

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВИДЕОКОНФЕРЕНЦСВЯЗИ

Г. М. Михайлов¹ [0000-0002-4535-7180], М. А. Жижченко² [0000-0002-2697-7659],
А. М. Чернецов³ [0000-0001-7655-2395]

^{1–3} Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук, ул. Вавилова, д. 44 корп. 2, г. Москва, 119333;

³ Национальный исследовательский университет «МЭИ», ул. Красноказарменная, д. 14 стр. 1, г. Москва, 111250

¹gmickail@ccas.ru, ²ziz@ras.ru, ³an@ccas.ru

Аннотация

Представлен обзор части существующих отечественных систем видеоконференцсвязи, проведено их сравнение между собой, с зарубежными аналогами, а также со свободно распространяемыми средствами. Рассмотрены особенности свободно распространяемых систем, проанализированы их характеристики и недостатки.

Ключевые слова: видеоконференцсвязь, Zoom, Mind, VirtualRoom, Sber Jazz, Яндекс Телемост

ВВЕДЕНИЕ

Система видеоконференцсвязи (ВКС) – это online-технология, предназначенная для оперативного анализа ситуаций и принятия решений, консультаций специалиста, проведения научных конференций, обеспечения совместной работы специалистов над проектами, дистанционного обучения в сфере образования, бизнеса и др. [1, 2]. За последние несколько лет системы ВКС существенно изменились, что позволило использовать их приложения в персональных устройствах на различных платформах для большого числа пользователей [3]. Существенным фактором, влияющим на повсеместное применение ВКС, стали пандемия COVID-19 и массовый переход на дистанционный режим работы по всему миру.

Отметим, что системы ВКС появились задолго до пандемии. Так, ещё в 2012 г. была разработана свободно распространяемая Apache OpenMeetings [4].

В общемировом рынке ПО для ВКС сейчас можно выделить следующие основные коммерческие системы: Microsoft Teams, Cisco Webex, Zoom. Также достаточно популярными являются системы, основанные на мессенджерах. К ним относятся WhatsApp, Skype, Google Meet, а также система Discord (изначально появившаяся как сеть для общения в online-играх).

К функционалу систем ВКС помимо собственно передачи звука и видео между участниками чаще всего предъявляется ряд дополнительных требований, а именно:

- общая доска, общий экран;
- запись видео;
- возможность создавать неограниченное количество публичных и частных виртуальных комнат;
- приватный и общий чаты;
- внутренний почтовый клиент для email-переписки и рассылок;
- календарь для планирования совещаний;
- опросы и голосования;
- обмен документами распространённых офисных форматов (PDF, MS Office, OpenOffice);
- каталог файлов и видеозаписей;
- мобильный клиент под Android/iOS.

В российской научной литературе проводилось сравнение систем ВКС между собой [5], но оно было ориентировано скорее на требования к рабочему месту участников. Кроме того, были охвачены исключительно зарубежные решения. Представляемая здесь работа, напротив, охватывает преимущественно отечественные решения.

1. СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ СИСТЕМЫ ВКС

Здесь следует выделить Apache OpenMeetings и Big Blue Button [6] как системы, устанавливаемые на оборудовании организации.

В системе Apache OpenMeetings для установки и работы необходимо иметь ряд свободно распространяемых пакетов: Java, apache2, Imagemagick, GhostScript, сервер СУБД Mysql/MariaDB и др. Минимальные требования к оборудованию тоже весьма слабые: процессор с частотой 1ГГц и выше, а также 1 Гб ОЗУ. Особенностью системы являлось использование технологии Flash, поддержка которой закончилась 31.12.2021. Поэтому, начиная с версии 5.0.0-M1, данный компонент был исключен, и произведен переход на HTML5.

Big Blue Button (BBB) отличается серьезными требованиями к аппаратуре. В частности, желательно использование 8-ядерных процессоров и 16 Гб ОЗУ. Отмечены случаи медленной работы на виртуальных серверах. Наряду с этим BBB обладает высоким качеством звукопередачи и передачи изображений. Необходимое для работы приложения ПО скачивается и устанавливается при установке автоматически. Однако с марта 2022 г. в связи с блокировкой IP-адресов из РФ используемая СУБД MongoDB недоступна по прямым ссылкам, однако вполне доступна к скачиванию через многочисленные зеркала.

