

К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ МОЩНОСТЕЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МЕСТНОГО ВАГОНОПОТОКА

В статье рассмотрены особенности формирования местных грузовых поездов. Выполнен аналитический обзор теоретических исследований в области расчета, проектирования и сфер применения сортировочных устройств для интенсификации процесса формирования местных поездов. Предложено применение алгоритма Дейкстры для выбора варианта местоположения специализированной сортировочной станции в железнодорожном узле.

Ключевые слова: местная работа, формирование поездов, сортировочные станции, Центральный транспортный узел

EDN: ZKTHOM



А.С. Шумский



Н.М. Легкий

Залогом повышения уровня привлекательности, эффективности и качества транспортного обслуживания на железнодорожном транспорте является дальнейшее совершенствование перевозок грузов, особенно на завершающем этапе перевозочного процесса — при организации местной работы.

Перевозочный процесс в классическом понимании включает в себя грузовую, поездную и сортировочную работу. Все они задействованы в обеспечении местной работы, хотя принципы организации движения и расформирования-формирования составов местных поездов имеют особенности.

Организация местной работы на практике будет успешной, при удовлетворении условий [1]:

- соблюдено выполнение плана погрузки грузов;
- обеспечено ускорение развоза и уборки местных вагонов;
- выполнено наиболее производительное использование вагонов и локомотивов;
- выполнены установленные нормы продолжительности непрерывной работы локомотивных бригад;
- обеспечена согласованность в работе станций, участков и железнодорожных путей необщего пользования.

Шумский Алексей Сергеевич, аспирант кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы повышения эффективности управления перевозками и безопасности движения, технологии работы, размещения и развития технических станций. Автор девяти научных работ.

Легкий Николай Михайлович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Управление транспортными процессами» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы автоматизации транспортных и логистических процессов, обеспечения безопасности движения, безопасности железнодорожной инфраструктуры. Автор 136 научных работ.

Биленко Геннадий Михайлович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Управление транспортными процессами» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы выбора способов усиления пропускной способности железнодорожных станций и участков, совершенствования технологии работы железнодорожных станций. Автор 57 научных работ.

Шумский Сергей Петрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление транспортными процессами» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы совершенствования технологии работы станций, обеспечения безопасности движения, развития и проектирования железнодорожной инфраструктуры. Автор 51 научной работы.

От используемой технологии формирования местных поездов (с учетом задержек и непроизводительных простоев) зависит общее время нахождения вагонов на станции, которое, в свою очередь, влияет на соблюдение установленных сроков доставки грузов — одного из важных показателей эффективности перевозочного процесса в целом.

В настоящее время имеют место значительные нарушения сроков доставки грузов. Так, в [2] установлено, что большое количество срывов сроков доставки грузов (более 64 %) вызвано длительным нахождением местных вагонов на сортировочных станциях. Подобная ситуация сопровождается экономическими потерями и требует адекватных мероприятий по совершенствованию путевого развития и технологии работы станций, а также принятия диспетчерским аппаратом соответствующих управленческих решений. Известно, что в соответствии со ст. 97 [3] за просрочку доставки грузов перевозчику соответствующего вида транспорта требуется уплатить пени в размере 6% платы за перевозку грузов за каждые сутки просрочки (неполные сутки считаются за полные). Порой это немалые денежные средства.

К местным поездом относятся сборные, сборно-участковые и передаточные поезда, часть из которых являются многогруппными. Выбор технологии и продолжительность выполнения операций по формированию поездов, как правило, зависит от компоновки схемных решений путевого развития комплекса формирования: наличия, расположения, мощности основных и дополнительных сортировочных устройств, размещения основных и дополнительных сортировочных или сортировочно-группировочных парков, от количества подбираемых поездных групп в составах местных поездов и от числа сортировочных путей для накопления групп вагонов.

На сегодняшний день известны и ниже представлены следующие основные технологии формирования местных поездов на сортировочных станциях.

