



Диспетчеризация вагонопотоков: «управление по целям»



Дмитрий ЛЕВИН

Dmitry Yu. LEVIN

Dispatching of Car Flows: «Management by Objectives»
(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 145)

От автоматического слежения за выполнением одного из множества вариантов плана формирования поездов пора переходить к гибкой оперативной системе его своевременной корректировки. Управление вагонопотоками должно включать две системы: долгосрочную и оперативную. Долгосрочная призвана заблаговременно решать вопросы, касающиеся направления и распределения вагонопотоков, соответствия числа назначений поездов и загрузки технических станций возможностям путевого развития и перерабатывающей способности. Оперативная система должна реагировать на изменения расчётных нормативов и величин вагонопотоков, усиление или снижение технической мощности сооружений, устройств инфраструктуры и подвижного состава, затруднения в эксплуатационной работе. Включение диспетчеров в организацию вагонопотоков позволит оптимизировать реализацию плана формирования поездов.

Ключевые слова: железная дорога, организация вагонопотоков, план формирования поездов, диспетчерское управление.

Левин Дмитрий Юрьевич – доктор технических наук, профессор кафедры управления эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия.

Процесс организации вагонопотоков предполагает разработку плана формирования поездов и его выполнение. Все внимание управленцев сосредоточено, как правило, на первой части процесса – разработке плана. Вторая часть обеспечивается как бы сама собой и автоматизированной системой контроля за выполнением плана. Но реальные ситуации часто очень сильно отличаются от нормативных условий. Это является одной из причин неоптимальности реализуемого плана формирования поездов и распределения сортировочной работы между станциями, что приводит к снижению транзитности, увеличению объёмов переработки вагонов на станциях, необоснованной задержке вагонопотоков и недоиспользованию технических средств станций.

Отклонения действующего варианта плана формирования поездов от оптимального вызывают увеличение: объёма переработки вагонов в 1,5–2 раза, затрат времени на переработку и накопление составов – на 50 %, числа формируемых назначений – на 15–20 %.

За 170 лет существования диспетчерское управление охватило почти все вопросы эксплуатационной работы железных дорог.

Слово «почти» добавлено не случайно. Потому, что диспетчерским руководством до сих пор не охвачен большой круг вопросов организации вагонопотоков. К тому же процедура корректировки плана формирования поездов очень громоздка, требует согласования с ОАО «РЖД», и фактически оперативное управление вагонопотоками отсутствует.

ДЕФИЦИТ ОПЕРАТИВНОЙ КООРДИНАЦИИ

В районе обслуживания сортировочной станции на большинстве дорог грузовые станции периодически не обеспечивают своевременную подачу вагонов под грузовые операции, но у них не предусмотрен диспетчер, который мог бы оперативно разгрузить ситуацию с помощью временного введения формирования на сортировочной станции групповых поездов с подборкой вагонов.

Во время одной из моих командировок на Восточно-Сибирской дороге находилось десять «брошенных» поездов назначением на станцию Китой-Комбинатская. Эта станция не получила развития, когда вокруг возникло много промышленных предприятий, и теперь своими силами на станции не всегда справляются с нагрузкой. Анализ остатков невыгруженных вагонов на конец отчётных суток показал, что все вагоны, поданные с полными сроками на выполнение грузовых операций, своевременно выгружаются. Зато станция не успевает расформировывать поступающие разборочные поезда и подавать вагоны на три маневровых района. Дали команду станции Иркутск-Сортировочный формировать для станции Китой-Комбинатская трёхгруппные поезда, и вскоре «брошенные» составы были «подняты» и выгружены, ситуация нормализовалась.

Современные АСУ предусматривают моделирование предстоящего процесса накопления составов, это позволяет заблаговременно увидеть, что, например, через 4 часа будет сформировано 18 составов, а локомотивов окажется 17, локомотивных бригад — 16, «ниток» графика движения — 20. В подобном случае часть сформированных составов заведомо будет непроизводительно простаивать в парке отправления в ожидании локомотивов. В то время как можно временно ввести формирование

более дальних назначений, и вместо непроизводительного простоя те же вагоны могли бы стоять в сортировочном парке под накоплением составов, которые дополнительно проследуют затем без переработки попутные технические станции. Но опять же нет работника, который имеет право оперативно корректировать план формирования.

