

УДК 004.75

**П.С. ВОРОБЬЕВ**  
**А.Т. МИРГАЛЕЕВ**, кандидат  
технических наук, доцент  
**Г.С. ТОЛСТОВ**, кандидат  
технических наук  
**С.М. ШАМАЕВ**

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОГО РЕЕСТРА  
(БЛОКЧЕЙН) ДЛЯ СОЗДАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ  
НА ЭТАПАХ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ  
ВООРУЖЕНИЯ, ВОЕННОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*В статье изложены подходы к построению автоматизированных систем прослеживаемости цепей поставок сырья, материалов и комплектующих, а также финальных изделий вооружения, военной и специальной техники от изготовления до утилизации на основе использования технологии распределенного реестра (приватного блокчейна). Предлагаемые подходы позволяют верифицировать данные на этапе ввода в реестр, исключают потерю, неправомерные изменения данных любым участником оборота продукции. Тем самым создаются условия для повышения эффективности оперативного управления ресурсным обеспечением по таким критериям, как полнота, достоверность данных, корректность принимаемых решений, выигрыш во времени, устойчивость управления в любых условиях обстановки.*

*Ключевые слова: автоматизированная система; прослеживаемость; вооружение, военная и специальная техника; распределенный реестр; узлы.*

На этапе производства и эксплуатации высокотехнологичной продукции машиностроения, к которой относятся и вооружение, военная и специальная техника (ВВСТ), ключевую роль играет возможность обеспечения однозначной и непрерывной связи потоков материальных ресурсов и процессов с ними (сырья, материалов, изделий, инструментов, документации, изменения прав собственности, выполненных работ, внешних условий, полученных воздействий, др.) и характеризующего их

информационного потока. Такая связь обеспечивается в рамках организации эффективного механизма документирования, хранения, передачи данных о продукции на производственной и послепроизводственных стадиях жизненного цикла (ЖЦ), начиная с поступления сырья, материалов и комплектующих изделий в производство и кончая утилизацией ВВСТ и комплектующих. Указанные задачи решаются в рамках создания автоматизированных систем прослеживаемости продукции [1] при реализации процессов ЖЦ ВВСТ [2-4].

При создании систем прослеживаемости должна решаться задача получения данных из разнородных автоматизированных систем различной ведомственной и организационно-хозяйственной принадлежности, обеспечения необходимого уровня доверия к данным, что требует сохранения полноты и достоверности данных даже в условиях попыток умышленного или неумышленного искажения, уничтожения данных, утраты части структурных элементов автоматизированной сети, где хранились данные. Доверие к данным предполагает создание системы контроля полноты и непротиворечивости данных, которая должна распространяться на данные всех участников оборота продукции, начиная от изготовителей сырья, материалов и комплектующих, включая всех посредников в цепи поставок, изготовителей финальной продукции, эксплуатантов, арсеналы и склады, предприятия по ремонту, сервисному обслуживанию и утилизации ВВСТ [5]. С учетом разновременности событий с продукцией (до десятков лет), территориальной и организационной разобщенности всех участников, ограничений на доступ к данным по соображениям коммерческой и государственной тайны, создание сквозной системы контроля полноты и непротиворечивости данных по ЖЦ продукции представляется крайне сложной задачей. Собственник данных, исходя из своих интересов, может задним числом изменить свои архивные записи, а текущий собственник продукции может утратить связанные данные, переписать свои или чужие данные в составе маркировки, паспорта (формуляра, этикетки), сертификатов соответствия, сопроводительной документации. Все это в полной мере проявляется сегодня в системе оборота сырья, материалов, финальных изделий и комплектующих элементов оборонной и гражданской продукции в виде заметного присутствия

фальсифицированных и контрафактных материалов и изделий, а также продукции с недостоверными данными о ЖЦ<sup>1</sup>.

Применяемые сегодня в промышленности и Минобороны России автоматизированные системы управления материальными ресурсами на основе баз данных участников реализации ЖЦ оборонной продукции не обеспечивают в необходимой мере сквозной контроль полноты и непротиворечивости данных с учетом многократной передачи данных между участниками, не исключают возможность утраты, неправомерного изменения, удаления и добавления данных. Функции контроля качества данных требуют создания специальных органов с полномочиями анализа информационных потоков в системе прослеживаемости продукции, выявления и прекращения оборота уже введенных в систему недостоверных данных и связанной с ними продукции.

