

# Проблемы комплексного развития железнодорожной инфраструктуры в припортовых транспортных узлах



**А. Ф. Бородин,**  
д.т.н., профессор,  
заведующий отделением  
АО «Институт экономики  
и развития транспорта»

**Согласованное развитие железнодорожной инфраструктуры общего и необщего пользования в припортовых транспортных узлах остается одной из важнейших комплексных научно-технических задач отрасли.**

Сегодня продолжается реализация масштабных проектов по развитию ближних и дальних железнодорожных подходов к портовым комплексам Дальневосточной, Северо-Кавказской, Октябрьской и Северной железных дорог, наращиваются мощности морских терминалов и объектов инфраструктуры морских портов. Институт экономики и развития транспорта (АО «ИЭРТ») выполнил комплексные разработки организации движения на Восточном, Северо-Западном, Азово-Черноморском полигонах железнодорожной сети, определяющие совместный выбор эффективной технологии их работы и инвестиционных мероприятий до 2025 г. в увязке с Генеральной схемой развития сети железных дорог ОАО «РЖД». Все это потребовало выработки ряда новых научно-методических, проектно-технологических и организационных решений.

## Научно-методические проблемы

Первая проблема – определение границ объекта исследования и проектирования. Существуют две взаимосвязанные задачи:

- 1) распределение перевалки между морскими торговыми портами;
- 2) оптимизация технологии и технического оснащения:
  - морских терминалов;
  - железнодорожных подсистем транспортных узлов.

Эти задачи нельзя эффективно решить в границах припортового узла. Порт не относится к точкам зарождения и погашения грузопотоков, за исключением случаев промышленной переработки грузов на портовой территории. Это прихо-

дится учитывать при разработке расчетных грузопотоков. Вопросы распределения потоков и развития инфраструктуры (не только припортового узла, но и дальних подходов к нему) необходимо рассматривать совместно. Грузы пойдут по тому пути, где дешевле и эффективнее, и железнодорожная составляющая – только часть процесса их доставки.

Отсюда следует, что специализация проектируемых морских терминалов должна увязываться с технологией подвоза и вывоза грузов и с возможностями примыкающих направлений (массовые грузы – маршрутизация и унифицированные полигонные весовые нормы, генеральные грузы – развитие сортировочных станций, контейнеры – пропускная способность и скорость движения), чтобы минимизировать суммарную потребность в инвестициях для освоения грузопотоков:

- экспортно-импортных;
- транзитных;
- каботажных.

Без методического решения этой проблемы неизбежны значительные риски: разработчики будут тратить деньги заказчика и годы собственной жизни на поиски оптимума в системе, границы которой неправильно определены, а направления следования грузопотоков будут подстраиваться под неэффективное размещение терминалов.

Вторая проблема – классификация припортовых транспортных узлов, на базе которой должна устанавливаться возможность развития железнодорожной инфраструктуры с определением условий этого развития, где учтено ограничение узла и его элементов (рис. 1).

