УДК 621.89+665.6
DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-5-21-31

# ТЕХНОЛОГИЯ БЛОКЧЕЙН В СМАРТ-КОНТРАКТАХ НА ЗАПРАВКУ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

**В.В. ГОРДЕЕВ[1], О.В. ГРОМОВ[2], В.К. ГРОМОВ[2], Г.И. ЛИТИНСКИЙ[2], В.М. САМОЙЛЕНКО[2]**

*[1]ООО «Туполев Сервис», г. Жуковский, Россия*
*[2]Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия*

В процессе осуществления воздушных перевозок происходит обмен большим количеством информации, играющей важную роль в своевременной организации и обеспечении полетов воздушных судов. Работа любой авиакомпании и аэропорта состоит из множества процессов, в которых задействовано большое количество участников. Одним из таких вопросов является своевременное обеспечение заправки воздушного судна авиатопливом. Применение технологии блокчейн позволяет своевременно обработать заявку авиакомпании на заправку воздушного судна, произвести оплату и обмен отчетными документами между авиакомпанией и топливозаправочным комплексом. В работе даны основные определения элементов смарт-контрактов и их взаимосвязи на базе технологии блокчейн при выполнении учетно-расчетных операций за заправку воздушных судов. Статья посвящена комплексному исследованию применения технологии смарт-контрактов в системе заправки воздушных судов, в частности обмена учетно-расчетной документацией между авиакомпанией, топливозаправочными комплексами аэропортов гражданской авиации и банками. Целью научно-исследовательской работы является исследование применения технологии блокчейн в заправочных операциях воздушных судов. На основе анализа разработать схему применения технологии смарт-контракта при заправке воздушных судов, позволяющей сократить объем учетно-расчетных операций и повысить эффективность работы объектов и субъектов заправочного процесса. В работе представлена цепь прохождения информации и трансформации блокчейна от выполнения заправочных операций до исполнения банковских операций и оплаты авиатоплива и сопутствующих услуг по заправке воздушных судов. Особое внимание уделено роли и месту средств заправки воздушных судов как ключевого элемента модуля автоматической сверки учетно-расчетных документов в формировании смарт-контракта. На основании проведенного анализа применения технологии блокчейн предложена схема взаимодействия между авиакомпанией, топливозаправочным комплексом и банком. Применение предложенной схемы позволяет авиакомпании осуществлять расчет за заправку в момент заправки без трудоемких бухгалтерских операций и предоплаты за авиатопливо, тем самым сократить время расчетов.

**Ключевые слова:** смарт-контракт, блокчейн, топливозаправочный комплекс аэропорта, авиакомпания, экипаж, банк, транзакции, трансграничность, средства заправки воздушных судов, оракул, виртуализация данных, интернет вещей, валидатор, криптографическая защита информации, метаданные, кворумированный сигнал.

## ВВЕДЕНИЕ

В данной работе предметом исследований является схема обеспечения авиатопливом в процессе заправки воздушных судов [1].

Цель исследования – разработать основы модели применения смарт-контрактов на базе технологии блокчейн в системе заправки воздушных судов.

В утвержденной в Российской Федерации «Стратегии развития информационного общества РФ на 2017–2030 годы»[1] [2] дано следующее определение цифровой экономики: «Цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования,

[1] Указ Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы». М.: Кремль, 2017. 27 с.

хранения, продажи, доставки товаров и услуг». Таким образом, основой цифровой экономики являются «Большие данные» (англ. Big Data) и их последующий анализ для получения информации для принятия решения, называемой «Умными данными» (англ. Smart Data)[2] [2]. Применение лучших практик по их сбору, интерпретации и использованию является направлением развития авиационной отрасли в XXI веке.

Специфика воздушных перевозок ежеминутно создает огромный массив информации, работа с которой уже ведется в рамках таких концепций, как виртуализация данных (англ. data virtualization), интернет вещей (англ. internet of things, IoT) и многих других [3]. Однако выбор внедряемых инноваций зависит от стоящих задач и того, насколько архаичным является текущий подход при осуществлении хозяйственной деятельности. В этом свете интерес представляют возможности технологии блокчейн как одной из форм цепей Маркова, потенциал которой обозначают в таких сферах, как отслеживание багажа и груза, подтверждение личности сотрудников и посетителей аэропорта, бронирование билетов, программ лояльности, учет и контроль технического обслуживания и заправок воздушных судов и машин наземных служб [4]. Как отмечает IATA (англ. International Air Transport Association) в своем исследовании в области блокчейна за 2018 год [5], наибольшим потенциалом данная технология обладает для таких процессов, как выставление счетов, сверка, расчет и бухгалтерский учет.

## АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН И ВОЗМОЖНОГО ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРИ ЗАПРАВКЕ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Технически *блокчейн* (англ. blockchain) – это база данных, которая представляет собой распределенный реестр с возможностью открытой проверки. С точки зрения бизнеса блокчейн – это обменная сеть для перемещения транзакций, стоимости, активов между равными партнерами, без помощи посредников. С юридической точки зрения блокчейн проверяет транзакции, заменяя (а точнее, делая ненужными) прежние контролирующие органы [6]. Таким образом, данная технология позволяет организациям оптимизировать бизнес-процессы, исключив посредников, в таких операциях как, например, выставление счетов при финансовых операциях. Важным элементом работы блокчейна является алгоритм взаимодействия сторон, выраженный в применении технологии смарт-контрактов.

*Смарт-контракт* (англ. smart contract) – это программа, которая выполняется исключительно как запрограммированное, без какой-либо возможности простоя, цензуры, мошенничества и вмешательства третьей стороны. Результат выполнения смарт-контракта отражает один из возможных вариантов заложенной в блокчейн логики взаимодействия между сторонами процесса [7].

Блокчейны и смарт-контракты не могут получать доступ к данным извне своей сети. Смарт-контрактам для выполнения заложенной в них бизнес-логики, конечно, требуются данные из внешнего мира, но они способны получить их только в форме электронных данных, называемых оракулами. *Оракул* (англ. oracle) – это первичный источник данных, который получает, подтверждает реальные события и отправляет эту информацию в смарт-контракт, вызывая изменения состояния в блокчейне. Оракулы снабжают смарт-контракты внешней информацией, которая может запускать заранее определенные действия смарт-контракта. Эти внешние данные поступают либо из программного обеспечения (приложений баз данных), либо из автоматизированных средств заправки воздушных судов или технологического оборудования (интернет вещей). Таким условием могут быть любые данные, например объем и время заправок, идентификационные данные или текущая цена топлива [8]. Примером оборудования, способного вы-

[2] Smart Data [Электронный ресурс] // OneRetarget справочник. URL: https://oneretarget.com/ru/wiki/smart-data (дата обращения: 23.06.2021).

ступать оракулом для передачи данных в блокчейн, может быть аэродромный топливозаправщик с криптографическим блоком первичных учетных операций, выполненным в свете требований Национального стандарта[3] [9, 10].

Важнейшим участником сети блокчейна является *валидатор* – это узлы, которые берут на себя все основные задачи для поддержания работоспособности блокчейн-сети: безопасность, распределение данных и др. Под валидатором также понимается сторона, принимающая на себя обязательства по обеспечению отказоустойчивости и поддержки узлов сети и их сервисов [9].

Для правильного использования технологии блокчейн в процессе обеспечения заправки воздушных судов рассмотрим, что собой представляет данная технология и как правильно ее применить в настоящем процессе. По типам блокчейнов их можно разделить на два вида [10].

*Публичный (открытый) блокчейн* – эти блокчейны не имеют никаких ограничений для участников сети и валидатора. Главным преимуществом данного типа блокчейна является его неконтролируемость, что означает, что никто не будет иметь полного контроля над сетью.

Открытость блокчейна обеспечивает безопасность данных и помогает в неизменности записей. Все узлы, подключенные к этому общедоступному блокчейну, будут иметь равные полномочия, и, как следствие, общедоступный блокчейн станет полностью распределенным.

*Частный (закрытый) блокчейн* – данный блокчейн требует, чтобы участники были приглашены, прежде чем они смогут стать частью блокчейна. Здесь все транзакции видны только лицам, которые являются частью блокчейна. Эти типы блокчейнов централизованы и намного лучше контролируются, чем общедоступные блокчейны.

Поскольку эти блокчейны более централизованы, управлять ими и регулировать их может и одна сторона, и группа сторон. Такой блокчейн можно использовать в процессе обеспечения полетов воздушных судов авиатопливом и взаимного расчета между его участниками.

В частных блокчейнах, как правило, имеется официальный поставщик услуг, который может позаботиться о правах пользователя в случае, если какой-либо стороне требуется изменить полномочия на ходу. Закрытые блокчейны используются в частных организациях для хранения конфиденциальной информации об организации. Важной особенностью частных блокчейнов является простота последующих вносимых в работу сети изменений. Особенности рассмотренных типов блокчейнов приведены в табл. 1.

**Таблица 1**
**Table 1**

Сравнительная таблица особенностей типов блокчейнов
Comparative table of the features of the blockchains types

| Публичный (открытый) блокчейн | Частный (закрытый) блокчейн |
|---|---|
| • Любой пользователь может читать, вносить записи, а также быть его участником.<br>• Децентрализованы, ни одна из сторон не имеет полного контроля над сетью.<br>• Данные не могут быть изменены после проверки в блокчейне | • Существует сторона, отвечающая за предоставление доступа к сети нового участника блокчейна.<br>• Имеют официального поставщика услуг.<br>• Гибкие в разработке и использовании |

Для целей применения блокчейна в наземных службах заправки самолетов подходящим выбором является использование частного блокчейна. Выбор основан на учете двух специфических требований аэропортов:

[3] ГОСТ Р 34.13-2015 Криптографическая защита информации. М.: Стандартинформ, 2015. 38 с.