Часто прилегающие к сортировочной станции участки и направления перенасыщены поездами, замедляется движение, не выполняется график. Целесообразно временно сократить отправление поездов в такие пункты за счёт корректировки плана формирования, но оперативно это сделать сегодня невозможно.

Во всех случаях невозможность оперативно изменить неблагоприятно складывающуюся эксплуатационную ситуацию объясняется одной причиной — отсутствием диспетчера по организации вагонопотоков, который временным изменением плана формирования мог бы решить возникшие вопросы.

Только назначение диспетчера по организации вагонопотоков проблемы не решит. Этот диспетчер сможет выполнить возложенные на него обязанности лишь при автоматизации сбора и заблаговременном предоставлении требуемой информации, а также автоматизации алгоритмов решения оптимизационных задач.

Задачи, которые должны решать различные диспетчера, тесно связаны между собой и направлены на общий конечный результат — бесперебойный перевозочный процесс. То есть функции, предлагаемые диспетчеру по организации вагонопотоков, переплетаются с обязанностями смежных диспетчеров.

Например, создание условий для выполнения графика движения связано с регулированием насыщения участков поездами, а успешность этого регулирования во многом зависит от управления числом формируемых составов на станциях. И получается, что именно придание оптимальных условий поездной работе объединяет усилия диспетчеров: поездного, дорожного и того, кто адаптирует к реальной ситуации организацию вагонопотоков.

Та же картина и в другом случае. Сокращение простоя вагонов на сортировочных



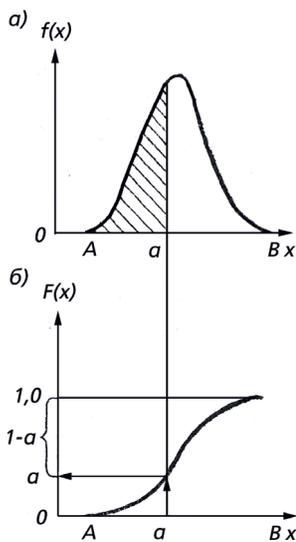


Рис. 1. Плотность (а) и функция (б) нормального закона распределения.

станциях зависит в том числе и от простоя сформированных составов в парке отправления в ожидании локомотивов. Уменьшить время простоя можно формированием поездов в количестве, которое чётко рассчитано на своевременное обеспечение локомотивами. Это достигается заведомой временной отменой излишних существующих назначений и вводом более дальних назначений поездов. Решение такой задачи объединяет усилия уже иных диспетчеров: станционного, маневрового и по организации вагонопотоков.

В контексте множества подобных задач кроме введения диспетчера по организации вагонопотоков ещё необходимо и правильно скорректировать должностные обязанности смежных диспетчеров, чтобы легче было объединить их усилия.

КОЛЕБАНИЯ ВАГОНОПОТОКОВ

Если на любой сортировочной станции сравнить моменты завершения накопления составов в течение суток за несколько лет, то мы увидим, что они никогда не повторяются. Время накопления составов каждого назначения находится в очень широком диапазоне. Колебания продолжительности процессов при этом зависят от многих факторов, прежде всего от изменения среднесуточных и почасовых размеров поступающих вагонопотоков [1].

План формирования, разрабатываемый на длительное время, предусмотреть все

ситуации в сортировочном парке не в состоянии, тем более что они меняются каждый день и даже в течение смены.

Чем больше период планирования, тем больше неопределённость размеров вагонопотоков и продолжительности накопления составов. А с другой стороны, нужны чёткая организация вагонопотоков, детерминированный план формирования.

Каков выход из этой противоречивой ситуации? Более совершенное диспетчерское управление, освоение равноориентированными диспетчерами методов оценки случайных ситуаций на основе нормального закона распределения вагонопотоков.