Также на российском рынке есть ряд компаний, предоставляющих инфраструктуру для BBB на коммерческой основе.

2. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВКС

Для использования свободно доступных отечественных облачных решений подходят следующие системы.

Яндекс (Яндекс Телемост) [7]. Это российская платформа для вебинаров и видеоконференций, которая позволяет проводить онлайн-мероприятия на 200 человек. Компания сосредоточена в первую очередь на серверных решениях. Доступен расширенный функционал для проведения онлайн-встреч.

Основные функции:

- демонстрация экрана и загрузка файлов;
- трансляция конференций в общедоступные сервисы (YouTube, Facebook или корпоративный сайт);
- создание опросов;
- доска для рисования;
- групповой и персональный чаты;
- формирование отчета о проведенных мероприятиях.

Эта платформа позволяет проводить видеоконференции бесплатно только в тестовом режиме 14 дней и с ограничением по количеству пользователей.

Сбер (SberJazz) [8]. Сбер позволяет устраивать групповые видеоконференции на сайте и в приложении. Можно подключать от 100 до 200 участников встречи в зависимости от тарифа. Основные функции:

- встроенная функция записи мероприятий;
- демонстрация экрана докладчика;
- нанесение водяных знаков;
- зал ожидания для проверки пользователей;
- доступ для участников без регистрации по ссылке;
- реакции, инструмент «поднять руку», чат.
- Модерирование камер и микрофонов участников.

Есть бесплатная версия сервиса, позволяющая войти в видеоконференцию и провести видеозвонки на 100 человек. Платных тарифов SberJazz два: корпоративный и бизнес. Первый включает до 99 лицензий, до 200 участников на встрече, ПО для проведения видеоконференций на любых устройствах. Второй включает все перечисленные функции, от 100 лицензий и расширенную техническую поддержку.

3. ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВКС С КОММЕРЧЕСКИМИ ТАРИФАМИ

К коммерческим отечественным системам ВКС интерес возник в основном после того, как зарубежные производители покинули российский рынок. Однако сами эти системы существуют уже в течение ряда лет. Они использовались в сферах образования, науки, медицины, в работе крупных отечественных корпораций и органов государственной власти. К данной категории относится ряд известных систем, представленных ниже.

3.1 Mind

Это российская платформа [9], ведущая свою историю с 2012 г. Mind предлагает три решения: Server для видеовстреч в любой организации; Webinar для проведения вебинаров; Teams — платформу для общения и совместной работы. Сервисы используют в самых разных отраслях, в том числе в государственном секторе. Основные функции:

- активация абонентов по голосу;
- подключение телефонных абонентов;
- трансляция на внешние каналы;
- инструменты для работы в группе и чат;
- демонстрация экрана;
- рассылка уведомлений;
- возможность делиться записями встреч;
- подключение аппаратных средств и IP-камер.

У Mind нет бесплатных тарифов, есть только ознакомительные версии.

3.2 Webinar Meetings

Это российский сервис для онлайн-встреч, совещаний, видеоконференций [10]. Используется как платформа для вебинаров. Основные функции:

- возможность не только включить демонстрацию экрана, но и загрузить файлы любых форматов;
- создание опросов и тестов для проверки знаний;
- подключение инструментов рисования на белом листе;
- деление участников на группы, что подходит для отработки навыков;
- рассылка-напоминание для участников;
- возможность выбрать фон вебинарной комнаты;
- автоматическая запись мероприятия, которую можно отредактировать и скачать из личного кабинета;
- контроль присутствия и вовлеченности во время встречи;
- подробная статистика и интеграция с Яндекс.Метрикой и Google Analytics;
- статистика по вовлеченности по итогам встречи сохраняется в личном кабинете.

Сервис имеет бесплатный тариф со следующими ограничениями: до 30 человек, 60 минут на сеанс.

В октябре 2023 г. компания была поглощена МТС, и новое решение получило наименование «МТС Линк» [11].

Virtual Room

Это сервис видеоконференцсвязи от российского разработчика Mirapolis [12]. Позволяет выйти в эфир одновременно 15 спикерам, присутствовать могут до 2000 человек. У системы стандартный функционал для проведения вебинаров и видеоконференций:

- демонстрация экрана и загрузка материалов;
- рассылка писем о мероприятии;
- инструменты рисования;
- создание тестов и опросов до начала мероприятия;
- поднять руку;
- управление правами участников;
- проверка присутствия;
- запись мероприятия с возможностью редактирования и скачивания.