Первый вариант предусматривает технологию формирования местных поездов на сортировочных станциях, при которой выполнение операций по сортировке местных вагонов с целью подборки их в группы и затем сборки (перестановки) этих групп на путь образования местного состава осуществляется с использованием одних и тех же сортировочных горок, сортировочных и вытяжных путей, как и при формировании обычных грузовых поездов. Подробно последовательность и порядок расчета продолжительности выполнения операций этой технологии формирования изложены в [4]. Эта технология используется давно и успешно. Однако она характеризуется рядом недостатков: отсутствием поточности выполнения

операций, дополнительными передвижениями вагонов, высокой степенью загрузки выходных горловин сортировочных парков и их соединений (вытяжных путей) с отправочными парками и, соответственно, затратна по времени.

Второй вариант технологии формирования местных поездов предусматривает накопление местных вагонов на одном из путей в основном сортировочном парке. Далее выполняется его вытягивание в сторону парка отправления, а затем — повторный встречный роспуск на дополнительной сортировочной горке малой мощности, расположенной в выходной горловине основного сортировочного парка для последующего накопления и подбора групп на путях основного сортировочного парка и затем формирования. Этот вариант технологии является более производительным в сравнении с первым (отпадает необходимость использования вытяжек формирования) и направлен на ускорение операций по подборке групп вагонов в формируемых местных поездах благодаря устройству дополнительной сортировочной горки малой мощности [5].

Третий вариант предусматривает технологию формирования местных поездов с использованием выделенной на сортировочной станции технологической линии для переработки местных вагонопотоков с сооружением за основным сортировочным парком дополнительной сортировочной горки малой мощности, а последовательно за ней — сортировочного (или сортировочно-группировочного) парка [6]. Рассматриваемый вариант технологии позволяет обеспечить поточный повторный роспуск на дополнительной сортировочной горке малой мощности накопившихся местных вагонов в основном сортировочном парке с последующим одновременным их накоплением и подбором вагонов по группам для местных поездов в дополнительном сортировочно-группировочном парке.

Использование подобной технологии позволяет снизить загрузку основной сортировочной горки и вытяжных путей в хвосте основного сортировочного парка. Это значительно ускоряет процесс формирования составов местных поездов и, тем самым, сокращает продолжительность простоев перерабатываемых транзитных и местных вагонов на станции в целом. Реализация на практике данной технологии формирования местных поездов показала высокую эффективность сооружения сортировочно-группировочного парка с горкой малой мощности. Однако повсеместное тиражирование последних двух вариантов на сети железных дорог весьма затруднено, а в большинстве случаев на сортировочных станциях практически невозможно из-за отсутствия террито-

рии для сооружения дополнительных сортировочных парков и горок.

Вопросы развития станций с целью интенсификации процессов формирования местных поездов всегда были в центре внимания исследований известных ученых-транспортников. Ими предложен ряд интересных схем развития сортировочных станций с целью ускорения процессов формирования местных вагонопотоков [7–12].

В развитие методов расчета, проектирования (расположения) и сфер применения устройств для сортировки вагонов был внесен ряд предложений [13–15]. Исследования и предложения авторов актуальны, заслуживают внимания, имеют теоретическое значение.

Однако опыт эксплуатационной работы, с одной стороны, показывает, что концентрация совмещенной переработки местных и транзитных вагонопотоков с использованием одних и тех же устройств на сортировочных станциях не всегда достигает положительного эффекта в силу различных факторов. Причины зачастую связаны с возникновением затруднений в переработке и продвижении (особенно при задержках в отправлении) транзитных поездопотоков. Помимо этого, наблюдаются сложности при формировании местных поездов, связанные с подборкой групп вагонов в сборных поездах в зависимости от географического расположения станций на участке (или от числа маневровых районов на станции), а также от подборки групп вагонов в передаточных поездах в зависимости от количества грузовых станций по пути следования (или от числа имеющихся на них пунктов погрузки-выгрузки) в связи с дефицитом путевого развития сортировочных станций. Подборка групп вагонов для рассматриваемых категорий поездов на вытяжных путях в хвосте сортировочного парка, а затем — перестановка таких составов в парк отправления увеличивают загрузку подсистемы формирования-отправления и, соответственно, время нахождения вагонов на станции. Эта ситуация порой усугубляется ввиду имеющих место значительных как посуточных, так и внутрисуточных колебаний размеров переработки транзитных и местных вагонопотоков.

