

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СМАРТ-КОНТРАКТОВ В ДОГОВОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:
ТРАНЗАКЦИОННЫЕ ИЗДЕРЖКИ И ОГРАНИЧЕНИЯ****Владимир Юрьевич КАРПЫЧЕВ**

доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник, Приволжский филиал ФКУ НПО «Специальная техника и связь» МВД России; профессор кафедры информатики и систем управления, Нижегородский государственный технический университет имени Р.Е. Алексеева (НГТУ), Нижний Новгород, Российская Федерация
kavlyr@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 4547-6685

История статьи:

Получена 15.05.2019
Получена в доработанном виде 21.06.2019
Одобрена 30.07.2019
Доступна онлайн 30.08.2019

УДК 330.1

JEL: B41, D23

Аннотация

Предмет. Транзакционные издержки ведения договорной деятельности с использованием современной цифровой технологии смарт-контракта.

Цели. Спецификация и анализ особенностей транзакционных издержек, связанных с использованием смарт-контрактов. Определение основных источников транзакционных издержек и факторов, влияющих на их уровень. Разработка подходов к оценке и снижению транзакционных издержек.

Методология. Использованы методы системного подхода, функционального моделирования, классификации, экспертного и функционально-стоимостного анализа и др.

Результаты. Предложена функциональная модель смарт-контракта. На модели исследованы структура, содержание и характер транзакционных издержек, возникающих при осуществлении договорной деятельности с использованием смарт-контракта. Введено понятие смарт-издержек. Определены основные ограничения технологии смарт-контракта, влияющие на структуру и уровень транзакционных издержек. Показаны векторы их изменений по сравнению с издержками традиционных договоров. Предложена методика оценки транзакционных издержек, интегрирующая современные методологии исследования бизнес-процессов. Определены перспективы и условия внедрения технологии смарт-контрактов в договорную деятельность. Результаты исследования могут быть применены как в теории, так и на практике для экономического анализа транзакционных издержек, связанных с разработкой и применением смарт-контрактов.

Ключевые слова: цифровая экономика, смарт-контракт, функциональное моделирование, транзакционные издержки, функционально-стоимостной анализ

Выводы. Перспективы широкого использования смарт-контрактов в договорной деятельности определяются возможностью снижения характерных смарт-издержек, возникающих в связи с технологическими и семантическими ограничениями методов и платформ проектирования смарт-контрактов. Для преодоления существующих трудностей необходимы специальные научные исследования в технологической и экономической областях.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

Для цитирования: Карпычев В.Ю. Использование смарт-контрактов в договорной деятельности: транзакционные издержки и ограничения // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 8. – С. 1478 – 1493.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.8.1478>

Ускоренное внедрение цифровых технологий в экономике и социальной сфере (создание цифровой экономики) – одна из целей национального развития Российской Федерации на период до 2024 г.¹. При этом цифровая

экономика приобретает новый облик и формат шестого технологического уклада [1].

Одной из основ новой экономики являются цифровые технологии². В связи с этим

¹ О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года: Указ Президента РФ от 07.05.2018 № 204.

² О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы: Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203.

актуализируются вопросы проведения исследований различной направленности, в том числе о роли и месте информационных технологий, которые не просто обеспечивают поддержку различных видов экономической деятельности, но и существенно меняют их содержание и функционал.

Этот тезис в полной мере относится к технологии смарт-контракта (smart-contract, далее – S-контракт). В специальной литературе предлагается большое количество определений этого термина. Одной из причин этой множественности, на наш взгляд, является двойственная природа этого понятия.

С технической точки зрения S-контракт – компьютерный код, хранящийся в специально организованном реестре данных (блокчейне, БЧ).

С правовой точки зрения смарт-контракт – договор в электронной форме, исполнение прав и обязательств по которому осуществляется путем совершения в автоматическом порядке цифровых транзакций в распределенном реестре цифровых транзакций в строго определенной таким договором последовательности и при наступлении определенных им обстоятельств³.

В паспорте федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды» такие договоры именуются автоматизированными (самоисполняемыми)⁴.

Смарт-функция. В простейшем случае функциональным аналогом S-контракта является вендинговый автомат⁵. Более сложными представляются средства роботизированной автоматизации процессов (Robotic Process Automation) – программные «роботы», использующие правила бизнес-логики для выполнения четко заданных, повторяющихся функций и рабочих процессов

точно так же, как это сделал бы человек⁶. Видимо, к таким же инструментам можно отнести банковские программы, осуществляющие автоплатежи.

Блокчейн S-контракта. Архитектура S-контракта предполагает использование технологии распределенного реестра (БЧ) данных транзакций (исполнения обязательств), выполняемых программой. В данном случае БЧ рассматривается как многофункциональная и многоуровневая информационная технология, предназначенная для надежного учета различных активов [2].

Основным назначением БЧ-функционала в S-контракте является хранение хронологии транзакций. Также БЧ обеспечивает уникальные потребительские свойства (характеристики) S-контракта (неизменность, децентрализацию, анонимность, доступность, защищенность и др.) [2, 3].

Однако внедрение S-контрактов в деятельность экономических субъектов сопряжено с различными трудностями. Поэтому в научном сообществе идет обсуждение правовых, технических, организационных и прикладных аспектов новой технологии. Формулируется соответствующая проблематика, предлагаются пути разрешения проблем. Но при этом крайне мало, на наш взгляд, уделяется внимания экономике S-контрактов⁷, а ведь при прочих равных условиях именно она будет определять успешность их внедрения в хозяйственную деятельность.

Поэтому важно знать не только возможности, но и ограничения S-контрактов, порядок заключения и исполнения сделок, определить граничные условия, исключающие их использование.

Для определения экономической сущности S-контракта обратимся к институциональной экономической теории, в соответствии с которой контракт – упорядоченная в соответствии с предоговоренными условиями

³ О цифровых финансовых активах: проект федерального закона № 419059-7.