Указанные недостатки автоматизированных систем управления материальными ресурсами можно в значительной степени устранить на основе использования технологии распределенного реестра (приватного блокчейна)<sup>2</sup>, которая позволяет верифицировать данные на этапе ввода в реестр и исключает потерю данных, изменения данных или неправомерные удаления и добавления данных любым участником оборота продукции.

Технология распределенного реестра основана на применении полностью реплицированной распределенной базы данных, размещенной в распределенной сети одноранговых узлов, которые хранят в зашифрованном или незашифрованном виде информацию о всех выполненных в сети транзакциях в виде копий записей реестра, подписанных с помощью асимметричного шифрования.

Под транзакциями понимаются любые действия, которые владельцы материалов или изделий совершают в сети – внесение данных об изготовлении продукции, проведенных испытаниях, приемке, характеристиках, гарантийных обязательствах, продаже / покупке, приеме / передаче, обработке, сборке, наработке, изменении комплектности,

---

<sup>1</sup> Материалы и изделия, не имеющие достоверных документальных свидетельств о реализации событий ЖЦ (изготовлении, испытаниях, условиях транспортирования и хранения, применениях по назначению, технических обслуживаниях, доработках, отказах, др.) по причине утраты или недолжного ведения формуляров, паспортов, этикеток, наличия не удостоверенных должным образом дубликатов документов, записей, исправлений и наличия пропусков данных.

<sup>2</sup> Michiel Mulders. Hyperledger Fabric Tutorial: Comprehensive Guide. URL: <https://blockgeeks.com/guides/hyperledger-fabric-tutorial-part-1>. Updated on: April 24th, 2020.

проведении обслуживаний, ремонтов, доработок, выявленных отказах, списании и утилизации, а также операции чтения данных.

Записи о транзакциях подвергаются проверке по установленным правилам и группируются в блоки, которые являются специальными структурами для записи и хранения транзакций. Выстроенная по определённым правилам непрерывная цепочка блоков называется блокчейном, она представляет собой связный список, где каждая следующая запись ссылается на одну предыдущую, и так до самой первой записи. Каждый блок содержит информацию о предыдущем блоке и изменение любого блока потребует изменения всех блоков, следующих за ним. Отсутствие изменений удостоверяется цифровой подписью (через криптографические хэш-функции, далее хэш). Блок состоит из заголовка и списка транзакций. Заголовок блока включает в себя свой хеш, хеш предыдущего блока, хеши транзакций и дополнительную служебную информацию. Транзакция считается завершённой и достоверной (подтверждённой или валидной), когда проверены её формат, содержание и подписи, и когда сама транзакция объединена в группу с несколькими другими. Такая автоматизированная децентрализованная транзакционная модель не требует участия посредников в виде центральной базы данных, аналитических контрольных служб и обеспечивает автоматическую проверку согласованности новых данных со всеми ранее документированными данными ещё на этапе ввода информации в систему.

Пользователями такой сети должны являться текущие и предшествующие владельцы сырья, материалов, комплектующих и изделий ВВТ, к которым относятся предприятия-изготовители, посредники в цепях поставок, эксплуатирующие организации, арсеналы / базы хранения, ремонтные предприятия, предприятия по утилизации, которые могут записывать данные в реестр (только в период владения продукцией) и читать данные. Виды материалов и изделий ВВСТ должны учитываться в рамках отдельных независимых каналов сети, в которых ведутся части единого реестра или самостоятельные реестры. Пользователями такой сети также должны являться органы управления и контроля, которые могут только читать данные реестра в соответствии с их полномочиями. Возможна гибкая настройка прав доступа к сети, создание частных систем с закрытыми для чтения блоками – посторонние не

смогут читать данные, к которым у них нет допуска. Просмотр транзакций в этом случае будет возможен только с ключами шифрования.

