

**ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

УДК 65.011.56

**РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ  
МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*Абышев Оман Аскарбекович, M.S.Eng., M.S.IT, КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0556-188-140, e-mail: [muras\\_a@bk.ru](mailto:muras_a@bk.ru), ORCID ID 0000-0002-6365-0153*

*Омуралиев Усен Касымович, к.т.н., профессор, кафедра ТМ КГТУ им. И.Раззакова, Кыргызстан, 720044, г.Бишкек, пр. Ч. Айтматова 66. Тел: 0772-341-057, e-mail: [uomuraliev@mail.ru](mailto:uomuraliev@mail.ru)*

*Яблочников Евгений Иванович, к.т.н., доцент, кафедра ТПС СПб НИУ ИТМО, Российская Федерация, 197101, г.Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д.49. Тел: +7-921-947-63-12, e-mail: [eugeny\\_tps@mail.ru](mailto:eugeny_tps@mail.ru)*

**Аннотация.** Данная статья посвящена рассмотрению основных вопросов и результатов работы в рамках проводимых научных исследований за период обучения в магистратуре. Рассмотрено актуальное состояние проблем развития цифровых производств, используемые методы исследований. Описаны основные элементы и архитектура разрабатываемой системы поддержки принятия решений. Предложен проект системы на базе решения инструментов бизнес-анализа. Приведены выводы и достигнутые результаты исследования.

**Ключевые слова:** цифровое производство, автоматизация производства, кибер-физическая система, информационные технологии, теория принятия решений, системы принятия решений, производственная система, цифровое производство

**DEVELOPMENT OF THE DECISION-MAKING SUPPORT SYSTEM ON THE  
BASIS OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT MONITORING DATA**

*Abyshev Oman Askarbekovich, M.S.Eng., M.S.IT, KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel.: 0556-188-140, e-mail: [muras\\_a@bk.ru](mailto:muras_a@bk.ru), ORCID ID 0000-0002-6365-0153*

*Omuraliev Usen Kasymovich, Cand.sc.(Eng), professor, TM department of KSTU n.a. I.Razzakov, The Kyrgyz Republic, 720044, Bishkek city, Ch. Aitmatov ave 66. Tel: 0772-341-057, e-mail: [uomuraliev@mail.ru](mailto:uomuraliev@mail.ru)*

*Yablochnikov Evgenij Ivanovich, Cand.sc.(Eng), ass.professor, IT department of ITMO University, The Russian Federation, 197101, Saint-Petersburg, Kronverkskij pr. 49, Tel: +7-921-947-63-12, e-mail: [eugeny\\_tps@mail.ru](mailto:eugeny_tps@mail.ru)*

**Abstract.** Proposed article is devoted to consideration of main issues and results of the research study in the framework of master degree program. The current state of the problems of digital manufacturing development and the research methods used are examined. Main elements and architecture of the DSS system are described. The project of the DSS system is proposed on the basis of business analysis tools. Conclusions and results of the research are presented.

**Key words:** digital manufacturing, industrial automatization, cyber-physical system, informational technologies, decision-making theory, decision-making system, industrial system, digital manufacturing

Современные промышленные предприятия имеют сложную организационную структуру, определяемую широким спектром экономической деятельности, территориальной распределенностью производственных мощностей, многообразием деловых контрагентов и поставщиков.

Возрастающая динамика и дифференциация производственных и бизнес-процессов, обусловленная экономической ситуацией, а также новыми условиями взаимодействия «производитель-покупатель», вызванная стремлением обеспечить индивидуальные запросы и потребности заказчиков, все чаще заставляет менеджмент пересматривать прежние подходы к планированию, организации и управлению производством.

Сложившаяся ситуация на глобальном рынке показывает, что тенденция к ориентации производства товаров и услуг на индивидуальные вкусы потребителей требует изменения моделей организации производственных процессов, с учетом перехода от концепции управления отдельными ресурсами и функциональными подразделениями к управлению единой производственной системой, связывающей вместе деятельности всех структур промышленного предприятия.

