

Оптимизация местной работы



Дмитрий ЛЕВИН
Dmitry Yu. LEVIN

Вунна Тхан Тун
Wunna Than Htun



Левин Дмитрий Юрьевич — кандидат технических наук, доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Вунна Тхан Тун — аспирант кафедры «Логистические транспортные системы и технологии» МИИТ.

Ставится и с помощью математической модели решается задача оперативного планирования местной работы. Предлагаемый алгоритм предусматривает время прибытия вагонов на станции и прикрепление к «ниткам» подач на грузовой фронт таким образом, чтобы объем выгрузки за сутки оказался максимальным.

Ключевые слова: железная дорога, станция, местная работа, цель и результаты, оперативное планирование выгрузки, развоз вагонов, оптимизация управления.

Местная работа начинается и завершается перевозочный процесс, связывает магистральные и промышленные пути, определяет взаимодействие железных дорог с другими видами транспорта, обуславливает характер и объем нагрузки станций, составляет значительную долю в поездной, сортировочной и маневровой работе, влияет на использование вагонов, локомотивов и пропускную способность инфраструктуры.

I.

Современная организация местной работы регламентируется большим числом нормативно-технологических документов (внутридорожный план формирования поездов, график движения местных поездов, техническое нормирование эксплуатационной работы дорог и станций, единый технологический процесс для подъездных путей и станций примыкания, оперативное планирование поездной и грузовой деятельности), которые между собой не связаны, готовятся изолированно друг от друга, разными работниками и на различные сроки.

Таблица 1

Прибытие на станцию		Расписание подач на грузовой фронт		Фактически подано и выг- ружено	Невосполни- мая потеря выгрузочной способности
Время, ч	Вагонов	Время, ч	Вагонов		
17.30	30	20.00	40	30	10
21.00	15	0.00	20	15	5
2.00	10	4.00	20	10	10
7.00	40	8.00	40	0	40
8.00	15	12.00	40	40	0
10.00	20	16.00	60	60	0
11.00	50				
12.00	40				
Всего	220		220	155	65

Реальные ситуации и размеры местной работы часто значительно отличаются от условий нормативных документов, предусматривающих равномерную и среднесуточную нагрузку. Минимальное число местных поездов в графике движения создает большие перерывы в подаче вагонов на грузовые фронты и сгущенное поступление вагонов на станции выгрузки. Способы организации местных вагонопотоков никак не связаны с характером грузовых фронтов.

Грузовая работа объективно выполняется неравномерно в течение суток. С этим не надо бороться, необходимо лишь учитывать такую неравномерность и стремиться к *своевременному* развозу местных вагонов, чтобы максимально использовать погрузочные и выгрузочные возможности грузовых фронтов.

В настоящий момент сменно-суточное планирование местной работы не нацелено на получение высокого конечного результата (погрузки и выгрузки), не учитывает реальной ситуации на станциях назначения и грузовых фронтах, необоснованно устанавливает задания на развоз местных вагонов и выгрузку, не предусматривает адекватной технологии достижения задаваемых показателей.

Существенно затрудняет организацию местной работы на сети железных дорог распыленность грузовых операций на неоправданно большом числе станций. Свыше половины станций не без влияния подобных причин являются убыточными.

Эффективное планирование и управление местной работой немыслимо без сбалансированности потребности в перевоз-

ках и возможностей транспорта при максимальном использовании выгрузочной способности грузовых фронтов.

Рассмотрим использование выгрузочной способности крупного подъездного пути (промышленного предприятия, порта, погранперехода и т. д.), подача вагонов на который осуществляется по расписанию (таблица 1). Время от прибытия на станцию до подачи на грузовой фронт – не менее 2 ч. Если сложить количество вагонов, которые могут быть поданы за сутки, получим 220. То есть выгрузочная способность равна 220 вагонам в сутки. И прибывает под выгрузку именно 220, но без согласования со временем подачи на грузовой фронт. В результате отсутствие на станции вагонов к моменту подачи вызывает невосполнимые потери выгрузочной способности.

Максимальное использование погрузочной и выгрузочной способности достигается, когда после окончания грузовых операций вагоны сразу убираются с грузовых фронтов и подаются следующие группы техники, соответствующие установленной вместимости путей. То есть к моменту окончания грузовых операций с одной группой вагонов на станции должна находиться другая группа для подачи на грузовой фронт. Своевременная подача на станциях вагонов и должна быть целью местной работы. Только тогда возможен оптимальный режим, при котором реализуются максимальные размеры грузовой работы.