Платформа предлагает шесть вариантов тарифов, которые отличаются количеством участников, наличием хранилища и возможностью бесплатного обучения сотрудника. Бесплатным планом можно пользоваться только 10 дней.

3.2 Pruffme

Это российская платформа для вебинаров, проведения видеоконференций, интерактивных досок, курсов, тестов и опросов [13]. На вебинарах могут присутствовать до 5000 участников и подключаться до 30 спикеров одновременно.

Основные функции:

- демонстрация экрана и загрузка материалов разных форматов;
- рассылка напоминаний о мероприятии на почту;
- тесты и опросы;
- инструменты для рисования на белом фоне;
- возможность поднять руку;
- использование режима VR — виртуальной реальности;
- контроль присутствия;
- деление на группы;
- автовебинары;
- статистика после мероприятия.

Сервис предлагает бесплатный ограниченный функционал. Тарифы в Pruffme отличаются количеством слушателей. В бесплатном тарифе может быть только 5 участников, записать такую встречу нельзя.

3.5 Сферум

«Сферум» [14] – программа для проведения видеоконференции, бесплатна для учреждений образования. Платформа «Сферум» интегрирована в VK-мессенджер. Ее используют для общения учителей, учеников и родителей на уровне школы и отдельных классов. Профили участников закрыты от других пользователей социальной сети, в них нет рекламы. Основные функции платформы:

- хранение и структурирование информации в облачном пространстве Mail.ru;
- загрузка файлов: расписаний, уроков, дополнительных материалов;
- демонстрация презентаций и рабочего стола во время видеоконференций;
- трансляция для 100 участников одновременно;
- создание каналов для информирования учеников и родителей;
- редактор для создания статей, опросов, тестов, голосований;
- работа из онлайн-версии сервиса.

Все инструменты «Сферума» бесплатные.

4. ЧИСТО КОММЕРЧЕСКИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ СИСТЕМЫ ВКС

В особую группу следует выделить следующие три отечественные платформы, не имеющие никаких бесплатных версий:

TrueConf [15] – российское программное обеспечение для видеоконференций со встроенным корпоративным мессенджером. Соответствует ФЗ №152-ФЗ «О персональных данных». Устанавливается на любые устройства и ОС. Функционал ПО полностью покрывает все задачи онлайн-мероприятий. Основные функции:

- демонстрация экрана во время видеосвязи;
- добавление материалов во время вебинара;

- поддержка технологии хромакей, которая дает возможность установить любое изображение в качестве замены одноцветному фону или окрашенной стене позади участника;

- голосования, опросы, тестирования;
- запись мероприятия;
- встроенный мессенджер.

TrueConf имеет несколько тарифных планов для разных решений. Бесплатных версий не существует. Используется различными органами государственной власти РФ (например, федеральными министерствами).

IVA [16]. Компания IVA Technologies производит ИТ-оборудование и программное обеспечение для видеоконференций, вебинаров, селекторных совещаний. ПО представлено в трех вариантах:

- сервер VoIP-телефонии для общения внутри компании;
- платформа с сертификатом ФСТЭК для работы с информацией любого уровня секретности;

- приложения для работы на мобильных и стационарных устройствах. Программы доступны для установки на ОС Windows, MAC Mac OS и Astra Linux.

Основные функции IVA:

- демонстрация экрана докладчиков;
- обмен сообщениями между пользователями;
- онлайн-доска для мозговых штурмов;
- функция записи и стенограммы звонков;
- планирование мероприятий через календарь;
- доступ для участников по ссылке из любого браузера;
- мультитермальность и очередность вызовов;
- инструкции и техническая поддержка на русском языке.

Бесплатных продуктов IVA нет.

Vinteo [17]. Vinteo (ООО «ВИНТЕО») – российский производитель серверных решений и оконечных устройств ВКС профессионального класса, поставщик инжиниринговых услуг в области видео. ВКС Vinteo – это полноценный программный сервер MCU (Multipoint Control Unit) на базе ОС Linux различных версий (в

том числе, Astra Linux), который позволяет быстро построить сеть видеоконференцсвязи с нуля или расширить возможности уже имеющейся ВКС-инфраструктуры и эффективно организовывать видеоконференции с любым оборудованием. Открытая архитектура сервера Vinteo позволяет наращивать ёмкость и производительность системы ВКС без существенных затрат и переходить от стандартов видео SD к HD и Full HD без необходимости замены системы.