Использование современных информационно-управляющих систем, основанных на математическом аппарате и методах теории принятия решений и исследования операций, позволяет обеспечить достижение оптимальных параметров производственных процессов на этапе проектирования и эксплуатации.

В этой связи новым вектором развития глобальной и национальной экономики, основанной на цифровых информационных технологиях, выступает развитие и внедрение необходимой для этого инфраструктуры – диджитализация (от англ. Digitalization – оцифровывание) среды.

Повышенный интерес к цифровым технологиям среди предприятий самых разных отраслей экономики обусловлен стремлением производителей укрепить свое положение на рынке, а также получения актуальной информации о последних тенденциях в этой сфере и возможностей их внедрения для достижения максимальной пользы и эффективности.

**Актуальность исследования данной тематики** обусловлена влиянием изменений, вызванных развитием и внедрением новых информационных технологий, на процессы принятия управленческих решений в экономике, управлении и организации современных высокотехнологичных цифровых производств.

**Научная новизна данной работы** заключается в определении архитектуры системы и совокупности технологий для принятия управленческих решений на основе данных мониторинга технологического оборудования.

**Цель данной работы** заключается в исследовании и разработке проекта информационно-управляющей системы поддержки и принятия управленческих решений, как элемента единого информационного пространства цифрового производства.

В рамках достижения поставленной цели был определен следующий **ряд задач:**

- Исследовать современное состояние и проблемы развития предметной области, методы принятия управленческих решений и архитектуру построения систем поддержки и принятия решений;
- Исследовать современные технологии в области передачи данных, мониторинга промышленного оборудования и создания киберфизических производственных систем;
- Определить и спроектировать состав, структуру и модели взаимодействия ИСУ СППР с единой информационной средой производственного предприятия;
- Разработать и предложить единую бизнес-модель, организационную структуру

и модели взаимодействия ИСУ СППР, как элемента современного цифрового производства;

- Реализовать предложенную модель взаимодействия ИСУ СППР.

### Методы исследования

#### 1. Теоретические методы

##### 1.1. Системный анализ технических решений

Изучение и исследование объекта как системы взаимосвязанных компонентов. Рассмотрение и выявление подсистем и связей между элементами. Оценка взаимосвязанности и согласованности элементов проектируемой системы;

##### 1.2. Литературный обзор источников

Поиск априорной информации в литературных источниках, в том числе отраслевых периодических изданий, научной литературы, трудов и материалов научно-практических конференций и семинаров.

##### 1.3. Моделирование и идеализация

Создание, исследование и анализ моделей объектов исследования. Идеализация моделей для формирования и проверки гипотез.

##### 1.4. Анализ существующих и синтез новых проектных решений

Изучение, анализ и оценка существующих решений в исследуемой области. Выявление недостатков и путей их улучшения. Синтез новых проектных решений на основании проведенного анализа.

#### 2. Эмпирические методы

##### 2.1. Анализ рыночной среды и экспертных мнений

Наблюдение за внешней средой – рынком информационных технологий, специального и общего машиностроения. Поиск лучших практик. Интервью с владельцами бизнеса, специалистами и заинтересованными лицами.

##### 2.2. Тестовые испытания системы / Экспериментальный метод

Оценка эффективности и рациональности предлагаемых моделей архитектуры разрабатываемой системы. Исследование режимов работы, стабильности входных и выходных данных. Выявление и устранение несоответствий

### Промышленность как основа экономического роста

Многие экономисты, политологи и государственные деятели большинства экономически развитых стран обращаются к теме развития собственного сектора обрабатывающей промышленности, машиностроения и станкостроения, привлекая внимание к тому факту, что богатство общества в целом и успех сервисной (цифровой) экономики в частности, зависят от технических и технологических возможностей промышленности. Ведущие мировые страны проводят целенаправленную инвестиционную политику, для достижения превосходства в производственной сфере и технологиях, наукоемких отраслях, инновациях и научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках.