⁴ Паспорт федерального проекта «Нормативное регулирование цифровой среды»: URL: <https://digital.gov.ru/uploaded/files/pasport-federalnogo-proekta-normativnoe-regulirovanie-tsifrovoj-sredy.pdf>

⁵ Вендинг (англ. vending) – продажа товаров и услуг с помощью автоматизированных систем (торговых автоматов).

⁶ Берк П. Когда стоит применять программных роботов. URL: <https://www.itweek.ru/ai/article/detail.php?ID=189893>

⁷ На портале e-library по исследуемой проблематике размещен всего один источник [4].

и на правовой основе последовательность экономических взаимодействий (транзакций). Тогда S-контракт – всего лишь инструмент (программное обеспечение, код), поддерживающий или полностью реализующий цепочку таких взаимодействий в автоматическом/автоматизированном режиме. При этом S-контракт должен нести в себе логику и семантику классического договора. Это определяет актуальность постановки и решения применительно к S-контракту ряда известных задач экономической теории контрактов, в том числе, исследование:

- принципов построения и структуры S-контрактов;
- механизма образования неполноты S-контрактов;
- эффективности внедрения S-контрактов;
- предотвращения оппортунизма в контрактных отношениях;
- механизма принуждения к выполнению S-контрактов [5].

Решение этих задач создает экономическую основу внедрения технологии S-контрактов в цифровую экономику России.

Важнейшей экономической характеристикой любого договора являются транзакционные издержки, связанные с его заключением и исполнением. При этом существуют значительные расхождения по содержанию, источникам образования транзакционных издержек, а также разнообразие методов их анализа и др. В том числе не устоялись дефиниции институциональной экономической теории [6], отсутствуют четкая взаимосвязь между ее понятиями и их классификация [7]. Эти вопросы многократно рассматривались в трудах зарубежных и отечественных ученых (см., например, работы [8, 9]).

Для достижения целей, поставленных в данном исследовании, обратимся к классикам. Согласно Р. Коузу, транзакционные издержки представляют собой затраты, возникающие при заключении контрактов, а также

издержки, связанные с взаимоотношениями экономических агентов [10]. А, например, Р. Метьюз определил, что фундаментальная идея транзакционных издержек в том, что они состоят из издержек составления и заключения контракта, а также издержек надзора за соблюдением контракта и обеспечения его выполнения⁸.

Тогда предметом нашего исследования являются транзакционные издержки, возникающие в процессе формирования и исполнения договорных обязательств, связанных с использованием S-контракта.

Исследование проведено на функциональной модели бизнес-процесса (БП) «Управлять S-контрактом», построенной по стандарту IDEF0 (SADT)⁹.

Стандарт IDEF0 принят в США¹⁰ и рекомендован Госстандартом России для исследования структуры, параметров и характеристик производственных и организационно-экономических систем¹¹.

При IDEF0-моделировании производится декомпозиция предметной контекстной (целевой) функции на согласованные функции следующего уровня детализации. Предметная функция любого уровня преобразует входной поток сущностей – физических объектов или информации в выходной. Будем называть такие потоки *входом* и *выходом* функции. Для активации функций необходимы *управление*, которое определяет условия выполнения функции, и *механизмы* – средства, непосредственно реализующие функцию.

IDEF0-модель бизнес-процесса «Управлять S-контрактом». Построение IDEF0-модели

⁸ Цитата по работе [9].

⁹ Содержание и логика технологии S-контракта описаны в работах [11, 12], Интернете и других источниках. Начала методологии SADT изложены в работе [13].

¹⁰ Integration DEFinition for Function Modeling (IDEF0). Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, 1993, December 21. URL: <http://idef.com/wp-content/uploads/2016/02/idef0.pdf>

¹¹ Р 50.1.028-2001. Рекомендации по стандартизации. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. М.: Госстандарт России, 2003. 50 с.; РД IDEF0-2000. Методология функционального моделирования IDEF0. М.: Госстандарт России, 2000. 75 с.

БП начинается с контекстной диаграммы A_0 , описывающей в общем виде работу системы в предметной области (рис. 1).

В качестве входов A_0 будем рассматривать:

- когнитивные данные (условия) сторон, управляющих S-контрактом;
- комиссионное вознаграждение БЧ-системы (GasFee) за любые операции с БЧ (показано на декомпозиции A_0).

Выход A_0 – исполненный S-контракт. Управление A_0 сформулируем в общем виде: нормативная база (техническая и правовая), необходимая для выполнения соответствующей функции. Далее при декомпозиции A_0 для повышения читабельности диаграмм нормативная база не показана.

В качестве механизмов на уровне A_0 представлены: стороны договора, БЧ-система (Ethereum) и контрагенты – разработчик, верификатор (аудитор), суд (медиатор), эксперт.

На рис. 2 представлен первый уровень декомпозиции A_0 , который можно рассматривать как последовательное выполнение двух предметных процессов: «Создать S-контракт», A_1 и «Исполнять S-контракт», A_3 . На диаграмме также приведены обеспечивающие процессы «Верифицировать S-контракт», A_2 и «Нештатно исполнить S-контракт», A_4 .

Процесс «Создать S-контракт», A_1 составляют функции «Формализовать условия договора», A_{11} ; «Программировать S-контракт», A_{12} ; «Разместить S-контракт в БЧ», A_{13} и «Разработать оракулы», A_{14} (рис. 3).

Функция «Формализовать условия договора», A_{11} . Одной из технических проблем при создании S-контракта является проблема формализации естественно-языковых условий договора, под которой мы понимаем представление смысла и естественно-языкового текста договора в виде логических конструкций на машиночитаемом языке. В связи с этим можно говорить о формализуемых и неформализуемых условиях договоров. Отметим, что юридические

лексика и правовые конструкции относятся к плохо формализуемому языку. Кроме того, в S-контракте трудно отражать тактику заключения и исполнения договора, которая может присутствовать у сторон; S-контракт не оперирует двусмысленностями текстовых договоров. Поэтому его формулировки должны исключать неоднозначные трактовки и неопределенные сценарии. Такого рода задачи в той или иной степени решаются методами инженерии знаний¹².

