

Musereum

Artem Aler Dan

28 ноября 2017 г.

Оглавление

1	Введение	3
2	Обзор индустрии	4
2.1	Доходы от распространения музыкального произведения	5
2.2	Структура музыкальной индустрии	8
2.3	Основные проблемы музыкальной индустрии	11
2.3.1	Отсутствие доступной и достоверной информации о принадлежности прав	11
2.3.2	Непрозрачность транзакций в индустрии	12
2.3.3	Отсутствие эффективных средств контроля за использованием музыки .	12
2.3.4	Черные ящики	13
2.3.5	Пиратство	13
2.3.6	Сложности монетизации музыкального контента	13
2.4	Решение вышеописанных проблем проектом Musereum	14
3	Техническое описание платформы	19
3.1	Обзор	19
3.1.1	Соглашение о наименовании	20
3.1.2	Математические функции и символы	20
3.2	Архитектура платформы	22
3.2.1	Слой хранения и учета	23
3.2.2	Слой доступа	23
3.2.3	Слой интерфейсов взаимодействия	24
3.3	Блокчейн	24
3.3.1	Выбор версии	25
3.3.2	Финализация блока	25

3.3.3	Свидетельство сделки	25
3.3.4	Кроссчейн Musereum и Ethereum Classic	26
3.3.5	Вознаграждение за производство блоков	26
3.3.6	Виртуальная машина Ethereum	28
3.3.7	Смарт-контракты Ethereum	28
3.3.8	Правила Musereum по взаимодействию с EVM	28
3.4	Децентрализованное хранилище	29
3.4.1	Обзор технологии	29
3.4.2	Соглашение о хранении данных	29
3.4.3	Система удобочитаемых наименований	29
3.5	Децентрализованные приложения	29
3.5.1	Governance dApp	29
3.5.2	Contract Registry	29
3.5.3	Musereum Name System (MNS)	30
3.5.4	Voting dApp	31
3.5.5	Musical Assets Registry	33
3.5.6	Decentralized Autonomous Labels	35
3.5.7	Soundchain	41

1 | Введение

«Musereum» – это мульти-блокчейн проект, созданный консорциумом блокчейн-профессионалов в сотрудничестве с экспертами в разработке программного обеспечения, юристами и профессиональными участниками музыкальной индустрии, способными применить сильные стороны указанных сфер и технологии для решения реальных бизнес-задач, а также преобразования мировой музыкальной индустрии в целом.

Проект представляет собой музыкальную платформу, сформированную на базе смарт-контрактов. Токены «Musereum» являются основополагающей единицей на платформе для построения экономических взаимоотношений между всеми участниками сети.

Мы понимаем, что изменить текущую ситуацию в индустрии, которая формировалась десятки лет, в один момент не получится, поэтому инновационные механизмы будут внедряться постепенно в коллаборации с заинтересованными сторонами процесса.

В рамках проекта «Musereum» участники смогут создавать токены, в которые будет “упакована” доля в совместном исключительном праве на музыкальное произведение. Эмиссия таких токенов будет со-

провождаться лицензированием того или иного объекта музыкального произведения и таймштампингом в публичной сети Ethereum или Ethereum Classic. Музыкальные токены будут свободно обмениваться на авторизованных биржах, позволяя музыкантам привлекать средства по модели краудинвестинга, профессиональным участникам рынка – использовать прозрачный инструмент для очистки прав на музыкальные произведения, слушателям – иметь легальную возможность напрямую поддерживать любимого автора, а инвесторам – получить новый инвестиционный инструмент.

Результатом реализации проекта станет коренное изменение отношений, складывающихся в музыкальной сфере, а именно:

- создание базы данных для управления правами интеллектуальной собственности;
- достижение справедливости при выплате роялти посредством децентрализации процессов;
- создание музыкальной платформы для начинающих талантов;
- упрощение процедуры лицензирования.

2 | Обзор индустрии

Уже к середине 2017 года общее потребление музыки выросло на 9,9% по сравнению с прошлым годом.

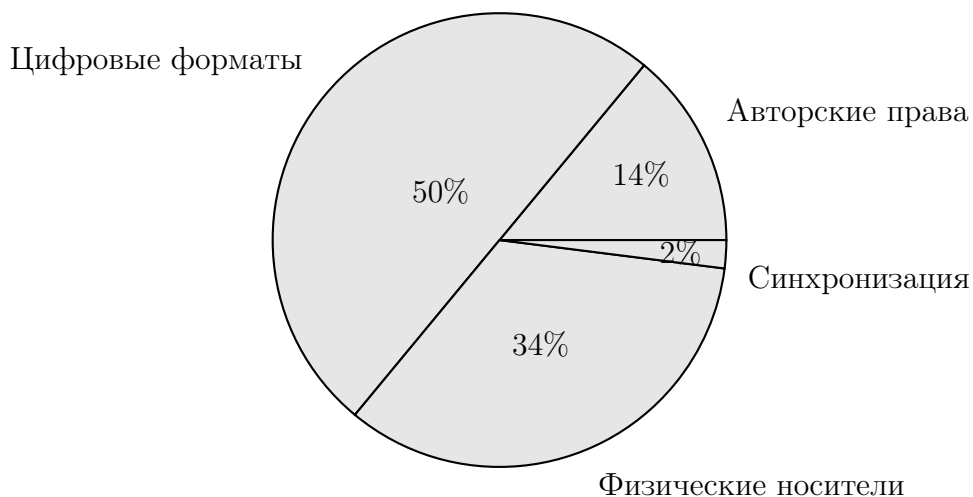
Аналитическая компания «Buzzanngelmusic» провела исследование музыкального рынка и пришла к следующим выводам: общий объем потребления музыкальных альбомов вырос на 9%, а музыкальных произведений - на 29,5%.

Таблица 2.1: Предзаготовленные типовые ограничения лицензий

	2016 год	2017 год	% роста
Общее потребление музыкальных произведений	1,167,384,931	1,512,049,118	29.5%
Продажи песен	410,920,611	313,305,154	-23.8%
Потоковое вещание	113,469,648,006	179,811,594,535	58.5%
Видео вещание	95,696,158,924	101,531,507,971	6.1%
Общее потребление альбомов	266,565,904	292,986,056	9.9%
Продажи альбомов	86,029,972	74,093,472	-13.9%

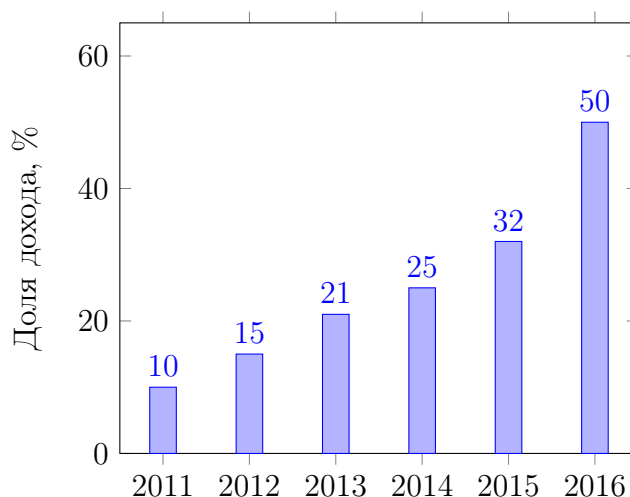
2.1 Доходы от распространения музыкального произведения

Рис. 2.1: Доходы от распространения музыкального произведения



Такая популярность обусловлена соответствующим ростом доходности. Стоит отметить, что наибольший доход приносят произведения, распространяемые на цифровых форматах, которые составляют ровно половину всей потребляемой музыки, в отличие от тех, например, которые распространяются посредством физических продаж - 34%, согласно данным

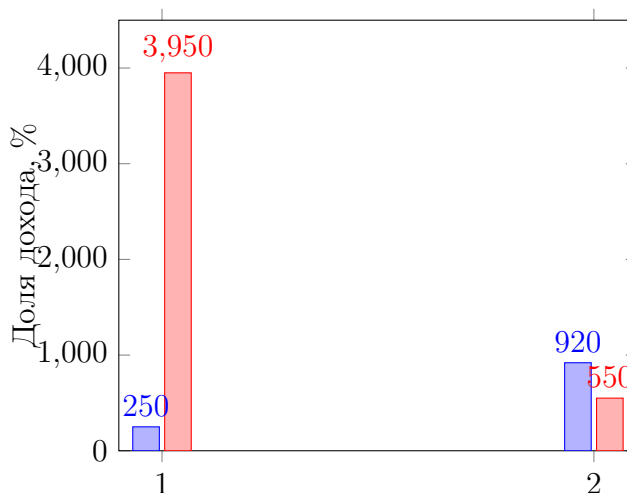
Рис. 2.2: Доходы от потокового вещания



В 2017 году аудиостриминг достиг рекордных отметок и вырос на 58,5%. На отдельных рынках рост доходности достигал более 300% (Южная Африка). По доходности аудиостриминг является лидером в своей сфере. К примеру, несмотря на то, что видео направление привлекает 900

млн пользователей, прибыль составила всего \$553 млн, в то время как, доход от потокового вещания равен 3,904 млн, а общее количество пользователей 212 млн.

Рис. 2.3: Аудио- и видео-стриминг: соотношение количества пользователей и прибыли



Несомненно, затраты на раскрутку одной композиции требует средств. В среднем инвестиции в новую запись составляют US\$498 000 - 2 000 000 (в частности, именно такие цифры подтверждают данные из США и Великобритании). В 2015 году было инвестировано US\$4.5 млрд в A&R и Marketing прибыли всей мировой музыкальной индустрии.

Таблица 2.2: Инвестиции в раскрутку новой записи

Инвестиции в раскрутку новой записи	
Привлечение клиентов	US \$50.000-350.000
Затраты на запись	US \$150.000-500.000
Видео	US \$25.000-300.000
Поддержка тура	US \$50.000-150.000
Маркетинг	US \$200.000-700.000
Итого	US \$475.000-2.000.000

На популярность музыкального произведения влияет и популярность артиста, его исполняющего, что, в наше время, напрямую связано с использованием социальных сетей. 6 из 10 наиболее понравившихся людей на Facebook, followed на Twitter, просматриваемых видео на Youtube – музыкальные исполнители.

