

УДК 004.75, 004.58

DOI: [10.26102/2310-6018/2019.27.4.026](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2019.27.4.026)

## АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ КОРПОРАТИВНОГО ИНФОРМИРОВАНИЯ В РАМКАХ КИБЕРФИЗИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ

**И.В. Ватаманюк<sup>1</sup>, Р.Н. Яковлев<sup>2</sup>**

*Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской  
академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация*

<sup>1</sup>*e-mail: [vatamaniuk.i.v@gmail.com](mailto:vatamaniuk.i.v@gmail.com)*

<sup>2</sup>*e-mail: [iakovlev.r@mail.ru](mailto:iakovlev.r@mail.ru)*

**Резюме:** В статье рассмотрена архитектура системы корпоративного информирования, которая обеспечивает информационную поддержку сотрудников организации и является частью киберфизической системы предприятия. В задачи, выполняемые данной системой, входит отображение информационных материалов на мобильные пользовательские устройства и стационарные экраны; управление информационным контентом и процессами его предоставления; приоритезация информации на персонифицированной основе. Предлагаемая система корпоративного информирования ориентирована на отображение цифрового контента и объединяет в себе следующие компоненты: серверный компонент – основной функциональный модуль, размещенный на сервере приложений киберфизической системы организации, включающий в себя в том числе и программные модули для взаимодействия с хранилищами, а также программные компоненты, интегрированные с ПО стационарных экранов. Рассмотрены сценарии взаимодействия стационарных экранов и серверного компонента подсистемы корпоративного информирования для реализации управления расписаниями, событиями, а также загруженным в систему контентом. Предложена алгоритмическая модель динамического формирования и приоритезации пользовательских уведомлений на основе тематических классификационных групп, уровня доступа пользователей, перечня актуальных событий и сроков их актуальности. Предлагаемая система корпоративного информирования использует стандартные сетевые технологии и не привязана к конкретным программно-аппаратным платформам. Она соответствует критериям расширяемости и переносимости и пригодна для интеграции в качестве компонента киберфизической системы организации.

**Ключевые слова:** киберфизическая система, информационная система, сервис-ориентированная архитектура, архитектура предприятия, алгоритмическая модель, приоритезация уведомлений, персонификация сервисов.

**Для цитирования:** Ватаманюк И.В., Яковлев Р.Н. Алгоритмическая модель распределенной системы корпоративного информирования в рамках киберфизической системы организации.

*Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2019;7(4). Доступно по:

[https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/VatamanukSoavtori\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/VatamanukSoavtori_4_19_1.pdf) DOI:

10.26102/2310-6018/2019.27.4.026

## ALGORITHMIC MODEL OF A DISTRIBUTED CORPORATE NOTIFICATION SYSTEM IN CONTEXT OF A CORPORATE CYBER-PHYSICAL SYSTEM

**I.V. Vatamaniuk, R.N. Yakovlev**

*St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences,  
St. Petersburg, Russian Federation*

**Abstract:** This paper discusses an architecture of a corporate notification system, ensuring information support for enterprise staff and belongs to the corporate cyber-physical system. The tasks of this system include: display of content on mobile devices and stationary displays; management of content data and

its presentation; personalized content prioritization. The proposed corporate notification system provides digital content display and embraces the following components: the backend – main functional unit, being run on the corporate cyber-physical system application server, including, particularly, the software units for interoperation with data stores, as well software components, coupled with the software of the stationary screens. The interaction scenarios of stationary screens and corporate notification system server backend are considered to implement schedule management, events, as well management of content, uploaded into the system. Algorithmic model is proposed for dynamic composition and prioritization of user notifications, based on content classification groups, user access levels, relevant event lists and their relevance periods. The proposed corporate notification system employs usual networking technologies and has no dependencies with certain proprietary hardware and software platforms. It meets extensibility and portability criteria and can be integrated into existing corporate cyber-physical system as a new component.

**Keywords:** cyber-physical system, information system, service-oriented architecture, enterprise architecture, algorithmic model, notification prioritization, service personalization.