С другой стороны, иногда концентрация объемов переработки транзитного и местного вагонопотоков на сортировочных станциях имела свои преимущества. В 90-х годах прошлого века, когда наблюдалось резкое падение объемов грузовых перевозок, были выполнены масштабные работы по сосредоточению сортировочной работы с местными вагонопотоками на технически развитых сортировочных станциях. Проведение такого целенаправленного мероприя-

тия способствовало тогда получению определенных положительных результатов в улучшении организации переработки и продвижения вагоно- и поездопотоков по участкам и направлениям.

В практике эксплуатационной работы железных дорог для снижения отрицательного влияния всевозможных затруднений в пропуске грузовых поездов и в условиях освоения возрастающих объемов транзитного вагонопотока (из-за отсутствия необходимых резервов путевого развития) используют и другой важный технологический резерв. Он представляет собой перераспределение работы между сортировочными и вспомогательными (предузловыми) станциями. В необходимых эксплуатационных ситуациях приостанавливается полноценное формирование (не производится подборка вагонов по группам) местных поездов, и работа по их окончательному формированию (с подборкой вагонов по группам) переносится с сортировочных станций на прилегающие участки с использованием расположенных на них промежуточных станций. Практика и научные исследования показывают, что указанный подход, как правило, достаточно оправдан и эффективен [16;17]. К примеру, в [16] подробно исследован этот вопрос и показана целесообразность перераспределения работы между сортировочной станцией и вспомогательными (предузловыми) станциями. При этом автором предлагается сопоставлять экономию, получаемую за счет сокращения простоя вагонов на сортировочной станции благодаря уменьшению загрузки ее элементов, и затраты, связанные с перепробегом вагонов и локомотивов при условии дополнительной загрузки участка и станции, где будет производиться подборка групп вагонов. Там же установлено, что большая экономия достигается при отмене подборки вагонов сборных поездов, формируемых на вытяжных путях сортировочных станций, чем при отмене поездов, составы которых формируются на сортировочной горке.

Об эффективности переноса формирования местных поездов говорится и в [17]. Указывается, что «...для переноса подборки вагонов в составах сборных поездов вспомогательная станция должна иметь сортировочное устройство малой мощности либо вытяжной путь, имеющий достаточный резерв перерабатывающей способности». Автором при переносе формирования дополнительного числа назначений местных поездов рекомендуется выполнение следующих условий:

- техническое развитие вспомогательной станции должно быть достаточным для освоения переработки дополнительного числа вагонов и формирования дополнительных поездов;

- при изменении маршрутов следования части поездов перегоны должны иметь достаточный резерв пропускной способности;

- схема путевых развязок в узле должна обеспечивать пропуск следующих с основной сортировочной станции на вспомогательную и сформированных на вспомогательной станции поездов без увеличения числа перецепок поездных локомотивов, вызываемых переменой направления следования поезда.

Вопросам развития и совершенствования технико-технологической структуры железнодорожных узлов для переработки местных вагонопотоков посвящен ряд трудов, например, [6; 18; 19]. Анализ исследований показал, что в них имеются предложения, которые в современных условиях могут представлять практический интерес.

В частности, в [6] предлагается еще один подход, связанный с вопросом формирования местных поездов, состоящий в следующем. Сетевые сортировочные станции освобождаются от формирования местных поездов, а в железнодорожных узлах строятся местные сортировочные станции с целью переноса на них всей сортировочной работы с местными вагонопотоками.

