

Определение параметров «окон» при оценке перевозочных перспектив



Иосиф КОКУРИН
Iosif M. KOKURIN

Дмитрий КАТЦЫН
Dmitry V. KATTSYN



Вячеслав ТИМЧЕНКО
Vyacheslav S. TIMCHENKO

Кокурин Иосиф Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Института проблем транспорта РАН им. Н. С. Соломенко, Санкт-Петербург, Россия.

Катцын Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, советник первого вице-президента ОАО «РЖД», Москва, Россия.

Тимченко Вячеслав Сергеевич – младший научный сотрудник ИПТ РАН им. Н. С. Соломенко, Санкт-Петербург, Россия.

Determining Parameters of Scheduled Maintenance Work-Intervals within the Assessment of Future Transportation Capacity

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 149)

Статья содержит описание метода имитационного моделирования, необходимого для количественного обоснования этапов модернизации и ремонта железнодорожной инфраструктуры. Его применение имеет особое значение при освоении возрастающих объемов перевозок с расчетом на длительную перспективу и с учетом предоставления продолжительных «окон» (пауз в движении), снижающих пропускную способность эксплуатируемых линий.

Ключевые слова: железнодорожная инфраструктура, модернизация, ремонт, пропускная способность, имитационное моделирование.

Задача количественной оценки возможностей пропуска перспективных объемов грузопотоков по железнодорожным направлениям при сравнимых вариантах развития инфраструктуры на длительную перспективу 5, 10 и более лет решается сегодня на основе метода имитационного моделирования процессов перевозок [1], разработанного и постоянно развиваемого сообществом ученых академической, отраслевой и вузовской науки.

Модернизация и ремонт железнодорожной инфраструктуры требуют предоставления длительных «окон» (перерывов в движении), снижающих пропускную способность однопутных линий, по экспертным оценкам, на 15–20%, а двухпутных – на 12–15%.

Специалисты железных дорог, так принято, готовят планы модернизации и ремонта инфраструктуры только на очередной год, что позволяет достоверно учитывать возможности обеспечения процесса рабочей силой, техникой и материалами [2] лишь на ограни-

ченном отрезке времени. Поэтому актуальность развития метода имитационного моделирования для обоснования этапов модернизационных программ по-прежнему высока, а забота о минимизации расходов на освоение прогнозируемых объемов перевозок с учетом оптимизации параметров «окон» приобретает все больший вес на фоне экономических проблем последних лет.

I.

Наибольшее количество «окон» предоставляется путевому хозяйству железных дорог, поскольку сложные по технологии и продолжительные работы выполняются комплексом путевых машин и хозяйственных поездов. На других объектах инфраструктуры в основном хватает технологических «окон», предусматриваемых нормативными графиками движения поездов для путевых работ. Логично предположить, что при таком раскладе количество и продолжительность «окон» на длительную перспективу должно определяться по их потребности именно для путевых операций.

Выполнение путевых работ регламентируют технические условия [3], которые распространяются на участки пути с обращением грузовых поездов с осевыми нагрузками до 25 кН/ось, скоростями до 140 км/ч и пассажирских поездов со скоростями до 200 км/ч. Виды ремонта и схемы его выполнения определяются в зависимости от класса, группы и категории железнодорожного пути.

Основной вид ремонта назначается на текущий год, если наработка тоннажа (G_c) достигает нормы ($G_{сн}$) или если наступил срок проведения такого ремонта при исчислении межремонтного цикла в годах. Для железнодорожных направлений, относящихся к первому классу, группе А, категориям 1–3 и С, $G_{сн} = 700$ млн т. Промежуточные виды ремонта распределяют между основными равномерно по годам или пропущенному тоннажу.

К основным видам ремонта относятся:

1. Модернизация (реконструкция) железнодорожного пути.
2. Капитальный ремонт на старогодных материалах.
3. Замена стрелочных переводов.

Промежуточные виды ремонта включают:

1. Средний ремонт.
2. Планово-предупредительный.
3. Сплошную смену рельсов и металлических частей стрелочных переводов.
4. Шлифование рельсов.