**For citation:** Vatamaniuk I.V., Yakovlev R.N. Algorithmic model of a distributed corporate notification system in context of a corporate cyber-physical system. *Modeling, optimization and information technology*. 2019;7(4). Available by: [https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/VatamanukSoavtori\\_4\\_19\\_1.pdf](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/11/VatamanukSoavtori_4_19_1.pdf) DOI: 10.26102/2310-6018/2019.27.4.026 (In Russ.).

## Введение

Сегодня все большее распространение получают специализированные информационные системы, основанные на применении облачных технологий, технологий интернета вещей, искусственного интеллекта, как в сфере бизнеса и промышленности, так и в некоммерческих организациях [1–3]. В рамках 4-й промышленной революции киберфизические системы воспринимаются как ключевой фактор, способствующий наступлению новой эры коммуникаций и совместной работы всех участников цепочки создания стоимости: устройств, систем, организаций и людей [4].

В связи с этим, актуальной является разработка информационных систем, характеризующихся сниженной сложностью их интеграции с киберфизической средой предприятия или организации [5], что может быть обеспечено за счет построения киберфизической системы предприятия на базе сервис-ориентированной архитектуры (Service-Oriented Architecture, SOA) в совокупности с применением технологии сервисной шины предприятия (enterprise service bus) [6].

Рассмотрим один из центральных компонентов проектируемой социо-киберфизической системы организации, а именно – подсистему корпоративного информирования, которая обеспечивает информационную поддержку руководства и сотрудников организации, а также предоставление сервиса корпоративного телевидения [7, 8]. В задачи, непосредственно выполняемые данной системой, входит:

- отображение информационных материалов на мобильные пользовательские устройства и стационарные экраны;
- обработка и управление информационным контентом и процессами его предоставления;
- приоритезация информации на персонифицированной основе.

Подсистема корпоративного информирования ориентирована на отображение цифрового контента и объединяет в себе следующие компоненты: серверный компонент – основной функциональный модуль, размещенный на сервере приложений киберфизической системы организации, включающий в себя в том числе и программные

модули для взаимодействия с хранилищами, а также программные компоненты, интегрированные с ПО стационарных экранов.

### Архитектура системы корпоративного информирования

На Рисунке 1 представлена разработанная архитектура системы корпоративного информирования, детализированная до основных программных компонентов.

