

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

МАРХОНОВ
Евгений Викторович

УДК 621.565.7-047.36

**СИСТЕМА МОНИТОРИНГА И
ДИСПЕТЧИРИЗАЦИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН**

Диссертация
на соискание степени магистра
по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии
(профилизация «Компьютерные технологии проектирования
электронных систем»)

Научный руководитель
канд.техн.наук, доцент
ШАТАЛОВА Виктория
Викторовна

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ШАТАЛОВА Виктория Викторовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент: **ГОЛУБОВА Ольга Сергеевна**, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Экономика, организация строительства и управления недвижимостью» Белорусского национального технического университета

Защита диссертации состоится «24» июня 2021 г. года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, копр. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, E-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большинство создателей холодильных систем отошли от привычного КИПиА, и перешли на систему мониторинга и диспетчеризации. Имея возможность разнообразия современных микроконтроллеров и систем диспетчеризации, можно контролировать все процессы, происходящие в холодильной машине.

Растущая конкуренция и необходимость автоматизированных систем привели к тому, что на систему диспетчеризации переходит все большее количество организаций.

Можно обозначить следующие причины для перехода на систему диспетчеризации:

- лучшее визуальное представление изделия;
- автоматизированное получение рабочих параметров;
- легкость внесения изменений в проект;
- интеграция с другими приложениями;
- сокращение сроков производства.

К числу наиболее значимых направлений развития автоматизации разработки холодильных машин, в которых необходимо обеспечить кардинальное улучшение ситуации, следует отнести:

- системный уровень разработки, позволяющий обеспечить совместное проектирование программных и аппаратных средств системы, автоматический синтез устройств, начиная с поведенческого описания, а также тестопригодность аппаратуры;
- автоматизированную поддержку и контроль процесса охлаждения сложных систем и устройств, выполняемого большим коллективом разработчиков;
- наличие специализированных микроконтроллеров, направленных на достижение управления большим количеством параметров, например, схем низкотемпературных холодильных машин;
- создание и использование международных стандартов в области автоматизации.

Кроме того, к системе диспетчеризации относятся программы для автоматизации труда архитекторов и строителей, топографов и геологов, которые, однако, остаются за рамками данного курса. В фокусе нашего внимания будут системы диспетчеризации, используемые в холодильной сфере, используемые предприятиями холодоснабжения.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В современном мире технологии развиваются так быстро и стремительно что порой человек не успевает освоить необходимый объем знаний для разработки, усовершенствования и внедрения устройства или группы устройств.

Применение системы диспетчеризации в настоящее время является одним из решающих факторов в процессе производства холодильных машин.

Системы диспетчеризации позволяют специалисту в максимально сжатые сроки выполнять большой объем работы, связанной с производством холодильных машин, а главное тестированием устройства до начала его производства.

Таким образом, актуальным является проведение анализа методов выполнения чертежей в *2D* формате на основе *3D* моделей, в различных системах диспетчеризации для выявления преимуществ и недостатков систем. И приведение алгоритма выполнения модели.

Степень разработанности проблемы

В современных исследованиях, представленных в научно-технической литературе, приведены возможные алгоритмы работы с системами диспетчеризации. Полевой А.А. и другие в своих работах приводили алгоритмы работы с системами диспетчеризации.

Несмотря на большое количество пособий разработанных в данном направлении, отсутствует полная информация о методах работы с системами диспетчеризации.

Цель и задачи исследования

Цель диссертационной работы состоит в анализе существующих систем диспетчеризации, выявление их плюсов и минусов. Составление алгоритма выполнения построения модели.

Для выполнения поставленной цели в работе были сформулированы следующие основные задачи:

1. Изучить основные системы диспетчеризации, существующие на современном рынке.

2. Проанализировать преимущества и недостатки наиболее часто применяемых в промышленности систем, выделить преимущества и недостатки.

