментально и отражены в публикациях [17, 31]. В них рассмотрены СФОВ следующего вида:

- для построения незамкнутых поверхностей – параболическая вогнутая, аналог гауссиана, биквадратная;
- для построения замкнутых поверхностей – аналог гауссиана в форме

$$\Phi(r_\phi, r_\theta) = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{2r_\phi}{\pi}\right)^2\right) \left(1 - \left(\frac{2r_\theta}{\pi}\right)^2\right) & \text{при } |r_\phi| < \frac{\pi}{2} \text{ и } |r_\theta| < \frac{\pi}{2}, \\ 0 & \text{при } |r_\phi| \geq \frac{\pi}{2} \text{ или } |r_\theta| \geq \frac{\pi}{2}, \end{cases}$$

где r_ϕ, r_θ – угловые расстояния между текущей и опорной точками.

Среднеквадратичное отклонение реконструированной поверхности от тестовой при плотности опорных точек около 100 на единицу площади в случае незамкнутой поверхности не превышало 0,67 %, в случае замкнутой – 0,026 %.

В случае применения известных РБФ эта величина при той же плотности опорных точек составила: для гауссиана – 0,60 %, для мультиквадрика – 0,22 %, для S^4 Матерна – 0,41 %. Результаты эксперимента свидетельствуют о соизмеримой точности интерполяции с применением предложенных и известных смешивающих функций. В то же время полиномиальный характер

СФОБ позволяет вычислять значения самих функций и их производных по быстрым алгоритмам, что будет показано в следующей статье автора.

Выводы

Для выбора методов и средств моделирования пространственных объектов с целью их визуализации необходимо сформулировать критерии. Такие критерии должны вытекать из специфических черт поставленной задачи. В статье названы особенности геометрического моделирования в системах визуализации трехмерных объектов. Это, во-первых, эргономичность результатов моделирования, во-вторых, их представление в режиме реального времени, в-третьих, неупорядоченность исходных данных моделирования (scattered data). Анализ указанных особенностей позволяет сформулировать критерии выбора инструментов моделирования:

- возможность провести регуляризацию расстановки опорных точек интерполяционными или алгоритмическими методами;
- заданная степень приближения поверхности объекта к опорным точкам;
- гладкость поверхности или приемлемая по внешнему виду и алгоритмической сложности стыковка отсеков;
- получение корректных нормалей к поверхности, проведенных через ее характерные точки;
- возможность алгоритмически просто получить полигональную модель объекта.
- быстрые алгоритмы визуализации поверхности.

Перечисленным критериям удовлетворяет интерполяционное моделирование на основе РБФ при расстановке узлов интерполяции в узлах применяемой координатной сетки. Для этого может быть введена вспомогательная система координат. Возможность применить явную форму записи интерполянта значительно облегчает задачу. Предпочтение следует отдавать локальной (сегментной) интерполяции на ограниченном наборе опорных точек с последующей стыковкой сегментов. Размер интерполянта значительно снижается при использовании РБФ с компактным носителем. Возможность ускорения вычислительного процесса появляется при переходе от функций радиального базиса к функциям ортогонального базиса. Их значения зависят не от декартова или углового расстояния от узла интерполяции до текущей точки, а от расстояний вдоль каждой координатной линии по отдельности. Вопросы повышения производительности и качества визуализации более подробно будут рассмотрены в будущем в статье на тему моделирования объектов визуализации.

Библиографический список

1. Колсанов, А. В. RBF-алгоритм и его модификации для построения поверхностных компьютерных 3-D моделей в медицинской практике / А. В. Колсанов, А. С. Воронин, Б. И. Яремин, С. С. Чаплыгин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13, № 6. – С. 88–93.
2. Dressler, M. Interpolation / Approximation of Surfaces Based on Numerical Tensioning and Smoothing / M. Dressler. – URL: <http://m.dressler.sweb.cz/ABOS.htm>
3. Как работают радиальные базисные функции // Сайт «ArcMap». – URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/how-radial-basis-functions-work.htm>

4. Carr, J. C. Surface Interpolation with Radial Basis Functions for Medical Imaging / J. C. Carr, W. R. Fright, R. K. Beatson // IEEE Transactions on Medical Imaging. – 1997. – Vol. 16, no. 1. – P. 96–107. – DOI 10.1109/42.552059.
5. Башков, Е. А. Исследование возможностей применения метода радиальных симметричных функций и его модификаций для построения поверхностных компьютерных моделей в медицинской практике / Е. А. Башков, В. С. Бабков // Электронное моделирование. – 2009. – № 2. – С. 107–116.
6. Capture for SolidWorks 3D scanner. – 2014. – URL: www.3d-model.ch/produkt/geomagic-3d-scanner-capture-for-solidworks
7. Косников, Ю. Н. Технологии виртуального окружения в интерфейсах экономических информационных систем / Ю. Н. Косников, Е. А. Кольчугина // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2018. – № 3 (19). – С. 82–95.
8. Александрова, Н. В. Визуализация скалярного поля физической величины на основе радиальных базисных функций / Н. В. Александрова, Ю. Н. Косников // Проблемы автоматизации и управления в технических системах : сб. ст. XXX Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2013. – С. 70–71.
9. Skala, V. A Practical Use of Radial Basis Functions Interpolation and Approximation / V. Skala // Investigacion Operacional. – 2016. – Vol. 37, № 2. – P. 137–144. – URL: <https://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/fileadmin/rev-inv-ope/files/37216/37216-03.pdf>
10. Reconstruction and Representation of 3D Objects with Radial Basis Function / J. C. Carr, R. K. Beatson, J. B. Cherrie, T. J. Mitchell, W. R. Fright, B. C. McCallum, T. R. Evans // ACM SIGGRAPH. – 2001. – P. 67–76.
11. Larsson, E. A Numerical Study of some Radial Basis Function based Solution Methods for Elliptic PDEs / E. Larsson, B. Fornberg // Computers and Mathematics with Applications. – 2003. – № 46. – P. 891–902.
12. Wendland, H. Piecewise polynomial, positive defined and compactly supported radial functions of minimal degree / H. Wendland // Advances in Computational Mathematics. – 1995. – Vol. 4, iss. 1. – P. 389–396.
13. Interpolating Implicit Surfaces From Scattered Surface Data Using Compactly Supported Radial Basis Functions / B. S. Morse, T. S. Yoo, P. Rheingans, D. T. Chen, K. R. Subramanian // Proceedings of the International Conference on Shape Modeling and Applications (SMI '01). – IEEE Computer Society Press, 2001. – P. 89–98.
14. Buhmann, M. D. Radial Basis Functions: Theory and Implementations / M. D. Buhmann. – Cambridge : Cambridge University Press, 2008. – 259 p.
15. Косников, Ю. Н. Методика и технология компьютерного моделирования поверхностей свободных форм с применением радиальных базисных функций / Ю. Н. Косников // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Сер.: Технические науки. Информационные технологии. – 2014. – № 3 (19). – С. 176–183.
16. Grady, B. W. Radial basic function interpolation: Numerical and Analytical developments / B. W. Grady. – University of Colorado, 2000. – 155 p.
17. Косников, Ю. Н. Экспериментальное исследование изобразительных и точностных свойств смешивающих функций в задачах визуализации пространственных объектов / Ю. Н. Косников, Т. Х. Хоанг // Новые информационные технологии и системы : материалы XV Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2018. – С. 28–32.
18. Кулажский, А. В. Применение нейронных сетей на основе радиальных базисных функций в моделировании рельефа местности / А. В. Кулажский // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2009. – № 3 (35). – С. 118–124.
19. Петрянин, Д. Л. Анализ методов повышения точности аппроксимации и новая уточненная модель повышения точности аппроксимации / Д. Л. Петрянин // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 3. – С. 96–102.

20. *Anjyo, K.* Scattered Data Interpolation for Computer Graphics / K. Anjyo, J. P. Lewis, F. Pighin // ACM SIGGRAPH. – 2014 – P. 1–69. – URL: <https://doi.org/10.1145/2614028.2615425>
21. *Анисимов, В. А.* К вопросу использования трехмерной модели рельефа в проектировании железных дорог / В. А. Анисимов, М. А. Шуклин // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2012. – № 4 (36). – С. 234–240.
22. *Крюкова, С. В.* Оценка методов пространственной интерполяции метеорологических данных / С. В. Крюкова, Т. Е. Симакина // Общество. Среда. Развитие. – 2018. – № 1. – С. 144–151.
23. Интерполяция ближайшей окрестности // Сайт «ArcMap». – URL: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/manage-data/terrains/hidden-natural-neighbor-interpolation.htm>
24. *Мальцев, К. А.* Построение моделей пространственных переменных (с применением пакета Surfer) : учеб. пособие / К. А. Мальцев, С. С. Мухарамова. – Казань : Казан. ун-т, 2014. – 103 с. – URL: https://kpfu.ru/portal/docs/F666019761/posobie_Surfer.pdf
25. *Александрова, Н. В.* Смешивающие функции в геометрическом моделировании и визуализации поверхностей свободных форм / Н. В. Александрова, А. П. Зимин, Ю. Н. Косников, Т. Х. Хоанг // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. Сер.: Технические науки. Информационные технологии. – 2015. – № 3 (25), т. 1. – С. 51–60.
26. *Skala, V.* RBF Interpolation with CSRBF of Large Data Sets / V. Skala // International Conference on Computational Science, ICCS 2017 / Procedia Computer Science. – 2017. – Vol. 108. – P. 2433–2437. – URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091730621X>
27. *Buhmann, M.* A new class of radial basis functions with compact support / M. Buhmann // Mathematics of Computation. – 2001. – Vol. 70, № 233. – P. 307–318. – DOI 10.1090/s0025-5718-00-01251-5.
28. *Skala, V.* Novel RBF Approximation Method Based on Geometrical Properties for Signal Processing with a New RBF Function: Experimental Comparison / V. Skala, M. Cervenka // 2019 IEEE 15th International Scientific Conference on Informatics. – 2019. – P. 000451–000456. – DOI 10.1109/Informatics47936.2019.9119276.
29. *Косников, Ю. Н.* Геометрическое моделирование неаналитических поверхностей в графических системах: от функций радиального базиса к функциям ортогонального базиса / Ю. Н. Косников // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : сб. ст. XV Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2015. – С. 117–123.
30. *Косников, Ю. Н.* Моделирование и визуализация замкнутых поверхностей с применением смешивающих функций ортогонального базиса / Ю. Н. Косников // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике : сб. ст. XVIII Междунар. науч.-техн. конф. – Пенза : Приволжский Дом знаний, 2018. – С. 104–110.
31. *Kosnikov, Yu. N.* Morphing of spatial objects in real time with interpolation by functions of radial and orthogonal basis / Yu. N. Kosnikov, A. V. Kuzmin, T. H. Hoang // Journal of Physics: Conference Series. – 2018. – Vol. 1015. – URL: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032066/pdf>

References

1. Kolsanov A. V., Voronin A. S., Yaremin B. I., Chaplygin S. S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2011, vol. 13, no. 6, pp. 88–93. [In Russian]
2. Dressler M. *Interpolation / Approximation of Surfaces Based on Numerical Tensioning and Smoothing*. Available at: <http://m.dressler.sweb.cz/ABOS.htm>

3. *Kak rabotayut radial'nye bazisnye funktsii* [How radial basis functions work]. Arch-Map website. Available at: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.4/extensions/geostatistical-analyst/how-radial-basis-functions-work.htm> [In Russian]
4. Carr J. C., Fright W. R., Beatson R. K. *IEEE Transactions on Medical Imaging*. 1997, vol. 16, no. 1, pp. 96–107. DOI 10.1109/42.552059.
5. Bashkov E. A., Babkov V. S. *Elektronnoe modelirovanie* [Electronic modeling]. 2009, no. 2, pp. 107–116. [In Russian]
6. *Capture for SolidWorks 3D scanner*. 2014. Available at: www.3d-model.ch/produkt/geomagic-3d-scanner-capture-for-solidworks
7. Kosnikov Yu. N., Kol'chugina E. A. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* [Models, systems, and networks in economics, technology, nature, and society]. 2018, no. 3 (19), pp. 82–95. [In Russian]
8. Aleksandrova N. V., Kosnikov Yu. N. *Problemy avtomatizatsii i upravleniya v tekhnicheskikh sistemakh: sb. st. XXX Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Problems of automation and control in technical systems: collection of articles XXX International scientific and technical conf.]. Penza: Izd-vo PGU, 2013, pp. 70–71. [In Russian]
9. Skala V. *Investigacion Operacional*. 2016, vol. 37, no. 2, pp. 137–144. Available at: <https://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/fileadmin/rev-inv-ope/files/37216/37216-03.pdf>
10. Carr J. C., Beatson R. K., Cherrie J. B., Mitchell T. J., Fright W. R., McCallum B. C., Evans T. R. *ACM SIGGRAPH*. 2001, pp. 67–76.
11. Larsson E. A., Fornberg B. *Computers and Mathematics with Applications*. 2003, no. 46, pp. 891–902.
12. Wendland H. *Advances in Computational Mathematics*. 1995, vol. 4, iss. 1, pp. 389–396.
13. Morse B. S., Yoo T. S., Rheingans P., Chen D. T., Subramanian K. R. *Proceedings of the International Conference on Shape Modeling and Applications (SMI '01)*. IEEE Computer Society Press, 2001, pp. 89–98.
14. Buhmann M. D. *Radial Basis Functions: Theory and Implementations*. Cambridge: Cambridge University Press, 2008, 259 p.
15. Kosnikov Yu. N. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. Ser.: Tekhnicheskie nauki. Informatsionnye tekhnologii* [XXI century: results of the past and problems of the present plus. Ser.: Technical Sciences. Information technology]. 2014, no. 3 (19), pp. 176–183. [In Russian]
16. Grady B. W. *Radial basic function interpolation: Numerical and Analytical developments*. University of Colorado, 2000, 155 p.
17. Kosnikov Yu. N., Khoang T. Kh. *Novye informatsionnye tekhnologii i sistemy: materialy XV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [New Information Technologies and Systems: proceedings of the XV International scientific and technical conf.]. Penza: Izd-vo PGU, 2018, pp. 28–32. [In Russian]
18. Kulazhskiy A. V. *Vestnik Rostovskogo gosudarstvennogo universiteta putey soobshcheniya* [Bulletin of the Rostov State University of Railway Engineering]. 2009, no. 3 (35), pp. 118–124. [In Russian]
19. Petryanin D. L. *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh system* [Reliability and quality of complex systems]. 2016, no. 3, pp. 96–102. [In Russian]
20. Anjyo K., Lewis J. P., Pighin F. *ACM SIGGRAPH*. 2014, pp. 1–69. Available at: <https://doi.org/10.1145/2614028.2615425>
21. Anisimov V. A., Shuklin M. A. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovanie* [Modern technologies. System analysis. Simulation]. 2012, no. 4 (36), pp. 234–240. [In Russian]
22. Kryukova S. V., Simakina T. E. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie* [Society. Environment. Development]. 2018, no. 1, pp. 144–151. [In Russian]

23. *Interpolyatsiya blizhayshey okrestnosti* [Nearest neighborhood interpolation]. Arch-Map website. Available at: <https://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/manage-data/terrains/hidden-natural-neighbor-interpolation.htm> [In Russian]
24. Mal'tsev K. A., Mukharamova S. S. *Postroenie modeley prostranstvennykh peremennykh (s primeneniem paketa Surfer): ucheb. posobie* [Building models of spatial variables (using the Surfer package): a textbook]. Kazan: Kazan. un-t, 2014, 103 p. Available at: https://kpfu.ru/portal/docs/F666019761/posobie_Surfer.pdf [In Russian]
25. Aleksandrova N. V., Zimin A. P., Kosnikov Yu. N., Khoang T. Kh. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego plyus. Ser.: Tekhnicheskie nauki. Informatsionnye tekhnologii* [XXI century: results of the past and problems of the present plus. Ser.: Technical Sciences. Information technology]. 2015, no. 3 (25), vol. 1, pp. 51–60. [In Russian]
26. Skala V. *International Conference on Computational Science, ICCS 2017*. Procedia Computer Science. 2017, vol. 108, pp. 2433–2437. Available at: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187705091730621X>
27. Buhmann M. *Mathematics of Computation*. 2001, vol. 70, no. 233, pp. 307–318. DOI 10.1090/s0025-5718-00-01251-5.
28. Skala V., Cervenka M. *2019 IEEE 15th International Scientific Conference on Informatics*. 2019, pp. 000451–000456. DOI 10.1109/Informatics47936.2019.9119276.
29. Kosnikov Yu. N. *Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike: sb. st. XV Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Problems of Informatics in Education, Management, Economics and Technology: collection of articles of the XV International scientific and technical conf.]. Penza: Privolzhskiy Dom znaniy, 2015, pp. 117–123. [In Russian]
30. Kosnikov Yu. N. *Problemy informatiki v obrazovanii, upravlenii, ekonomike i tekhnike: sb. st. XVIII Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf.* [Problems of Informatics in Education, Management, Economics and Technology: collection of articles of the XVIII International scientific and technical conf.]. Penza: Privolzhskiy Dom znaniy, 2018, pp. 104–110. [In Russian]
31. Kosnikov Yu. N., Kuzmin A. V., Hoang T. H. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018, vol. 1015. Available at: <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1015/3/032066/pdf>

Косников Юрий Николаевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра информационно-
вычислительных систем,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: kosnikov@gmail.com

Kosnikov Yuri Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of information
and computing systems,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Косников, Ю. Н. Особенности применения радиальных базисных функций в геометрическом моделировании трехмерных объектов визуализации / Ю. Н. Косников // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 55–70. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-6.

