

УДК 004.021+ 656.25

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УЧЕТА И КОНТРОЛЯ УСТРОЙСТВ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ***Арипов Н.М., Баратов Д.Х.*

В статье рассмотрены методология создания системы электронного документооборота технической документации (ЭДТД), описана ее обобщенная формализованная схема, представлена формальная модель ЭДТД, Логический уровень формальной модели ЭДТД реализован с использованием аппарата теории графов. Основные теоретические результаты реализованы в программном обеспечении «Автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики».

**Ключевые слова:** железнодорожная автоматика и телемеханика, электронный документооборот технической документации, теория графов, модель электронного документооборота, формальное представление технической документации, программное обеспечение.

Мақолада техник хужжатларни электрон айланиши тизимини ишлаб чиқиш услубияти кўриб чиқилди, умумий формаль схема тавсифланди, формаль модел кўрсатилди. Техник хужжатларни электрон айланиши формаль моделининг мантикий даражаси граф назарияси кўлланган ҳолда амалга оширилди. Назарий натижалар Автоматика ва телемеханика қурилмаларини ҳисобга олиш ва назорат қилишни автоматлаштирилган тизимида жорий этилди.

**Таянч иборалар:** темир йўл автоматика ва телемеханикаси, техник хужжат, граф назарияси, электрон хужжат айланиш модели, техник хужжатни формал кўриниши, дастурий таъминот.

Transport processes, especially from the point of view of the analysis of functioning of the automated technological complexes, including management and control of systems and devices of railway automation and telemechanics, are naturally formalized with application of schemes of mass service. the methodology of description of electronic document flow of technical documentation (EDMTD) in automation and telemechanics economy is based on allocation of the following components: control levels, technological chains according to the selected levels of hierarchy and algorithms of technological processes (TP) of the studied EDMTD.

The formalized EDMTD scheme is synthesized on the basis of the generalized formalized scheme (GFS) of complex Queuing systems proposed by the authors in [4,5]. The content of the conceptual model (model description) is formed in accordance with the selected components based on the results of the

survey of real processes of EDMTD. This allows us to move from a description model to a formalized scheme [6], which serves as the basis for the development of automated technology and simulation model (SM) of EDMTD, designed to assess the effectiveness of the system engineering decisions. A formal model is defined by a pair of disordered sets: a) a set of variables-parameters; b) a set of relations linking the values of these variables.

The article describes the methodology of creating an electronic document management system of technical documentation (EDMTD), describes its generalized formalized scheme, presents a formal model of EDMTD, the Logical level of the formal model of EDMTD implemented using the apparatus of graph theory. The main theoretical results are realized in the software “Automated system of accounting and control of railway automation and telemechanics devices”.

**Keywords:** railway automation and telemechanics, electronic document management of technical documentation, graph theory, model of electronic document management, formal presentation of technical documentation, software.

## I. ВВЕДЕНИЕ

Переход на новые технологии автоматизированного управления вызывает необходимость разработки систем электронного документооборота, обеспечивающих эффективную поддержку принятия решений на всех этапах разработки, внедрения и эксплуатации систем и управления движением поездов.

Внедрение электронного документооборота является одной из важнейших задач железнодорожного транспорта и программы переходу к «Электронному правительству». В АО «Узбекистан темир йўллари» в настоящее время хранятся огромные объемы технической документации, которые создаются, обрабатываются и анализируются вручную. При этом одни и те же этапы ввода первичных данных выполняются неоднократно разными службами и организациями, увеличивая затраты непроизводительного труда и количество «ошибок оператора».

Системы электронного документооборота являются мощным средством повышения производительности труда и качества выполняемых работ при создании и проектировании объектов новой техники. Они играют важную роль при разработке и внедрении систем железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ), как существующих, так и новых поколений [1].

Транспортные процессы, особенно с точки зрения анализа функционирования автоматизированных технологических комплексов, включая управление и контроль систем и устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, естественно формализуются с применением схем массового обслуживания. Так, например, непрерывный процесс движения поезда в системах СЖАТ представляется в виде последовательности дискретных событий – занятия и освобождения рельсовых цепей [2].

Создание такой сложной и объемной системы, как электронный документооборот технической документации (ЭДТД) СЖАТ, является непрерывным процессом. ЭДТД разрабатывается и внедряется поэтапно, на протяжении длительного периода времени, а уже внедренные подсистемы и процессы совершенствуются на основе новых информационных технологий и технических средств. Разработка новых классов СЖАТ, например микропроцессорных, также требует совершенствования и развития ЭДТД. Эти факторы определяют непрерывность процесса создания ЭДТД СЖАТ, следовательно, и постоянную потребность в принятии новых системотехнических решений. Очевидна также необходимость количественного обоснования системотехнических решений, что, в свою очередь, предполагает разработку соответствующих инструментальных средств и сопровождение ими процессов создания и эксплуатации систем ЭДТД.