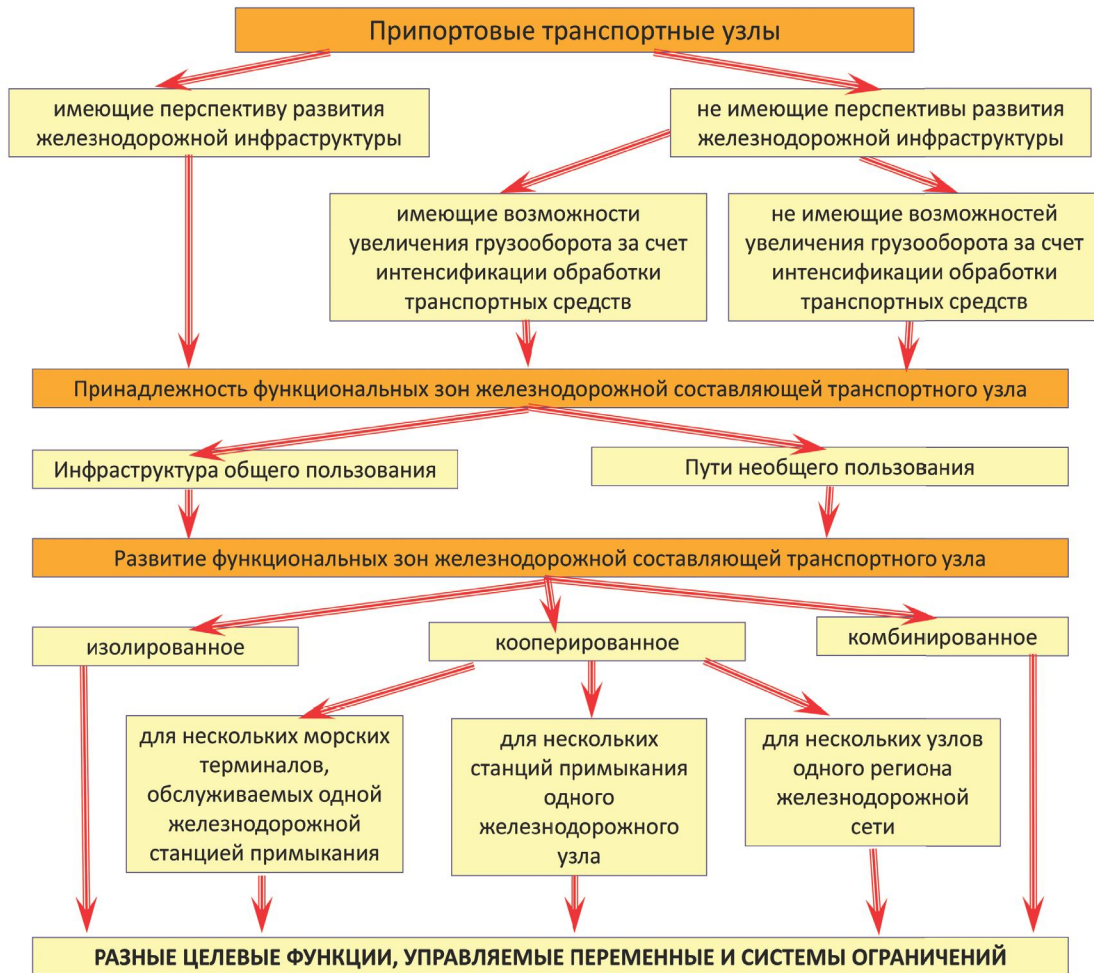


Рис. 1. Классификация припортовых транспортных узлов

Прежде всего, припортовые транспортные узлы надо разделить следующим образом:

- имеющие перспективу развития железнодорожной инфраструктуры;
- не имеющие такой перспективы вследствие городской застройки, природных условий и др.

Узлы, относящиеся ко второй группе, надо делить на имеющие и не имеющие возможности увеличения грузооборота за счет интенсификации обработки транспортных средств взаимодействующих видов транспорта.

Для углубления такой классификации нужно рассмотреть следующие функциональные зоны железнодорожной составляющей припортового узла:

- внешние подходы;
- прибытие и отправление;
- сортировочный комплекс, группировка вагонов по местам погрузки, выгрузки, роду подвижного состава;
- комплекс хранения грузов: складские площади, терминальные емкости;
- места погрузки, выгрузки;
- места ожидания.

Часть функциональных зон может принадлежать как ОАО «РЖД», так и владельцам железнодорожных путей необщего пользования, обслуживающих морские терминалы. Другая часть указанных зон может быть изолированной или общей:

- для нескольких морских терминалов, обслуживаемых одной железнодорожной станцией примыкания;
- нескольких станций примыкания одного железнодорожного узла;
- нескольких узлов одного региона железнодорожной сети.

В целом разрабатываемая классификация припортовых транспортных узлов должна обеспечить корректную постановку задачи их развития по записи целевой функции, управляемых переменных и системы ограничений.