3. Разработать систему диспетчеризации и мониторинга.

Область исследования

Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-39 80 03 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем»

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу работы легли исследования ученых в таких областях, как системы диспетчеризации, микроконтроллеры, дистанционное управление машинами, твердотельное моделирование, проектирование, автоматизация производства.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, предоставляемой производителями микроконтроллеров, технических нормативно-правовых актов, сведений из ресурсов Интернет, а также материалов научных изданий, конференций и семинаров [2].

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в разработке системы диспетчеризации и мониторинга низкотемпературной холодильной машины.

Теоретическая значимость: рассмотрены вопросы, связанные с процессами проектирования в современных холодильных машинах. Проведен анализ система автоматизированного производства, выявлены преимущества и недостатки систем. Обоснованы условия применения программ в современном производстве, а конкретно при разработке систем диспетчеризации

Практическая значимость работы заключается в том, что приведенный алгоритма разработки систем диспетчеризации может позволить студентам учебных заведений и начинающим инженерам, грамотно и в краткие сроки освоить процедуру разработки систем диспетчеризации.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Проведение сравнительной характеристики систем диспетчеризации *PlantVisorPro* и *PlantWatchPro*, выявление их преимуществ и недостатков.
2. Рассмотрение процесса кодирования программного обеспечения, для системы диспетчеризации низкотемпературной холодильной машины, применяемой на производстве.

3. Методика проектирования системы диспетчеризации низкотемпературной холодильной машины, с применением микроконтроллера *Carell*.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты работы по теме диссертации были представлены на 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г. Минск, Республика Беларусь, 2021 г.).

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в статье в сборнике материалов научной 57-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения и библиографического списка.

Общий объем диссертационной работы составляет 68 страниц. Из них 60 страниц основного текста, 35 иллюстраций, 8 таблиц, библиографический список из 31 наименования, список собственных публикаций соискателя из 8 наименований, 3 приложения на 8 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения и библиографического списка.

Общий объем диссертационной работы составляет 93 страниц. Из них 79 страницы основного текста, 35 иллюстраций, 8 таблиц, библиографический список из 30 наименований, список собственных публикаций соискателя из 3 наименований, 1 приложения на 8 страницах.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ

Контроллер системы диспетчеризации *PlantWatchPro* – новое решение *CAREL* для построения систем диспетчеризации объектов малого-среднего масштаба.

Высокоинформативный цветной сенсорный дисплей 5.7”, на котором отображаются интуитивно понятные меню.



Рисунок 2.1 – *PlantWatchPRO*

Контроллер *PlantWatchPRO* не является персональным компьютером (ПК может быть подключен при необходимости).

Помимо этого, *PlantWatchPRO* отличается следующими инновационными решениями:

- 1 Возможность подключения и управления до 100 внешних устройств.

- 2 Поддержка протоколов *CAREL* и *Modbus*®.
- 3 Емкость встроенной памяти позволяет вести запись 100 переменных с интервалом в 15 минут в течение 1 года.
- 4 Степень защиты корпуса: IP65.
- 5 Возможность подключения к системе диспетчеризации, работающей под управлением *PlantVisorPRO remote*.
- 6 3 релейных выхода для местной сигнализации или управления освещением и разморозкой.
- 7 Пользователь может экспортировать данные (тревоги, события, конфигурацию и архивы значений контролируемых параметров) на USB-съёмный носитель (данные сохраняются в формате, совместимом с *Microsoft*® *Excel* и *Microsoft*® *Word*).
- 8 Импорт новых стандартных и нестандартных устройств.
- 9 Отображение графиков.
- 10 Управление внешним звуковым сигналом.
- 11 Полное конфигурирование тревог.
- 12 Записная книжка для контактов с указанием SMS, номеров факсов и e-mail адресов.
- 13 Управление активным размораживанием.
- 14 Возможность разграничения прав доступа для различных пользователей (администратор, обычный пользователь, привилегированный пользователь).
- 15 Устройство рассчитано на эксплуатацию в промышленных условиях, не содержит движущихся частей.
- 16 Доступна версия *PlantWatchPRO* со встроенным модемом [15,16].