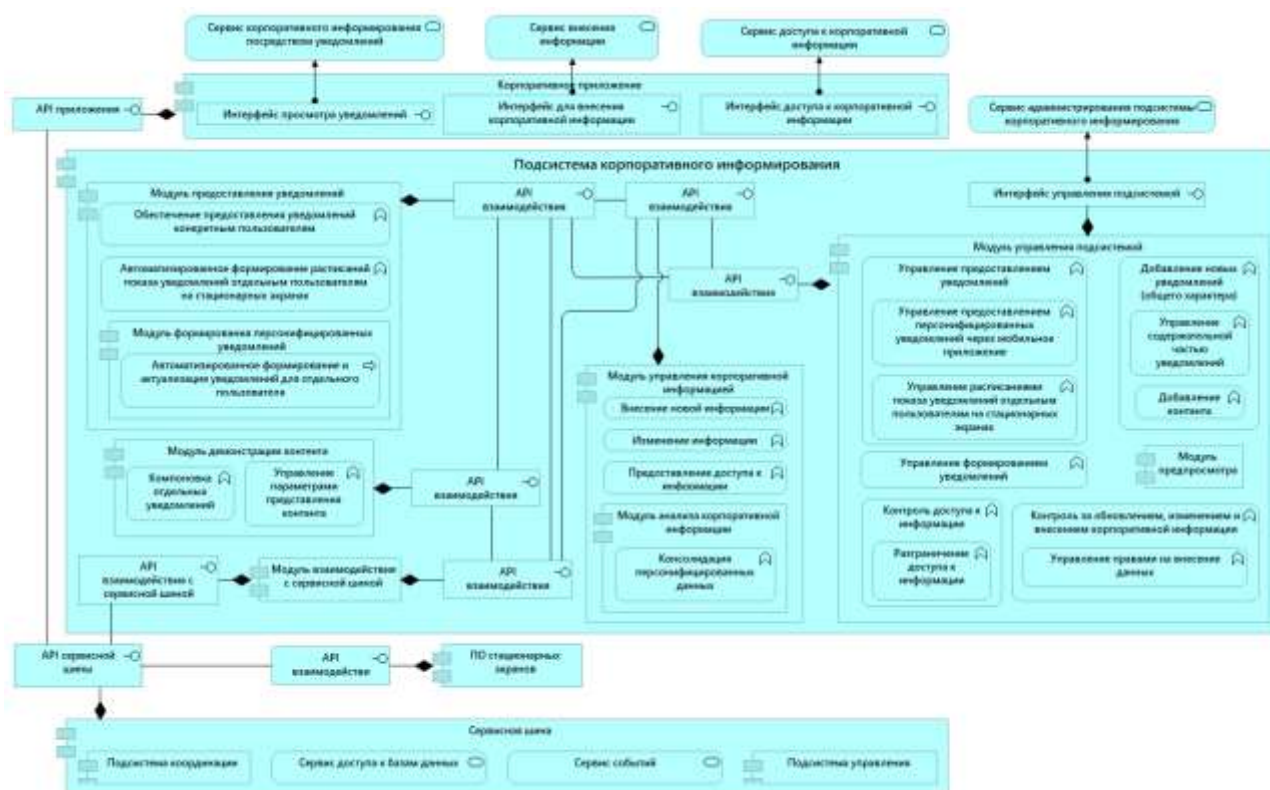


Рисунок 1 – архитектура подсистемы корпоративного информирования  
Figure 1 – Corporate notification subsystem architecture

Данная подсистема включает в себя несколько ключевых компонентов: модуль управления подсистемой реализует функции управления предоставлением уведомлений, управления формированием уведомлений, функции контроля доступа к корпоративной информации, а также контроля за ее внесением и изменением. Кроме того, данный модуль позволяет администратору системы вручную формировать и вносить в подсистему уведомления общего вида, а также осуществлять управление расписанием показа уведомлений на стационарных экранах, реализуя сервис администрирования данной системы. Модуль управления корпоративной информацией реализует функции внесения, изменения и предоставления соответствующей информации пользователям. Важным компонентом данного модуля является модуль анализа корпоративной информации, реализующий функцию консолидации персонифицированных данных. Модуль предоставления уведомлений обеспечивает предоставление уведомлений конкретным пользователям. Именно данный модуль, взаимодействуя с модулем управления корпоративной информацией, реализует функцию автоматизированного