Для формализации и кодирования условий договора стороны должны привлекать на возмездной основе разработчика (программистов); стороны и разработчик – механизмы функции A_{11} .

Анализ функции «Формализовать условия договора» показывает:

- функции присущи все транзакционные издержки, существующие при заключении обычного договора с техническим контрагентом – разработчиком (в статье не рассматриваются);
- попытки разрешить описанные трудности могут привести к высоким транзакционным издержкам на формализацию сложных договоров;
- технологические и семантические ограничения на формализацию условий договора детерминируют, по сути, требования к S-контракту как совершенному (классическому) контракту, описанные П. Милгром и Дж. Робертсом¹³, О. Уильямсом [14] и др.

Функции «Программировать S-контракт», A_{12} и «Разместить S-контракт в БЧ», A_{13} – технологические и состоят в создании исходного кода и его компиляции в байт-код, размещаемый в БЧ, и выполняются разработчиком. Размещение S-контракта (байт-кода) в БЧ требует уплаты комиссионного вознаграждения (GasFee) БЧ-

¹² Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. М.: Лань, 2016. 324 с.

¹³ Милгром П., Робертс Д. Экономика, организация и менеджмент. Т. 1. СПб.: Экономическая школа, 2004. 463 с.

системе¹⁴, которое на диаграмме представлено одним из входов A_{13} . Размещение по правилам Ethereum оплачивается специальными (квазиденежными) единицами Wei¹⁵. Для этого стороны должны иметь кошельки Ethereum (механизмы).

Таким образом, стороны при выполнении процесса «Создать S-контракт», A_1 несут прямые денежные затраты на оплату услуг разработчика (функции A_{11} – A_{14}) и на размещение S-контракта в БЧ (функция A_{13}).

Функция «Разработать оракулы», A_{14} . Как правило, договорные условия предполагают взаимодействие с внешними сервисами. Это может быть получение информации от внешних по отношению к БЧ-системе источников, например, котировки валюты на бирже или направление запросов к внешнему получателю. Такие коммуникации S-контрактов сопряжены с техническими ограничениями:

- невозможностью непосредственной работы в базовой архитектуре БЧ-системы с внешними источниками данных. Решение этой проблемы возможно применением одного или нескольких оракулов – специальных S-контрактов, обеспечивающих подключение к внешнему (off-chain) источнику данных. Обращение к оракулам означает привлечение еще одной доверенной стороны (назовем ее также оракулом) и, соответственно, заключение с ней отдельного договора на поставку данных. При этом оракул – потенциальная точка отказа (Single Point Of Failure), в том числе поставки ошибочных данных;
- S-контракты не могут сами обращаться к off-chain-источникам, например API¹⁶ банка для перевода денег. Преодоление этих трудностей возможно путем инверсии off-chain коммуникаций: замены обращения S-контракта к off-chain API на мониторинг доверенным сервисом (банком) состояния

БЧ и совершения им определенных действий (перевод денег) при изменении состояния БЧ.

Таким образом, любые автоматические коммуникации S-контракта с внешней средой требуют существенного усложнения программного обеспечения (введения в систему оракулов), организационных решений, наличия доверенной третьей стороны для управления взаимодействиями между БЧ и внешней средой.

Краткие выводы по процессу «Создать S-контракт», A_1 . Реализация процесса сопряжена с понятийными и технологическими ограничениями, учет которых ведет к исключению из S-контракта неформализуемых условий договора и разработке специальных решений для коммуникации со средой off-chain. Оба вида ограничений предопределяют повышенные транзакционные издержки.

Процесс «Верифицировать S-контракт», A_2 . При создании S-контракта (A_1) предъявляются высокие требования к качеству технического задания на проект и качеству его реализации. Ошибки, допущенные при разработке, нарушают работоспособность S-контракта, ведут к некорректному его исполнению (искажают бизнес-логику, функционал и параметры договора).

Однако БЧ-технология исключает возможность итеративной доработки функционала и структуры информации, а также изменения кода после загрузки его в БЧ. Это принципиальное ограничение БЧ-технологии. Исправление ситуации возможно только загрузкой нового контракта с исправленным кодом.

Для снижения (но не исключения) вероятности реализации данной угрозы необходимы правовая, логическая и программная верификация S-контракта, A_2 (рис. 4). При этом анализ работы S-контракта, написанного на Solidity – полном по Тьюрингу языке, используемом в Ethereum, – нетривиальная задача¹⁷.

¹⁴ Комиссионное вознаграждение предусмотрено за любую активность пользователя в Ethereum, в том числе за исполнение S-контракта (функция A_3).

¹⁵ Wei – производная единица Ethereum. $1\text{Eth} = 10^{18}\text{ Wei}$.

¹⁶ API, Application Programming Interface (интерфейс программирования приложений) – интерфейс взаимодействия компьютерных программ.

¹⁷ Song J. The Truth about Smart Contracts. URL: <https://medium.com/@jimmysong/the-truth-about-smart-contracts-ae825271811f>

Цели верификации – подтверждение корректности предметной логики работы и надежности¹⁸ S-контракта как программного обеспечения. Функция A_2 выполняется верификатором (механизм), в качестве которого могут выступать разработчик, сторонний аудитор, страховщик.

Возможны несколько сценариев выполнения процесса A_2 :

- верификация сторонами и разработчиком (в рамках договора на создание S-контракта) на этапе испытаний S-контракта (автоматизированной системы)¹⁹;
- верификация сторонним аудитором или страховщиком на основании отдельного договора и программы верификации. Для этого в БП должна быть включена функция «Заклучить договор на верификацию S-контракта», A_{21} .

Законодательство не исключает страхования интересов сторон от рисков некорректной работы S-контракта в случае пропуска ошибок при испытаниях или верификации S-контракта.