Также необходимо учитывать международный характер потокового вещания. 230 цифровых музыкальных сервисов предлагают доступ к 40 млн треков на территории всего ЕС. При этом, около 50% всех популярных треков, загруженных и проигрываемых в Европе, не европейского производства.

Наибольший процент прибыли в 2016 года, а именно, 50%, мировому рынку музыкальной индустрии принесли именно музыкальные произведения в цифровом формате, общая сумма составила US\$15.7 млрд.

IFPI утверждает, что 50% доходов от записи поступают субъектам музыкальной индустрии именно благодаря наличию цифровых форматов.

К примеру, цифровые платформы выплачивают следующий процент:

Таблица 2.3: Выплаты платформ

Музыкальная платформа	Оплата за прослушивание	
	Отчисления для лейбла	% отчислений, попадающих артисту
Apple Music / iTunes	US \$0.0013	12%
Zune	US \$0.028	11%
Napster	US \$0.016	11-12%
Rhapsody	US \$0.013	11-12%
Spotify	US \$0.005	11-12%
Youtube	отчисление осуществляется в размере \$0,001 субъекту, разместившему произведение	

Но платформа и артист являются не единственными субъектами музыкальной индустрии.

Поскольку схема правоотношений оказывается крайне громоздкой, конечному пользователю, желающему получить лицензию на использование музыкального произведения, зачастую приходится обращаться к еще одному профессиональному игроку на рынке – к агентству по очистке прав, которое либо урегулирует отношения между всеми правообладателями, либо просто выкупает права на музыкальное произведение.

Таким образом, основными игроками музыкальной индустрии являются:

2.2 Структура музыкальной индустрии

Кажется очевидным, что центральной концепцией и итоговым продуктом, которым обусловлено само существование музыкальной индустрии, является музыка. Однако само это понятие является неоднородным, и именно благодаря этому вместо прямых отношений «Музыкант – слушатель», существовавших в каменном веке, мы имеем сложную, запутанную и не всегда эффективно работающую структуру.

Стоит сказать, что музыка совмещает в себе два объекта:

1. музыкальное произведение (инструкция по исполнению музыки),
2. фонограмма (исполненная и сохраненная на материальном носителе музыки).

В отношении каждого из этих объектов действует исключительное право, то есть, право определять порядок использования и получать вознаграждение за такое использование. Исключительным правом на музыкальное произведение обладают его авторы (композитор, автор текста), на фонограмму – исполнитель и изготовитель фонограммы. В самой простой ситуации, автор, исполнитель и изготовитель фонограммы оказываются одним человеком – однако, это редкость.

Таким образом, для использования музыки по общему правилу требуется получить разрешение авторов, исполнителей и изготовителей фонограммы, но музыканты редко самостоятельно управляют своими правами.

Исполнитель обычно обращается к звукозаписывающей компании – лейблу – и получает от него аванс в обмен на право лейбла удерживать часть роялти от дальнейшего использования музыки; зачастую при этом лейблу передаются и исключительные права на исполнение.

Лейблы можно разделить на два основных вида: мейджоры (the majors) и инди-лейблы (the independents). Первые являются крупными звукозаписывающими компаниями, вторые представляют микро-, малый и средний бизнес индустрии. Несмотря на это, именно на долю последних приходится 80% всех новых релизов, самый крупный из них занимает всего лишь 1,5% рынка. На мировом рынке индустрии инди-лейблы составляют 37,6% и оцениваются в \$5.6 млрд. В среднем они работают с 40 артистами. Обоим видам лейблов потоковое вещание приносит наибольшую долю прибыли.

Право изготовителя фонограммы также обычно принадлежит лейблу, хотя может удерживаться и исполнителем. Авторы, в свою очередь, передают свои права в управление музыкальному издательству – паблишеру – занимающемуся защитой авторских прав в обмен на часть дохода от использования произведения.

Распространением и доведением музыки до конечного пользователя занимаются дистрибьюторы (распространяющие музыку на физических носителях) и агрегаторы (распространяющие музыку в цифровом формате).

Поскольку даже крупные правообладатели не в состоянии отслеживать любое использование принадлежащей им музыки, в большинстве государств создаются организации по коллективному управлению правами (ОКУП). ОКУПы отслеживают случаи публичного использования произведений и взимают плату за такое использование, которая потом тем или иным способом распределяется между правообладателями; при этом обычно для каждого типа исключительных прав действует отдель-

Поскольку схема правоотношений оказывается крайне громоздкой, конечному пользователю, желающему получить лицензию на использование музыкального произведения, зачастую приходится обращаться к еще одному профессиональному игроку на рынке – к агентству по очистке прав, которое либо урегулирует отношения между всеми правообладателями, либо просто выкупает права на музыкальное произведение.

- Композиторы;
- Авторы текстов;

Однако при этом реальные отношения в отношении музыки оказываются еще сложнее. При создании современной музыки широко используется семплирование; при этом в информационно перенасыщенном пространстве невозможным становится создание абсолютно оригинального произведения, не содержащего заимствования. За каждым использованием в произведении семплом стоит такая же сложная структура прав, что делает получение лицензии на музыку

новый ОКУП. В некоторых странах такие организации существуют только для определенных типов прав. Кроме этого, в отдельных странах (Россия, скандинавские государства) ОКУПы управляют правами на бездоговорной основе – то есть имеют права взыскивать роялти в пользу правообладателей, не имеющих с ОКУПом никаких отношений.

Таким образом, примерная структура создания ценности в музыкальной индустрии выглядит следующим образом:

- Музыканты-исполнители;
- Лейблы;
- Пабlishеры;
- Агентства по очистке прав;
- Дистрибьюторы и агрегаторы;
- Организации по коллективному управлению правами.

Каждое использование музыки создает поток роялти, распределяющиеся между всеми указанными игроками:

фрактально сложным предприятием.

Эта сложность иллюстрируется заявлением RIAA, один из членов которой для выпуска альбома был вынужден получить 1481 лицензию от 51 автора с 89 долями, одна из которых представляла собой всего 1,5 процента от общего объема прав, но была разделена между двумя пабlishерами.

Учитывая международный характер цифрового распространения музыки, о кото-

ром упоминалось выше, процесс еще больше усложняется, так как возникает необходимость учета особенностей правового регулирования отдельных юрисдикций. Так, в

США, правообладатели не имеют права на получение вознаграждения при вещании их музыки по радио.

2.3 Основные проблемы музыкальной индустрии

Чрезмерная усложненность структуры отношений в музыкальной индустрии ведет к возникновению общепризнанных проблем, которые в той или иной степени затрагивают всех участников отношений.

2.3.1 Отсутствие доступной и достоверной информации о принадлежности прав

Как указывает RIAA, «сложно идентифицировать и отслеживать принадлежность права на музыкальное произведение в связи с изменениями при переходе произведений и каталогов из рук в руки». Помимо необходимости отслеживания истории смены правообладателей, ситуация усложняется многослойностью музыки как объекта интеллектуальных прав – существованием отдельных прав на музыкальное произведение и аудиозапись, а также традиционной для нынешнего состояния индустрии множественностью правообладателей для каждого из таких слоев. Кроме этого, проблема заключается в отсутствии универсально принятых в индустрии идентификаторов данных.

Эта ситуация ведет к отсутствию определенности для потенциальных лицензиатов – им неясно, с кем именно надо договариваться, чтобы получить возможность использовать музыку на законных основаниях. Музыкальный рынок частично решает эту проблема появлением нового типа игроков – агентств по очистке прав – однако это решение является субоптимальным, поскольку увеличивает количество работы, вынуждая специалистов затрачивать суще-

ственные ресурсы на работу со сложно отслеживаемой историей транзакций, вместо того, чтобы отслеживать и записывать эту историю в реальном времени. Результатом является существенное повышение стоимости музыкального произведения для конечного пользователя, который вынужден из своего кармана оплачивать борьбу с такой неопределенностью.

Более того, некоторые композиторы и музыканты в связи с особо сложно отслеживаемой историей могут вообще оказаться лишены права на доведение своих произведений до конечного пользователя, как в силу отказа со стороны агентства по очистке прав, так и в результате дедлока между множественными правообладателями.

В настоящее время нет единой базы данных для хранения информации об авторских правах на музыкальное произведение. В книге “Биткойн для рок-звезд” Д.А. Уоллак объясняет это так: “Корень проблемы – отсутствие одного набора данных со сведениями об авторах и правах. Сегодня эта информация разпылена между многими организациями, каждая из которых считает ее своей собственностью. Это вполне понятно, если учесть, что они инвестируют в свои наборы данных серьезные деньги”.

В 2011 году была предпринята попытка создать такую базу данных. При поддержке музыкальных издателей был запущен проект по составлению “Глобальной БД репертуара” (GRD). Предполагалось, что она станет центром регистрации всех звукозаписей и связанных с ними метаданных. Увы, в июле 2014 года проект был закрыт из-за

претензий со стороны обществ по сбору авторских отчислений.

2.3.2 Непрозрачность транзакций в индустрии

С первой проблемой неразрывно связана вторая. Даже если на определенный момент времени принадлежность прав на произведение или аудиозапись оказывается достоверно зафиксированным, отсутствуют универсальные решения, позволяющие убедиться в актуальности такой информации. Более того, в случае возникновения спора, связанного с потенциальным инфринджментом в прошлом, зачастую невозможно доказать, кто именно был надлежащим лицензиаром на конкретную дату.

Отсутствие прозрачности бьет не только по лицензиатам, увеличивая для них неопределенность в отношениях с контрагентом. Невозможность отследить транзакции приводит и к невозможности конечных производителей музыкального контента эффективно защищать свои интересы при определении причитающегося им вознаграждения. Так, например, в США паблишеры не имеют права на аудит передаваемой лицензиатом информации, и вынуждены принимать расчет полученных роялти на веру.