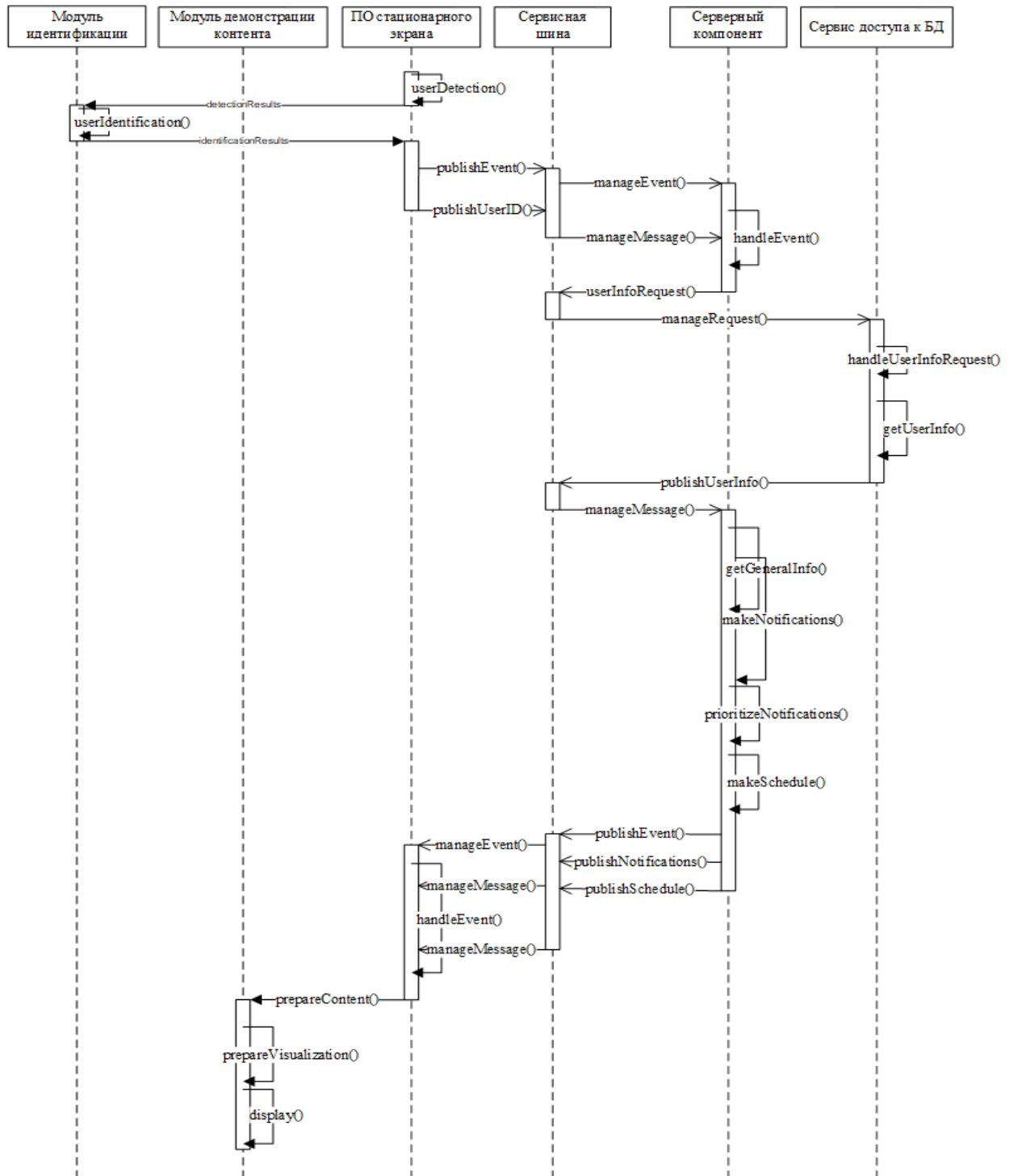


Рисунок 2 – Диаграмма последовательности взаимодействия стационарных экранов и серверного компонента подсистемы корпоративного информирования  
 Figure 2 – Interaction sequence flowchart for interoperation between stationary screens and backend part of corporate notification subsystem

формирования уведомлений для конкретных пользователей. Кроме того, данный модуль обеспечивает предоставление уведомлений через корпоративное приложение. Модуль демонстрации контента отвечает за формирование внешнего представления уведомлений и корректное их отображение на различных мобильных устройствах и стационарных экранах, кроме того, данный модуль отвечает за взаимодействие с ПО стационарных экранов.

Стационарный экран представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для трансляции медиаконтента пользователям на персонализированной основе. Он состоит из дисплея и неттопа, подключенных к локальной сети и на программном уровне связанных с прочими компонентами киберфизической системы организации посредством сервисной шины. UML-диаграмма, описывающая взаимодействие стационарного экрана и серверного компонента, приведена на Рисунке 2.

Представленная uml-диаграмма последовательности отражает характер и последовательность действий компонентов системы в процессе предоставления информационных уведомлений, в частности, выделяет процессы инициализации (`userDetection`, `userIdentification`), сбора актуальной информации в отношении идентифицированного пользователя (`userInfoRequest`, `getGeneralInfo`), приоритизации уведомлений и формирования расписания их отображения (`prioritizeNotofications`, `makeSchedule`), а также процессы визуализации и отображения уведомлений (`prepareContent`, `prepareVisualization`, `display`).

Интерфейс управления подсистемой, доступный ее операторам и администратору, предоставляет доступ к управлению расписаниями, событиями, профилями пользователей, а также загруженным в систему контентом. Данный административный интерфейс предоставляется через Web. Таким образом, на рабочей машине администратора достаточно наличия веб-браузера.