Авторы считают, что целесообразно сооружение местных сортировочных станций для обработки местных вагонопотоков в случае, если существующая станция не приспособлена для такой цели, и ее эксплуатация вызовет существенное увеличение эксплуатационных расходов и замедление оборота местных вагонов. Целесообразность строительства местных сортировочных станций должна при этом обосновываться технико-экономическими расчетами при сопоставлении получаемого экономического эффекта с потребными капитальными вложениями и эксплуатационными (текущими) расходами. Годовой экономический эффект от сооружения местной сортировочной станции предлагается определять по формуле:

$$\mathcal{E} = 365(\mathcal{E}_{\text{сн.пер}} + \mathcal{E}_{\text{гр.ст}} + \mathcal{E}_{\text{ваг}}),$$

где $\mathcal{E}_{\text{сн.пер}}$ — экономический эффект от снижения переработки на сетевой сортировочной станции;

$\mathcal{E}_{\text{гр.ст}}$ — экономический эффект от подборки вагонов в местных поездах на грузовых станциях;

$\mathcal{E}_{\text{ваг}}$ — экономический эффект от изменения плана формирования.

По мнению авторов, сооружение местных сортировочных станций в железнодорожных узлах существенно позволит снизить размеры переработки местных вагонов на сетевых сортировочных станциях, что даст возможность повысить транзитность вагонопотоков благодаря высвобождению большого числа

сортировочных путей для накопления дополнительных сквозных назначений.

В современных условиях возможность использования предлагаемого подхода в развитии технико-технологической структуры крупных узлов (т.е. наличие в узле специализированной сортировочной станции), на наш взгляд, имеет свои перспективы. Более того, для этого есть и объективные предпосылки. Анализируя работу Центрального транспортного узла (ЦТУ), можно сказать, что последний сегодня осуществляет свою деятельность в непростых эксплуатационных условиях [20]. При организации местной работы возникают ограничения и затруднения. Причины сложившейся ситуации в узле заключаются в следующем:

- произошла переориентация работы ЦТУ на пассажирские перевозки, что привело к перепрофилированию отдельных сортировочных станций (т.е. утрате ими сортировочной функции) или их закрытию; это нарушило технологическое взаимодействие со станциями, ранее находившихся в зоне их ответственности на участках;

- имеет место рассредоточение в узле станций, занятых переработкой местных вагонов, что вызывает большие непроизводительные пробеги и простои вагонов как при формировании местных поездов, так и дальнейшем их продвижении по участкам до станций назначения;

- наблюдается рост дополнительных объемов переработки транзитных вагонопотоков (с переработкой и без переработки), а также местных, на станциях из-за изменений в направлении следования грузопотоков с европейских рынков на Восток и Юг в дружественные страны Южной Азии и Персидского залива, а также Азиатского и Тихоокеанского регионов ввиду принятия санкций коллективным Западом. Это негативно отражается в том числе и на процессе формирования местных поездов, так как на сортировочных станциях отсутствуют достаточные резервы мощности путевого развития.

В связи с вышесказанным актуальным явилось бы дальнейшее исследование и развитие темы, поднятой авторами [6]. Однако в работе не даны обоснование и рекомендации по выбору местоположения в узле специализированной (выделенной) сортировочной станции для организации работы с местным вагонопотоком. Другими словами, не приведены факторы, которыми нужно руководствоваться при выборе приемлемого варианта ее местоположения при проектировании станции в узле.

По нашему мнению, к факторам, которые оказывают существенное влияние на выбор обоснованного размещения в узле специализированной сортировоч-

ной станции для переработки местного вагонопотока, можно отнести следующие:

- технологические: обеспечение кратчайших расстояний маршрутов следования местных поездов от специализированной сортировочной станции в узле до станций назначения; размеры и направления движения вагонопотоков с учетом «точки наибольшего входа»; соблюдение времени нахождения местного вагона в узле (от момента его поступления в узел, затем на специализированную сортировочную станцию, далее до прибытия на «конечную» станцию назначения для выполнения грузовой работы и последующего выхода вагона из узла). При этом сроки доставки, исчисленные исходя из норм суточного пробега, устанавливаются для определенных условий согласно §5 Правил [21];

- строительные (оценка кадастровой стоимости земли, затрат на возведение объектов транспортной инфраструктуры и социально-бытовых зданий и т.п.);

- социально-экономические (возможность создания рабочих мест в зоне тяготения станции и т.п.);

- экологические (оценка затрат на природоохранные мероприятия).

