

На пути к физическому интернету: промышленные и логистические кластеры, стандартизация цифрового контейнера и сроки внедрения

В.П. Куприяновский, А.А. Климов, А.Б.Володин, О.Н. Покусаев, Д.Е. Намиот, Ю.П.Липунцов,
А.А. Лысогорский

Аннотация— В настоящей статье речь идет о европейской дорожной карте по внедрению физического интернета. Физический Интернет (PI) создает новейшую инфраструктуру в цепочке поставок, которая позволяет трансформировать существующую логистическую систему в универсально взаимосвязанную систему. Он направлен на решение вопросов экономической, экологической и социальной устойчивости в традиционной логистике. Физический интернет является новой концепцией в логистике цепочки поставок с потенциалом модернизации погрузочно-разгрузочных работ, логистики и проектирования объектов с целью повышения экономической, экологической и социальной эффективности. Физический интернет - это видение для перемещения физических объектов с помощью набора процессов, процедур, систем и механизмов из исходной точки в желаемое место назначения таким образом, как цифровой интернет перемещает пакеты информации с сервера на другой компьютер. Структура PI основана на стандартных и интеллектуальных модульных контейнерах PI или π -контейнерах, которые могут транспортироваться любым способом (например, самолетами, грузовики, баржи, дроны и частные автомобили), и многие из этих контейнеров уже существуют и активно и используются. Контейнеры PI уже сегодня имеют модульный размер от небольших посылок до больших морских контейнеров, которые перемещаются через мультимодальные распределенные транспортные сети, в которых транзитные площадки объединяют контейнеры различного происхождения для оптимизации загрузки.

Ключевые слова—транспорт, физический интернет, логистика.

Статья получена 11 февраля 2020.

В.П. Куприяновский - РУТ (МИИТ) (email: v.kupriyanovskiy@rut.digital)

А.А. Климов - РУТ (МИИТ) (email: aaklimov1961@gmail.com)

А.Б.Володин - РУТ (МИИТ) (email: ab.volodin@mail.ru)

О.Н. Покусаев - РУТ (МИИТ); buildingSmart Россия (email: o.pokusaev@rut.digital)

Д.Е. Намиот - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: dnamiot@gmail.com)

Ю.П.Липунцов - МГУ имени М.В. Ломоносова (email: lipuntsov@econ.msu.ru)

А.А. Лысогорский - РУТ (МИИТ) (email: a.lysogorskii@rut.digital)

I. ВВЕДЕНИЕ

В работе [1], следуя европейской дорожной карте ALICE, было сказано о внедрении физического интернета (PI) в ЕС к 2050 году. Однако, практически сразу после выхода этой статьи, появились сообщения о том, что этот срок будет сдвинут на 2030 год. Столь резкое изменение планов в сторону сокращения сроков мало свойственно проектам Европейского союза и, конечно нуждается в пояснениях, так как не может быть объяснено только собственной динамикой развития транспортно-логистических отраслей, но должно иметь причиной требования со стороны заказчиков транспортных и логистических услуг и макротенденций.

На один очень мощный фактор – невероятно быстро развивающуюся цифровую интернет торговлю, мы уже указывали в публикации [1], однако есть и другие причины. Так совокупные прогнозы при развитии логистики и транспорта в прежней модели приводят к малоутешительным результатам, которые активно обсуждались на конференции по физическому интернету в Лондоне в конце 2019 года (IPIC2019) и эти расчетные параметры (рисунок 1 и 2), ведущие к коллапсу по скорости и цене представляют собой очень веский аргумент для ускорения создания условий для PI.

Согласно [6] 24% хороших и исправных автомобилей в ЕС работают пустыми, средняя загрузка остальных 57%, общая эффективность - 43% [6]. Дисбаланс потока может только объяснить только половину этой потери. Фактически каждая новая услуга (рисунок 1) приводит к тому, что сектор транспорта и логистики ответственен за 14-20% мирового углеродного следа, и его рост в старой модели бизнеса генерирует все больше и больше проблем с пропускной способностью (перегруженностью).

Мы приводим рисунки 1 и 2 ниже, чтобы показать, что произойдет, если отрасль продолжит двигаться по старой бизнес-модели без внедрения физического интернета. На рисунке 3, также взятом с конференции IPIC2019, показаны четыре направления, из которых, по мнению авторов, уже происходит развитие физического

интернета. Признавая разумность этих соображений, мы, тем не менее, попробуем высказать и свои соображения на эту тему.

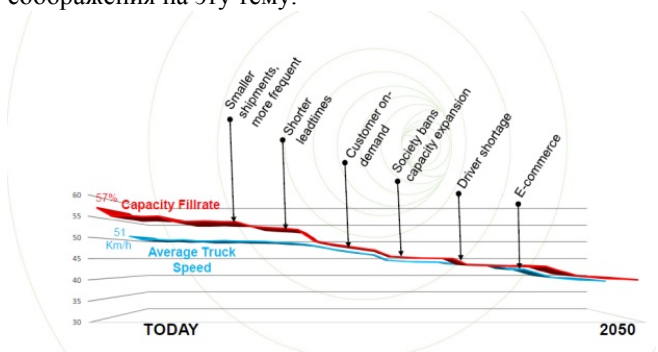


Рис.1. Почему текущие бизнес-модели потерпят неудачу очень скоро (источник Dr. Ir. Bart Vannieuwenhuysе Chairman Working Group BIG - Mobility FPTI-TRI-VIZOR, IPIC2019)

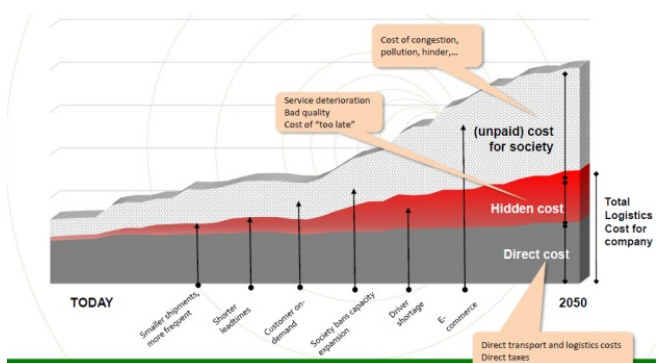


Рис. 2. Расчетный рост разных составляющих цены логистики к 2050 году (источник Dr. Ir. Bart Vannieuwenhuysе Chairman Working Group BIG -Mobility FPTI -TRI-VIZOR, IPIC2019)

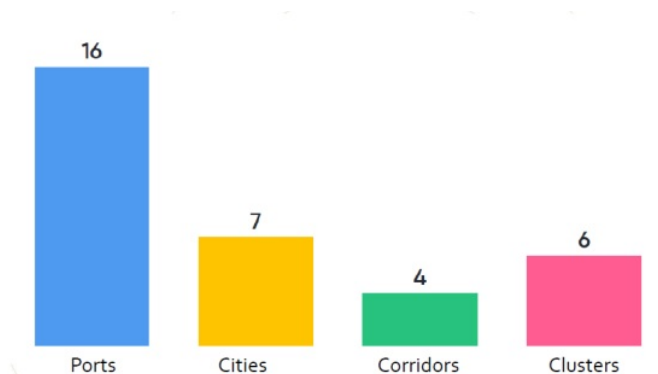


Рис. 3. Транспорт - перспективные направления развития и основные направления, порождающие новые модели (источник Dr. Ir. Bart Vannieuwenhuysе Chairman Working Group BIG - Mobility FPTI-TRI-VIZOR, IPIC2019)

II. МАКРОЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ, ФИЗИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ И КЛАСТЕРЫ

С точки зрения развития макроэкономических оценок, роли логистики и транспорта их роль, и так признаваемая как значительна (вторая суммарно по всем отраслям), за очень короткий временной промежуток

сильно выросла.