### **Алгоритмическая модель приоритизации материалов системы корпоративного информирования**

Всем материалам, содержащимся в подсистеме корпоративного информирования, соответствуют определенные записи в реестре корпоративных данных. Каждая такая запись может быть охарактеризована следующим набором параметров: набор связанных документов и медиафайлов  $M$ , набор тематических классификационных групп  $G$ , с которыми ассоциируются соответствующие материалы; требуемый уровень доступа  $AL$ ; период актуальности  $T_{act}$ ; изменчивость  $C$ . В соответствии со сроками актуальности и значением параметра изменчивости отдельных записей модуль управления корпоративной информацией формирует актуальный перечень событий  $E$ . Данный перечень включает в себя информацию о записях  $R$ , параметры которых подпадают под те или иные спецификации регламента предоставления уведомлений, и отражает то, на основе каких материалов на текущий момент времени может потребоваться формировать уведомления для различных пользователей системы.

Одним из ключевых алгоритмов, лежащих в основе функционирования подсистемы, является алгоритм динамического формирования и приоритизации пользовательских уведомлений, соответствующая модель представлена на Рисунке 3.

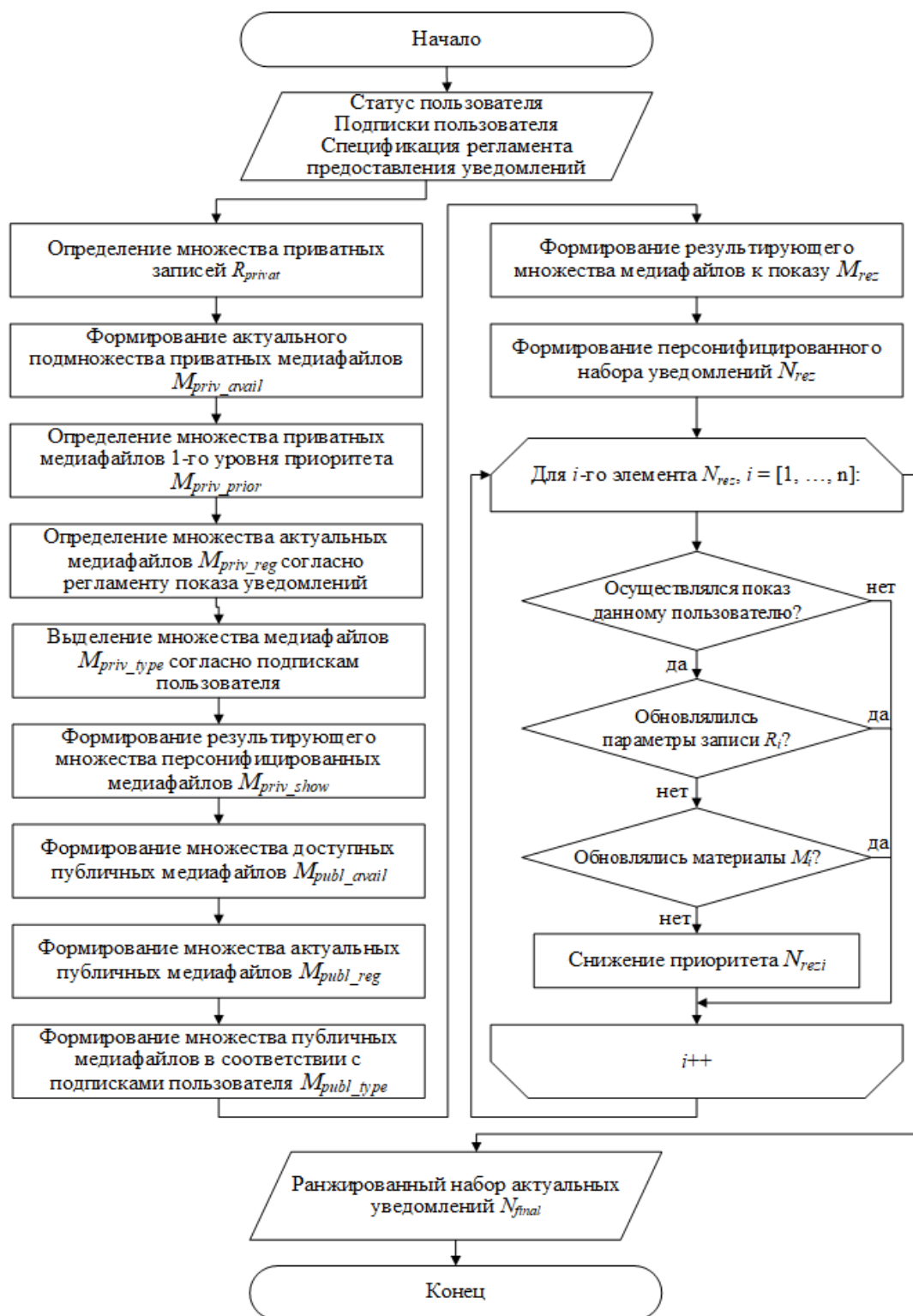


Рисунок 3 – Алгоритмическая модель динамического формирования и приоритезации пользовательских уведомлений

Figure 3 – Algorithmic model of user notification dynamic composition and prioritization

Предложенный алгоритм динамического формирования и приоритезации пользовательских уведомлений работает следующим образом:

1. Запрашивается статус пользователя (сотрудник / посетитель / авторизованный посетитель; уровень доступа).
2. Запрашивается подмножество классификационных групп корпоративной информации, на которые подписан пользователь.
3. Запрашивается множество параметров, характеризующих пользовательскую спецификацию регламента предоставления уведомлений.