Закон распределения устанавливает связь между возможными значениями случайной величины (размером вагонопотока) и вероятностями их появления. Нормальный закон распределения помогает принимать оптимальные решения (эффективные при назначении поездов) в условиях неопределённости (колебаний вагонопотоков).

Нормальный закон исходит из плотности распределения (рис. 1а) и функции распределения (рис. 1б).

График плотности распределения вагонопотока x (рис. 1а), находящегося в интервале $A \leq x \leq B$, позволяет решать различные задачи. Например, можно определить чему равна вероятность того, что случайная величина вагонопотока x будет не больше величины, выгодной для выделения вагонопотока a в самостоятельное назначение: $P(x \leq a)$. Эта вероятность равна заштрихованной площади.

Зная $P(x \leq a)$, нетрудно установить вероятность того, что величина вагонопотока x будет не меньше величины вагонопотока a : $P(x \geq a)$. Очевидно, что $P(x \leq a) + P(x \geq a) = 1$. Следовательно, $P(x \geq a) = 1 - P(x \leq a)$, что соответствует незаштрихованной площади на рис. 1а.

Целесообразно использовать и другую форму закона – функцию распределения $F(x)$, график которой приведён на рис. 1б и связан с плотностью распределения. Вероятность $P(x \leq a)$, определяемая на рис. 1а как площадь криволинейной фигуры, на рис. 1б равна ординате кривой $F(x)$. Следовательно, $P(x \leq a) = F(a)$, а отсюда $P(x \geq a) = 1 - F(a)$.

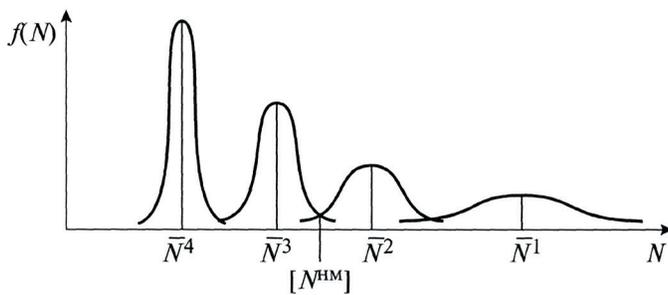


Рис. 2. График плотности распределения вагонопотока.

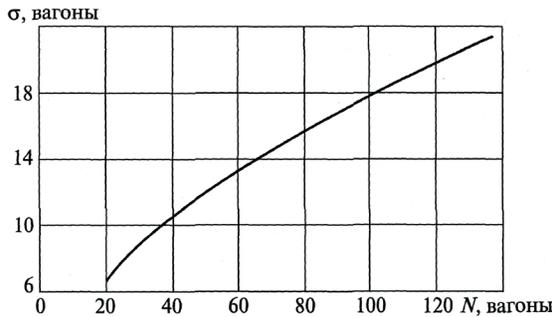


Рис. 3. График изменения среднего квадратического отклонения в зависимости от среднесуточного вагонопотока.

В зависимости от соотношения среднесуточной величины вагонопотока \bar{N} и наименьшего значения вагонопотока $[N^{HM}]$, удовлетворяющего достаточному условию, потоки можно разделить на четыре категории (рис. 2):

$\bar{N}_1 \gg [N^{HM}]$ – колебания вагонопотоков не влияют на приведённое соотношение, так как расчётная величина вагонопотока по мощности достаточно велика;

$\bar{N}_2 \gg [N^{HM}]$ – струя вагонопотока выделяется в самостоятельное назначение, однако в связи с его колебаниями приведённое соотношение может нарушаться в отдельные периоды, и тогда выделение в самостоятельное назначение нецелесообразно;

$\bar{N}_3 < [N^{HM}]$ – струя вагонопотока выделяется в самостоятельное назначение, однако при колебаниях приведённое соотношение может периодически нарушаться, и тогда его выделение в самостоятельное назначение целесообразно;

$\bar{N}_4 [N^{HM}]$ – струя вагонопотока настолько мала, что даже её увеличение до максимальных значений при колебании не позволяет выделить поток в самостоятельное назначение.