**ТЕХНОЛОГИИ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОТЫ САЙТА
НА ПРИМЕРЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ
ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ
ПЕНЗЕНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Р. А. Торопкин, Я. В. Зиновьев, Н. С. Рассказов, М. А. Митрохин

**SITE OPTIMIZATION TECHNOLOGIES ON THE EXAMPLE
OF THE ANALYTICAL SYSTEM OF PUBLISHING ACTIVITY
OF PENZA STATE UNIVERSITY**

R. A. Toropkin, Ya. V. Zinov'ev, N. S. Rasskazov, M. A. Mitrokhin

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Рассматриваются существующие методы оптимизации пользовательского интерфейса в web-приложениях, способствующие минимизации времени, затраченного на отображение страниц. *Методы.* Акцентируется внимание на сравнении MPA и SPA технологий и обосновывается целесообразность применения инструментов для сборки и компоновки проекта. Описываются возможности оптимизации загрузки медиафайлов и компонентов с помощью серверного рендеринга и отложенной загрузки. Предлагаются способы повышения эффективности загрузки медиаконтента. *Результаты и выводы.* В результате исследования было установлено, что существующие технологии оптимизации загрузки сайтов направлены в основном на работу с мультимедийным контентом. Практическое применение описанных методов и технологий в ходе разработки системы аналитической публикационной активности Пензенского государственного университета показало, что в общем случае время загрузки страниц сокращается на 40 % по сравнению с неоптимизированным вариантом.

Ключевые слова: web-приложение, оптимизация, отложенная загрузка, JavaScript, Single Page Applications, фреймворк, рендеринг, Chart.js, кэширование, Webpack.

Abstract. *Subject and goals.* This article discusses existing methods for optimizing the user interface in web applications that help minimize the time spent on displaying pages. *Methods.* The article focuses on the comparison of MPA and SPA technologies and justifies the feasibility of using tools for project Assembly and layout. It describes how to optimize the loading of media files and components using server rendering and deferred loading. Ways to optimize the loading of media content are suggested. *Results and conclusions.* As a result of the research, it was found that the existing technologies for optimizing site loading are mainly aimed at working with media content. The practical application of the described methods and technologies during the development of the PSU analytical publication activity system has shown that page loading time is reduced by about 40 % compared to the non-optimized version.

Keywords: web application, optimization, deferred loading, JavaScript, Single Page Applications, framework, rendering, Chart.js, caching, Webpack.

Введение

Оптимизация производительности web-сайтов является приоритетом при их администрировании в современных условиях борьбы за трафик. Согласно отчету о цифровой сфере Digital 2020 число активных пользователей

интернета достигло отметки 4,5 млрд человек [1]. Растет и количество web-сайтов, а вместе с тем развивается и их структура. Из простых ресурсов, содержащих статический контент, web-приложения эволюционировали до сложно сконструированных платформ, решающих большой спектр задач в области визуализации данных сети Internet.

Избыток информации приводит к тому, что пользователь становится более прихотливым в процессе поиска информации и к современным сайтам предъявляются все более высокие требования, в том числе и по скорости загрузки. Исследование компании Radware показало, что 47 % пользователей ожидают, что страница загрузится не более чем за 2 с, а если время загрузки составляет более 3 с, то 40 % клиентов сразу покинут сайт [2]. Поэтому задача оптимизации скорости загрузки сайта является одной из наиболее приоритетных.

На рынке существует множество способов, позволяющих уменьшить время загрузки страниц, но все они решают задачи:

- уменьшения объема загружаемых данных;
- сохранения части информации на устройстве пользователя или кэширования;
- «визуальной» оптимизации web-страницы.

В ходе решения данных задач рассмотрим наиболее эффективные варианты клиентской оптимизации и их применение на примере аналитической системы публикационной активности ПГУ.

Материалы и методы

Современные web-приложения используют все больше вычислений на стороне клиента, что вместе со сторонними библиотеками значительно увеличивает объем передаваемой на пользовательское устройство информации. Данную проблему помогают решить минификация кода и применение различных инструментов для сборки, таких как gulp, Webpack. Так называемые «сборщики» обладают огромным функционалом по оптимизации web-приложения, который позволяет:

- указывать среду, это означает, что при компиляции в финальную сборку не будут включаться различные артефакты тестирования и разработки;
- минимизировать исходные JavaScript-файлы, а также различные версии исходной карты (source map), размер которой также возможно уменьшить до двух раз;
- использовать различные плагины для оптимизации сборки, дающие возможность формировать .gz файлы, импортировать только отдельные модули из библиотек или дедуплицировать похожие файлы. Наиболее популярные из них: compression-webpack-plugin, dedupe-plugin, uglifyjs-plugin, ignore-plugin;
- анализировать размеры используемых зависимостей;
- создавать дерево зависимостей и определять необходимые ресурсы для каждой страницы. Данный подход к оптимизации доступен для React и Vue и позволяет значительно ускорить загрузку каждой страницы.

Серьезным шагом в развитии web-технологий стало использование Single Page Applications (SPA), т.е. разработка таких сайтов, в ходе взаимодействия с которыми происходит загрузка только необходимой информации, а не всей страницы целиком. Классические многостраничные web-ресурсы (Multi Page Application (MPA)) отправляют запрос при каждом незначительном изменении на странице, что приводит к ее принудительному обновлению. Single Page Applications устроены немного иначе, они используют динамическое обновление DOM-дерева, что позволяет исключить перезагрузку web-страницы.

Сравнение технологий многостраничных и одностраничных web-приложений приведено на рис. 1.

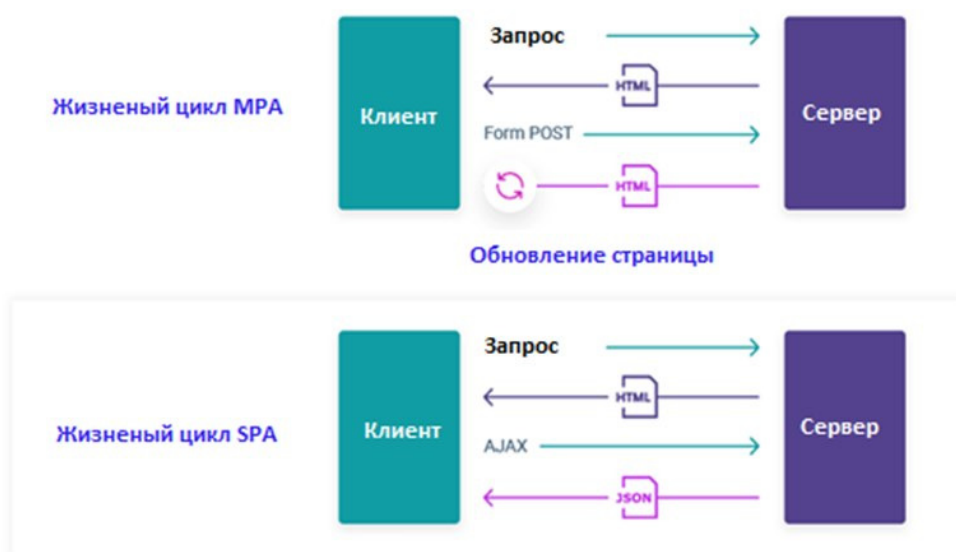


Рис. 1. Сравнение Multi Page Application и Single Page Applications

Наиболее популярны SPA-решения с использованием таких JavaScript библиотек и фреймворков, как React.js, Vue.js, Angular.js. Например, во Vue.js и React технология SPA организована следующим образом: происходит копирование DOM-дерева, его обработка и сравнение с исходным вариантом, далее фреймворк заменяет части только тех элементов, которые отличаются от первоначальной структуры DOM-дерева.

В последнее время набирает популярность «отложенная загрузка» – оптимизация загрузки медиафайлов и компонентов, не критичных для отображения web-страницы и взаимодействия с интерфейсом. Чаще всего «ленивая загрузка» применяется для элементов, расположенных за линией видимости пользователя и отображаемых только после прокрутки. Отложенная загрузка реализована во многих современных JavaScript фреймворках, таких как Vue.js, Angular и React, где возможна настройка динамической загрузки маршрутов и компонентов. Оценить, насколько эффективным окажется применение отложенной загрузки изображений возможно для конкретного сайта, проверив его на ресурсе Google PageSpeed Insights (рис. 2).

Оптимизация — Эти рекомендации могут помочь вам ускорить загрузку страницы. Они не влияют на показатель производительности [напрямую](#).

Возможности	Приблизительная экономия
▲ Отложите загрузку скрытых изображений	8,16 s
▲ Используйте современные форматы изображений	5,36 s
▲ Сократите время ответа сервера (время до получения первого байта)	2,75 s
▲ Настройте эффективную кодировку изображений	1,31 s
■ Удалите неиспользуемый код CSS	0,15 s

Рис. 2. Рекомендации Google PageSpeed Insights

Также рекомендуется использование экономичных форматов файлов, позволяющих сократить объем передаваемого трафика. Например, формат WebP дает возможность экономить до 34 % при конвертировании картинки из JPG и 45 % для PNG [3]. Поддержка данного формата уже присутствует у 79,2 % пользователей интернета. Результаты анализа представлены на рис. 3.



Рис. 3. Результат анализа наличия поддержки браузерами формата WebP

Еще одним способом, позволяющим уменьшить объем загружаемых файлов, а также снизить нагрузку на устройство при рендеринге страницы, является использование серверного рендеринга, при этом вся нагрузка по отображению страницы ложится на сервер, а ресурсы клиентского устройства освобождаются для других процессов [4]. Скорость загрузки при серверном рендеринге увеличивается до двух раз, так как отсутствует обработка кода JavaScript процессором, а загружаются только текст и ссылки. Схема отображений страниц представлена на рис. 4.

Одним из прогрессивных способов кэширования является использование «сервис-воркеров». В данном случае сайт разделяется на две части: со статическим и динамическим контентом, при этом при повторной загрузке, скачивается только часть с уникальным контентом и объединяется со статическим [5]. Сравнение скорости загрузки по метрике First Contentful Paint, характеризующей скорость загрузки на сайте первых элементов, показало снижение нагрузки на сетевой трафик на 47,6 % и повышение скорости отображения первых элементов на 40 % (рис. 5).

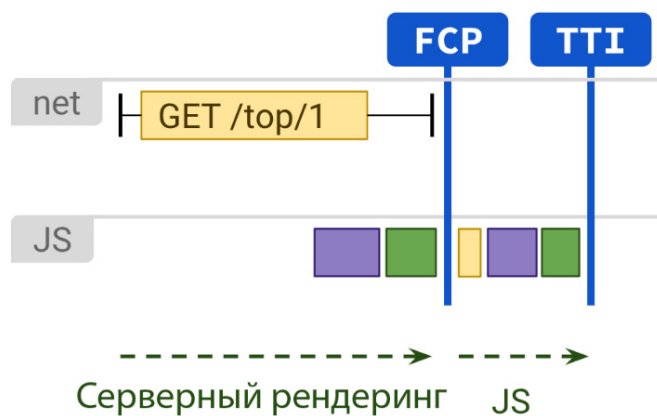


Рис. 4. Загрузка страницы при серверном рендеринге

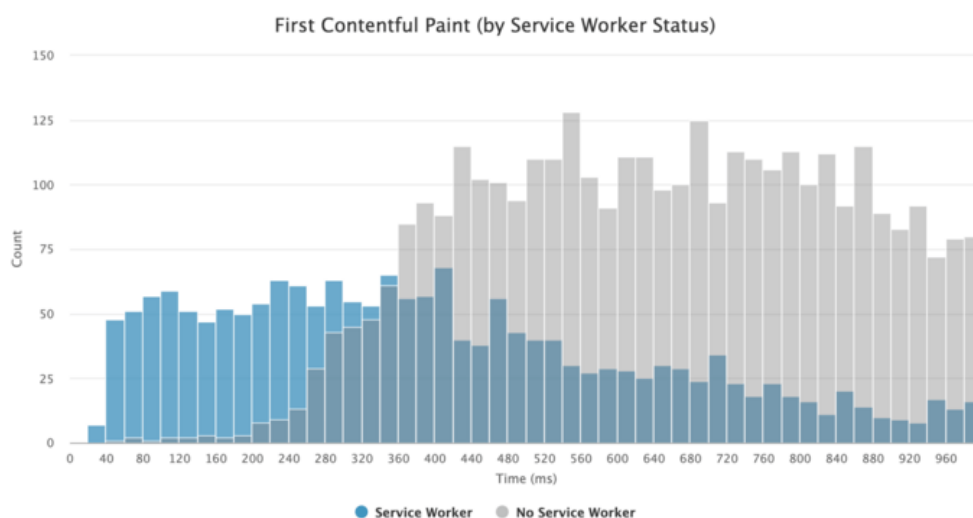


Рис. 5. Сравнение скорости рендера элементов на сайте

Результаты

Описанные технологии были применены в аналитической системе публикационной активности ПГУ. Современные аналитические системы содержат множество числовых данных, оптимальным представлением для которых является использование графиков и диаграмм. С технической точки зрения визуализация информации посредством диаграмм довольно трудозатратна и требует большого количества вычислительных ресурсов. Данную проблему решает JavaScript библиотека – Chart.js. Использование формата svg в совокупности с частичным аппаратным ускорением позволяет добиться значительного прироста производительности. В библиотеке Chart.js применена технология асинхронного рендеринга, что позволяет не загружать ядро JavaScript продолжительное время. Таким образом, данный модуль позволил внедрить «живые» графики на сайт анализа публикационной активности ПГУ¹ без сильного ущерба производительности. Более того, это дало воз-

¹ При поддержке конкурса «Ректорские гранты – 2020». Номер договора: ХП-107/20.

возможность сократить срок разработки, так на реализацию собственного решения с помощью встроенной библиотеки canvas ушло бы много ресурсов, что является критическим фактором при создании web-приложений.

При разработке высоконагруженных систем немаловажным параметром остается качество сборки web-приложения. Проектируя web-ресурс, разработчик взаимодействует с множеством различных библиотек и модулей, с десятками, а порой и сотнями файлов .js и .css. Появляется очевидная проблема, состоящая в сложности управления порядком загрузки различных файлов и модулей для поддержания работоспособности приложения. Для решения данной проблемы в системе анализа публикационной активности ПГУ был применен статический модульный сборщик для приложений «Webpack». Данный инструмент позволяет выполнять сборку js-файлов в оптимальном, правильном порядке. Стоит отметить, что Webpack v4+ по умолчанию поддерживает минимизацию кода, что в общем случае дало возможность сократить размер файлов сайта от 30 до 40 %, исходя из анализа, представленного на рис. 3. В итоге удалось увеличить время загрузки web-сайта на 40 %.