Рисунок 2.2 - График зависимости температур



Рисунок 2.3 – *PlantVisorPRO*

PlantVisorPRO прекрасно подходит для крупных объектов, где установлено большое количество оборудования, требующего сложной системы контроля.

Существуют несколько вариантов системы в зависимости от количества регистрируемых переменных, от числа подключаемых приборов и от форм-фактора:

PlantVisorPRO имеет расширенный функционал в виде управления логическими устройствами, группами устройств и модуля оценки эффективности работы объекта (*KPI*).

В системе *PlantVisorPRO* реализованы следующие передовые технические решения:

- 1 Профили пользователей и управление доступом.
- 2 *XML* протокол для обмена данными между приложениями.
- 3 Поддержка протоколов *Carel*, *Modbus®*, *TCP/IP*.
- 4 Компонент *Guardian*, проверяющий состояния всех основных компонентов *PlantVisor PRO*.
- 5 Встроенный факс/модем для связи по электронной почте, факсу, через *SMS*-сообщения.
- 6 Встроенный порт *Ethernet™* для соединения с *LAN* – *WAN* – Интернет.
- 7 Параллельный/*USB* порт для принтеров.
- 8 Динамические планы и схемы объектов



Рисунок 2.4 – График зависимости температур

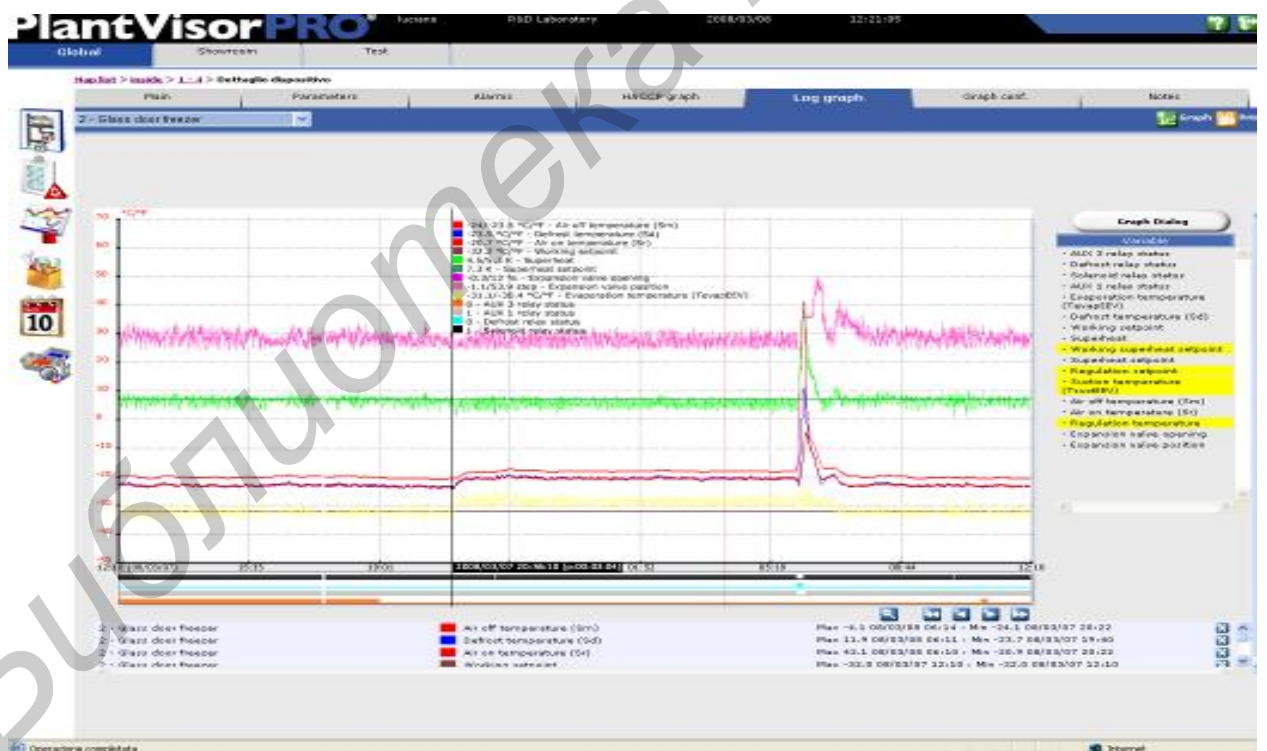


Рисунок 2.5 – График зависимости давления

Все параметры записываются на накопительный диск, с определенным количеством памяти, что в последствии можно использовать в сравнительных характеристиках, или для улучшения качества холодоснабжения.

ВНЕДРЕНИЕ В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС

Система диспетчеризации и управления блочно-модульной была разработана для модернизации блочно-модульных котельных производства «Рэйнбоу-Сервис» с целью обеспечения отображения и оперативного управления технологическим процессом, в том числе из удаленной операторской.

Система диспетчеризации и управления построена на базе логического контроллера ОВЕН ПЛК100 с визуализацией на двух операторских панелях (в помещениях котельной и операторской) и модулей ввода-вывода: четырех модулей ввода дискретных сигналов ОВЕН МВ110-224.8ДФ, трех модулей скоростного аналогового ввода ОВЕН МВ110-220.8АС.