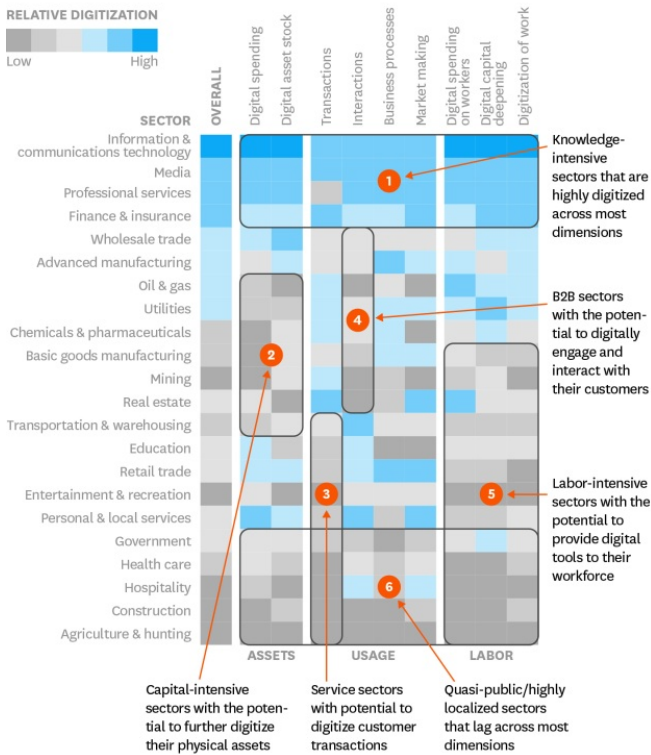
Так, если в 2016 году исследование McKinsey и др. [2] поставило транспорт и складирование на второе место в категории (5 из 6) при цифровой трансформации предприятия (рисунок 4), то уже в 2020 году будущее развитие новых отраслей промышленности определяется рядом глобальных мегатенденций, декларируемых как устойчивые силы на глобальном и макроэкономическом уровне, которые влияют на развитие бизнеса, окружающей среды, экономики, общества, культуры и жизни граждан на местном и глобальном уровнях [3] выводят логистику и транспорт по влиянию на более высокое место.

Были детально исследованы десять мега-трендов, отобранных на основе всестороннего обзора [3]. Некоторые из них связаны с распространением новых прорывных технологий (автоматизация, массовая настройка, интеграция объектов и целей, мирб управляемый данными, кибербезопасность и блокчейн); другие более тесно связаны с демографическими, социально-политическими, экологическими и экономическими сдвигами (глобализация и геополитика, демографические сдвиги, зеленая и круговая экономика, урбанизация и умный город, разумная мобильность). Мега-тенденции создают как серьезные проблемы, так и возможности для развивающихся отраслей, влияя на бизнес-модели, создавая стимулы или сдерживающие факторы для развития новых рынков, изменяя занятость и производительность, вызывая изменения в требованиях к квалификации и разрушая существующие производственно-сбытовые цепочки [3]. Некоторые развивающиеся отрасли будут затронуты наиболее.

Анализ и оценка воздействия подчеркивают [3], что на цифровые отрасли, мобильные технологии и логистические услуги больше всего влияют все выявленные глобальные мега-тенденции. Фактически это означает активное формирование новых производственных кластеров и, в том числе, новых, ранее не существовавших производств. Транспортный и логистические сектора должны двигаться вперед и избавиться от технологического долга и старой практики, которая мешает внедрять инновации в новой экономике, а также соответствовать ей по скорости изменений [3].

How Digitally Advanced Is Your Sector?

An analysis of digital assets, usage, and labor.



SOURCE: DATA ANALYSIS AND EXPERT INTERVIEWS CONDUCTED BY THE MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE © HBR.ORG

Рис.3а. Какие индустрии наиболее затронуты цифровыми преобразованиями с учетом взаимных зависимостей, скорости преобразований, трудовых и иных факторов [2].

Будущее развитие новых отраслей промышленности определяется рядом глобальных мега-тенденций, определяемых как устойчивые силы на глобальном и макроэкономическом уровне, которые влияют на развитие бизнеса, окружающей среды, экономики, общества, культуры и жизни граждан на местном и глобальном уровнях.

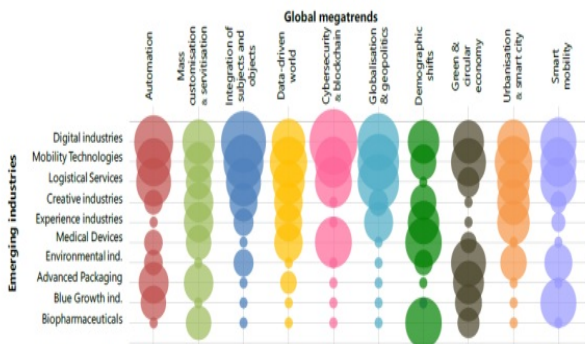


Рис. 4. Влияние десяти глобальных мега-тенденций на десять развивающихся отраслей [3]

Рост давления на транспорт и логистику показывают и предыдущие исследования по тематике кластеров ЕС [4,5,6], и, как видно из рисунка 4, влияние транспорта и логистики на развитие всех направлений цифровых трансформаций стало, во многом, уже определяющим. Конечно, развитие новых технологий во многом, но не

полностью, совпадает с кластерным развитием. Хорошим примером в этом смысле являются умные города на рисунке 3а или цифровые транспортные коридоры, хотя и они могут являться кластерами в определенных ситуациях.

III. ПРИМЕРЫ РАЗВИТИЯ ЕВРОПЕЙСКИХ КЛАСТЕРОВ И ФИЗИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ

Промышленные кластеры существуют столько же, сколько и сама промышленность. Они появились с самых ранних производственных площадок для инструментов каменного века в областях, где были найдены лучшие кремни, путем размещения водяных мельниц вдоль реки, к промышленной революции, где заводы часто размещались в угольных районах.

Место расположения сырьевых или энергетических ресурсов определило отраслевую географию. Натуральный транспортный потенциал, такой как долины, водные пути и морские порты, также повлиял на промышленность, как для доступа к сырью, так и для торговли продуктами.

Сегодня, согласно проекту ЕС STRATEGY CCUS, уже сформированы промышленные кластеры созданные вокруг натурального транспортного потенциала и исповедующие принципы коллегиального хранения и утилизации CO₂ созданы на севере и западе Европы и речь идет об их распространении на восток и юг (проект STRATEGY CCUS <https://cordis.europa.eu/project/id/837754> и <https://www.strategyccus.eu/project-outputs>).

Для иллюстрации того, что понимается сегодня под использованием для кластеров натурального транспортного потенциала в проекте STRATEGY CCUS, мы приводим рисунок 5, который нам так же пригодится в дальнейшем. Заметим, что принципы физического интернета на рисунке 5 показаны в виде модульных транспортных вариантов для транспортировки сжиженного CO₂. Впрочем, эти модули, вероятно, выполняют и другие роли в кластерах, перемещая, например, сжиженные газ.

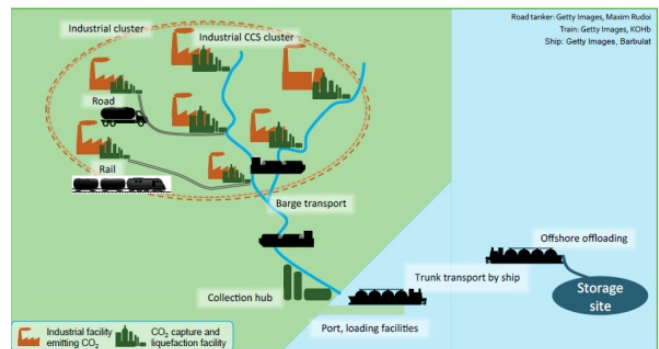


Рис. 5. Схема кластера ICCS с использованием модульных транспортных вариантов для транспортировки сжиженного CO₂ [7].