Каналом сети называется закрытая подсеть, состоящая из двух или более участников блокчейн-сети, предназначенная для проведения конфиденциальных транзакций внутри ограниченного, но известного круга участников. Канал определяется участниками, своим распределённым реестром, алгоритмом обработки транзакций, а также составом и функциями узлов сети. Каждый участник канала должен быть авторизован на доступ к каналу и иметь право выполнять разного рода транзакции. Авторизация должна выполняться с помощью специализированной службы в составе сети.

Названия узлов в сети распределенного реестра указаны далее с учетом принятой международной терминологии и выполняют следующие функции. Узлы одобрения (Endorsing Peers) осуществляют симуляцию исполнения транзакции, то есть выполняют заданный алгоритм обработки транзакции в соответствии с политикой одобрения (Endorsement Policy) без регистрации данных в реестре. После выполнения проверки и исполнения алгоритма узлы возвращают результаты выполнения клиентскому приложению вместе со своей цифровой подписью. Узлы упорядочивания (Ordering Service) служат для формирования новых блоков распределенного реестра и определения очередности исполнения транзакций. Данные узлы не добавляют новые блоки в реестр, эту функцию выполняют узлы исполнения транзакций (Committing Peers). Данные узлы содержат распределенный реестр и добавляют к реестру новые блоки, которые формируют узлы упорядочивания. Все узлы исполнения транзакций содержат локальную копию распределенного реестра. Перед добавлением нового блока в реестр все транзакции внутри блока проверяются на непротиворечивость ранее введенным данным и на соответствие установленным правилам, которые называются «политикой одобрения». Правила определяют необходимый набор узлов, на которых должен быть выполнен алгоритм проверки и обработки транзакции для того, чтобы транзакция была признана валидной. Распределенный реестр (Ledger) состоит из двух частей: часть реестра с записями значений характеристик текущего состояния продукции (State DataBase) и часть реестра с цепочками блоков, хранящих все предшествующие значения и изменения данных (BlockChain).