Предусмотрены три шкафа управления. Шкаф ШД1 находится в котельной, в его состав входит:

- Свободно-программируемый контроллер ПЛК100-220.Р, предназначенный для сбора информации о состоянии аналоговых и дискретных сигналов с модулей ввода, релейных схем, пожарно-охранной сигнализации; выдачи управляющих команд в релейную схему (пуск/стоп сетевых насосов) и хранения и выполнения управляющей программы.

- Модули ввода дискретных сигналов ОВЕН МВ110-220.8ДФ, предназначенные для преобразования аналоговых уровней 220 В в цепях управления и сигнализации в дискретный сигнал.

- Панель оператора, предназначенная для визуального отображения технологического процесса и хранения информации о состоянии основных параметров процесса и технологического оборудования в виде архивов, а также передачи команд оператора в ПЛК100, тем самым организуя человеко-машинный интерфейс.

В шкафу ШД2 (в котельной) расположены модули ввода аналоговых сигналов ОВЕН МВ110-8АС. Основное назначение данных модулей – сбор информации с преобразователей физических величин (датчиков) температуры и давления, установленных в ключевых точках системы трубопроводов котельной.

В шкафу ШД3 (помещение диспетчерской) расположена вторая панель оператора, дублирующая все функции операторской панели в помещении котельной.

Обмен информацией между ПЛК100 и панелью оператора в шкафу ШД1 организован при помощи сетевого интерфейса ТСР/ІР и протокола Modbus ТСР/ІР. Контроллер ПЛК100, модули ввода сигналов и панель оператора в шкафу ШД3 объединены в одну сеть при помощи сетевого

интерфейса RS-485 (по двухпроводной схеме). В этой сети используется протокол Modbus RTU.

В качестве преобразователей давления использованы ОВЕН ПД100, в качестве преобразователей температуры применены датчики ОВЕН ДТС105Л и ДТС035Л.