Даже при условии честного предоставления информации конечным лицензиатом, цепочка передачи ценности оказывается слишком сложной для эффективного контроля со стороны конечного звена – автора или музыканта. Непрозрачные транзакции стимулируют посредников оставить себе как можно больше – так, например, Перри Резник, аудитор в музыкальной индустрии, сообща-

ет о схеме, при которой лейбл в обмен на лицензию получает долю в бизнесе лицензиата, таким образом превращая движение денежных средств в

2.3.3 Отсутствие эффективных средств контроля за использованием музыки

Еще одной проблемой являются сложности по определению путей и способов использования музыкальных произведений и аудиозаписей. Помимо прямого коммерческого интереса в получении роялти, авторам и музыкантам принадлежат права на контроль за путем и способом использования музыки, которые порой несут не меньшую ценность. Так, автор симфонического произведения, наполненного эмоциональным подтекстом, может быть принципиально против использования его произведения в рекламе кошачьего туалета; иногда и просто сосуществование с другими произведениями в рамках одного медиума может быть нежелательным.

Вместе с тем, с увеличением количества правообладателей, определение порядка использования становится все сложнее. Помимо чисто организационных сложностей, ситуация усугубляется тем, что за рамками общего стремления к максимизации роялти цели авторов и паблишеров, музыкантов и лейблов могут существенно отличаться. Зачастую лейблу полностью передается право на определение порядка использования произведения; даже если этого и не происходит, голос первоначального автора заглушается коммерческими мотивами посредников, принимающих решения вместе с ним

или за него.

Отдельную проблему составляет режим принудительного лицензирования музыки. Так, в США неинтерактивные стриминговые музыкальные сервисы (к которым, в том числе, относится Pandora), могут использовать музыку без согласия правообладателей. Интерактивные сервисы должны договариваться с правообладателями о получении лицензии на использование аудиозаписи, однако в отношении авторов музыкального произведения требуется только направить уведомление о намерении использовать произведение (NOI). Эта ситуация в принципе лишает авторов контроля за стримингом своих музыкальных произведений.

2.3.4 Черные ящики

Все три базовых проблемы, указанные выше, в совокупности приводят к очень серьезному перекосу рынка и появлению так называемых «черных ящиков», под которыми подразумеваются огромные суммы нераспределенных роялти. Возникновение «черных ящиков» обусловлено следующим:

причитающиеся правообладателю роялти не смогут быть выплачены, пока этот правообладатель не будет установлен. В связи с отсутствием базы данных о принадлежности прав на музыкальные произведения, сумма роялти «повисает в воздухе».

Более того, даже если правообладатель известен, каждое звено длинной цепочки заинтересовано в том, чтобы максимально задержать выплату. К примеру, в США известны случаи массового злоупотребления при направлении NOI. Автор может так и не узнать об использовании его произведения.

Слабое развитие международных коопераций паблিশеров и организаций по коллективному управлению музыкальными правами приводит к тому, что при транснациональном использовании музыкальных произведений и звукозаписей, собранные роялти могут так и остаться в стране использования музыки, не дойдя до правообладателя, domicilia другого государства.

2.3.5 Пиратство

Сложность и неповоротливость описанной схемы приводит к тому, что, порой, пользователю дешевле нарушить исключительное право, нежели разбираться в сложностях установления договоренностей со всеми правообладателями. Стоит отметить, что возможно и «этическое пиратство» как протеста против искусственно усложненной и эксплуатирующей музыкантов системы. По данным американского исследования профессора Питера Ди Колы, ежегодно BitTorrent используют более 1 млрд чел. Данная цифра позволяет лишь приблизительно оценить ущерб, причиняемый музыкальным пиратством. Объединенный центр Европейского союза указывает, что в 2011 году в мировом масштабе ущерб от использования пиратского контента составил 8%, что равно примерно \$5,2 миллиардов. Однако данная организация считает, что стремиться к искоренению интернет-пиратства не нужно.

2.3.6 Сложности монетизации музыкального контента

Непрозрачность выплат, сложность структуры и огромное количество посредников

приводит к тому, что период от использования музыки до получения роялти может превышать год. При этом, как указывалось

выше, риск невыплаты роялти также имеет место быть.

2.4 Решение вышеописанных проблем проектом Musereum

Проект Musereum направлен на устранение обозначенных проблем. Мы предлагаем внедрение технического решения, позволяющего в реальном времени отслеживать и контролировать принадлежность прав на музыкальное произведение, а также автоматизировать выплату роялти с помощью токенизации музыкальных произведений и лицензировании этих токенов смарт-контрактами.

Таким образом, проект «Musereum» является мощным правовым механизмом управления различными типами прав в музыкальной индустрии.

Действующие музыкальные платформы, использующие Blockchain-технологии, также не имеют преимуществ, содержащихся в проекте «Musereum».

Рис. 2.4: Структура создания ценности

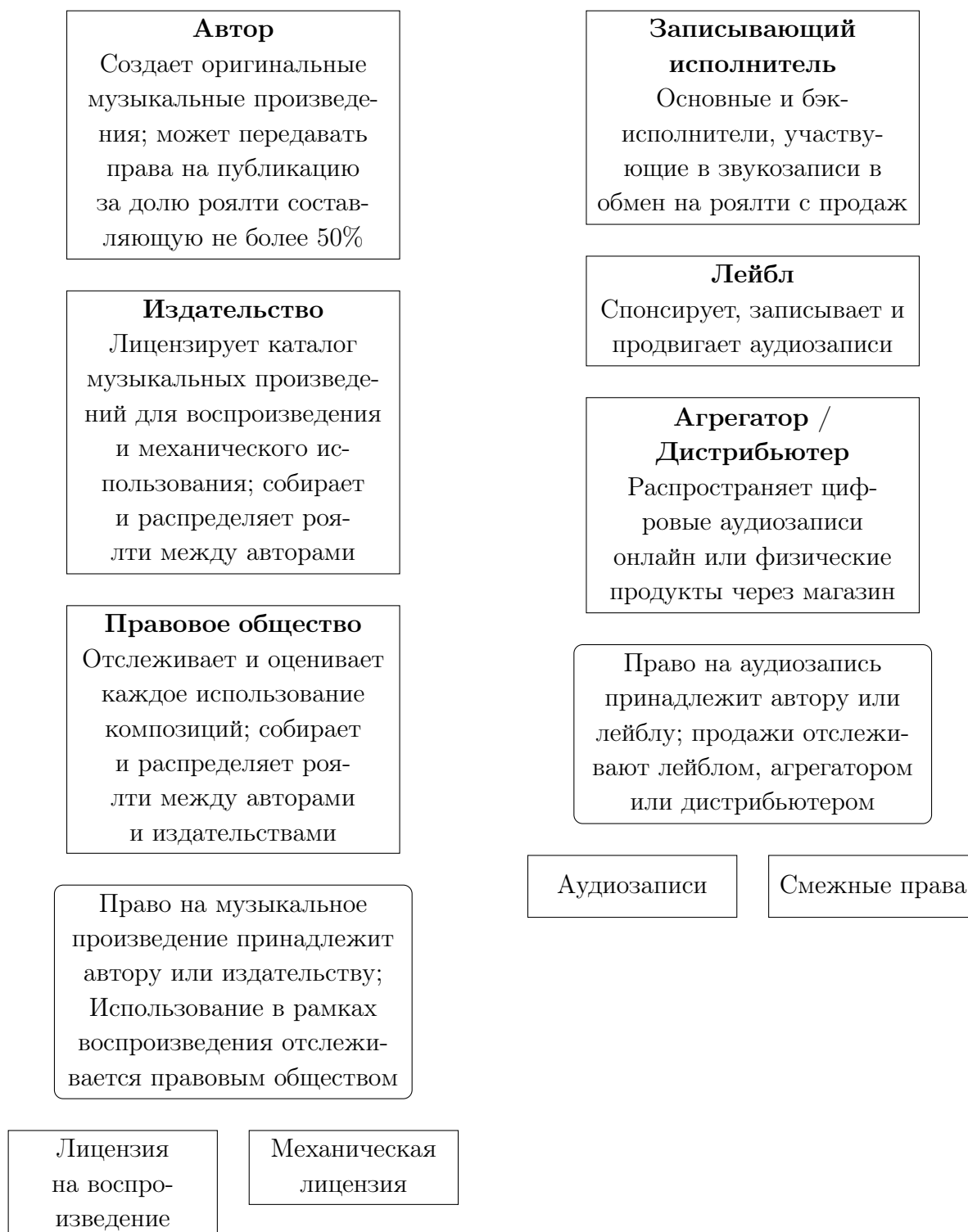


Рис. 2.5: Аудио- и видео-стриминг: соотношение количества пользователей и прибыли

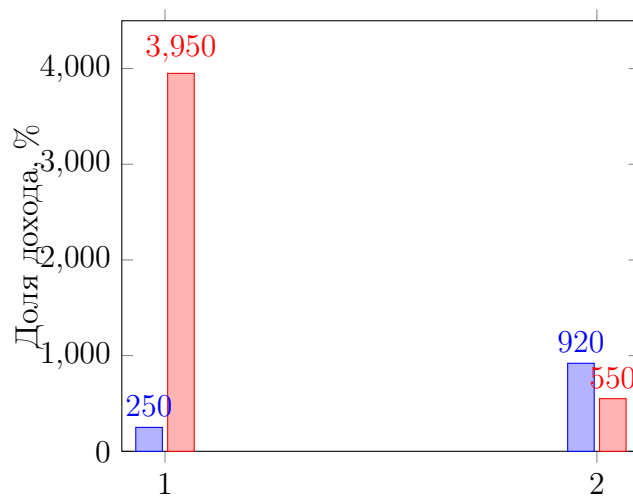


Рис. 2.6: Аудио- и видео-стриминг: соотношение количества пользователей и прибыли