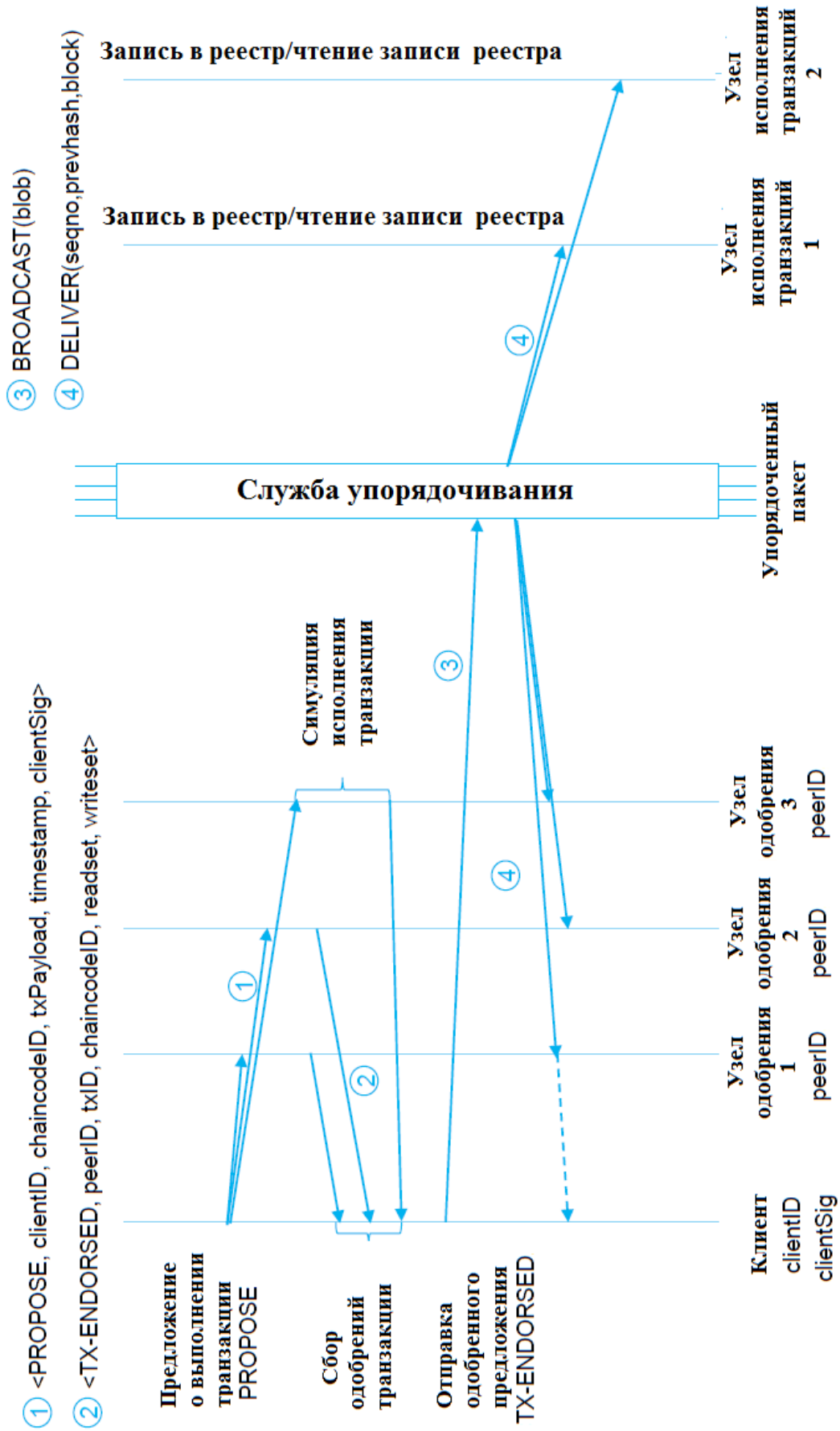


Рисунок 1 – Типовой сценарий исполнения транзакции

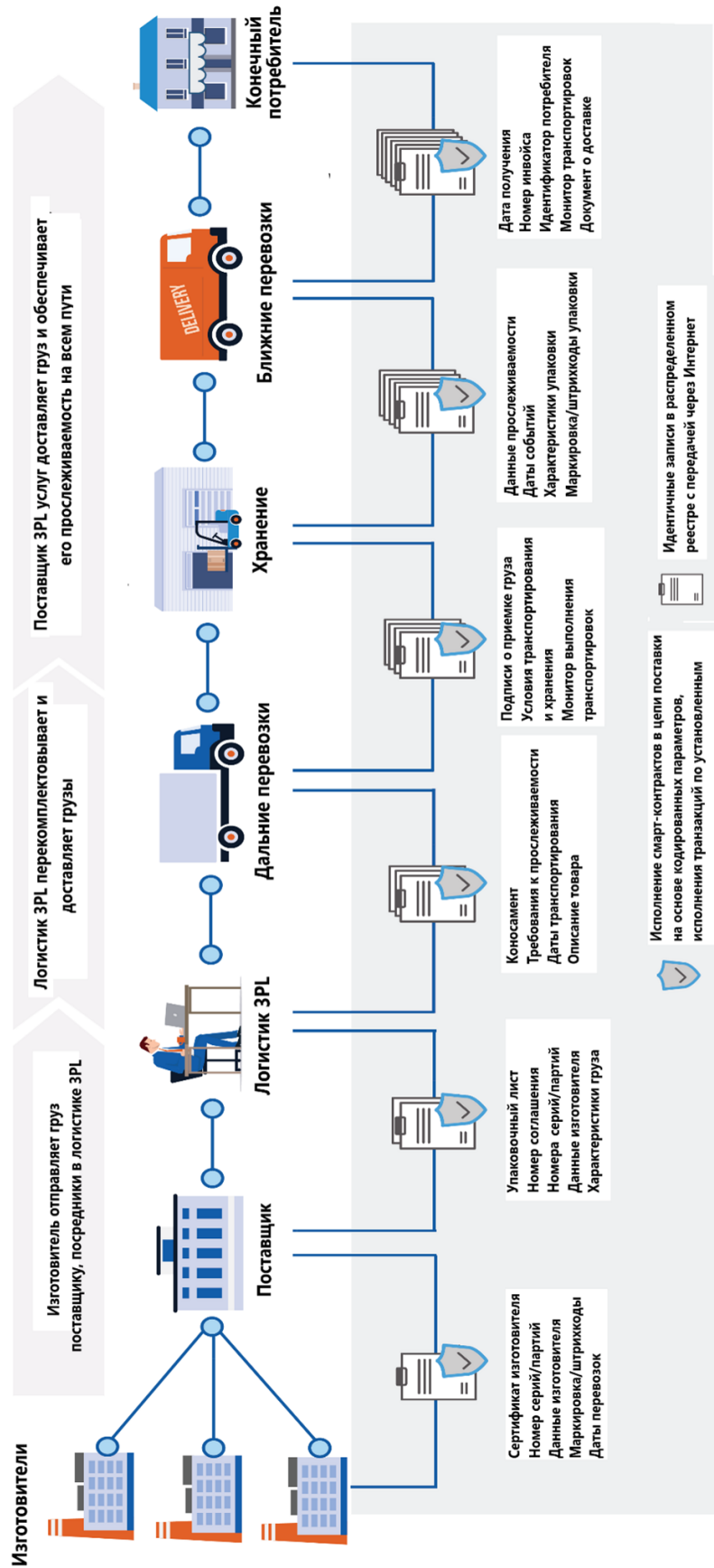


Рисунок 2 – Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов

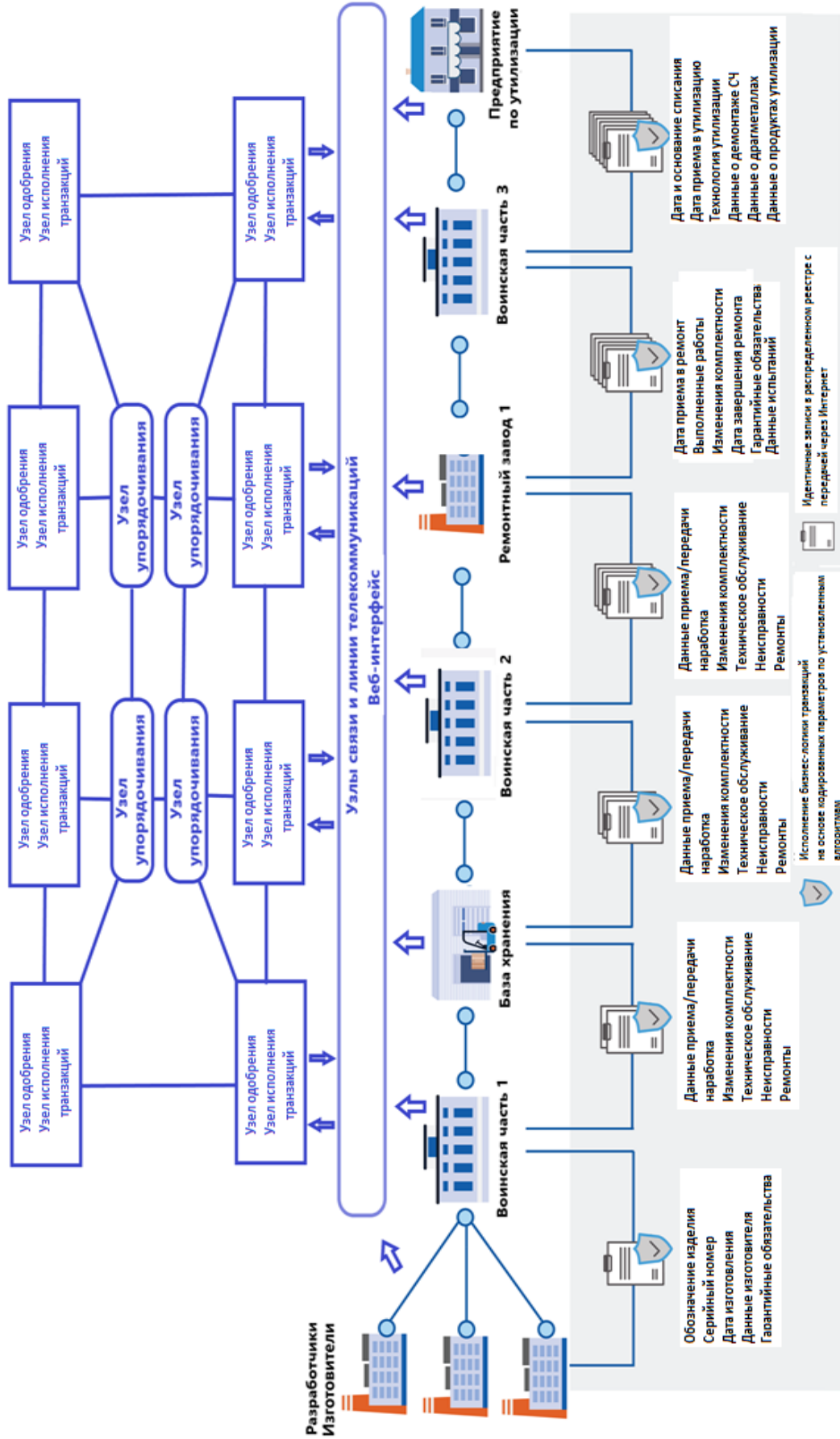


Рисунок 3 – Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра для контроля оборота финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации



Общая схема (сценарий) исполнения транзакции узлами сети приведена на рисунке 1.

Преимущества этой технологии – информация, встроенная в цепочку блоков, не может быть стёрта или изменена кем-либо в одностороннем порядке. Блокчейн позволит отследить все записи о действиях изготовителей, поставщиков, посредников в цепи поставок, эксплуатирующих и ремонтных организаций и избежать утраты и фальсификации данных. Каждый узел исполнения транзакций сохраняет идентичные копии документов, обеспечивает целостность всей сети передачи данных при сохранении конфиденциальности и прав доступа к данным, при этом уровень секретности передаваемых и хранимых данных должен быть до «совершенно секретно».