За счет использования технологии SPA, применяемой в системе публикационной активности ПГУ, удалось значительно повысить производительность конечного web-сайта. По статистике среднее значение глубины просмотра для информационного портала составляет 3–4 страницы [6]. В результате применения Single Page Applications пользователь в среднем получает доступ к информации на 9–12 с раньше по сравнению с Multi Page Application (при средней скорости загрузки страницы в 2 с [7] при использовании МРА). Данная технология позволила в кратчайшие сроки добавить новый модуль выгрузки данных. Данный подход дал возможность:

- избавиться от создания новых страниц;
- не дублировать html/css код;
- сохранить единообразие контента;
- использовать существующий API.

Заключение

Таким образом, построение эффективных высоконагруженных систем требует комплекса мероприятий, направленных на повышение отклика, а также скорости загрузки и отображения конечного web-ресурса. Применение рассмотренных методов оптимизации web-интерфейса позволяет сократить время загрузки страницы на 40 % по сравнению с неоптимизированным вариантом. Минимизация времени отклика способствует более комфортной работе с web-приложением, что наряду с оптимизацией web-интерфейса позволяет сформировать положительный опыт эксплуатации пользователям.

Библиографический список

1. Глобальная статистика интернета на 2020 год: отчет Digital о состоянии цифровых технологий в мире и в России. – URL: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2020-globalnaya-statistika-i-trendy> (дата обращения: 24.08.2020).
2. Тамми, Э. Скорость как конкурентное преимущество / Э. Тамми. – URL: https://www.methodlab.ru/articles/time_is_money2 (дата обращения: 24.08.2020).
3. How to Make Your Website Load Faster With WebP Images. – URL: <https://techstacker.com/load-website-faster-with-webp-images/mhzdwjfko9eb4fbep/> (дата обращения: 22.08.2020).

4. Start Performance Budgeting. – URL: <https://medium.com/@addyosmani/start-performance-budgeting-dabde04cf6a3> (дата обращения: 22.08.2020).
5. Как ускорить загрузку сайта и улучшить поведенческие факторы. – URL: <https://ru.megaindex.com/blog/service-workers-site-speed> (дата обращения: 24.08.2020).
6. Глубина просмотра сайта и методы оптимизации. – URL: <http://blog.getgoodrank.ru/glubina-prosmotra-sajta-i-metody-optimizacii/> (дата обращения: 26.08.2020).
7. Оптимальная скорость загрузки сайта. – URL: <https://steptosleep.ru/%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8-%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B0/> (дата обращения: 27.08.2020).

References

1. *Global'naya statistika interneta na 2020 god: otchet Digital o sostoyanii tsifrovyykh tekhnologiy v mire i v Rossii* [Global Internet Statistics for 2020: Digital report on the state of digital technologies in the world and in Russia]. Available at: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2020-globalnaya-statistika-i-trendy> (accessed 24.08.2020). [In Russian]
2. Tammi E. *Skorost' kak konkurentnoe preimushchestvo* [Speed as a competitive advantage]. Available at: https://www.methodlab.ru/articles/time_is_money2 (accessed 24.08.2020). [In Russian]
3. *How to Make Your Website Load Faster With WebP Images*. Available at: <https://techstacker.com/load-website-faster-with-webp-images/mhzdwjfko9eb4fbep/> (accessed 22.08.2020).
4. *Start Performance Budgeting*. Available at: <https://medium.com/@addyosmani/start-performance-budgeting-dabde04cf6a3> (accessed 22.08.2020).
5. *Kak uskorit' zagruzku sayta i uluchshit' povedencheskie factory* [How to speed up site loading and improve behavioral factors]. Available at: <https://ru.megaindex.com/blog/service-workers-site-speed> (accessed 24.08.2020). [In Russian]
6. *Glubina prosmotra sayta i metody optimizatsii* [Depth of view of the site and methods of optimization]. Available at: <http://blog.getgoodrank.ru/glubina-prosmotra-sajta-i-metody-optimizacii/> (accessed 26.08.2020). [In Russian]
7. *Optimal'naya skorost' zagruzki sayta* [Optimal site loading speed]. Available at: <https://steptosleep.ru/%D0%BE%D0%BF%D1%82%D0%B8%D0%BC%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F-%D1%81%D0%BA%D0%BE%D1%80%D0%BE%D1%81%D1%82%D1%8C-%D0%B7%D0%B0%D0%B3%D1%80%D1%83%D0%B7%D0%BA%D0%B8-%D1%81%D0%B0%D0%B9%D1%82%D0%B0/> (accessed 27.08.2020). [In Russian]

Торопкин Роман Александрович
студент,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: good.romka@yandex.ru

Toropkin Roman Aleksandrovich
student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Зиновьев Ярослав Вячеславович
студент,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: yaroslav005@bk.ru

Zinov'yev Yaroslav Vyacheslavovich
student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Рассказов Никита Сергеевич
студент,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: nikita_serdobsk12@mail.ru

Rasskazov Nikita Sergeyevich
student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Митрохин Максим Александрович
доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой вычислительной
техники,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: vt@pnzgu.ru

Mitrokhin Maksim Aleksandrovich
doctor of technical sciences, professor,
head of sub-department of computer
science,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Торопкин, Р. А. Технологии оптимизации работы сайта на примере аналитической системы публикационной активности Пензенского государственного университета / Р. А. Торопкин, Я. В. Зиновьев, Н. С. Рассказов, М. А. Митрохин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 71–78. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-7.

**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА
АНТЕННЫМ СОГЛАСУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ
С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ
ЭЛЕМЕНТОВ НАСТРОЙКИ**

В. М. Жуков

**INFORMATION AND CONTROL SYSTEM FOR AN ANTENNA
MATCHING DEVICE WITH DISTRIBUTED PARAMETERS
OF CONFIGURATION ELEMENTS**

V. M. Zhukov

Аннотация. *Актуальность и цели.* Радиопередатчик является самым массогабаритным и энергоемким устройством радиостанции, энергетическая эффективность которой зависит в основном от точности согласования выхода радиопередатчика с антенной, обеспечиваемой информационно-управляющей системой антенным согласующим устройством. Цель работы – повышение точности настройки согласующего устройства при низких коэффициентах бегущей волны в антенном фидере, определение зависимости значений младших разрядов элементов настройки от исходного коэффициента бегущей волны и снижение трудоемкости расчетов при проектировании антенных согласующих устройств и устройств управления ими. *Методы.* Информационно-управляющая система антенным согласующим устройством с распределенными параметрами элементов настройки представляет собой объект исследования. Предмет исследования – точность настройки согласующего устройства. Использован метод круговых диаграмм на плоскости комплексных сопротивлений в полярной системе координат из теорий электрических и радиотехнических цепей. *Результаты и выводы.* Разработаны алгоритм работы и математическое обеспечение информационно-управляющей системы дискретным антенным согласующим устройством с распределенными параметрами элементов настройки. Предложен способ повышения точности настройки антенного согласующего устройства при низких значениях коэффициента бегущей волны в антенно-фидерном тракте. Получены графики, характеризующие связь между минимальным коэффициентом бегущей волны в антенном фидере и допустимой погрешностью установки длинной линии. Параметром кривых на графиках является значение активной проводимости на входе согласующего устройства. Требования к информационно-управляющей системе по погрешности установки длинной линии и шлейфа тем выше, чем ниже коэффициент бегущей волны в антенном фидере.

Ключевые слова: алгоритм поразрядного уравнивания, диаграмма Смита, длинная линия, коэффициент отражения, коэффициент бегущей волны, область согласования, точность настройки, шлейф.

Abstract. *Subject and goals.* The radio transmitter is the most mass-dimensional and energy-intensive device of a radio station, the energy efficiency of which depends mainly on the accuracy of matching the output of the radio transmitter with the antenna provided by the information and control system of the antenna matching device. The purpose of this work is to improve the accuracy of tuning the matching device at low traveling wave coef-

ficients in the antenna feeder, to determine the dependence of the values of the lowest bits of the tuning elements on the initial coefficient of traveling wave, and to reduce the complexity of calculations when designing antenna matching devices and their control devices. *Methods.* The information and control system of an antenna matching device with distributed parameters of tuning elements is an object of research. The subject of the study is the accuracy of setting the matching device. The method of pie charts on the plane of complex resistances in the polar coordinate system is used. *Results and conclusions.* The algorithm of operation and mathematical support of the information and control system by a discrete antenna matching device with distributed parameters of tuning elements are developed. A method for improving the accuracy of tuning an antenna matching device at low values of the traveling wave coefficient in the antenna-feeder path is proposed. Graphs are obtained that characterize the relationship between the minimum traveling wave coefficient in the antenna feeder and the permissible error of setting a long line. The parameter of the curves in the graphs is the value of the active conductivity at the input of the matching device. The lower the traveling wave coefficient in the antenna feeder, the higher the requirements for the information and control system for the installation error of the long line and loop.

Keywords: bitwise balancing algorithm, Smith diagram, long line, reflection coefficient, traveling wave coefficient, matching area, tuning accuracy, loop.

Введение

Дискретные антенные согласующие устройства (АСУ) с распределенными параметрами элементов настройки (АСУ на длинных линиях) применяются при использовании радиостанций в жестких климатических условиях, например при изменениях температуры от минус 50 °С до плюс 50 °С, так как размеры длинной линии и шлейфа, а следовательно, их электрические параметры при температурных колебаниях изменяются незначительно в отличие от АСУ, переменные элементы настройки которых выполнены на дискретных катушках индуктивности и конденсаторах. Это в первую очередь касается конденсаторов с номиналами емкости, имеющими большие значения температурных коэффициентов емкости. Несмотря на увеличение количества высокочастотных коммутаторов, такие АСУ со своими информационно-управляющими системами (ИУС) находят широкое применение [1].

Разработчикам ИУС АСУ указанных радиостанций, в том числе и автору, приходилось достаточно долго экспериментально набирать статистику входных комплексных сопротивлений антенн, чтобы на каждой частоте рассчитать значения элементов настройки АСУ, потом выбрать из них минимальные и максимальные, определить количество рабочих разрядов и исходя из допустимой погрешности настройки рассчитать значения младших разрядов. Полученные формулы позволяют сократить трудоемкость расчета АСУ и определить алгоритм работы ИУС, используя минимально возможное значение коэффициента бегущей волны (КБВ) в антенном фидере.

В теориях электрических и радиотехнических цепей широко применяется круговая диаграмма параметров электрических цепей в полярных координатах, называемая в разных странах именами разных авторов. В Японии это диаграмма Т. Мицухаши [2], в западных странах – диаграмма Р. Смита [3], в России – диаграмма А. Р. Вольперта [4]. Будем называть ее диаграммой Смита, поскольку это самое распространенное название.

Алгоритм управления антенным согласующим устройством

Разработаем алгоритм работы и математическое обеспечение ИУС дискретным АСУ, область согласования которого ограничена окружностью. Полагаем, что значением минимально возможного КБВ $k_{\min}$ в антенном фидере полностью определяются все возможные значения входных сопротивлений антенн, характеризуемые модулем и фазой комплексного коэффициента отражения и нанесенные на круговую диаграмму сопротивлений в полярных координатах (диаграмму Смита) (рис. 1).

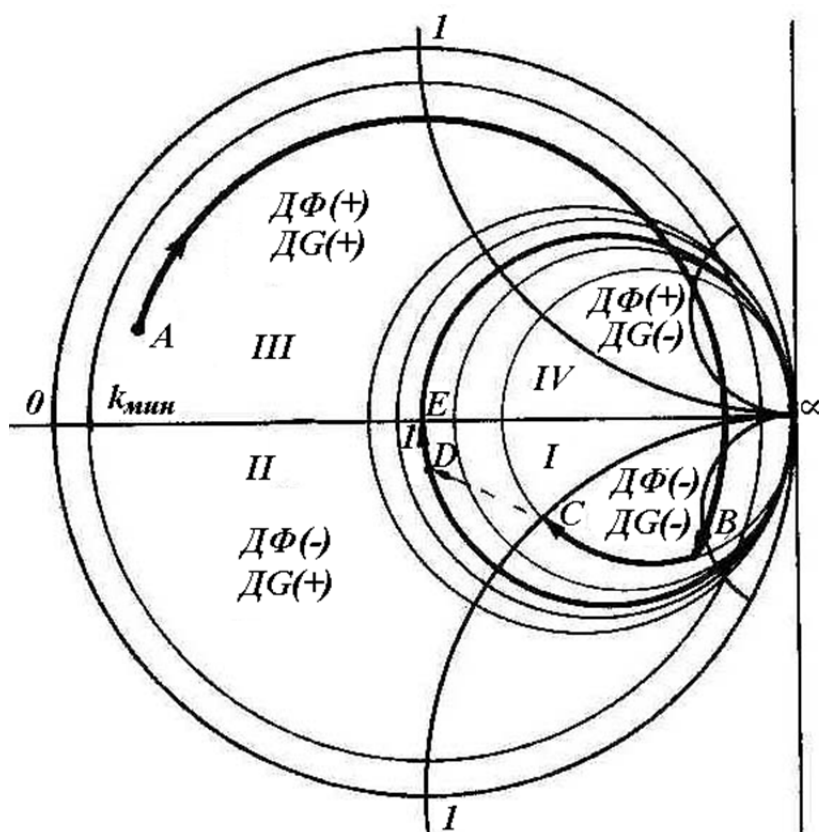


Рис. 1. Диаграмма Смита с алгоритмом работы информационно-управляющей системы антенным согласующим устройством

Согласующий четырехполюсник должен трансформировать любое комплексное сопротивление из этих значений в активное сопротивление нагрузки усилителя мощности. На рисунке 2 приведена упрощенная схема согласующего устройства с распределенными параметрами элементов настройки, у которого зона согласования представляет собой круг на диаграмме Смита, ограниченный окружностью минимального КБВ в антенном фидере.

Переменными дискретными элементами настройки данного АСУ являются длинная линия ДЛ и шлейф ШЛ, который на конце разомкнут и электрическая длина которого менее четверти длины волны на рабочей частоте.

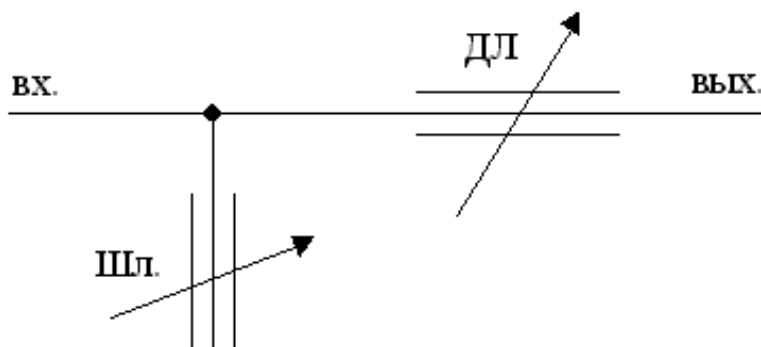


Рис. 2. Принципиальная схема антенного согласующего устройства с распределенными параметрами элементов настройки

В работе [5] показано, что для того, чтобы два кольца регулирования ИУС АСУ работали поочередно автономно, нужно датчик активной проводимости ДГ и датчик фазы ДФ подключать к его входу и осуществлять по ним управление элементами данного АСУ.

Используемая круговая диаграмма Смита может служить инструментом наглядного представления алгоритма работы ИУС в процессе управления АСУ.

Разными комбинациями управляющих сигналов (знаков выходных сигналов датчиков ИУС) область согласования АСУ делится на зоны I, II, III, IV (см. рис. 1) в пределах окружности минимального КБВ $k_{\min}$. Эти комбинации будут определяться табл. 1 при выполнении условия, что знак значений напряжения ДГ положителен с внешней стороны окружности единичной проводимости, а знак значений напряжения ДФ положителен в верхней полуплоскости диаграммы.

Таблица 1

Датчики	Знаки напряжений датчиков			
	I зона	II зона	III зона	IV зона
ДГ	–	+	+	–
ДФ	–	–	+	+

Точка А, являющаяся входным сопротивлением АСУ, перемещается при переходном процессе ИУС по траектории ABCDE на рис. 1.

Начальные значения элементов настройки – минимальные.

