

ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ

УДК 625.1:656.225:629.45/46

DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-1-11>

Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 1 (98). С. 96–104



Управление поездообразованием. Часть 1



Дмитрий Юрьевич Левин

АО «НИИАС», Москва, Россия.

✉ levindu@yandex.ru.

ДМИТРИЙ ЛЕВИН

АННОТАЦИЯ

Долгосрочные нормативно-технологические документы, касающиеся поездообразования, часто настолько далеки от изменяющейся, реально складывающейся эксплуатационной обстановки, что формируется составов больше, чем своевременно можно обеспечить локомотивами и отправить со станции, участки перенасыщены поездами, станции работают с избытком вагонного парка и т.д. Такие непредсказуемые ситуации вызывают непроизводительные задержки поездов, увеличивают срок доставки грузов, снижают использование пропускных, провозных и перерабатывающих способностей железных дорог. В то же время сокращение сроков действия нормативно-технологических документов позволяет значительно повысить эффективность оперативного управления перевозочным процессом. Цель статьи показать, как оперативное управление поездообразованием вместо пассивного неуправляемого процесса накопления составов на сортировочных станциях расширяет возможности плана формирования поездов, ликвидирует

неопределенность и создает оптимальные условия поездной, сортировочной и грузовой работы.

Вносимые на основе обобщения целого ряда результатов более ранних авторских исследований и публикаций и вновь сформулированных предложений на обсуждение изменения в управлении поездообразованием позволят принципиально по-новому оперативно руководить перевозочным процессом: формировать такое число составов, которое своевременно будет обеспечено локомотивами и «нитками» графика движения поездов; со станций формирования отправлять такое число поездов, которое не приведет к перенасыщению участков поездами; обеспечить поступление на сортировочные станции такого числа поездов, которое позволит работать в оптимальном режиме; обеспечить на станциях смены локомотивов парность прибытия четных и нечетных поездов; при затруднениях работы грузовых станций – своевременно помочь подборкой вагонов и т.д. [1].

Ключевые слова: железная дорога, управление поездообразованием, нормативно-технологические документы, непроизводительные потери, оптимальные условия работы, оперативное управление перевозочным процессом.

Для цитирования: Левин Д. Ю. Управление поездообразованием. Часть 1 // Мир транспорта. 2022. Т. 20. № 1 (98). С. 96–104. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2022-20-1-11>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Анализ современного состояния

В условиях широкой цифровизации на железных дорогах активно внедряется процессный подход, позволяющий оптимизировать перевозочный процесс и повысить эффективность системы управления [2–4]. Рассматриваемая в статье технология управления поездообразованием является одним из направлений эффективного использования новых технических средств и программного обеспечения процессной модели перевозочного процесса.

Некратность и несоответствие поступающих групп вагонопотоков нормам длины и веса поездов вызывают необходимость накопления вагонов на состав. Продолжительность накопления состава зависит от мощности вагонопотоков, входящих в назначение, и размеров формируемых составов. Затраты времени накопления составов при расчёте плана формирования поездов определяют эффективность выделения вагонопотока в самостоятельное назначение [5–6].

Продолжительность накопления составов составляет значительную часть общего времени нахождения транзитных вагонов с переработкой на сортировочных и участковых станциях. При своевременной переработке вагонопотоков на технических станциях (работе в оптимальном режиме) на простой вагонов под накоплением приходится более 50 % времени их нахождения на станции. В современных условиях, когда межоперационные простои в общем времени нахождения транзитных вагонов с переработкой на станции составляют до 40 %, на простой вагонов под накоплением приходится также примерно 40 % [7].

Такая статистика свидетельствует о большом влиянии простоя вагонов под накоплением на выполнение срока доставки грузов и эффективность работы сортировочных станций. Этим определяется большое практическое значение необходимости дальнейшей оптимизации процесса накопления [6].

Для ускорения накопления составов предлагались следующие мероприятия: обеспечение приоритета роспуска составов с вагонами, завершающими накопление составов; согласование подвода крупных групп вагонов на назначения плана формирования; календарное планирование погрузки не маршрутизируемых грузов укрупнёнными группами;

завершение грузовых операций и включение вагонов в накапливаемые составы; ускорение передачи вагонов из одной сортировочной системы в другую (на двусторонних сортировочных станциях). Но действенность этих мероприятий оказалась невелика.

