

ПРИНЦИПЫ РЕКОНСТРУКЦИИ ГОРЛОВИН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СТАНЦИИ



Л.Н. Иванкова



А.В. Подорожника

Рассмотрены предложения по реконструкции горловин станций при пропуске смешанного поездопотока, включающего длинносоставные поезда и поезда обычной длины. Установлены основные затраты на реконструктивные мероприятия для повышения пропускной способности станции.

Ключевые слова: реконструкция горловин, обеспечение потребной пропускной способности станции

EDN: FVMQNY

Изменения объемов и маршрутов следования грузо- и вагонопотоков, связанные как с экономическими, так и с геополитическими причинами, существенно влияют на работу большинства раздельных пунктов. В силу различных факторов зачастую возникает потребность в частичной или кардинальной реконструкции железнодорожных объектов, чтобы их техническое оснащение позволяло выполнять необходимые объемы работ.

В процессе работы над проектами реконструкции станций проектировщикам приходится учитывать разнородные требования: увеличение емкости путевого развития (за счет увеличения количества путей или за

счет их удлинения), обеспечение потребной пропускной способности, изоляцию поездных и маневровых маршрутов, возможность расположить предлагаемую схему станции на имеющейся площадке с учетом сложности рельефа местности. Последний фактор оказывает существенное влияние на профилировку парков и других элементов инфраструктуры. Очень большое значение приобретает маневренность схемы и возможность параллельного выполнения технологических операций. При этом, чтобы не увеличивать строительную стоимость реконструируемого объекта, желательно укладывать минимальное количество стрелочных переводов, станционных и соединитель-

Иванкова Людмила Николаевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление транспортными процессами» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы совершенствования технологии и технического оснащения железнодорожных станций, проектирование сортировочных устройств. Автор 102 научных работ.

Подорожника Алла Валентиновна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Управление транспортными процессами» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: вопросы развития инфраструктуры железных дорог, усиления их пропускной способности, моделирование работы железнодорожных объектов. Автор 35 научных работ.

Иванков Алексей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, главный инженер ООО «ПСК ТехПроект». Область научных интересов: вопросы совершенствования технологии и технического оснащения железнодорожных станций, проектирование сортировочных устройств. Автор 55 научных работ.

ных путей. В силу вышесказанного рациональные конструкции горловин станций приобретают большое значение в практике проектирования.

Выбор альтернативных отдельных пунктов для переустройства. Подготовка полигона для пропуска соединенных и сдвоенных поездов, в том числе с контейнерами

Для подготовки полигона под пропуск поездов длиной 2100 м требуется произвести выбор отдельных пунктов, где необходимо предусматривать соответствующую полезную длину. Как правило, это должны быть промежуточные станции или грузовые, имеющие благоприятный профиль на подходах, а также исключая наличие S-образных кривых (для возможности развития станционной площадки). Кроме того, следует учитывать наличие искусственных сооружений, требующих реконструкции (удлинения труб при укладке дополнительных путей параллельно главным путям в удлиняемой части), наличие плотной жилой застройки вдоль главных путей, которая, возможно, потребует строительства шумозащитных экранов для снижения вредного воздействия шума на местных жителей, необходимость коренной реконструкции устройств СЦБ на станции в связи с демонтажем старых и размещением новых стрелочных переводов в реконструируемой горловине станции. Эти работы проводят в несколько этапов (как правило, подключение каждого стрелочного перевода в электрическую централизацию по постоянной схеме требует нового этапа).

В соответствии с [1] количество станций на участке, пропускающем поезда большой длины (2100 м и более), может быть определено в зависимости от следующих параметров:

- протяженность участка в км;
- участковые скорости движения пассажирских и грузовых поездов на данном участке с учетом технических стоянок, предусмотренных нормативным графиком движения, разгонов и замедления поездов;
- размеров движения сдвоенных поездов (контейнерных, порожних).