Функция непосредственной верификации «Провести верификацию S-контракта и оракула», A_{22} должна выполняться специалистами верификатора – юристом и программистом. Это означает, что юристы должны владеть языком программирования, например Solidity, а программисты – основами юриспруденции. Это же условие относится к участникам судопроизводства по спорам, связанным с S-контрактами (функция A_{43}). В настоящее время это требование трудно реализуемо и его выполнение повышает издержки.

Функция A_{22} в свою очередь подлежит декомпозиции (диаграмма не приводится). В частности, в ее структуру могут входить

функции «Тестировать S-контракт», A_{221} , «Провести опытную эксплуатацию», A_{222} и др.

При успешной верификации S-договора целесообразно распределить остаточные риски его некорректной работы в результате невыявленных ошибок (функция «Распределить риски», A_{23}). Для этого потребуется заключение отдельного договора сторон с разработчиком, аудитором или страховщиком.

Процесс «Исполнить S-контракт», A_3 непосредственно реализует предназначение S-контракта (автоматически исполнять предустановленные договорные условия) и включает функцию «Создать транзакцию на исполнение S-контракта», A_{31} и нескольких технических функций БЧ-системы: работа виртуальной машины Ethereum, EVM по исполнению байт-кода, A_{32} ; майнинг, A_{33} и др. Диаграмма декомпозиции процесса A_3 не приводится.

Функция A_{31} может быть вариативно активирована (рис. 2):

- волеизъявлением одной из сторон договора (вход – когнитивные данные, механизмы – одна из сторон, клиент Ethereum (кошельки);
- внешним источником данных (вход – внешние данные, механизм – Оракул.

Для исполнения S-контракта необходимо комиссионное вознаграждение, вход – GasFee.

Управлением процесса A_3 является Акт верификации S-контракта.

Одна из анонсируемых задач, решаемых S-контрактом – автоматизация оплаты по договору. Реализация этой функции зависит от наличия денежных средств в кошельке S-контракта. Однако пополнение кошелька, как правило, не автоматическое и определяется бизнес-логикой плательщика или его бизнес-дисциплиной. Резервирование потребных сумм повышает издержки плательщика.

Введение дополнительного функционала, такого как проверка S-контрактом других кошельков или финансирование им кошелька

¹⁸ Надежность вычислительной системы – возможность предоставлять услуги, которым можно доверять и избегать неприемлемой для пользователя частоты и серьезности отказов [15].

¹⁹ Например, по ГОСТ 34.603-92 Информационная технология. Виды испытаний автоматизированных систем (на рис. 4 не отражено).

из иных источников, усложняет систему (выход A_3 «Запрос внешних данных»), но не решает проблемы при отсутствии в других кошельках и источниках потребной суммы. Это повышает эффективность, но удорожает систему, не делает оплату автоматической, соответственно, не исключает недоразумения по оплате.

Издержки по выполнению функции A_3 – только оплата комиссионного вознаграждения за исполнение S-контракта (GasFee).

Процесс «Нештатно исполнять S-контракт», A_4 . Вариативность исполнения, возможность изменения и прекращения контракта, а также судебного разрешения споров являются стандартными условиями традиционной договорной деятельности. Поэтому естественно формирование аналогичных требований к S-контракту (рис. 5).

Однако S-контракт (БЧ) не позволяет учесть вновь возникшие обстоятельства (назовем их форс-мажор и будем рассматривать как Управление A_{41-43}), если стороны не предусмотрят такой возможности при его создании. Эта особенность S-контракта обусловлена свойством неизменности БЧ.

В настоящее время отсутствует простой способ изменения S-контракта (функция «Изменить S-контракт», A_{41}) в случае изменения условий сделки или законодательства. Аналогичные трудности связаны и с досрочным прекращением S-контракта (функция A_{42}). Более того, БЧ вообще не допускает такого варианта.

Функция «Оспорить S-контракт», A_{43} . Экономическая деятельность субъектов всегда сопряжена с риском нарушений договорных отношений, урегулирование которых возможно только в судебном порядке. В таких случаях исследование судом исков заявителя должно производиться как в части содержания S-контракта, так и в части его программной реализации. Здесь отметим значительные организационные трудности и правовую неурегулированность этого процесса с точки зрения судопроизводства. С данной функцией связаны транзакционные издержки сторон на судебный процесс, их

прямые потери от простоя БП, а также оплата проигравшей стороной судебных издержек.

Таким образом, важнейшая функция договорной деятельности «Нештатное исполнение S-контракта» труднореализуема в рамках БЧ-технологии. Некоторые возможные решения сопряжены с повышенными издержками.

Предложенная модель БП «Управлять S-контрактом» позволяет детализировать структуру, пофункционально определить природу возникновения и содержание транзакционных издержек этого процесса. Проведем их классификацию с учетом специфики, обусловленной использованием S-контракта. Отметим, что общепринятая классификация транзакционных издержек не разработана.

Издержки ведения переговоров. В этом классе выделим издержки определения возможных контрагентов, необходимых для создания S-контракта (разработчик, рерификатор) и его исполнения (оракул, страховщик).

Издержки составления контракта. В нашем случае это издержки формализации условий договора (A_{11}).

Издержки программирования представляют собой оплату услуг разработчика по непосредственному кодированию S-контракта (A_{12}).

Издержки размещения S-контракта в БЧ (A_{13}) включают оплату услуг разработчика и комиссионное вознаграждение БЧ-системе за размещение.

Издержки верификации (измерений) S-контракта (процесс A_2) включают затраты на заключение договора с верификатором (A_{21}), тестовое программное обеспечение, на проведение тестирования S-контракта (A_{22}), затраты на устранение выявленных при тестировании ошибок, на мероприятия, повышающие корректность тестирования, и др.

В эту же группу издержек мы включили издержки (A_{23}), связанные с распределением рисков некорректной работы S-контракта и издержки, связанные с их страхованием.