Третья проблема – обоснование эффективных траекторий развития припортовых узлов. Сегодня наряду с методикой этапности развития железнодорожных объектов имеются методические разработки по взаимному расположению элементов припортового узла и порта. Ценные результаты были получе-

ны во ВНИИЖТе, где исследования проходили под руководством профессоров Е. А. Сотникова и Е. В. Архангельского, и на кафедре «Железнодорожные станции и узлы» ПГУПСа, где выполнялись работы под руководством профессоров Ю. И. Ефименко и П. К. Рыбина.

Вместе с тем возникают новые задачи, которые невозможно решить известными методами. Необходимы исследования и подготовка методик определения условий ввода в эксплуатацию новых элементов структуры (схемы) узла или усиления путевого развития подходов к узлу, внутриузловых соединительных линий и станций (районных парков) узла; определения условий изменения схемного решения порта; влияния взаимного размещения припортового узла и порта на технологию взаимодействия железной дороги и порта; максимального удаления объектов припортового узла от порта с целью создания территориальных возможностей для развития инфраструктуры узла и порта.

Указанные методики должны обеспечивать решение задач развития, когда ограничены доступные инвести-



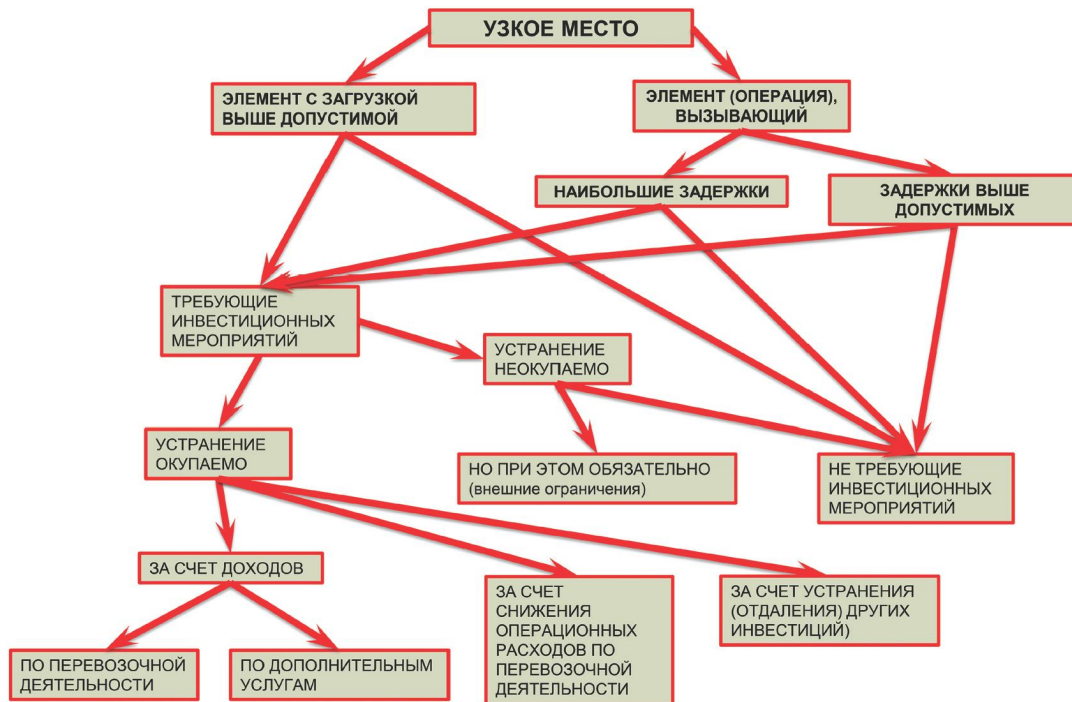


Рис. 2. К понятию «узкое место»

ционные ресурсы и возможные темпы их освоения (по физическим объемам строительных работ). В этих условиях необходимо получить ответ на вопрос, от чего и в какой последовательности отказываться, чтобы максимизировать технологический эффект. Поиск таких решений должен выполняться с учетом приоритетов, диктуемых значением того или иного порта для развития страны.