Тенденции в области мирового потребительского рынка, являющегося основным фактором экономического развития, обозначили новые векторы и сферы потенциального роста производительности промышленных производств: сервис-ориентированное взаимодействие с потребителями и заказчиками в виртуальной среде, облачные распределенные вычисления, хранение и защита информации, коллективное потребление и использование товаров и услуг, децентрализация управления и др.

В этой связи для отечественной промышленности открываются как новые возможности, так и угрозы: к кратному отставанию по производительности труда, культуры производства и качеству производимой продукции и сервиса может добавиться отставание в переходе на новые принципы взаимодействия в цепочке «поставщик-потребитель». Это может привести к принципиальной невозможности конкурировать с ведущими международными промышленными концернами, как по себестоимости продукции, так и

скорости исполнении заказов. Ключевыми факторами активизации всеобщей информатизации общества становятся доступность программного обеспечения, обновление аппаратного оборудования, развитие сетевых технологий, рост виртуальных предприятий. [1-3, 5]

Параллельно с распространением идей цифровой экономики осуществляется процесс формирования цифрового рынка, который характеризуется как пул социальных, правовых и экономических отношений, складывающихся в сфере купли-продажи и обмена информационными продуктами между потребителями, производителями, посредниками.

Правительством Кыргызской Республики разрабатывается проект общенациональной программы цифровой трансформации «Таза Коом» в рамках «Стратегии устойчивого развития страны – 2040». Программой определены цели, задачи, принципы и ожидаемые результаты внедрения. [4]

Так, в рамках проведения заседания Высшего Евразийского экономического совета, было обсуждено в порядке двадцати вопросов дальнейшего сотрудничества в рамках ЕАЭС. В настоящее время реализуются проекты по вопросам интеграции различных информационных систем государств – членов Евразийского экономического союза.

Под **цифровым производством** (*Digital manufacturing*) понимается концепция и организационные модели и методы управления производственной системой, в основе которой лежит использование технологий цифрового моделирования и проектирования как самих продуктов и изделий, так и производственных процессов на всем протяжении жизненного цикла – создании цифровых двойников продукта и управление процессами его производства и эксплуатации.

Внедрение концепции, принципов и технологий цифрового производства в рамках долгосрочной стратегии развития всех отраслей промышленности представляет собой одну из актуальных проблем, стоящих перед исследователями, инженерами и правительствами стран государств-членов ЕАЭС. Для достижения этих целей правительствами стран разрабатываются и утверждаются федеральные и национальные программы развития цифровой экономики и производства.

**Четвертая индустриальная революция** (Industry 4.0) – это комплекс новых технологий, базирующихся на глубокой интеграции информационных технологий и производственных процессов и направленных на трансформацию промышленного производства в условиях нового технологического уклада, включающих в себя использование новых систем организации, планирования и управления предприятием.

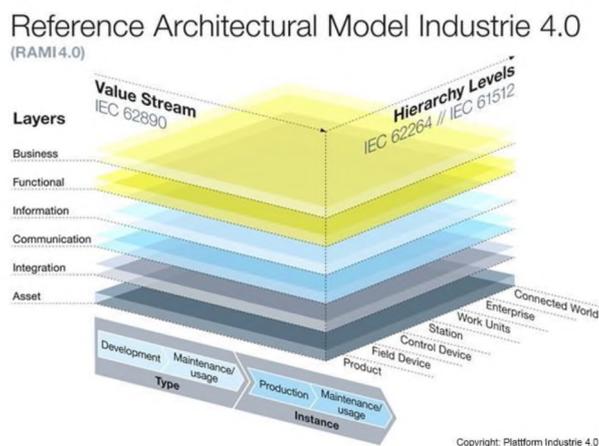


Рисунок 1 – Архитектура RAMI, предложенная немецкой ассоциацией German Electrical and Electronic Manufacturers' Association (ZVEI)

