

личиваются в результате установки стыковых зазоров, отличающихся от рекомендуемых. Фактические сжимающие температурные силы с учетом ошибки при установке стыковых зазоров 25-метровых рельсов для Гомельской дистанции пути приведены в таблице 2 и на рисунке 1.

Таблица 2 – Суммарные сжимающие температурные силы, возникающие в пути при установке зазоров 25-метровых рельсов, отличающихся от рекомендуемых

Тип рельсов	Суммарные сжимающие температурные силы, кН, с учетом установки зазоров, меньше рекомендуемых на величину, мм				
	2	4	6	8	10
P50	994	1218	1442	1666	1890
P65	1270	1550	1830	2110	2390
P75	1516	1842	2168	2494	2820

Анализируя график, отмечаем, что с увеличением ошибки в установке стыковых зазоров прямо пропорционально возрастают фактические температурные сжимающие силы. Так, при ошибке в установке стыковых зазоров 25-метровых рельсов типа P65, равной 5 мм, фактическая сжимающая температурная сила на Гомельской дистанции пути превышает допустимую и создает угрозу нару-

Получено 16.04.2002

V. I. Matvecov, A. A. Kebikov. Influence of installation of clearances for the temperature work of railway track. The analysis of the temperature work of railway track when the installation of clearances is not correct is given.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 656.052

Е. М. МАСЛОВСКАЯ, ст. преподаватель; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЫШЕНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПАССАЖИРСКИХ ПОЕЗДОВ

Приводится методика оценки эффективности повышения скорости движения поездов на станциях. Рассматриваются мероприятия, снимающие ограничения скорости движения поездов на станциях, а также модернизация других устройств железнодорожной линии, дается экономическая оценка предложенных способов повышения скорости движения поездов.

Концепция развития скоростного движения – одно из основных направлений развития сети железнодорожного транспорта. Создание высокоскоростной сети дорог в международном масштабе является требованием сегодняшнего дня.

Скоростные и высокоскоростные магистрали рассматриваются как стратегические направления в совершенствовании качества пассажирских железнодорожных перевозок и в конкурентной борьбе с другими видами транспорта. В связи с этим разрабатываются принципиальные основы развития сети отдельных регионов, совершенствуются

их технические средства и технологии перевозочного процесса с целью привлечения дополнительного пассажиропотока и стимулирования подвижности населения в зоне влияния этих линий.



Рисунок 1 – Фактические сжимающие силы для Гомельской дистанции пути, возникающие в пути при установке зазоров 25-метровых рельсов, отличающихся от нормальных

Список литературы

- 1 Матвеев В. И. Температурная работа рельсов стандартной длины. – Гомель: БелИИЖТ, 1984. – 28 с.
- 2 Матвеев В. И. Укладка и содержание 25-метровых рельсов. – Гомель: БелИИЖТ, 1987. – 38 с.

Анализ результатов ограничений скорости движения поездов показал, что около 65 % ограничений приходится на станции, 25 % – по плану линии, 15% – прочие ограничения.

Практика показывает, что на безопасность движения и комфортабельность езды большое влияние оказывают отступления по содержанию стрелочных переводов по ширине колес. Исходя из этого детальному анализу подлежит фактическое состояние стрелочных переводов только по ширине колес.

Проверка достаточности выборки случайных величин по каждому рассматриваемому параметру осуществляется методом математической статистики. Величины, используемые в вероятностных расчетах, проверяются на соответствие используемому закону распределения. Проверка производится по коэффициентам эксцесса, асимметрии и при помощи критерия согласия Пирсона.

Статистическая обработка данных включает в себя нахождение основных статистических распределений и проведение корреляционного анализа.

Основная цель статистических измерений – накопление материалов, необходимых для достоверной оценки надежности эксплуатации конструкций стрелочных переводов, разработки рациональных допусков содержания рельсовой колеи на переводах.

На 59 переводах было проведено 7 циклов замеров и получено 413 значений каждого измеряемого параметра.