## II. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

**Теоретические положения процесса автоматизации учета и контроля устройств СЖАТ.** В соответствии с предложенной в [2] концептуальной моделью методология описания ЭДТД в хозяйстве автоматики и телемеханики основывается на выделении следующих составляющих: уровней управления, технологических цепочек по выделенным уровням иерархии и алгоритмов выполнения технологических процессов (ТП) исследуемого ЭДТД [3].

Формализованная схема ЭДТД синтезируется на основе обобщенной формализованной схемы (ОФС) сложных систем массового обслуживания, предложенной авторами в [4,5]. Содержательное наполнение концептуальной модели (модель-описание) формируется в соответствии с выделенными составляющими по результатам обследования реальных процессов ЭДТД. Это позволяет перейти от модели-описания к формализованной схеме [6], которая служит основой для разработки автоматизированной технологии и имитационной модели (ИМ) ЭДТД, предназначенной для оценки эффективности принимаемых системотехнических решений.

Формальная модель определяется парой неупорядоченных множеств: а) множеством переменных-параметров; б) множеством отношений, связывающих значения этих переменных. Обеспечение средств создания формальных моделей является наиболее важной задачей математики, и именно это делает ее основой прикладных наук. Именно модель представляет объект исследования или расчетов и определяет характер формального аппарата, используемого для описания задачи и выполнения необходимых вычислений [7].

В соответствии с теоретическими результатами, полученными в работе [8], формально процесс ЭДТД представляется в виде трех конечных множеств и связей элементов этих множеств между собой. Математическая нотация данного процесса представлена в виде тройки

$$D_T = \{U, P, \Phi\}$$

где  $D_T$  – формальная модель электронного документооборота технической документации;  $U$  – множество участников;  $P$  – множество процессов;  $\Phi$  – множество состояний ТД с допустимыми областями значений.

Множество  $U$  определяется как конечное множество фактических участников документооборота,  $P$  – как конечное множество процессов, выполнение которых производится в пределах рассматриваемой системы документооборота участниками из множества  $U$ ,  $\Phi$  – конечное множество состояний, которые могут принимать ТД после выполнения процессов из множества  $P$  участниками из множества  $U$ .

Результаты, представленные состояниями документов, выстраиваются в последовательность изменяемых состояний. Это позволяет представить документооборот в виде конечного автомата, который оперирует документами в виде алфавита и действиями участников, представленными в виде функций перехода автомата.

Логический уровень формальной модели ЭДТД реализован с использованием аппарата теории графов [9]. Теоретические исследования, позволившие реализовать данный подход в системе документооборота, были проведены автором в работе [10].

Для представления графа документооборота технической документации принимается написание вида

$$G = (V, E, \Gamma),$$

где  $V$  – множество вершин графа,  $E$  – множество ребер графа,  $\Gamma$  – множество отношений инцидентности.

При построении графовой модели документооборота ТД предлагается использовать следующий способ отображения документооборота ТД графами [11]. Для задания множества вершин графа будем использовать множество возможных состояний  $\Phi$ . Ребра графа зададим с помощью множества процессов  $P$ . Установим это соответствие таким образом, чтобы выполнялись следующие правила:

- одной вершине графа соответствует один и только один элемент множества  $\Phi$ ;
- одному ребру графа соответствует один и только один элемент множества  $P$ ;
- одному элементу множества  $\Phi$  соответствует одна и только одна вершина графа;
- одному элементу множества  $P$  соответствует одно и только одно ребро графа.

Предложенный подход представления модели в виде совокупности графов был практически реализован в программном комплексе и является основой для хранения данных об архитектуре моделируемой системы документооборота.

Рассмотрим логическую схему алгоритмов процесса ведение заказных спецификаций алгоритма A11 [12] :

$$A11 = b_{111} \downarrow^{111} b_{112} \alpha_{111} \uparrow^{111} \downarrow^{117} d_{111} \alpha_{112} \uparrow^{112} \alpha_{113} \uparrow^{113} v_{119} b_{113} \omega \uparrow^{116} \downarrow^{113} v_{111} \downarrow^{116} v_{112} v_{113} \times \\ \times v_{114} v_{115} v_{116} v_{117} v_{118} \alpha_{114} \uparrow^{114} \downarrow^{114} b_{115} b_{116} b_{117} v_{111} v_{112} \downarrow^{112} v_{1110} b_{114} \alpha_{115} \uparrow^{115} v_{+} \omega \uparrow^{117} \downarrow^{115} v_{j}$$

Для отображения переходного процесса, в алгоритмическом описании с использованием теории графов [13-15], построим граф переходов (рис. 1).