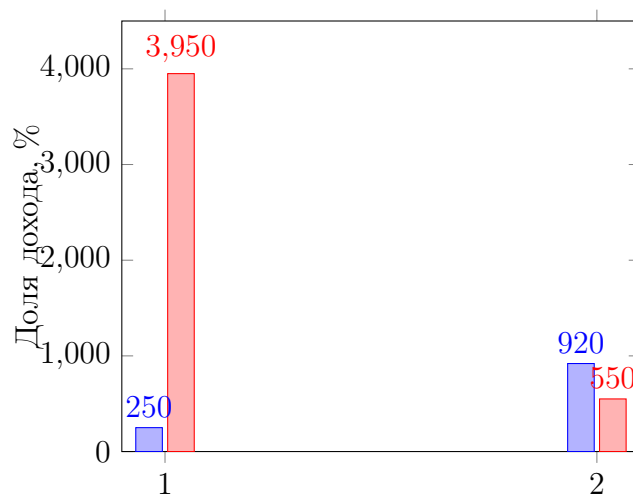


Таблица 2.4: Инвестиции в раскрутку новой записи

Проблема	Решение
Отсутствие доступной и достоверной информации о принадлежности прав	Создание проверенной базы данных, исчерпывающим образом описывающей распределение прав путем записи о соответствующих полномочиях в блокчейне.
Непрозрачность транзакций в индустрии	Любая запись в реестре позволяет отследить как выданные лицензии, так и произведенные выплаты, которые автоматически рассчитывают размер и порядок выплаты причитающихся роялти.
Отсутствие эффективных средств контроля за исполнением музыки	Проект вводит автоматизированный и унифицированный механизм голосования всех правообладателей по вопросам выдачи лицензий, передачи долей в праве и прочим вопросам через создание «Децентрализованного Автономного Лейбла»
“Черные ящики”	За счет прозрачности транзакций, непосредственному распределению роялти конечным правообладателям и доступности информации о принадлежности прав отпадут условия для формирования черных ящиков.
Пиратство	Использование смарт-контрактов для лицензирования музыки само по себе не может решить проблему пиратства, однако снизит транзакционные издержки легального доступа к музыке и исключит этические барьеры для законного получения лицензий. Кроме этого, проект Soundchain DAPP, который будет развиваться на базе проекта Musereum, позволит конечным слушателям получать бесплатный доступ к музыке, что само по себе существенно снизит экономическую мотивацию для нарушения исключительных прав.
Сложности монетизации музыкального контента	<p>Автоматизация выдачи лицензий и снижение издержек на очистку прав приведет к росту доходов правообладателей от коммерческого использования их музыки, облегчит процедуру лицензирования и снимет существенную часть административных барьеров.</p> <p>Техническая возможность учета принадлежности и передачи долей в исключительном праве в реальном времени открывает для правообладателя возможность проводить краудинвестиционные кампании, вместо того, чтобы на невыгодных условиях в обмен на аванс отдавать существенную часть права лейблу или паблишеру. Это позволит фанатам напрямую материально поддерживать любимых авторов и исполнителей через процедуру ICO музыкальных треков. Потенциальные лицензиаты получают дополнительный инструмент для оценки возможной коммерческой привлекательности</p>

Таблица 2.5: Инвестиции в раскрутку новой записи

Возможности	Soundchain	Ujo Music	Musicoин	Token FM	Jaak	PeerTracks	Opus
Свой блокчейн	Да	Да	Да	Нет	Нет	Да	Нет
Токенизация прав на треки	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Бланкетные лицензии на смарт-контрактах	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Коллективное управление	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Инвестирование в музыку	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Децентрализованное хранение файлов	Да	Да	Да	–	–	Да	Да
Децентрализованное хранение метаданных	Да	Да	Да	–	–	Да	Да
Шифрование контента	Да	Нет	Нет	–	–	–	Да
Вторичный рынок прав на музыку	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
Фандрайзинг для музыкантов	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет

3 | Техническое описание платформы

3.1 Обзор

Задачи протокола «Musereum» необходимо разделить на составляющие:

- Обеспечение единого состояния системы без необходимости централизации вычислений для обеспечения отказоустойчивости;
- Децентрализованное хранилище большого объема данных без возможности цензуры путем блокировки единого (централизованного) источника данных;
- Предоставление доказательства целостности системы для аудирования исторических изменений;
- Интерфейс внесения изменений в будущее состояние системы.

Ведение и изменение единого состояния системы «Musereum» без необходимости централизации вычислений гарантируется использованием концепции «блокчейн» с использованием виртуальной машины Ethereum (EVM) (*Подробнее в [Блокчейн](#)*). Для хранения большого объема данных (аудио-треки, метаданные, текстовое и графическое описание) утилизируется технология «IPFS» (*Подробнее в [Децентрализованное хранилище](#)*.)

3.1.1 Соглашение о наименовании

Здесь и далее по тексту все сущности с определенным содержанием или интерфейсом будут закреплять за собой краткое математическое наименование с общим правилом: *заглавная латинская буква, но не N, B, Z*, например:

$$Y \text{ is Notary} \quad (3.1)$$

Все глобально определенные контракты будут закреплять за собой строчный греческий символ, например, контракт управления списком нотариусов – ν и специальную запись ассоциированную с конкретным функционалом контракта:

$$\nu \text{ is Notary Registry Contract} \quad (3.2)$$

$$\nu_{vote} \text{ is vote contract method} \quad (3.3)$$

Множества всех известных сущностей определяются как *принятое наименование сущности в black-board записи, но не N, B, Z*, например: список нотариусов:

$$\mathbb{Y} \text{ is set of all known Notaries} \quad (3.4)$$

\mathbb{N} – множество всех целых чисел в диапазоне $(0; 2^{256} - 1)$. \mathbb{N}_1 – подмножество \mathbb{N} без 0.

\mathbb{Z} – множество всех целых чисел в диапазоне $(-2^{255}; +2^{255} - 1)$.

\mathbb{B} – множество всех байтов $(0; 255)$.

\mathbb{X}^i – множество размерности i где каждый элемент множества принадлежит \mathbb{X} , например:

$$\mathbb{B}^{32} \text{ is a set of } \mathbb{B} \text{ with size } 32 \quad (3.5)$$

Получение элемента множества может быть записано двумя способами: подстрочным индексом или в квадратных скобках:

$$\begin{aligned} \mathbb{Y}_2 &= \mathbb{Y}[2] \\ \mathbb{Y}_n &= \mathbb{Y}[n] \end{aligned} \quad (3.6)$$

Внешние данные представлены в формулах как элементы множества Γ с удобно читаемыми наименованиями (или сокращениями если это оговорено), например: глобальное время в UNIX формате:

$$\Gamma_{time} \text{ is world time variable} \quad (3.7)$$

Все временные переменные в формулах записываются как строчная латинская буква, например:

$$\begin{aligned} \text{Let } a \text{ is a second notary in list of notaries} \\ a &= \mathbb{Y}[2] \end{aligned} \quad (3.8)$$

3.1.2 Математические функции и символы

Во всех формулах используется $|\mathbb{Y}|$ как операция взятия количества элементов множества \mathbb{Y} . Для сокращения и/или удобства прочтения математической нотации вводятся следующие соглашения и функции:

Поиск индекса в множестве – \mathcal{I} :

Let a is a set of values:

$$a = 100, 200, 300$$

$$f(v, x) = \{i \mid i \in \mathbb{N}, i > |v|, v_i = x\} \quad (3.9)$$

$$\mathcal{I}(v, x) = \begin{cases} \min(f(v, x)), & \text{if } |f(v, x)| > 0 \\ -1, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.10)$$

$$(3.11)$$

$$r1 = \mathcal{I}(a, 200) = 1$$

$$r2 = \mathcal{I}(a, 400) = -1 \quad (3.12)$$

Определения именованного кортежа – \mathcal{O} :

Let a is a set of names:

$$a = \{name, age, height\}$$

and let b is a set of indexes:

$$b = \{0, 1, 2\} = \{x \mid x \in \mathbb{N}, x < |a|\} \quad (3.13)$$

finally r is a target named tuple, where

$$r = \mathcal{O}(a) = \mathcal{O}(name, age, height) \quad (3.14)$$

$$r = \{x_i \mid i \in a, x_i = 0\} \quad (3.15)$$

Определения кортежа события – \mathcal{E} :

События специальный именованный кортеж, содержащий в себе кроме целевых данных, общие для любого события: `event`, `txHash`, `txIndex`, `blockHash`, `blockHeight`, `address`.

Let a is a set of default event fields:

$$a = \{event, txHash, txIndex, blockHash, blockHeight, address\}$$

Let b is a set of extra event fields:

$$b = \{asset, index\}$$

finally e is a target event tuple, where

$$r = \mathcal{E}(b) \quad (3.16)$$

$$r = \mathcal{O}(\{asset, index\} \cup a) \quad (3.17)$$

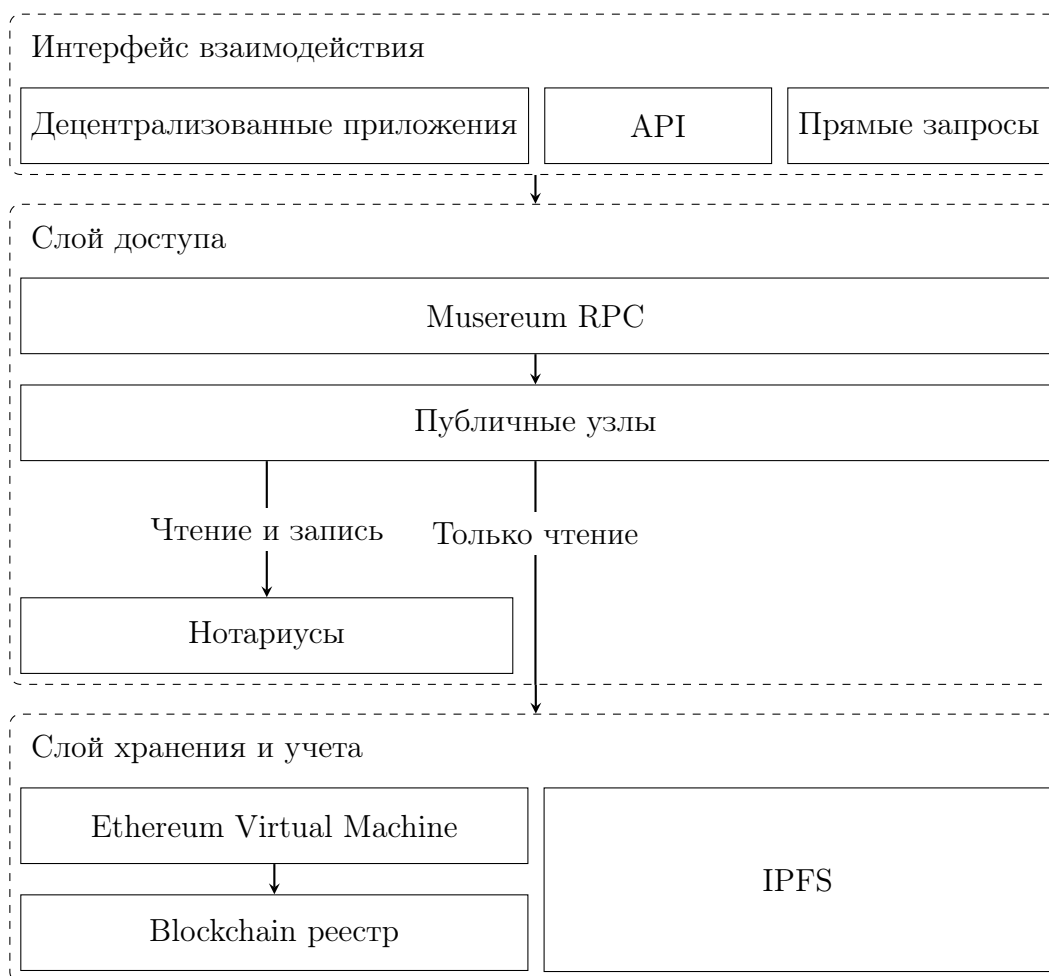
3.2 Архитектура платформы

Основная задача платформы предоставить пользователям возможность для:

1. Чтения и интерпретации данных
2. Внесения изменений
3. Поиска данных
4. Аудита и получения доказательства отсутствия фальсификации данных

Для предоставления всех вышеуказанных возможностей платформа разделена на логические слои:

- **Хранение и учет**
 - Blockchain
 - Децентрализованное хранилище
- **Слой доступа на чтение и запись**
 - Публичные узлы
 - Узлы нотариусы
- **Интерфейс взаимодействия**
 - Децентрализованные приложения
 - Application Programming Interface



3.2.1 Слой хранения и учета

Базовым слоем платформы является слой хранения и учета. Задача слоя предоставить возможность ведения децентрализованного реестра состояний («блокчейн») и децентрализованное хранения большого объема дан-

ных.

Каждый элемент слоя: блокчейн, хранилище, виртуальная машина, распределены по сети (узлам) и каждый желающий может создать свою, локальную копию.

3.2.2 Слой доступа

Задачи слоя доступа: предоставление, по запросу, информации из базового слоя и получение запросов об изменении.

Создание узла для организации дополнительной точки доступа никак не ограничивается платформой и доступно любому желающему. Данная особенность выгодно отличает платформу Musereum от других, централизованных музыкальных плат-

форм:

- Гарантирует 100% up-time сети
- Устойчивость сети к цензуре
- Возможность заинтересованным сторонам создать собственную, локальную копию сети, а не доверять полученной информации от третьих лиц

3.2.3 Слой интерфейсов взаимодействия

Верхним слоем платформы является слой интерфейсов взаимодействия. Задача слоя получать пользовательский ввод и формировать из него понятные для протокола запросы. Запросы делятся на два типа: чтение и запись.

Платформа не накладывает каких-либо ограничений на чтение данных из блокчейна и децентрализованного хранилища. Единственное требование – формирования запроса в соответствии с соглашением об API.

Для записи (изменения состояния, сохранения данных) от клиента требуется предоставление валидной подписи запроса основанной на его уникальном приватном ключе и соблюдение других требований к записи (наличие прав, денежных средств для оплаты работы протокола и другие).

Для создания запроса не требуется организации собственной точки доступа (синхронизации узла с сетью) и в качестве клиента может выступать server-less приложение на web-технологиях (*подробнее в [Децентрализованные приложения](#)*)

3.3 Блокчейн

Протокол «Musereum» открытый, публичный, но требующий разрешения на производство блоков основанный на протоколе «Ethereum». Консенсус по единому состоянию сети в децентрализованной структуре производителей блоков достигается использованием алгоритма Proof-of-Authority (далее PoA). Для достижения консенсуса через PoA требуется:

1. Общеизвестный список нотариусов (Υ) с разрешением на производство блоков;
2. Контракт управления списком нотариусов (ν).

Изменение списка нотариусов (исключение, назначение нотариусов) изменяется контрактом управления по результатам голосования текущих нотариусов (большинством).

Для первичного назначения составляется список из 12 нотариусов.

Задача нотариуса:

1. проверить поступившие транзакции участников системы,
2. собрать в единый блок изменения общего состояния,
3. заверять своей уникальной подписью собранный блок.

Для соблюдения консенсуса, в протокол вводится внешняя константа Γ_{step} , определяющая количество секунд в одном временном шаге или время между блоками. Musereum определяет константу Γ_{step} как 5, или 1 блок раз в пять секунд.

$$\Gamma_{step} = 5 \quad (3.18)$$

По соглашению с алгоритмом консенсуса PoA, нотариус наделен правом создать один блок (K) за a временных штампов Γ_{time} . Где a равно количеству нотариусов:

$$a = |\mathbb{Y}| \quad (3.19)$$

Выбор индекса нотариуса i из множества \mathbb{Y}

для создания блока на штамп времени b происходит по формуле:

$$b = \frac{\Gamma_{time}}{\Gamma_{step}}, \quad b \in \mathbb{N} \quad (3.20)$$

$$i = b \bmod a \quad (3.21)$$

3.3.1 Выбор версии

В случаях если нотариусы не могут прийти к общему (единому) состоянию системы и происходит «форк» (от англ. вилка) – появляются две или более цепочки блоков (\mathbb{K}), сеть определяет вес ($\beta_{score}(\mathbb{K}_c)$) каждой из цепочек исходя из количества нотариусов

участвующих в создании блоков:

$$h = |\mathbb{K}_c| \quad h \text{ is length of blockchain} \quad (3.22)$$

$$\beta_{score}(\mathbb{K}_c) = \Gamma_{u128max} * h - m \quad (3.23)$$

Сеть всегда выбирает цепочку с большим весом по β_{score} .

3.3.2 Финализация блока

По консенсусу необратимым считается блок в цепочке после которого более 50% нотариусов создали 2 или более блока.

Таким образом минимальное время полного

подтверждения блока (C) будет:

$$C = 2 * \Gamma_{step} * |\mathbb{Y}| \quad (3.24)$$

Или 120 секунд при изначальных настройках протокола: 12 нотариусов и блок раз в пять секунд

3.3.3 Свидетельство сделки

Для совершения любого действия требующего изменения состояния системы от пользователя требуется формирования транзакции (T) подписанной уникальной крипто-подписью (T_{sign}).

Наличие крипто-подписи гарантирует сети, что транзакция была создана владельцем учетной записи и является изъяслением во-

ли владельца.

Нотариус очередь которого формировать блок проверяет валидность транзакции и исполняет связанный код:

1. Отправитель имеет право на формирование транзакции к данному адресу – $\rho_{allowTx}(T_{from}, T_{to})$ (подробнее в [Пра-](#)

вила взаимодействия с EVM)

2. Транзакция соответствует формальным признакам – $\rho_{initialValid}(T)$
3. Проверка подписи владельца учетной записи – $\rho_{checkSign}(T)$

4. Наличие на счету ЕТМ токенов для оплаты аванса работы вычислительной машины – $\rho_{upFront}(T)$
5. Выполнение связанного кода EVM не вызвало исключения – $\rho_{exception}(\rho_{execute}(T))$

$$\begin{aligned} \rho_{success}(T) = & \rho_{allowTx}(T_{from}, T_{to}) > 0 \wedge \\ & \rho_{initialValid}(T) > 0 \wedge \\ & \rho_{checkSign}(T) > 0 \wedge \\ & \rho_{upFront}(T) > 0 \wedge \\ & \rho_{exception}(\rho_{execute}(T)) = 0 \end{aligned} \quad (3.25)$$

Убедившись в валидности транзакции нотариус упаковывает транзакцию в блоки оповещает сеть о блоке и изменении состояния сети (\mathbb{W}_h).

$$\mathbb{W}_h = \rho_{state}(\mathbb{W}_{h-1}, \mathbb{K}_h) \quad (3.26)$$

Другие нотариусы получают блок, проверяют ($\rho_{success}(T)$) и принимают решение о принятии его в цепочку. Создавая блок над

\mathbb{K}_h нотариус подтверждает его валидность и всех вложенных в него транзакций.

Таким образом количество заверяющих подписей у транзакции может быть от 1 до $|\mathbb{Y}|$.

Минимальное время получения $|\mathbb{Y}|$ подписей:

$$a = \Gamma_{step} * |\mathbb{Y}| \quad (3.27)$$

3.3.4 Кроссчейн Musereum и Ethereum Classic

В целях повышения безопасности и отказоустойчивости сети, Musereum периодически дублирует ключевую информацию о состоянии сети и событиях во внешний неконтролируемый нотариусами блокчейн.

В качестве блокчейна для хранения ключевой информации выбрана сеть Ethereum Classic, по следующим причинам:

- Общая капитализация сети – \$1,811,306,656

- Стоимость атаки 51% на сеть составляет более \$40,000,000
- Permission-less консенсус – PoW.

Musereum публикует в Ethereum Classic:

1. хеши каждого для обеспечения доказательства
2. факты ключевых сделок

3.3.5 Вознаграждение за производство блоков

Вознаграждение за блок (R) состоит из двух частей: новой эмиссии и комиссий за совершенные действия.

В платформе Musereum эмиссия новых токенов ЕТМ происходит в процессе создания блока. Размер эмиссии фиксирован – 3 ЕТМ за каждый блок.

Размер комиссии за совершенные действия высчитывается для каждой транзакции отдельно. Отправитель указывает в транзакции стоимость единицы сложности ($T_{gasPrice}$) которую он готов потратить в ка-

честве компенсации работы сети.

Финальная комиссия высчитывается по формуле:

$$x = T_{gasPrice} * \rho_{difficulty}(\rho_{execute}(T)) \quad (3.28)$$

Общее вознаграждение за блок:

Let a is a list of transactions of block \mathbb{K}_h

$$a = \mathbb{K}[h]_{transactions}$$

$$\mathbb{R}_h = 3 + \sum_{i=0}^{|a|} a_i \quad (3.29)$$

Распределение вознаграждения

В отличие от протокола Ethereum и Bitcoin, в сети Musereum нету майнеров и основную ценность создают артисты, выбирающие Musereum платформой для выпуска и дистрибуции своих произведений.