Комплекс технологий четвертой индустриальной революции основывается на рассмотрении производственной системы как **кибер-физической системы** (*cyber-physical system, CPS*) – полностью автоматизированном цифровом производстве, управляемым интеллектуальными системами в режиме реального времени, обеспечивающих появление более гибких моделей организации труда, а также взаимодействию с внешней средой и перспективой объединения в глобальную промышленную сеть. [1-3, 5]

Создается облачная модель завода, где в виртуальном пространстве воссоздается весь производственный процесс и жизненный цикл продукта – от разработки идеи, проектирования, дизайна до производства, поставки конечному заказчику, эксплуатации, обслуживания и утилизации.

Цифровая копия завода позволяет еще до начала производства выстроить оптимальную производственную, логистическую, ресурсную цепочку, рассчитать ее стоимостные показатели.

Появление дополнительных методов и механизмов управления на этапах жизненного цикла изделия позволяет использовать системный анализ и планирование для обеспечения максимальной эффективности и оптимального качества.

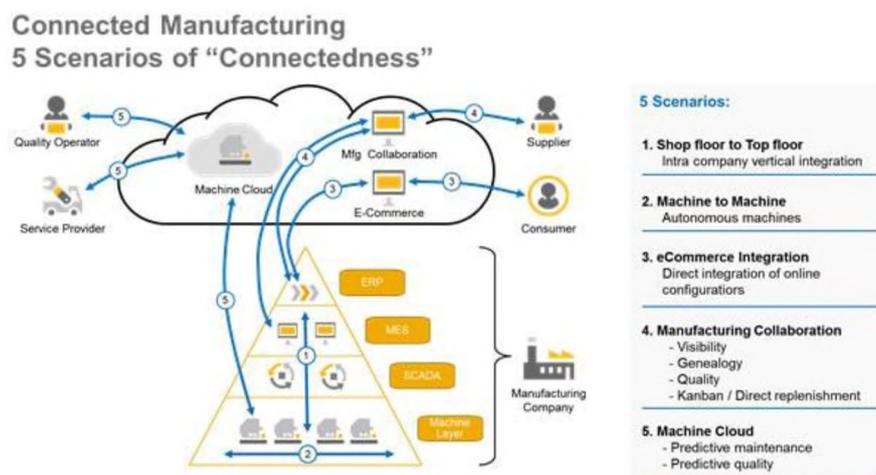


Рисунок 2 – Облачная модель взаимодействия ICPS (Industry cyber-physical system) с участниками среды. Источник: ICCPS, Lisbon, 2017

Стремясь усилить мощь и позиции организации, менеджеры и руководители ежедневно сталкиваются с препятствиями, проблемами и вопросами, ответы на которые они не могут получить при помощи операционных систем. Существующие системы управления планирования ресурсов и управления предприятием обеспечивают некоторую прозрачность операций, однако они не предоставляют аналитическую информацию и интеллектуальные ресурсы, необходимые для управления результативностью и принятия управленческих решений.

В тоже время, развитие информационных технологий и прогресс в области управления данными, количественного анализа и аналитической обработки данных значительно облегчает управление результативностью, позволяющее руководителям и рядовым сотрудникам предприятий принимать всесторонне взвешенные решения.

Выбранный курс на цифровую трансформацию объектов и процессов и их интеграцию в рамках единого информационного пространства позволит производителям обеспечить рост в условиях производства персонализированной продукции и удовлетворения индивидуальных предпочтений заказчиков, благодаря повышению гибкости, снижению затрат и барьеров для выхода на рынок, предоставляя дополнительные возможности для инноваций и инвестиций.

**Системы принятия решений или поддержки и принятия решений, (СПР / СППР)**

– это класс информационно-управляющих человеко-машинных систем, позволяющие решать задачи информационной поддержки процессов принятия управленческих решений руководством организации на основе математических, статистических, эмпирических и эвристических методов.