После определения сроков выполнения ремонтных работ для каждого их вида составляют графики предоставления «окон» с указанием мест, дат и продолжительности перерывов в движении.

Длительные «окна» с привлечением путевых машинных станций (ПМС) предоставляются для следующих видов работ:

1. Модернизация (реконструкция) железнодорожного пути.
2. Капитальный ремонт на старогодных материалах.
3. Средний ремонт.
4. Замена стрелочных переводов.

Технологии разработки графиков предоставления «окон» для модернизации и капитального ремонта на старогодных материалах идентичны и касаются всех объектов инфраструктуры: путь, ИССО, СЦБ, технологическая связь, электроснабжение и т. д.

Для замены стрелочных переводов предусматриваются «окна», длительность которых определяется по нормам с учетом местных условий. При этом проверяются возможности выполнения работ одновременно с модернизацией или усиленным средним ремонтом, если сроки их совпадают, а операции по смене стрелочных переводов не мешают передвижению путевой техники.

Длительные «окна» предоставляются для основных видов ремонта, а подготовительные и заключительные (отделочные) работы укладываются в технологические «окна».

Исключение составляет срезка земляного полотна, которая следует за чистовой выправкой и динамической стабилизацией пути. Такая отделочная операция выполняется в технологические «окна», совмещается с чистовой выправкой пути, но частично требует и использования длительных «окон».

Производительность здесь зависит от профиля земляного полотна и измеряется в м³, поэтому при переводе в метры железнодорожного пути ее показатели с учетом местных особенностей изменяют-



Нормативная и средняя производительность путевых работ, м

Виды работ	Продолжительность «окна», ч			
	Нормативное значение		Среднее значение	
	8 ч	10 ч	8 ч	10 ч
Укладка РШР	1350	1500	1150	1350
Смена инвентарных рельсов	800	1200	600	800
Чистовая выправка пути (ВПр/ВПО)	700	900	700	900
Чистовая выправка пути (ПМ «Доуматик»)	3 км/смена			
Срезка земляного полотна	300-1500	500-1700	300-1500	500-1700

ся в широком диапазоне от 300 до 1500 м в восьмичасовое «окно».

Возможность частичного выполнения срезки земляного полотна в технологические «окна» затрудняет расчет потребного их количества при составлении графиков работ. Поэтому на основе реального опыта предлагается для участков длиной менее 12 км выделять для срезки земляного полотна дополнительно три восьмичасовых или два десятичасовых «окна». При длине участка более 12 км становится возможным выполнять эту работу только в технологические и совмещенные «окна» без выделения длительных.

II.

К основным видам ремонтных работ при модернизации железнодорожного пути относятся [4]:

1. Сохранение длинномерных рельсовых плетей.
2. Укладка новой рельсошпальной решетки.
3. Смена инвентарных рельсов на длинномерные плети.
4. Глубокая очистка балласта.
5. Чистовая выправка пути.

В последнее время длинномерные рельсовые плети не сохраняют, что позволяет

сократить количество предоставляемых «окон». Рельсовые плети режут на части по 25 м и увозят вместе со старой рельсошпальной решеткой, а на ее место укладывают новую с инвентарными рельсами.

После этого в технологическое «окно» рельсовозным составом доставляют и выгружают внутрь колеи длинномерные рельсовые плети, которыми в ближайшее длительное «окно» заменяют инвентарные рельсы. Новые плети сваривают и закрепляют, создавая бесстыковой путь.

Следующим этапом является глубокая очистка балласта с использованием щебнеочистительных машин. После завершения достаточного по длине фронта работ производится чистовая выправка пути, одновременно с которой осуществляется его динамическая стабилизация. В финале происходит срезка земляного полотна, придающая ему форму в соответствии с проектом.

После выполнения всего комплекса путевых работ пропускается путеизмерительный вагон, на основе данных которого принимается решение о величине допускаемой на участке скорости движения поездов.