Количество обгонов, которое будет соответствовать количеству отдельных пунктов, способных к приему под обгон пассажирским поездом сдвоенных поездов, с округлением в большую сторону можно определить по формуле [1]

$$k = \frac{T'_{гр} - T'_{пасс}}{I_{сдв}} = \frac{60 \times L_{уч} (1 - \Delta) \times N_{сдв} \times (1 + 1,5\sigma)}{V_{уч}^{гр} (1440 - T_{пост}) \alpha_n}, \quad (1)$$

где $L_{уч}$ — длина участка, км;

Δ — отношение продолжительности проследования пассажирскими и грузовыми поездами данного участка;

$N_{сдв}$ — количество ниток сдвоенных поездов;

σ — среднеквадратическое отклонение фактического количества поездов от нормативного графика движения [2];

$V_{уч}^{гр}$ — участковая скорость грузовых поездов на данном участке;

$T_{пост}$ — длительность технологических «окон» в графике движения;

α_n — коэффициент надежности графика.

Были выполнены расчеты для следующих исходных данных:

- длина участка — 320 км;
- участковая скорость грузовых поездов — 55 км/ч.;
- соотношение времени хода пассажирских / грузовых поездов 0,65;
- 15 ниток сдвоенных поездов;
- среднеквадратическое отклонение размеров движения 0,1;
- технологические «окна» для содержания инфраструктуры — 150 мин/сут;
- надежность графика — 0,95.

Количество станций с длинными путями, позволяющими выполнять обгон сдвоенных грузовых поездов пассажирскими, будет составлять

$$k = \frac{60 \times 320 (1 - 0,65) \times 15 \times (1 + 1,5 \times 0,1)}{50 \times (1440 - 150) \times 0,95} = 1,89 = 2 \text{ станции.}$$

Расчеты по определению количества станций для выполнения операций по обгону нужно выполнять в обоих направлениях и стремиться к их совмещению, что будет способствовать улучшению использования инвестиций, выделяемых на подготовку полигона к пропуску соединенных и сдвоенных поездов.

Варианты конструкции горловин при приеме на станцию поездов разной длины

В соответствии с требованиями [3] горловины станций должны обеспечивать беспрепятственный прием поездов при безусловном соблюдении безопасности движения. Конструкции горловин станции всегда уделялось значительное внимание в научно-технической литературе. Подчеркивалось, что маневренность и параллельность выполнения различных операций являются значимыми преимуществами оптимальных горловин станций [4–6].

Особые сложности возникают при пропуске по полигону поездов различной длины. Поезда, сфор-

мированные по весовой норме, как правило, значительно короче, чем порожние или комбинированные составы. В последнее время на сети практикуется пропуск сдвоенных поездов (в основном, контейнерных). Если такие поезда необходимо обрабатывать на станции, то возникает проблема размещения такого поезда на стандартных станционных путях: делить состав на части и занимать 2 пути, или «висит» хвостовая часть состава, или состав протягивается вперед и занимает выходная горловина приемоотправочного парка. Существует несколько вариантов решения данной проблемы:

- размещать длинносоставные и сдвоенные поезда на главных путях;
- реконструировать схему станции таким образом, чтобы самыми длинными оказались средние пути;
- удлинить самые крайние пути на станции.

Каждый из этих вариантов имеет свои недостатки, и, самое главное — существенно снижает пропускную способность как станции, так и железнодорожного участка в целом. Рассмотрим вариант реконструкции станции при удлинении средних путей (рис.1, вариант 1). При приеме четных длинносоставных или сдвоенных поездов на путь двойной длины никаких проблем с приемом поездов на «короткие» пути не возникает (хотя будет затруднено отправление коротких нечетных поездов). В то же время при приеме нечетных поездов повышенной длины невозможно осуществлять дальнейший прием поездов на верхнюю секцию приемоотправочного парка, поскольку хвостовая часть «длинного» состава перекрывает всю горловину. Авторами предложено с нечетной стороны уложить дублирующий главный путь. В этом случае обеспечивается беспрепятственный прием в нечетный парк поездов установленной длины. Так как маршруты приема поездов являются более приоритетными, то предлагаемые схемы нацелены исключить задержки поездов по неприему.