Процесс накопления составов имеет стохастическую природу, то есть моменты времени завершения накопления никогда не повторяются, а график движения поездов – детерминированный. В результате этого противоречия сформированные составы в парках отправления станций сначала в среднем простаивают 2 часа в ожидании поездных локомотивов, а потом ещё почти 2 часа – в ожидании отправления со станции. При пассивном протекании вероятностных процессов накопления составов неизбежно возникает несогласованность с другими процессами. Например, образуется больше поездов, чем пропускная способность прилегающих участков и направлений, возникают перенасыщение участков и заторы поездов. На станции назначения отправляется больше поездов, чем их перерабатывающая способность. Возникает избыток вагонного парка, вызывающий межоперационные простои [6].

Как ранее отмечалось, необходима гибкая оперативная система своевременной корректировки плана формирования, которая реагировала бы на колебания размеров вагонопотоков, возможности обеспечения сформированных составов локомотивами и бригадами, вывоза поездов со станций, необходимость перераспределения сортировочной работы между станциями и т. д. В этой ситуации анахронизмом является автоматизированная система слежения за строгим выполнением плана формирования. Таким образом, пассивный, неуправляемый процесс накопления составов вызывает большое число негативных последствий и неоправданных затрат [6].

Зарубежная практика поездообразования [8]

В Европе и США развиваются методы специализации поездов. Большое внимание уделяется учёту вагонопотоков. В разных странах большинство специалистов пришло к выводу, что схемы специализации поездов следует основывать на отчётных данных о структуре вагонопотоков за прошлые периоды. Это иллюстрируется некоторыми фактами из недавней истории железных дорог.



Например, исторически в Великобритании вагонопотоки учитывались 2–4 раза в год за одну неделю сезона, а статистика по объёму грузоперевозок и соблюдению графика движения¹ в настоящее время ведётся ежеквартально или каждые четыре недели. Подобный учёт ведётся и в США.

Особенно тщательно был организован учёт вагонопотоков в Германии, осуществлявшийся по двум позициям:

1. На крупных сортировочных станциях с переработкой более 2000 вагонов в сутки вагонопотоки учитываются ежемесячно в течение одной недели – по назначениям плана специализации, а также по выделяемым группам.

2. Для каждой из 152 выделенных сортировочных станций учитываются вагонопотоки между «местным районом» этой станции и «районами назначения» остальных 151 станций. В результате образуется «шахматка» струй гружёных вагонопотоков между выделенными сортировочными станциями.

Схемы специализации предусматривали использование отчётных данных о вагонопотоках: в США – ниже средних с назначением дополнительных поездов при увеличении грузопотоков; в Великобритании – на средние вагонопотоки; в Германии также на средние вагонопотоки с выделением «основных» поездов по минимальным вагонопотокам. Во Франции выделяются «постоянные» поезда по потокам ниже средних с включением «факкультативных» поездов при увеличении потоков.

Схемы специализации определяются эмпирическим путём на основе опыта предыдущих лет. Каких-либо дорожных или тем более сетевых расчётов специализации поездов не проводится. Однако, перед введением схемы специализации она детально рассматривается на уровне руководства железных дорог.

В то же время существуют некоторые положения, являющиеся основой для выбора схем специализации. Вот, например, какие положения были разработаны для использования на дорогах Американской ассоциацией железнодорожных инженеров:

1. Обеспечивать подборку вагонов одного и того же назначения как можно раньше

в группы для следования таких групп через попутные сортировочные станции (принцип «предварительной сортировки»).

2. Сортировка всех гружёных и дорожных вагонов в соответствии с планом специализации.

3. Организация осмотра и ремонта вагонов до их подборки и постановки в поезд во избежание отцепок в пути следования (технический и коммерческий осмотр вагонов в парках прибытия сортировочных станций).

4. Жёсткий контроль за соблюдением плана специализации поездов, выделение для этого специального агента на дорогах.

Из этих правил особое значение на дорогах США придавалось принципу «предварительной сортировки». Укрупнение групп на начальных этапах, несомненно, облегчает работу попутных сортировочных станций, особенно безгорочных.

Получил развитие принцип концентрации сортировочной работы. Признано, что эксплуатация небольшого числа крупных сортировочных станций обходится дешевле, чем эксплуатация многих малых сортировочных устройств. Происходящее при этом объединение вагонопотоков способствует увеличению числа формируемых на дальние расстояния одnogруппных поездов. Поэтому ведётся строительство крупнейших сортировочных станций² [8].