4. Из множества актуальных записей  $R$ , отраженных в перечне событий  $E$ , определяется подмножество частных записей реестра корпоративных данных  $R_{privat}$ , в соответствии со статусом и уровнем доступа текущего пользователя.
5. В результате объединения наборов документов и медиафайлов, ассоциированных с записями, принадлежащими множеству  $R_{privat}$ , формируется актуальное подмножество документов и медиафайлов  $M_{priv\_avail}$  в отношении данного пользователя:

$$M_{priv\_avail} = \{M_1 \cup M_2 \cup \dots \cup M_n \mid M_i = f(R_i), i = \overline{1, n}\}.$$

6. Определяется подмножество  $M_{priv\_prior}$  множества  $M_{priv\_avail}$  включающее в себя документы и медиафайлы, на основе которых должны быть сформированы уведомления для текущего пользователя независимо от выбранных им классификационных групп и используемой спецификации регламента предоставления уведомлений – материалы, ассоциированные с записями 1-го уровня приоритета.
7. Определяется подмножество  $M_{priv\_reg}$  множества  $M_{priv\_avail}$ , включающее в себя лишь материалы тех записей, сроки актуальности по которым подпадают под пользовательскую спецификацию регламента предоставления уведомлений:

$$M_{priv\_reg} \subseteq M_{priv\_avail}.$$

8. Определяется подмножество  $M_{priv\_type}$  множества  $M_{priv\_avail}$ , включающее в себя лишь материалы тех записей, классификационные группы которых совпадают с пользовательскими классификационными группами:

$$M_{priv\_type} \subseteq M_{priv\_avail}.$$

9. На основе пересечения множеств  $M_{priv\_reg}$  и  $M_{priv\_type}$ , и объединения полученного результата с множеством  $M_{priv\_prior}$  формируется результирующее множество  $M_{priv\_show}$ . Данное множество включает в себя все доступные и актуальные для текущего пользователя материалы, ассоциированные с частными записями в реестре корпоративных данных:

$$M_{priv\_show} = (M_{priv\_reg} \cap M_{priv\_type}) \cup M_{priv\_prior}.$$

10. Из множества актуальных записей  $R$ , отраженных в перечне событий  $E$ , выделяется подмножество общедоступных записей реестра корпоративных данных  $R_{public}$ .