Musereum высоко ценит вклад артистов в создание ценности и направляет большую часть награды за блок на субсидирование артистов.

Общая схема распределения:

- 90% – Musereum Foundation:
 - 70% – программы субсидирования артистов, например, Pay-per-Play
 - 20% – программа субсидирования аффилированных специалистов: регистраторы музыкальных активов, аудиторы смарт-контрактов
 - 10% – программы вознаграждения: Fans Bounty, Clipmaker Bounty и т.д.
- 10% – Производители блоков

Musereum Foundation			
	Артисты	Специалисты	
Нотариусы	«Баунти»		

3.3.6 Виртуальная машина Ethereum

3.3.7 Смарт-контракты Ethereum

3.3.8 Правила Musereum по взаимодействию с EVM

Для повышения безопасности участников платформы работа со смарт-контрактами EVM в Musereum отличается от таковой в родительской сети Ethereum.

Загрузить смарт-контракт в сеть может любой участник сети, но такой смарт-контракт получает статус $P_{development}$ и взаимодействовать с ним могут только аффилированные адреса учетных записей сети. Изначально это адрес пользовательской учетной

записи с которой был загружен контракт.

Правила взаимодействия со смарт-контрактами регулируются смарт-контрактом разрешений: ρ .

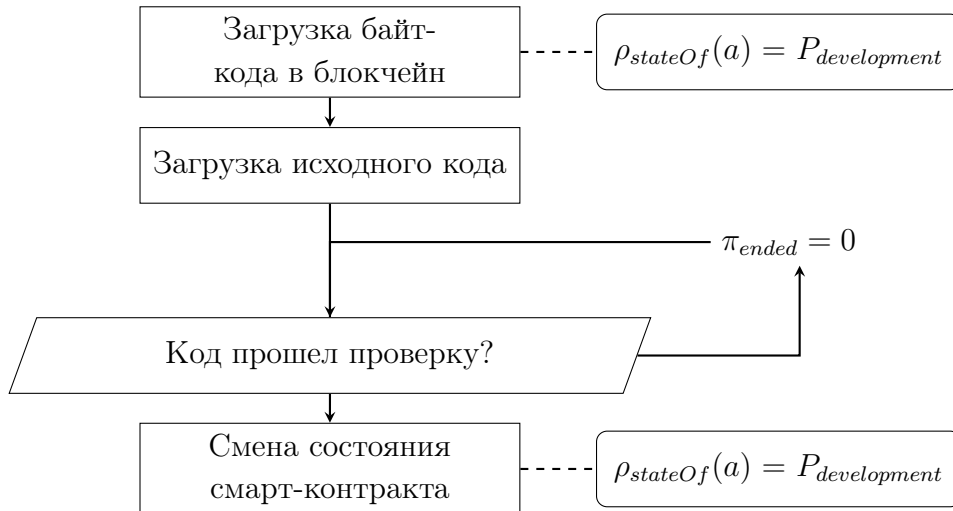
Любой вызов смарт-контракта изначально запрашивает разрешение на совершение данного вызова – $\rho_{allowTx}(T_{from}, T_{to})$

$$a = \rho_{stateOf}(T_{to}) \quad (3.30)$$

$$b = \rho_{affiliateWith}(T_{to}) \quad (3.31)$$

$$\rho_{allowTx}(T_{from}, T_{to}) = \begin{cases} 1, & \text{if } a = P_{production} \\ 1, & \text{if } a = P_{development} \wedge T_{from} \in b \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.32)$$

Для получения статуса $P_{production}$ автор смарт-контракта обязан предоставить на проверку исходный код смарт-контракта и пройти процедуру проверки (*подробнее в [Реестр смарт-контрактов](#)*)



3.4 Децентрализованное хранилище

3.4.1 Обзор технологии

3.4.2 Соглашение о хранении данных

3.4.3 Система удобочитаемых наименований

3.5 Децентрализованные приложения

Децентрализованные приложения Musereum реализуют код для слоя учета и хранения и код для интерфейса взаимодействия. Протокол позволяет взаимодействовать приложениям между собой.

3.5.1 Governance dApp

Децентрализованное приложение управления списком нотариусов и проверки их прав

на производство блоков.

3.5.2 Contract Registry

Децентрализованное приложение для регистрации смарт-контрактов платформы и их учета.

Смарт-контракт приложения позволяет получить:

1. Список всех зарегистрированных смарт-контрактов
2. Получить состояние контракта ассоциированное с адресом:
 - (a) **Unknown** – неизвестное состояние (по умолчанию для неизвестных для Contract Registry адресов)
 - (b) **Development** – смарт-контракт зарегистрирован, но находится в

разработке (взаимодействие доступно только аффилированным пользователям)

- (c) **Production** – смарт-контракт зарегистрирован и доступен для взаимодействия всем желающим
- (d) **Halt** – смарт-контракт зарегистрирован, но отключен (по решению автора)
- (e) **Suspend** – смарт-контракт зарегистрирован, но отключен (по решению аудиторов)

3. Получить ссылку на репозиторий с исходным кодом

4. Получить ссылку на ABI JSON для взаимодействия со смарт-контрактом
5. Получить список аффилированных аудиторов
6. Получить экземпляр голосования (*подробнее в [VotingdApp](#)*) для принятия решения о смене статуса

Исходный код и проверка смарт-контракта

Валидация смарт-контрактов происходит в трех направлениях:

- Валидация исходного кода на:
 1. Наличие уязвимостей
 2. Соответствие заявленной бизнес-логики
 3. Отсутствие алгоритмических ошибок
- Соответствие праву юрисдикций в которых работает платформа Musereum
- Соответствие концепции Musereum

Для одобрения смарт-контракта необходимо единогласное согласие от всех аффилированных аудиторов по трем направлениям.

Отслеживать ход валидации можно в [Voting dApp](#) в соответствующей `ContractValidationBallot`.

3.5.3 Musereum Name System (MNS)

Реестр ассоциированных имен к адресам в платформе Musereum? требуется для предоставления доступа к актуальным версиям приложений протокола без необходимости запоминать внутренний адрес (20 символьный hex-адрес).

Запись об имени может создать любой пользователь сети для произвольного адреса. Количество имен для адреса никак не ограничено.

Для защиты от нецелевого использования имен, за регистрацию нового имени взимается плата в ЕТМ равная текущей стоимости.

Запись об имени является производным от MNS смарт-контрактом: `NameRecordContract`.

Смарт-контракт содержит информацию о владельце имени и ассоциированном адресе в сети и предоставляет возможности:

Смены владельцем ассоциированного адреса – Смены владельцем владельца (уступление прав) – MNS накладывает ограничения на доступные имена: Длина имени не может превышать 20 символов (или менее при non-ASCII символах) Длина имени не может быть менее 4-х символов

Интерфейс взаимодействия

`mapping (address => address) names` – (η_{names})

Ассоциативный список адресов к адресам смарт-контрактов регистрации имени

`uint price` – (η_{price})

Стоимость регистрации имени в токенах ETM

`event NewName(address indexed name, byte20 ascii)` – $(\eta_{NewName})$

Журнал событий регистрации новых имен

`event AssociateWith(address indexed name, address indexed target)` – $(\eta_{AssociateWith})$

Журнал событий ассоциирования адреса со смарт-контрактом регистрации имени

`function buyName(byte20 aSCII) payable` – (η_{buy})

Метод покупки имени. Возвращает `address` если покупка прошла успешно и `throw` при ошибке.

$$\eta_{buy}(s) = \begin{cases} throw, & \text{if } s \in \eta_{NewName} \\ throw, & \text{if } |s| < 4 \\ throw, & \text{if } T_{value} < \eta_{price} \\ address, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.33)$$

Смарт-контракт `NameRecord` – (η')

`address owner` – (η'_{owner})

Текущий владелец имени

`byte20 ascii` – (η'_{ascii})

Зарегистрированное имя

`address target` – (η'_{target})

Текущая ассоциация с адресом на платформе Musereum

`function associate(address target)` – $(\eta'_{associate})$

Изменить ассоциацию имени на новый адрес. Возвращает `true` если прошло успешно и `throw` при ошибке.

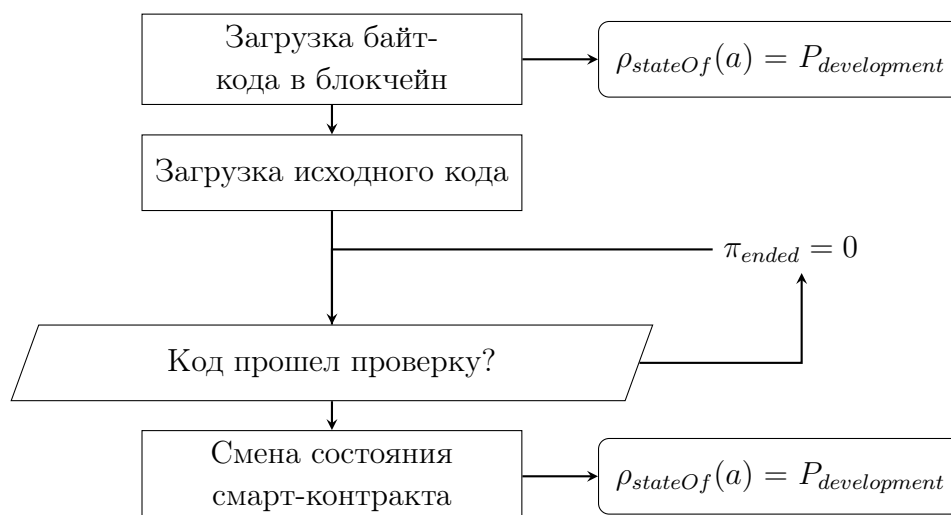
$$\eta'_{associate}(a) = \begin{cases} throw, & \text{if } T_{from} \neq \eta'_{owner} \\ throw, & \text{if } a = 0 \\ true, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.34)$$

3.5.4 Voting dApp

Приложение децентрализованного голосования состоит из связанных элементов:

- **BallotsManager** (ϕ)
реестр голосований
- **Ballot** (π)
абстрактный смарт-контракт голосования
- **VotingRightsToken** (ϕ^τ)
специализированный токен выдаваемый участникам голосования для доказательства своих прав на участие в голосовании
- Интерфейса взаимодействия с голосованиями

Для создания голосования инициатор предложения должен сформировать валидный **Ballot** – смарт-контракт ведущий учет голосов и реализующий **applyProposal** метод для изменения состояния в соответствии с предложением.