Рассмотрим влияние колебаний размеров струй вагонопотоков второй и третьей категорий на эффективность выделения

в самостоятельное назначение. При решении поставленной задачи необходимо знать функцию распределения $f(N)$ (см. рис. 2).

Для аппроксимации закона распределения колебаний размеров вагонопотоков были проанализированы статистические данные в диапазоне от 20 до 500 вагонов в сутки. Анализ показал, что распределение среднесуточных размеров вагонопотоков подчиняется нормальному закону. Из графиков на рис. 2 следует, что изменение среднесуточной величины приводит к сдвигу функции $f(N)$ вдоль оси абсцисс.

Абсолютные размеры колебаний характеризуются средним квадратическим отклонением $\sigma(N)$ и с ростом среднесуточной величины вагонопотока увеличиваются (рис. 3). Используя правило трёх сигм для определения границ второй и третьей категорий порожних вагонопотоков, получим:

$$N_2 = [N^{HM}] + 3\sigma(N); \quad (1)$$

$$N_3 = [N^{HM}] - 3\sigma(N). \quad (2)$$

В общем виде вероятность выделения вагонопотока в самостоятельное назначение может определяться по формуле

$$P([N^{HM}] < \bar{N}_i < N^{H6}) = \Phi\left(\frac{N^{H6} - \bar{N}_i}{\sigma(N)}\right) - \Phi\left(\frac{N^{HM} - \bar{N}_i}{\sigma(N)}\right). \quad (3)$$





Рис. 4. График зависимости минимальной и максимальной продолжительности накопления составов t_H от длины поездов m .

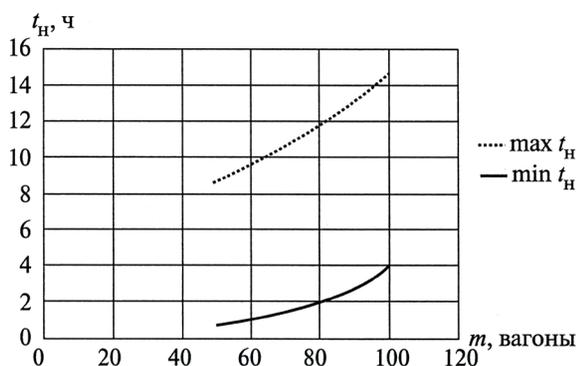
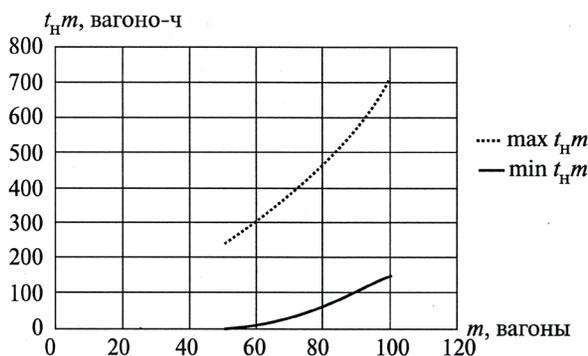


Рис. 5. График зависимости минимальных и максимальных затрат вагоно-часов при накоплении составов $t_H m$ от длины поездов m .



В соответствии с (1) и (2) последний член в формуле (3) равен Φ .

Когда величина вагонопотока равна минимальному расчётному размеру вагонопотока, который выгодно выделять в самостоятельное назначение, вероятность эффективности этого назначения равна 0,5.

Пример: имеются две струи вагонопотока со среднесуточными значениями $\bar{N}_1 = 75$ и $\bar{N}_2 = 85$. В соответствии с графиком на рис. 3 их средние квадратические отклонения $\sigma(N_1) = 14,84$ и $\sigma(N_2) = 16,02$.

Выделение в самостоятельное назначение выгодно при наличии в потоке более 80 вагонов. Первая струя вагонопотока относится к третьей категории, вторая струя – ко второй категории.

По формуле (3) определяем вероятность целесообразности выделения в самостоятельное назначение первой струи вагонопотока

$$P_1(80 < \bar{N}_1 < N^{нб}) = 0,5 - \Phi\left(\frac{80 - 75}{14,84}\right).$$

Находим: $\Phi(0,336) = 0,13$,
тогда $P_1(\bar{N}_1) = 0,5 - 0,13 = 0,37$.