Вопросам планирования поездообразования и работе сортировочных станций в современных условиях посвящено большое количество научных и исследовательских работ (например, [9–11]), анализу которых должно быть посвящено отдельное исследование.

Постановка задачи: как изменить положение?

Планирование состава образования и пропуска поездов по участкам – две ключевые задачи оперативного управления поездной работой на железных дорогах (рис. 1). Выходная информация каждой из этих задач является входной информацией для другой задачи. Совместное итеративное решение этих задач значительно раздвигает временные рамки оперативного планирования поездной работы [12].

¹ Freight rail usage and performance. Office of Rail and Road. [Электронный ресурс]: <https://dataportal.orr.gov.uk/statistics/usage/freight-rail-usage-and-performance/>. Доступ 19.01.2022.

² См., например: Fernzüge rollen dem Fahrplan hinterher. Stern, 24.01.2008. [Электронный ресурс]: <https://www.stern.de/politik/deutschland/deutsche-bahn-fernzuege-rollen-dem-fahrplan-hinterher-3227564.html>. Доступ 19.01.2022.

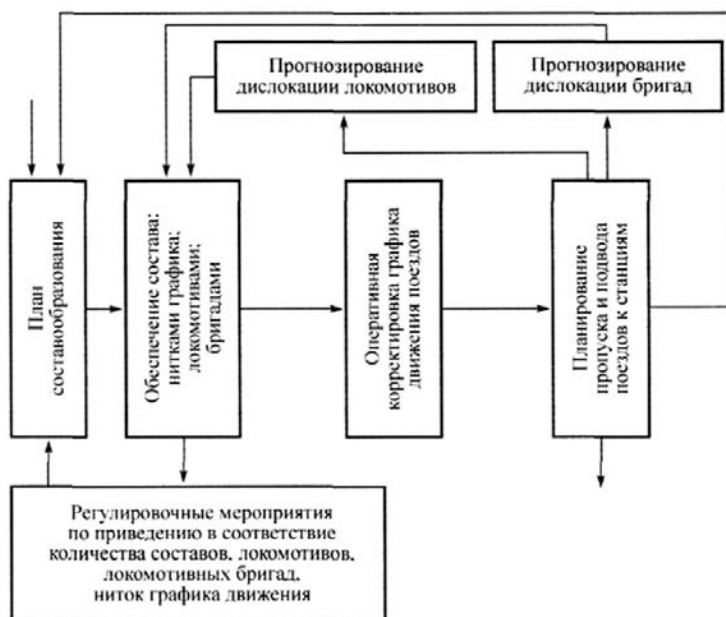


Рис. 1. Блок-схема технологического процесса оперативного управления поездной работой [выполнено автором].

Распутывать этот «клубок» целесообразно начинать с увеличения глубины планирования составообразования. А какая глубина составообразования должна быть, и чем она определяется?

При распространённой на сети железных дорог безвызывной системе явки локомотивных бригад до 25 % из них выходят на работу, когда на станциях нет сформированных составов и, наоборот, для сформированных составов своевременно нет локомотивных бригад. Это объясняется тем, что расписание явки локомотивных бригад на работу составляется на 1 месяц. Нарядчик локомотивного депо планирует выход локомотивных бригад по расписанию явки в среднем за сутки, когда плана составообразования ещё нет [1; 12; 13].

Потребность увеличения глубины планирования составообразования необходима при сменном-суточном планировании поездной работы. При отсутствии необходимой глубины планирования составообразования экспертно определяются размеры движения поездов на участках, на основании которых на предстоящие сутки локомотивным депо даются задания на содержание эксплуатируемого парка локомотивов, соседним дорогам сообщается планируемый обмен поездами по стыковым пунктам, а дежурно-диспетчерским сменам даётся задание по пропуску и передаче поездов. В связи с недостоверной исходной

информацией возникают неоправданные дополнительные затраты [6].

Для решения этих и многих других вопросов необходима глубина планирования составообразования в 24–30 часов. На использование АСУ для оперативной организации вагонопотоков указывалось в работе [14]: «В связи с разработкой и внедрением АСУ появилось мнение о том, что план формирования должен быть не стабильным, а гибким и корректироваться в зависимости от складывающейся оперативной обстановки с вагонопотоками. Такие корректировки предлагается осуществлять не только на сутки, но даже для конкретной ситуации внутри суток».