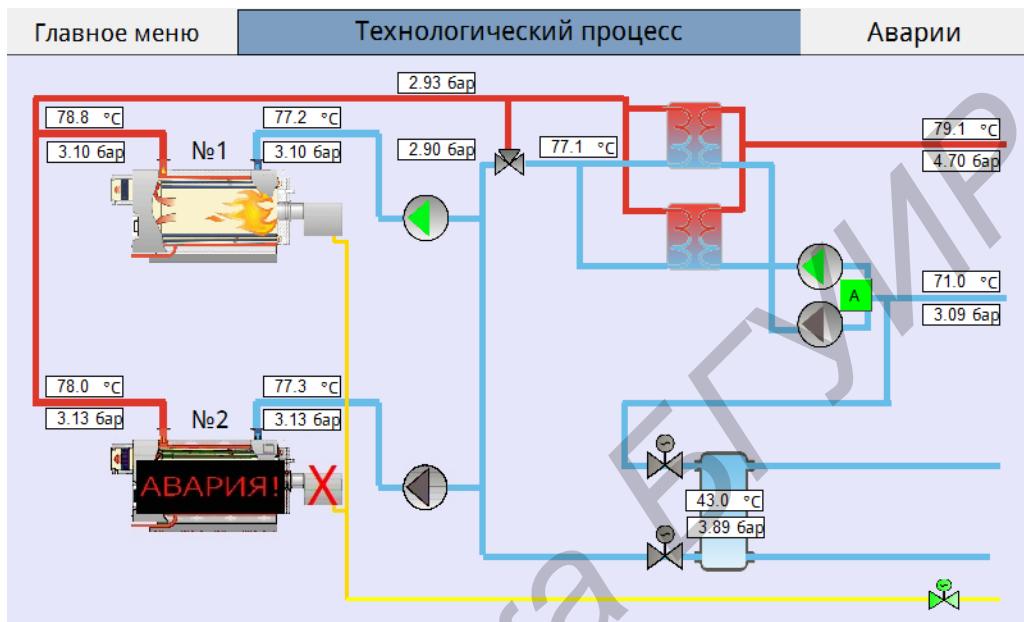


Рисунок 4.1 – Схема технологического процесса системы диспетчеризации



Рисунок 4.2 – Щит управления



Рисунок 4.3 – График зависимости температур

Система обеспечивает отображение текущей информации о состоянии технологического оборудования и параметров блочно-модульной котельной с выводом аварийных сообщений об отклонении параметров, нарушении пожароохранного состояния, отказе оборудования. Предусмотрена архивация значений параметров и состояний с настраиваемой глубиной архива.

РЕЦЕНЗИЯ

Современная холодильная отрасль, переходит на автоматизированную систему управления. В свете этого актуальной проблемой, требующей научной проработки является разработка система мониторинга и диспетчеризации холодильной машины, что позволяет сократить затраты труда работников, обеспечивает дистанционный контроль параметров функционирования и управления холодильной машиной.

Все это и обусловило выбор темы диссертационной работы соискателя Мархонова Е.В., в которой предложена система диспетчеризации холодильной машины, которая обеспечивает мониторинг параметров ее функционирования.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы.

В работе выполнен литературный обзор современных тенденций развития холодильной отрасли, исследованы проблемы моделирования и проектирования систем диспетчеризации.

Представленная автором система диспетчеризации низкотемпературных холодильных машин включает установку микроконтроллера, обеспечивающего снятие параметров с датчиков и передачу информации на удаленную точку доступа, что обеспечивает реализацию мониторинга

процессов в системе. Исследования проводились на модели низкотемпературной холодильной машины, которая соединена последовательно с 4 холодильными камерами с двухкомпрессионными системами и одной сплит-системой.

Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов, содержащихся в диссертации, подтверждается разработкой сборочного чертежа. Полученные новые научные результаты соответствуют современному уровню развития науки и техники в сфере холодильных машин. Все заключительные выводы логически следуют из результатов работы, четко сформулированы, что подтверждает их обоснованность и достоверность.

Проведенные автором исследования и полученные результаты оригинальны и обладают научной, практической и экономической значимостью.