В другом европейском проекте AMBER - Адаптивное управление барьерами в европейских реках далее

(<https://cordis.europa.eu/project/id/689682>, <https://amber.international/>) утверждается, что реки входят в число наиболее угрожаемых экосистем в мире и являются объектом дорогостоящих программ восстановления, которые обходятся налогоплательщикам в миллиарды. Большая часть Европы зависит от воды из рек для питья, производства продуктов питания и выработки гидроэнергии, что крайне важно для достижения цели ЕС в области возобновляемых источников энергии. Тем не менее, только половина поверхностных вод ЕС достигла цели WFD 2015 года по обеспечению хорошего экологического статуса, отчасти из-за фрагментации мест обитания, вызванных десятками тысяч плотин и водосливов, которые также представляют опасность наводнения. Некоторые барьеры устарели и не используются, но могут иметь историческую ценность, в то время как продолжительность жизни других скоро придет к концу и, возможно, придется их устранить. Но барьеры также предоставляют энергию, воду, возможность рыбалки и отдыха, а также могут помочь предотвратить распространение водных инвазивных видов. Улучшение связности водотоков было отмечено как один из приоритетов для более эффективного восстановления водотоков, но эффективное восстановление функционирования экосистем в европейских реках должно учитывать сложность и компромиссы, налагаемые барьерами. В одной из вышедших работ проекта AMBER [8] приводятся, в том числе, и необходимые экономические расчеты на этот счет.

Возвращаясь к модульным конструкциям для судов или PI, для естественного транспортного потенциала, стоит сказать, что этот принцип зародился, видимо, при оптимизации цепей поставок концентрированного апельсинового сока и распространяется сегодня на транспортировку молока и других жидких пищевых и не пищевых продуктов. На рисунке 6 наглядно видно упрощение традиционной логистической схемы и появление одной единицы физического интернета на всем пути промышленной логистики.

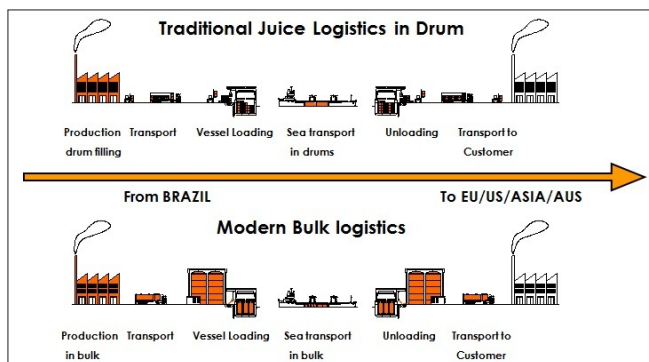


Рис. 6. Современные модульные системы для транспортировки сока (Modern Bulk Logistics – нижний рисунок) и традиционные способы (верхний рисунок) (источник - Agro Highway)

инновационной концепции для высококачественного транспорта скоропортящихся пищевых агро-пищевых жидкостей, вызывающего модальный переход к морскому и речному транспорту (<https://cordis.europa.eu/project/id/684937>, <https://www.agrohighways.eu/agrohighway.eu/>) следует принципам, показанным на рисунке 6.

Agro Highway обеспечивает новый, инновационный вид транспорта для скоропортящихся пищевых жидкостей, который позволит прорыв в области транспорта и сельского хозяйства. Консорциум будет разрабатывать, демонстрировать и подтверждать асептическую, контролируемую по температуре, систему контроля качества, самозагружающуюся грузовую систему, которая будет стимулировать переход с дороги на воду. Консорциум Agro Highway стремится:

- Обеспечить гибкое морское транспортное решение для скоропортящихся сельскохозяйственных пищевых жидкостей;
- снизить затраты на перевозку на средние и большие расстояния;
- Увеличить максимальное расстояние транспортировки и вместимость. Это особенно важно для молока, самого важного сельскохозяйственного продукта ЕС. Увеличение максимальной транспортной дистанции позволит производителям выходить на новые рынки после выпуска квоты на молоко;
- Оптимизировать цепочки поставок, уменьшая необходимость предварительной и последующей обработки и устраняя отходы упаковки, улучшая качество продукции и уменьшая ее воздействие на окружающую среду.

В совокупности это приведет, как считают в проекте, к повышению рыночной стоимости перевозимых товаров и совершенно новым рыночным возможностям для транспортного и сельскохозяйственного секторов ЕС. В любом случае, как нам представляется, это схемы сотрудничества, которые строятся на базе PI и варианты управления новыми бизнесами, в том числе и логистическими.



Рис. 7. Маршруты проекта Agro Highway (источник - Agro Highway)

Консорциум Agro Highway направлен на: обеспечение гибкого морского транспорта для скоропортящихся агро-пищевых жидкостей; на то чтобы снизить затраты на перевозку на средние и большие расстояния; стремится

увеличить максимальную дальность и вместимость транспорта. Это, как считают в проекте, особенно важно для молока, самого важного сельскохозяйственного продукта ЕС. Увеличение максимальной транспортной дистанции позволит производителям выходить на новые рынки после выпуска квоты на молоко; оптимизировать цепочки поставок, уменьшая необходимость предварительной и последующей обработки и устраняя отходы упаковки, улучшая качество продукции и уменьшая ее воздействие на окружающую среду. В совокупности это приведет к повышению рыночной стоимости перевозимых товаров и совершенно новым рыночным возможностям для транспортного и сельскохозяйственного секторов ЕС и собственно важных реализаций принципов физического интернета в логистической практике.

Agro Highway является альтернативой автомобильному транспорту, автомобильные перевозки скоропортящихся жидкостей ограничены по расстоянию и объему. Автомобильный транспорт часто требует предварительной обработки агропищевых жидкостей, чтобы обеспечить возможность транспортировки автомобильными цистернами, контейнерами или барабанами. Автомобильный транспорт относительно дорог, создает отходы упаковки и оказывает значительное воздействие на окружающую среду. Кроме того, концентрирование или измельчение в порошок дополнительно увеличивает стоимость и снижает качество продукта.

Транспорт в Agro Highway возглавляет «Liquid Ferry» (рисунок 8), судно типа река-море с грузовой системой, которая позволяет перевозить скоропортящиеся жидкости по интегрированной грузовой системе, состоящей из асептических и температурных резервуаров, системы очистки и стерилизации на борту, системы прямой загрузки и разгрузки и системы контроля качества. Эта технология не опирается на портовую инфраструктуру (например, терминалы). Все вместе эти функции увеличат гибкость грузовых и транспортных маршрутов и существенно снизят первоначальные инвестиции. Agro Highway будет использовать 86-метровое судно река-море для демонстрации и проверки технологии «Liquid Ferry». Этот тип судна может легко перемещаться по прибрежным водам или подниматься на внутренние водные пути класса IV и V для погрузки жидкого продукта в автомобильный грузовой транспорт для покрытия последних миль. Решения Agro Highway направлены на то чтобы:

1. Обеспечить гибкое и универсальное морское транспортное решение для всех основных европейских скоропортящихся сельскохозяйственных пищевых жидкостей (рисунок 8);
2. Увеличить расстояние транспортировки (от 500 до 10.000 км) и вместимость (от 25 до 2.000 тонн) для почти свежих продуктов. Это особенно важно для молока, самого важного

сельскохозяйственного продукта ЕС. Увеличение максимальной транспортной дистанции позволит производителям выйти на новые рынки после выпуска молочной квоты ЕС;

3. Снизить затраты на транспортировку (20-50%) на средние (500-3000 км) и длинные (5.000-10.000 км) расстояния, оптимизировать цепочки поставок от поставщика до пищевой промышленности путем:
 - снижения необходимости предварительной и последующей обработки (от 10 до 20% от себестоимости);
 - устранения упаковки и отходов (10-30% от себестоимости);
 - поддержания / улучшения качества продукции (увеличение стоимости до 30%);
 - снижения воздействия сельского хозяйства и транспорта на окружающую среду



Рис. 8. Экспериментальное судно проекта Agro Highway (источник - Agro Highway)

IV. ФИЗИЧЕСКИЙ ИНТЕРНЕТ В ПРОЕКТЕ ЕС DAPHNE

Наиболее детальное описание подходов базирующихся на кластерном подходе, физическом интернете и для натурального транспортного потенциала мы обнаружили в проекте ЕС DAPHNE, который имеет целью создание сети портов Дуная. Проект направлен на содействие сбалансированному развитию портов Дуная как экологически чистых, хорошо доступных мультимодальных узлов транспортной системы региона и превращению их в оживленные экономические центры, выступающие в качестве катализаторов экономического роста и создания высокооплачиваемых рабочих мест (<http://www.interreg-danube.eu/approved-projects/daphne>). Так как Волга и Дунай очень важные, системообразующие реки, в некотором смысле они схожие по многим параметрам и имеют схожие проблемы в текущем развитии, то мы решили остановиться на этом проекте подробнее. Возвращаясь к проекту DAPHNE и того, как в нем планируется достижение целей стоит отметить что:

Для достижения этих целей будет налажено

постоянное сотрудничество между государственными и частными организациями вдоль Дуная, каждый из которых приносит свой собственный конкретный опыт. Этими структурами являются: министерства, администрация портов, пользователи портов, специализированные консалтинговые фирмы, логистические компании, НПО и университеты.