Смарт-контракт Ballot

Абстрактный смарт-контракт описывающий требования к финальной реализации предложений для голосования.

address votingToken – (π_{token})

Ассоциированный с голосованием токен наделяющий держателя правом голоса

function vote(bool) – (π_{vote})

Внешний метод для записи решения, вызывающего метод.

function applyProposal() – (π_{apply})

Абстрактный метод применения предложения по факту успешного голосования. Реа-

лизуется в дочерних смарт-контрактах.

`uint agreeVotesCount` – (π_{agree})

Количество токенов переданных для принятия решения.

`uint rejectVotesCount` – (π_{reject})

Количество токенов переданных для отклонения решения.

`uint endTime` – (π_{end})

Время завершения голосования.

`function isEnded()` – (π_{ended})

Возвращает 1 если время для голосования закончилось и 0 в других случаях.

$$\pi_{ended} = \begin{cases} 1, & \text{if } \pi_{end} > \Gamma_{time} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.35)$$

`function voteMajorityRule()` – (π_{rule})

Результат функции $f(x) = 1/x$ где x это отношение голосов за принятие к общему ко-

личеству голосов достаточное для принятия решения:

$$\pi_{rule} = \begin{cases} \infty, & \text{if } x = 0 \\ \frac{1}{x}, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.36)$$

`function compare()` – $(\pi_{compare})$

Возвращает 1 если количество голосов за принятие решение удовлетворяет условия голосования для принятия решения.

$$\pi_{compare} = \begin{cases} 1, & \text{if } \pi_{agree} * \pi_{rule} > \pi_{agree} + \pi_{reject} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.37)$$

`function isSuccess()` – $(\pi_{success})$

Возвращает 1 если голосование успешно завершено и 0 в других случаях.

$$\pi_{success} = \begin{cases} 1, & \text{if } \pi_{ended} \wedge \pi_{compare} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.38)$$

3.5.5 Musical Assets Registry

Приложение регистрации музыкальных активов на платформе Musereum. Приложение состоит из:

1. `MusicalAssetsRegistry` (MAR – ψ)
Корневой смарт-контракт приложения. Выполняет функции фабрики и реестра.
2. `AssetContract` – (α)
Производимые в MAR смарт-контракты музыкальных активов.

3. Ассоциированные с `AssetContract` 'ами смарт-контракты [децентрализованных лейблов](#)

4. `AssetRegistryBallot` – $(\pi^{regAsset})$
5. `AssetUnregistryBallot` – $(\pi^{unregAsset})$
6. Интерфейса взаимодействия – веб-приложения в рамках Musereum Wallet

Смарт-контракт MusicalAssetsRegistry

Задачи смарт-контракты: учет зарегистрированных музыкальных активов, создание заявок на регистрацию музыкального актива через голосование в [Voting dApp](#).

Голосование проходит среди авторизованных системой регистраторов.

Реестр полностью публичный и предоставляет возможности для аудита данных всем участникам сети.

Получение исторических данных возможно через создание запроса к контракту за журналом событий:

```
event NewAsset(address indexed asset, uint indexed index) – ( $\psi_{NewAsset}$ )
```

Возвращает журнал событий добавления музыкальных активов в реестр с присвоенными им индексами в реестре. *Событие создается в момент создание заявки на регистрацию, а не при прохождении регистрации.*

$$\psi_{NewAsset} = \mathbb{E}[asset, index], \quad a \in \mathbb{A} \wedge i \in \mathbb{N} \quad (3.39)$$

```
event RegistryAsset(address indexed asset, uint indexed index) – ( $\psi_{RegistryAsset}$ )
```

Возвращает подмножество журнала событий $\psi_{NewAsset}$ ассоциированных к адресам активов успешно прошедших голосование за добавление в публичный реестр.

$$\psi_{RegistryAsset} \subset \psi_{NewAsset} \quad (3.40)$$

```
event UnregistryAsset(address indexed asset, uint indexed index) – ( $\psi_{UnregistryAsset}$ )
```

Возвращает подмножество $\psi_{RegistryAsset}$ для музыкальных активов удаленных из публичного реестра Musereum по решению сообщества.

$$\psi_{UnregistryAsset} \subset \psi_{RegistryAsset} \subset \psi_{NewAsset} \quad (3.41)$$

```
mapping (address => uint) assets – ( $\psi_{assets}(a)$ )
```

Ассоциативный словарь добавленных в реестр музыкальных активов.

$$\psi_{assets}(a) = \begin{cases} i, & \text{if } a \in \mathcal{S}(\psi_{NewAsset}, [asset]) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad a \in \mathbb{A} \wedge i \in \mathbb{N}_1 \quad (3.42)$$

```
address[] public assetsIndex – ( $\psi_{index}(i)$ )
```

Список всех добавленных в реестр музыкальных активов. Индекс актива в списке равен индексу в ассоциативном словаре минус 1.

$$i = \psi_{assets}(a), \quad a \in \mathbb{A} \wedge i \in \mathbb{N} \quad (3.43)$$

$$\psi_{index}(i - 1) \equiv a, \quad \text{if } i > 0 \quad (3.44)$$

Смарт-контракт `AssetContract`

Запись в блокчейне о зарегистрированном музыкальном активе. Содержит всю необходимую информацию для идентификации музыкального актива и определения природы актива.

`string name` – (α_{name})

Ассоциированное с активом имя

`Multihash meta` – (α_{meta})

Хеш ассоциированной с активом мета-информацией (хранится в децентрализованном хранилище)

$$\alpha_{meta} = \mathcal{O}[hash, hashFunction, size], \quad (3.45)$$

$$\alpha_{meta}[hash] \in \mathbb{B}_{32} \wedge \alpha_{meta}[hashFunction] \in \mathbb{B} \wedge \alpha_{meta}[size] \in \mathbb{B} \quad (3.46)$$

`event SetAssetType(uint8 indexed typeId)` – $(\alpha_{SetAssetType})$

Возвращает журнал событий определения типа актива, содержащее индекс перечисления типом активов (`AssetTypes` – α^{types}).

$$\alpha^{types} \in \mathbb{B} \quad (3.47)$$

$$\alpha_{SetAssetType} = \mathbb{E}[typeId], \quad i \in \alpha^{types} \quad (3.48)$$

`mapping (uint8 => bool) type` – $(\alpha_{type}(i))$

Ассоциативный словарь типов актива.

$$\alpha_{type}(i) = \begin{cases} 1, & \text{if } i \in \alpha_{SetAssetType} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad i \in \alpha^{types} \quad (3.49)$$

Смарт-контракт `AssetRegistryBallot`

Реализация `Ballot` смарт-контракта для проведения голосования за одобрение актива в реестре Musereum.

Смарт-контракт `AssetUnregistryBallot`

Реализация `Ballot` смарт-контракта для проведения голосования об исключении актива из реестре Musereum.

3.5.6 Decentralized Autonomous Labels

Децентрализованный автономный лейбл – это смарт-контракт управления ассоциированным с ним музыкальным активом. В возможности DAL входит:

1. Определение устава лейбла регулирующего правила принятия решений;
2. Выпуск и продажа лицензий на коммерческое использование связанного музыкального актива;
3. Аккумуляция и распределение дохода музыкального актива,
4. Распределение и учет прав на музыкальный актив с цифровым доказательством – токеном.

Управление музыкальным активом происходит по принципу демократического голосования держателями токенов.

Возможности DAL реализует набор смарт-контрактов:

- **DALRegistry** – (δ^R)
Реестр зарегистрированных децентрализованных автономных лейблов
- **DALContract** – (δ)
Смарт-контракт децентрализованного автономного лейбла

- **DALToken** – (τ^δ)
Смарт-контракт токена подтверждающего права держателя на участие в децентрализованном лейбле

- Набор смарт-контрактов голосования реализации Ballot:

- **CharterChangeVotingRulesBallot**
Предложение по голосованию за смену правил голосования о внесении изменений в устав
- **CharterChangeProposalBallot**
Предложение по внесению изменений в устав
- **AddLicenseBallot**
Предложение по созданию новой лицензии
- **CloseLicenseBallot**
Предложение о прекращении продажи лицензии
- **ReplaceLicenseBallot**
Предложение о смене/внесению изменений в лицензию

- **DALAssetLicense** – (θ)
Смарт-контракт лицензии на коммерческое использование
- **DALAssetLicenseRule** – (θ')
Производный от лицензии смарт-контракт ограничения использования

Смарт-контракт DALRegistry

Реестр зарегистрированных автономных лейблов необходим для учета и доступа к лейблу управляющему ассоциированным музыкальным активом.

`mapping (address => address) assetLabels` $-(\delta_{labels}^R(a))$

Ассоциативный словарь созданных децентрализованных лейблов.

`event CreateLabel(address indexed asset,
address indexed label,
uint indexed index)` $-(\delta_{CreateLabel}^R)$

Возвращает множество событий создания децентрализованных лейблов. Событие включает в себя: адрес созданного лейбла, адресом ассоциированного музыкального актива и присвоенный лейблу индекс в реестре.

$$\begin{aligned}\delta_{CreateLabel}^R &\in \mathcal{E}(asset, label, index) \\ asset &\in \mathcal{S}(\psi_{RegistryAsset}, [asset]) \subset \mathbb{A}^\alpha \wedge \\ label &\in \mathbb{A}^\delta \wedge \\ index &\in \mathbb{N}_1\end{aligned}\tag{3.50}$$

`event CreateLabelBallot(address indexed label,
address indexed ballot)` $-(\delta_{CreateLabelBallot}^R)$

Возвращает множество событий создания голосований децентрализованными лейблами.