1) требования к конфиденциальности и защите информации, которой обмениваются стороны. Таким образом, информация, записанная в блокчейне, может быть доступна только утвержденным участникам сети;

2) ввиду того что поставщиком блокчейна может быть только коммерческая компания, в ее обязанности будет входить валидация и другие способы поддержки сети, что делает блокчейн централизованным, но простым в разработке.

Выбор частного централизованного блокчейна позволит внедрить его в практику топливозаправочных компаний и авиакомпании с соблюдением юридических правил и стандартов информационной безопасности.

Наиболее перспективной сферой применения блокчейна в обозначенной теме является повышение эффективности финансовых взаиморасчетов между всеми сторонами, участвующими в процессе заправки воздушного судна.

Обозначим стороны, взаимодействующие в процессе:

- авиакомпания – заказчик заправки воздушного судна, имеет обязательства заказать и произвести оплату оказанной услуги;
- топливозаправочная компания (ТЗК) – отвечает за исполнение обязательства по заправке воздушного судна;
- банк – ответственная сторона за проведение финансовых транзакций между авиакомпанией и ТЗК.

Для имплементации блокчейна взаимодействующие стороны должны разработать правовые рамки, включающие в себя общий для всех участников набор юридических соглашений, обозначающий роли и порядок взаимодействия друг с другом в рамках блокчейна. Также стороны должны выбрать валидора – организацию, предоставляющую техническую поддержку по процессу работы с блокчейном. Разработка правовых рамок между участниками должна учитывать требования федеральных законов[4,5,6], а также особенности организации смарт-контрактов[7] [11].

Авторами проведен анализ [12–20] возможного применения технологии блокчейн при авиатопливообеспечении воздушных судов и предлагается новая схема взаимодействия участников с блокчейном с учетом уже имеющихся цифровых платформ участников (рис. 1), что является новым подходом к применению технологии блокчейн при заправке воздушных судов (ВС). Предложенная «Газпромнефть-Аэро» модель взаимодействия участников является вновь создаваемой, хотя она и прошла испытания, но не получила дальнейшего развития.

Рассмотрим шаги участников процесса обеспечения полетов воздушных судов авиатопливом.

1. *Авиакомпания* резервирует денежные средства на счету банка – участника правовых отношений. Подает предварительную заявку на обеспечение топливом для выполнения рейсов. Для обеспечения последующей повышенной скорости перевода средств ТЗК должна иметь расчетный счет в том же банке-участнике или резервировать денежные средства на корреспондентском счете для оплаты услуг по заправке воздушных судов.

2. *Экипаж* принадлежащего авиакомпании воздушного судна перед осуществлением рейса выполняет окончательный расчет потребного количества топлива, делает заявку на окон-

---

[4] Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». М.: Кремль, 2006. 59 с.

[5] Федеральный закон от 31 июля 2020 г. № 259-ФЗ «О цифровых финансовых активах, цифровой валюте и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». М.: Кремль, 2020. 37 с.

[6] Федеральный закон от 18.03.2019 № 34-ФЗ «О внесении изменений в части первую, вторую и статью 1124 части третьей ГК РФ». М.: Кремль, 2020. 7 с.

[7] Блокчейн: определение, блоки транзакций и применение вне сферы криптовалют // hr-portal.ru. URL: hr-ortal.ru/vaprticle/blokcheynopredelenie-bloki-tranzakciy-i-primenenie-vne-sfery-kriptovalyut (дата обращения: 23.06.2021).

чательную заправку необходимым объемом топлива для выполнения рейса, данные через аэропорт отправляются в службу заправки ТЗК.

3. *Экипаж* выступает в качестве оракула со стороны авиакомпании и дублирует переданные для ТЗК данные по окончательной заправке в блокчейн.

4. *ТЗК*, получив от авиакомпании и экипажа заявку на заправку воздушного судна, производит планирование выделения топлива на заправку и назначает средство заправки для выполнения заправочных операций.

5. *Средство заправки* выполняет заправочную операцию, и посредством систем измерения фиксирует объем заправленного топлива, и, собрав необходимый массив данных по заправке воздушного судна с учетом возможной коррекций со стороны экипажа в качестве оракула, отправляет информацию в блокчейн для выполнения смарт-контракта.

Схема выполнения смарт-контракта участниками процесса авиатопливообеспечения воздушных судов представлена на рис. 1.