Для второй струи вагонопотока

$$P_2(80 < \bar{N}_2 < N^{нб}) = 0,5 - \Phi\left(\frac{80 - 85}{16,02}\right).$$

Находим: $\Phi(-0,3125) = -0,12$,
тогда $P_2(\bar{N}_2) = 0,5 + 0,12 = 0,62$.

Следовательно, первая струя вагонопотока 135 дней в году эффективна, хотя её выделение в самостоятельное назначение действующим планом формирования не предусматривается. В то же время вторая струя, выделение в самостоятельное назначение которой предусмотрено планом формирования, 139 суток в году не эффективна.

НЕРАВНОМЕРНОСТЬ НАКОПЛЕНИЯ СОСТАВОВ

В ходе оперативного планирования работы станций перед началом процесса накопления составов следует прогнозировать колебания вагонопотока назначений и затраты на накопление. На основе прогноза решать вопрос об эффективности назначений.

Современные АСУ содержат модели процесса накопления и на основе подхода поездов позволяют заблаговремен-

но оценивать эффективность накопления составов различных назначений. А значит, есть все предпосылки для оперативного управления составообразованием.

Моделирование накопления составов различных норм длины и веса помогает дать оценку изменения средней, минимальной и максимальной продолжительности простоя поездов [2].

Получены распределения, построены графики разброса минимальных и максимальных значений времени (рис. 4) и затрат вагоно-часов (рис. 5) на накопление составов.

Установлено, что зависимость между продолжительностью времени и затратами вагоно-часов накопления составов имеет не монотонный характер. Например, для накопления одного состава из 70 вагонов потребовалось 5 часов 25 минут при затратах 173,7 вагоно-часов, а для другого такой же длины и подобного назначения — 3 часа 55 минут и 196,5 вагоно-часов. Это говорит о том, что сравнивать экономию и затраты надо не в часах, а вагоно-часах.

Графическое изображение процесса накопления составов — это треугольник, у которого гипотенуза не прямая, а вогнутая или выпуклая линия (рис. 6).

ВОПРОСОВ БОЛЬШЕ, ЧЕМ ОТВЕТОВ

Каждый день реальная эксплуатационная обстановка существенно отличается от нормативных требований: колеблются размеры струй вагонопотоков, объёмы переработки на станциях, возникают такие затруднения, как перерывы в движении поездов на участках («окна», отказы и т.д.), замедление движения поездов, необеспечение составов локомотивами и т.д.

Чтобы восполнить в этих меняющихся условиях существующий пробел в диспетчерском руководстве эксплуатационной работой и обеспечить адаптивность плана формирования поездов, как раз и нужен диспетчер по организации вагонопотоков. Его основными задачами должны быть:

- ситуационная временная отмена неэффективных назначений поездов;
- оперативное временное введение эффективных назначений, не включенных в план формирования;

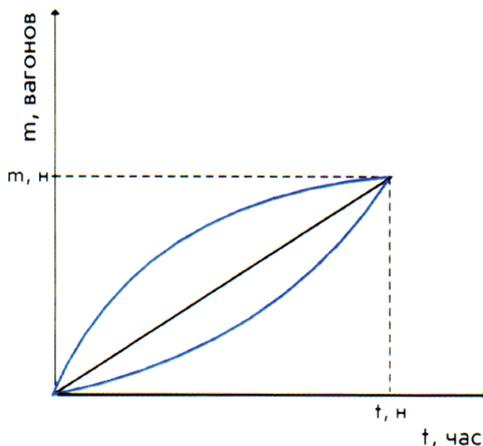


Рис. 6. График накопления составов.

— перераспределение сортировочной работы между станциями при необходимости;

— введение формирования более дальних назначений поездов при:

- нехватке локомотивов или локомотивных бригад;
- предоставлении «окон»;
- перерывах движения поездов;
- перенасыщении участков или направлений поездами;

— регулирование насыщения участков (направлений) поездами за счёт:

- временного формирования более дальних назначений поездов;
- отклонения вагонопотоков, в том числе формирования поездов другого веса и длины;
- использования иных регулировочных средств сохранения эффективности назначений поездов;

— временное введение групповых поездов с подборкой вагонов для оказания помощи грузовым станциям.