Проект создает хорошо управляемую рабочую платформу, которая решает самые насущные проблемы с помощью руководств, рекомендаций и конкретных пилотных мероприятий, основанных на передовом опыте, ведущих к общей стратегии развития и плану действий для портов Дуная.

Эта деятельность направлена на совершенствование портового законодательства, финансирование портовых инвестиций (схемы государственной помощи и модели государственно-частного партнерства), процессы администрирования портов, стратегии портового бизнеса, а также стратегии портовой инфраструктуры и промышленного развития. Особое внимание уделяется наращиванию человеческого потенциала и возможностям эко-улучшения для портового сектора.

Инновационная портовая система ИТ-сообщества (электронная платформа, которая соединяет несколько систем, управляемых различными организациями в пределах портовой зоны), будет испытана в реальной жизни, а новые рынки для дунайских портов будут проанализированы (развитие бизнеса определяется появившимися возможностями круговой экономики, использование альтернативных видов топлива, транспортировка сжиженного природного газа, распределение возобновляемой энергии).

Решения, разработанные консорциумом, будут совместно использоваться более чем с 60 дунайскими портами в качестве возможных проектов путем создания сети портов Дуная, которая должна превратиться в организацию сети портов Дуная, чтобы обеспечить долговечность результатов и их постоянное дальнейшее развитие.

В проекте выпущена отдельная работа на тему «порты Дуная и физический интернет» [9], а позже в 2020 году была в издательстве ЕС выпущена итоговая работа по Дунаю [8]. Так идеи применения физического интернета для самого большого кластера Европы Дуная проходят красной нитью в проекте DAPHNE, то мы посчитали целесообразным процитировать [9]:

«Для реализации концепции физического Интернета во внутреннем судоходстве необходимы долгосрочные инфраструктурные и технические меры. Кроме того, перевозка должна быть организована по-другому (например, ни один из видов транспорта не определяется грузоотправителем). Внутренние порты, как современные мультимодальные логистические центры, могут рассматриваться как информационные и агрегирующие центры в транспортной сети. Из-за более длительных сроков транспортировки по внутренним водным путям по сравнению с другими видами транспорта, такими как автомобильные, перевозки по внутренним водным путям должны планироваться очень

хорошо, чтобы избежать задержек. Из-за этого предварительные условия, в основном сырье и сыпучие грузы, грузы, для которых время не является критическим фактором в большинстве случаев по сравнению, например, с логистикой последней мили, перевозятся по внутренним водным путям. Дунай имеет выгодное расположение в Европе, соединяя 10 стран и, следовательно, важные экономические районы. Кроме того, связь через коридор Рейн-Майн до пяти других европейских стран подчеркивают важность Дуная как транспортной оси на национальном и международном уровне.

Тенденция к цифровизации может рассматриваться как возможность для внутренних портов позиционировать себя в качестве важных информационных и логистических центров в европейском секторе грузовых перевозок. Это также может привести к реализации концепций синхромодальности и физического Интернета во внутренних портах. Следующие аспекты могут рассматриваться как критические факторы успеха для реализации Физического Интернета во внутренних портах и, следовательно, также для внутренних портов Дуная:

- Адекватная инфраструктура для бесперебойной и эффективной перевалки
- Эффективные внутренние соединения для внутренних портов
- Связь в режиме реального времени между всеми внутренними портами и другими соответствующими пунктами перевалки.
- Истина времени и стоимости транспортных процессов и коммуникации с клиентами и другими заинтересованными сторонами.
- Полная интеграция внутреннего судоходства в национальные и международные перевозки.
- Международное расширение и обслуживание транспортной инфраструктуры
- Политическое продвижение судоходства по внутренним водным путям
- Стандартизированное техническое оборудование и сети портовой инфраструктуры, надстройки, транспортных маршрутов, перевозчиков и транспортных средств».

Поскольку ожидается, что к 2050 году объем перевозок увеличится втрое, континент должен принять новые транспортные потоки, используя все доступные виды транспорта. Европейская комиссия стремится перевести грузовые перевозки на устойчивые, такие как внутренние водные пути или железнодорожный транспорт, и чтобы приспособиться к этому желательному модальному сдвигу, в последние несколько лет появились различные транспортные концепции (рисунок 9) приводящие к физическому интернету. И рисунок 9 и цитата выше приводятся из другой работы проекта DAPHNE Результат 5.1. Рекомендации по инвестициям в порты и исследования новых рынков [10], то есть ключевого материала по инвестициям и развитию.

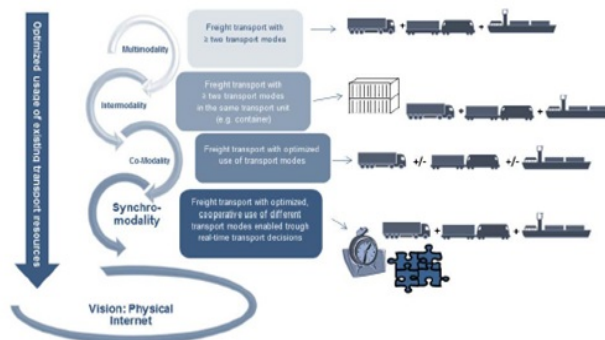


Рис. 9. Инновационные транспортные концепции, приводящие к физическому интернету [10].

В практическом внедрении физического интернета различные компании могут располагаться в портовой зоне для совместной разработки экологически устойчивых решений, но в случае круговой экономики деятельность этих компаний должна каким-либо образом связываться друг с другом:

- Компания по переработке зерна с большими бункерами будет производить тонны пыли при переработке зерновых - этот побочный продукт может поставлять котлы на биомассе на основе сельскохозяйственных отходов.
- Избыточное производство возобновляемой энергии и тепла может стать источником энергии и тепла для предприятий (например, складов, офисов) в пределах портовой зоны (или за ее пределами в сотрудничестве с местным муниципалитетом, компанией централизованного теплоснабжения и другими государственными институтами).
- Процесс управления отходами высокого уровня - повторное использование, а не просто переработка сырья - гарантирует, что компании могут использовать отходы друг друга (в зависимости от их типа и объема) [10].

В проекте DAPhNE рассматриваются приоритетно два вида грузов в режиме физического интернета СПГ в качестве груза и контейнеры. Рынок СПГ - это сложная система, которая должна быть изучена и правильно понята для планирования успешного проекта разработки в этой области (см. Рисунок 10), что и планируется в развитии проекта.

Чтобы создать согласованную инфраструктуру СПГ в Дунайском регионе, как отмечают в [10], необходимо обеспечить некоторые предварительные условия, а именно должны быть:

- предсказуемая нормативно-правовая база, которая облегчает развертывание СПГ с дополнительными преимуществами - ЕС уже разработал важное законодательство для эффективного рынка торговли СПГ, включая правила в отношении топлива для судов и положения о запрете на пункт назначения;
- государственная поддержка (т.е. программы финансирования на национальном уровне, поддерживающие переход флотов);

- достаточная инфраструктура обучения / образования в отношении СПГ;
- информационные кампании для владельцев флота и широкой общественности по преодолению возможных узких мест в поставках, организованные стратегическими платформами в Дунайском регионе;
- конкурентные расходы; и
- акцент на «био» компонент (LBG) для улучшения показателей CO2 в транспортном секторе.