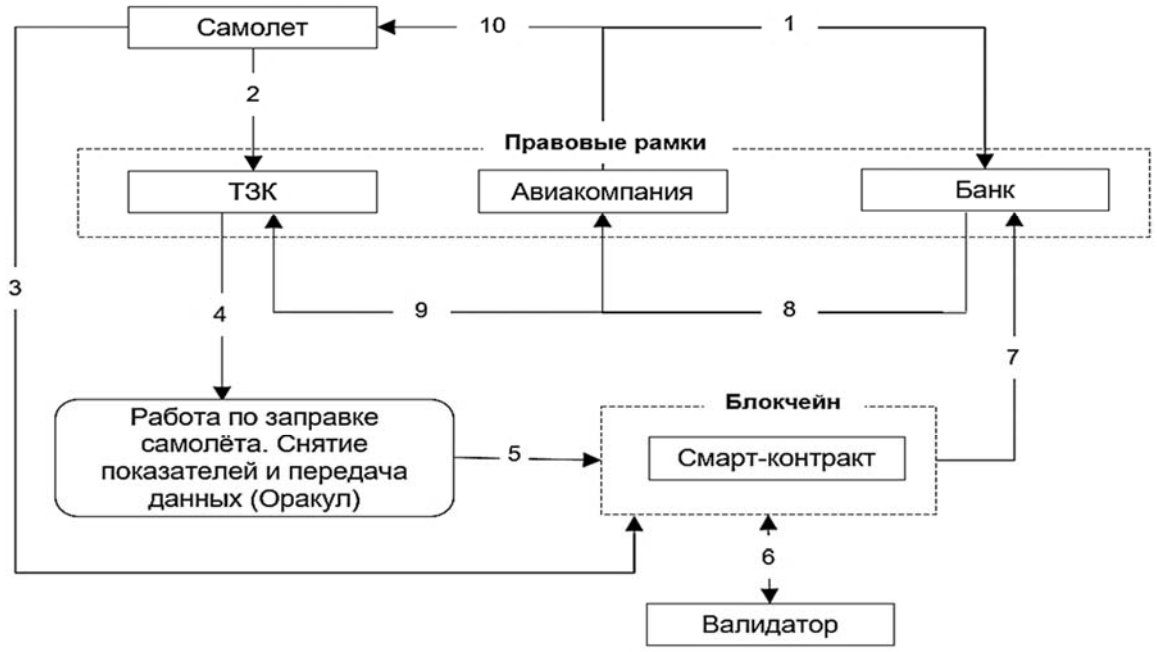


**Рис. 1.** Схема использования блокчейна в финансовом взаимодействии между сторонами – участниками заправки воздушных судов
**Fig. 1.** The scheme of using the blockchain in financial interaction between the parties involved in aircraft refueling

1. *Валидатор* производит техническую поддержку работы блокчейна.

2. *Смарт-контракт* – результатом выполнения смарт-контракта является информация об объеме заправленного топлива, которая становится доступна банку из блокчейна.

3. *Банк* в рамках правовых рамок автоматически рассчитывает сумму, которую необходимо списать со счета авиакомпании в счет оплаты услуги по заправке самолета и перечислить на счет ТЗК.

4. *Банк* уведомляет авиакомпанию о произведенной операции и отправляет бухгалтерские документы.

5. *Банк* уведомляет ТЗК о произведенной операции и отправляет бухгалтерские документы.

6. *Авиакомпания* передает информацию о совершившейся оплате по заправке воздушного судна *ТЗК* и *экипажу*.

Рассмотрим со стороны ТЗК, на базе каких платформ можно реализовать данную схему. Имеющийся сервер сбора и передачи данных (СС и ПД) взаимодействует с автоматизированными системами ТЗК путем обмена xml-файлами с помощью веб-сервисов. Взаимодействие осуществляется со следующими автоматизированными системами.

1. Автоматизированная система учетных операций (АСУО), разработанная на базе 1С, принимает расходные ордера от топливозаправщика (ТЗА) о произведенных заправках ВС, а также со склада ТЗК о количестве принятого и выданного на заправку авиатоплива. Это позволяет сводить баланс авиатоплива в режиме реального времени.

2. В систему «Аэродромная логистика» от ТЗА в режиме реального времени поступают данные о текущем состоянии заправщика (все этапы заправки ВС от получения задания до отъезда от ВС, налив, выдача на сторону, промывка фильтроэлементов, неисправность ТЗА и т. п.). От логистики ТЗА получает задание на заправку ВС с указанием всех данных о ВС и количества заказанного топлива.

Логистика связана с автоматизированной системой (АС) аэропорта, откуда она получает сведения о воздушном судне в режиме реального времени, с системой «Скаут» (информация о местоположении ТЗА). В логистике отслеживается, какие ВС нужно заправлять по долгосрочным договорам.

Логистика производит информационный обмен с авиакомпаниями. Авиакомпания заказывает топливо, а далее в реальном времени может отслеживать состояние ТЗА, назначенного для заправки ВС. Логистика имеет мобильный интерфейс, с помощью которого командир ВС также может отслеживать состояние назначенного ему ТЗА.

3. Из АС «Кадры» ТЗА получает списки допущенных к работе с ТЗА пользователей и соответствующих им прав.

Как итог командир воздушного судна (КВС) с планшета, подключенного к «Аэродромной логистике», заказывает заправку ВС. Заказ проверяется с участием банка, банк блокирует у авиакомпании средства, необходимые для заправки ВС. После проверки и блокировки на ТЗА поступает задание на заправку. После заправки КВС под крылом подписывает расходный ордер (и подтверждает операцию с планшета), расходный ордер отправляется в Аэродромную логистику, та также подтверждает операцию банку, и деньги за отгруженное топливо немедленно переводятся на счет ТЗК.