Основные функциональные возможности сервера:

- трансляция сеансов ВКС;
- запись всех сеансов ВКС;
- активация по голосу;
- индивидуальные и общие раскладки;
- ручное и автоматическое управление раскладками;
- обширный функционал администратора/модератора конференции;
- подключение к конференции камер видеонаблюдения, видеороликов;
- поддержка H.239, BFCP, второго видеопотока для WebRTC, VNC.

5. СИСТЕМЫ ВКС ОТ КОМПАНИЙ-ВЕНДОРОВ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ПО

Ряд отечественных компаний имеет системы ВКС собственной разработки. В частности, компания 1С имеет собственную разработку и распространяет её своим клиентам в рамках платформы «1С Предприятие» [18]. Система позволяет следующее:

- обмениваться текстовыми сообщениями, файлами, устраивать аудио и видеоконференции;
 - демонстрировать экран своего компьютера непосредственно в окне прикладного решения;
 - поддерживать контекстные обсуждения, связанные с конкретными объектами приложения (документами, элементами справочников, отчетами и т. п.). При этом вся переписка сохраняется вместе с объектом приложения и отображается вместе с ним;
 - создавать чат-боты и автоматические ассистенты, облегчающие работу с приложениями, информировать пользователей о событиях, произошедших в приложении и др.
-

Система может интегрироваться с мессенджером Telegram и социальной сетью ВКонтакте.

6. ПОСЛЕДНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Некоторые производители серверного оборудования в РФ разработали специальные серверные решения для поддержки работы ВКС. Так, STSS имеет продуктовый ряд серверов [19] для Mind и TrueConf.

В октябре 2023 г. компания Snews провела исследование отечественного рынка ПО в области ВКС [20]. Хотя не все критерии тестирования были опубликованы, указано, что их более 30 и они структурированы по следующим блокам:

- Вхождение в реестр отечественного ПО;
- Функциональность;
- Возможности при демонстрации экрана;
- Дополнительные возможности;
- Кроссплатформенность;
- Хранение видеозаписей и архива;
- Количество пользователей;
- Тестовый период.

С результатами можно ознакомиться в [20]. Отметим, что из систем, протестированных в указанном исследовании, в настоящей работе рассматривались Webinar, Pruffme и TrueConf.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные выше зарубежные и отечественные системы ВКС – это только часть существующих в настоящее время платформ, востребованных в сферах образования, науки, медицины, производства, управления в финансовых, банковских и властных структурах и др. По умолчанию каждый разработанный продукт ВКС так или иначе сопоставляется с «Золотым эталоном» ZOOM – сервисом компании Zoom Video Communications (США) [21]. 31 марта 2021 г. Эта компания отозвала у всех своих партнеров авторизацию на продажу своего сервиса в российские государственные органы и компании с государственным участием. Вслед за этим свернули свою деятельность в России такие крупные корпорации,

как Cisco (продукт Webex), Microsoft (Teams). Однако предпринятые антироссийские санкционные акции зарубежных корпораций оказались не столь заметными, так как отечественные разработки, начатые в 2012–2016 гг., уже имели свое применение в различных сферах, в первую очередь, в образовании, науке, в структурах государственных органов и предприятий с правом работы только на платформах с сертификатом ФСТЭК России. На текущее время согласно открытым источникам используются более 25 отечественных разработок. Можно уверенно утверждать, что отечественные системы ВКС активно развиваются и расширяют свой функционал. Наличие такого ресурса серверов на территории РФ создает благоприятные условия для применения пользователями сервиса ВКС с обеспечением должной надежности и безопасности.