Четвертая проблема – недостаточное развитие теории взаимодействия и регулирования транспортных процессов. Во-первых, при обосновании инвестиций потребовалось уточнить понятие резервов мощности инфраструктурных и перевозочных ресурсов, ибо уместно считать производственным резервом то, что позволяет увеличить выпуск продукции (сверх существующего или расчетного). Поэтому при расчетах и обоснованиях нужно различать:

- технически необходимую долю мощности инфраструктуры и перевозочных ресурсов, используемую для обеспечения надежности перевозочного процесса (для соблюдения условий взаимодействия элементов инфраструктуры, достижения заданных технологических эффектов, удержания качественных показателей эксплуатационной работы в диапазоне допустимых значений), которую не следует называть резервом;
- эксплуатационные резервы (экономически обоснованное превышение

мощности над среднесуточным объемом работы в расчетном году), которые могут быть использованы для освоения дополнительного объема перевозочной работы.

Эксплуатационные резервы представляют собой запас мощностей, образующийся при их вводе в эксплуатацию ранее срока достижения расчетных размеров движения, исходя из необходимости снижения общих эксплуатационных и строительных затрат; образуются в период, когда транспортные потоки и удельные расходы в эксплуатации меньше расчетного значения.

Во-вторых, существующие методики оценки взаимодействия станционных процессов развивались главным образом для решения задач расчета потребной мощности станционных технологических линий и емкостей станционных парков, а также нормирования времени нахождения вагонов в пределах станции с учетом неравномерности транспортных потоков и станционных процессов. Практически не уделялось внимания обоснованию мощности, необходимой для компенсаторного и упреждающего управления продвижением транспортных потоков. Это важное обстоятельство заставляет изменить теоретические модели и сформулировать новые практические рекомендации.

В исследовании [1] выделены две группы факторов, обуславливающих технически необходимую долю мощности станционных устройств:

- компенсация неуправляемых воздействий на перевозочный процесс;
- обеспечение условий для упреждающих управляющих воздействий на перевозочный процесс.

При этом показана необходимость перехода от классических условий взаимодействия станционных процессов, представляющих собой неравенства вида

$$\lambda \leq k_1 \mu$$

к условиям вида

$$\lambda \leq (k_1 + \zeta k_2) \mu,$$

где  $\lambda$  – интенсивность транспортного потока в единицу времени,

$\mu$  – интенсивность его обслуживания,

$k_1, k_2$  – коэффициенты для учета технической необходимости доли мощности по факторам первой и второй группы, соответственно;

$\zeta$  – коэффициент совмещения этих факторов.

Факторы второй группы должны включать технически необходимую долю мощности:

- приемоотправочных путей для регулирования продвижения организованных поездов в припортовом узле;
- сортировочных путей для формирования поездов и групп вагонов в соответствии с оперативной обстановкой;
- выставочных путей, позволяющих освободить сортировочные пути от избытка вагонов, которые ожидают подачи и (или) отправления, равномерно распределить маневровую работу меж-

ду горкой, хвостовой горловиной и районными парками.

Пятая проблема – выбор адекватного методического аппарата. В Инструкции по расчету наличной пропускной способности железных дорог, действующей в ОАО «РЖД» [2], впервые регламентирован расчет пропускной способности междупарковых соединительных путей, в частности имеющих примыкания (включая ведущие к районным паркам и терминалам портов), а также расчет пропускной и перерабатывающей способности специальных устройств на припортовых и паромных станциях.

На припортовых станциях помимо расчетов, выполняемых для других типов станций, определяют:

- пропускную способность путей районных парков (составы и вагоны в сутки);
- пропускную способность выставочных путей терминалов (составы и вагоны в сутки);
- перерабатывающую способность погрузочно-выгрузочных путей причалов (вагоны в сутки).