Издержки процесса «Исполнить S-контракт», A_3 определяются необходимостью оплаты БЧ-системе каждой транзакции, исполняющей условия S-договора и резервирования некоторой суммы (квази)денежных средств (Eth) в кошельке стороны – плательщика договора.

Дополнительные затраты могут возникать при взаимодействии S-контракта с внешними сторонами (оракулами).

Издержки юридического сопровождения исполнения S-договора (A_{43}) могут включать затраты на судебные процессы или работу несистемного медиатора, а также затраты на восстановление времени и ресурсов нарушенных прав, обеспечение рисков и др.

Издержки информационного мониторинга связаны с контролем исполнения контракта сторонами. Издержки минимизируются, поскольку одним из потребительских свойств S-контракта является гарантия исполнения договора.

Издержки на принуждение. В штатном режиме работы издержки минимизируются, поскольку концепция S-контракта исключает любые отклонения от порядка и условий его исполнения. При нештатном исполнении S-контракта (оспаривании, функция A_{43}) величина издержек может существенно отличаться в зависимости от конкретной ситуации.

Издержки оппортунистического поведения сторон. Считается, что S-контракты нивелируют (исключают) оппортунистическое поведение сторон. При этом мы допускаем появление новых форм оппортунизма, которые потребуют специальных исследований.

Таким образом, в структуре транзакционных издержек использования S-контракта можно выделить обычные издержки договорной деятельности и новые, технологические издержки, назовем их смарт (S)-издержками.

Проведенная спецификация издержек, связанных с S-контрактом, необходима, но недостаточна для принятия решений сторонами об использовании этой договорной

технологии. Недостающими компонентами для принятия решения являются результат количественной оценки транзакционных издержек и допустимость их величины.

В общем случае оценка транзакционных издержек затруднена. Универсальных методик не существует. Для S-контракта ситуация усугубляется отсутствием практики организации и применения этой технологии. При этом некоторые издержки в разработанной модели, видимо, остались скрытыми, по некоторым (например, A_4) трудно, хотя бы даже экспертно, оценить уровень.

Тем не менее представляется полезным рассмотреть возможные решения задачи оценки транзакционных издержек S-контракта. Согласно ординалистскому подходу на практике имеет значение лишь направление изменения уровня транзакционных издержек. Для этого производят сопоставление и ранжирование факторов воздействия на динамику транзакционных издержек без их количественного измерения [16]. Именно этот подход и был применен для анализа IDEF0-модели S-контракта. Нетрудно видеть, что структуры транзакционных издержек S-контракта и традиционного договора существенно различаются. В спецификации S-контракта присутствует значительно большее число позиций. Однако практически исчезают или существенно снижаются издержки, обусловленные оппортунистическим поведением сторон, понуждением их к выполнению договора и др.

В соответствии с кардиналистским подходом производят количественную оценку величины транзакционных издержек (см., например, работу [17]). В качестве метода количественной оценки транзакционных издержек БП «Управлять S-контрактом» можно использовать метод функционально-стоимостного анализа [18], хотя научное сообщество не имеет единого мнения не только по содержанию, но и по корректности перевода его наименования²⁰. Поэтому, не

²⁰ На это указывается в большинстве работ по данной тематике.

вступая в дискуссию по этим вопросам, для целей нашего исследования будем:

использовать термин Activity Based Costing (ABC) для обозначения метода функционально-стоимостного анализа;

- считать назначением метода ABC системное исследование функций объектов, направленное на обеспечение общественно необходимых потребительских свойств объектов и минимальных затрат на их проявление²¹.

Основой метода ABC является учет затрат по видам деятельности. Метод основан на всестороннем изучении функций исследуемого объекта и затрат на их выполнение и имеет целью выявление функционально неоправданных, излишних затрат или затрат, связанных с организационно-технологическим несовершенством механизмов исполнения функций.

Метод ABC хорошо согласуется IDEF0-моделями, поскольку в нем основным объектом учета затрат выступает операция (функция). Интеграция методов IDEF0 и ABC создает инструментарий оценки транзакционных издержек.

На уровне функционального блока связь IDEF0-моделей и ABC-метода обеспечивается выполнением трех правил:

- функциям присваиваются числа, которые проставляются в левом нижнем углу функциональных блоков и обозначают стоимость или время их выполнения;
- стоимость/время функции низшего уровня (не имеющей декомпозиции) определяется сторонами или разработчиком S-контракта;
- стоимость/время декомпозируемой функции определяется как сумма стоимостей/времен всех составляющих ее подфункций.

В некоторых случаях для установления стоимости/времени требуется весьма непростая экспертная оценка.

²¹ Цитата приведена по работе [19] и отражает позицию ряда исследователей.

Для автоматизации построения функциональной модели IDEF0 следует использовать инструментарий CASE²², поддерживающий ABC-метод.

Важно отметить, что итоговый результат оценки транзакционных издержек по методу IDEF0/ABC, строго говоря, не может служить критерием принятия решения об использовании S-контракта. Критерием, на наш взгляд, может являться некий показатель эффективности K , значение которого не превышает $K_{\max} = Z / ПС$, где Z – издержки на управление S-контрактом; $ПС$ – потребные потребительские свойства S-контракта. При этом состав, характеристики и значения ПС являются темой специальных научных исследований.

Нетрудно видеть, что применить научные подходы оценки транзакционных издержек S-контракта в практических целях достаточно трудно. Поэтому единственным вариантом остается упоминаемый в некоторых источниках [5] интуитивный подход к их оценке.

В настоящее время S-контракты могут иметь ограниченное применение, например, для поддержки традиционной договорной деятельности в качестве вспомогательного инструмента автоматизированного выполнения условий договора (ancillary smart contracts).

Экономической моделью S-контракта является совершенный, самоисполнимый договор (self-fulfilling contracts). Технологической основой такого контракта могут быть программные шаблоны типовых договоров, обеспечивающие минимальные транзакционные издержки.