При определении приемлемого варианта местоположения специализированной сортировочной станции в железнодорожном узле можно воспользоваться алгоритмом Дейкстры [22;23]. Алгоритм позволяет определить оптимальное местоположение специализированной сортировочной станции в узле, что обеспечит кратчайшие пути следования местного вагонопотока от этой станции до станций, принимающих его для переработки.

Алгоритм работает только для графов без ребер отрицательного веса. Для решения задачи необходимо задать граф, повторяющий схему развития узла, где вершинами являются отдельные пункты.

Итак, дан граф $G(V, E)$ с весом дуг, показывающих расстояние между отдельными пунктами в узле. Требуется найти кратчайший путь от специализированной сортировочной станции, перерабатывающей местный вагонопоток, до отдельного пункта, его обрабатывающего (принимающего).

Каждой вершине из V сопоставим метку — минимальное известное расстояние от этой вершины до a . На рисунке представлена блок-схема работы алгоритма Дейкстры. Алгоритм работает пошагово, т.е. на каждом шаге он «посещает» одну из вершин графа и пытается уменьшать метки. Работа алгоритма завершается, когда все вершины посещены.

Метка самой вершины a полагается равной 0, метки остальных вершин — бесконечности. Это отражает то, что расстояния от a до других вершин пока

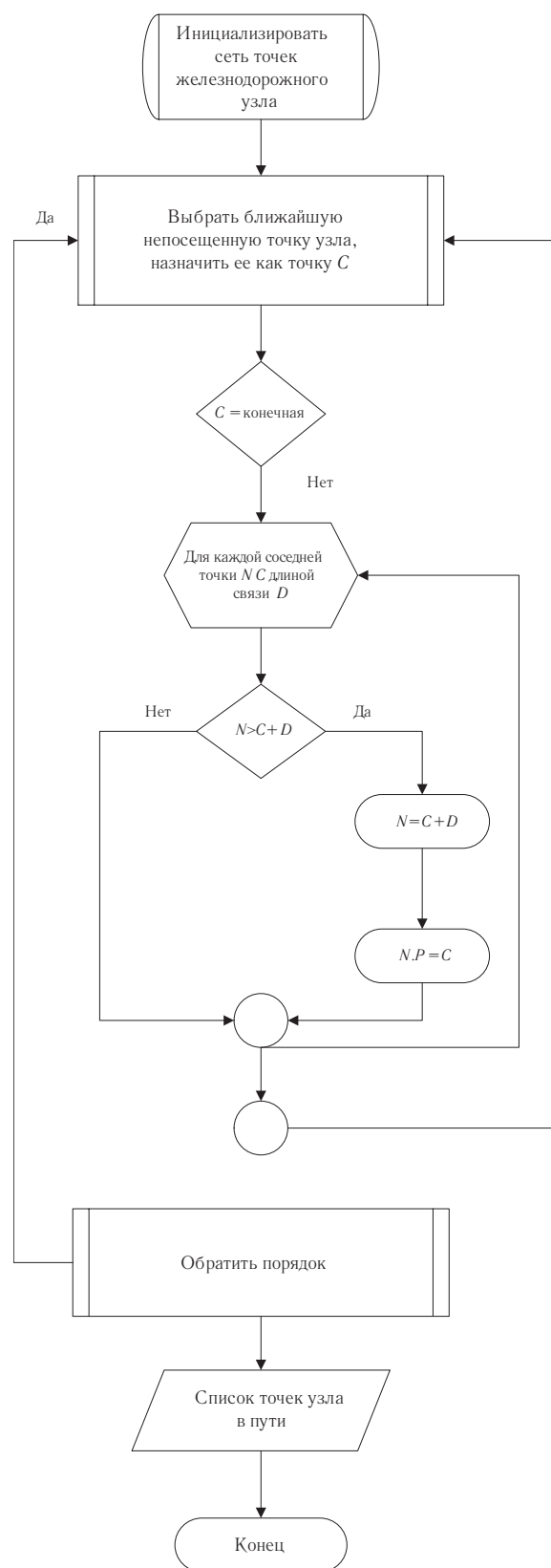


Рисунок. Блок-схема работы алгоритма Дейкстры

неизвестны. Все вершины графа помечаются как непосещенные.