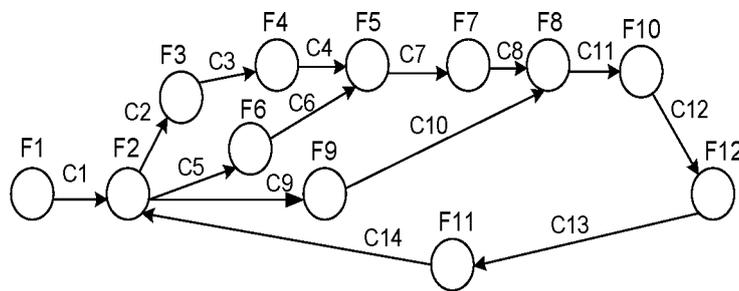


Рис.1. Графовая модель алгоритмического описания A11

В графовой модели использованы следующие условные обозначения:

- измененные в состоянии документы, используемых в моделируемом процессе – F1,...,F12.
- алгоритмы, производимые над документами для смены состояний – C1,...,C14.

Возможные цепочки (Ц) прохождения алгоритма A11 в графовой модели:

$$\text{Ц1} = \text{F1C1-F2C2-F3C3-F4C4-F5C7-F7C8-F8C11-F10C12-F12}$$

$$\text{Ц2} = \text{F1C1-F2C5-F6C6-F5C7-F7C8-F8C11-F10C12-F12}$$

$$\text{Ц3} = \text{F1C1-F2C9-F9C10-F8C11-F10C12-F12}$$

$$\text{Ц4} = \text{Ц1-Ц2-Ц3-C13F11C14-Ц1-Ц2-Ц3}$$

Технологический уровень формальной модели документооборота ТД основывается на автоматную модель ЭДТД.

Предлагаемые формальные модели ЭДТД реализованы в программном модуле «Автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики» (АСУ-КЖАТ), которая зарегистрирована в государственном реестре.

**Программное обеспечения ЭДТД.** Для сохранения всех данных ЭДТД используется СУБД MS SQL Server 2008. Очень многие СУБД разделяют свою работу на два уровня по системе "Клиент-Сервер". С точки зрения

исполнения программа разделена на две части - клиентскую и серверную.

В двухуровневой системе "Клиент-Сервер": Клиент – программа обработки, т.е. пользовательская прикладная программа. Занимается обычно интерфейсом с пользователем, а всю фактическую работу с базой данных выполняет база данных сервера.

Сервер базы данных – базис является ядром базы данных. Передает выбранную из базы информацию по межпроцессному каналу клиенту.

Решение задачи создания документно-ориентированного программу осуществлено с использованием языка C# средой программирования Visual Studio 2010. Интегрированная среда системы программирования C#, включающая редактор, отладчик, язык программирования, объектно-ориентированное программирование, встроенные мощные графические процедуры, возможность использования модулей и процедур, написанных на других языках в стандарте Microsoft, является эффективным инструментом для создания программного обеспечения, в том числе и высокого профессионального уровня.

Основные результаты работ авторов [4,8,10,12] реализованы в программном обеспечении «Автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики» (АСУ-КЖАТ). Оно предназначено для автоматизации учета и контроля приборов железнодорожной автоматики и телемеханики, а также для планирования работы ремонтно-технологического участка.

С технологической точки зрения АСУ-КЖАТ представляет собой интеграционную систему, охватывающую делопроизводство, контроль и учет устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, и связывающую их с внешней средой электронного обмена.

При описании классов дается общее назначение методов и данных с применение содержания классов, введенное в модели ЭДТД. В табл.1 приведено описание основных классов программа АСУ-КЖАТ с описанием реализованных методов. Таким образом, в этой программе просматривается создание, редактирование и удаление приборов и списка оборудования. Программа позволяет обеспечить локальное и сетевое взаимодействие между процессами документооборота.

Табл.1.