Рис. 10. Рынок СПГ [10]

Как и в предыдущих соответствующих главах, в этом документе [10] обсуждаются только основные факторы успеха бизнеса пустых контейнеров, поскольку у него наиболее реальный шанс на среднесрочную и долгосрочную перспективу на всем водном пути Дуная - другие возможности (полные услуги контейнерных лайнеров), например, принесут с собой множество проблем и препятствий, затрудняя в настоящее время выявление факторов успеха. Хотя расширение спотовых перевозок в краткосрочной перспективе кажется более эффективным и экономичным, предложение услуги пустых контейнерных лайнеров должно оставаться частью долгосрочной стратегии для Дуная, равно как и адаптация требуемых рамочных условий. Эта стратегия должна включать следующее [10]:



Рис. 11. Факторы успеха долгосрочной контейнерной стратегии для Дуная [10].

Начальные пилотные проекты должны быть разработаны - предложение по водному пути, которое уже было подготовлено, может помочь в краткосрочной перспективе, если возникнет такая необходимость. В региональных / трансрегиональных промышленных регионах вдоль Дуная должны быть рассмотрены и разработаны отдельные узлы «Hub & Spoke». Из-за увеличения пропускной способности контейнеров в южных портах (например, Триест, Копер, Риека) возможно прочное железнодорожное сообщение с Дунаем и перераспределение / сбор полных контейнеров через реку - это весьма актуально для пространства Венгрии-Словакии и Австрии.

Благодаря соглашениям с судоходными компаниями о совместном создании непрерывного закрытого комбинированного предложения (с комбинированной ценой на морские перевалки и маршрутные перевозки IW) конечный продукт может иметь конкурентоспособную рыночную цену. Факторы успеха долгосрочной контейнерной стратегии для Дуная показаны на рисунке 11.

V. СТАНДАРТИЗАЦИЯ МАГИСТРАЛЕЙ ФИЗИЧЕСКОГО ИНТЕРНЕТА И АССОЦИАЦИЯ ЦИФРОВЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК (DCSA)

Традиционно данные в сфере логистики всегда были полностью разделены, что кардинально ограничивало развитие цифровых технологий [10-15]. Компании хранят данные в любом удобном для них месте и в любом месте, что приводит к фрагментированной экосистеме, создает огромную неэффективность и затрудняет оцифровку операций. Одна из самых больших тенденций в области логистических технологий в 2020 году, которую мы определили по литературным источникам, указывает на то, что компаниям не будет хватать существующих данных. Например, новые стандарты данных наконец-то создаются в сфере контейнерных перевозок, благодаря появлению Ассоциации цифровых контейнерных перевозок (DCSA) в 2019 году. Миссия DCSA состоит в том, чтобы создать общие стандарты информационных технологий для оцифровки и функциональной совместимости, чтобы сделать сектор доставки и логистики более эффективным как для клиентов, так и для судоходных линий. Спустя всего несколько месяцев после запуска, организация выпустила свой первый отраслевой проект, в котором подробно описываются новые отраслевые стандарты для процессов обработки данных, используемых при доставке контейнеров. Перечень уже принятых документов DCSA достаточно солиден [17-26].

DCSA имеет отношение ко всем областям, в которых одному оператору сложно работать, например, защита от кибератак, отслеживание контейнеров, портовые процессы, соединения с внутренними районами и многое другое. В момент основания DCSA в апреле 2019 года организаторы смогли убедить девять из десяти ведущих судоходных компаний стать ее членами, и

потом количество членов DCSA также росло. Это означает, что DCSA уже покрывала на момент создания 70 процентов глобальной контейнерной емкости перевозок. Как НПО она независима и сотрудничает с более чем 80 экспертами в рабочих группах, разрабатывающих ИТ-решения для всех и DCSA публикует их как «с открытым исходным кодом» на своем сайте. Каждый может использовать разработанные DCSA стандарты и полагаться на них. DCSA обменивается информацией со всеми соответствующими ассоциациями, а также с клиентами их членов. Дело в том, что клиенты и терминалы сталкиваются с разными проблемами, потому что разные судоходные компании имеют разные ИТ-соединения и решения.

Фактически именно такая онтологическая схема стандартизации принята DCSA, опирающаяся на единое мнение ключевых мировых экспертов, а не чиновников, наиболее успешна сегодня и соответствует реалиям цифровой экономики. Так, сегодня строится стандартизация цифрового интернета или DI (W3C), бизнес-процедур и инженерии (OMG), строительства и эксплуатации зданий и сооружений (buildingSMART), геоинформационных систем (OGC) и многих других направлений современной экономики. При этом из-за общности подхода также очень быстро решаются вопросы совместимости и взаимного использования онтологических формализаций.

Что касается физического Интернета, то представители DCSA уже выступили на IPIC2019 и предложили всем участникам этого рынка равное сотрудничество. Факт появления DCSA и очень быстрое ее развитие мы считаем ключевым фактором быстрого создания транспортно-логистических партнерств, кластеров, совместного использования транспортных коридоров и развития городской логистики (рисунок 3), так как основная товарная масса в мире перемещается именно в контейнерах, и усилиями DCSA, именно в этом магистральном русле, начинает вырисовываться набор стандартов и правил для PI. Чтобы дать читателю представление об объемах и влиянии такого развития, мы приводим классический для физического интернета рисунок 16 и поясняем, что объемно по самой большей части трех элементов физического интернета началась авторитетная стандартизация.

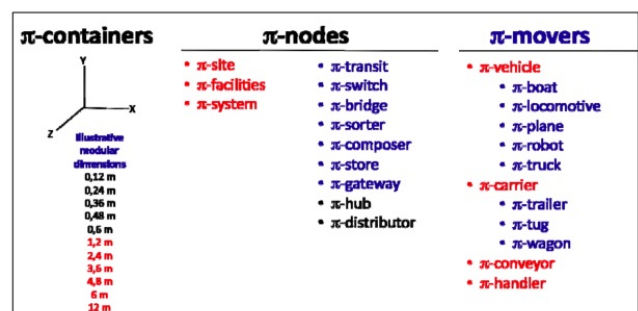


Рис. 12. Три физических интернет-элемента [16]

У DCSA есть пять ключевых целей, которые показаны на рисунке 13, некоторые результаты выполнения которых мы приводим ниже.



Рис. 13. Основные цели DCSA (источник – DCSA)

Активный выпуск нормирующих документов начался с сентября 2019 года с общих позиций по отрасли, описанных онтологически формализованным образом [17], как и ко всем остальным документам прилагает отдельный документ – руководство по чтению [18]. Приведем далее описание основных выпущенных стандартов DCSA:

- [17,18] Обеспечивают понимание процессов как есть. Отраслевой план DCSA включает в себя процессы, связанные с перемещением контейнера / оборудования из одного места в другое, процессы, связанные с отгрузкой / бронированием, процессы, которые считаются критическими для усилий по оцифровке и стандартизации отрасли, и, наконец, процессы, которые не рассматриваются как коммерчески чувствительные или конкурентного преимущества.

- Стандарт интерфейса для отслеживания и контроля документации [19,20] создан для того, чтобы все члены и партнеры в отрасли контейнерных перевозок могли основывать свои интерфейсы на общем понимании данных и процессов в отрасли, чтобы обеспечить согласованность, простоту и своевременность решений для отслеживания и контроля по всей отрасли, поддерживая совместимость в контейнерных перевозках.

- DCSA Глоссарий терминов 1.1 [21]. Эта публикация способствует согласованию терминов между всеми заинтересованными сторонами DCSA в отрасли контейнерных перевозок. Первая версия глоссария была опубликована на веб-сайте DCSA летом 2019 года в контексте отраслевого проекта DCSA.

- Руководства по чтению для информационной модели DCSA 1.0 и стандарта интерфейса DCSA [22,23]. Два руководства по чтению для информационной модели DCSA и интерфейса DCSA, соответственно, должны помочь установить контекст вокруг инициатив DCSA. Руководства дают представление о различных концепциях и методах, используемых при производстве документов, и предлагают способы использования

документов в качестве основы для будущих реализаций.

- Соглашение об именовании событий DCSA 1.0 и определения структуры событий 1.0 [24, 25].