При использовании данной технологии в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов сделка купли-продажи, согласованная двумя участниками, будет проводиться в сети в более сжатые сроки и с автоматическим контролем достоверности параметров сделки на всю глубину истории закупаемой продукции, вплоть до источника ее происхождения и всех посредников. В результате ускоряется заключение соглашений, отгрузка и получение продукции, минимизируются возможности коррупции, оборота фальсификатов и контрафакта. Попытка проведения транзакции с нарушениями (подделка, неправомерное добавление или удаление информации) будет фиксироваться и становиться известной всем участникам цепочки поставок.

Контролирующий орган и конечный потребитель может видеть в режиме реального времени необходимые и точные данные о продукции (источник происхождения, характеристики, продавец, покупатель, перевозчик, стоимость, страхование, сертификаты и т.д.).

Схема формирования данных и применения технологии распределенного реестра в цепи поставок сырья, материалов и комплектующих элементов приведена на рисунке 2. Конечными потребителями информации являются предприятия-изготовители ВВСТ и контрольные органы, уполномоченные в области контроля качества сырья, материалов и комплектующих элементов. Макетный вариант программных средств такой сети разработан АО «Воентелеком».

Контроль оборота финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации с применением технологии распределенного реестра может быть организован в рамках схемы, приведенной на рисунке 3.

На программно-аппаратных средствах пользователей – предприятий-изготовителей, воинских частей, эксплуатирующих изделия ВВСТ, ремонтных предприятий и др. должны быть развернуты пользовательские приложения и базы данных (БД) с записями формуляров, паспортов, этикеток изделий ВВСТ, которые внес данный пользователь за период владения изделием и записей, которые он получил от предшествующего владельца. БД должна являться срезом распределенного реестра в части транзакций данного пользователя. Общие требования к ведению и передаче электронных формуляров, паспортов, этикеток изделий ВВСТ должны соответствовать ГОСТ<sup>3</sup>. Система может включать в виде приложений также связанные с формулярами удостоверенные документы, такие как счет-фактуры, накладные, путевые (полетные) листы, сертификаты изготовителей, упаковочные листы, акты технического состояния, протоколы испытаний и др. Разработчик, изготовитель, заказчик, контролирующий орган может видеть в режиме реального времени необходимые и точные данные по состоянию, комплектности, запасам и расходам ресурсов ВВСТ.