11. В результате объединения наборов документов и медиафайлов, ассоциированных с записями, принадлежащими множеству  $R_{public}$ , формируется актуальное подмножество документов и медиафайлов  $M_{publ\_avail}$  в отношении данного пользователя:

$$M_{publ\_avail} = \{M_1 \cup M_2 \cup \dots \cup M_m \mid M_i = g(R_i), i = \overline{1, m}\}.$$

12. Определяется подмножество  $M_{publ\_reg}$  множества  $M_{publ\_avail}$ , включающее в себя лишь материалы тех записей, сроки актуальности по которым подпадают под пользовательскую спецификацию регламента предоставления уведомлений:

$$M_{publ\_reg} \subseteq M_{publ\_avail}.$$

13. Определяется подмножество  $M_{publ\_type}$  множества  $M_{publ\_avail}$ , включающее в себя лишь материалы тех записей, классификационные группы которых совпадают с пользовательскими классификационными группами:

$$M_{publ\_type} \subseteq M_{publ\_avail}.$$

14. По итогам пересечения множеств  $M_{publ\_reg}$  и  $M_{publ\_type}$ , формируется результирующее множество  $M_{publ\_show}$ . Данное множество включает в себя все доступные и актуальные для текущего пользователя материалы, ассоциированные с общедоступными записями в реестре корпоративных данных:

$$M_{publ\_show} = M_{publ\_reg} \cap M_{publ\_type}.$$

15. В результате объединения множеств  $M_{publ\_show}$  и  $M_{priv\_show}$ , формируется итоговое множество материалов  $M_{rez}$ , аналогичным образом получается результирующее множество записей  $R_{rez} = \overline{f}(M_{priv\_show}) \cup \overline{g}(M_{publ\_show})$  актуальных для текущего пользователя системы с учетом его статуса и предпочтений:

$$M_{rez} = v(R_{rez_i}), i = [1, \dots, J].$$

16. Для каждого элемента из множества  $R_{rez}$  выполняется генерация соответствующего уведомления, таким образом формируется набор уведомлений  $N_{rez}$ :

$$N_{rez} = \{N_{rez_i} \mid N_{rez_i} = s(R_{rez_i}), i = [1, \dots, k]\}$$

17. Каждому уведомлению из набора  $N_{rez}$  выставляется определенный базовый уровень приоритета, определяемый исходя из уровня доступа записи в реестре корпоративных данных, связанной с данным уведомлением, и времени, оставшегося до завершения срока актуальности соответствующей записи.

18. В отношении каждого уведомления  $N_i$  из набора  $N_{rez}$  осуществляется следующая проверка: осуществлялся ли показ данного уведомления текущему пользователю ранее? В случае, если показ уже осуществлялся, выполняются следующие проверки: производились ли с того момента изменения в параметрах, характеризующих запись  $R_i$ :

$$R_i = \overline{s}(N_i)?$$

Осуществлялось ли с того момента изменение / обновление материалов  $M_i$ , связанных с записью  $R_i$ :

$$M_i = \overline{v}(R_i)?$$

В случае, если обе проверки дают отрицательный результат – изменений не проводилось, то приоритет данного уведомления  $N_i$  будет снижен на штрафную величину  $\lambda$ , в иных случаях, приоритет уведомления не претерпит изменений.

19. Осуществляется ранжирование уведомлений из набора  $N_{rez}$  в соответствии с их итоговым уровнем приоритета.

Ранжированный набор актуальных уведомлений  $N_{final}$  передается модулю демонстрации контента, который обеспечивает их фактическое отображение на мобильных устройствах и стационарных экранах.

### Заключение

Подводя итоги рассмотрения подсистемы корпоративного информирования, отметим, что в рамках работы была сформирована ее архитектура, разработаны алгоритмические модели, клиентское и серверное программное обеспечение для



управления системой, а также реализован веб-интерфейс администратора. Данная система использует стандартные сетевые технологии и не привязана к конкретным программно-аппаратным платформам. Она соответствует критериям расширяемости и переносимости и пригодна для интеграции в качестве компонента киберфизической системы организации.