Чтобы соблюдать высокие требования, уже недостаточно использовать при организации местных вагонопотоков среднесуточные размеры, а при разработке гра-



фика движения прокладывать минимальное число местных поездов. Все нормативно-технологические документы, регламентирующие организацию местной работы, должны быть подчинены требованию грузовых фронтов по своевременному подводу вагонов к станциям.

А поскольку ситуация с подходом вагонов на станции выгрузки и грузовые фронты существенно меняется каждый день, то и планировать их движение целесообразно перед началом каждых суток, то есть на стадии подготовки сменно-суточного плана. Сменно-суточный план эксплуатационной работы должен содержать не только задания, обеспечивающие выполнение плана перевозок, но и способы выполнения этих заданий.

Несмотря на неоднократные попытки автоматизации расчетов оперативного планирования, оно по-прежнему строится на основе опыта, интуиции и экспертных оценок. При «ручном» планировании невозможно учесть большое число влияющих факторов. С таким качеством плановых расчетов не приходится думать о точности достижения цели и цене, с которой можно ее добиться. Именно в связи с затратами на достижение цели управления и возникает понятие оптимальности. Оптимальный план обеспечивает достижение заданных показателей с минимальными затратами.

II.

Чтобы местная работа была взаимоувязана на всех уровнях управления и представляла собой систему, оцениваемую по конечному результату (размеру выгрузки), она должна быть подчинена единой цели — созданию оптимальных условий для грузовых фронтов, где достигается максимальная выгрузка. Вагоны на грузовой фронт подаются по уведомлению или расписанию. Первый вид подачи происходит с уведомлением не менее чем за два часа. Подача же по расписанию выполняется через определенные интервалы времени. В обоих случаях планированием организации местной работы к моменту времени подачи вагонов на грузовой фронт должно быть обеспечено соответствующее их поступление на станцию.

Максимальная выгрузочная способность грузового фронта

$$P = m_{\phi} \frac{T}{t_{\text{гр}} + t_{\text{м}}}, \quad (1)$$

где m_{ϕ} — максимальное число вагонов в подаче на грузовой фронт; T — продолжительность работы грузового фронта в течение суток, ч; $t_{\text{гр}}$ — время выполнения грузовых операций, ч; $t_{\text{м}}$ — затраты времени на подачу и уборку вагонов с грузового фронта.

Значения входящих в формулу (1) величин берутся из договора на обслуживание подъездного пути. При детерминированном режиме подачи вагонов на грузовой фронт продолжительность выполнения грузовых операций и маневровой работы определяет интервалы времени между подачами. Интервалы берутся из соответствующего расписания или до начала планирования местной работы. В процессе планирования намечаются не только конечные показатели, но и вырабатывается технология их достижения, включающая план передачи местных вагонов между отделениями, оперативную корректировку внутридорожного плана формирования и графика движения поездов, обеспечивающих своевременное поступление вагонов на станции назначения.

Оперативное планирование организации местной работы имеет в виду два этапа. На *первом* прогнозируется прибытие местных вагонов на станции назначения в соответствии с их дислокацией и скоростью перемещения, полученной в результате моделирования.

Прогнозное время прибытия вагонов на станции выгрузки сопоставляется с необходимым для своевременной подачи на грузовые фронты. Выявляются вагоны, прибытие которых на станцию назначения надо ускорить. Резервами такого ускорения являются сокращение времени нахождения местных вагонов на технических станциях и следования поездов на участках местной работы. Поэтому на *втором этапе* планирования рассматривается возможность ускорения доставки вагонов за счет оперативной корректировки плана формирования и графика движения местных поездов, уточняются очередность подачи вагонов на грузовые фронты и показатели местной и грузовой работы.

В автоматизированной системе оперативного управления перевозочным процессом содержится информация о наличии и дислокации местных вагонов для каждого грузового фронта всех станций дороги. На основе этой информации в соответствии с планом формирования и графиком движения, моделируемой скоростью перемещения вагонопотоков намечается предварительное время прибытия местных вагонов на станции выгрузки. Сравнивая фактические и нормативные интервалы подачи вагонов на каждый грузовой фронт, определяют число неполных подач и время простоя грузовых фронтов, предварительный объем выгрузки и неиспользованные «нити» подач.