ИУС производит автоматическую настройку АСУ в соответствии с алгоритмом поразрядного взвешивания (уравновешивания) [1, 6]. Сначала осуществляется установка длинной линии по значениям напряжения ДГ и ДФ (участок траектории АВ). В первой зоне ИУС включает разряд шлейфа, который является старшим в рабочем поддиапазоне (траектория ВС). Коэффициент бегущей волны на входе согласующего устройства увеличивается, что приводит к повышению разрешающей способности ДГ при низких КБВ в зоне Q (рис. 3). Это техническое решение по повышению точности согласования выхода радиопередающего устройства с антенной можно отнести к координированным способам управления АСУ [7].

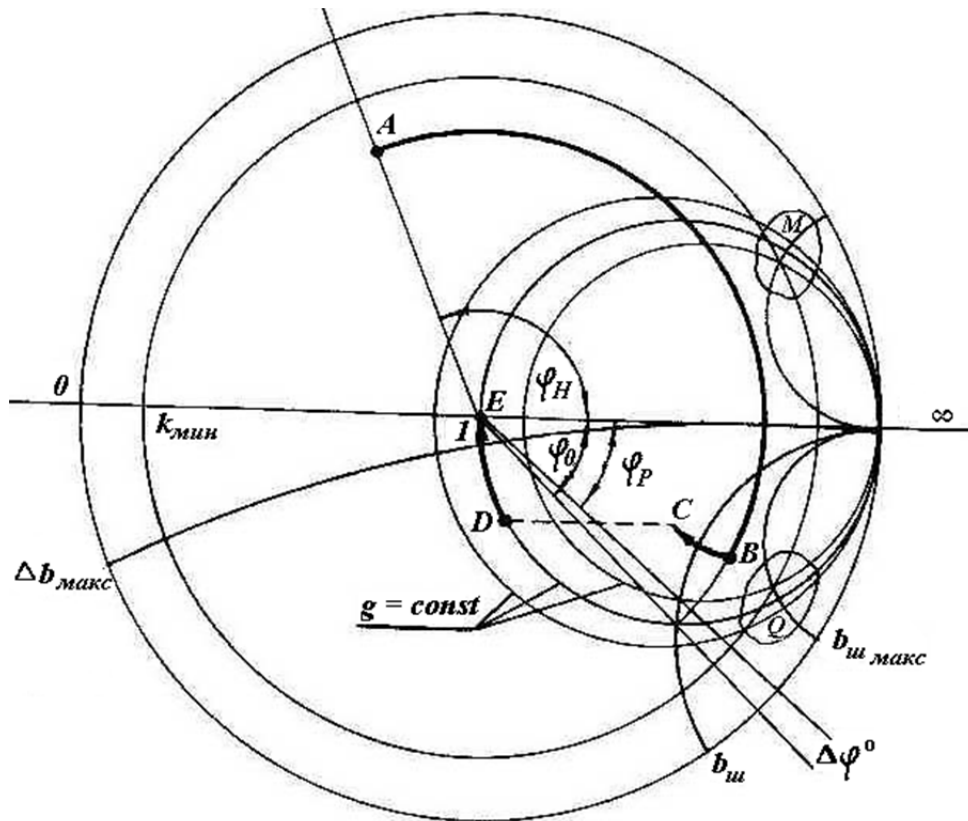


Рис. 3. Способ управления антенным согласующим устройством при низких коэффициентах бегущей волны

Разработка математического обеспечения информационно-управляющей системы антенным согласующим устройством

Разработку математического обеспечения ИУС АСУ начнем с определения минимального количества исходных данных, требуемых для успешного решения поставленной задачи. В нашем случае будет достаточно: 1) диапазона частот радиостанции; 2) минимально возможного значения КБВ в антенно-фидерном тракте; 3) допустимой погрешности настройки.

Связь составляющих комплексной проводимости и модуля коэффициента отражения определяется формулой

$$p = \sqrt{\frac{(g_{\text{вх}} - 1)^2 + b_{\text{вх}}^2}{(g_{\text{вх}} + 1)^2 + b_{\text{вх}}^2}}, \quad (1)$$

где p – модуль комплексного коэффициента отражения; $g_{\text{вх}}$ – активная составляющая проводимости; $b_{\text{вх}}$ – реактивная составляющая проводимости [8].

На круговой диаграмме для окружности $g_{\text{вх}} = 1$ справедлива формула

$$p = \sqrt{\frac{b_{\text{вх}}^2}{4 + b_{\text{вх}}^2}}. \quad (2)$$

Связь модуля коэффициента отражения p и КБВ k выражается следующей формулой [8]:

$$p = \frac{1-k}{1+k}. \quad (3)$$

Заменяя в формуле (2) p на k , получим выражение зависимости относительной проводимости шлейфа от величины КБВ антенны:

$$b_{\text{шл}} = \frac{1-k}{\sqrt{k}}. \quad (4)$$

Фаза коэффициента отражения и комплексные составляющие входной проводимости АСУ связаны выражением

$$\varphi_p = \arctg \frac{2b_{\text{вх}}}{g_{\text{вх}}^2 + b_{\text{вх}}^2 - 1}. \quad (5)$$

Из выражений (4) и (5) определяется электрическая длина шлейфа l_1 :

$$l_1 = \frac{\lambda}{120^\circ} \left[180^\circ - \arctg \frac{2(1-k)\sqrt{k}}{(1-k)^2 - k} \right]. \quad (6)$$

При КБВ = $k_{\min}$ длина шлейфа будет максимальной и определяется формулой

$$l_{\max} = \frac{\lambda_{\max}}{120^\circ} \left[180^\circ - \arctg \frac{2(1-k_{\min})\sqrt{k_{\min}}}{(1-k_{\min})^2 - k_{\min}} \right], \quad (7)$$

где $\lambda_{\max}$ – длина волны минимальной частоты диапазона.

Когда шлейф отключен и $g = 1$, на входе АСУ фаза коэффициента отражения равна

$$\varphi_0 = \arctg \frac{2}{b_{\text{шл}}} = \arctg \frac{2\sqrt{k}}{1-k}. \quad (8)$$

С учетом формулы (8) находим величину электрической длины линии l_2 :

$$l_2 = \frac{\lambda}{120^\circ} \left(\varphi_H + \arctg \frac{2\sqrt{k}}{1-k} \right). \quad (9)$$

Значение φ_H поясняется рис. 3.

Наибольшая длина длинной линии потребуется на нижней частоте диапазона, где длина волны максимальна:

$$l_{2\max} = \lambda_{\max}. \quad (10)$$

Разряды элементов настройки АСУ являются убывающей со старшего разряда геометрической прогрессией, сумма членов которой

$$\Sigma_p = A(1 + d + d^2 + d^3 + \dots + d^n), \quad (11)$$

при старшем члене A , числе членов n , коэффициенте ряда d .

В убывающем ряде:

$$d_y = \frac{1+\delta}{2}, \quad (12)$$

где d_y – коэффициент убывающего ряда; δ – погрешность разрядов.

Для возрастающего ряда:

$$d_b = \frac{2}{1+\delta}, \quad (13)$$

где d_b – коэффициент возрастающего ряда.

Зависимость точности установки линии по относительной величине $g_{\text{вх}}$ от величины младшего разряда и КБВ антенны определяется следующим образом. Для алгоритма поразрядного уравнивания ИУС максимум погрешности длинной линии равен половине младшего разряда линии, и после регулировки линии входная проводимость АСУ будет близка к выражению

$$b_{\text{вх}} \approx \frac{1-k}{\sqrt{k}}. \quad (14)$$

Подставим данное выражение в формулу (5) и после небольших преобразований получим:

$$\varphi_p \approx \arctg \frac{2(1-k)\sqrt{k}}{kg_{\text{вх}}^2 + (1-k)^2 - k}. \quad (15)$$

Из уравнений (8) и (15) можно получить формулу для определения фазовой погрешности установки длинной линии:

$$\Delta\varphi^0 = \varphi_0 - \varphi_p = \arctg \frac{2\sqrt{k}}{1-k} - \arctg \frac{2(1-k)\sqrt{k}}{kg_{\text{вх}}^2 + (1-k)^2 - k}. \quad (16)$$

Связь между минимальным КБВ в антенном фидере и погрешностью установки длинной линии $\Delta\varphi^0$ (см. рис. 3) показана в виде графиков параметрических кривых (рис. 4). Параметром кривых является заданная по относительной величине g погрешность установки линии.

Исходя из минимальной длины волны диапазона радиостанции λ_{min} и допустимой фазовой погрешности установки ДЛ определяем электрическую длину младшего разряда:

$$\Delta l_2 = \frac{\Delta\varphi^0 \cdot \lambda_{\text{min}}}{120^\circ}. \quad (17)$$

Аналогично находится формула для определения минимальной длины младшего разряда шлейфа Δl_1 :

$$\Delta l_1 = \frac{\lambda_{\text{min}}}{120^\circ} \left[\arctg \frac{2(b_{\text{шmax}} - \Delta b_{\text{max}})}{(b_{\text{шmax}} - \Delta b_{\text{max}})^2 - 1} - \arctg \frac{2b_{\text{шmax}}}{b_{\text{шmax}}^2 - 1} \right], \quad (18)$$

где значение $b_{\text{шmax}}$ определяется из выражения

$$b_{\text{шmax}} = \frac{1-k_{\text{min}}}{\sqrt{k_{\text{max}}}}. \quad (19)$$

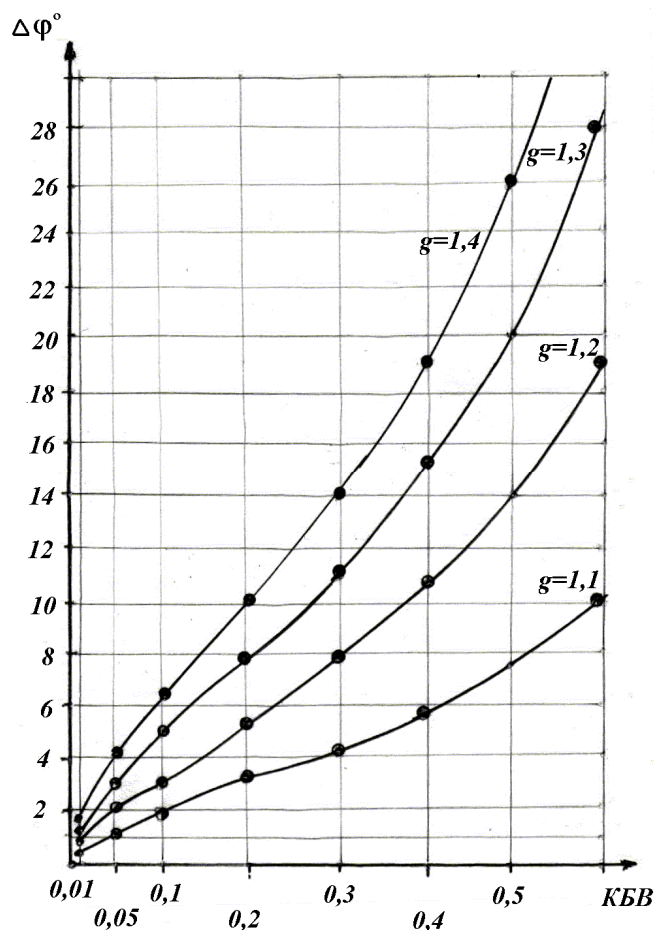


Рис. 4. Графики параметрических кривых

Выводы

Из анализа алгоритма работы, полученных формул, графиков (см. рис. 4), разработанных с применением диаграммы Смита, можно сделать вывод о том, что чем ниже коэффициент бегущей волны в антенном фидере, тем выше требования к ИУС по погрешности установки длинной линии и шлейфа при одной и той же допустимой погрешности настройки антенного согласующего устройства.

Библиографический список

1. Радиостанция Р-166. – URL: armsdata.net/russia/0283.html.
2. Mizuhashi, T. Theory of four-terminal impedance transformation circuit and matching circuit / T. Mizuhashi // The Journal of the Institute of Electrical Communication Engineers of Japan. – 1937. – Vol. 20, № 12. – P. 1053–1058.
3. Smith, P. H. Transmission Line Calculator / P. H. Smith // Electronics. – 1939. – Vol. 12, № 1. – P. 29–31.
4. Вольперт, А. Р. Номограмма для расчета длинных линий / А. Р. Вольперт // Производственно-технический бюллетень НКЭП. – 1940. – № 2. – С. 14–18.

5. Жуков, В. М. Структурная схема, принцип работы и датчики автоматизированного согласующего устройства / В. М. Жуков, А. В. Суспицын // Магистратура Тамбовского государственного технического университета : сб. науч. ст. – Тамбов : ТГТУ, 2012. – В. 26. – С. 251–255.
6. Беседин, А. Б. Способ повышения точности автонастройки фильтро-согласующего устройства / А. Б. Беседин, В. М. Жуков, А. В. Пугин // Антенны. – 2010. – В. 11 (162). – С. 9–11.
7. Кнеллер, В. Ю. Принципы построения и вопросы теории преобразователей параметров комплексных величин : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Кнеллер В. Ю. – Москва, 1971. – 32 с.
8. Завражнов, Ю. В. Усилители мощности, автогенераторы, умножители частоты для радиопередатчиков подвижной связи / Ю. В. Завражнов. – Воронеж : ВГТУ, 2007. – 172 с.

References

1. Radiostantsiya R-166 [Radio station R-166]. Available at: armsdata.net/russia/0283.html. [In Russian]
2. Mizuhashi T. *The Journal of the Institute of Electrical Communication Engineers of Japan*. 1937, vol. 20, no. 12, pp. 1053–1058.
3. Smith P. H. *Electronics*. 1939, vol. 12, no. 1, pp. 29–31.
4. Vol'pert A. R. *Proizvodstvenno-tekhnicheskiy byulleten' NKEP* [NCEP Production and Technical Bulletin]. 1940, no. 2, pp. 14–18. [In Russian]
5. Zhukov V. M., Suspitsyn A. V. *Magistratura Tambovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta: sb. nauch. st.* [Master's degree program of Tambov State Technical University: collection of scientific articles]. Tambov: TGTU, 2012, vol. 26, pp. 251–255. [In Russian]
6. Besedin A. B., Zhukov V. M., Pugin A. V. *Antenny* [Antennas]. 2010, vol. 11 (162), pp. 9–11. [In Russian]
7. Kneller V. Yu. *Printsipy postroeniya i voprosy teorii preobrazovateley parametrov kompleksnykh velichin: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk* [Principles of construction and questions of the theory of converters of parameters of complex quantities: abstract of dissertation of the doctor of technical sciences]. Moscow, 1971, 32 p. [In Russian]
8. Zavrazhnov Yu. V. *Usiliteli moshchnosti, avtogeneratory, umnozhiteli chastoty dlya radioperechatnikov podvizhnoy svyazi* [Power amplifiers, auto generators, frequency multipliers for mobile radio transmitters]. Voronezh: VGTU, 2007, 172 p. [In Russian]

Жуков Валентин Михайлович
кандидат технических наук, доцент,
кафедра радиоэлектронных
и микропроцессорных систем,
Тамбовский государственный
технический университет
(Россия, г. Тамбов, ул. Советская, 116)
E-mail: zhukov.val3ntin@yandex.ru

Zhukov Valentin Mikhaylovich
candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of radioelectronic
and microprocessor systems,
Tambov State Technical University
(116 Sovetskaya street, Tambov, Russia)

Образец цитирования:

Жуков, В. М. Информационно-управляющая система антенным согласующим устройством с распределенными параметрами элементов настройки / В. М. Жуков // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 79–87. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-8.