*Исследование выполнено при поддержке РНФ (№16-19-00044П).*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Colombo A.W. et al. Industrial cyberphysical systems: A backbone of the fourth industrial revolution. *IEEE Industrial Electronics Magazine*. 2017;11(1): 6-16.
2. Ронжин А.Л., Железны М. Цифровизация управленческих процессов в научно-образовательных организациях. *Управленческое консультирование*. 2018;10(118): 109-117.
3. Ronzhin A. et al. Conceptual model of cyberphysical environment based on collaborative work of distributed means and mobile robots. *International Conference on Interactive Collaborative Robotics*. Springer, Cham. 2016: 32-39.
4. Бахмут А.Д. и др. Обзор состояния исследований задач автоматизированного проектирования интеллектуальных систем поддержки принятия решений при управлении сложными объектами на всех этапах их жизненного цикла. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах. Труды XX Международной конференции*. Под редакцией Е.А. Федосова, Н.А. Кузнецова, С.Ю. Боровика. 2018: 307-313.
5. Bures T. et al. Software engineering for smart cyber-physical systems: Challenges and promising solutions. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 2017;42(2): 19-24.
6. Алферов В.В. и др. Принципы и подходы к использованию сервисно-ориентированной архитектуры для формирования интеллектуального информационного пространства предприятия. *Информационные технологии в управлении (ИТУ-2018)*. 2018:101-109.
7. Левоневский Д.К., Ватаманюк И.В., Малов Д.А. Обеспечение доступности сервисов корпоративного интеллектуального пространства посредством управления потоком входных данных. *Программная инженерия*. 2019;10(1):20-29.
8. Левоневский Д.К., Ватаманюк И.В., Савельев А.И. Многомодальная информационно-навигационная облачная система МИНОС для корпоративного киберфизического интеллектуального пространства. *Программная инженерия*. 2017;3:120-128.

## REFERENCES

1. Colombo A.W. et al. Industrial cyberphysical systems: A backbone of the fourth industrial revolution. *IEEE Industrial Electronics Magazine*. 2017;11(1):6-16.
2. Ronzhin A.L., Zelezny M. Digitalization of Management Processes in Scientific and Educational Organizations. *Administrative Consulting*. 2018;10(118):109-117.
3. Ronzhin A. et al. Conceptual model of cyberphysical environment based on collaborative work of distributed means and mobile robots. *International Conference on Interactive Collaborative Robotics*. Springer, Cham. 2016:32-39.
4. Bakhmut A.D. et al. A review of the state of research on the tasks of computer-aided design of intelligent decision support systems for managing complex objects at all stages of their life cycle. *Problems of control and modeling in complex systems Proceedings of the XX*

- International Conference*. Edited by E.A. Fedosova, N.A. Kuznetsova, S.Yu. Borovika. 2018:307-313.
5. Bures T. et al. Software engineering for smart cyber-physical systems: Challenges and promising solutions. *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*. 2017;42(2):19-24.
  6. Alferov V.V. et al. Principles and approaches to the use of service-oriented architecture for the formation of the intellectual information space of an enterprise. *Information Technologies in Management (ITM-2018)*. 2018:101-109.
  7. Levonevskiy D.K., Vatamaniuk I.V., Malov D.A. Ensuring the availability of services of the corporate intellectual space through the control of the input data stream. *Software Engineering*. 2019;10(1):20-29.
  8. Levonevskiy D.K., Vatamaniuk I.V., Saveliev A.I. MINOS Multimodal Information and Navigation Cloud System for the Corporate Cyber-Physical Smart Space. *Software engineering*. 2017;3:120-128.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ / INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

**Ватаманюк Ирина Валерьевна**, младший научный сотрудник лаборатории автономных робототехнических систем, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация.  
ORCID: [0000-0001-5388-8152](https://orcid.org/0000-0001-5388-8152)

**Irina V. Vatamaniuk**, Junior Researcher, Laboratory of Autonomous Robotic Systems, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation.

**Яковлев Роман Никитич**, младший научный сотрудник лаборатории автономных робототехнических систем, Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация.  
ORCID: [0000-0002-6721-9707](https://orcid.org/0000-0002-6721-9707)

**Roman N. Iakovlev**, Junior Researcher, Laboratory of Autonomous Robotic Systems, St. Petersburg Institute for Informatics and Automation of the Russian Academy of Sciences, St. Petersburg, Russian Federation.