Предлагаемая авторами схема взаимодействия участников выполнения смарт-контракта опирается на имеющиеся у участников автоматизированные системы, что позволяет повысить эффективность такого взаимодействия и является новым подходом к реализации смарт-контракта.

Таким образом, анализ технологии блокчейн показывает, что ее использование позволяет сделать цепочку операций по заправке ВС и проведение расчета за ее выполнение быстрой, доступной для проверки с полной информацией о транзакциях всех участников и прозрачной. На этой основе авторами предлагается схема цифрового смарт-контракта, позволяющего проводить оплату за авиатопливо непосредственно в момент заправки и моментально формировать всю отчетность в электронном виде.

## СХЕМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ УЧАСТНИКОВ ПРОЦЕССА ЗАПРАВКИ ВС

Применение технологии блокчейн позволяет модернизировать технологический процесс заправки ВС. Одним из ключевых элементов по совершенствованию процесса заправки ВС является смарт-контракт. Однако надо иметь в виду, что для выполнения смарт-контракта необходимы данные минимум от трех источников, выступающих в статусе оракулами. Полученные от оракулов данные используются для определения успешности выполнения задания на заправку воздушного судна путем выработки кворумированного сигнала методом сравнения текущих значений, посту-

пающих от авиакомпании – средства заправки – сервера ТЗК [14, 15]. Если данные совпадают, смарт-контракт передает в банк информацию об оказании услуги по заправке воздушного судна. Если данные не совпадают, информация передается ТЗК для дозаправки самолета.

Основным типом данных, передаваемых сторонами для выполнения смарт-контракта, является объем требуемого топлива на заправку и фактически заправленный объем [16, 17]. Вместе с основными данными передается вспомогательная информация, не используемая для выполнения в смарт-контракте, но необходимая для всех участников правовых рамок: время запроса заправки и его фактического выполнения, стоимость заправленного топлива, номер рейса, название авиакомпании и ТЗК, а также прочие необходимые сторонам метаданные или данные, относящиеся к дополнительной информации о содержимом или объекте. Метаданные раскрывают сведения о признаках и свойствах, характеризующих какие-либо сущности, позволяющие автоматически искать их и управлять ими в больших информационных потоках [15].

Схему работы смарт-контракта относительно данных (рис. 2), получаемых от оракулов и последующей обработки, можно представить в следующем виде.

1. Экипаж самолета, выступающий в качестве оракула, с помощью предназначенного для отправки данных программного обеспечения передает в блокчейн информацию, с учетом сохранения информации [18], для выполнения смарт-контракта с указанием ожидаемого объема топлива к заправке [16, 17].

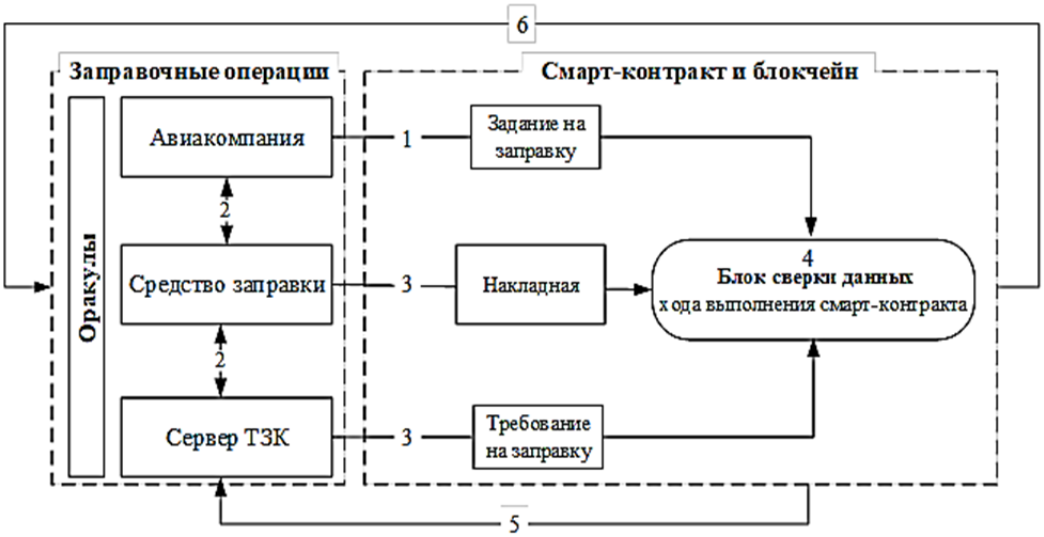


**Рис. 2.** Схема взаимодействия смарт-контракта в блокчейне
**Fig. 2.** The scheme of the smart contract interaction in the blockchain

2. Одновременно с отправкой данных в блокчейн начинается постоянный обмен данными между экипажем воздушного судна и сервером ТЗК о статусе заправки.