К сожалению, для реализации справедливого предложения об оперативной организации вагонопотоков тогда не было необходимых возможностей. Их и сегодня ещё нет, надо разрабатывать автоматизированные системы. Необходимые для этого технические средства заключаются в наличии достоверного подхода поездов с указанием назначения вагонов, глубины составообразования не менее 24–30 часов и возможности заблаговременного (до прибытия вагонов на станцию) моделирования накопления составов различных назначений.

Заблаговременное моделирование накопления составов позволит:



- создавать систему управления поездообразованием;
- своевременно выявлять назначения поездов, требующие временной отмены;
- своевременно выявлять назначения поездов, невключённые в план формирования, которые целесообразно временно назначить;
- регулировать своевременное обеспечение составов локомотивами и локомотивными бригадами и при их нехватке вводить формирование более дальних поездов;
- своевременно обеспечить поездами «нитки» графика;
- регулировать загрузку сортировочных станций и при необходимости перераспределять сортировочную работу;
- регулировать насыщение участков поездами и при необходимости вводить формирование более дальних поездов;
- при предоставлении «окон» и других перерывах движения поездов вводить формирование более дальних поездов;
- распределять поездопотоки на разветвлённых полигонах и при необходимости формировать поезда другого веса и длины;
- использовать регулировочные мероприятия для сохранения эффективности назначений поездов (при уменьшении вагонопотока);
- временно вводить групповые поезда с подборкой вагонов для оказания помощи грузовым станциям [15].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Рассмотрим этапы достижения планирования составообразования 24–30 часов. При «ручном» планировании составообразования маневровым диспетчером достигалась глубина 3–4 часа, что часто не позволяло своевременно обеспечивать составы локомотивами. В начале 1980-х годов с помощью автоматизированной системы управления сортировочной станции (АСУСС) начали получать «План работы станции», который выдавал план составообразования на 6–8 часов. Недостоверность машинного прогноза подхода поездов к станции искажала планирование составообразования. Отклонения фактического прибытия поездов, например, на станцию Орехово-Зуево, от машинного прогноза составляли от –2 до +8 часов. Машинный прогноз, основанный на нормативах времени хода поездов по участкам и простоя на станциях, не обеспечивал достоверность прогноза подхода поездов. Стало очевидно, что необходимо

участие поездного диспетчера в планировании подвода поездов на станцию. В начале 2000-х годов в дорожном центре управления перевозками (ДЦУП) Московской дороги организовали передачу в автоматизированное рабочее место (АРМ) поездного, локомотивного и дорожного диспетчеров информации из АСУСС станции Орехово-Зуево. Но прежде чем дополнительно загрузить поездного диспетчера, его освободили от ручного заполнения приложения к графику исполненного движения, автоматизировав этот процесс. Высвободили более 20 % рабочего времени поездного диспетчера. Для того чтобы получить план составообразования на 8 часов, оказалось достаточно планировать подход поездов на 1–1,5 часа [13].

Для увеличения глубины планирования составообразования более 8 часов необходимо увеличить время прогноза подхода поездов. Практика показала, что так можно довести глубину планирования составообразования до 15 часов. Причём с увеличением продолжительности прогноза подхода поездов снижается достоверность плана составообразования. Поэтому для получения глубины планирования составообразования свыше 15 часов необходимо переходить от выполнения расчётов для отдельно взятых сортировочных станций к комплексному выполнению расчётов для сортировочных станций дороги или региона сети в Информационно-вычислительных центрах железных дорог. Тогда расчёты будут выполняться в два этапа. На первом этапе расчёты выполняются также, как и раньше, отдельно для каждой сортировочной станции. План составообразования на сортировочных станциях – не что иное, как дальний подход к другим сортировочным станциям. Если на втором этапе продолжить моделирование процесса накопления на основе дальнего подхода, то можно довести глубину планирования составообразования до 24–30 часов

Такая глубина позволит ещё до прибытия вагонов на станцию моделировать процесс накопления всех возможных назначений поездов, что позволит оптимизировать число формируемых составов, в соответствии с колебаниями размеров вагонопотоков, своевременно обеспечивать их поездными локомотивами, «нитками» графика движения, созданием оптимальных режимов работы участков, сортировочных и грузовых станций.

К концу 2021 года на 56 сортировочных станциях планировался ввод в эксплуатацию модулей планирования и контроля исполнения цифровой железнодорожной станции [16]. В рамках этого программного комплекса может быть реализовано оперативное управление поездообразованием.