Событие включает в себя: адреса децентрализованного лейбла и адрес созданного голосования.

$$\begin{aligned}\delta_{CreateLabelBallot}^R &\in \mathbb{E}[label, ballot] \\ label &\in \mathcal{S}(\delta_{CreateLabel}^R, [label]) \subset \mathbb{A}^\delta \wedge \\ ballot &\in \mathcal{S}(\phi_{CreatedBallot}, [ballot]) \subset \mathbb{A}^\pi\end{aligned}\tag{3.51}$$

`event FinishLabelVoting(address indexed label,
address indexed ballot,
bool indexed result)` $-(\delta_{FinishLabelVoting}^R)$

Возвращает подмножество $\delta_{CreateBallot}^R$ для завершенных голосований с явным указанием успеха или провала предложения.

$$\begin{aligned}f_Z(\mathbb{E}') &= \{\mathbb{E}'_i : \forall \mathbb{E}'_i[ballot][ended] > 0\} \\ \delta_{FinishLabelVoting}^R &= f_Z(\delta_{CreateLabelBallot}^R)\end{aligned}\tag{3.52}$$

`event NewLabelLicense(address indexed label, address indexed license)` $-(\delta_{NewLicense}^R)$

Возвращает множество событий созданных децентрализованным лейблом лицензий.

`event RemoveLabelLicense(address indexed label, address indexed license)` $-(\delta_{RemoveLicense}^R)$

Возвращает подмножество $\delta_{NewLicense}^R$ для снятых с продажи лицензий.

Смарт-контракт DALContract

Смарт-контракт управления музыкальным активом. Управление активом и связанными сущностями происходит путем вынесения предложения на голосование с предварительным распределением `VotingRightsToken` всем участникам сообщества в соответствии с балансом связанного токена `DALToken`.

Децентрализованный лейбл создается автоматически по факту регистрации связанного актива в реестре `MusicalAssetsRegistry`.

При создании децентрализованного лейбла выпускается 1,000,000,000 токенов подтверждения прав, для упрощения расчетов

Смарт-контракт DALToken

Токен децентрализованного лейбла является [ERC-20](#) совместимым токеном.

Для обеспечения работы системы распределения роялти в код стандартного ERC-20 токена добавлены необходимые изменения:

1. Сохраняется one-to-one связь с ассоциированным лейблом в поле `address label`

Распределение роялти

Роялти – полученные в ходе коммерческой активности связанного музыкального актива единицы ЕТМ на баланс связанного децентрализованного автономного лейбла.

в связанных пользовательских интерфейсах фактическое число делится на 10^7 .

Таким образом единоличный контроль лейблом эквивалентен 100.0000000 токенам, а минимальный голос в компании – 0.0000001%.

Права держателей токенов `DALToken`:

1. Участие в распределении роялти
2. Участие в голосовании за принятие решений
3. Уступление токенов другим участникам платформы через обмен на иные токены или ЕТМ

2. Внесены требуемые для [оптимизации алгоритма распределения](#) вызовы `withdrawRevenueFor()` в `transfer(...)` и `transferFrom(...)` функции для отправителя и получателя
3. Реализован метод `makeVoteToken()` для создания `VotingRightsToken` 'а соответствующего текущим балансам

Каждый участник лейбла в любой момент времени может реализовать свое право на получение доли роялти в соответствии с текущим количеством токенов.

Распределение роялти	
$a = T_{from}$	Initial withdrawal transaction
$d = \delta(T_{to})$	DAL instance
$r = \tau^\delta(d_{token})$	Rights tokens of corresponding DAL
$h = \mathbb{K}_n$	Height of latest block
$b_h = r_{balanceOf}(a)$	Balance of DAL rights tokens at block h
$t_h = r_{totalSupply}$	Total supply of rights token (typicaly is 10^9)
$s_h = \frac{b_h}{t_h}$	Stake of a at moment h
$I_h = x$	I_h Income of a DAL at moment h
$T_h = \sum_{i=1}^h I_i$	Total lifetime income of DAL
$W_h = s * (T_h - \sum_{i=1}^{h-1} W_i)$	Available withdrawal amount at moment h

Оптимизация алгоритма распределения

В целях оптимизации и устранения необходимости считать W_h для каждого уникального h , в смарт-контракте вводится вспомогательный ассоциативный список `incomeAtLatestWithdraw(address => uint)`, сохраняющий значение в момент последнего вывода средств для ассоциированного адреса.

Такой подход позволяет производить расчет роялти исключительно в момент когда этого требует бизнес-логика и только для связанных с ней держателей.

При уступлении прав третьему держателю (перевод токенов) автоматически запускается алгоритм расчета доступного роялти для текущего и будущего держателей.

Голосование за принятие решений

Устал децентрализованного лейбла

Продажа лицензий и смарт-контракт DALAssetLicense

Лицензирование “Musereum” включает в себя возможность проведения следующих типов лицензирования/

Продажа лицензий на коммерческое использование связанного музыкального актива основная задача децентрализованного лейбла, а получение роялти за продажу основ-

ная мотивация существования.

Все лицензии выпускаются в виде экземпляра смарт-контракта `DALAssetLicense` через интерфейс управления `DALContract`.

Задача корневого контракта `DALAssetLicense` определить природу лицензии, правила при-

обретения и ограничения на характер использования. `DALAssetLicense` является контейнером и предоставляет держателю неограниченную лицензию на коммерческое использование, ограничения же описываются в производных смарт-контрактах: `DALAssetLicenseRule`.

DALAssetLicenseRule

Абстрактный смарт-контракт, определяющий ограничение родительской лицензии, существует 7 базовых типов ограничений:

1. `EnumerateRule` – ограничение перечислением
2. `RangeRule` – ограничение диапазоном
3. `ValueRule` – ограничение значением
4. `AddressRule` – ограничение адресом(ами)

5. `TextRule` – описательное ограничение
6. `AllOfRule` – группирующее ограничение по типу: все из группы
7. `AnyOfRule` – группирующее ограничение по типу: любое из группы

Финальная реализация ограничения может быть выбрана из предзаготовленных или создана под конкретную лицензию децентрализованным лейблом.

Сравнение ограничений

$$a = \theta'(original), \quad b = \theta'(target)$$

$$\theta'_{fitWith}(b) = \begin{cases} 1, & \text{if } a_{type} = b_{type} \wedge f_z(a, b) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.54)$$

EnumerateRule

$$f_z(a, b) = \begin{cases} a_{items} \subset b_{items}, & \text{if } a_{all} \\ |\{i : \forall a_{items}[i] \in b_{items}\}| > 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.55)$$

RangeRule

$$f_z(a, b) = a_{min} > b_{min} \wedge b_{max} > a_{max} \quad (3.56)$$

ValueRule

$$f_z(a, b) = \begin{cases} a_{value} = b_{value}, & \text{if } a_{equal} \\ a_{value} < b_{value}, & \text{if } a_{less} \\ a_{value} > b_{value}, & \text{if } a_{more} \end{cases} \quad (3.57)$$

AddressRule

$$f_z(a, b) = a_{addresses} \in b_{addresses} \quad (3.58)$$

AllOfRule

$$f_z(a, b) = ||\{\top : a_{items}[i]_{fitWith}(b) = \top\}|| = ||a|| \quad (3.59)$$

AnyOfRule

$$f_z(a, b) = ||\{\top : a_{items}[i]_{fitWith}(b) = \top\}|| > 0 \quad (3.60)$$

Таблица 3.1: Предзаготовленные типовые ограничения лицензий

Наименование	Описание
EnumerateRule	
LocationRule	Ограничение по географии использования и производные: CountryRule и CityRule
ChannelRule	Ограничение по каналу воспроизведения
MediaRule	Ограничение по типу носителя
GenreRule	Ограничение по жанру носителя (используется для кино, театра и т.д.)
UsageRule	Ограничение по типу использования
RangeRule	
PlayTimesRule	Ограничение количеству/длительности воспроизведения
LifetimeRule	Ограничение срока действия лицензии
NumberOfCopyRule	Ограничение по количеству копий
PowerOfRule	Ограничение по бюджету проекта и(или) доходу компании приобретателя
ValueRule	
PriceRule	Стоимость лицензии

Устав децентрализованного лейбла

Любой децентрализованный лейбл

3.5.7 Soundchain

Soundchain является первым проектом направленным на освоение [Musereum Foundation](#). Основная задача Soundchain начисление роялти децентрализованным лейблам за прослушивание музыкальных активов.

Работу Soundchain определяет множество смарт-контрактов и интерфейсов взаи-

модействия, рассмотрим смарт-контракт PayPerPlay через который:

- учитывается каждое прослушивание музыкального актива
- генерируется список выплат роялти из выделенного объема Musereum Foundation

Let n is a moment of time and

Let r is a money available to pay-per-play for

Set of plays a , where a_i is a tuple:

$$a = \{a_i \mid \forall i \in a, a_i \equiv \mathcal{O}[listener, asset, times, sign]\} \quad (3.61)$$

$$b = \{b_i \mid \forall i \in a, b_i = f_{pay}(a_i), b_i \in (0; 1)\} \quad (3.62)$$

$$c = \sum_{i=0}^{|b|} b_i, \quad d = \frac{r}{c} \quad (3.63)$$

Finally p is a set of payments:

$$p = \{p_i \mid \forall i \in b, p_i = d * b_i\}, \quad r = \sum_{i=0}^{|p|} p_i \quad (3.64)$$

Остается определить, что такое функция f_{pay} . Результат функции зависит от двух переменных: коэффициента слушателя и коэффициента лейбла:

$$f_{pay}(a) = \min(f_{listenerCoef}(a)), \quad (3.65)$$

$$f_{labelCoef}(\delta_{labels}^R(a_{asset})) \quad (3.66)$$

Коэффициент слушателя определяет насколько платформа доверяет данному слушателю:

1. Персонафикация учетной записи: ФИО, География;
2. Подтверждение телефонного номера (Proof-of-SMS);
3. Подтверждение географического происхождения: верификация документов;
4. Размер материальной заинтересованности в будущем платформы: количество ЕТМ, количество и объем удерживаемых токенов децентрализованных организаций.

Коэффициент лейбла учитывает в подсчете:

1. Совокупный доход с продажи лицензий ассоциированного актива;
2. Доход с продажи лицензий за последнюю неделю;
3. Искусственный коэффициент оценки лейбла SoundChain'ом (дополнительно депонирование средств, сжигание средств и т.д.)

(3.67)