На протяжении многих лет решения для отслеживания и прослеживания стали широко распространенной услугой в индустрии контейнерных перевозок. Однако из-за смещения терминологии и способов работы каждый перевозчик и третьи стороны разработали свои собственные мероприятия, которые были опубликованы на веб-сайтах перевозчиков. Чтобы согласовать это с отраслью, DCSA разработала соглашение об именах, которое устанавливает стандарты именования, а также понимание отслеживания и отслеживания событий, с которыми сталкиваются клиенты.

Понимание всех событий одинаково интерпретируется во всей отрасли за счет этих стандартов (рисунок 14)

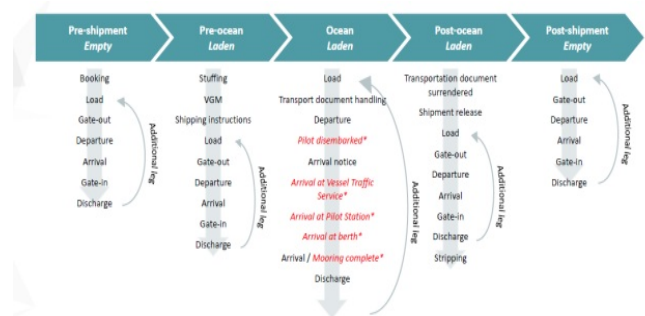


Рис. 14. Последовательность событий в стандарте DCSA (источник – DCSA)

Поскольку каждая структура может использоваться для объединения большого количества различных событий, необходим набор правил, чтобы гарантировать, что никакие комбинации не создают нелогичных событий.

Особо надо обратить внимание на информационную модель DCSA, которая была создана для предоставления целостного обзора информации, которая была согласована в рамках стандартов процессов, определенных в отраслевом проекте DCSA, и в соответствии с определениями, задокументированными в Глоссарии терминов DCSA.

Путем стандартизации используемых терминов и документирования соответствующих данных информационная модель призвана обеспечить основу, которая может быть использована в текущей работе по стандартизации интерфейса и для будущих инициатив. DCSA признает, что сегодня существует множество других стандартов, и стремится повторно использовать эти ресурсы там, где они соответствуют контексту индустрии контейнерных перевозок. Некоторые из этих существующих стандартов более широко приняты, чем другие, например, модель эталонных данных мультимодального транспорта (MMT RDM) СЕФАКТ ООН, и предполагается постоянно оценивать Информационную модель DCSA на основе этих и других стандартов.

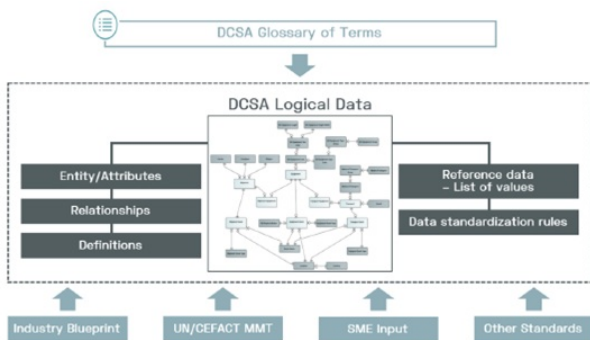


Рис. 15. Обзор содержимого информационной модели DCSA (источник – DCSA)

Информационная модель DCSA была разработана для поддержки общего понимания концепций, терминов и правил в отрасли судоходства. Принципы, лежащие в основе создания модели, заключались в том, чтобы учитывать текущие стандарты, используемые в отрасли, и повторно использовать эти стандарты, где это уместно, или предлагать новые стандарты, в которых невозможно найти применимый стандарт. Обзор содержимого информационной модели DCSA приводится на рисунке 15. Таким образом информационная модель DCSA приобретает свойство выступать в качестве переводчика между разными системами в отрасли (рисунок 16).

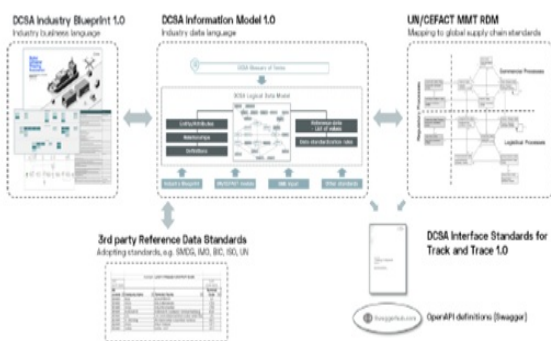


Рис. 16. Информационная модель DCSA в качестве переводчика (источник – DCSA)

VI. ДВИЖЕНИЕ ЛОГИСТИКИ К ФИЗИЧЕСКОМУ ИНТЕРНЕТУ

Физический Интернет (PI) создает новейшую инфраструктуру в цепочке поставок, которая позволяет трансформировать существующую логистическую систему в универсально взаимосвязанную систему. Он направлен на решение вопросов экономической, экологической и социальной устойчивости в традиционной логистике, что позволяет улучшить неустойчивые грузовые перевозки, чтобы преодолеть негативное развитие (рисунки 1 и 2). По аналогии с цифровым Интернетом (DI), ключевой концепцией PI является открытая взаимосвязанная логистическая система с совместной сетью распространения центров PI. PI предлагает единую операционную среду для разных компаний, в которой физические продукты

могут беспрепятственно транспортироваться в стандартных модульных π -контейнерах, аналогично пакетам данных в DI.

Различные новые инновационные парадигмы в логистике и цепочках поставок можно наблюдать в практике бизнеса, который стремится решить эти проблемы устойчивости путем интеграции новых технологических достижений. Такие организации, как Airbnb и Uber, являются ярким примером четвертой промышленной революции (4IR), которые разработали концепцию общей экономики и разделения активов. 4IR представляет серию значительных изменений в ценностях, связанных с появлением новых технологий, которые охватывают цифровой, физический и биологический миры [27]. Всемирный экономический форум (ВЭФ) представил пять тем, связанных с 4IR, для улучшения логистики цепочки поставок и повышения их устойчивости. Темы включают информационные услуги, логистические услуги, возможности доставки, круговую экономику и устойчивость [27]. Многие из этих тем связаны с PI.

PI является новой концепцией в логистике цепочки поставок с потенциалом модернизации погрузочно-разгрузочных работ, логистики и проектирования объектов с целью повышения экономической, экологической и социальной эффективности. PI - это видение для перемещения физических объектов с помощью набора процессов, процедур, систем и механизмов из исходной точки в желаемое место назначения таким образом, как цифровой интернет перемещает пакеты информации с главного компьютера на другой компьютер. Таким образом, PI подчеркивает следующее: (1) использование цифрового Интернета, (2) бесперебойную взаимосвязанность логистических услуг и (3) величину ожидаемых изменений, которые требуются. Структура PI основана на стандартных и интеллектуальных модульных контейнерах PI или π -контейнерах, которые могут транспортироваться любым способом (например, самолетами, грузовики, баржи, дроны и частные автомобили), и многие из этих контейнеров, как мы видим выше, уже есть и используются.

Контейнеры PI уже сегодня имеют модульный размер от небольших посылок до больших морских контейнеров, которые перемещаются через мультимодальные распределенные транспортные сети, в которых транзитные площадки объединяют контейнеры различного происхождения для оптимизации загрузки на предстоящем уровне. PI - это открытая взаимосвязанная сеть, которая включает в себя открытые логистические объекты, такие, как открытые транзитные центры для полуприцепов, открытые центры перегрузки и открытые склады, что обеспечивает глобальную сеть логистики, которая уже строится по принципу сверху вниз. Без магистральных каналов невозможно существование, как и DI, так и PI, и в физическом интернете наибольшие темпы строительства и стандартизации в секторе

массового перемещения товаров и грузов, к которой пристыковываются другие логистические системы. Для этих систем нужны уже более детальные архитектуры, которые представлены в виде возможной архитектуры воображаемого логистического веба (рисунок 17).