Описание основных классов АСУ-КЖАТ

Название	Описание класса	Реализованные методы
Program	Главная точка входа для приложения	Main()
MainForm	Главная форма для приложения	readProperties() Form1_Load(object sender, EventArgs e) loadTree() addRazdelToParent(TreeNode node1, TreeNode node2, object p) createElement()

		int[] getChildIDRazdel(object id) int[] getChildIDShch(object id) DataTable Otchet1(int id) DataTable Otchet2(int[] ids) DataTable Otchet3(int id) DataTable Otchet4(int[] ids) DataTable Otchet5(int id, string priznak) DataTable Otchet6(int[] ids, string priznak) DataTable Otchet7(int id) DataTable Otchet8(int[] ids)
FmCreate	Форма для добавления нового оборудования	loadRazdelniyPunktComb() loadMarkComb() loadTipReleComb() loadRele() saveToDB()
FmSelect	Форма для показания таблицы всех оборудования со сроком выбранного раздела, станция или ШЧ	loadDataTo(string query, DataGridView dgv) loadAllPribor() loadOsnovPribor() loadZamenPribor() isBeforeReplase(object datetime)
FmEdit	Форма редактирование для выбранного оборудования	LoadValue(int id_pribor) loadRazdelniyPunktComb() loadMarkComb() loadTipReleComb() loadRele() saveEditingToDB()
Oborodovaniya	Класс для сохранения свойство объекта оборудования	setNarx(string zavod, double narx) double getNarx(string zavod) setXarajat(string zavod, double xarajat) double getXarajat(string zavod) double getResult(string zavod)
FmReport	Форма для формирования разных отчетов	pdBeginPrint(object sender, PrintEventArgs e) pdEndPrint(object sender, PrintEventArgs e) pdPrintPage(object sender, PrintPageEventArgs e) DrawNextPage(PrintPageEventArgs e) string getChartFileName() DataTable correcting(DataTable table)

**Практическая реализация системы ЭТД.** Для апробации полученной теоретической базы ОФС разработана автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. Автоматизированная система проходит испытания в Ташкентской дистанции сигнализации и связи ШЧ-1.

**Архитектура системы. Серверная часть.** Сервер используется с операционной системой Windows. Требование к конфигурацию компьютера:  
 – частоту процессора – не менее 2,52 ГГц;

- объем ОЗУ – не менее 512Мб;
- объем свободного дискового пространство – не менее 16 Гб.

На сервере должно быть установлено следующее дополнительное программного обеспечения в виде:

- MS SQL Server 2008;
- MS Visual Studio 2010.

Учитывая, что на сервере будет располагаться и обрабатываться большое количество материалов как текстовых, рекомендуемые параметры ресурсов следующие:

- частота процессора – 2ГГц;
- объем ОЗУ – 3Гб;
- объем жесткого диска – 500Гб.

Сервер должен быть оснащен сетевым адаптером (со скоростью передачи данных 100 Мбит/с) для организации сетевого взаимодействия.

**Клиентская часть.** Аппаратные требования, предъявляемые к рабочему месту оператора АСУ-КЖАТ зависят от программного обеспечения, которое должно функционировать на данном компьютере.

Состав программного обеспечения для рабочего места оператора включает:

- ОС семейства Windows версии 7.0 и выше;
- Microsoft Office 2010;
- Microsoft.NET Framework 4.0.

Рекомендуемые аппаратные требования для места оператора:

- частота процессора – 2ГГц;
- объем ОЗУ – 3Гб;
- объем свободного дискового пространство – 80Гб;
- сетевой адаптер со скоростью передачи данных 100 Мбит/с.

Система электронного документооборота повышает скорость принятия решений за счет достаточного объема информации и сокращения времени для обработки документации.

В современных условиях в развитии электронного документооборота СЖАТ наблюдаются следующие тенденции: расширение функциональных возможностей, повышение требований безопасности информации, уменьшение времени на обработку технической документации и др. Эти новые качества систем электронного документооборота могут быть достигнуты за счет использования современной методики и средств информационных систем.

Использование информационно-коммуникационных технологий позволяет существенно расширить каналы взаимодействия службы автоматизации и телемеханики с причастными организациями, способствовать тем самым укреплению сотрудничества между предприятиями, построенного на взаимопонимании, учете интересов каждого.

АСУ-КЖАТ представляет собой с одной стороны обширную базу данных, хранящую в себе полную информацию об установленном оборудовании, включая его историю. С другой стороны, АСУ-КЖАТ является клиентской частью, которая работает с этой базой данных и реализует потребности различных служб.

На рис.2 приведена архитектура программного комплекса АСУ-КЖАТ. Комплекс будет распространяться через Ремонтно-технологические участки (РТУ) дистанции сигнализации и связи (ШЧ) АО “Ўзбекистон темир йўллари” с использованием серверов АСУ-КЖАТ и базы данных.