Сеть распределенного реестра следует разделять на закрытые подсети, соответствующие видам ВВСТ и службам материально-технического обеспечения. Узлы сети с репликами реестров следует размещать на уровнях управления от оперативного до центральных органов управления ресурсным обеспечением и на соответствующих уровнях предприятий оборонно-промышленного комплекса и организаций Минпромторга России. Количество узлов, каналов сети, объем и состав данных распределенного реестра должны определяться, исходя из решаемых на уровне управления задач, потребности обеспечения живучести автоматизированной системы прослеживаемости ВВСТ при потере части узлов сети. Узлы сети, размещаемые на вышестоящем уровне управления, должны содержать все данные нижестоящего уровня управления.

---

<sup>3</sup> ГОСТ РВ 0002-605-2021. Единая система конструкторской документации. Военная техника. Электронный формуляр, паспорт, этикетка. Основные положения.

Передача данных в сети должна осуществляться через штатные цифровые узлы связи и мультисервисную транспортную сеть связи Минобороны России и защищенную сеть связи оборонно-промышленного комплекса, развертывание и обслуживание которой осуществляет АО «Воентелеком».

Защита систем управления и связи от воздействия противника является элементом оборонительных информационных операций и неотъемлемой частью информационного противоборства [6]. Применение технологии распределенного реестра для контроля оборота ВВСТ от изготовления до утилизации обеспечивает очень высокий уровень устойчивости информационной системы – данные многократно дублированы и существуют, пока есть хоть один узел распределенного реестра, куда они занесены. При этом отсутствует центральное хранилище данных как посредник обмена данными, нет потребностей в специальных дата-центрах на уровнях управления. Требования к вычислительным средствам для реализации технологии распределенного реестра сохраняются в пределах или незначительно превышают требования к существующим автоматизированным системам. Фальсификация, утрата ранее внесенных данных об изделиях ВВСТ становятся невозможными. Контроль согласованности данных производится автоматически на этапе подготовки данных к внесению, глубина контроля данных задается для каждого вида данных в виде специального алгоритма в рамках принятой в сети политики одобрения и контроля валидности транзакций. Попытки введения несогласованных данных участниками сети выявляются, документируются и доводятся до заинтересованных пользователей.

Таким образом, применение технологии распределенного реестра для решения задач прослеживаемости сырья, материалов и комплектующих для производства ВВСТ и финальных изделий ВВСТ от изготовления до утилизации создает условия для повышения эффективности оперативного управления ресурсным обеспечением по таким критериям, как полнота, достоверность данных, корректность принимаемых решений, выигрыш во времени, устойчивость управления в любых условиях обстановки.

Список использованных источников

1. Воробьев П.С., Лежнев А.В., Толстов Г.С. Актуальность и пути формирования государственной информационной системы прослеживаемости вооружения и военной техники // Вооружение и экономика. 2019. №3(49). С. 55-61.
2. Буренок В.М. Проблемы создания системы управления полным жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2014. №2(27). С. 4-9.
3. Краснов А.В., Долгов В.А. Управление жизненным циклом вооружения, военной и специальной техники // Rational Enterprise Management – Рациональное Управление Предприятием. 2013. №3. С. 32-33.
4. Долгов В.А., Краснов А.В., Курчевский В.А. Управление жизненным циклом производственных систем как инструмент сокращения затрат на этапе изготовления изделий вооружения и военной техники // Rational Enterprise Management – Рациональное Управление Предприятием. 2013. №5-6. С. 10-13.
5. Косенков О.И., Лагунов С.А., Гусев В.И. К вопросу о внедрении технологий управления жизненным циклом вооружения и военной техники в деятельность органов военного управления // Военная мысль. 2020. №11. С. 102-110.
6. Макаренко С.И. Информационное противоборство и радиоэлектронная борьба в сетевых войнах начала XXI века. СПб.: Научные технологии, 2017. 546 с.