Logistics Web	
1. Mobility Web 1.1 Unimodal transport 1.2 Multimodal transport 1.3 Transport management 1.4 Innovation	2 Distribution Web 2.1 Distribution Center 2.2 Warehouse 2.3 Inventory control 2.4 Innovation
3 Realization Web 3.1 Production center (open fabs) 3.2 Production module 3.3 Demand management 3.4 Innovation	4 Service Web 4.1 Legal framework 4.2 Access rules & structure 4.3 Security

Рис. 17 Атрибуты логистической веба в терминах DI [27]

Одним из ключевых событий IPIC2019 было представление новой дорожной карты PI для ЕС ALICE/SENSE [28] со сроком развертывания 2030 год (рисунок 18) и ее обсуждение.

В ней концепция PI направлена на реализацию полной взаимосвязанности (информационных, физических и финансовых потоков) нескольких (частных) сетей грузовых перевозок и логистических услуг и их готовность к беспрепятственному использованию в качестве одной большой логистической сети. В этом она значительно шире, чем логистический веб (рисунок 16), который, тем не менее, составляет ее основу. Беспрепятственное физическое, цифровое и финансовое соединение логистических сетей будет включать операции транспортировки, хранения и физической обработки грузовых единиц, таких как контейнеры, съемные кузова, поддоны, ящики и т. д. Барьер для того, чтобы стать частью сети, предоставляющей доступ к частным услугам, и ресурсы и использование ресурсов и услуг, доступных в сети PI, должны быть очень низкими. В долгосрочной перспективе различные сетевые операторы и поставщики услуг предложат подключение по принципу «включай и работай» заинтересованным сторонам цепочки поставок. Будет обеспечена полная видимость и управление цепочками поставок для каждого игрока в соответствии с его операциями.

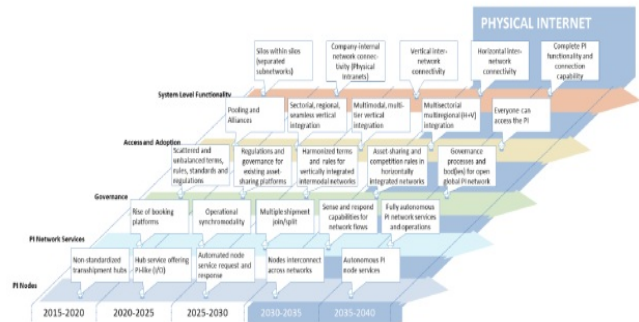


Рис. 18. Дорожная карта к физическому интернету [28]

Логистический веб или логистическая сеть получил свое развитие в новом проекте ЕС ICONET Новая инфраструктура ИКТ и эталонная архитектура для поддержки операций в будущем PI Logistics NETworks (<https://cordis.europa.eu/project/id/769119>, <https://www.iconetproject.eu/>).

Планируется, что ICONET значительно расширит возможности современных исследований и разработок вокруг концепции PI в поисках новой сетевой архитектуры для взаимосвязанных логистических центров, которые сочетаются с возможностями IoT и направлены на коммерческое использование результатов. ICONET стремится к достижению конечной коммерческой цели, состоящей в том, чтобы отправлять грузы в конечные пункты назначения автоматически, используя совместные решения, основанные на парадигме информационных сетей, и оптимизируя уровни эффективности и обслуживания клиентов во всей сети. Согласно этому видению, груз, рассматриваемый как умные физические пакеты, будет проходить между концентраторами на основе «содержания» груза, влияющего на ключевые коммерческие императивы, такие как стоимость, оптимизация, маршрутизация, эффективность и продвижение Зеленой повестки дня ЕС. Следовательно, консорциум явно нацелен на три (3) пути коммерциализации и эксплуатации от инноваций ICONET, специально нацеленных на области (a) Складирование как услуга, (b) Выполнение электронной коммерции как услуга, и (c) Синхромодальность как услуга.

Логистические конфигурации на основе PI будут смоделированы в рамках проекта ICONET, прототипированы и проверены в проекте. Методы моделирования и анализа будут сочетаться с серьезным моделированием игровых типов, физическим и цифровым прототипированием, с использованием сценариев и данных требований живой лаборатории (LL). С помощью анализа и моделирования будут определены оптимальные топологии и политики распространения для PI. Реализация проекта будет основана на чередовании этапов моделирования и проектирования / прототипирования, обучения и экспериментов, а также обратной связи и взаимодействия с более широким бизнес-сообществом, включая логистическую платформу ALICE, а также

членами партнерских ассоциаций ESC, UIRR и ELUPEG. Через свои живые лаборатории проект в рамках парадигмы PI будет заниматься вопросами как сотрудничества сетей снабжения, так и координации сетей снабжения. Серьезные намерения проекта ICONET подтверждают как его уже опубликованные результаты [29,30], так и очень сильный состав участников.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В этой статье мы попытались ответить на совсем непростой вопрос о том, что стало причиной удивительного переноса сроков внедрения PI в ЕС с 2050 на 2030 год, так как обычно сроки внедрения инноваций переносятся от об объявляемого времени вперед и практически никогда назад. Конечно, приведенные данные не являются исчерпывающими и мы, например, не обсуждали связь PI с завершением к 2030 году базовых европейских транспортных коридоров TEN-T или вопросы возможного слияния цифровых систем управления наземным транспортом (ITS, ITS-C, ERTMS и др.).

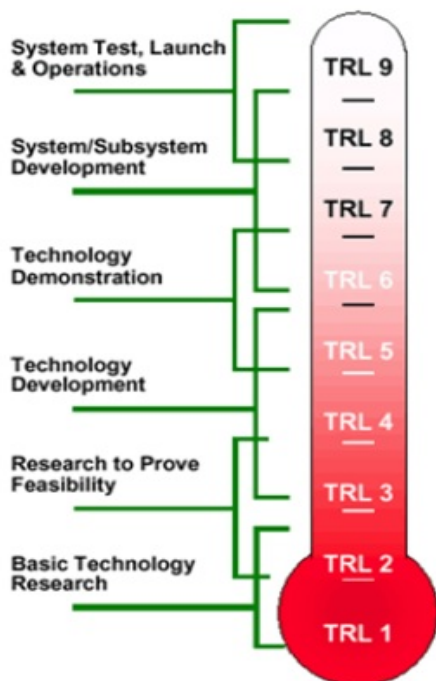


Рис. 19. Уровни готовности технологии, используемые в проектах ЕС (источник –NASA)

Обычно разработка инноваций включает анализ уровня готовности технологии (TRL). TRL - это метод оценки зрелости технологий на этапе приобретения программы, разработанной в НАСА в 1970-х годах (рисунок 19). Европейская комиссия рекомендовала финансируемым ЕС исследовательским и инновационным проектам принять шкалу в 2010 году. В 2014 году TRL начали использоваться в программе EU Horizon 2020, через которую финансируется большинство проектов создания физического Интернета. Мы постараемся отследить технологические решения с TRL 7 или выше и выбрать те, которые подходят для этого очень важного