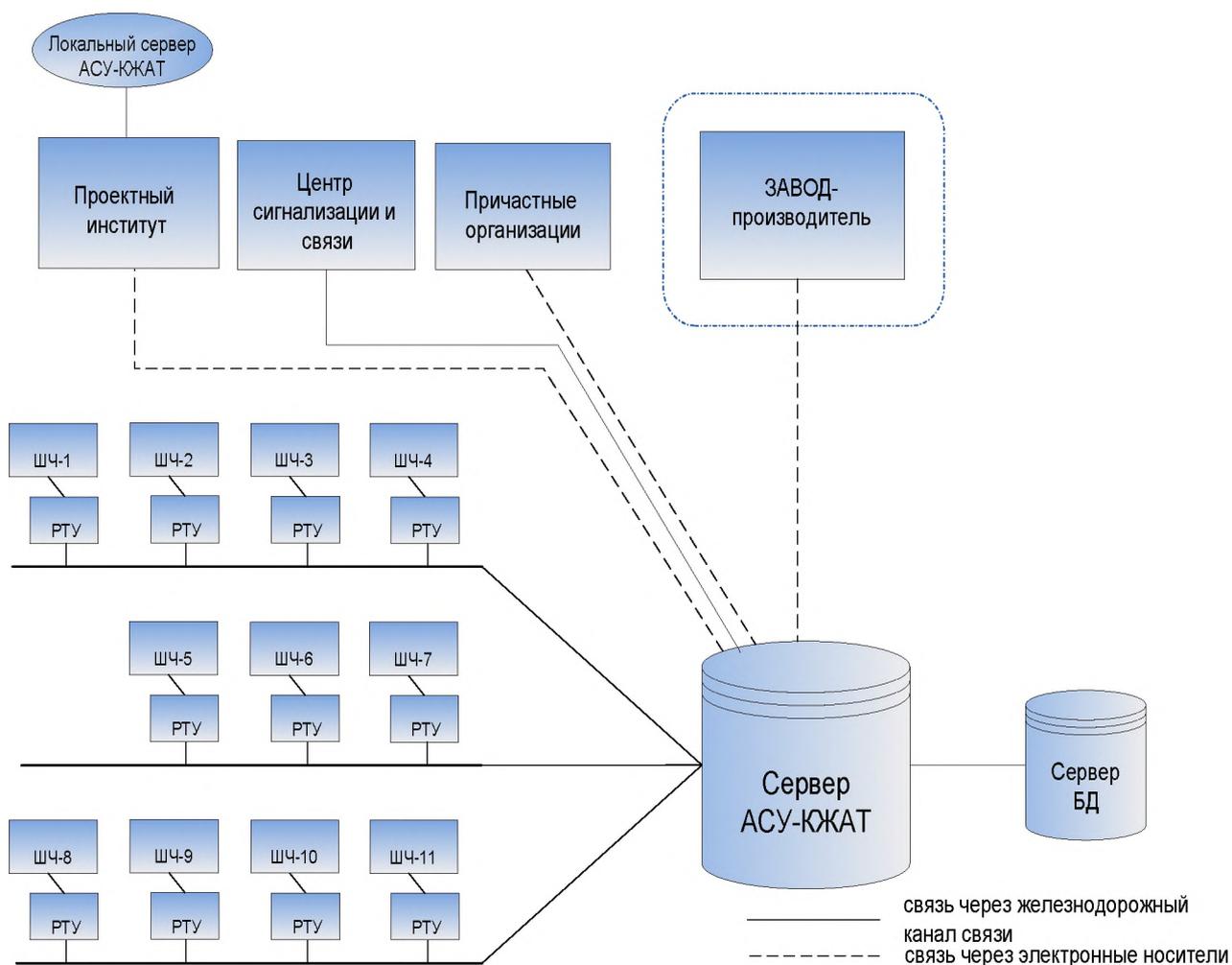


Рис.2. Архитектура программы АСУ-КЖАТ

Предполагается использовать АСУ-КЖАТ в общей структуре системы электронного документооборота технической документации.

Предлагаемая технологическая структура учитывает возможности существующих линии связи, технологии передачи данных. База данных контроля и учета устройств железнодорожной автоматики и телемеханики организуется на сервере АСУ-КЖАТ. В свою очередь сервер АСУ-КЖАТ

взаимодействует с базой данных.

Необходимо учитывать, что традиционный бумажный документооборот контроля и учета устройств железнодорожной автоматики и телемеханики еще не скоро потеряет свое значение – в ближайшие годы важные документы все равно будут издаваться, утверждаться и доставляться в бумажном виде.