3. Данные по статусу заправки поступают с передающих устройств (оракулов) и собираются на центральном сервере ТЗК. После окончания заправки самолета данные отправляются в блокчейн для выполнения смарт-контракта.

4. Смарт-контракт сверяет данные, полученные от экипажа самолета, с данными фактической заправки, полученными от ТЗК.

5. Если в результате сверки данные в смарт-контракте не совпадают, информация об этом передается на сервер ТЗК для устранения причин несоответствия.

6. Если результат сверки данных в смарт-контракте произошел успешно, информация передается в банк для произведения оплаты ТЗК, об успешной заправке уведомляются все стороны правовых рамок и экипаж самолета.

Изменение подхода к финансовому взаимодействию между сторонами, участвующими в заправке воздушных судов по технологии блокчейн, имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционным подходом.

Повышение скорости финансовых операций – скорость выплаты достигается за счет исключения необходимости выставлять счета на оплату, которые заменяет результат выполнения смарт-контрактов. Банк может осуществить перевод средств на счет ТЗК сразу после выполнения смарт-контрактов.

Простота масштабирования нового принципа финансового взаимодействия – число участников правовых рамок работы с блокчейном можно увеличивать за счет заключения дополнительных юридических соглашений. Блокчейн в свою очередь является единой архитектурой для интеграции участников правового режима, что избавляет от необходимости интеграции с множеством сторонних программных продуктов.

Единая база хранения информации – каждый из участников правовых рамок имеет доступ к централизованному месту хранения истории заправки самолетов. Поскольку для данной задачи рекомендовано использовать закрытый блокчейн, это делает информацию скрытой от участников, не включенных в правовые рамки.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основываясь на результатах исследования, сделаем вывод, что применение блокчейна не является технологией, способной сделать революцию в работе ТЗК, но он позволяет использовать новый подход к уже существующим процессам и модернизировать их. Как следствие, предложенная авторами схема взаимодействия между участниками процесса заправки ВС на основе смарт-контракта позволяет снизить операционные расходы и повысить эффективность их взаимодействия, что является важным шагом к построению цифровой экономики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Матвеев И.А.** Электронная экономика: сущность и этапы развития [Электронный ресурс] // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2012. № 6 (42). С. 1–13. URL: http://uecs.ru/uecs42-422012/item/1427-2012-06-29-06-02-49 (дата обращения: 23.06.2021).
2. **Eastep J.M.** Smart data structures: an online machine learning approach to multicore data structures [Электронный ресурс]. URL: https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/65967/751867152-MIT.pdf?sequence=2 (дата обращения: 23.06.2021).
3. **Полешкина И.О., Васильева Н.В.** Технология blockchain как инструмент управления цепями поставок с участием воздушного транспорта // Научный Вестник МГТУ ГА. 2020. Т. 23, № 2. С. 72–86. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-2-72-86
4. **Poleshkina I.O.** Blockchain in air cargo: challenges of new World // MATEC Web Conf. The VII International Scientific and Practical Conference «Information Technologies and Management of Transport Systems» (ITMTS 2021). 2021. Vol. 341. DOI: 10.1051/matecconf/202134100021
5. **Благирев А.П., Хапаева Н.** Big data простым языком. М.: АСТ, 2019. 256 с.
6. **Талапина Э.В.** Применение блокчейна в государственном управлении: перспективы правового регулирования // Вопросы государственного и муниципального управления. 2020. № 3. С. 96–113.
7. **Могайар У., Бутерин В.** Блокчейн для бизнеса / Пер. с англ. Д.А. Шалаевой. М.: Эксмо, 2018. 224 с.
8. **Прасти Н.** Блокчейн. Разработка приложений / Пер. с англ. В.С. Яценкова. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 256 с.

**9. Афонский А.А., Дьяконов В.П.** Измерительные приборы и массовые электронные измерения. М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2007. 544 с.

**10. Бабаш А.В., Баранова Е.К.** Криптографические методы защиты информации: учебник для вузов. М.: КНОРУС, 2016. 190 с.

**11. Пескова О.Ю., Половко И.Ю., Захарченко А.Д.** Применение блокчейн-технологий в системах электронного документооборота: анализ и программная реализация // Инженерный вестник Дона. 2019. № 3. С. 42.

**12. Цихило А.** Блокчейн. Принципы и основы. М.: Альпина, 2019. 192 с.

**13. Ященко В.В.** Введение в криптографию. СПб.: Питер, 2001. 288 с.

**14. Браилко А.А., Громов О.В., Дружинин Л.А.** Цифровые технологии – база цифровой экономики топливозаправочных комплексов аэропортов гражданской авиации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2020. Т. 23, № 4. С. 20–32. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-4-20-32

**15. Лайонс Р.Г.** Цифровая обработка сигналов / Под ред. А.А. Бритова. Пер. с англ. 2-е изд. М.: Бином-Пресс, 2006. 656 с.