направления мирового развития, чтобы сообщить об этом нашим читателям. Тем самым мы надеемся получить и довести до читателя сбалансированную коллегиальную оценку развития физического интернета – темы крайне важной, как для всего мира, так и для России.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Куприяновский В. П. и др. На пути к физическому интернету: индустрия, логистика и электронная коммерция 4. 0. Европейский вариант //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – Т. 7. – №. 5.
- [2] Which Industries Are the Most Digital (and Why)? <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why>
- [3] European cluster and industrial transformation trends report EU 2020
- [4] Smart guide for European strategic cluster partnerships EU 2019
- [5] Methodology report for the European panorama of clusters and industrial change and European cluster database EU 2019
- [6] SUPPLY CHAIN DECARBONIZATION THE ROLE OF LOGISTICS AND TRANSPORT IN REDUCING SUPPLY CHAIN CARBON EMISSIONS. Report prepared with the support of Accenture World Economic Forum Geneva Copyright © 2009
- [7] STRATEGY CCUS DELIVERABLE D2.1 REPORT. Methodologies for cluster development and best practices for data collection in the promising regions Part 1 Industrial CCUS Clusters and CO2 transport systems: methodologies for characterization and definition STRATEGY CCUS 2020
- [8] AMBER D3.2 Quantification of economic costs and benefits of river infrastructures (evaluation of natural capital) AMBER 2019
- [9] DAPhNE D.5.4.4 Danube Ports and the Physical Internet , DAPhNE 2018
- [10] DAPhNE Output 5.1 Port investments guidelines & New markets studies DAPhNE 2018
- [11] Sokolov I. et al. State, innovation, science and talents in measuring the digital economy (UK Case Study) //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 6. – С. 33-48.
- [12] Kupriyanovsky V. et al. On mobile production based on a shared economy, digital technologies, and logistics //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 8. – С. 47-69.
- [13] Kupriyanovsky V. et al. Digital supply chains and blockchain-based technologies in a shared economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т. 5. – №. 8. – С. 80-95.
- [14] Kupriyanovsky V. et al. On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 2. – С. 54-100.
- [15] Kupriyanovsky Y. et al. Smart container, smart port, BIM, Internet Things and blockchain in the digital system of world trade //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – Т. 6. – №. 3. – С. 49-94.
- [16] Montreuil, B., Meller, R. D., & Ballot, E. (2010). Towards a Physical Internet: The impact on logistics facilities and material handling systems design and innovation. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/a907/08526f1c787bdafbcfbf8492583b7ef668d4.pdf>
- [17] Industry Blueprint –Container Shipping 1.0 September 2019, Copyright 2019 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [18] Industry Blueprint –Container Shipping 1.0 Reading guide September 2019, Copyright 2019 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [19] DCSA Interface Standard for Track and Trace 1.0 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)

- [20] DCSA Interface Standard for Track and Trace 1.0 Reading Guide 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [21] Glossary of terms 1.1 Industry Blueprint - Container shipping 1.0 January 2020
- [22] Information Model 1.0 Data and Interface Standards ,Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [23] DCSA Information Model 1.0 Reading Guide 27 January 2020
- [24] Event naming convention and Structure 1.0 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [25] Event Structure Definitions 1.0 Customer-facing Track and Trace Version 1.0 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [26] DCSA Implementation Guide for Cyber Security on Vessels v1.0 10/03/2020
- [27] Simranjeet Singh Chadha AN APPLIED OPTIMIZATION MODEL FOR FREIGHT DELIVERY IN A PHYSICAL INTERNET SUPPLY CHAIN, thesis, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia December 2019
- [28] Roadmap to Physical Internet BACKGROUND DOCUMENT WORKSHOP ALICE/SENSE IPIC 10TH JULY 2019 8.30 – 10.30 ALICE/SENSE PI Roadmap Workshop IPIC2019
- [29] ICONET D1.1 PI-aligned digital and physical interconnectivity models and standards 2019
- [30] ICONET D1.2 PI business and governance models 2020

Towards a physical Internet: industrial and logistics clusters, standardization of the digital container and implementation timeline

Vasily Kupriyanovsky, Alexander Klimov, Alexey Volodin, Oleg Pokusaev, Dmitry Namiot, Yuri Lipuntsov, Alexander Lysogorsky

Abstract— In this article, we are talking about the European road map for the implementation of the physical Internet. Physical Internet (PI) creates the newest infrastructure in the supply chain, which allows transforming the existing logistics system into a universally interconnected system. It aims to address economic, environmental and social sustainability issues in traditional logistics. The physical internet is a new concept in supply chain logistics with the potential to modernize loading and unloading operations, logistics and facility design to improve economic, environmental and social efficiency. The physical internet is a vision for moving physical objects using a set of processes, procedures, systems, and mechanisms from a source to the desired destination in a way that the digital internet moves packets of information from a server to another computer. The PI structure is based on standard and intelligent modular PI containers or π containers that can be transported by any means (e.g. airplanes, trucks, barges, drones and private vehicles) and many of these containers already exist and are in active use. PI containers are already modular in size, ranging from small parcels to large sea containers that travel through multimodal distributed transport networks, where transit platforms bring together containers of different origins to optimize loading.

Keywords— transport, physical internet, logistics.

REFERENCES

- [1] Kuprijanovskij V. P. i dr. Na puti k fizicheskomu internetu: industrija, logistika i jelektronnaja komercija 4. 0. Evropejskij variant //International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – #. 5.
- [2] Which Industries Are the Most Digital (and Why)? <https://hbr.org/2016/04/a-chart-that-shows-which-industries-are-the-most-digital-and-why>
- [3] European cluster and industrial transformation trends report EU 2020
- [4] Smart guide for European strategic cluster partnerships EU 2019
- [5] Methodology report for the European panorama of clusters and industrial change and European cluster database EU 2019
- [6] SUPPLY CHAIN DECARBONIZATION THE ROLE OF LOGISTICS AND TRANSPORT IN REDUCING SUPPLY CHAIN CARBON EMISSIONS. Report prepared with the support of Accenture World Economic Forum Geneva Copyright © 2009
- [7] STRATEGY CCUS DELIVERABLE D2.1 REPORT. Methodologies for cluster development and best practices for data collection in the promising regions Part 1 Industrial CCUS Clusters and CO2 transport systems: methodologies for characterization and definition STRATEGY CCUS 2020
- [8] AMBER D3.2 Quantification of economic costs and benefits of river infrastructures (evaluation of natural capital) AMBER 2019
- [9] DAPhNE D.5.4.4 Danube Ports and the Physical Internet, DAPhNE 2018
- [10] DAPhNE Output 5.1 Port investments guidelines & New markets studies DAPhNE 2018
- [11] Sokolov I. et al. State, innovation, science and talents in measuring the digital economy (UK Case Study) //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – #. 6. – S. 33-48.
- [12] Kupriyanovsky V. et al. On mobile production based on a shared economy, digital technologies, and logistics //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – #. 8. – S. 47-69.
- [13] Kupriyanovsky V. et al. Digital supply chains and blockchain-based technologies in a shared economy //International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – #. 8. – S. 80-95.
- [14] Kupriyanovsky V. et al. On development of transport and logistics industries in the European Union: open BIM, Internet of Things and cyber-physical systems //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 2. – S. 54-100.
- [15] Kupriyanovsky Y. et al. Smart container, smart port, BIM, Internet Things and blockchain in the digital system of world trade //International Journal of Open Information Technologies. – 2018. – T. 6. – #. 3. – S. 49-94.
- [16] Montreuil, B., Meller, R. D., & Ballot, E. (2010). Towards a Physical Internet: The impact on logistics facilities and material handling systems design and innovation. Retrieved from <https://pdfs.semanticscholar.org/a907/08526f1c787bdafbcebf8492583b7ef668d4.pdf>
- [17] Industry Blueprint –Container Shipping 1.0 September 2019, Copyright 2019 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [18] Industry Blueprint –Container Shipping 1.0 Reading guide September 2019, Copyright 2019 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [19] DCSA Interface Standard for Track and Trace 1.0 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [20] DCSA Interface Standard for Track and Trace 1.0 Reading Guide 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [21] Glossary of terms 1.1 Industry Blueprint - Container shipping 1.0 January 2020
- [22] Information Model 1.0 Data and Interface Standards, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [23] DCSA Information Model 1.0 Reading Guide 27 January 2020
- [24] Event naming convention and Structure 1.0 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)
- [25] Event Structure Definitions 1.0 Customer-facing Track and Trace Version 1.0 27 January 2020, Copyright 2020 Digital Container Shipping Association (DCSA)

- [26] DCSA Implementation Guide for Cyber Security on Vessels v1.0 10/03/2020
- [27] Simranjeet Singh Chadha AN APPLIED OPTIMIZATION MODEL FOR FREIGHT DELIVERY IN A PHYSICAL INTERNET SUPPLY CHAIN, thesis, Dalhousie University Halifax, Nova Scotia December 2019
- [28] Roadmap to Physical Internet BACKGROUND DOCUMENT WORKSHOP ALICE/SENSE IPIC 10TH JULY 2019 8.30 – 10.30 ALICE/SENSE PI Roadmap Workshop IPIC2019
- [29] ICONET D1.1 PI-aligned digital and physical interconnectivity models and standards 2019
- [30] ICONET D1.2 PI business and governance models 2020.