Тем не менее, существуют (и в ряде организаций уже эксплуатируются) интегрированные бумажно-электронные технологии, в которых контроль и учет устройств железнодорожной автоматики и телемеханики осуществляется в электронном виде, и именно с электронной копией идет работа, а бумажная копия передается обычным путем.

Информационные безбумажные технологии контроля и учета устройств железнодорожной автоматики и телемеханики облегчают процесс управления всеми потоками оборудования. Они образуют основу решений, которые обеспечивают автоматизированный и централизованный обмен информацией об оборудовании и извлекают лишь необходимую информацию из всех доступных источников. На рис.3. показана структура источников информации АСУ-КЖАТ.

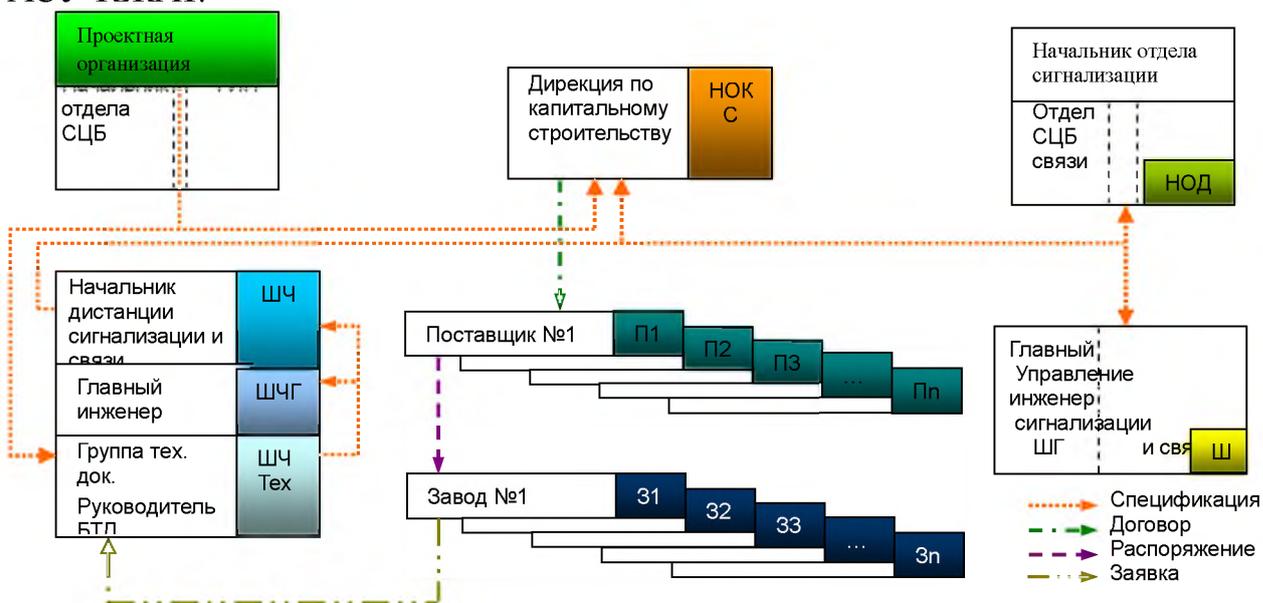


Рис.3 – Структура источников информации АСУ-КЖАТ

Фрагмент структуры баз данных АСУ-КЖАТ представлен на рис.4. В логической модели БД представлены таблицы базы данных, и их взаимосвязь.