Если все вершины посещены, алгоритм завершается. В противном случае из еще непосещенных вершин выбирается вершина u , имеющая минимальную метку.

Далее рассматриваются всевозможные маршруты, в которых u является предпоследним пунктом в рассматриваемом графе. Вершины, в которые ведут ребра из u , назовем соседями этой вершины. Для каждого соседа вершины u , кроме отмеченных как посещенные, рассмотрим новую длину пути, равную сумме значений текущей метки u и длины ребра, соединяющего u с этим соседом. Если полученное значение длины меньше значения метки соседа, заменим значение метки полученным значением длины. После рассмотрения всех соседей вершина u помечается как посещенная, и снова повторяется шаг алгоритма. 

Литература

1. Инструктивные указания по организации вагонопотоков на железных дорогах ОАО «РЖД», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2018 г. № 2872/р. - 548 с. - Текст : непосредственный.
2. Зверев, В. И. Оптимизация формирования местных поездов на технических станциях и их работы на участке : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Зверев Виталий Игоревич ; Московский государственный университет путей сообщения МПС РФ. - Москва, 2001. - 24 с. - Текст : непосредственный.
3. Российская Федерация. Законы. Устав железнодорожного транспорта Российской Федерации. Федеральный закон от 10.01.2003 № 18-ФЗ. Принят Государственной Думой 24 декабря 2002 года. Одобрен Советом Федерации 27 декабря 2002 года. - Москва : Проспект, Кодекс, 2018. - 80 с. - ISBN 978-5-392-27158-0. - Текст : непосредственный.
4. Кочнев, Ф. П. Организация движения на железнодорожном транспорте : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Ф. П. Кочнев, В. М. Акулиничев, А. М. Макарович ; под редакцией Ф. П. Кочнева. - Москва : Транспорт, 1979. - 567 с. - Текст : непосредственный.
5. Сотников, Е. А. Пути улучшения работы сортировочных станций / Е. А. Сотников, И. И. Страковский, Л. Б. Тишков. - Москва : Транспорт, 1981. - 38 с. - Текст : непосредственный.
6. Волков, В. А. Совершенствование эксплуатации железных дорог / В. А. Волков, Д. Ю. Левин, В. Д. Лерман. - Москва : Транспорт, 1984. - 208 с. - Текст : непосредственный.
7. Образцов, В. Н. Станции и узлы / В. Н. Образцов : одобрено Цопкадром НКПС в качестве учебника для эксплуатационных факультетов транспортных вузов. В 2 ч. Перед загл. Ч. 1: проф. В. Н. Образцов, доц. В. Д. Никитин и С. П. Бузанов; Ч. 2: В. Н. Образцов. - Москва : Трансжелдориздат. - Текст : непосредственный.
8. Бартенев, П. В. Устройства горок для ускорения и обеспечения формирования поездов / П. В. Бартенев. - Текст : непосредственный // Железнодорожный транспорт. - 1947. - № 8. - С. 72 - 77.
9. Никитин, В. Д. Рациональные схемы горочных сортировочных станций / В. Д. Никитин. - Текст : непосредственный // Труды МИИТ «Вопросы проектирования железнодорожных станций». - Вып. 87/8. - Москва, 1956. - С. 5 - 65.
10. Скалов, К. Ю. Устройство пути и станций : учебник для техникумов железнодорожного транспорта по специальности «Эксплуатация железных дорог» / К. Ю. Скалов, П. П. Цуканов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Транспорт, 1976. - 488 с. - Текст : непосредственный.
11. Ветухов, В. А. Взаимное расположение устройств на станциях / В. А. Ветухов. - Москва : Транспорт, 1978. - 175 с. - Текст : непосредственный.
12. Грунтов, П. С. Эффективность технологических линий для переработки местных вагонопотоков / П. С. Грунтов. - Текст : непосредственный // Труды БелИИЖТ. - Вып. 160. — Гомель. - С. 3 - 12.
13. Бакумов, Э. В. Рациональные сферы применения вспомогательных сортировочных устройств на сортировочной станции : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Бакумов Эдуард Викторович. - Москва, 1986. - 24 с. - Текст : непосредственный.
14. Сухопятакин, А. Н. Исследование вопросов проектирования и сфер применения устройств для формирования многогруппных поездов на односторонних сортировочных станциях : специальность 05.22.08