Для сокращения количества «окон» часть ремонтных операций разрешается



Рис. 1. Последовательность выполнения работ, требующих предоставления длительных «окон», при модернизации железнодорожного пути и возможность их совмещения.

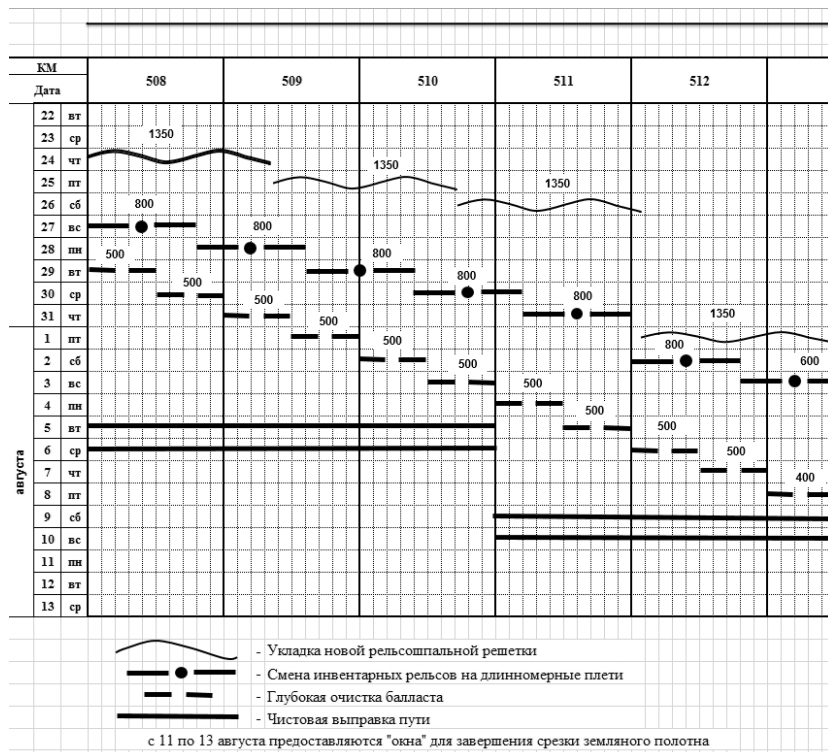


Рис. 2. График проведения модернизации железнодорожного пути с предоставлением восьмичасовых «окон».

в совмещенные «окна». Условием для этого является создание достаточного расстояния между концом первого и началом второго фронта работ, чтобы исключить задержки движущейся в одном направлении путевой техники, обеспечить безопасность и эффективность процесса.

Нормативная и усредненная производительность путевых работ указаны в таблице 1.

При закрытии перегона итоговая производительность модернизации железнодорожного пути по всем видам работ и экспертной оценке находится в диапазоне от 1,25 до 2 км/сут.

Последовательное выполнение работ, требующих предоставления длительных «окон», показано на рис. 1 горизонтальными линиями, а возможность одновременного их производства в совмещенные «окна» — вертикальными линиями.

Производительность глубокой очистки балласта является минимальной среди видов ремонтных работ (см. таблицу 1). Поэтому следует максимально выполнять эту операцию в совмещенные «окна», что позволит иметь график с минимальным количеством «окон».

Для начала чистовой выправки пути необходим участок после глубокой очистки балласта длиной не менее 3 км, поскольку эта работа выполняется с самой высокой производительностью.

Фрагмент графика предоставления «окон» длительностью 8 часов для модернизации железнодорожного пути демонстрирует рис. 2.

На графике в восьмичасовое «окно» первым на очереди фронт работ длиной 1350 м по укладке рельсошпальной решетки. После завершения отрезка в 4 км начинаются работы по смене инвентарных рельсов, производительность на этапе восьмичасового «окна» составляет 800 м.

Смена инвентарных рельсов за два таких «окна» позволяет вести глубокую очистку балласта в совмещенные «окна». Запустить работы раньше нельзя из-за недостаточного расстояния для размещения путевой техники.