Благодарности

Работа выполнена в рамках темы № 0063-2019-0003 «Математические методы анализа данных и прогнозирования» 2019–2023 ФИЦ ИУ РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Караулова О.А., Куреева Н.В.* Аппаратные и программные решения видеоконференцсвязи // III Научн. форум ТТТ-2019: матер. XXI Междунар. науч.-технич. конф. 2019. С. 317–318.
2. *Aslam W.* Videoconferencing and higher education teaching in politics and international relations classrooms. *Politics*. 2017. Vol. 37, no. 4. P. 500–519. <https://doi.org/10.1177/0263395716633708>.
3. *Alonso Á., Aguado I., Salvachua J., Rodríguez P.* A methodology for designing and evaluating cloud scheduling strategies in distributed videoconferencing systems // *IEEE Transactions on Multimedia*. 2017. Vol. 19, no. 10. P. 2282–2292. <https://doi.org/10.1109/TMM.2017.2733301>
4. Сайт платформы OpenMeetings. URL: <https://openmeetings.apache.org/>, дата обращения 10.11.2023
5. *Суханов М.Б.* Сравнительный анализ средств видео-конференц-связи для дистанционного обучения // Программные продукты и системы. 2021. №3. С. 457–465. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.135.457-465>

6. Сайт платформы Big Blue button. URL: <https://bigbluebutton.org/>, дата обращения: 01.11.2023

7. Сайт платформы Яндекс Телемост. URL: <https://telemost.yandex.ru/>, дата обращения: 01.11.2023

8. Сайт платформы Сбер Jazz. URL: <https://jazz.sber.ru/>, дата обращения: 01.09.2023

9. Сайт платформы Mind. URL: <https://www.imind.ru>, дата обращения: 20.11.2023

10. Сайт платформы Webinar.ru. URL: <https://www.webinar.ru/>, дата обращения: 10.10.2023

11. Сайт платформы МТС ЛИНК. URL: <https://mts-link.ru/>, дата обращения: 15.11.2023

12. Сайт платформы VirtualRoom. URL: <https://www.mirapolis.ru/>, дата обращения: 15.10.2023

13. Сайт платформы Pruffme. URL: <https://www.pruffme.com/>, дата обращения: 05.09.2023

14. Сайт платформы Сферум. URL: <https://prof-sferum.ru/>, дата обращения: 05.10.2023

15. Сайт платформы TrueConf. URL: <https://trueconf.ru/>, дата обращения: 05.11.2023

16. Сайт платформы IVA-Technologies. URL: <https://iva-technologies.ru/>, дата обращения: 05.10.2023

17. Сайт платформы Vinteo. URL: <https://vinteo.com/ru>, дата обращения: 05.10.2023

18. Сайт системы взаимодействия 1С.
URL: <https://v8.1c.ru/platforma/sistema-vzaimodeystviy/>, дата обращения: 20.09.2023

19. Сайт конфигуратора STSS для систем ВКС.
URL: http://www.stss.ru/products/video_conference_system.html, дата обращения: 01.11.2023

20. Обзор ВКС от CNews.

URL: https://market.cnews.ru/articles/2023-10-17_marketcnews_opublikoval_pervyj_v_rossii, дата обращения: 01.11.2023

21. Сайт платформы ZOOM. URL: <https://zoom.us/ru>, дата обращения: 20.11.2023

DOMESTIC VIDEOCONFERENCING SYSTEMS

G. M. Mikhaylov¹ [0000-0002-4535-7180], M. A. Zhyzchenko² [0000-0002-2697-7659],
A. M. Chernetsov³ [0000-0001-7655-2395]

¹⁻³ *Dorodnicyn Computing Centre FRC CSC RAS, ul. Vavilova, 44 korpus 2, Moscow, 119333;*

³ *National Research University "MPEI", ul. Krasnokazarmennaya, 14 str.1, Moscow, 111250*

¹gmickail@ccas.ru, ²ziz@ras.ru, ³an@ccas.ru

Abstract

This paper provides an overview of some of the existing domestic video conferencing systems, and compares them with each other, with foreign analogues, as well as with freely distributed tools. The features of freely distributed systems are considered, their characteristics and disadvantages are analyzed.

Keywords: *videoconferencing system, Zoom, Mind, VirtualRoom, Sber Jazz, Yandex Telemost*

REFERENCES

1. *Karaulova O.A., Kireeva N.V. Apparatnye i programmnye reshenija videokonferencsvjazi // III Nauchn. forum TTT-2019: mater. XXI Mezhdunar. nauch.-tehnic. konf. 2019. S. 317–318.*

2. *Aslam W. Videoconferencing and higher education teaching in politics and international relations classrooms. Politics. 2017. Vol. 37, no. 4. P. 500–519.*
<https://doi.org/10.1177/0263395716633708>

3. *Alonso Á., Aguado I., Salvachua J., Rodríguez P. A methodology for designing and evaluating cloud scheduling strategies in distributed videoconferencing systems.*

IEEE Transactions on Multimedia. 2017. Vol. 19, no. 10. P. 2282–2292.