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ МЕМБРАННОГО ПРИВОДА

М. В. Чкалова, В. Д. Павлидис

SIMULATION OF AN OSCILLATORY SYSTEM OF A DIAPHRAGM DRIVE

M. V. Chkalova, V. D. Pavlidis

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Актуальность исследования обусловлена необходимостью автоматизации процессов сельскохозяйственного производства. Его развитие характеризуется интенсивным внедрением робототехнических комплексов, что предполагает внесение изменений в технико-эксплуатационные параметры технологических линий. В качестве основной цели работы выступает построение универсальной математической модели пневматического привода мембранного типа, параметризация которой позволит учесть любые его конструктивные и технологические изменения. *Методы.* Авторами построена теоретическая модель пневматического привода мембранного типа при заданных начальных и граничных условиях с использованием методов теории дифференциальных уравнений в частных производных. Получено параметрическое решение составленного уравнения, которое полностью задает и описывает вынужденные колебания кольцевой мембраны с заданными параметрами (R_0 , ρ_m , r_m , T), закрепленной по контуру в корпусе пневмопривода дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов как физической модели. *Результаты и выводы.* Разработана методика расчета колебательной системы пневматического дозатора, включающей кольцевую мембрану с закрепленными краями, основанная на эквивалентной замене системы с распределенными параметрами (мембрана) на систему с сосредоточенными параметрами. Такой подход позволяет заменить модель колебательного на модель поступательного движения. В результате проведенных исследований построена теоретическая модель мембранного привода и определены ее основные параметры. Разработана методика перехода от универсальной теоретической модели мембранного привода к изоморфной ей модели линейного осциллятора, построенной при тех же начальных условиях и допущениях.

Ключевые слова: колебательная система, мембранный привод, изоморфные модели, распределенные параметры, сосредоточенные параметры, инженерно-технические расчеты, пневматический дозатор.

Abstract. *Subject and goals.* The actuality of the research is determined by the need for automation of agricultural production processes. Its development is characterized by intensive introduction of robotic systems that include changes in technical and operational parameters of production lines. The main purpose of the article is the construction of a universal mathematical model of the pneumatic actuator of the diaphragm type, the parameterization of which will allow taking into account any structural and technological changes. *Methods.* The authors constructed a theoretical model of a pneumatic membrane-type drive under given initial and boundary conditions using the methods of the theory of partial differential equations. The obtained parametric solution of the equations completely defines and describes the forced oscillations of circular membranes with the specified parameters (R_0 , ρ_m , r_m , T), fixed along the contour in the housing of the actuator of the dis-

penser of bulk ultrafine materials as physical model. *Results and conclusions.* The authors developed a method of calculating the pneumatic dispenser oscillatory system comprising a circular membrane with clamped edges which is based on the equivalent replacement of the system with distributed parameters (membrane) by a system with lumped parameters. This approach allows the replacement of the model of the vibration by the model of translational motion. As a result of the research, a theoretical model of diaphragm actuator is constructed and its main parameters are identified. As a result of the research, there has been developed a method of transition from the universal theoretical model of the membrane drive to the isomorphic model of the linear oscillator constructed with the same initial conditions and assumptions.

Keywords: vibrating system, diaphragm actuator, isomorphic models, distributed parameters, concentrated parameters, engineering calculations, pneumatic dispenser.

Введение

Пневматические приводы получили широкое применение в промышленном производстве, прежде всего, в силу надежности функционирования, которая играет важную роль в современных АСУТП (автоматизированных системах управления технологическими процессами). Простота конструкции, легкость эксплуатации и довольно низкая себестоимость дают возможность рассматривать пневмосистемы как гибкое средство в автоматизации процессов сельскохозяйственного производства [1, 2]. Пневматические приводы мембранного типа обладают рядом дополнительных преимуществ, которые могут быть использованы в модернизации промышленного производства комбинированных кормов: нечувствительность к длительным перегрузкам, высокая скорость срабатывания, возможность воспроизведения поступательного движения без каких-либо передаточных механизмов. Необходимость регулировать энергозатраты и ресурсы эксплуатации в случае включения пневматических приводов мембранного типа в устройства дозирования, смешивания, финишного напыления требует построения универсальной математической модели, параметризация которой позволит учесть любые конструктивные и технологические изменения [1–3].

Материал и методика

В качестве физической модели мембранного привода рассмотрим пневматический дозатор сыпучих ультрадисперсных материалов авторской конструкции, предназначенный для внесения микроэлементов и ультрадисперсных материалов в рабочую кормовую смесь [4]. Устройство (рис. 1) работает следующим образом. Дозирование осуществляется посредством открытия электромагнитного клапана 2 на строго определенное время. Сыпучий ультрадисперсный материал из расходной емкости 1 перемещается через калиброванное отверстие в дозирующую камеру 3. При подаче воздуха в пневмопривод мембрана 4 деформируется и перемещает шток 5 вправо. Дозирующая камера 3 перекрывается внутренней сферической поверхностью корпуса пневмопривода. При дальнейшем перемещении штока вправо клапан 6 открывает проход для сжатого воздуха через полый канал 7 в дозирующую камеру 3. Сжатый воздух оказывает давление на сыпучий ультрадисперсный материал, находящийся в дозирующей камере, и перемещает его по каналу 7 вправо. Под действием смеси сжатого воздуха и сыпучего ультрадисперсного материала открывается запорный клапан 8. Дозирующая камера

3 и полый канал 7 очищаются от сыпучего ультрадисперсного материала, который поступает в приемную камеру 9 для дальнейшего использования по назначению. При прекращении подачи воздуха в пневмопривод запорный клапан 8 закрывается.

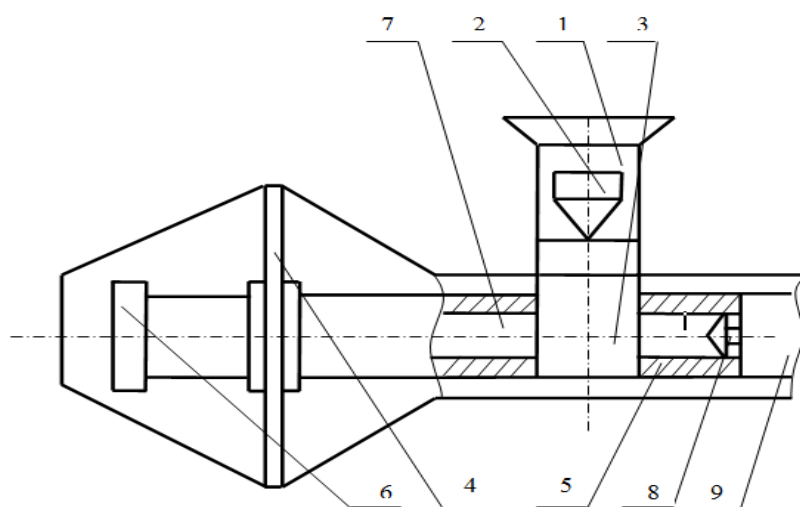


Рис. 1. Принципиальная схема пневматического дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов:

- 1 – расходная емкость; 2 – электромагнитный клапан;
3 – дозирующая камера; 4 – мембрана; 5 – шток; 6 – клапан полого канала;
7 – полый канал; 8 – запорный клапан; 9 – приемная камера

Опишем вынужденные колебания кольцевой мембраны с закрепленными краями в корпусе пневмопривода и проведем расчет колебательной системы пневматического дозатора, включающей данную мембрану. Теоретическая модель предполагает дальнейшую верификацию и поэтому не содержит конкретных значений параметров и импедансных характеристик [4].

Закрепленная по контуру кольцевая мембрана, расположенная в корпусе пневмопривода, совершает вынужденные колебательные движения под действием воздушного давления. По другую сторону мембраны воздушная среда остается невозмущенной. Воздушное давление создается с помощью воздушного потока, нагнетаемого компрессором, и меняется по определенному закону, равномерно распределяясь по всей площади мембраны. Будем стандартно считать, что сопротивление движению мембраны пропорционально скорости этого движения [3–5].

Вынужденные колебания кольцевой мембраны с закрепленными краями в корпусе пневмопривода создают изменение воздушного давления в рабочей камере. Следовательно, функция, описывающая изменение воздушного давления в рабочей камере пневмопривода в условиях минимизации диссипативных потерь при использовании именно мембранного привода, относится к классу гармонических [3–5].

Применяя волновое дифференциальное уравнение в частных производных II порядка гиперболического типа [6], описывающее свободные колебания мембраны, и учитывая технические характеристики компрессора, определяющие функцию давления, получим:

$$\rho_m \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + r_m \frac{\partial U}{\partial t} - T \left(\frac{\partial^2 U}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U}{\partial r} \right) = \rho_0 e^{i\omega t}, \quad (1)$$

где $U = U(r, t)$ – отклонение кольцевого сечения мембраны радиуса r в момент времени t ; ρ_m – поверхностная плотность материала мембраны (константа); r_m – коэффициент сопротивления единицы поверхности (константа); T – напряжение в заданном кольцевом сечении мембраны (константа); ρ_0 – амплитуда воздушного давления; ω – круговая частота действующей вынуждающей силы. Данное уравнение описывает установившиеся вынужденные колебания кольцевой мембраны с закрепленными краями в корпусе пневмопривода.

В рамках установившихся колебаний задание начальных условий не требуется, граничное условие имеет вид $U(r, t) \Big|_{r=R_0} = 0$, где R_0 – внешний радиус кольцевой мембраны. Ограниченность искомой функции будет учтена далее.

Нетривиальные решения уравнения (1) с заданными граничными условиями будем искать в следующем виде:

$$U(r, t) = U_1(r) e^{i\omega t}, \quad (2)$$

причем граничные условия амплитудной и искомой функций совпадают.

Подставляя выражение (2) в уравнение (1):

$$\frac{\partial U}{\partial r} = \frac{\partial U_1}{\partial r} e^{i\omega t}; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial r^2} = \frac{\partial^2 U_1}{\partial r^2} e^{i\omega t}; \quad \frac{\partial U}{\partial t} = u_1(r) e^{i\omega t} i\omega; \quad \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = -\omega^2 u_1(r) e^{i\omega t}$$

и преобразуя, получим вид уравнения (1) в полярных координатах:

$$\frac{\partial^2 U_1}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial U_1}{\partial r} + \kappa^2 u_1 = -\frac{\rho_0}{T}, \quad (3)$$

где $\kappa^2 = \frac{\rho_m \omega^2 - i r_m \omega}{T}$.

С физической точки зрения параметр κ^2 представляет собой обобщенную безразмерную числовую характеристику распространения поперечной волны на поверхности мембраны после подачи воздуха в корпус пневмопривода дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов.

Если бы мембрана совершала свободные колебания, то правая часть уравнения (3) была бы равна нулю, а само уравнение классифицировалось как уравнение Бесселя со стандартной записью общего решения. Однако в нашем случае решение уравнения (3) с учетом правой части запишется следующим образом [5]:

$$u_1(r) = -\frac{\rho_0}{\kappa^2 T} + C_1 M_0(\kappa r) + C_2 N_0(\kappa r),$$

где $C_1 M_0(\kappa r) + C_2 N_0(\kappa r)$ – общее решение уравнения Бесселя, а $M_0(\kappa r)$ и $N_0(\kappa r)$ – функции Бесселя I и II рода нулевого порядка от комплексного переменного.

Помимо граничного условия с уравнением (1) связано естественное требование ограниченности искомой функции в центре кольца мембраны, т.е. при $r=0$: $\forall t |u(r,t)| < +\infty$. Из данного условия, которое справедливо и для функции $u_1(r)$, следует, что $C_2=0$ (функция Неймана $N_0(\kappa r) \xrightarrow{r \rightarrow +0} \infty$ учитывает затухание колебаний, линейно-независимая с $M_0(\kappa r)$), а $C_1 = \frac{\rho_0}{\kappa^2 T M_0(\kappa R_0)}$.

Решение уравнения (3) при заданном граничном условии и условии ограниченности искомой функции имеет вид $U_1(r) = \frac{\rho_0}{\kappa^2 T} \left(\frac{M_0(\kappa r)}{M_0(\kappa R_0)} - 1 \right)$, а искомое решение уравнения (1) определяет функцию

$$U(r,t) = \frac{\rho_0}{\kappa^2 T} \left(\frac{M_0(\kappa r)}{M_0(\kappa R_0)} - 1 \right) e^{i\omega t}. \quad (4)$$

Полученное параметрическое решение полностью задает и описывает вынужденные колебания кольцевой мембраны с заданными параметрами (R_0 , ρ_m , r_m , T), закрепленной по контуру в корпусе пневмопривода дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов как физической модели.

Сложность верификации полученной теоретической модели связана с идеологией инженерно-технических расчетов. Решение (4) плохо поддается практической параметризации, вследствие чего затрудняется установление взаимосвязей с конструктивными и технологическими параметрами исследуемой физической модели. При этом методика проведения инженерно-технических расчетов строится на аппроксимации экспериментальных зависимостей, отражающих реальное протекание процессов. Это затрудняет практическую интерпретацию полученного решения и выдвигает на первый план при теоретических исследованиях необходимость разработки изоморфной модели, построенной при тех же начальных условиях и допущениях.

Результаты

Авторами разработана методика расчета колебательной системы пневматического дозатора, включающей кольцевую мембрану с закрепленными краями, основанная на эквивалентной замене системы с распределенными параметрами (мембрана) на систему с сосредоточенными параметрами. Такой подход позволяет заменить модель колебательного на модель поступательного движения. Замещение кольцевой мембраны эквивалентной системой с одной степенью свободы, например линейным осциллятором, массовым элементом которого является плоский круглый стержень, существенно упрощает расчеты и позволяет избежать сложных уравнений математической физики.

Тождественность законов движения вынужденных колебаний мембраны и заменяющего поршня того же диаметра, помещенного на ее место, позволяет использовать для моделирования два подхода: энергетический и динамический [3, 7]. В рамках энергетического подхода рассматривается равенство средней за период времени кинетической энергии поршня и мем-

браны, что дает возможность найти массу поршня, а равенство средней за период времени потенциальной энергии поршня и мембраны позволяет определить коэффициент жесткости пружины. В рамках динамического подхода условием является равенство объемов воздуха, вытесняемого при колебаниях мембраны и поступательном движении поршня.

Для дальнейших исследований в рамках динамического подхода найдем отклонения точек мембраны от положения равновесия. Рассуждая индукционно, рассмотрим частный случай отклонения точек мембраны от нейтрального положения под действием статического, равномерно распределенного по площади, давления. Для этого запишем дифференциальное уравнение

$$\frac{d^2 u}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{du}{dr} = -\frac{P}{T}, \quad (5)$$

где $u = u(r)$ – поперечное отклонение кольцевого сечения мембраны радиуса r ; T – напряжение в заданном кольцевом сечении мембраны (константа); P – величина статического давления (константа).

Частным решением уравнения (5), удовлетворяющим граничному условию $U(r)|_{r=R_0} = 0$, является функция вида $u(r) = \frac{PR_0^2}{4T} (1 - \frac{r^2}{R_0^2})$, где R_0 – внешний радиус кольцевой мембраны; $\frac{PR_0^2}{4T}$ – величина отклонения внутреннего контура, жестко закрепленного на штоке.

Если использовать полученное параметрическое решение (4), то можно найти среднее отклонение точек кольцевой мембраны от положения равновесия в любой (каждый) момент времени при изменении давления по гармоническому закону:

$$\begin{aligned} u_{cp}(t) &= \frac{1}{\pi(R_0^2 - r_0^2)} \int_{r_0}^{R_0} u(r, t) 2\pi r dr = \left[\int \kappa r M_0(\kappa r) d(\kappa r) = \kappa r M_1(\kappa r) \right] = \\ &= \frac{2\rho_0}{\kappa^2 T (R_0^2 - r_0^2)} e^{i\omega t} \left[\frac{R_0 M_1(\kappa R_0) - r_0 M_1(\kappa r_0)}{\kappa M_0(\kappa R_0)} - \frac{(R_0^2 - r_0^2)}{2} \right] = \\ &= \frac{\rho_0}{\kappa^2 T} \left[\frac{2(R_0 M_1(\kappa R_0) - r_0 M_1(\kappa r_0))}{\kappa M_0(\kappa R_0)(R_0 - r_0^2)} - 1 \right] e^{i\omega t}, \end{aligned} \quad (6)$$

где $M_1(\kappa r)$ – функция Бесселя первого рода первого порядка; R_0 – внешний радиус кольцевой мембраны; r_0 – внутренний радиус кольцевой мембраны.

Функция $u_{cp}(t)$ задает гармонические колебания, амплитуда и фаза которых определяются частотой возбуждения (давление компрессора) ω . При этом $\frac{\rho_0}{\kappa^2 T} \left[\frac{2(R_0 M_1(\kappa R_0) - r_0 M_1(\kappa r_0))}{\kappa M_0(\kappa R_0)(R_0 - r_0^2)} - 1 \right] e^{i\omega t}$ есть комплексная числовая характеристика, модуль которой совпадает с амплитудой описанных гармонических колебаний, а аргумент – с фазой этих колебаний.