На станциях, обслуживающих железнодорожные паромы, определяют пропускную и перерабатывающую способность береговых железнодорожных устройств паромной переправы:

- перерабатывающую способность сортировочных устройств, выполняющих подборку групп (плетей) вагонов, которые подлежат погрузке на паром, согласно карго-плану паромного судна;
- пропускную способность выставочных путей с учетом времени на выставление подобранных групп (плетей) вагонов и длительности таможенного и пограничного контроля (расчет аналогичен расчету пропускной способности путей районных парков);
- пропускную способность подъемно-надвижного моста с учетом подготовительно-заключительных операций и маневровой работы.

Эти расчеты позволяют диагностировать узкие места в инфраструктуре и технологии работы. Следует заметить, что понятие «узкое место» имеет различные толкования в тех или иных исследовательско-инженерных коллективах (рис. 2). В разработках по стратегическому развитию железнодорожного транспорта [2, 3] «узким местом» называют элемент с загрузкой выше допустимой. Научная школа под руководством проф. П. А. Козлова [4] трактует «узкое место» как элемент структуры (либо как

операцию технологии), вызывающий наибольшие задержки (либо задержки выше допустимых). Нередко элементы, соответствующие первому и второму толкованию, разные. Для нахождения эффективного решения требуется знание и того, и другого.

Узкие места не обязательно требуют инвестиционных мероприятий по их устранению (например, в случае перераспределения транспортных потоков и изменения их характеристик). По узким местам, устранение которых не окупаемо, должен быть определен набор параметров для оценки, включающий «недовозы» и их структуру. Здесь под «недовозом» понимается часть расчетного грузопотока, для которого нет технологической возможности выполнения перевозки по п. 10 Критериев отказа [5].

Методы обоснования технологических и инфраструктурных решений должны отвечать не только на вопрос, как изменится среднее время нахождения вагонов в узле, по категориям вагонопотока, но и на вопросы, как изменится вероятность того, что время нахождения в узле вагонов заданного назначения не превысит установленной величины; как изменится вероятность того, что к началу определенной технологической операции количество вагонов заданного назначения в конкретном пункте дислокации будет не меньше установленной величины.

Без ответов на эти вопросы невозможно обосновать значения контролируемых временных параметров для современных логистических систем транспортировки грузов. При этом необходимо перейти от подсчета суммарных вагоно-часов и средних простоев к оценкам времени нахождения в пределах транспортного узла вагонов каждой элементарной струи.

Результирующая перерабатывающая способность припортовых станций и железнодорожных путей не общего пользования, обслуживающих морские терминалы, может изменяться в несколько раз при одном уровне путевого развития и технического оснащения в зависимости от степени маршрутизации перевозок, доли обезличенного вагонного парка и других характеристик раздробленности вагонопотоков.

Математические модели припортовых транспортных узлов, разрабатываемые для решения указанных задач, должны иметь двухуровневое построение:

- сетевая потоковая модель, задающая операции, их взаимосвязи и правила прохождения транспортных потоков;
- имитационная модель, воспроизводящая прохождение транспортных потоков, с фиксацией результатов и с их последующей оценкой по простым, пробежным, энергетическим и стоимостным показателям.

### Проектно-технологические решения

Обоснованию проектно-технологических решений должен предшествовать анализ:

- условий работы и эксплуатационных потерь в припортовых узлах;
- схемных решений припортовых узлов с оценкой их комплектности (предпортовая сортировочная станция – припортовая станция – районный выставочно-группировочный парк – причальные пути, прикордонные и тыловые), пропускной способности соединительных путей между ними и условий их расположения (план и профиль, нахождение в городской черте, курортной зоне и др.).

Удаление предпортовой сортировочной станции от грузовых районов порта предопределяет необходимость их обслуживания поездным или маневровым порядком, что определяет используемые технологии и необходимые расходы. Протяженность грузовых районов в порту, степень растянутости его железнодорожных устройств обуславливается пирсовым, береговым или комбинированным расположением причалов.