Совершенно иная ситуация складывается, если вместо параллельного переноса элементов горловины (не меняя принципиальной схемы) использовать размещение части приемоотправочного парка на отдельной площадке (рис.1, вариант 2). По сути, проектируется новый парк с путями двойной полезной длины 2100 м. Этот вариант не требует закрытия существующего парка. Прием и отправление поездов могут осуществляться беспрепятственно. Пути 3а и 4а будут подключаться к горловине по мере готовности и эти мероприятия не займут много времени. Однако такая схема реконструкции предполагает наличие свободной территории для размещения новых элементов инфраструктуры.

Экономическое обоснование вариантов реконструкции для увеличения пропускной способности станции

Укладка обходного пути потребует дополнительных инвестиций и дополнительных расходов на содержание вновь укладываемых элементов инфраструктуры. Эти издержки необходимо будет покрыть за счет уменьшения расходов, связанных с простоем поездов и их энергетическими затратами.

Капитальные вложения в строительство дублирующего пути составят

$$\Sigma K = K_{\text{зр}} + K_{\text{всп}} + K_{\text{сцб}} + K_{\text{стр}}, \quad (2)$$

где $K_{\text{зр}}$ — строительная стоимость земляных работ, тыс. руб;

$K_{\text{всп}}$ — стоимость верхнего строения пути, тыс. руб;

$K_{\text{сцб}}$ — затраты на оборудование дополнительного объекта инфраструктуры устройствами СЦБ, тыс. руб;

$K_{\text{стр}}$ — затраты на приобретение, транспортировку и монтаж дополнительных стрелочных переводов, тыс. руб.

Подключение стрелочных переводов производится поэтапно (чем больше стрелочных переводов, тем больше этапов).

На электрифицированных участках к этим инвестициям добавляются затраты на устройства энергоснабжения.

Если будет применен вариант со строительством нового парка (см. рис.1, вариант 2), то к вышеперечисленным затратам следует добавить затраты на расчистку территории и снос существующих зданий и сооружений.

Ежегодные расходы по содержанию дополнительных устройств будут включать в себя

$$\Sigma \mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{всп}} + \mathcal{E}_{\text{сцб}} + \mathcal{E}_{\text{стр}} + (\mathcal{E}_{\text{эл}}) + \mathcal{E}_{\text{ок}}, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_{\text{всп}}$ — расходы на содержание вновь укладываемого пути, тыс. руб;

$\mathcal{E}_{\text{сцб}}$ — расходы на поддержание в работоспособном состоянии устройств СЦБ, тыс. руб;

$\mathcal{E}_{\text{стр}}$ — расходы, связанные с содержанием новых элементов инфраструктуры (стрелочных переводов, прямых вставок и т.д.), тыс. руб.

$\mathcal{E}_{\text{эл}}$ — ежегодные расходы на содержание дополнительных устройств энергоснабжения, тыс. руб;

$\mathcal{E}_{\text{ок}}$ — расходы, связанные с предоставлением «окон» для строительных работ, тыс. руб.

Расходы, связанные с «окнами», в свою очередь включают расходы на задержки поездов из-за реконструктивных мероприятий, снятия ниток с графика, а в ряде случаев — длительной остановки поездов на