В реальных условиях наблюдается весьма существенный разброс значений ширины колеи на переводах, повсеместно превышающий установленные пределы. Например, в зоне переднего стыка рамных рельсов максимальный разброс значений ширины колеи составляет 40 мм (1504–1544 мм); в зоне корневых устройств – по прямому направлению 32 мм (1511 – 1543 мм), по боковому направлению 36 мм (1512 – 1548 мм). Аналогичное положение наблюдается в зоне соединительных путей стрелочных переводов: максимальный разброс составляет 32 мм (1502 – 1540 мм) по прямому пути и 34 мм по боковому (1512 – 1546 мм). Не лучше положение в крестовинных узлах. Абсолютный максимум разброса 45 мм (1501 – 1546 мм) зафиксирован в заднем стыке крестовины по боковому направлению.

По отдельным сечениям нормативным требованиям отвечают от 20 % (крестовина в сечении сердечника 40 мм по боковому пути) до 69 % (середина переводной кривой) стрелочных переводов, в среднем по всем нормируемым сечениям – только 37 %.

Важно отметить характерное отличие ширины колеи в зоне стрелки и соединительных путей от

крестовинного узла. Если в зоне стрелки и соединительных путей абсолютное большинство стрелочных переводов имеет в контролируемых сечениях уширение рельсовой колеи (до 75 %), то начиная с прямой вставки и в крестовинном узле абсолютное большинство переводов по наблюдавшимся сечениям имеет тенденцию к сужению (от 22 до 74 %). Это вызвано более жестким соединением всех элементов крестовинного узла с подрельсовым основанием, а также наплывами рельсового металла сердечника крестовины.

Распределения значений ширины колеи на стрелочных переводах носят в основном симметричный характер, близкий к нормальному закону распределения. Один из примеров распределения ширины колеи в середине переводной кривой представлен в виде гистограммы на рисунке 1.

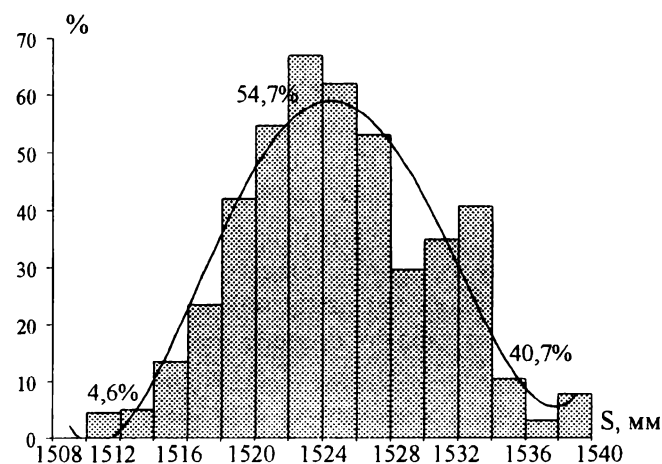


Рисунок 1 – Распределение ширины колеи в середине переводной кривой

Как видно из рисунка 1, распределение имеет характерный максимум, как правило, совпадающий со средним значением или близким к нему, а распределение ширины колеи в середине переводной кривой близко к нормативному. Плотность вероятности

$$f(S) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{S - \bar{S}}{2\sigma^2}\right),$$

где S – ширина рельсовой колеи, мм; \bar{S} – математическое ожидание ширины рельсовой колеи, $\bar{S} = 1524$ мм; σ – среднее квадратическое отклонение, $\sigma = 5,35$ мм.

Попадают в поля допусков средние значения ширины колеи в переводной кривой (1527 мм), в конце соединительных путей по прямому и боковому направлениям (соответственно 1519 и 1522 мм), в крестовинном узле (за исключением в сечении сердечника 40 мм). В большинстве остальных сечений средние значения наблюдаются в сторону уширения (в переднем стыке остряков, у острия остряков, в корнях остряков, в середине соедини-

тельных путей по прямому направлению) и лишь в двух – в сторону сужения (крестовина в сечении сердечника по обоим путям).

Таким образом, система допусков по ширине колеи на стрелочных переводах в основном не соблюдается.

В подавляющем большинстве случаев переводы содержатся с отступлениями сверх установленных допусков по шаблону. При существующих скоростях движения (до 140 км/ч) большая часть переводов непригодна для эксплуатации. А с повышением скорости движения вероятность выхода из строя резко повысится, поэтому в результате введения высокоскоростного движения пассажирских поездов необходимо будет выполнить замену большинства стрелочных переводов.