Современная тенденция в развитии искусственного интеллекта позволяю использовать данные технологии и в области теории принятия решений. В этой связи является достаточно интересным и актуальным создание и внедрение интеллектуальных самообучающихся систем поддержки и принятия решений.

Назначение систем поддержки и принятия решений (СППР) – упростить процесс принятия пользователями наиболее эффективных и оптимальных решений на основе информации, получаемой от объектов и накапливаемой системой, а также тех методов ее обработки и представления, которые были заложены в основу ее работы. Это является первичной и определяющей функцией систем данного класса.

**Системы SCADA** (Supervisory Control And Data Acquisition) – системы удаленного контроля и диспетчеризации получили широкое распространение и успешно используются в самых разных отраслях промышленности и экономики, где требуется обеспечивать операторский контроль и управление технологическими процессами в режиме реального времени.

Генерируемые данные и структурированная информация используется для оценки эффективности работы как единицы оборудования, так и всего производственного подразделения, принятия управленческих решений по внесению изменений в производственный процесс, а также может быть передана в более высокие системы управления производством для решения задач синхронизации, координации, анализа и оптимизации выпуска продукции. В рамках теоретического исследования предложена классификация систем мониторинга технологического оборудования по способу мониторинга, коммуникации и уровню функциональности. [1-3, 5]

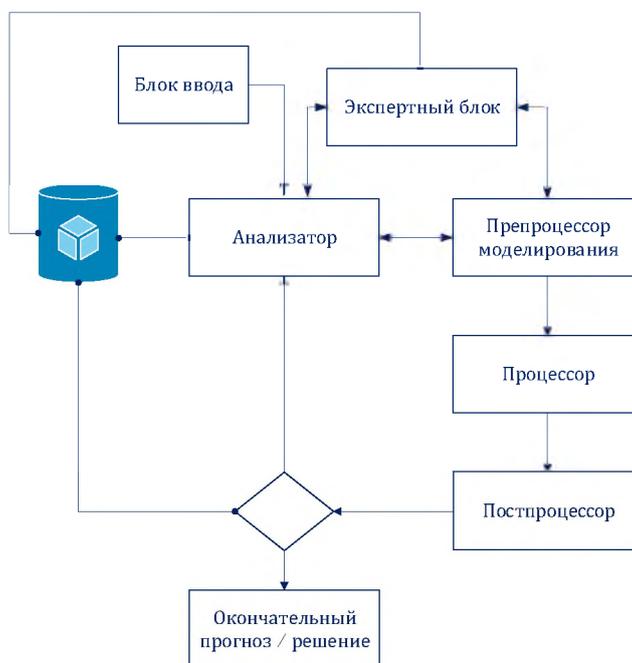


Рисунок 3 – Функциональная схема самообучающейся СППР

**Проект «Интегрированный инструмент управления результативностью. СППР Business Intelligence»**

Проект системы на базе подсистемы удаленного мониторинга и диспетчеризации

технологического оборудования и модуля управленческого учета экономических параметров производства. Система будет включать в себя несколько модулей, направленных на достижение комплексного сопровождения в процессе принятия управленческих решений для руководителей среднего и верхнего уровня.

Основным объектом данной системы будет являться бизнес-процесс и его критерии его результативности. Рассмотрение процесса как объекта позволит использовать систему управления бизнес-процессами как основу внедрения СППР.

Предоставления информации предполагается на витринах данных, формирующимся автоматически на базе генерируемой информации с полевого оборудования. На основании бизнес-анализа требований заказчика и существующей организационной и производственной архитектуры предлагается определить базовый набор основных метрик и зависимостей с последующим составлением технической спецификации.