Движение поршня описывается линейным неоднородным дифференциальным уравнением II порядка со специальной правой частью:

$$m_p \frac{d^2 x}{dt^2} + r_p \frac{dx}{dt} + \kappa_{px} = \rho_0 S_p e^{i\omega t}, \quad (7)$$

решение которого имеет вид

$$x(t) = \frac{\rho_0 S_p e^{i\omega t}}{\kappa_p - m_p \omega^2 + i r_p \omega}, \quad (8)$$

где $x(t)$ – отклонение поршня от положения равновесия в любой момент времени; m_p – масса поршня; r_p – коэффициент сопротивления движению поршня; κ_p – жесткость пружины линейного осциллятора; S_p – площадь поршня, равная площади мембраны.

Приравняв правые части уравнений (6) и (8), на основании тождественности законов движения мембраны и эквивалентного ей поршня и после несложных преобразований получим искомые параметры осциллятора, выраженные через параметры кольцевой мембраны:

$$m_p = p_m S_p, \quad (9)$$

$$\kappa_p = m_p \omega^2 + S_p \operatorname{Re} \left[\kappa^2 \left(\frac{2M_1(\kappa R_0)}{\kappa R_0 M_0(\kappa R_0)} - 1 \right)^{-1} \right], \quad (10)$$

$$r_p = \frac{S_p T}{\omega} \operatorname{Im} \left[\kappa^2 \left(\frac{2M_1(\kappa R_0)}{\kappa R_0 M_0(\kappa R_0)} - 1 \right)^{-1} \right], \quad (11)$$

где $\kappa^2 = \frac{\rho_m \omega^2 - i r_m \omega}{T}$.

Таким образом, мы определили параметры линейного осциллятора, поршень которого, с одной стороны, эквивалентен исходной мембране по реакции на внешнее воздействие, а с другой – вследствие того, что наша мембрана окружена конечными полостями, тождественен ей по воздействию на окружающее пространство. Следовательно, мы можем заменить мембрану эквивалентным ей поршнем, в какой бы части колебательной системы она ни находилась, и осуществлять все дальнейшие расчеты с поршнем линейного осциллятора [7]. Равенства (9)–(11) определяют прямое и обратное преобразование параметров исходной и изоморфной моделей.

Обсуждение

В ходе лабораторных экспериментов на базе инженерного факультета Оренбургского государственного аграрного университета получены параметры линейного осциллятора (штока), позволяющие моделировать внесение ультрадисперсных порошков в готовую кормовую смесь. Было принято решение изготовить шток из конструкционной стали, длина штока – 230 мм, диаметр – 20 мм, масса – 344 г, рабочий ход штока – 44 мм. На основании уравнений (9)–(11) математической модели были аналитически определены

параметры мембраны: эффективная площадь – 229 см², толщина – не более 8 мм, поверхностная плотность материала – не более 1,5 г/см².

Экспериментально установлены пределы рабочего давления распыляемой смеси от 202,6 до 810,4 кПа, расход распыляемой смеси от 0,35 до 0,95 см³/с, форма распыла – симметричный факел с углом 120°. На кафедре материаловедения и конструкционных материалов для изготовления распылителя ультрадисперсных материалов была подобрана латунь, обладающая хорошей износостойкостью, антикоррозийными и антифрикционными свойствами.

Опытный образец дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов с габаритными размерами 322×200×260 мм и массой 5,48 кг проходит апробацию в ходе производственных экспериментов на базе учебного хозяйства Оренбургского государственного аграрного университета.

Выводы

В результате проведенных исследований построена теоретическая модель мембранного привода и определены ее основные параметры. Авторами проведено преобразование универсальной теоретической модели мембранного привода к изоморфной ей модели линейного осциллятора, массовым элементом которого является плоский круглый стержень. Последняя модель хорошо отвечает требованиям инженерно-технического проектирования и конструирования. Апробация опытного образца дозатора сыпучих ультрадисперсных материалов, разработанного и сконструированного на основе полученных результатов, завершается в учебном хозяйстве Оренбургского государственного аграрного университета.

Адекватность замены модели мембранного привода изоморфной ей моделью линейного осциллятора, массовым элементом которого является плоский круглый стержень, обоснована логикой инженерно-математических расчетов и практикой инженерно-технического проектирования и конструирования. Вопросы оптимизации предложенной модели являются предметом отдельного исследования.

Библиографический список

1. Нормы технологического проектирования предприятий по производству комбикормов / Библиотека гостей, стандартов и нормативов РФ. – URL: [http:// info-sait.ru](http://info-sait.ru) (дата обращения: 10.12.2020).
2. Герц, Е. В. Расчет пневмоприводов : справ. пособие / Е. В. Герц, Г. В. Крейнин. – Москва : Машиностроение, 1975. – 272 с.
3. Стрелков, С. П. Введение в теорию колебаний / С. П. Стрелков. – Москва : Наука, 1964. – 440 с.
4. Чкалова, М. В. Повышение эффективности приготовления комбинированных кормов на основе применения ультрадисперсных материалов / М. В. Чкалова, В. Д. Павлидис // Актуальные проблемы формирования кадрового потенциала для инновационного развития АПК : сб. науч. тр. – Минск : Белорус. гос. аграр. техн. ун-т, 2018.
5. Павлидис, В. Д. Некоторые аспекты математического моделирования технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / В. Д. Павлидис, М. В. Чкалова // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2017. – № 2 (14). – С. 50–53.
6. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов, А. А. Самарский. – Москва : Наука, 1972. – 735 с.

7. Кезик, В. И. Вынужденные осесимметричные колебания круглой мембраны, являющейся элементом акустической колебательной системы / В. И. Кезик // Техническая акустика. – 2013. – № 9. – URL: [http:// www.ejta.org](http://www.ejta.org) (дата обращения: 10.12.2020).

References

1. *Normy tekhnologicheskogo proektirovaniya predpriyatiy po proizvodstvu kombikormov* [Norms of technological design of enterprises for the production of combi-feeds]. Library of gost, standards and regulations of the Russian Federation. Available at: [http:// infosait.ru](http://infosait.ru) (accessed 10.12.2020). [In Russian]
2. Gerts E. V., Kreynin G. V. *Raschet pnevmoprivodov: sprav. posobie* [Calculation of pneumatic actuators : reference manual]. Moscow: Mashinostroenie, 1975, 272 p. [In Russian]
3. Strelkov S. P. *Vvedenie v teoriyu kolebaniy* [Introduction to the theory of oscillations]. Moscow: Nauka, 1964, 440 p. [In Russian]
4. Chkalova M. V., Pavlidis V. D. *Aktual'nye problemy formirovaniya kadrovogo potentsiala dlya innovatsionnogo razvitiya APK: sb. nauch. tr.* [Actual problems of formation of personnel potential for innovative development of agroindustrial complex : collection of scientific works]. Minsk: Belarus. gos. agrar. tekhn. un-t, 2018. [In Russian]
5. Pavlidis V. D., Chkalova M. V. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of the Orenburg State Agrarian University]. 2017, no. 2 (14), pp. 50–53. [In Russian]
6. Tikhonov A. N., Samarskiy A. A. *Uravneniya matematicheskoy fiziki* [Equations of mathematical physics]. Moscow: Nauka, 1972, 735 p. [In Russian]
7. Kезик В. И. *Tekhnicheskaya akustika* [Technical acoustics]. 2013, no. 9. Available at: [http:// www.ejta.org](http://www.ejta.org) (accessed 10.12.2020). [In Russian]

Чкалова Марина Викторовна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра информатики
и прикладной математики,
Оренбургский государственный
аграрный университет
(Россия, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18)
E-mail: chkalovamv@mail.ru

Chkalova Marina Viktorovna

candidate of technical sciences,
associate professor,
sub-department of informatics
and applied mathematics,
Orenburg State Agrarian University
(18 Chelyuskintsev street, Orenburg, Russia)

Павлидис Виктория Дмитриевна

кандидат физико-математических наук,
доктор педагогических наук, профессор,
заведующий кафедрой информатики
и прикладной математики,
Оренбургский государственный
аграрный университет
(Россия, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18)
E-mail: pavlidis@mail.ru

Pavlidis Victoria Dmitrievna

candidate of physical
and mathematical sciences,
doctor of pedagogical sciences, professor,
head of sub-department of informatics
and applied mathematics,
Orenburg State Agrarian University
(18 Chelyuskintsev street, Orenburg, Russia)

Образец цитирования:

Чкалова, М. В. Моделирование колебательной системы мембранного привода / М. В. Чкалова, В. Д. Павлидис // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 88–96. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-9.

ПРОГРАММНЫЕ МОДЕЛИ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЫ

В. Н. Дубинин, А. В. Дубинин, М. А. Ручкин

SOFTWARE MODELS OF MECHATRONIC SYSTEMS BASED ON SERVICE-ORIENTED ARCHITECTURE

V. N. Dubinin, A. V. Dubinin, M. A. Ruchkin

Аннотация. *Предмет и цель работы.* Принятие концепции «Индустрия 4.0» в качестве одного из основных направлений развития промышленного производства предполагает использование новых подходов к моделированию, проектированию и реализации мехатронных систем, переходящих в своем развитии в разряд киберфизических систем. Это определяет актуальность использования новых информационных технологий, в числе которых сервис-ориентированные архитектуры и технологии семантического веб, для решения данной проблемы. *Методы.* Предложена инженерная методика построения реконфигурируемых программных моделей мехатронных систем, рассматриваемых как дискретные событийные системы. Программная модель строится по иерархическому модульному принципу на основе сервис-ориентированной архитектуры. Для построения модели отдельного устройства как объекта автоматизации, входящего в систему, используется паттерн проектирования Model/View/Controller. Каждая из компонент этого паттерна может быть отображена на отдельный сервис. *Результаты и выводы.* На основе предложенной методики разработаны программные модели PnP-манипулятора и системы транспортировки багажа в аэропорту, пригодные для их прототипирования. Для построения данных моделей использовались программные средства Oracle SOA Suite, OpenESB и Netbeans IDE. Благодаря гибкости, реконфигурируемости и интероперабельности возможен быстрый переход от программных моделей к реальным системам.

Ключевые слова: модель, сервис-ориентированная архитектура, веб-сервис, PnP-манипулятор, система транспортировки багажа, BPEL.

Abstract. *Subject and goals.* The adoption of the concept Industry 4.0 as one of the main directions of development of manufacturing intends to use new approaches to the modeling, design and implementation of mechatronic systems, which are growing to cyber-physical systems. This determines the relevance of using new information technologies including the service-oriented architectures and semantic web technologies to solve this problem. *Methods.* An engineering technique for constructing reconfigurable software models of mechatronic systems considered as discrete event systems is proposed. The software models building follows a hierarchical modular principle and is based on SOA. To build a model of an individual device as an automation object included in the system, the MVC design pattern is used. Each of the components of this pattern can be mapped to a separate service. *Results and conclusions.* Based on the proposed technique, software models of a PnP manipulator and a baggage handling system at the airport have been developed, suitable for their prototyping. To build these models, the software tools Oracle SOA Suite, OpenESB and Netbeans IDE were used. Owing to flexibility, reconfigurability and interoperability, the rapid transition from software models to real systems is possible.

Keywords: model, service-oriented architecture, web service, PnP manipulator, baggage handling system, BPEL.

Введение

Принятие концепции «Индустрия 4.0» в качестве одного из основных направлений развития промышленного производства будущего предполагает использование новых подходов к моделированию, проектированию и реализации мехатронных систем, лежащих в основе многих производственных процессов, например процессов сборочных и обрабатывающих производств, транспортных и логистических систем и т.д. Перспективным направлением является внедрение новых информационных технологий, в числе которых сервис-ориентированные архитектуры и технологии семантического веб, в проектирование подобного рода систем.

Сервис-ориентированная архитектура (СОА) – это модульный подход к разработке программного обеспечения, основанный на использовании распределенных, слабо связанных заменяемых компонентов, оснащенных стандартизированными интерфейсами для взаимодействия по стандартизированным протоколам [1]. Программные комплексы, разработанные в соответствии с СОА, обычно реализуются как набор веб-сервисов, взаимодействующих по протоколу *SOAP* (существуют и другие реализации). Основные принципы СОА: 1) слабое связывание; 2) повторное использование; 3) расширяемость.

Краеугольный камень архитектуры СОА – *сервис* (или *веб-сервис* при соответствующей реализации). Сервисы инкапсулируют детали реализации (операционную систему, платформу, язык программирования) от остальных компонентов, таким образом обеспечивая их комбинирование и многократное использование для построения сложных распределенных программных комплексов, а также независимость от применяемых платформ и инструментов разработки, способствуя масштабируемости и управляемости создаваемых систем. Сервисы взаимодействуют друг с другом путем обмена сообщениями, обеспечивая таким образом функциональность всей системы.

Базовая СОА состоит из поставщика (провайдера) сервисов, их потребителя и сервис-ориентированной инфраструктуры, которая в свою очередь включает репозиторий (каталог) сервисов и сервисную шину (рис. 1). Взаимодействие в системе выглядит довольно просто: поставщик регистрирует свои сервисы в реестре, а потребитель обращается к этому реестру с запросом. В случае веб-сервисов в системе используются так называемые *WSDL*-документы, являющиеся контрактами по активизации и хранящиеся в каталоге сервисов, из которого эти сервисы могут быть запрошены и извлечены посредством механизма *UDDI*.

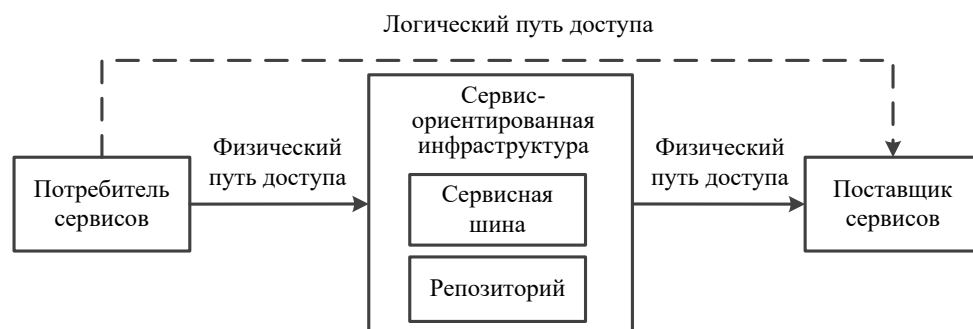


Рис. 1. Базовая сервис-ориентированная архитектура

Важную роль в COA играет корпоративная сервисная шина (*Enterprise Service Bus, ESB*) [2]. По сути, она предоставляет магистральную сеть и инфраструктуру для соединения провайдеров и потребителей сервисов. Шина *ESB* позволяет взаимодействовать клиентам и поставщикам сервисов на основе *BPEL, Java, .NET* через протоколы *SOAP, REST, JNI, RNI*.

Достоинства COA-подхода делают его довольно привлекательным для построения программных (имитационных) моделей мехатронных систем (МС), а также киберфизических систем (КФС) в целом. Обширной сферой, где используются МС, является область промышленной автоматизации.

Преимущества COA были распознаны в сообществе по моделированию и симуляции, что нашло свое отражение в создании ряда сервис-ориентированных сред моделирования, в числе которых *DUNIP, SOAD, D-CD++, DDSOS, SOHLA, FEDEP, XMSF, OGSA, Si3* [3]. В работе [4] дается обзор использования COA в промышленных системах. Отмечается их широкое применение в информационных системах промышленных предприятий, при этом выявляются проблемы использования COA в системах управления нижнего уровня, среди которых время ответа, поддержка событийного асинхронного параллельного выполнения, надежность и др. Разработке подходов, методов и инструментов проектирования на основе COA в сфере интегрированной автоматизации посвящен европейский проект *Arrowhead* [5]. В работе [6] предлагается использовать семантические web-сервисы на языке *OWL-S* для управления промышленными процессами в реальном времени. Семантическая модель системы автоматически изменяется на основе механизма нотификации событий. В работе [7] представлена сервис-ориентированная реализация систем распределенной автоматизации, где оркестровка сервисов основывается на использовании функциональных блоков стандарта *IEC 61499*. Данный подход был рассмотрен в работе [8] для построения системы транспортировки багажа в аэропорту.