В связи с этим актуальным вопросом является выбор мероприятий, при которых достигается экономия во времени, путем снятия ограничений скорости движения поездов. Одним из таких мероприятий является укладка стрелочных переводов пологих марок и модернизация других устройств линии с учетом требований экономики и соблюдения технических ограничений.

За основу создания модели решения задачи повышения скорости движения на промежуточных станциях можно принять полученный при разработке ЦКП "Прогресс" [1] график $K = f(\Delta t)$, определяющий зависимость величины капиталовложений от сокращения времени хода. Поскольку при снятии ограничений скорости экономится время хода, т. е. уменьшается время нахождения пассажиров в пути, то зависимость, определяющая социальный эффект от экономленного времени хода, имеет вид $\Pi_{\text{пас}} = f(\Delta t)$.

Аппроксимируя обе зависимости, одна из которых изменяется по параболическому закону $K = f(\Delta t)$, а вторая – по линейному, $\Pi_{\text{пас}} = f(\Delta t_{\text{огр}})$, получаем уравнения кривых:

$$K = a(\Delta t_{\text{огр}})^2 \text{ или } K = a(\Delta t_3 - \Delta t_{\text{огр}})^2; \quad (1)$$

$$\Pi_{\text{пас}} = b\Delta t_{\text{огр}}, \quad (2)$$

где a и b – коэффициенты, полученные в результате аппроксимации; $\Delta t_{\text{огр}}$ – сокращения времени хода в результате модернизации и реконструкции железной дороги, мин; Δt_3 – заданное сокращение времени хода, мин; $\Delta t_{\text{огр}}$ – сокращение времени хода в результате снятия ограничений скорости из-за укладки стрелочных переводов на станциях, мин.

Приведенная модель позволяет определить рациональную экономию времени хода за счет повышения скорости движения поездов. При этом критерием является величина приведенных расходов, которые требуется минимизировать

$$C = K + E_{\text{н}}\Pi_{\text{пас}}, \text{ при ограничении } N_{\text{пас}} \geq 0; \\ N_{\text{скр}} \geq 0; N_{\text{зр}} \geq 0; V \leq V_x.$$

С учетом формул (1) и (2)

$$C = a(\Delta t_3 - \Delta t_{\text{огр}})^2 + bE_{\text{н}}\Delta t_{\text{огр}}^2. \quad (3)$$

Преобразуя (3), получим

$$C = a\Delta t_3^2 - a 2 \Delta t_3 \Delta t_{\text{огр}} + (\Delta t_{\text{огр}})^2 + bE_{\text{н}}\Delta t_{\text{огр}}.$$

Продифференцировав это уравнение по $\Delta t_{\text{огр}}$, получим

$$\frac{dC}{d\Delta t_{\text{огр}}} = -2a\Delta t_3 + 2a\Delta t_{\text{огр}} - bE_{\text{н}}. \quad (4)$$

Решая (4), при условии, что $\frac{dC}{d\Delta t_{\text{огр}}} = 0$ окончательно будем иметь

$$\Delta t_{\text{огр}0} = \Delta t_3 - \frac{bE_{\text{н}}}{2a}. \quad (5)$$

Данное выражение позволяет определять целесообразную экономию во времени, получаемую в результате формирования схемы повышения скорости движения поездов.

Например, по известной величине заданного сокращения времени хода Δt_3 и ограниченных капитальных вложениях K_3 , определить целесообразную экономию во времени за счет снятия ограничений скорости движения в результате укладки стрелочных переводов пологих марок $\Delta t_{\text{огр}}$ и получаемый при этом социальный эффект $\Pi_{\text{пас}}$.

В соответствии с (1) имеем

$$a\Delta t_3^2 - a 2 \Delta t_3 \Delta t_{\text{огр}} + a \Delta t_{\text{огр}}^2 = K.$$

Разделив данное выражение на a , получим квадратное уравнение

$$(\Delta t_3)^2 - 2\Delta t_3 \Delta t_{\text{огр}} + (\Delta t_{\text{огр}})^2 - \frac{K}{a} = 0. \quad (6)$$

Обозначим через

$$c = (a\Delta t_3^2 - \frac{K}{a}); \quad d = 2 \Delta t_3.$$

Тогда уравнение (6) примет вид

$$(\Delta t_{\text{огр}})^2 - d \Delta t_{\text{огр}} + c = 0. \quad (7)$$

Решая его, находим целесообразную экономию во времени за счет увеличения скорости движения поездов в результате укладки стрелочных переводов пологих марок.