Основные преимущества:

- Простота интеграции разрабатываемого решения с полевым уровнем автоматизации и системой управления бизнес-процессами;
- Гибкость настройки и конфигурирования;
- Многоцелевое использование СППР;
- Экспертная система: позволяет использование опыта специалистов в решении возникающих задач с возможностью дальнейшего обучения;
- Облачное хранение данных и инновационная структура управления базами данных позволяет обеспечить высокую скорость обработки запросов и обращений

#### **Апробация результатов исследования. Тестовые испытания системы**

Цель испытаний: реализовать устойчивую передачу данных, поступающих от технологического оборудования в систему удаленного мониторинга в режиме реального времени.

Этап 1. В рамках достигнутой договоренности для КГТУ им. И. Раззакова была предоставлена образовательная лицензия системы удаленного мониторинга Winnum. Данная лицензия была предоставлена для выполнения исследований в области построения умных производственных систем на базе имеющегося оборудования

Этап 2. Был проведен анализ оборудования кафедр на предмет возможности подключения к системе удаленного мониторинга. На данном этапе было решено в дальнейшем проводить лабораторные испытания на базе лабораторного стенда ОВЕН ПЛК.

Этап 3. На основе выбранного оборудования был сформирован перечень базовых контролируемых параметров его работы. Благодаря наличию программно-логического контроллера ОВЕН ПЛК 110-30 и предустановленных датчиков температуры и влажности, основными параметрами были соответственно выбраны «Текущая температура» и «Текущая влажность воздуха».

Этап 4. В связи с наличием готового лабораторного стенда с предустановленными датчиками температуры и влажности было решено организовать схему мониторинга на базе реальной и моделируемой системы:

- Мониторинг температуры и влажности в помещении лаборатории
- Мониторинг работы модели «биохимического реактора винного брожения»
- Мониторинг работы модели «термической муфельной печи закалки и отпуска»

Данный стенд имеет достаточное количество сетевых интерфейсов на базе ПЛК ОВЕН для работы с сетью Интернет и передачи данных по стеку протоколов ТСР/ІР. В этой связи было решено использовать соединение через физический интерфейс Ethernet по Modbus ТСР/ІР.

Этап 5. Были проведены серии тестовых испытаний.

Этап 6. На основании полученных результатов и выявленных технических ограничений были сформированы выводы и определены направления дальнейшей работы.

В рамках проведенного анализа технологического парка кафедр был сформирован перечень потенциальных параметров мониторинга для дальнейшего использования в СППР.

Одним из путей дальнейшей работы является дальнейшая разработка и оптимизация модели стенда для устойчивой передачи данных, поступающих от технологического оборудования в систему удаленного мониторинга в режиме реального времени на базе стека протоколов Ethernet - TCP/IP, а также интеграция стенда с СППР.

Разработанный стенд может быть основой для дальнейших исследований в области создания цифровых производственных систем, а также служить объектом для материально-технического оснащения образовательных курсов в рамках программ бакалавриата и магистратуры КГТУ им. И.Раззакова.

### **Выводы**

Использование и внедрение систем поддержки принятия решений соответствуют современным тенденциям развития в области цифровых производств;

Системы поддержки принятия решений могут служить основой дальнейшей системной интеграции производственных процессов и технологического оборудования в цифровой среде;

Доказана работоспособность предложенной архитектуры и модели взаимодействия программно-аппаратных компонентов на примере тестового стенда.

### **Описание достигнутых результатов**

В настоящей работе был исследован процесс разработки системы принятия решений на основе данных мониторинга технологического оборудования.

Разработка, внедрение и применение новых моделей и систем поддержки принятия решений является первым шагом к переходу к новой концепции организации производственных систем, что в свою очередь позволит повысить качество принимаемых решений, управляемость и результативность производственных процессов, обеспечить информационный обмен и координацию между промышленным оборудованием в режиме реального времени, цепочкой промышленных поставок, поставщиками, системами управления бизнесом и потребителями.

В рамках достижения цели данной работы были проведены исследования, а также разработан проект информационно-управляющей системы поддержки и принятия управленческих решений, как элемента единого информационного пространства цифрового производства. В процессе работы над проектом были расширены, углублены и систематизированы теоретические и практические знания, полученные в течение периода обучения по специальности.