После смены инвентарных рельсов на фронте работ длиной 4 км даются еще одно «окно» для укладки рельсошпальной решетки и два «окна» для смены инвентарных рельсов, которые совмещаются с глубокой очисткой балласта.



Зависимости затрат рабочего времени от организации ремонтных работ

Длительность работ, ч	Три «окна» по 8 часов	Закрытие перегона
Ремонтные работы	15	15
Непроизводительные работы	9	3
Общая продолжительность работ	24	18
Занятость техники	72	18

Чистовая выправка пути с производительностью 3 км за «окно» выполняется дважды. Два «окна» с такой выправкой и динамической стабилизацией пути совмещаются с работами по глубокой очистке балласта.

Для срезки земляного полотна предоставляются три дополнительных «окна» по 8 часов.

III.

На сети железных дорог РФ применяются три технологии организации работ по ремонту пути:

1. Выполнение программы в «окнах» продолжительностью 8, 10 и 12 часов.

2. Закрытие перегона на период ремонтных работ (5–6 суток).

3. Проведение ремонта по семисуточному графику.

Выбор варианта связан с уровнем использования пропускной способности, наличием параллельных железнодорожных линий, техническим оснащением (наличие двусторонней автоблокировки) и организацией функционирования железнодорожного участка (обращение тяжеловесных, длинносоставных и соединенных поездов).

Наибольшая производительность ремонтных работ достигается на закрытом перегоне, а наименьшая – в условиях предоставления «окон» продолжительностью 8 часов. Это объясняется тем, что с увеличением продолжительности «окна» снижаются потери времени и энергии на доставку путевых машин к месту действия и обратно, организацию и обслуживание самих производственных процессов.

Ситуацию с производительностью легко проследить на примере глубокой очистки балласта, которая определяет продолжительность выполнения всего комплекса путевых работ. При суммарных затратах времени в три часа на передвижение путевой техники туда и обратно, а также подготовку и проведение рабочих операций

получаются зависимости затрат времени от продолжительности «окна», представленные в таблице 2.

Поскольку каждое «окно» предоставляется в отдельные сутки, то при закрытии перегона сокращается не только общая продолжительность ремонтных работ, но и количество суток нахождения путевой техники на ремонтируемом участке (с 72 до 18 часов). Это позволяет увеличить производительность техники за счет использования ее на других участках.

При закрытии перегона работы ведутся круглосуточно и, как правило, с привлечением нескольких ПМС. Эксплуатационные расходы снижаются в 1,5–2 раза, на 70% – потребность в локомотивах для хозяйственных поездов, в 1,5–2 раза – затраты на порожний пробег рабочих поездов. [5]. Недостатком применяемой технологии является снижение пропускной способности железнодорожного участка из-за длительного пропуска поездов по одному пути двухпутного перегона в обоих направлениях.

Промежуточным вариантом специалистами Куйбышевской железной дороги признается предложенная ими организация работ по семисуточному графику. Эта технология (рис. 3) предусматривает в одни и те же дни недели чередование «окон» большой (14–32 ч) и малой (8 ч) продолжительности с сутками без «окон», что позволяет пропускать заданное количество поездов за неделю в промежутках между «окнами» [6].

На графике наклонными линиями показаны расположения «окон», а горизонтальными – места проведения ремонтных работ, причем на участке А-В действует первая ПМС, а на участке В-Е – вторая.

В среду (разъездной день) «окна» не предоставляются, и вариантный график предусматривает пропуск максимального количества грузовых поездов. С четверга по субботу предлагаются «окна» по 8 часов,