А.С. Шумский, Н.М. Легкий, Г.М. Биленко, С.П. Шумский
«К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ И РАЦИОНАЛЬНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫХ
МОЩНОСТЕЙ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ УЗЛАХ
ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ МЕСТНОГО ВАГОНПОТОКА»

«Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сухопятакин Анатолий Николаевич ; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - Москва, 1976. - 24 с. - Текст : непосредственный.

15. Сивицкий, Д. А. Совершенствование методов расчета параметров сортировочных устройств для многогруппной подборки вагонов : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сивицкий Дмитрий Андреевич ; Уральский государственный университет путей сообщения. - Новосибирск, 2018. - 20 с. - Текст : непосредственный.

16. Гринев, А. А. Оперативное взаимодействие в работе сортировочных станций : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Гринев Александр Александрович ; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - Москва, 1988. - 24 с. - Текст : непосредственный.

17. Улучшение использования путевого развития сортировочных станций / Всесоюзное НТО железнодорожников и транспортных строителей; Подготовили А. Ф. Бородин, М. Ф. Васин. - Москва : Транспорт, 1992. - 48 с. - Текст : непосредственный.

18. Фокеев, А. Б. Выбор технического оснащения и размещения сортировочных устройств для переработки местных вагонопотоков в крупнейших узлах : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фокеев Анатолий Борисович ; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - Москва, 1994. - 24 с. - Текст : непосредственный.

19. Суханов, Г. И. Интенсификация переработки местного вагонопотока на сортировочных станциях железнодорожных узлов : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Суханов Георгий Иванович ; Московский институт инженеров железнодорожного транспорта. - Москва, 1989. - 23 с. - Текст : непосредственный.

20. К вопросу организации переработки местных вагонопотоков в Центральном (Московском) транспортном узле с учетом современных тенденций его развития / С. П. Шумский, А. С. Шумский, С. Н. Шмаль, Н. О. Бересток. - Текст : электронный // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта : межвузовский сборник научных трудов ; под ред. канд. экон. наук, доц. Б. А. Соловьева ; М-во транспорта Рос. Федерации, Рос. ун-т транспорта (МИИТ), Рос. открытая акад. транспорта. - Москва : РУТ (МИИТ); РОАТ, 2022. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - С. 32 - 40. - ISBN 978-5-7473-1131-2.

21. Об утверждении Правил исчисления сроков доставки грузов, порожних грузовых вагонов железнодорожным транспортом. Приказ Минтранса России от 07.08.2015 № 245 (ред. от 28.12.2017). Зарегистрировано в Минюсте России 14.03.2016 № 41393. - Текст : непосредственный.

22. Dijkstra E.W., A Note on Two Problems in Connexion with Graphs, Numer Math., 1. - 1959. - P. 269 - 271.

23. Кувайскова, Ю. Е. Алгоритмы дискретной математики : учебное пособие / Ю. Е. Кувайскова ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ульяновский государственный технический университет». - Ульяновск : УлГТУ, 2017. - 99 с. - ISBN 978-5-9795-1635-6. - Текст : непосредственный.