Несмотря на значительный прогресс в области моделирования систем промышленной автоматизации на основе принципов COA, в настоящее время отсутствует простая инженерная методика построения программных моделей мехатронных систем на основе доступных инструментов данной архитектуры.

Материал и методика

Кратко изложим инженерную методику разработки программных моделей МС, рассматриваемых как дискретные событийные системы. Программная модель МС строится по иерархическому модульному принципу на основе COA. Для создания модели отдельного устройства как объекта автоматизации, входящего в МС, используется паттерн проектирования *Model/View/Controller (MVC)* [9]. Каждая из компонент этого паттерна может быть отображена на отдельный сервис.

Методика построения программной модели устройства МС будет следующей.

1. Разработка формальной модели управления. В качестве таких моделей могут использоваться модели переходов состояний (конечные автоматы, сети Петри, формальные грамматики и т.д.), а также онтологические модели, позволяющие представить семантику. Разрабатывается структура состояния

модели, решается вопрос о хранении состояния во внешней памяти, поскольку одним из принципов СОА является отсутствие возможности хранения данных в сервисе (*statelessness*). В случае использования онтологий для хранения состояний может применяться конечная точка SPARQL. Разрабатывается интерпретатор формальной модели (явно или неявно), который программируется на языке реализации сервиса. Выделяются входные и выходные данные модели, которые отображаются на входы и выходы сервиса.

2. Разработка формальной модели физической части устройства сводится в простом случае к назначению временных задержек для каждой из операций, совершаемых в исполнительном механизме. В случае механизма со сложной логикой дополнительно могут быть использованы модели переходов состояний.

3. Разработка человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) и визуального представления устройства. ЧМИ будет, по сути, представлять некий «пульт оператора», на который выводится информация о происходящих событиях в системе и о состоянии устройства и с которого могут быть посланы управляющие сигналы. В простом случае ЧМИ может не разрабатываться, а в продвинутых вариантах – приближаться к возможностям SCADA-систем.

4. Организация взаимодействия сервисов. При этом может использоваться как обычное клиент-серверное взаимодействие, так и взаимодействие с применением механизма нотификации (SOA 2.0). Для описания технологических процессов и взаимодействия сервисов может служить язык BPEL (*Business Process Execution Language*) [10]. Данный язык расширяет модель взаимодействия веб-сервисов и включает в нее поддержку транзакций. Структура взаимодействия сервисов может быть произвольной.

Результаты

В статье представлены две программные модели МС, а именно: модель PnP-манипулятора и модель системы транспортировки багажа (СТБ) в аэропорту, построенные в соответствии с приведенной методикой.

PnP-манипулятор (*Pick-and-Place manipulator*) предназначен для отбора деталей с рабочей плоскости и их переноса в буферную зону [11]. Данный манипулятор состоит из двух цепочек цилиндров: цепочки горизонтальных цилиндров и цепочки вертикальных цилиндров. Цилиндр может «сжиматься» и «растягиваться» (за счет поршня). Всю цепочку цилиндров можно представить в виде телескопической антенны. На конце крайнего вертикального цилиндра расположена присоска, позволяющая захватить деталь, лежащую на плоскости. Присоска может притягивать деталь или отпускать ее. Пример манипулятора с двумя горизонтальными и одним вертикальным цилиндром показан на рис. 2. Данный манипулятор может подбирать одну из трех деталей (pp1, pp2, pp3) и доставлять ее в буфер для их хранения (pp0).

Работа PnP-манипулятора может быть описана набором временных диаграмм, одна из которых, связанная с переносом детали из места pp3, приведена на рис. 3. На рисунках 2 и 3 приняты следующие обозначения: LC и RC – левый и правый горизонтальные цилиндры соответственно; VC – вертикальный цилиндр; VAC – вакуумная присоска; Ext и Ret – расширение и втягивание горизонтального цилиндра соответственно; Down и Up – расширение и втягивание вертикального цилиндра соответственно; Pick up – захват детали; Drop – отпускание детали.

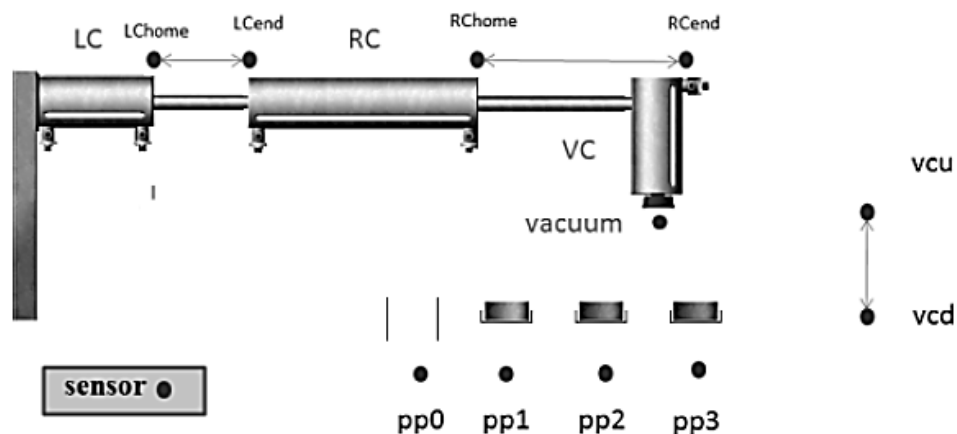


Рис. 2. Структура манипулятора «Pick and Place»

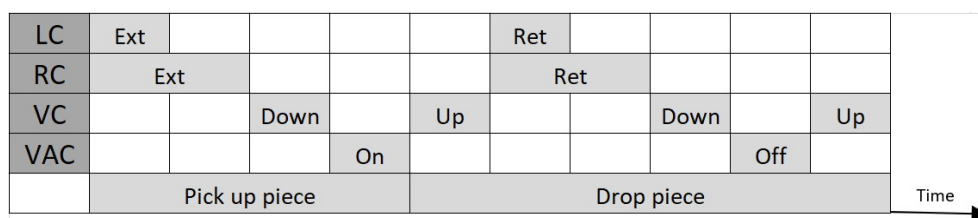


Рис. 3. Временная диаграмма работы PnP-манипулятора

В работе [11] была предложена сервис-ориентированная реализация системы управления PnP-манипулятором, основанной на функциональных блоках стандарта IEC 61499. В отличие от данной работы в статье предлагается замкнутая имитационная модель «управление-оборудование», которая включает как сервисы, представляющие управление (контроллеры), так и сервисы, моделирующие оборудование, взаимодействующие друг с другом. Для начального формализованного описания контроллеров использовалась модель конечных автоматов. Модель оборудования представлена в виде временных задержек. При разработке композитных сервисов применялся язык BPEL.

Программная SOA-модель PnP-манипулятора включает следующие сервисы: сервис цилиндра (*Device*), сервис вакуумной присоски (*Vacuum*), сервис контроллера присоски (*VacuumController*), сервис контроллера горизонтального цилиндра (*CylinderController*), сервис контроллера вертикального цилиндра (*VerticalCylinderController*), сервис главного контроллера (*MasterController*), причем сервисы *Device*, *Vacuum* являются базовыми, а остальные сервисы – композитными.

Работа цилиндра в сервисе *Device* реализована в виде временной задержки, равной N секундам. Входные данные сервиса: *cylinderName* (тип *string*) – имя цилиндра; *typeOfOperation* (тип *string*) – выполняемая операция (*forward* – выдвинуть, *backward* – задвинуть). Выходные данные: *result* (тип *string*) – результат работы, характеризующий состояние цилиндра.

Контроллер горизонтального цилиндра в сервисе *CylinderController* представлен в виде конечного автомата со следующими состояниями: *init*, *cylAtHome*, *cylAtEnd*, *GoForward*, *GoBackward*. Данный сервис в процессе

своего выполнения вызывает сервис *Device*, который представляет модель цилиндра. Входные данные сервиса: *currentState* (тип *string*) – текущее состояние контроллера; *command* (тип *string*) – выполняемая операция (*forward* – «выдвинуть», *backward* – «задвинуть»); *deviceName* (тип *string*) – имя цилиндра. Выходные данные сервиса: *newState* (тип *string*) – новое состояние, в которое перешел контроллер после выполнения очередной операции. Сервис получает на вход три переменные, и в зависимости от текущего состояния процесс идет по одной из трех ветвей, каждая из которых соответствует своему состоянию. Далее в зависимости от типа операции процесс подготавливает вызов сервиса цилиндра и передает ему на вход тип выполняемой операции и имя цилиндра. В лог будет выведено текущее, промежуточное и конечное состояния, а также показана работа устройства цилиндра в форме выдаваемых на печать сообщений. BPEL-диаграмма данного сервиса представлена на рис. 4. В условных вершинах C1, C2, C3 с использованием переменной *currentState* анализируется состояние конечного автомата, и в зависимости от ее значения будет выбрана одна из трех ветвей. В условной вершине C4 с использованием переменной *command* определяется тип операции.

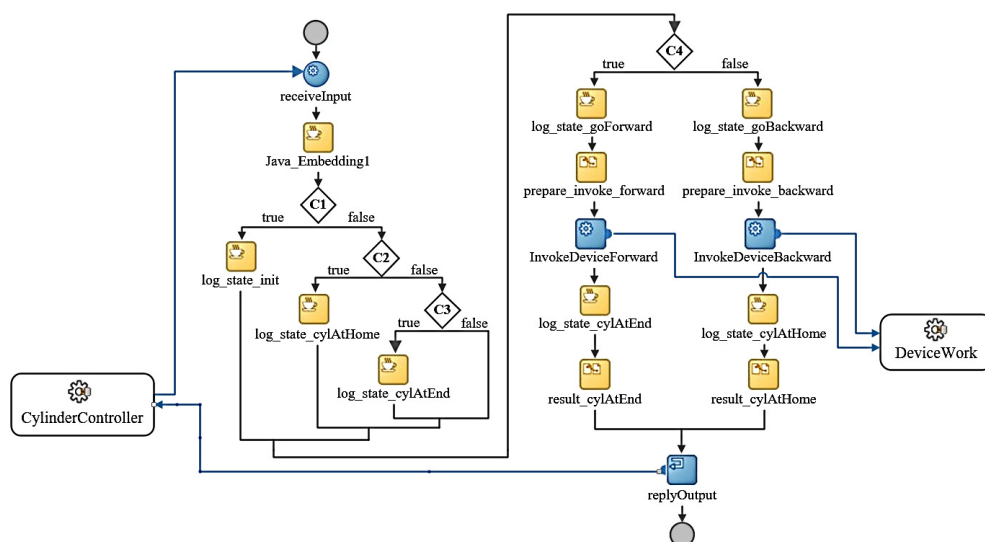


Рис. 4. BPEL-диаграмма для сервиса горизонтального цилиндра

Как и в случае контроллера горизонтального цилиндра, контроллер вертикального цилиндра (сервис *VerticalCylinderController*) представлен в виде конечного автомата. Данный сервис в процессе своего выполнения вызывает сервисы *Device* и *VacuumController*. В отличие от контроллера горизонтального цилиндра данный контроллер является не только ведомым (*Slave*), но и ведущим (*Master*), так как он управляет работой контроллера вакуумной присоски.

Работа главного контроллера в рамках сервиса *MasterController* была реализована в виде процесса, который управляет контроллерами горизонтального и вертикального цилиндров. Данный сервис в процессе своего выполнения вызывает сервисы *CylinderController* и *VerticalCylinderController*. Входные данные сервиса: *numberOfItem* (тип *int*) – номер детали,

которую необходимо взять (от 1 до 3). Выходные данные: *endWork* (тип *string*) – сообщение об окончании выполнения работы. Данный сервис хранит состояния всех контроллеров, поэтому в него введены дополнительные внутренние переменные, значение которых он передает сервисам. Следует отметить, что сервис-ориентированная модель PnP-манипулятора разработана и реализована на основе программного средства Oracle SOA Suite [12].

На рисунке 5 представлена система транспортировки багажа (СТБ) аэропорта. Описание ее работы можно найти, например, в работе [13].

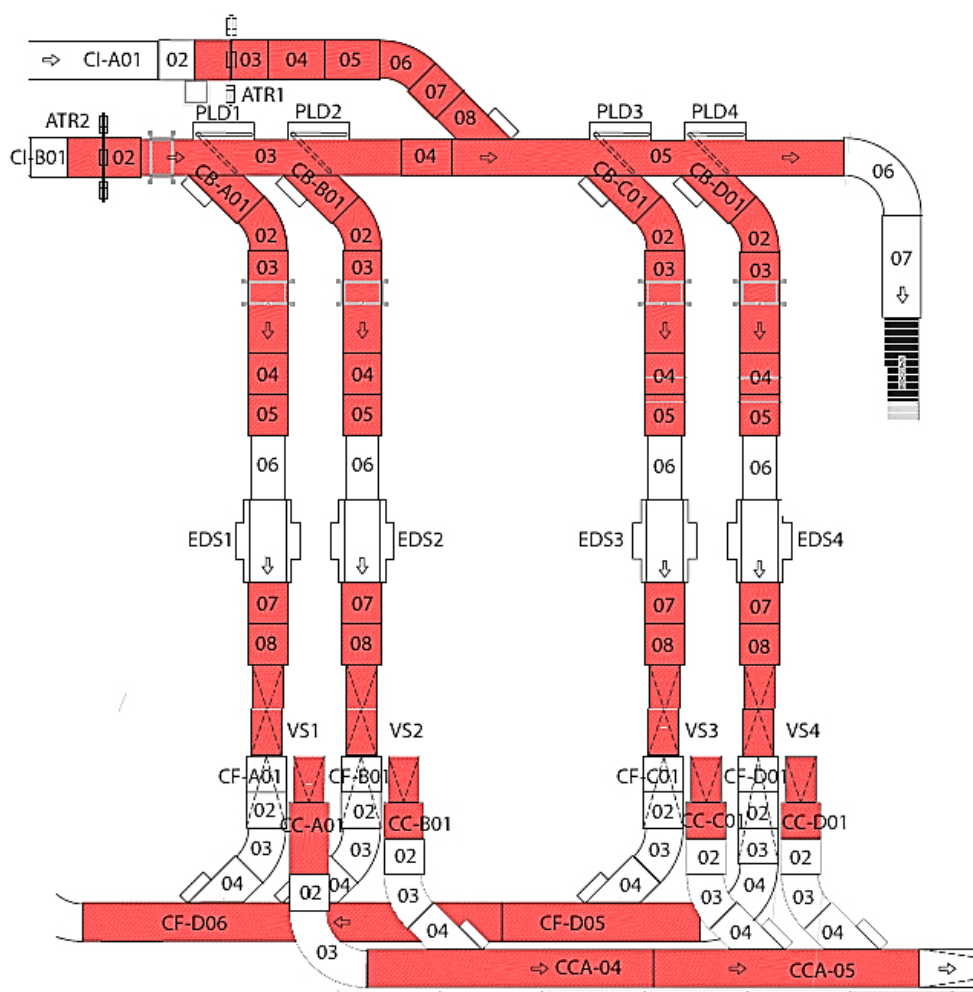


Рис. 5. Структура системы транспортировки багажа аэропорта

Для моделирования использовалась упрощенная структура (рис. 6). Входящий багаж поступает на первый конвейер C1. Перед началом его работы запускается сканер штриховых кодов (баркод-сканер), считывающий информацию о месте назначения пришедшей единицы багажа. За ветвление маршрута багажа отвечает второй элемент выталкивания D2. После отработки баркод-сканера запускается первый конвейер. Доставив элемент до второго конвейера, он завершает свою работу. Далее запускается система

рентгеновской проверки содержимого багажа (X1). При наличии подозрительных объектов багажный элемент будет перемещен на пятый конвейер (C5) первым элементом выталкивания (D1), в противном случае багаж продолжит свое следование по третьему конвейеру (C3). В зависимости от целевого направления багажа, определенного баркод-сканером, багажный элемент может двигаться по линии C4 или C6 (этим управляет второй выталкиватель D2).