По известному значению $\Delta t_{\text{огр}}$ определяется социальный эффект

$$\Pi_{\text{пас}} = b\Delta t_{\text{огр}}. \quad (8)$$

Используя разработанную модель, можно решить еще ряд задач, связанных с повышением скорости движения поездов:

– при известном значении заданного сокращения времени хода Δt_3 и количестве станций, на которых следует снять ограничения скорости движения за счет укладки стрелочных переводов пологих марок, а следовательно, и известном $P_{\text{пас}}$, определить необходимые капитальные вложения $K_{\text{мин}}$ для достижения заданного сокращения времени хода;

– при ограниченных капитальных вложениях K_3 с учетом социального фактора $P_{\text{пас}}$ определить максимально возможное сокращение времени хода Δt_3 .

Таким образом, полученная модель решения задачи повышения скорости движения поездов за счет укладки стрелочных переводов пологих марок позволяет заранее определить ряд важных показателей, таких, как социальный эффект при снятии ограничений скорости $P_{\text{пас}}$; величину необходимых капитальных вложений $K_{\text{мин}}$; величину возможного сокращения времени хода t_3 ; составляю-

щие заданного сокращения времени хода $t_{\text{огр}}$ и $t'_{\text{огр}}$ и ряд других показателей. Это дает возможность лицу, принимающему решение, в зависимости от конкретной ситуации производить выбор варианта, позволяющего рассматривать снятие ограничений скорости движения на станциях с учетом их взаимного влияния и выбирать последовательно те, которые дают наибольший эффект при наилучших экономических показателях.

Список литературы

1 Гавриленков А. В., Жабров С. С., Иванов Г. Г. Оптимизация стратегии реконструкции линий для организации скоростного движения пассажирских поездов // Основные требования к параметрам особо грузонапряженных линий до 170 млн т. км нетто/км в год: Сб. науч. тр./ВНИИЖТ.– М.: Транспорт, 1987. – С. 109–119.

2 Белов И. В. Экономика железнодорожного транспорта: Учеб. для вузов. – М.: Транспорт, 1989. – 351 с.

3 Шахуняц Г. М. Железнодорожный путь: Учебник для вузов ж.-д. трансп. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 496 с.

Получено 16.04.2002

Е. М. Maslovskaya. Ground of effective higher speed of railway traffic passenger trains.

Measures are examine which take off limitation of train's speed on stations and also perfect another device with take into consideration of economic and technical sizes of the railway line.

Вестник Белорусского государственного университета транспорта: Наука и транспорт. 2003. № 1(6)

УДК 614.841.8:629.067

Н. К. МОДИН, профессор; Т. Н. МОДИНА, инженер; Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ОТВЕТСТВЕННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ МАРКОВСКИХ ЦЕПЕЙ

На основе теории марковских цепей разработана модель развития нарушения безопасности ответственного технологического процесса и выведены математические выражения для вычисления, а следовательно, и прогнозирования неблагоприятных событий.

Сценарий развития нарушения безопасности функционирования (НБФ) конкретного ответственного технологического процесса (ОТП) от момента зарождения первичных событий до появления НБФ может быть представлен моделью управления безопасностью ОТП (далее – Модель), основанной на концепции причинно-следственной связи событий. Модель имеет вид иерархической структуры, уровни которой представляют собой: факторы (Ф); неблагоприятные причины (опасные: отказы техники, ошибки человека, воздействия среды) (НП); опасные ситуации (ОС); нарушения безопасности функционирования (НБФ); техногенная чрезвычайная ситуация (ТЧС). Все эти понятия будем называть неблагоприятными событиями (НС) [2–4].

Концепция причинно-следственной связи событий и построенная на ее основе Модель предусматривают возможность заранее выделить и описать конкретное конечное число НС для каждого ОТП путем детального его анализа на профессиональном уровне. На переходах от одного до другого уровня Модели возможно вмешательство (управляющее воздействие УВ) человека-оператора, организационных структур, систем обеспечения безопасности, предотвращающих по иерархии соответствующее НС, что дает возможность управлять безопасностью в оперативном, краткосрочном и перспективном планах.

Реальные перечни НС по всем иерархическим уровням Модели достаточно велики, поэтому по-