Следует отметить несколько замечаний по работе, которые, тем не менее, не снижают ее научной и практической значимости:

1. В диссертационной работе недостаточно полно описано использование программных комплексов для моделирования распределения температуры в холодильной машине.

2. Не описаны виды и характеристики контролируемых параметров холодильной машины.

3. Не описано моделирование распределения температуры при воздействии внешних факторов.

Диссертационная работа «Система мониторинга и диспетчеризации холодильной машины» отвечает требованиям, предъявляемым к магистерским диссертациям, и является квалификационной работой.

Качество изложения материала диссертации, точность и логичность сделанных в работе выводов, высокий уровень публикаций, в которых содержатся основные результаты диссертационной работы свидетельствуют о том, что работа заслуживает оценки 9 (девять) баллов, а ее автор, Мархонова Е.В., присуждения степени магистра техники и технологии по специальности

1-39 81 01 Компьютерные технологии проектирования электронных систем.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При работе над магистерской диссертацией были тщательно рассмотрены, изучены и проанализированы современные тенденции в развитии систем диспетчеризации.

На первом этапе выполнения данной работы был проведен анализ современных систем диспетчеризации. Согласно представленной на рынке программ, каждая из систем имеет довольно узкую специализацию и не может быть универсальна по отношению ко всем сферам промышленной деятельности. Выбор систем диспетчеризации будет на прямую зависеть от сферы его применения и уровня сложности поставленной задачи. Так же на выбор системы влияет квалификация сотрудника его применяющего.

На втором этапе выполнения диссертационной работы была представлена сравнительная характеристика наиболее популярных систем, используемых на современном рынке, рассмотрен промышленный цикл изделия с точки зрения используемых программ. Были выделены 2 лидирующие системы и проведено их более детальное сравнение, которое помогло определить оптимальный вариант для реализации работы.

На третьем этапе выполнения работы детально рассмотрен процесс твердотельного моделирования и приведены примеры базовых операций. Общие принципы твердотельного моделирования представлены в формате их использования в системах автоматизированного проектирования, что позволило максимально точно выбрать необходимый функционал системы для выполнения работы.

Проведенные выше исследования позволили разработать алгоритм выполнения модели системы диспетчеризации. Возможности ее управления и внедрения в производство.

Список собственных публикаций

[1-А] Виды компрессоров / Мархонов Е.В. // Микроклимат и холод [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://produkt.by/journal/mikroklimat-i-holod-no3-7-dekabr-2012> Дата доступа: 20.06.2021.

[2-А] Диспетчеризация холодильных машин / Мархонов Е.В. // Микроклимат и холод, АПИМХ [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://produkt.by/journal/mikroklimat-i-holod-no3-7-dekabr-2012> Дата доступа: 22.06.2021.

[3-А] Мархонов Е.В., Обмен опыта по обслуживанию холодильных машин, среди стран СНГ // Минский государственный механико-технологический профессионально-технический колледж. – 2020. С. 21-25.

[4-А] Мархонов Е.В., Мужчина в системе образования / Е.В. Мархонов // Семинар среди педагогов в системе ПТО, Минский государственный механико-технологический профессионально технический колледж, 2021. С. 2-10.

[5-А] Мархонов Е.В., Автоматизированные средства обучения / Е.В. Мархонов // Семинар среди педагогов в системе ПТО, Минский государственный механико-технологический профессионально технический колледж, 2021. С. 13-28.

[6-А] Мархонов Е.В., Системы диспетчеризации PlantPro / Е.В. Мархонов // Конференция, Минский государственный механико-технологический профессионально технический колледж, 2021. С. 42-60

[7-А] Мархонов Е.В., Автоматизированное рабочее место на производстве / Е.В. Мархонов // Конференция, Минский государственный механико-технологический профессионально технический колледж, 2021. С. 55-71.

[8-А] Мархонов Е.В., Система диспетчеризации PlantVisorPro и PlantWatchPro / 57-ая конференция Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, Минск 2021. С. 12-16.