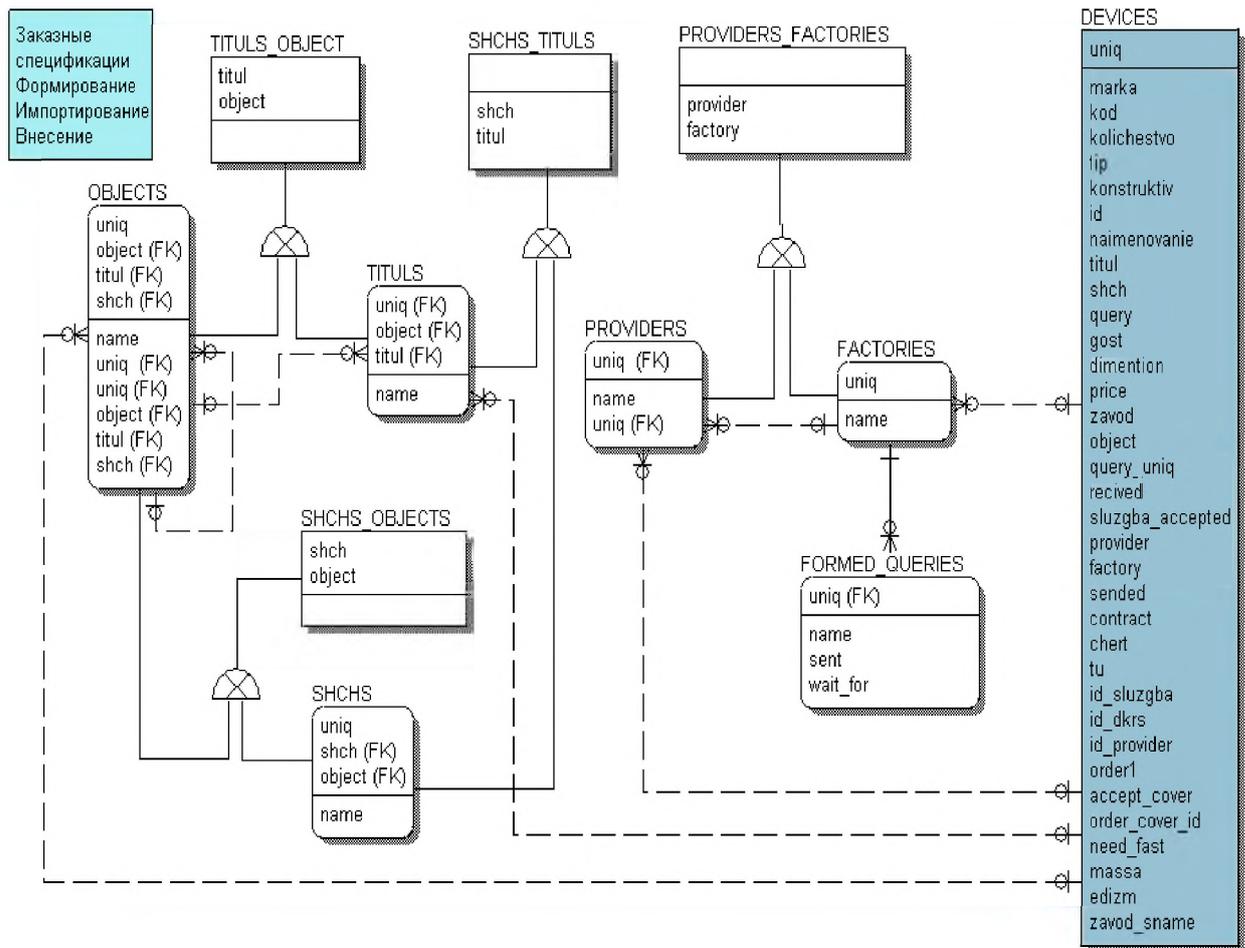


Рис.4 – Фрагмент логической модели БД АСУ-КЖАТ

Как показывает опыт, современные объемы работ по строительству и ремонту железных дорог уже немыслимы без использования информационных технологий. Бумажные носители не позволяют быстро обмениваться данными, аккумулировать, обрабатывать и анализировать информацию. Совершенно очевидно, что большую часть работы (особенно хорошо алгоритмизированную), выполняемую человеком можно переложить на компьютер. В настоящее время в связи с организацией объединения заводов, выпускающих оборудование сигнализации, централизации и блокировки (СЦБ) для железнодорожного транспорта, особенно актуальной становится задача распределения ресурсов для обеспечения своевременного и высококачественного выполнения планов капитального ремонта, капитального строительства и эксплуатации устройств СЦБ. Такую задачу можно выполнить на основе баз данных технической документации, формируемых в дистанциях автоматики и телемеханики в электронном виде с помощью комплекса задач «Автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики».

АСУ-КЖАТ предназначено для автоматизации учета и контроля

приборов железнодорожной автоматики и телемеханики, а также для планирования работы ремонтно-технологического участка и формирования разных вариантов карточек замены приборов.

Программа применяется в дистанциях автоматики и телемеханики железной дороги.

Основные функции программы:

- создание и ведение базы данных, включающей паспорта конкретных приборов и информацию о месте их установки;
- сопровождение перемещений приборов в связи с периодическими заменами, списаниями, поступлениями и др.;
- планирование замены приборов с выдачей технологически необходимой информации;
- контроль выполнения планов замены приборов;
- анализ отказов приборов устройств сигнализации, централизации и блокировки;
- планирование работы ремонтно-технологических участков;
- выдача выходных документов, возможность поиска приборов в базе данных по произвольным запросам.