Диспетчеру по организации вагонопотоков при таком многообразии задач в «ручном режиме» их решать не позволит дефицит времени. Кроме того, по окончании смены диспетчер обязан обосновать все свои решения по корректировке плана формирования поездов. Поэтому для его эффективной работы и оптимальной организации вагонопотоков необходимо:

- а) классифицировать все возникающие задачи;
- б) для каждой из них разработать методики решения;



Причины и методы диспетчерской корректировки плана формирования поездов

№ п/п	Прогнозирование затруднений	Оперативная корректировка плана	Ожидаемый результат	Эффективность
1.	Превышение нормы простоя под накоплением	Временная отмена неэффективного назначения поездов	Реализация оптимального варианта плана формирования	Сокращение простоя, ускорение доставки
2.	Увеличение вагонопотока, не включённого в план	Временное введение эффективного назначения поездов	Повышение транзитности вагонопотоков	Снижение переработки на попутной техн. станции, ускорение доставки грузов
3.	Часть составов не обеспечена локомотивами в планируемом периоде	Формирование дополнительных дальних назначений поездов	Временное уменьшение формируемых составов	Сокращение простоя в ожидании локомотивов
4.	Снижение размеров движения на прилегающих участках	Формирование дополнительных дальних назначений поездов	Приведение в соответствие числа формируемых составов и возможностей их отправления	Сокращение простоя в ожидании отправления
5.	Станция не обеспечивает своевременную переработку вагонопотоков	а) перераспределение вагонопотоков между назначениями поездов; б) формирование маршрутов из порожних вагонов на близлежащих грузовых станциях	Снижение объёма переработки на станции, испытывающей затруднения	Своевременная переработка вагонов на станции
6.	Сгущение выгрузки вагонов в один из периодов суток	Рассмотрение целесообразности маршрутизации в период сгущенной выгрузки	Повышение уровня маршрутизации порожних вагонопотоков	Повышение транзитности, ускорение оборота
7.	Перенасыщение участков поездами, «окна», отказы	Временное введение более дальних назначений поездов	Повышение транзитности вагонопотоков	Снижение загрузки участков
8.	Грузовая станция не обеспечивает своевременную подачу вагонов на грузовые фронты	Временное назначение групповых поездов с подборкой вагонов	Уменьшение маневровой работы на грузовой станции	Сокращение простоя вагонов, увеличение погрузки и выгрузки

в) автоматизировать заблаговременный сбор исходных данных;

г) автоматизировать процессы принятия решений;

д) автоматизировать передачу решений исполнителям;

е) автоматизировать архив обоснований принятых решений.

Для получения ответов на вопросы, которые возникают перед диспетчером в ходе организации вагонопотоков, следует иметь модели накопления составов, обеспечения их локомотивами, загрузки сортировочных станций, насыщения участков (направлений) поездами. При этом все вопросы можно объединить в две условные группы:

– что будет, если...?

– что надо, чтобы...?

Оперативной корректировке плана формирования поездов должен предшествовать прогноз отклонений от нормативных значений расчётных данных, размеров вагонопотоков, состояния сооружений, устройств инфраструктуры и подвижного состава. На основе прогноза определяется потребность в корректировке плана для адаптации его к реальной эксплуатацион-

ной обстановке. Выбирается и обосновывается вид оперативной корректировки. Называются ожидаемый результат и планируемый эффект (таблица 1).

ДИСПЕТЧЕР В РЕЖИМЕ ONLINE

Как движением поездов на участках руководят поездные диспетчеры, так и оперативной организацией вагонопотоков должны руководить тоже свои диспетчеры. Причём они должны быть в штате не сортировочной станции, а дорожного диспетчерского центра управления перевозками (ДЦУП). Это позволит избежать злоупотреблений при оперативной корректировке плана формирования со стороны станций и даст возможность ситуационно управлять составообразованием.