Для оценки эффективности организации местной работы без оперативного изменения технологии сопоставляют наличие местных вагонов M для каждого грузового фронта с их выгрузочными способностями P . При этом возможны три случая:

$$M > P; \quad M = P; \quad M < P. \quad (2)$$

В первых двух случаях размер выгрузки должен быть не меньше P , в третьем — не меньше M . Если полученный в соответствии с прогнозом поступления вагонов объем выгрузки оказывается ниже P и M , то это свидетельствует о том, что нужно увеличить число подач вагонов и полнее использовать вместимость грузовых фронтов. Отсюда задача — выявить вагоны, которые должны прибывать на станцию раньше. С этой целью наличие местных вагонов для каждого грузового фронта в зависимости от местонахождения целесообразно зафиксировать:

- 1) на станции выгрузки;
- 2) на технических и грузовых станциях;
- 3) в поездах, следующих на техническую станцию;
- 4) в поездах, следующих на станцию выгрузки;
- 5) на погрузке в местном сообщении.

На часть местных вагонов, которые перечислены в пунктах 1 и 4, нельзя активно воздействовать и ускорить их прибытие на станцию выгрузки. Эти вагоны твердо закрепляются за определенными «нитками» подач на грузовой фронт. Прибытие на станцию выгрузки местных вагонов, перечисленных в пунктах 2, 3 и 5, может

быть заблаговременно изменено за счет оперативной корректировки плана формирования и графика движения поездов.

Так, если в силу реальной потребности сборный или вывозной поезд можно сформировать и отправить раньше, чем предусмотрено графиком, то время его ухода с технической станции соответственно переносится. Если же надо ускорить отправление не всех вагонов, следующих со сборным поездом, а лишь их части, то такие группы вагонов могут быть отправлены с участковыми или сквозными поездами с отцепкой на требуемой станции. При наличии местных вагонов на дороге в количестве, превышающем выгрузочные возможности какого-то грузового фронта, целесообразно в планируемом периоде уменьшить погрузку в его адрес. И, наоборот, при недоиспользовании выгрузочных возможностей — погрузку увеличить.

При выборе вариантов доставки местных вагонов на станции выгрузки предпочтение отдается тому, который обеспечивает оптимальное использование выгрузочной способности грузовых фронтов и максимальный размер выгрузки. Рассмотрим процесс решения этой задачи применительно к дороге, для станций которой задаются m «ниток» подач вагонов на грузовой фронт и n моментов времени прибытия вагонов на станцию. Требуется разработать оперативный план организации местной работы, который определяет время прибытия вагонов на станции назначения и прикрепление к «ниткам» подач на грузовой фронт таким образом, чтобы объем выгрузки оказался максимальным за сутки.

Задача оперативного планирования выгрузки имеет достаточно большую размерность, и вручную учет выгрузочных возможности грузовых фронтов невозможно. Для решения этой задачи на ЭВМ ее необходимо формализовать.

III.

В математической постановке задача сформулирована в терминах распределения потоков на графах. В этом случае адекватной математической моделью организации работы с местными вагонами служит взвешенный граф, «весом» вершин первой доли которого является прогнозное время прибытия вагонов на станцию. Нумерация



Таблица 2

Исходные данные примера

Прогноз прибытия вагонов на станцию	Очередность прибытия	1	2	3	4	5	6	7	8
	Время	17.30	21.00	2.00	7.00	8.00	10.00	11.00	12.00
	Число вагонов	30	15	10	40	15	20	50	40
Расписание подачи вагонов на грузовой фронт	Номер подачи	1	2	3	4	5	6		
	Время	20.00	0.00	4.00	8.00	12.00	16.00		
	Число вагонов	40	20	20	40	40	60		

Таблица 3

Результаты решения примера

Оптимальное прибытие вагонов на станцию	Требуемая очередность прибытия	1	2	3	4–5	6	7–9	10–11	12	13
	Время	17.30	18.00	21.00	22.00	2.00	6.00	10.00	11.00	12.00
	Число вагонов	30	10	5	15	20	40	40	20	40

вершин возрастает в течение планируемого периода (например смены, суток). «Весом» вершин третьей доли графа выступает время подачи вагонов на грузовой фронт, который определяется частным от деления продолжительности планируемого периода на время выполнения грузовых операций. Стохастически складывающееся прогнозное прибытие вагонов на станцию, неувязанное с выполнением грузовых операций, не всегда обеспечивает максимальное использование выгрузочной способности грузовых фронтов: часть времени послед-

ние простаивают в ожидании работы, а при сгущенном прибытии — в ожидании подачи.