Кроме того, АСУ-КЖАТ позволяет осуществить автоматизированный учет замены и передвижения аппаратуры. АСУ-КЖАТ представляет собой с одной стороны обширную базу данных, хранящую в себе полную информацию об установленном оборудовании, включая его историю. С другой стороны, АСУ-КЖАТ является клиентской частью, которая работает с этой базой данных и реализует потребности различных служб.

Назначение АСУ-КЖАТ состоит в повышении эффективности процессов ведения базы данных по контролю и учету устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, ведения на стационарном и дистанционном уровне управления хозяйством сигнализации, централизации и блокировки за счет использования компьютерных технологий ее получения, хранения и переработки.

### **III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Электронный документооборот для контроля и учета устройств железнодорожной автоматики и телемеханики в виде АСУ-КЖАТ позволяет существенно повысить эффективность работы службы автоматики и телемеханики, и предприятий, связанных с этим документооборотом.

В данной статье представлены теоретические основы построения формальной модели ЭДТД СЖАТ. В соответствии с теоретическими результатами формально процесс ЭДТД представлен в математической модели. Логический уровень формальной модели ЭДТД реализован с использованием аппарата теории графов. Основные теоретические

результаты реализованы в программном обеспечении «Автоматизированная система учета и контроля устройств железнодорожной автоматики и телемеханики» (АСУ-КЖАТ).

Показаны описание основных классов программы. Представлены архитектура программного обеспечения и предъявляемые требования к используемой серверной и клиентской части.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Булавский П.Е., Баратов Д.Х. Принципы организации и особенности электронного документооборота технической документации службы автоматики и телемеханики железной дороги // Сборник: Автоматика и телемеханика железных дорог России. Техника, технология, сертификация сборник научных трудов. Под редакцией Вл.В. Сапожникова. – СПб: ПГУПС, 2008. – С. 31-37.
- [2] Булавский П.Е. Концептуальная модель электронного документооборота технической документации // Транспорт Российской Федерации. – 2011. – №1(32). – С. 60-63.
- [3] Булавский П.Е. Синтез формализованной схемы электронного документооборота систем железнодорожной автоматики и телемеханики / Булавский П.Е., Марков Д.С. // Известия ПГУПС. – 2010. – Вып. № 4. – С. 63–74.
- [4] Арипов Н.М., Баратов Д.Х. О документообороте в хозяйстве автоматики и телемеханики и внедрение безбумажной технологию ведения технической документации // Вестник ТашИИТ. 2015. – №2. – 2015. – С.77-81.
- [5] Булавский П.Е., Марков Д.С., Соколов В.Б., Константинова Т.Ю. Формализация алгоритмического описания систем обеспечения жизненного цикла железнодорожной автоматики и телемеханики // Автоматика на транспорте. 2015. №4 (Том 1). С.418-432.
- [6] Булавский П.Е. Электронный документооборот технической документации / Булавский П.Е., Марков Д.С. // Автоматика, связь, информатика. – 2012. – №2. – С.2-4.
- [7] Круковский М.Ю. Концепция построения моделей композитного документооборота // Математичні машини і системи. – 2004. – № 2. – С.149–163.
- [8] Арипов Н.М., Баратов Д.Х. Мирсалихов Э.А. Моделирование электронного документооборота технической документации железнодорожной автоматики // Проблемы информатики и энергетики. 2016. №2. С.78-84.
- [9] Diestel R. Graph Theory, Electronic Edition. — NY: Springer-Verlag, 2005. — С. 422.

- [10] Baratov D., Aripov N. Formalization of electronic technical document management of railway automatics and telemechanics // *European Applied Sciences*. #8. 2016. P.33-36.
- [11] Круковский М.Ю. Графовая модель композитного документооборота // *Математичні машини і системи*. – 2005. – № 3. – С. 149-163.
- [12] Carson J. S. Model verification and validation / J. S. Carson // *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, San Diego, CA, USA, December 08–11, 2002*. Pp. 52–58.
- [13] Karim Kanso, Faron Moller, Anton Setzer. Automated Verification of Signalling Principles in Railway Interlocking Systems // *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*. #250 (2009). Pp. 19–31.
- [14] Ibrahim SENER, Ozgur Turay KAYMAKCI, Ilker USTOGLU, Galip CANSEVER. Specication and formal verication of safety properties in a point automation system // *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*. . #24 (2016).pp. 1384-1396.
- [15] Баратов Д.Х. Вопросы моделирования электронного документооборота автоматизированных технологических процессов // *Научный вестник “Машиностроение”*. 2017. №1. С.62-67.