Фактическое время накопления составов является переменной величиной, которая зависит не только от колебаний вагонопотока, рассматриваемого назначения, но и от изменения приведённой экономики при пропуске вагонопотока без переработки на станции и фактической длины состава.

Сравнение нормативных и фактических затрат времени на накопление составов на

основе подхода поездов позволит диспетчеру заблаговременно увидеть изменение размеров вагонопотоков и ещё до прибытия вагонов на станцию принять решение о корректировке плана формирования.

Необходимость перераспределения сортировочной работы между техническими станциями возникает при несоответствии интенсивности подвода поездов и возможности их переработки на станции. Причём это несоответствие может возникнуть как из-за изменения интенсивности подвода поездов к станции, так и перерабатывающей способности (изменения числа сортировочных путей, несвоевременный вывоз поездов со станции, ремонтные работы на горке и т.д.). Предлагаемый метод перераспределения загрузки уменьшает объём переработки вагонов на одной из станций, но не вызывает её увеличения на такую же величину на других станциях. Как правило, это сопровождается снижением общего объёма переработки.

Сортировочная работа перераспределяется за счёт выделения струй вагонопотоков в дополнительные более дальние назначения, чем предусмотрено планом формирования, либо перераспределения вагонов между назначениями поездов. Формирование дополнительных более дальних назначений поездов целесообразно как при возрастании вагонопотока (N), обеспечивающем превышение экономии от пропуска поездов без переработки на попутных технических станциях ($T_{эк}$) над затратами на накопление составов (cm), так и при увеличении $T_{эк}$ в связи с возросшим объёмом переработки и сокращением затрат на накопление составов при сгущенном поступлении вагонов. Изменения мощности струй вагонопотоков или нормативов плана формирования служат достаточным основанием для выделения дополнительных назначений, когда $MT_{эк} \geq cm$.

Изменение загрузки сортировочных станций за счёт перераспределения вагонов между назначениями поездов основано на том, что струи вагонопотоков, выделенные в самостоятельные назначения, часто значительно превышают достаточную для этого минимальную величину. В то же время смежным с ними более коротким струям для целесообразности выделения в отдельные назначения не хватает незначительного числа вагонов. Поэтому их

объединяют с ещё более короткими струями, а вагонопотоки дополнительно перерабатывают на попутных технических станциях. При необходимости уменьшения загрузки попутных технических станций транзитность поездов может быть повышена перераспределением вагонов между смежными струями благодаря некоторому разукрупнению более дальних назначений для пополнения коротких струй.

В общем виде целесообразность выделения в отдельные назначения струй вагонопотоков, пополняемых за счёт более дальней струи, отвечающей достаточному условию, определяется неравенством

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l N_i T_{экj} - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^l N_i^{нед} T_{экj} > \left[(k-1) + \frac{N_D - \sum_{i=1}^n N_i^{нед}}{N_D} \right] cm, \quad (4)$$

где N_D — струя вагонопотока, удовлетворяющая достаточному условию; N_i — размер струи i , пополняемой вагонами назначения N_D ; $T_{экj}$ — получаемая или ликвидируемая приведённая экономия вагоно-часов при пропуске вагонопотока i без переработки на станции; $N_i^{нед}$ — недостаток вагонов в струе i для выполнения достаточного условия; k — число дополнительных назначений поездов.

Для пополнения могут использоваться струи вагонопотоков, первоначально удовлетворяющие достаточному условию, но у которых избыток вагонов меньше недостатка в смежной струе.

Автоматизация планирования составообразования позволяет моделировать процесс накопления составов на 8 часов, а в перспективе до 24–30 часов вперёд, т.е. ещё до прибытия вагонов на станцию. Прогноз организации вагонопотоков по действующему плану формирования во взаимодействии с графиком движения поездов даёт возможность не только своевременно осуществить регулировочные меры по обеспечению составов локомотивами, бригадами, но и заблаговременно выявить, в какой момент после реализации этих мер не все составы вновь могут оказаться с дефицитом локомотивов или без реальных «ниток» графика движения.