Для своевременного обеспечения графика подачи вагонов на грузовой фронт строят искомую вторую долю графа, «веса» вершин которой характеризуют моменты времени поступления вагонов на станцию. Последние могут совпадать с прогнозным временем или показывают потребность в более раннем прибытии вагонов. В этом случае «вес» вершин (время прибытия) определяется разностью времен подачи

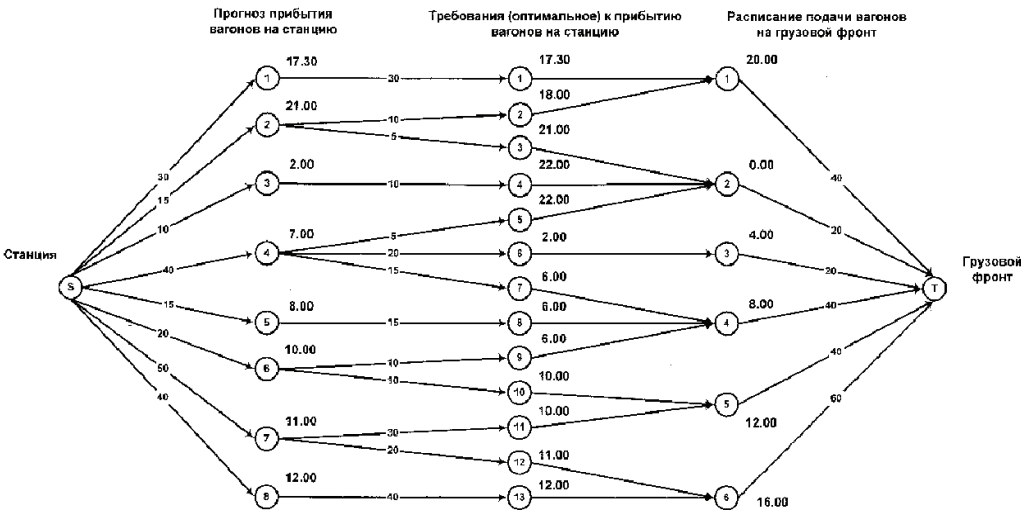


Рис. 1. Потокмодель оптимизации прибытия местных вагонов на станцию выгрузки.

Таблица 4

Входная и выходная информация для оперативного планирования местной работы

Прогноз прибытия				Расписание подач				Результат планирования			
№	Дата	Время	Число вагонов	№	Дата	Время	Число вагонов	№	Дата	Время	Число вагонов
1	5.10	17.30	30	1	5.10	20.00	40	1	5.10	17.30	30
2	5.10	21.00	15	2	6.10	00.00	20	2	5.10	18.00	10
3	6.10	02.00	10	3	6.10	04.00	20	3	5.10	21.00	5
4	6.10	07.00	40	4	6.10	08.00	40	4	5.10	22.00	10
5	6.10	08.00	15	5	6.10	12.00	40	5	5.10	22.00	5
6	6.10	10.00	20	6	6.10	16.00	60	6	6.10	02.00	20
7	6.10	11.00	50					7	6.10	06.00	15
8	6.10	12.00	40					8	6.10	06.00	15
								9	6.10	06.00	10
								10	6.10	10.00	10
								11	6.10	10.00	30
								12	6.10	11.00	20
								13	6.10	12.00	40

вагонов на грузовой фронт по графику и необходимым для выполнения технологических и маневровых операций.

То есть задача отыскания «весов» вершин второй доли графа сводится к синтезированию дуг, соединяющих вершины различных долей графа, и вычислению

потоков на них, чтобы реализовывалось решение между истоками (прогнозные прибытие вагонов на станцию) и стоками графа (заявка на подачу вагонов под выгрузку в планируемый период) при достижении на множестве дуг этого графа экстремума функционала