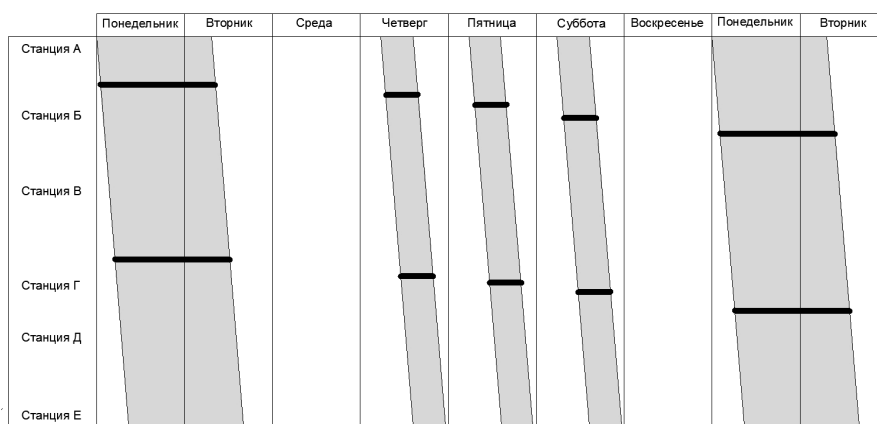


Рис. 3. Семисуточный график ремонтных работ.

а в воскресенье планируется разъездной день.

Преимуществом такой технологии является фиксированное количество пропускаемых поездов в течение недели за счет цикличности работ, что сглаживает неравномерность движения в разные дни и обеспечивает пропуск запланированного количества поездов [7].

Продолжительность большого «окна» рассчитывается, исходя из необходимости пропуска всего поездопотока по ремонтному участку и параллельным линиям.

Анализ планирования, организации и выполнения ремонтных работ — основа компьютерной технологии определения потребности в «окнах» при перспективных объемах перевозок. Она необходима для оценки достаточности пропускной способности при реализации предлагаемых вариантов развития инфраструктуры с помощью имитационного моделирования процессов железнодорожных перевозок [8–9].

Системной базой этой технологии выступает блок-схема (рис. 4) процессов взаимодействия модернизируемого по причине утверждения новых ТУ модуля планирования ремонтных работ (МПРР) и модуля имитационного моделирования процессов перевозок (ИМПП) [10–11] при формировании графика предоставления «окон» большой продолжительности.

Для запуска МПРР необходимо ввести нормативно-справочную информацию о классах, группах и категориях путей, нормативах и схемах проведения ремонтов, производительности работ, параметрах

груженных и порожних поездов, а также данные о состоянии пути на начало периода планирования.

На основании такой информации МПРР выдает графики проведения ремонтных работ на весь период планирования, содержащие данные о местах, количестве, длительности предоставляемых «окон» и дополнительных ограничениях скорости поездов. Параметры графиков вводятся в ИМПП совместно с перспективными размерами движения.

В результате моделирования ИМПП строит графики исполненного движения, рассчитывает пропускную и провозную способности в условиях предоставления «окон». Эта информация экспортируется в МПРР, где рассчитывается грузонапряженность на конец года начала моделирования, корректируется план предоставления «окон», который передается в ИМПП.

Моделирование и корректировка графиков проведения ремонтных работ продолжают весь заданный период планирования. Если дата окончания работ на каком-либо участке выходит за последний день последнего месяца ремонтов, то планируется использование дополнительной ПМС.

В случае отсутствия условий для пропуска требуемого количества грузовых поездов по ремонтному участку проверяется возможность отклонения части поездопотока на параллельное направление.