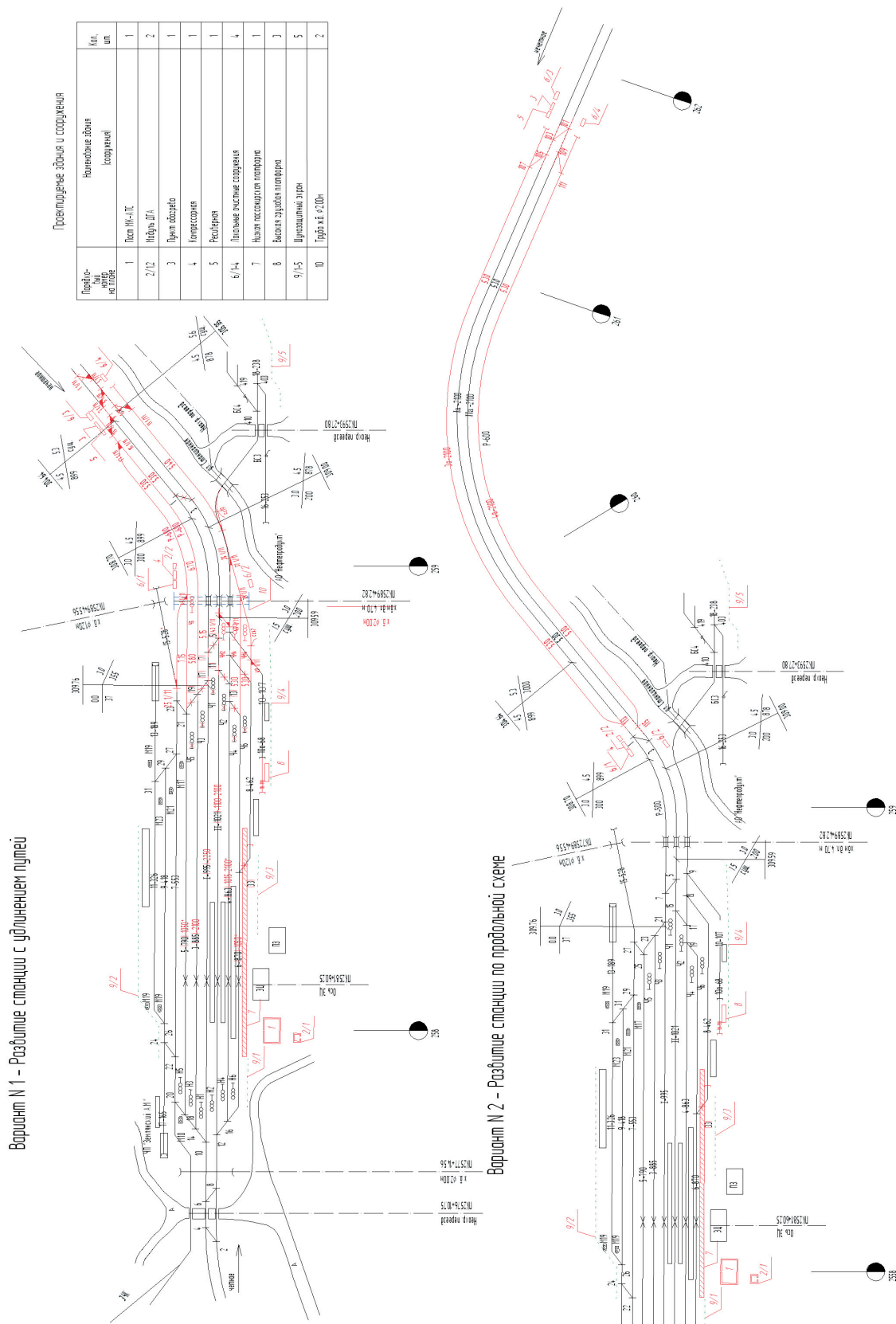


Рис. 1. Варианты реконструкции станции

предшествующих станциях.

Для определения величины первичных и вторичных задержек поездов при приеме поездов на станцию можно воспользоваться рекомендациями [7].

Предварительные расчеты показали, что количество первичных задержек и их продолжительность наносят больший ущерб пропускной способности участка, но недооценивать простой поездов на предшествующих станциях не следует. В качестве издержек определяются расходы, связанные с поездочасами простоя и энергетические затраты на разгон и замедление поездов.

$$\Theta_{\text{нов}} = \Theta_{\text{п-ч}} + \Theta_{\text{ост}} \quad (4)$$

где $\Theta_{\text{п-ч}}$ — расходы, связанные с поездочасами простоя, тыс. руб;

$\Theta_{\text{ост}}$ — расходы, связанные с разгоном и замедлением поездов на участке.

Чистый дисконтированный доход при рассмотрении указанных вариантов составит

$$\text{ЧДД} = \frac{(\Delta\Theta - \Theta_{\text{доп}}) \cdot (1 - \gamma)}{E} - K, \quad (5)$$

где $\Delta\Theta$ — изменение ежегодных расходов за счет сокращения времени простоя поездов, тыс. руб;

$\Theta_{\text{доп}}$ — расходы, связанные с содержанием дополнительных элементов инфраструктуры, тыс. руб;

γ — размер налога на прибыль;

K — капитальные затраты на реконструктивные мероприятия, тыс. руб;

E — норма дисконта.