**16. Солонина А.И.** Цифровая обработка сигналов и MATLAB: учеб. пособие / А.И. Солонина, Д.М. Клионский, Т.В. Меркучева, С.Н. Перов. СПб.: БХВ-Петербург, 2013. 512 с.

**17. Дьяконов В.П.** MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6. Обработка сигналов и проектирование фильтров. М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 576 с.

**18. Чепижко М.** Смарт-революция. «Газпромнефть-Аэро» внедряет смарт-контракты на основе технологии блокчейн [Электронный ресурс] // Сибирская нефть онлайн журнал. Октябрь 2018. № 155. URL: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-october/1986863/ (дата обращения: 28.06.2021).

**19. Притула П.** Какая польза от блокчейна при обслуживании самолетов [Электронный ресурс] // cnews. URL: https://www.cnews.ru/articles/2018-11-19_pitstop_dlya_samoleta_kak_blokchejn_uskoryaet_zapravku (дата обращения: 28.06.2021).

**20. Фергюсон Н., Шнайдер Б.** Практическая криптография. М.: Диалектика, 2004. 432 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Гордеев Владимир Васильевич,** главный инженер ООО «Туполев Сервис», gord.vladimir@gmail.com.

**Громов Олег Владимирович,** кандидат экономических наук, советник генерального директора ООО «Туполев Сервис», o.gromov@sorge.pro.

**Громов Владимир Константинович,** советник генерального директора ООО «Туполев Сервис», v.k.gromov@gmail.com.

**Литинский Григорий Иванович,** генеральный директор ООО «Туполев Сервис», Grigory Litinskiy jobgregor2@gmail.com.

**Самойленко Василий Михайлович,** доктор технических наук, заведующий кафедрой авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов (АТО и РЛА) Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), v.samoilenko@mstuca.aero.

# BLOCKCHAIN TECHNOLOGY IN SMART CONTRACTS FOR REFUELING CIVIL AVIATION AIRCRAFT

**V.V. Gordeev[1], O.V. Gromov[1], V.K. Gromov[1], G.I. Litinsky[1], V.M. Samoylenko[2]**
*[1]LLC "Tupolev Service", Zhukovskiy, Russia,*
*[2]Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

## ABSTRACT

In the process of air transportation, a large amount of information exchange plays an important role in the timely management of aircraft flights. The work of any airline and airport consists of many processes that involve a big number of participants. One of these issues is timely aircraft refueling. The use of the blockchain technology makes it possible to process an airline request for aircraft refueling in a timely manner, make payment and exchange of accounting documents between the airline and the refueling complex. The paper gives the main definitions for the elements of the smart contracts and their interrelationships based on the blockchain technology when performing accounting operations and payment transactions for aircraft refueling. The article is devoted to a comprehensive study of the smart contract technology application in the aircraft refueling system, in particular, the exchange of accounting and payment documentation between the airline, the refueling complexes of civil aviation airports and banks. The aim of the research work is to study the application of the blockchain technology in the aircraft refueling operations. Based on the analysis it is necessary to develop a scheme for the use of the smart contract technology when aircraft refueling, which allows the parties concerned to reduce the volume of accounting and payment operations and increase the operating efficiency of the objects and subjects of the refueling process. The paper presents the chain of information passing and blockchain transformation varying from the execution of refueling operations to the execution of banking operations, payment for jet fuel and related services for aircraft refueling. Special attention is paid to the role and location of aircraft refueling facilities as a key element of the module for automatic reconciliation of accounting and payment documents in the formation of a smart contract. Based on the analysis of the blockchain technology application, a scheme of interaction among an airline, a refueling complex and a bank is proposed. The application of the proposed scheme allows the airline to pay for refueling at the time of refueling without time-consuming accounting operations and prepayment for jet fuel, thereby reducing the accounting time.

**Key words:** smart contract, blockchain, airport refueling complex, airline, crew, bank, transactions, trans-boundary, aircraft refueling facilities, oracle, data virtualization, Internet of Things, validator, cryptographic information protection, metadata, quorum signal.

## REFERENCES

1. **Matveev, I.A.** (2012). *E-economy: nature and stages of growth*. Management of economic systems: electronic scientific journal, no. 6 (42), 13 p. Available at: http://uecs.ru/uecs42-422012/item/1427-2012-06-29-06-02-49 (accessed: 23.06.2021). (in Russian)
2. **Eastep, J.M.** (2011). *Intellectual data structures: An approach of online machine learning to multi-core data structures.* Available at: https://dspace.mit.edu/bitstream/handle/1721.1/65967/751867152-MIT.pdf?sequence=2 (accessed: 23.06.2021).
3. **Poleshkina, I.O. and Vasileva, N.V.** (2020). *Use of blockchain technology as supply chain management system involving air transport* // Civil Aviation High Technologies, vol. 23, no. 2, p. 72–86. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-2-72-86
4. **Poleshkina, I.O.** (2021). *Blockchain in air cargo: challenges of new World* // MATEC Web Conf. The VII International Scientific and Practical Conference "Information Technologies and Management of Transport Systems" (ITMTS 2021), vol. 341. DOI: 10.1051/matecconf/202134100021
5. **Blagirev, A.P. and Khapaeva, N.** (2019). *Big data prostym yazykom* [Big data in plain language]. Moscow: AST, 256 p. (in Russian)
6. **Talapina, E.V.** (2020). *Application of Blockchain in public administration: prospects for legal regulation*. Public Administration Issues, no. 3, p. 96–113. (in Russian)
7. **Mougayar, M. and Buterin, V.** (2016). *Blockchain for business*. 1st ed. Wiley, 196 p.
8. **Prasti, N.** (2018). *Blokcheyn. Razrabotka prilozheniy* [Blockchain. Application development]. Translated from English by V.S. Yatsenkov. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 256 p. (in Russian)