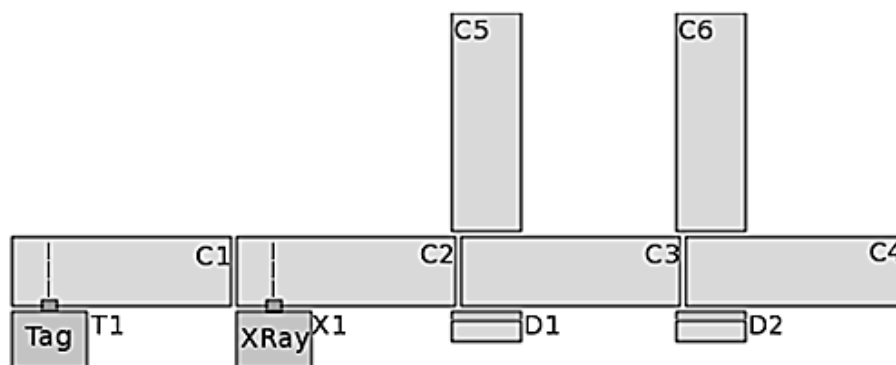


Рис. 6. Моделируемый фрагмент системы транспортировки багажа

Для моделирования структуры СТБ (см. рис. 6) были разработаны следующие элементарные сервисы: сервис баркод-сканера (*TagReaderWebService*), сервис конвейерной линии (*ConveyorWebService*), сервис рентгеновской установки для проверки багажа (*XRayWebService*), сервис выталкивателя (*DiverterWebService*). Элементарные сервисы взаимодействуют в рамках композитного сервиса *CompositeApp*. Для практической реализации модели СТБ аэропорта была выбрана платформа *OpenESB* [14], представляющая сервисную шину с открытым исходным *Java*-кодом. *OpenESB* основана на стандартах *JB1*, *XML*, *XML Schema*, *WSDL*, *BPEL* и композитных приложениях *SOA*. *OpenESB* является свободной версией стандартизированной интеграционной платформы для сервера приложений *Glassfish*. Инструмент разработки интеграционных процессов и сервисов позволяет проектировать процессы в спецификации языка *BPEL* и взаимодействовать с другими системами предприятия на основе интеграционных компонентов *Java Business Integration (JB1)*. В качестве среды разработки была выбрана *Netbeans IDE*, обеспечивающая удобное взаимодействие с инструментами *OpenESB* [15].

Сервис конвейера будет иметь одну операцию *move*, на вход которой будет подаваться идентификатор *id* конвейера. Ответом об успешности выполненных операций будет текстовое сообщение «*done*». Остальные элементарные сервисы СТБ в нашем случае будут иметь подобные входы-выходы. Необходимо сгенерировать *WSDL*-документ (где указывается адрес сервиса) для доступа к сервису со стороны других объектов системы.

Основное приложение реализовано на языке *BPEL*. В проекте использовалось два оператора условного выполнения операций. В первом случае анализировалось выполнение работы датчика рентгеновской проверки багажа. Второй случай – это анализ значения, поступившего с сервиса чтения

штрихкода багажа. На рисунке 7 представлен фрагмент *BPEL*-диаграммы, содержащий операции ветвления для второго случая.

Полная диаграмма *BPEL* содержит 28 операторов. Начало и конец диаграммы составляют операции приема входных значений и отправки результата в инициализирующую связь *initWSDL*. Далее идут парные операции присвоения идентификаторов требуемых объектов СТБ и вызов соответствующего веб-сервиса с заданными параметрами: сервиса баркод-сканера, сервиса конвейерной линии для первого конвейера, рентген-сервиса, сервиса конвейерной линии для второго конвейера. Сервис баркод-сканера возвращает число из диапазона доступных параллельных линий конвейера (в нашем случае их две). Рентгеновский сервис – одно из константных значений *accept* или *reject* при успешном прохождении проверки либо наличии подозрительных объектов соответственно. Далее процесс разветвляется. В зависимости от значения, возвращенного рентген-сервисом, вызывается либо сервис для первого элемента выталкивания с сервисом для пятого конвейера – в случае наличия подозрительных объектов на проверяемом багаже, либо «конвейерный» сервис для третьего конвейера – при успешном прохождении проверки багажным элементом.

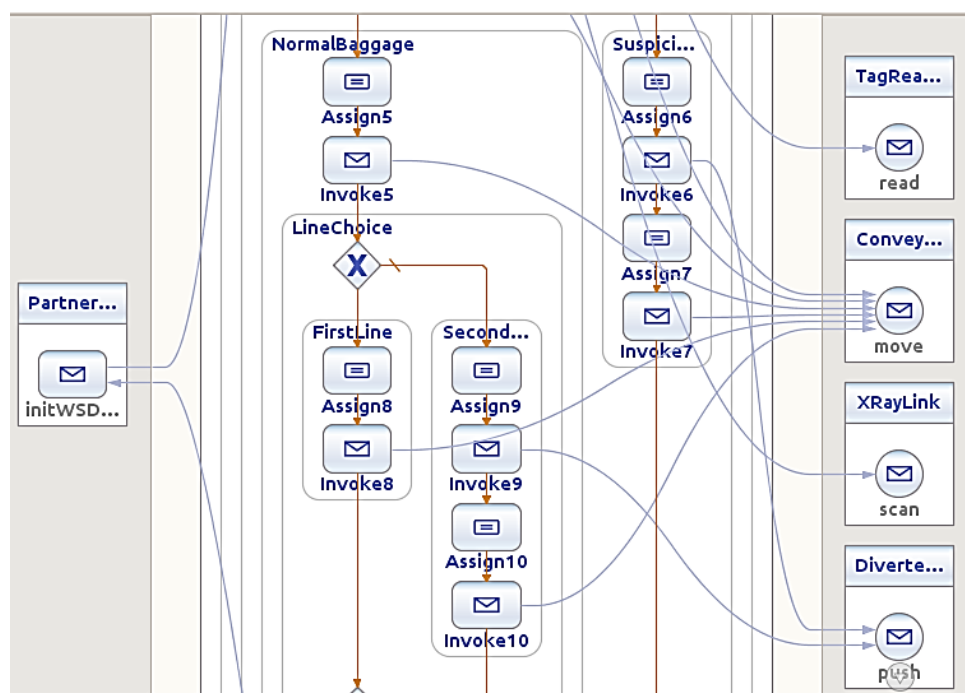


Рис. 7. Элемент *BPEL*-диаграммы, содержащий операции ветвления

BPEL-модуль не может быть самостоятельно развернут на веб-сервере. Для этого требуется создание *Composite Application* проекта и помещение в него *BPEL*-проекта (рис. 8). Для тестирования системы в каждый веб-сервис ее устройств была добавлена система логирования, позволяющая отслеживать состояние в реальном режиме времени.

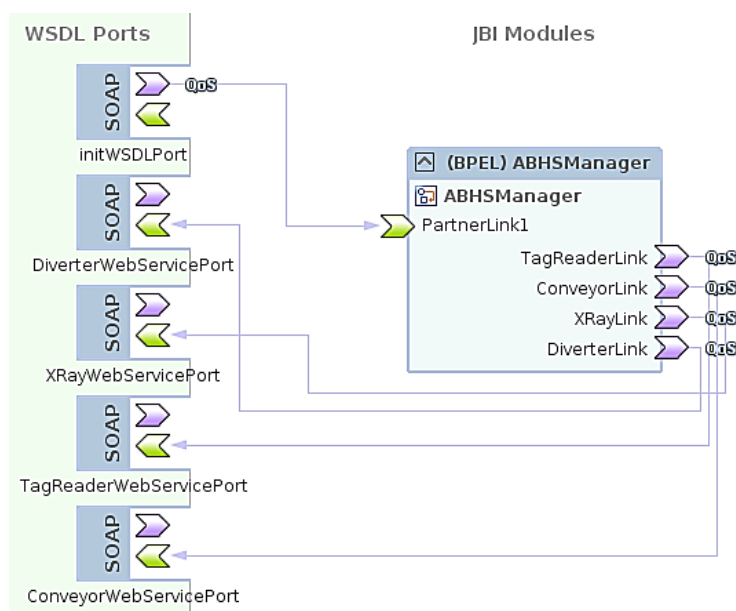


Рис. 8. Композитное приложение

Выводы

В представленной статье показано, как на основе доступных инструментов разработать программные модели мехатронных систем, основанные на принципах СОА. Данный вид моделей имеет ряд преимуществ, среди которых гибкость, возможность быстрой реконфигурации, интеграции, комлексирования и повторного использования модулей, масштабируемость, интероперабельность, работа в контексте сетевых архитектур, возможность построения гетерогенных систем. Сервисы могут быть реализованы на любом языке программирования и на различных платформах. Благодаря гибкости модели и модульности построения возможна быстрая замена программной модели физической части на реальное оборудование (через программные адаптеры) и, таким образом, переход к реальной системе.

На основе предложенной методики разработаны и протестированы программные модели PnP-манипулятора и системы транспортировки багажа в аэропорту, пригодные для их прототипирования. На основе полученного опыта можно сделать вывод, что для быстрого прототипирования систем предпочтительнее использовать инструмент OpenESB в связке с Netbeans IDE, чем Oracle SOA Suite, из-за сложности и громоздкости последнего.

Направлением дальнейшей работы является использование семантических сервисов (в том числе на основе OWL-S) [16], облачных сервисов, а также технологий семантического веб при построении программных моделей МС.

Библиографический список

1. Erl, T. Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design: 1st Edition / T. Erl. – Prentice Hall, 2016. – 792 p.
2. Робинсон, Р. Сценарии и решения использования шины Enterprise Service Bus в сервис-ориентированной архитектуре / Р. Робинсон. – 2007. – Ч. 1. – 11 с. – URL: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-esbscen/index.html>

3. Wang, W. Service-oriented simulation framework: An overview and unifying methodology / W. Wang, W. Wang, Y. Zhu, Q. Li // *Simulation*. – 2011. – Vol. 87, № 3. – P. 221–252.
4. Komoda, N. Service Oriented Architecture (SOA) in Industrial Systems / N. Komoda // 4th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN'2006), Singapore 16–18 Aug. 2006. – Singapore, 2006. – P. 1–5.
5. The arrowhead approach for SOA application development and documentation / F. Blomstedt, L. L. Ferreira, M. Klisics, C. Chrysoulas, I. M. Soria, B. Morin, A. Zabasta, J. Eliasson, M. Johansson, P. Varga // 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2014). – Dallas, TX, USA, 2014. – P. 1–7.
6. Puttonen, J. Semantics-based Composition of Factory Automation Processes Encapsulated by Web Services / J. Puttonen, A. Lobov, J. L. M. Lastra // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. – 2013. – Vol. 9, iss. 4. – P. 2349–2359.
7. Dai, W. Bridging Service-Oriented Architecture and IEC 61499 for Flexibility and Interoperability / W. Dai, V. Vyatkin, J. H. Christensen, V. N. Dubinin // *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. – 2015. – Vol. 11, iss. 3. – P. 771–781.
8. Dai, W. The Application of Service-Oriented Architectures in Distributed Automation Systems / W. Dai, V. Vyatkin, J. H. Christensen // *IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA'2014)*. – Hong Kong, China, 2014. – P. 252–257.
9. Christensen, J. H. Design patterns for systems engineering with IEC 61499 / J. H. Christensen // *Verteilte Automatisierung – Modelle und Methoden für Entwurf, Verifikation, Engineering und Instrumentierung (VA2000)*. – Magdeburg, Germany, 2000. – P. 63–71.
10. BPEL Designer and Service Engine User's Guide. – Sun Microsystems, Inc., 2009. – 180 p.
11. Automation Services Orchestration with Function Blocks: Web-service Implementation and Performance Evaluation / E. Demin, V. Dubinin, S. Patil, V. Vyatkin // *Studies in Computational Intelligence*. – 2016. – Vol. 640. – P. 213–221.
12. Reynolds, A. Oracle SOA Suite 11g R1 Developer's Guide / A. Reynolds, M. Wright. – Packt Publishing, 2010. – 722 p.
13. Black, G. Intelligent Component – based Automation of Baggage Handling Systems with IEC 61499 / G. Black, V. Vyatkin // *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. – 2009. – Vol. 7, iss. 2. – P. 337–351.
14. OpenESB: Manage your services in a smart way // OpenESB official website. – URL: <https://www.open-esb.net/>
15. Shin, S. SOA using OpenESB, BPEL and Netbeans / S. Shin // Huihoo website – URL: <https://docs.huihoo.com/openesb/soabpelopenesb.pdf>
16. Pedrinaci, C. Semantic Web Services / C. Pedrinaci, J. Domingue, A. P. Sheth // *Handbook of Semantic Web Technologies*. – Berlin ; Heidelberg : Springer, 2011. – P. 977–1035.

References

1. Erl T. *Service-Oriented Architecture: Concepts, Technology and Design: 1st Edition*. Prentice Hall, 2016, 792 p.
2. Robinson R. *Stsenarii i resheniya ispol'zovaniya shiny Enterprise Service Bus v servis-orientirovannoy arkhitekture* [Scenarios and solutions for using the Enterprise Service Bus in a service-oriented architecture]. 2007, part 1, 11 p. Available at: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/ws-esbscen/index.html> [In Russian]
3. Wang W., Zhu Y., Li Q. *Simulation*. 2011, vol. 87, no. 3, pp. 221–252.
4. Komoda N. *4th IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN'2006), Singapore 16–18 Aug. 2006*. Singapore, 2006, pp. 1–5.
5. Blomstedt F., Ferreira L. L., Klisics M., Chrysoulas C., Soria I. M., Morin B., Zabasta A., Eliasson J., Johansson M., Varga P. *40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2014)*. Dallas, TX, USA, 2014, pp. 1–7.

6. Puttonen J., Lobov A., Lastra J. L. M. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2013, vol. 9, iss. 4, pp. 2349–2359.
7. Dai W., Vyatkin V., Christensen J. H., Dubinin V. N. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. 2015, vol. 11, iss. 3, pp. 771–781.
8. Dai W., Vyatkin V., Christensen J. H. *IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA '2014)*. Hong Kong, China, 2014, pp. 252–257.
9. Christensen J. H. *Verteilte Automatisierung – Modelle und Methoden für Entwurf, Verifikation, Engineering und Instrumentierung (VA2000)* [Distributed automation models and methods for design, verification, Engineering, and instrumentation (VA2000)]. Magdeburg, Germany, 2000, pp. 63–71.
10. *BPEL Designer and Service Engine User's Guide*. Sun Microsystems, Inc., 2009, 180 p.
11. Demin E., Dubinin V., Patil S., Vyatkin V. *Studies in Computational Intelligence*. 2016, vol. 640, pp. 213–221.
12. Reynolds A., Wright M. *Oracle SOA Suite 11g R1 Developer's Guide*. Packt Publishing, 2010, 722 p.
13. Black G., Vyatkin V. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2009, vol. 7, iss. 2, pp. 337–351.
14. *OpenESB: Manage your services in a smart way*. OpenESB official website. Available at: <https://www.open-esb.net/>
15. Shin S. *SOA using OpenESB, BPEL and Netbeans*. Huihoo website Available at: <https://docs.huihoo.com/openesb/soabpelopenesb.pdf>
16. Pedrinaci C., Domingue J., Sheth A. P. *Handbook of Semantic Web Technologies*. Berlin; Heidelberg: Springer, 2011, pp. 977–1035.

Дубинин Виктор Николаевич

доктор технических наук, профессор,
кафедра вычислительной техники,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: dubinin.victor@gmail.com

Dubinin Victor Nikolaevich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of computer engineering,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Дубинин Алексей Викторович

студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: dubinin.aleksey@gmail.com

Dubinin Alexey Victorovich

student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Ручкин Михаил Алексеевич

студент,
Пензенский государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: ruchmix@mail.ru

Ruchkin Mikhail Alekseevich

student,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Дубинин, В. Н. Программные модели мехатронных систем на основе сервис-ориентированной архитектуры / В. Н. Дубинин, А. В. Дубинин, М. А. Ручкин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2020. – № 4 (36). – С. 97–108. – DOI 10.21685/2227-8486-2020-4-10.