ВЫВОДЫ

Результатом работы является развитие метода имитационного моделирования



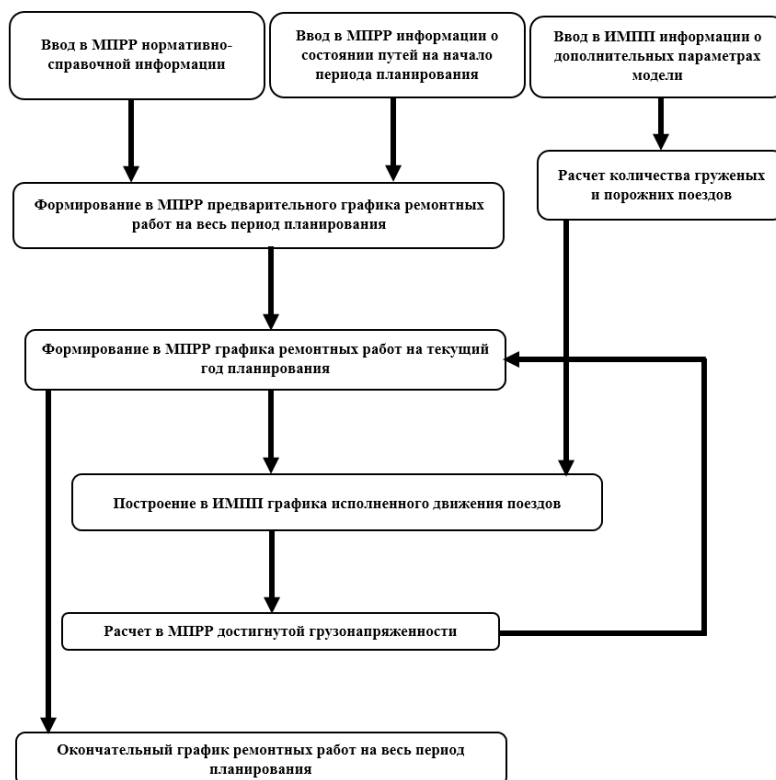


Рис. 4. Блок-схема процессов взаимодействия МПРР и ИМПШ.

процессов железнодорожных перевозок в направлении учета возможности совмещения во времени ремонтных работ при определении параметров длительных «окон», с целью количественного обоснования достаточности этапов модернизации железнодорожной инфраструктуры для освоения возрастающих объемов перевозок на длительную перспективу.

ЛИТЕРАТУРА

- Белый О. В. Инновационные проблемы развития транспорта // Бюллетень объединенного ученого совета ОАО «РЖД». – 2010. – № 4. – С. 97–100.
- Инструкция о порядке предоставления «окон» для ремонтных и строительно-монтажных работ на железных дорогах Российской Федерации. Утв. МПС РФ 16.11.2001 г., № ЦД-862. – 58 с.
- Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути. Утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 2 мая 2012 г., № 859р. – 308 с.
- Технологический процесс реконструкции пути с созданием и уплотнением защитного подбалластного слоя путевыми машинами. Утв. главным инженером департамента пути и сооружений ОАО «РЖД» 29.11.2008 г.
- Сазонов В. Н. Задачи и перспективы ремонтного комплекса путевого хозяйства // Путь и путевое хозяйство. – 2006. – № 5. – С. 2–8.
- Атякин Д. И., Коваленко Н. И. Сквозные «окна» как ресурс ремонта // Мир транспорта. – 2011. – № 5. – С. 120–123.
- Кутумов В. М., Романова П. Б., Муковнича Н. А. Проблемы организации продолжительных «окон» // Вестник СамГУПС. – 2009. – № 6 (18) / Том 2. – С. 132–134.
- Кокурин И. М., Кудрявцев В. А. Оценка пропускной способности железнодорожных линий на основе имитационного моделирования процессов перевозок // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2012. – № 2. – С. 18–22.
- Кокурин И. М., Тимченко В. С. Методы определения «узких мест», ограничивающих пропускную способность железнодорожных направлений // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – № 1. – С. 15–22.
- Кокурин И. М., Тимченко В. С. Алгоритм оценки наличной пропускной способности железнодорожных участков в условиях планирования «окон» большой продолжительности // Материалы Международной научно-практической конференции «Транспорт России: проблемы и перспективы». – СПб: ИПТ РАН, 2013. – С. 71–75.
- Тимченко В. С. Алгоритмизация процессов оценки пропускной способности железнодорожных участков в условиях предоставления окон // Транспорт Российской Федерации. – 2013. – № 5. – С. 34–37. ●

Координаты авторов: Кокурин И. М. – kokyrim@mail.ru, Катцын Д. В. – kattzyn@yandex.ru, Тимченко В. С. – tim4enko.via4eslav@mail.ru.

Статья поступила в редакцию 03.02.2015, принята к публикации 17.04.2015.