В целом перспектива широкого применения S-контрактов в сложных договорных отношениях представляется пока не вполне определенной и будет зависеть от разрешения комплекса вопросов в правовой, технической, экономической и, может быть, даже ментальной областях.

Так, технические решения должны позволять автоматизировать неполные и

²² CASE (англ. Computer Aided Software Engineering) – специальное программное обеспечение для моделирования БП.

(пофантазируем) отношенческие и имплицитные договоры (терминология по работе [15]). В экономической части необходимы разносторонние исследования по постановке и решению оптимизационных задач, в том числе минимизирующих S-издержки.

Тем не менее, эту статью автор хочет закончить ссылкой на правило, которое сформулировал президент калифорнийского Института Будущего Рой Амара: мы склонны переоценивать новые технологии в краткосрочной перспективе и недооценивать в долгосрочной.

Рисунок 1

Контекстная диаграмма процесса «Управлять S-контрактом», A_0

Figure 1

S-Contract Management process: A context diagram, A_0



Источник: авторская разработка

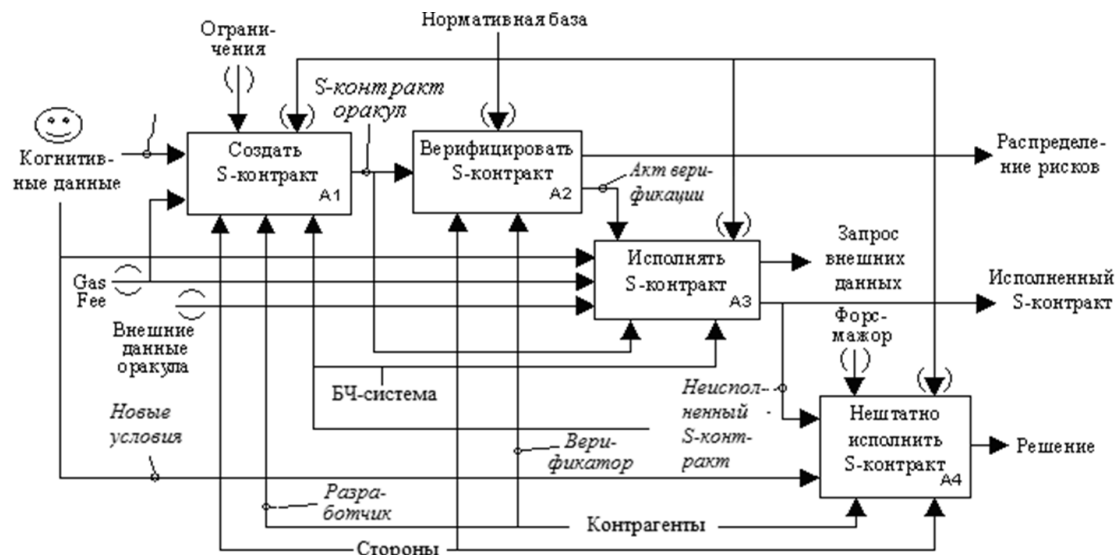
Source: Authoring

Рисунок 2

Декомпозиция процесса «Управлять S-контрактом», A_0

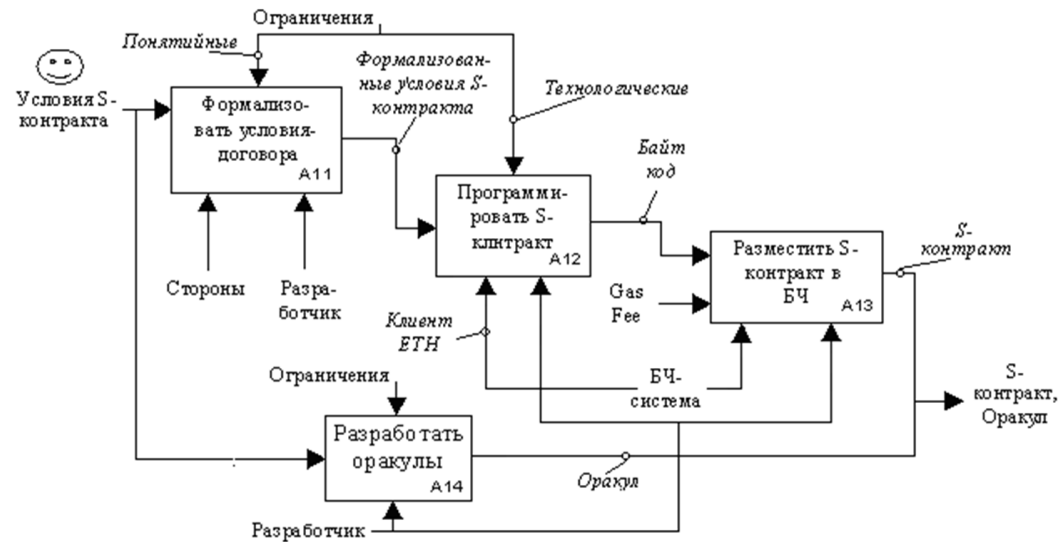
Figure 2

S-Contract Management process: Decomposition, A_0



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 3Декомпозиция процесса «Создать S-контракт», A_1 **Figure 3***S-Contract Creation process: Decomposition, A_1* 