Оперативное управление поездообразованием значительно расширяет функции плана формирования поездов и позволит диспетчерскому аппарату вместо фиксирования прошедших и происходящих событий управлять предстоящей эксплуатационной работой (рис. 2).

Сокращение сроков действия плана формирования позволит управлять поездообразованием и раздвинуть рамки организации вагонопотоков (увеличить число решаемых задач). План формирования не будет ограничиваться только установлением для станций назначения формируемых поездов, а сможет обеспечивать «нитки» графика поездами, регулировать загрузку участков и станций, станет исходной информацией для регулирования локомотивного парка и использования локомотивных бригад. На смену стихии и самотёка движения поездов придёт оптимально управляемый перевозочный процесс.

Современной информации в реальном времени для управления недостаточно (рис. 2). Диспетчерский аппарат с её помощью может лишь фиксировать и анализировать события. Отсюда видно, что информации в реальном времени для управления недостаточно. Нет предмета для управления – нечем управлять. Таким предметом для управления могут стать предстоящие события. Следовательно, для того, чтобы повысить эффективность работы поездных диспетчеров, их надо поставить на несколько часов впереди событий. Попросту говоря, чтобы у них появился «предмет» управления. Вот почему движение грузовых поездов происходит в условиях неопределённости, когда грузовой поезд отправляется с начальной станции по графику, а на конечную станцию участка он прибывает в некотором диапазоне времени [17]. Как откровенно выразился на одном из совещаний ещё в 1935 году нарком путей сообщения Л. М. Каганович: «...*графики и расписания существуют только на бумаге, а на деле поезда ходят по «закону самотёка»*» [18]. Это актуально и сегодня. Вот почему фактическое время прибытия поездов



Рис. 2. Этапы развития диспетчерского управления (выполнено автором).

на сортировочные станции значительно отличается от компьютерного прогноза по нормативам графика.

Обеспечение составов локомотивами

Управление поездообразованием станет основой эффективного регулирования локомотивного парка. При регулировании локомотивного парка критериями оптимизации целесообразно использовать: резервный пробег локомотивов, их перепробег между плановыми видами ремонта, своевременная постановка локомотивов на техническое обслуживание и ремонт, простой готовых к отправлению составов, сокращение объёма переработки вагонов на станции и несвоевременный приём поездов.

Целевой функцией может быть минимизация: простоя составов на участковых станциях в ожидании отправления, резервного пробега локомотивов, простоя локомотивов на станциях в ожидании составов. Можно учитывать неснижаемое наличие локомотивов на технических станциях и ограничения эксплуатируемого парка локомотивов [13].

1. Исходными данными являются:

а) нормативные графики движения поездов на участках обращения локомотивов или план пропуска поездов, нормативы времени оборота (нахождения) локомотивов на станциях, технологическое время от момента окончания накопления состава до отправления со станции;



Балансовая таблица прибытия и отправления поездов на станциях участка обращения локомотивов [составлено автором]

Приб.		Станция А		Станция Б		Станция В		Итого	Регулировочный разрыв
		Отпр.	Приб.	Отпр.	Приб.	Отпр.	Приб.		
Станция А	Отпр.	—	—	6	—	45	—	51	+11
	Приб.	—	—	—	8	—	54		
Станция Б	Отпр.	8	—	—	—	9	—	17	-5
	Приб.	—	6	—	—	—	6		
Станция В	Отпр.	54	—	6	—	—	—	60	-6
	Приб.	—	45	—	9	—	—		

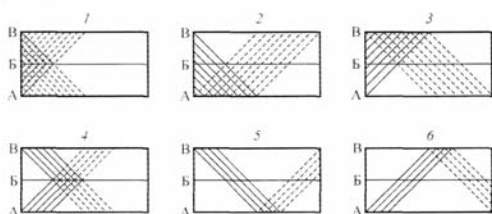


Рис. 3. Последовательность прикрепления составов к «ниткам» графика на станциях участка обращения локомотивов [выполнено автором].

б) план постановки локомотивов на различные виды технического обслуживания, текущего и капитального ремонта (на основе задания или норм межремонтных периодов и пробегов), нормативное время их выполнения и план выхода локомотивов;

в) дислокация поездов, составов, локомотивов на перегонах, станциях и депо на начальный момент планирования;

г) план составообразования на станциях участка обращения локомотивов [12].