В этом случае для приведения в соответствие числа составов, локомотивов, бригад и «ниток» на планируемый период опять потребуются оперативное управление организацией вагонопотоков.

Временно сократить число формируемых составов можно введением дополнительных более дальних назначений поездов. При составлении плана формирования поездов на год эти назначения не были выделены, потому что неэффективны:

$$NT_{\text{эк}} < cm,$$

где N – среднесуточный размер струи вагонопотока; $T_{\text{эк}}$ – общая экономия времени, приведённая на один вагон, при пропуске потока N без переработки на станции; cm – затраты на накопление составов.

Но в оперативных условиях при достаточно продолжительном простое составов в ожидании отправления возможность его сокращения может настолько увеличить экономию приведённых вагоно-часов, что превысит затраты:

$$NT_{\text{эк}} + m' \Delta T_{\text{эк}}^{\Phi} + \frac{\Delta t_{\text{д}} e_{MN} + \Delta t_{\text{бр}} e_{Mh}}{e_{nH}} \geq cm, \quad (5)$$

где m' – число вагонов, простой которых на станции в ожидании отправления будет сокращён; $T_{\text{эк}}^{\Phi}$ – время, на которое сокращается простой вагона; $\Delta t_{\text{д}}$, $\Delta t_{\text{бр}}$ – сокращение времени простоя соответственно локомотивов и локомотивных бригад; e_{MN} , e_{Mh} , e_{nH} – расходные ставки приведённой стоимости соответственно 1 локомотиво-часа, 1 бригадо-часа, 1 вагоно-часа.

При выполнении этого условия оправданы оперативная корректировка плана формирования и временное введение дополнительного более дальнего назначения.

Методы временного сокращения числа формируемых составов за счёт введения дополнительных более дальних назначений поездов целесообразно применять, когда сверхграфиковые предупреждения об ограничении скорости, «обкатка» после капитального ремонта пути или «окна» существенно снижают размеры движения поездов на прилегающих участках. В настоящее время в указаниях на предоставление

«окна» для ремонтно-строительных работ перечисляются «нитки» графика движения, по которым отменяется следование поездов. На участок такие поезда не отправляются, но формирование их никто не отменяет, и они непроизводительно простаивают в парке отправления в ожидании окончания «окна». На этот период стоит как раз подумать о возможности формирования поездов более дальних назначений, чем предусмотрено планом. Если ликвидация простоя составов в ожидании окончания «окна» обеспечит превышение экономии приведённых вагоно-часов над затратами по условию (5), то нет оснований отказываться от подобных решений.

ВЫВОДЫ

1. Колебания размеров струй вагонопотоков в среднем на 50–70 %, максимально до 500 % от среднесуточных значений вызывают в широком диапазоне изменение времени накопления составов и загрузки сортировочных станций.

2. Принимаемый план формирования поездов – один из множества вариантов организации вагонопотоков, который из-за колебаний размеров их струй часто не соответствует реальной эксплуатационной работе.

3. Для непрерывного приведения к оптимальному состоянию и реализации плана формирования поездов предлагается ввести в штат дорожного диспетчерского центра управления перевозками диспетчера по организации вагонопотоков.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левин Д. Ю. Теория оперативного управления перевозочным процессом. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2008. – 625 с.
2. Левин Д. Ю. Организация вагонопотоков в рыночных условиях // Мир транспорта. – 2017. – № 4. – С. 178–192.
3. Бородин А. Ф., Батулин А. П., Панин В. В. Организация вагонопотоков: Учеб. пособие. – М.: МИИТ, 2008. – 192 с.
4. Левин Д. Ю. Организация вагонопотоков на железных дорогах. – М.: УМЦ по образованию на ж.д. транспорте, 2017. – 443 с.
5. Тишкин Е. М. Автоматизация управления вагонным парком. – М.: Интекст, 2000. – 224 с. ●

Координаты автора: **Левин Д. Ю.** – levindu@yandex.ru.

Статья поступила в редакцию 25.09.2017, принята к публикации 21.01.2018.