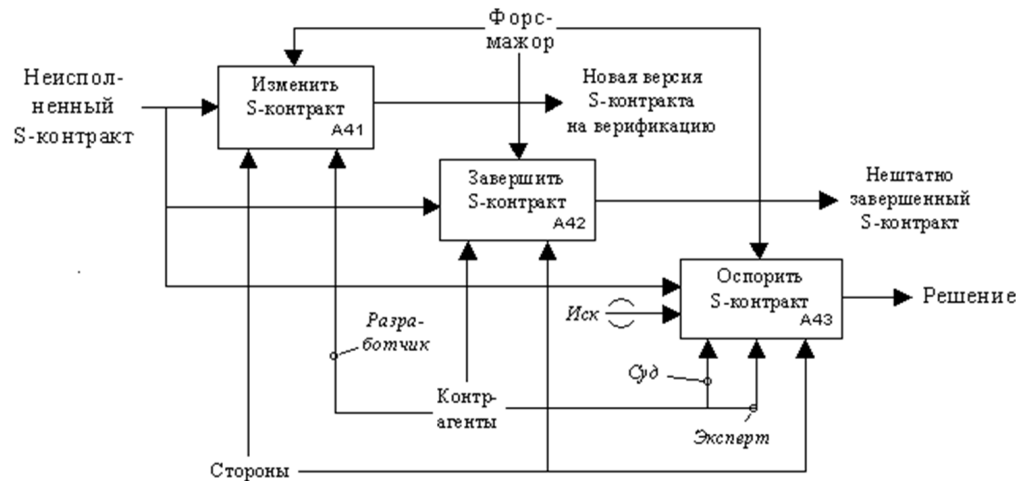
Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 4Декомпозиция процесса «Верифицировать S-контракт», A_2 **Figure 4***S-Contract Verification process: Decomposition, A_2* 

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Рисунок 5**Декомпозиция процесса «Нештатно исполнять S-контракт», A₄****Figure 5****S-Contract Non-Standard Execution process: Decomposition, A₄**

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. Якутин Ю.В. Российская экономика: стратегия цифровой трансформации (к конструктивной критике государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации») // Менеджмент и бизнес-администрирование. 2017. № 4. С. 27–52.
2. Свон М. Блокчейн. Схема новой экономики. М.: Олимп-Бизнес, 2016. 224 с.
3. Равал С. Децентрализованные приложения. Технология Blockchain в действии. СПб.: Питер, 2017. 240 с.
4. Копылов Д.А. Смарт-контракты как механизм повышения прозрачности и снижения транзакционных издержек в современной экономике // Экономика и предпринимательство. 2018. № 3. С. 1097–1100.
5. Сергеев А.М. Основные понятия и положения теории контрактов // Бизнес, менеджмент и право. 2016. № 3-4. С. 38–42. URL: http://www.bmpravo.ru/show_stat.php?stat=1099
6. Иншаков О.В. Институт и институт: проблемы категориальной дифференциации и интеграции // Экономическая наука современной России. 2010. № 3. С. 26–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/institutsiya-i-institut-problemy-kategorialnoy-differentsiatsii-i-integratsii>
7. Попов Е.В., Сергеев А.М. Современный российский институционализм: к продолжению дискуссии // Вопросы экономики. 2010. № 2. С. 103–116. URL: <https://www.vopreco.ru/jour/article/view/994>
8. Леденёва М.В., Гущина И.А. Эволюционный механизм транзакционных издержек // Бизнес. Образование. Право. Вестник Волгоградского института бизнеса. 2016. № 4. С. 133–138. URL: <http://vestnik.volbi.ru/upload/numbers/437/article-437-1734.pdf>

9. Попов Е.В. Издержки трансакций // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Социально-экономические науки. 2013. № 20. С. 33–46.
URL: http://www.sr.pstu.ru/files/VestnikSocialnoekonomnauki20_2013.pdf
10. Коуз Р. Фирма, рынок и право. М.: Новое издательство, 2007. 224 с.
11. Прасти Н. Блокчейн. Разработка приложений. СПб.: БХВ-Петербург, 2018. 256 с.
12. Bashir I. Mastering Blockchain: Distributed Ledger Technology, Decentralization, and Smart Contracts Explained. Packt Publishing, 2018, 658 p.
13. Марка Д.А., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования SADT. М.: МетаТехнология, 1993. 240 с.
14. Williamson O.E. Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 1991, vol. 36, no. 2, pp. 269–296.
URL: <https://doi.org/10.2307/2393356>
15. Воеводин В.П. Эволюция понятия и показателей надежности вычислительных систем. Протвино: ИФВЭ, 2012. 24 с.
16. Терновский Д.С., Лаврова Ю.С. Методологические аспекты оценки трансакционных издержек в деятельности организации // Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права. 2014. № 4. С. 85–90.
URL: http://vestnik.buker.ru/articles_pages/articles/2014/2014-4/Articles_85-90.pdf
17. Кирьянов И. Количественная оценка трансакционных издержек организации. Общий методический подход // Вестник НГУЭУ. 2015. С. 78–101.
URL: <https://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/453>
18. Каплан Р., Купер Р. Функционально-стоимостной анализ. Практическое применение. М.: Вильямс, 2017. 352 с.
19. Усенко В.Р., Складорова В.А., Шеравнер В.М. Функционально-стоимостной анализ в коммерческих организациях: теория и практика. М.: Флинта, 2015. 206 с.

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

**USING SMART CONTRACTS IN CONTRACT ACTIVITY:
TRANSACTION COSTS AND LIMITATIONS****Vladimir Yu. KARPYPHEV**

Nizhny Novgorod State Technical University named after R.E. Alekseev (NNSTU),
Nizhny Novgorod, Russian Federation
kavlyr@yandex.ru
ORCID: not available

Article history:

Received 15 May 2019
Received in revised form
21 June 2019
Accepted 30 July 2019
Available online
30 August 2019

JEL classification: B41, D23

Keywords: digital economy,
smart contract, functional
modeling, transaction cost,
activity-based costing

Abstract

Subject The article investigates transaction costs of contract activities, using the smart contract modern digital technology.

Objectives I examine special features of transaction costs related to the use of smart contracts, define primary sources of transaction costs and factors affecting them, and focus on developing a new approach to their reduction.

Methods The study employs methods of systems approach, functional modeling, classification, expert and functional cost analysis, etc.

Results I offer a functional model of a smart contract. Using a model, I look at the structure, content and nature of transaction costs arising during contractual activities involving such contracts. The paper introduces the smart cost concept. I also describe the main limitations of the smart contract technology affecting the structure and size of transaction costs, and show how the latter change compared to traditional contract costs. I suggest a new technique for transaction cost evaluation, integrating the modern methodologies for the study of business processes. Finally, I discuss prospects and conditions for introducing the smart contract technology in contract activities. The findings may be applied both in theory and in practice for economic analysis of transaction costs associated with the development and usage of smart contracts.