2. В соответствии с планом составообразования балансируется прибытие и отправление поездов по всем станциям участка обращения локомотивов на планируемый период (сутки, смена, любой период времени, на который имеется исходная информация) (табл. 1).

3. Моменты времени завершения накопления составов ($t_{\text{нак}}$) на станциях с учётом технологического норматива на подготовку состава к отправлению ($t_{\text{т}}$) прикрепляют к ближайшей «нитке» графика движения (t_n) из условия:

$$t_n \geq t_{\text{нак}} + t_{\text{т}} \quad (1)$$

Прикрепление начинается со станций с наименьшим числом формируемых составов и далее по мере возрастания числа формируемых составов на станциях. В примере из табл. 1 последовательность выглядит так: станция Б, станция А, станция В (рис. 3).

4. По заполненным «ниткам» графика движения, к которым прикреплен состав, предварительно планируется пропуск поездов и прибытие локомотивов на станции.

5. К «ниткам» графика движения, по которым планируется отправление составов, прикрепляются запланированные к прибытию локомотивы из условия:

$$t_n \geq t_{\text{пост}} + t_n \quad (2)$$

где $t_{\text{пост}}$ – время прибытия локомотива на станцию или выхода из ремонта;

t_n – технологическое время оборота (нахождения) локомотива на станции.

Прикрепление локомотивов к «ниткам» графика движения начинается со станций, имеющих избыток локомотивов, затем – имеющих их недостаток, в соответствии с табл. 1. Если таких станций несколько, то очередность устанавливается от станции с наименьшими размерами отправления к станции с максимальными размерами отправления. т.е. очередность прикрепления для рассматриваемого случая: станция А, станция Б, станция В.

6. На станциях избытка локомотивов перед принятием решения о прикреплении локомотива к «нитке» графика движения рассматривается целесообразность отправления его резервом:

а) если все последующие локомотивы удовлетворяют условию (1), то планируется отправление локомотива резервом;

б) если условие (2) не выполняется для одного или нескольких локомотивов, то намеченные для них составы перекрепляются к более поздним «ниткам» графика движения. Если в этом случае условие (2) выполняется, то сокращение локомотиво-часов вызывает дополнительные затраты вагоно-часов (табл. 2). Поэтому необходимо выполнение технико-экономических расчётов:

$$\sum N(t'_n - t_n)e_{\text{в-ч}} \leq \sum L\Delta t_{\text{лок}}(e_{\text{л-ч}} + e_{\text{оп-ч}}) \quad (3)$$

где N – число вагонов в составах, которые перекрепляются к другим «ниткам» графика движения;

Результаты прикрепления составов, «ниток» графика движения и локомотивов [составлено автором]

План составообразования	«Нитки» графика движения		Прибытие локомотивов		Затраты составо-часов		Затраты локомотиво-часов	
	Первоначально	После перекрепления	Первоначально	После перекрепления	Первоначально	После перекрепления	Первоначально	После перекрепления
8:46	9:54	9:54	7:35	7:54	1,133	1,133	2,333	2,000
9:19	10:18	10:18	7:54	8:09	1,000	1,000	2,400	2,150
9:54	10:58	10:58	8:09	8:31	1,067	1,067	2,812	2,450
10:37	11:40	11:40	8:31	8:58	1,050	1,050	3,150	2,700
11:08	12:18	12:18	8:58	9:35	1,167	1,167	3,333	2,717
11:26	12:32	12:32	9:35	9:56	1,100	1,100	2,950	2,600
11:49	12:51	13:39	9:56	11:18	1,033	1,667	2,933	2,183
12:37	13:47	14:04	11:18	11:35	1,167	1,450	2,483	2,483
13:09	14:19	14:36	11:35	11:57	1,167	1,450	2,733	2,650
Сумма					9,884	11,084	25,127	21,933

L – число локомотивов, у которых сокращается простой в ожидании отправления;

$t'_n - t_n$ – дополнительное время простоя вагонов из-за перекрепления состава к более поздней «нитке» графика движения;

$\Delta t_{\text{лок}}$ – сокращение нахождения локомотива на станции из-за перекрепления к более ранней «нитке» графика движения;

$e_{\text{в-ч}}, e_{\text{л-ч}}, e_{\text{бр-ч}}$ – расходные ставки стоимости соответственно вагоно-ч, локомотиво-ч и бригадо-ч. [12].