Исследованы современное состояние и проблемы развития цифровых производств, недостатков современных моделей организационного управления предприятием, а также эволюция данных моделей. Выполнен анализ влияния организационного дизайна на процессы управления результативностью.

Рассмотрены методы и модели теории принятия решений, технологий разработки и архитектур систем принятия решений. Рассмотрены модели подключения технологического оборудования к цифровой производственной системе предприятия, способы передачи, хранения и обработки информации. Определено место систем принятия решений в процессе управления результативностью бизнес-процессов организации.

В рамках проектной части были разработаны и спроектированы структурные и организационные модели предлагаемой системы, сформированы диаграммы взаимодействия и алгоритмов работы. Выполнены и приведены результаты исследований и лабораторных испытаний системы. Предложена модель использования системы в рамках проекта комплексной автоматизации производственного предприятия «The Tien-Shan Shelly Rock».

Использование результатов данной работы позволит стать основой как для разработки

программного продукта на базе предложенного проекта, так и дальнейших научных исследований в области бизнес-аналитики, а также управления и организации процессов цифровой трансформации отечественных производств. Использование предлагаемого проекта СППР позволит обеспечить рост показателей качества и эффективности результатов принимаемых решений, а также достижения высокой результативности в рамках поставленных задач.

### Список используемой литературы

1. Kelly K. New Rules for the New Economy: 10 radical strategies for a connected world / К. Kelly. – New York: Viking, 1998. – 224 p.
2. Кунцман А.А. Трансформация внутренней и внешней среды бизнеса в условиях цифровой экономики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://uecs.ru/index.php?option=com\\_flexicontent&view=items&id=4131](http://uecs.ru/index.php?option=com_flexicontent&view=items&id=4131), дата обращения: 14.12.2016.
3. Алексеев И.В. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития электронного взаимодействия. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://interactive-plus.ru/ru/article/116328/discussion\\_platform](https://interactive-plus.ru/ru/article/116328/discussion_platform), дата обращения - 14.12.2016.
4. О Программе цифровой трансформации Кыргызской Республики «Таза Коом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tazakoom.kg/site/concept/4>, дата обращения - 14.12.2016.
5. Klaus Schwab the Fourth Industrial Revolution. – World Economic Forum, 2016. – 184 с.
6. Hammer M., Champy J. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution. - N-Y: HarperCollins. – 332 с.
7. Коккинз Г. Управление результативностью: Как преоболеть разрыв между объявленной стратегией и реальными процессами / Гери Коккинз; Пер. с англ. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 316 с.
8. О. И. Ларичев. Наука и искусство принятия решений, - Москва: Издательство "Наука", 1979.
9. О. И. Ларичев. Теория и методы принятия решений, а также хроника событий в волшебных странах, Учебник, - м.: Издательство "Логос", 2000.
10. Системы поддержки принятия решений, сайт TAdviser, [Электронный ресурс], URL-адрес: [http://www.tadviser.ru/index.php/Decision\\_Support\\_Systems\\_DSS](http://www.tadviser.ru/index.php/Decision_Support_Systems_DSS), дата обращения – 06.03.18.
11. Экономический сайт, руководство для экономистов, [Электронный ресурс], URL: <http://www.catback.ru/articles/theory/manage/decision.htm>, дата обращения – 06.03.18.
12. Энциклопедия АСУ ТП, [Электронный ресурс], URL-адрес: [http://www.bookasutp.ru/Chapter2\\_9.aspx](http://www.bookasutp.ru/Chapter2_9.aspx), дата обращения – 02.03.2018.
13. Н.М. Абдикеев. Реинжиниринг бизнес-процессов: учебник / Н.М. Абдикеев, Т.П. Данько, С.В. Ильдеменов, А.Д. Киселев. – 2-е изд., испр. – М.: Эксмо, 2007. – 592 с.