**9. Afonsky, A.A. and Diakonov, V.P.** (2007). *Izmeritelnyye pribory i massovyye elektronnyye izmereniya* [Measuring instruments and mass electronic measurements]. Moscow: SOLON-PRESS, 544 p. (in Russian)

**10. Babash, A.V. and Baranova, E.K.** (2016). *Kriptograficheskiye metody zashchity informatsii: uchebnik dlya vuzov* [Cryptographic methods of information security: Textbook for Universities]. Moscow: KNORUS, 190 p. (in Russian)

**11. Peskova, O.Yu., Polovko, I.Yu. and Zakharchenko, A.D.** (2019). *Application of blockchain technologies in electronic document management systems: analysis and software implementation*. Ingineering Journal of Don, no. 3 (54), p. 42. (in Russian)

**12. Tsikhilo, A.** (2019). *Blokcheyn. Printsipy i osnovy* [Blockchain. Principles and fundamentals]. Moscow: Alpina, 192 p. (in Russian)

**13. Yaschenko, V.V.** (2001). *Vvedeniye v kriptografiyu* [Introduction to cryptography]. St. Petersburg: Piter, 288 p. (in Russian)

**14. Brailko, A.A., Gromov, O.V. and Druzhinin, L.A.** (2020). *Digital technologies are the basis of digital economy of civil aviation airport refueling complexes*. Civil Aviation High Technologies, vol. 23, no. 4, p. 20–32. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-4-20-32 (in Russian)

**15. Lyons, R.G.** (2004). *Understanding Digital Signal Processing*. 2nd ed. Prentice Hall PTR, United States, 656 p.

**16. Solonina, A.I., Klionsky, D.M., Merkucheva, T.V. and Perov, S.N.** (2013). *Tsifrovaya obrabotka signalov i MATLAB: uchebnoye posobiye* [Digital signal processing and MATLAB: Tutorial]. St. Petersburg: BHV-Peterburg, 512 p. (in Russian)

**17. Diakonov, V.P.** (2005). *MATLAB 6.5 SP1/7.0 + Simulink 5/6. Obrabotka signalov i proyektirovaniye filtrov* [MATLAB version 6.5 with the service pack SP1/7.0 + Simulink from 5/6. Signal processing and filter design]. Moscow: SOLON-Press, 576 p. (in Russian)

**18. Chepizhko, M.** (2018). *Smart-revolyutsiya. "Gazpromneft'-Aero" vnedryayet smart-kontrakty na osnove tekhnologii blokcheyn* [Smart-revolution. Gazpromneft-Aero is implementing smart contracts based on blockchain technology]. Sibirskaya neft online jurnal, October 2018, no. 155. Available at: https://www.gazprom-neft.ru/press-center/sibneft-online/archive/2018-october/1986863/ (accessed: 28.06.2021). (in Russian)

**19. Pritula, P.** (2018). *Kakaya polza ot blokcheyna pri obsluzhivanii samoletov* [What are the benefits of the blockchain in aircraft maintenance]. cnews. Available at: https://www.cnews.ru/articles/2018-11-19_pitstop_dlya_samoleta_kak_blokchejn_uskoryaet_zapravku (accessed: 28.06.2021). (in Russian)

**20. Ferguson, N. and Schneider, B.** (2003). *Practical cryptography*. 1st ed. Wiley, 432 p.

## INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Vladimir V. Gordeev,** Chief Engineer, LLC "Tupolev Service", gord.vladimir@gmail.com.

**Oleg V. Gromov,** Candidate of Economic Sciences, Adviser to the General Director of LLC "Tupolev Service", o.gromov@sorge.pro.

**Vladimir K. Gromov,** Adviser to the General Director of LLC "Tupolev Service", v.k.gromov@gmail.com.

**Grigory I. Litinsky,** General Director of LLC "Tupolev Service", jobgregor2@gmail.com.

**Vasily M. Samoylenko,** Doctor of Technical Sciences, Professor, the Head of the Aviation Fuel Supply and Aircraft Repair Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, v.samoilenko@mstuca.aero.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Поступила в редакцию | 10.05.2021 | Received | 10.05.2021 |
| Принята в печать | 21.09.2021 | Accepted for publication | 21.09.2021 |