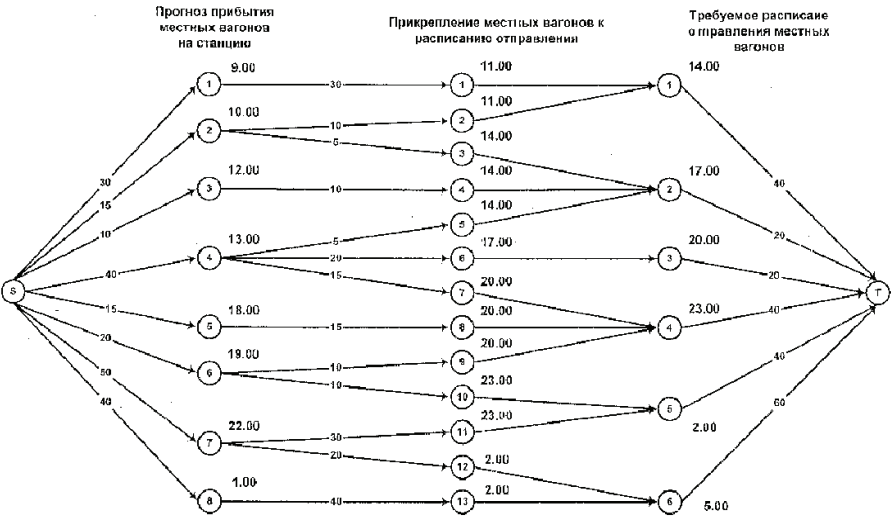


Рис. 2. Потоксовая модель оптимизации отправления местных вагонов с технической станции.



$$F = \min\{M, P\} \quad (3)$$

при отношении (2).

Для реализации функционала (3) рассмотрим алгоритм, предварительно введя следующие обозначения: S — источник графа; T — сток графа; i, j, k — вершины соответственно первой, второй и третьей долей графа; N — поток вагонов на дугах между долями графа; N_{si} — прогнозный поток прибытия вагонов на станцию; N_{kt} — максимальное число вагонов в подаче на грузовой фронт; t_{tr} — текущее время наиболее позднего прибытия вагонов на станцию для использования в определенной подаче на грузовой фронт; t_n — время подачи вагонов на грузовой фронт; $t_{техн}$ — технологическое время от прибытия вагонов на станцию до подачи на грузовой фронт.

Алгоритм выполнения расчетов приводит к упорядочению потоков прибытия вагонов на станцию, чтобы обеспечить максимально возможный размер выгрузки, и определяет требуемый для этого график их поступления. Оптимальному графику поступления вагонов на станцию соответствует нахождение «весов» вершин второй доли графа.

Алгоритм выработки требований к поступлению местных вагонов на станцию выгрузки:

1. Положим $i = k = 1, j = 0$.

2. Если $N_{si} < N_{ki}$, то идти к п. 4; если $N_{si} = N_{kt}$, то — к п. 5; если, $N_{si} > N_{kt}$, то — к п. 3.

3. Вычислим $N_{si} = N_{si} - N_{kt}$; $j = j + 1$;

$$N_{ij} = N_{kt}; \quad t_i = \min\{t_i, t_k - t_{техн}\}; \quad k = k + 1.$$

Если $k > k_{\max}$, то идти к п. 6, иначе — к п. 2.

4. Вычислим $N_{kt} = N_{kt} - N_{si}$; $j = j + 1$;

$$N_{ij} = N_{si}, \quad t_i = \min\{t_i, t_k - t_{техн}\}; \quad i = i + 1.$$

Если $i > i_{\max}$, то идти к п. 6, иначе — к п. 2.

5. Вычислим $j = j + 1$; $N_{ij} = N_{si}$,

$$t_i = \min\{t_i, t_k - t_{техн}\}; k = k + 1. \text{ Если } k > k_{\max},$$

то идти к п. 6, иначе $i = i + 1$. Если $i > i_{\max}$,

то идти к п. 6, иначе — к п. 2.

6. Составляем график поступления вагонов на станцию для всех значений i и k , $t_j = \min\{t_i, t_k - t_{техн}\}$.

Пример. Оптимизировать прибытие вагонов на станцию для грузового фронта с выгрузочной способностью 220 вагонов в сутки (рис. 1). Время выполнения технологических и маневровых операций от прибытия вагонов на станцию до подачи на грузовой фронт — 2 ч. В таблице 2 заданы прогноз прибытия местных вагонов на станцию и расписания подачи на грузовой фронт.

Рассмотрим решение примера.

1. Положим $i = k = 1; j = 0$.

2. Положим,

$$N_{si} = 30; N_{kt} = 40; N_{si} < N_{kt}.$$

Идти к п. 5.

5. Вычислим

$$N_{i=1, k=1} = 30; N_{s, i-1} = 40 - 30 = 10;$$

$$N_{k=1, T} = 40 - 30 = 10; i = 2; j = 1.$$

Идти к п. 2.