В табл. 2 приведены результаты примера прикрепления и перекрепления составов, «ниток» графика движения и локомотивов. Следует учитывать, что дополнительные затраты вагоно-ч возникают только у тех составов, которые перекреплены, а экономия локомотиво-ч возникает при отпращивании локомотивов резервом и распространяется на все последующие локомотивы до конца периода планирования. Поэтому фрагмент примера, приведённый в табл. 2, полностью отражает затраты вагоно-ч, а для получения всей экономии локомотиво-ч надо продолжить табл. 2 до конца периода планирования.

в) если условия (2) и (3) не выполняются, локомотив планируется под состав и прикрепляется к «нитке» графика движения.

7. На станциях, на которых число отправляемых поездов больше, чем прибытие локомотивов с поездами, но число локомотивов, следующих резервом через станцию, превы-

шает их недостаток, используется вышеизложенная методика. При необходимости изменения прикрепления составов к «ниткам» графика движения (для сокращения затрат локомотиво-ч) условие (3) должно дополнительно учитывать все изменения, которые произойдут не только на одной рассматриваемой станции.

8. После выполнения пунктов 5 и 6 для сокращения затрат локомотиво-ч целесообразно рассмотреть эффективность более позднего (своевременного) прибытия локомотивов резервом, из-за более раннего отправления которых пришлось некоторые составы перекреплять к более поздним «ниткам» графика движения:

$$\sum_{\text{см.Б}} L \cdot \Delta t_{\text{лок}} (e_{\text{л-ч}} + e_{\text{бр-ч}}) + \sum_{\text{см.А}} N (t'_n - t_n) \cdot e_{\text{в-ч}} \geq \sum_{\text{см.А}} N (t'_n - t_n) \cdot e_{\text{в-ч}}$$

9. На станциях недостатка локомотивов возможность прикрепления определяется условием (2). Если условие (2) не выполняется, то рассматривается целесообразность перекрепления составов к более поздним «ниткам» графика движения или по условию (2) проверяется прикрепление локомотива к следующей «нитке» с прикрепленным составом, а пропущенная «нитка» графика движения остаётся для локомотива, который поступит резервом.

10. После завершения прикрепления составов, «ниток» графика движения и локомотивов на всех станциях участка рассматриваются возможности уменьшения затрат



составо-ч и локомотиво-ч за счёт переакрепления [17].