Проработке подлежат три варианта уровня развития припортовых транспортных узлов:

- максимальное развитие – ориентированное на параметры Стратегии развития морской портовой инфраструктуры России до 2030 г., разработанной под руководством ФГУП «Росморпорт»;
- промежуточный вариант – с учетом грузопотоков и возможностей развития железнодорожных подходов к припортовым узлам, установленных в Генеральной схеме развития железнодорожного транспорта;
- минимальное развитие – на основе оценки доступных инвестиционных ресурсов.

При разработке вариантов нужно учитывать, что в перспективе возможно перепрофилирование терминальных мощностей (вынос за пределы го-



родской черты и курортной зоны экологически небезопасных балкерных, химических и наливных терминалов; развитие на их месте терминалов контейнерных, генеральных грузов или Ро–Ро; возможный реверс грузопотоков экспорта, импорта, транзита). Железнодорожная инфраструктура должна быть инвариантной к таким процессам.

Закладываемые в расчет сценарии грузопотоков должны предусматривать возможное развитие событий относительно грузопотоков транзита, экспорта, импорта в порты сопредельных государств. Экономическая целесообразность, как правило, берет верх над политической конъюнктурой.

Оценке подлежит и сезонность перевозок отдельных родов грузов (вследствие особенностей их производства и возможностей водного транспорта – ледовой обстановки и мощности ледокольного флота, обмеления речных судовых ходов) с возможными мерами по ее снижению и (или) «разведению» по времени пиков перевозок различных грузов.

Сохраняется потребность в развитии инфраструктуры морских терминалов двух типов:

- универсальных сухогрузных терминалов с порталными кранами и прикордонными железнодорожными путями, где возможно (и нередко эффективно) выполнение перевалки по прямому варианту (вагон – судно, судно – вагон);
- высокопроизводительных специализированных терминалов, оснащенных особым перегрузочным оборудованием, где перевалка по прямому варианту невозможна и неэффективна, с выполнением железнодорожных операций на тыловых путях терминала.

Для одного и другого варианта характерны определенные технологические требования к железнодорожной инфраструктуре, обслуживающей терминал. В частности, путевая емкость для размещения вагонов обменного парка должна соответствовать оптимальной доле перевалки по прямому варианту для каждого причального комплекса, перерабатывающего грузы определенных родов.

Технология работы припортовых узлов и емкости путевого развития должны обеспечивать:

- эффективную маршрутизацию груженых и порожних вагонопотоков с унифицированными полигонными нор-

мами веса и длины составов;

- комбинированную и групповую маршрутизацию перевозок;

- организацию движения ускоренных грузовых поездов по специализированным расписаниям, в частности с переходом к движению поездов по технологической схеме «терминал – терминал» вместо схемы «станция – станция».

Вагонопотоки, подводимые к припортовым и перегрузочным станциям, должны быть структурированы (детализация подборки вагонов в поездах и поездных группах, вес и длина составов, маршруты их следования по направлениям сети и внутриузловым ходам) и спланированы таким образом, чтобы выполнялись условия:

- необходимые, обеспечивающие физическую возможность освоения предъявляемых объемов переработки грузов в порту с заданным уровнем надежности;
- достаточные, обеспечивающие наименьшие затраты по организации и продвижению вагонопотоков и их обработке на припортовых станциях и в порту.

В работе [6] представлены принципиальные схемы организации в поезда вагонопотоков в адрес порта и вагонопотоков, зарождающихся в порту. Эти схемы служат основой для варианто-образования технологии организации и продвижения вагонопотоков, построения технологических цепочек продвижения вагонов и определения их технико-экономических показателей. Вагонопотоки, не маршрутизированные на местах погрузки (либо по тем или иным причинам исключенные из составов отправительских маршрутов в пути следования), в зависимости от мощности струй и технико-технологических параметров полигона могут продвигаться в порт четырьмя способами [6], которые образуют варианты распределения сортировочной и поездной работы на полигоне.