2. Положим

$$N_{si} = 10; N_{kt} = 10; N_{si} = N_{kt}.$$

Идти к п. 3.

3. Вычислим

$$N_{i=2, k=1} = 10; N_{si} = 15 - 10 = 5;$$

$$N_{k=1, T} = 10 - 10; j = 2.$$

4. Положим $k = 2$. Идти к п. 2.

Пунктуально следуя алгоритму упорядочивания местных вагонопотоков, получаем 13 вершин 1-й доли потокового графа, который соответствует оптимальному графику прибытия вагонов на станцию (таблица 3).

Организация местной работы в соответствии с прогнозом прибытия вагонов на станцию обеспечивает выгрузку за сутки лишь 155 единиц техники, в то время как оптимизация поступления вагонов на станцию позволяет полностью реализовать выгрузочные способности грузового фронта и освободить от груза 220 вагонов.

Оптимизация предполагаемого поступления местных вагонов для отдельных грузовых фронтов обобщается в целом для станций участка. С учетом проследования местных

вагонов до станции выгрузки определяется необходимое время отправления их с технических станций (рис. 2). Возможность более раннего отправления зависит от прогноза времени прибытия на станцию.

Наилучшее использование пропускной способности участков обеспечивают «нити» графика движения, по которым вагоны на станциях выгрузки могут отцепляться за время стоянки грузового поезда под обгоном пассажирским. При организации движения поездов на участках не по максимальному графику дополнительные сборные поезда и транзитные с прицепкой местных вагонов пропускаются по диспетчерскому расписанию. Ввиду большого числа вариантов формирования сборных поездов и групп местных вагонов для прицепки к сквозным и участковым поездам разработаны алгоритм и программное обеспечение решения задачи.

Благодаря автоматизации оперативного планирования местной и грузовой работы создается оперативный план развоза местных вагонов по станциям и подачи их на грузовые фронты. В таблице 4 представлено «окно» на экране монитора автоматизированного рабочего места диспетчера по регулированию вагонного парка с исходными данными и полученными результатами оптимизации подвода вагонов под выгрузку на станцию назначения. Аналогично представляются результаты расчета требуемого времени отправления местных вагонов с технических станций, корректировки плана формирования и графика движения местных поездов.

Такой план включает технологию формирования и график движения поездов с местными вагонами и позволяет контролировать ход его выполнения. Вагоны,

поданные на грузовые фронты с полными сроками на выполнение грузовых операций до конца смены или суток, составляют планируемый размер выгрузки за соответствующий период времени. Дополнительно поступающие в течение суток местные вагоны используются для заполнения неполных подач на грузовые фронты.

ВЫВОДЫ

Представленный в статье порядок оперативного планирования выгрузки помогает прогнозировать время и дислокацию образования порожних вагонов, что является исходной информацией для задачи распределения их под погрузку с учетом характеристик вагонов и грузов.

Пока при планировании погрузки совершенно не учитываются возможности своевременной выгрузки вагонов. В результате на станциях назначения их часто скапливаются на несколько суток выгрузки, омертвляются вагоны и грузы, срываются сроки доставки. Если, как показано в предлагаемой методике, «перекинуть мостик» со станции выгрузки не только до ближайшей, но и других попутных технических станций и до станции погрузки, станет самоочевидной связь между размерами погрузки и выгрузочной способностью станции назначения. Сначала эту связь целесообразно установить в местном сообщении, а потом и в прямом.

Оптимизация местной работы по конечному результату (максимальному размеру выгрузки) обеспечивает более полное использование выгрузочной способности грузовых фронтов, сделает реальной задачу объединить все уровни управления местной работой единой целью. ●

OPTIMIZATION OF LOCAL OPERATIONS

Levin, Dmitry Yu. – Ph. D. (Tech), associate professor of the department of transport operations and safety of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Wunna Than Htun – Ph. D. student at the department of logistics transportation systems and engineering of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors put forward a problem of short-term planning of local operations at the railway station and propose mathematically simulated decisions there-of. The proposed algorithm considers the time of arrival of the cars and their distribution between the tracks towards unloading facilities in order to allow for the highest possible volume of 24 hours discharge.

Key words: railway, station, local operations, objective and results, short-term planning of unloading, distribution of cars, optimization of management.

Координаты авторов (contact information): Левин Д. Ю. – levindu@yandex.ru, Вунна Тан Тун – wunna_thanhtun@mail.ru.