Срок окупаемости инвестиций в реконструкцию определяется по формуле

$$T_o = \frac{K}{(\Delta\Theta - \Theta_{\text{доп}}) \cdot (1 - \gamma)}, \quad (6)$$

Поскольку предлагаемые реконструктивные мероприятия влияют на пропускную способность не только рассматриваемой станции, но и всего железнодорожного участка в целом, то необходима комплексная технико-экономическая оценка работы транспортной системы.

Выводы

Количество промежуточных станций на участке, осуществляющем пропуск поездопотока унифицированной длины и сдвоенных поездов, должно устанавливаться в зависимости от протяженности участка, участковых скоростей движения пассажирских и грузовых поездов, размеров движения сдвоенных поездов.

Разработаны варианты реконструкции горловин станций для приема-отправления смешанного поездопотока разной длины. Даны рекомендации по определению экономической эффективности предложенных вариантов.

Поскольку пропускная способность участка существенно зависит от пропускной способности промежуточных станций, где осуществляется обгон поездов, то экономическая оценка этих вариантов должна быть комплексной, с учетом влияния схемных решений на работу всего участка в целом. 

Литература

1. Иванкова, Л. Н. Определение задержек грузовых поездов на промежуточных станциях участка / А. Н. Иванов, Л. Н. Иванкова, М. В. Фуфачева. - Текст : непосредственный // Вестник Иркутского государственного университета. - 2011. - № 2 (49). - С. 92-96.
2. Фуфачева, М. В. Развитие методов этапного овладения перевозками на двухпутных линиях при обращении длинносоставных грузовых поездов : специальность 05.22.08 «Управление процессами перевозок» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Фуфачева Марина Валерьевна; Место защиты: Ур. гос. ун-т путей сообщ. - Екатеринбург, 2010. - 18 с. - Текст : непосредственный.
3. СП 119.13330.2024 «СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм». Свод правил : утвержден Приказом 432/пр. Минстроя России от 01.07.2024. - URL: <https://www.minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/67-3/4vvpds2sv1sfwbxr8p81i1f2h1yyp0v5/SP-119.pdf> (дата обращения: 17.03.2024). - Текст : электронный.
4. Иванкова, Л.Н. Совершенствование схем и технологии работы решающих технических и грузовых станций Восточного полигона / Л. Н. Иванкова, А. Н. Иванов, Л. В. Куныгина. - Текст : непосредственный // Современные подходы к управлению на транспорте и в логистике: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции (10-11 февраля 2016 г., Москва). - Москва : Московский государственный университет путей сообщения Императора Николая II (Москва), 2016. - С. 52-56.

5. Четчуев, М. В. Этапность развития горловин железнодорожных станций / М. В. Четчуев. - Текст : непосредственный // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. - 2012. - № 1 (45). - С. 167-176.

6. Каимов, Е.В. Проблемы формирования, развития и реконструкции элементов инфраструктуры комплекса железных дорог / Е. В. Каимов, В. А. Оленцевич, Н. В. Власова. - Текст : непосредственный // Образование - Наука - Производство. Материалы VI Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием) (Чита, 18 ноября 2022 года). В 2 томах. Том 1. - Чита : Забайкальский институт железнодорожного транспорта - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский университет путей сообщения», 2022. - С. 288-296.

7. Буракова, А. В. Исследование задержек подвижного состава на станциях и подходах к ним / А. В. Буракова, Л. Н. Иванкова, Н. С. Козлов. - Текст : непосредственный // Актуальные проблемы и перспективы развития транспорта, промышленности и экономики России (Транспромэк 2022) : труды научно-практической конференции (25 ноября 2022 г., Воронеж). - Воронеж : филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ростовский государственный университет путей сообщения» в г. Воронеж, 2022. - С. 14-18.