Таким образом, высокие темпы переработки грузов с заданной эксплуатационной надежностью могут быть обеспечены только при соблюдении следующих условий:

- инфраструктура узла и схемы путевого развития обеспечивают высокую поточность поездных и маневровых передвижений и имеют достаточную емкость для погашения внешней и внутренней неравномерности;
- технология продвижения и обработки вагонопотока обеспечивает минимум маневровых, технических и при-



Рис. 3. Концентрация и рассредоточение однородных технологических операций в припортовом узле

емосдаточных операций;

- объединенное оперативно-диспетчерское руководство железнодорожными операциями транспортного узла консолидирует ресурсы путевого развития, маневровых, вывозных и поездных локомотивов, эксплуатационного штата;
- логистическое планирование работы транспортного узла обеспечивает эффективное оперативное взаимодействие железнодорожного и морского транспорта, рациональное использование подвижного состава, морского тоннажа и терминальных емкостей.

Два последних фактора имеют особое значение. Установлено, что несогласованность процессов управления может привести к необходимости увеличить в 2,5–3,0 раза путевое развитие и складские емкости, поэтому проектные решения должны предусматривать обязательное внедрение современных логистических технологий, информационно-управляющих систем и средств автоматизации в рамках перехода от региональных принципов управления перевозочным процессом (в границах железных дорог) к планированию и организации движения поездов на полигонах сети [7].

Любой из вариантов – изолированное, кооперированное либо комбинированное развитие функциональных зон железнодорожной составляющей припортового узла – имеет свои положительные и отрицательные стороны. Так, кооперированное развитие усиливает влияние одних



терминалов на надежность обслуживания других, но снижает суммарную потребность в резервировании мощностей.

Заманчивость устройства для обслуживания морских терминалов самостоятельных железнодорожных станций необщего пользования, куда составы подаются поездным локомотивом перевозчика без обработки на станции примыкания, для ОАО «РЖД» состоит в удешевлении строительства и эксплуатации инфраструктуры общего пользования, а для владельца путей необщего пользования – в сохранении построенных объектов железнодорожной инфраструктуры на своем балансе и в своем управлении. Но при этом усложняется организация работы локомотивов грузового движения с необходимостью регулировки и резервных пробегов поездных машин между станциями, обслуживающими терминалы, доставки локомотивных бригад, с лишними простоями. Кроме того, увеличивается потребность штата и оборудования вагонного хозяйства вследствие необходимости выполнения приемосдаточных операций и подготовки составов на гарантийные участки на нескольких станциях вместо одной. При этом неизбежен рост совокупных транспортно-логистических издержек в отсутствие концентрации однородных железнодорожных операций и их сквозной диспетчеризации (рис. 3).

В качестве примера можно привести самостоятельную промышленную станцию Грузовая, построенную для обработки и слива цистерн, прибывающих в адрес дальневосточного нефтяного терминала Козьмино. Маршруты на эту станцию и обратно следовали с поездными локомотивами ОАО «РЖД» без технических операций на станции примыкания Хмыловский. После завершения строительства и ввода в эксплуатацию нефтепровода «Восточная Сибирь – Тихий океан» (ВСТО) владельцу пришлось принять решение о консервации станционной инфраструктуры, так как тупиковое расположение станции Грузовая не позволило включить высвобожденные мощности в технологический комплекс железнодорожного узла Находка-Восточная. Но если бы проектное решение было выполнено с учетом кооперированного развития функциональных зон железнодорожной составляющей припортового узла, то вложенные в станционную инфраструктуру государственные денежные средства продолжали бы приносить технологический и экономический эффект.

Приведенному примеру стоит противопоставить Усть-Лужский транспортный узел. В инфраструктуре станции Лужская преобладает кооперированное развитие функциональных зон, кроме того, организована работа по Единому комплексному технологическому процессу, внедрено обслуживание терминалов единым маневровым оператором при едином диспетчерском руководстве [8].