<https://doi.org/10.1109/TMM.2017.2733301>

4. Sajt platformy OpenMeetings. URL: <https://openmeetings.apache.org/>, date accessed: 2023/11/10.

5. *Suhanov M.B.* Sravnitel'nyj analiz sredstv video-konferenc-svjazi dlja distancionnogo obuchenija // Programmnye produkty i sistemy. 2021. №3. S. 457–465. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.135.457-465>

6. Sajt platformy Big Blue button. URL: <https://bigbluebutton.org/>, date accessed: 2023/11/01.

7. Sajt platformy Jandeks Telemost. URL: <https://telemost.yandex.ru/>, date accessed: 2023/11/01.

8. Sajt platformy Sber Jazz. URL: <https://jazz.sber.ru/>, date accessed: 2023/09/01.

9. Sajt platformy Mind. URL: <https://www.imind.ru>, date accessed: 2023/11/20.

10. Sajt platformy Webinar.ru. URL: <https://www.webinar.ru/>, date accessed: 2023/10/10.

11. Sajt platformy MTS-LINK. URL: <https://mts-link.ru/>, date accessed: 2023/11/23.

12. Sajt platformy VirtualRoom. URL: <https://www.mirapolis.ru/>, date accessed: 2023/11/10.

13. Sajt platformy Pruffme. URL: <https://www.pruffme.com/>, date accessed: 2023/09/05.

14. Sajt platformy Sferum. URL: <https://prof-sferum.ru/>, date accessed: 2023/10/05.

15. Sajt platformy TrueConf. URL: <https://trueconf.ru/>, date accessed: 2023/11/05.

16. Sajt platformy IVA-Technologies. URL: <https://iva-technologies.ru/>, date accessed: 2023/10/05.

17. Sajt platformy Vinteo. URL: <https://vinteo.com/ru>, date accessed: 2023/10/05

18. Sajtsistemy vzaimodejstvija 1S. URL: <https://v8.1c.ru/platforma/sistema-vzaimodeystviy/>, date accessed: 2023/09/20

19. Sajt konfiguratora STSS dlya sistem VKS.
URL: http://www.stss.ru/products/video_conference_system.html, date accessed: 2023/11/01

20. Obzor VKS ot CNews URL: https://market.cnews.ru/articles/2023-10-17_marketcnews_opublikoval_pervyj_v_rossii, date accessed: 2023/11/01

21. Sajt platformy ZOOM. <https://zoom.us/ru> , date accessed: 2023/11/20

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



МИХАЙЛОВ Гурий Михайлович – кандидат физ.-мат. наук, гл. специалист отдела 11 Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук.

Gury Mikhailovich MIKHAILOV – candidate of physics and mathematics Sciences, Ch. specialist of department 11 of the Computer Center named after. A.A. Dorodnitsyn Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences

email: gmickail@ccas.ru

ORCID: 0000-0002-4535-7180



ЖИЖЧЕНКО Михаил Алексеевич - гл. специалист отдела 11 Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук

Mikhail Alekseevich ZHIZHENKO – chief. specialist of department 11 of the Computer Center named after. A.A. Dorodnitsyn Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences

email: ziz@ras.ru

ORCID: 0000-0002-2697-7659



ЧЕРНЕЦОВ Андрей Михайлович – кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник отдела 11 Вычислительного центра им. А.А. Дородницына Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук; доцент кафедры Прикладной математики и искусственного интеллекта Национального исследовательского университета «МЭИ».

Andrey Mikhailovich CHERNETSOV – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Research Associate of Department 11 of the Computer Center named after A.A. Dorodnitsyn Federal Research Center "Informatics and Management" of the Russian Academy of Sciences; Associate Professor, Department of Applied Mathematics and Artificial Intelligence, National Research University "MPEI".

email: an@ccas.ru, chernetsovam@mpei.ru

ORCID: 0000-0001-7655-2395

Материал поступил в редакцию 23 октября 2023 года