Conclusions Prospects for the extensive use of smart contracts in contract activities are determined by the possibility of reducing their distinctive smart costs. These arise from technological and semantic limitations of methods and platforms of smart contract design. To overcome current constraints, it is crucial to have special academic research on technology in economics.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

Please cite this article as: Karpychev V.Yu. Using Smart Contracts in Contract Activity: Transaction Costs and Limitations. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 8, pp. 1478–1493.
<https://doi.org/10.24891/ea.18.8.1478>

References

1. Yakutin Yu.V. [The Russian economy: A strategy for digital transformation (Constructive criticism of the government programme “Digital economy of the Russian Federation”]. *Menedzhment i biznes-administrirovanie* = *Management and Business Administration*, 2017, no. 4, pp. 27–52. (In Russ.)
2. Swan M. *Blokchein. Skhema novoi ekonomiki* [Blockchain: Blueprint for a New Economy]. Moscow, Olimp-Biznes Publ., 2016, 224 p.
3. Raval S. *Detsentralizovannye prilozheniya. Tekhnologiya Blockchein v deistvii* [Decentralized Applications: Harnessing Bitcoin's Blockchain Technology]. St. Petersburg, Piter Publ., 2017, 240 p.

4. Kopylov D.A. [Smart contracts as a mechanism of increasing transparency and reducing transaction costs in modern economy]. *Ekonomika i predprinimatel'stvo = Journal of Economy and Entrepreneurship*, 2018, no. 3, pp. 1097–1100. (In Russ.)
5. Sergeev A.M. [Basic concepts and outlines of contracts' theory]. *Biznes, menedzhment i pravo = Business, Management and Law*, 2016, no. 3-4, pp. 38–42.
URL: http://www.bmpravo.ru/show_stat.php?stat=1099 (In Russ.)
6. Inshakov O.V. [The Institution and Institution: Issues Categorical Differentiation and Integration]. *Ekonomicheskaya nauka sovremennoi Rossii = Economics of Contemporary Russia*, 2010, no. 3, pp. 26–38. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/institutsiya-i-institut-problemy-kategorialnoy-differentsiatsii-i-integratsii> (In Russ.)
7. Popov E.V., Sergeev A.M. [The Modern Russian Institutionalism: Further Discussion]. *Voprosy Ekonomiki*, 2010, no. 2, pp. 103–116. URL: <https://www.vopreco.ru/jour/article/view/994> (In Russ.)
8. Ledeneva M.V., Gushchina I.A. [The evolutionary mechanism of transaction costs]. *Biznes. Obrazovanie. Pravo. Vestnik Volgogradskogo instituta biznesa = Business. Education. Law. Bulletin of Volgograd Business Institute*, 2016, no. 4, pp. 133–138.
URL: <http://vestnik.volbi.ru/upload/numbers/437/article-437-1734.pdf> (In Russ.)
9. Popov E.V. [Costs of transactions]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Sotsial'no-ekonomicheskie nauki = PNRPU Sociology and Economics Bulletin*, 2013, no. 20, pp. 33–46.
URL: http://www.sr.pstu.ru/files/VestnikSocialnoekonomnauki20_2013.pdf (In Russ.)
10. Coase R. *Firma, rynek i pravo* [The Firm, the Market and the Law]. Moscow, Novoe izdatel'stvo Publ., 2007, 224 p.
11. Prusty N. *Blokchein. Razrabotka prilozhenii* [Building Blockchain Projects: Building Decentralized Blockchain Applications with Ethereum and Solidity]. St. Petersburg, BKhV-Peterburg Publ., 2018, 256 p.
12. Bashir I. *Mastering Blockchain: Distributed Ledger Technology, Decentralization, and Smart Contracts Explained*. Packt Publishing, 2018, 658 p.
13. Marca D.A., McGowan C. *Metodologiya strukturnogo analiza i proektirovaniya SADT* [Structured Analysis and Design Technique]. Moscow, MetaTekhnologiya Publ., 1993, 240 p.
14. Williamson O.E. Comparative Economic Organization: The Analysis of Discrete Structural Alternatives. *Administrative Science Quarterly*, 1991, vol. 36, no. 2, pp. 269–296.
URL: <https://doi.org/10.2307/2393356>
15. Voevodin V.P. *Evolutsiya ponyatiya i pokazatelei nadezhnosti vychislitel'nykh sistem* [The evolution of notions and indexes of computer systems' dependability]. Protvino, IHEP Publ., 2012, 24 p.
16. Ternovskii D.S., Lavrova Yu.S. [Methodological aspects of transaction costs assessment in the organization's activities]. *Vestnik Belgorodskogo universiteta kooperatsii, ekonomiki i prava = Herald of the Belgorod University of Cooperation, Economics and Law*, 2014, no. 4, pp. 85–90.
URL: http://vestnik.bukep.ru/articles_pages/articles/2014/2014-4/Articles_85-90.pdf (In Russ.)
17. Kir'yanov I. [Quantitative evaluation of transaction costs organizations. The general methodological approach]. *Vestnik NGUEU = Vestnik NSUEM*, 2015, no. 4, pp. 78–101.
URL: <https://nsuem.elpub.ru/jour/article/view/453> (In Russ.)

18. Kaplan R., Cooper R. *Funktsional'no-stoimostnoi analiz. Prakticheskoe primeneniye* [Cost and Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance]. Moscow, Vil'yams Publ., 2017, 352 p.
19. Usenko V.R., Sklyarova V.A., Sheravner V.M. *Funktsional'no-stoimostnoi analiz v kommercheskikh organizatsiyakh: teoriya i praktika* [ABC application in commercial organizations: Theory and practice]. Moscow, Flinta Publ., 2015, 206 p.

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.