Сегодня холдинг «РЖД» активно идет в промышленную логистику. «РЖД-Логистика» и другие бизнес-единицы транспортно-логистического блока внедряют новые практики, эффективно избавляющие клиента от непрофильных проблем. Такие практики должны находить подтверждение и в инфраструктурных проектах. Именно здесь можно обеспечить существенный рост эффективности за счет концентрации технологических операций с одновременным внедрением новых транспортно-логистических услуг.

### Организационные решения

Недооценка развития станций и узлов приводит к весьма жестким последствиям. Так, в 2007 г. была утверждена Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 г. [9]. Последовавший в 2008 г. спад грузовых перевозок привел к переносу мероприятий по развитию станций на более поздние сроки. При этом в начале текущего десятилетия рост грузового вагонного парка в условиях недостатка станционных емкостей вызвал серьезное ухудшение эксплуатационных показателей, а также «технологический» дефицит вагонов [10]. Выводы из этого должны быть сделаны и производителями, и отраслевыми институтами, и планирующими структурами.

Особое значение имеет системная работа, включающая мониторинг реализации проектов по развитию железнодорожной инфраструктуры припортовых узлов, своевременную корректировку проектов с учетом динамичных транспортных связей, с оценкой технологических и инвестиционных рисков. В рамках такой работы следует создать имитационные модели основных припортовых узлов для оценки технологии и технического развития и обеспечить их поддержку в актуальном состоянии. При определении очередности выделения и освоения инвестиционных средств необходимо учитывать издержки строительных подрядчиков,

но прежде всего следует устанавливать этапы работ, максимизирующих технологический эффект и ускоряющих получение экономических результатов. На основе таких моделей и существующих автоматизированных систем надо организовать комплексное информационно-технологическое сопровождение реализации программ развития узлов и станций. ■

### Литература

1. Бородин А. Ф. Эффективно использовать станционные мощности // Железнодорож. транспорт. 2006. № 6. С. 37–43.
2. Инструкция по расчету наличной пропускной способности железных дорог / ОАО «РЖД» (утв. 10.11.2010 г. № 128.) М.: Техинформ, 2011. 289 с.
3. Пехтерев Ф. С. Об основных положениях Генеральной схемы развития сети железных дорог ОАО «РЖД» на период до 2020 года // Железнодорож. транспорт. 2012. № 5. С. 4–9.
4. Козлов П. А. Поток и бункер-канал в транспортной системе // Мир транспорта. 2014. Т. 12, № 2 (51). С. 30–37.
5. Приказ Минтранса РФ от 6 сентября 2010 г. № 192 «Об утверждении Перечня критериев технических и технологических возможностей осуществления перевозки, отсутствие которых является для перевозчика и владельца инфраструктуры основанием отказа от согласования заявки на перевозку грузов».
6. Бородин А. Ф., Агеев Р. В., Крылов А. С. и др. Размещение, развитие и взаимодействие сортировочных станций // Железнодорож. транспорт. 2010. № 8. С. 15–22.
7. Сайбатов Р. Ф. Ключевые задачи перехода к планированию и организации движения на полигонах // Железнодорож. транспорт. 2016. № 6. С. 32–37.
8. Краснощёк А. А., Бородин А. Ф., Рыбин П. К. Единый комплексный технологический процесс Усть-Лужского транспортного узла // Железнодорож. транспорт. 2014. № 11. С. 26–34.
9. Бородин А. Ф. Схема размещения и развития сортировочных станций ОАО «РЖД» до 2015 года // Железнодорож. транспорт. 2008. № 1. С. 48–54.
10. Сайбатов Р. Ф., Бородин А. Ф. Вагонный парк, инфраструктуру и управление движением – к общему знаменателю // Железнодорож. транспорт. 2014. № 11. С. 26–34.