Окончание публикации в следующем номере журнала

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Левин Д. Ю. Логистика перевозочного процесса железных дорог. Транспорт Российской Федерации. – 2021. – № 1–2 (92–93). – С. 21–27. [Электронный ресурс, платный доступ]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46108214>.
2. Кобзев С. А. Инструмент повышения эффективности // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 5. – С. 4–7. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42841041>. Доступ 19.01.2022.
3. Шило А. Н. Об основных результатах описания бизнес-процесса «транспортно-логистическая деятельность» // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 5. – С. 8–15. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42841042>. Доступ 19.01.2022.
4. Рахимжанов Д. М. Выстраивая сквозной процесс перевозочной деятельности // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 5. – С. 16–19. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42841043>. Доступ 19.01.2022.
5. Левин Д. Ю. Организация вагонопотоков на железных дорогах: Монография. – М.: УМЦ по образованию на железнодорожном транспорте, 2016. – 443 с. [Электронный ресурс]: <https://umczt.ru/books/1196/39298/>. Доступ 19.01.2022.
6. Шапкин И. Н., Левин Д. Ю. Оптимальное управление поездобразованием на железнодорожном транспорте // Фёдор Петрович Кочнев – выдающийся организатор транспортного образования и науки в России: Труды международной научно-практической конференции, Москва, 22–23 апреля 2021 года / Отв. редактор А.Ф. Бородин, сост. Р. А. Ефимов. – М.: Российский университет транспорта, 2021. – С. 175–191. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46552761>. Доступ 19.01.2022.
7. Левин Д. Ю. Обеспечение ниток графика движения поездами // Железнодорожный транспорт. – 2020. – № 9. – С. 14–17. [Электронный ресурс, платный доступ]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=43873900>. Доступ 19.01.2022.
8. Левин Д. Ю. История техники. История развития системы управления перевозочным процессом на железнодорожном транспорте: Уч. пособие // М.: Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте. – 2014. – 468 с. ISBN 978-5-89035-755-7. (Дополнительные электронные ресурсы: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27908703>).
9. Xue, Feng; Xiaochen, Ma; Hu, Zuoan. Building a Railway Logistics Center Based on Freight Stations and Marshalling Yards. International Conference of Logistics Engineering and Management, September 2014. [Электронный ресурс]: https://www.researchgate.net/profile/Feng-Xue-11/publication/301430092_Building_a_Railway_Logistics_Center_Based_on_Freight_Stations_and_Marshalling_Yards/links/5ffdf1ec2299bf140888c85da/Building-a-Railway-Logistics-Center-Based-on-Freight-Stations-and-Marshalling-Yards.pdf. Доступ 19.01.2022. DOI: 10.1061/9780784413753.179.
10. Wenliang, Zhou; Xia, Yang; Jin, Qin; Lianbo, Deng. Optimizing the Long-Term Operating Plan of Railway Marshalling Station for Capacity Utilization Analysis. The Scientific World Journal, Vol. 2014, Article ID 251315, 13 p. [Электронный ресурс]: <https://www.hindawi.com/journals/tswj/2014/251315/>. Доступ 19.01.2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2014/251315>.
11. Khoshniyat, Fahimeh. Simulation of Planning Strategies for Track Allocation at Marshalling Yards. Masterarbeit, KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 2012, 64 p. [Электронный ресурс]: https://www.kth.se/polopoly_fs/1.491060.1550158510!/X12_032_report.pdf. Доступ 19.01.2022.
12. Левин Д. Ю. Диспетчерские центры и технология управления перевозочным процессом. – М.: Маршрут, 2005. – 759 с.
13. Левин Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом: Монография. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2008. – 625 с. ISBN: 978-5-89035-547-8.
14. Угрюмов А. К., Грошев Г. М., Кудрявцев В. А., Платонов Г. А. Оперативное управление движением на железнодорожном транспорте. – М.: Транспорт, 1983. – 239 с.
15. Левин Д. Ю. Диспетчеризация вагонопотоков: «управление по целям» // Мир транспорта. – 2018. – Т. 16. – № 1. – С. 136–150. [Электронный ресурс]: <https://mirtr.elpub.ru/jour/article/view/1412>. Доступ 19.01.2022.
16. Хижняк А. В. Прогноз для станции. «Гудок» № 496 (26995) от 11 августа 2020 г. [Электронный ресурс]: <https://gudok.ru/newspaper/?ID=1531032&archive=2020.08.11>. Доступ 19.01.2022.
17. Левин Д. Ю. Технологическая модернизация системы управления перевозками на железнодорожном транспорте: Дисс... д.т.н. – Москва, 2015. – 310 с.
18. Васильев И. И. Графики и расчёты по организации железнодорожных перевозок. – М.: Желдориздат, 1941. – 576 с.
19. Левин Д. Ю. Эксплуатация железных дорог в рыночных условиях // Экономика железных дорог. – 2019. – № 10. – С. 73–80. [Электронный ресурс]: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41195841>. Доступ 19.01.2022.
20. Левин Д. Ю. Управление технологией перевозочного процесса на железнодорожном транспорте. – М.: Инфра-М, 2017. – 286 с. [Электронный ресурс]: <https://search.rsl.ru/record/01008686803>. Доступ 19.01.2022.
21. Левин Д. Ю. Потребности в перевозках и возможности железных дорог. – М.: Инфра-М, 2017. – 245 с.
22. Левин Д. Ю. Эксплуатационная работа железных дорог: аксиомы и закономерности. – М.: Инфра-М, 2017. – 330 с.
23. Левин Д. Ю. Организация местной работы. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2013. – 612 с. ●

Информация об авторе:

Левин Дмитрий Юрьевич – доктор технических наук, главный эксперт, АО «НИИАС», Москва, Россия, levindu@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 21.09.2020, одобрена после рецензирования 25.01.2021, актуализирована 19.01.2022, принята к публикации 24.01.2022.

От редакции: Обзорная статья профессора, доктора технических наук Дмитрия Левина представляет собой авторское обобщение и новое осмысление более ранних трудов учёного. Учитывая многолетний опыт автора в разработке темы эксплуатации железных дорог, в том числе отражённый в многочисленных публикациях, работа, на наш взгляд, представляет большой интерес и практическую ценность, тем более что при стремительно растущих объёмах железнодорожных перевозок, проблема управления поездобразованием более чем актуальна.