

дорог, на которых планируются капитальные ремонты. Изменение хотя бы одного из участков проведения капитального ремонта переводит систему в другое состояние;

- определение транспортно-эксплуатационных затрат для каждого состояния;
- определение стоимости переходов от одного состояния к другому (если такие переходы существуют).

При выборе оптимального варианта проведения ремонтов сети дорог производится экономическое сравнение вариантов. Преимущество имеет вариант с наименьшими затратами S (учитываются затраты, связанные с реализацией проекта, за все годы эксплуатации дороги (суммарные по времени) и по всем направлениям расходования средств (суммарные по составу)), так как они оказывают наибольшее влияние на величину эффектов, получаемых в результате реализации выбранной схемы проведения капитальных ремонтов.

Исходными данными для формирования оптимальной схемы являются:

- состояние дороги с первых лет эксплуатации на весь расчетный период;
- основные технико-экономические характеристики существующих дорог, позволяющие определить стоимость капитального ремонта и переходов из одного состояния в другие, а также ежегодные транспортно-эксплуатационные затраты при работе дороги в различных состояниях;
- нормы и расценки для определения ежегодных транспортно-эксплуатационных затрат.

Намечается комплекс состояний, обеспечивающих на расчетную перспективу капитальные ремонты, начальное и конечное технические состояния, а также комплекс возможных промежуточных состояний, определяющих этапное проведение капитальных ремонтов. Все принятые к анализу состояния наносятся на сетку «состояние – время». Дальнейший процесс формирования системы ремонтов распадается на $m - 1$ шагов, где m – количество всех состояний, рассматриваемых в данном расчетном случае. Цель выполнения расчетов на каждом шаге в конечном счете сводится к выявлению целесообразности включения в схему последовательно всех рассматриваемых состояний, начиная с первого, затем второго, третьего и т. д. Для каждого такого пути определяется величина критерия. Сопоставляя значения критериев и выявляя наименьшее значение, устанавливается целесообразность включения в схему i -го состояния, т. е. в конечном итоге на каждом шаге расчет завершается выбором $\min S_{j, j_0}$.

Таким образом, методика формирования системы ремонтов сети дорог, основанная на многокритериальной оптимизации может использоваться для повышения эффективности функционирования дорожной сети, призванной удовлетворить потребности общества и государства в необходимых транспортных связях и их высоких потребительских свойств. Отличие данной методики от существующих в том, что при определении участков и сроков проведения капитальных ремонтов сеть дорог рассматривается как сложная система многовариантных транспортных потоков, что позволяет сформировать программу дорожных работ, обеспечивая максимальную эффективность ограниченных инвестиций, а также текущие и долговременные интересы пользователей дорог.

УДК 625.12 (476.2)

АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В ГОМЕЛЬСКОЙ ДИСТАНЦИИ ПУТИ

Ю. М. ЭТИН, П. Ю. ЭТИН

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В. В. ШАПОШНИКОВ, О. Л. ХМЕЛЕВСКАЯ

Гомельское отделение Белорусской железной дороги

Вопросам обеспечения требуемого уровня надежности железнодорожного земляного полотна всегда уделяется особое внимание. Эксплуатационные затраты, связанные с земляным полотном, остаются высокими, несмотря на проводимые мероприятия по сокращению мест с деформациями и дефектами, снижению ограничения скорости движения поездов из-за неисправностей земляного полотна. Велики потери железной дороги при эксплуатации деформирующегося и дефектного земляного полотна. Около 50 % всех затрат на текущее содержание пути приходится на выправку по уровню, в продольном профиле и плане, связанные с деформацией земляного полотна и балластного слоя.

Обеспечение надежной работы пути в условиях эксплуатации, является основной задачей при реконструкции и ремонте земляного полотна. Перспективными направлениями решения этих задач следует считать усовершенствование существующих и разработка новых конструкций земляного полотна, технологии работ по его усилению, которые могли бы обеспечить требуемые показатели прочности, устойчивости, стабильности в условиях эксплуатации. При проведении капитального ремонта пути следует реализовать ряд практиче-

ских мероприятий. Это, прежде всего, обеспечение несущей способности основной площадки, упругих и остаточных деформаций земляного полотна в допустимых пределах, выполнение реконструкции дефектного и деформируемого при эксплуатации земляного полотна с повышением его несущей способности до требуемого уровня, устойчивость насыпей при эксплуатации подвижного состава с повышенными погонными и осевыми нагрузками. Кроме этого, необходимо применить технологии ремонта и текущего содержания, не нарушающие нормальной работы водоотводных сооружений. Земляное полотно, построенное в разные годы и по разным техническим условиям, весьма чувствительно ко всем неблагоприятным воздействиям окружающей среды и подвижного состава. Динамические нагрузки способствуют накоплению в земляном полотне остаточных деформаций, которые могут быть упругими и остаточными. Первые обычно проявляются во время прохождения поезда, а остаточные деформации земляного полотна вызваны наличием целого комплекса причин, к которым в первую очередь следует отнести неравномерное или недостаточное уплотнение грунта, пластические деформации от осевых нагрузок, сезонное промерзание и различные процессы в земляном полотне. Все эти процессы в итоге приводят к болезням земляного полотна. На основании анализа, проведенного в Гомельской дистанции пути, основными причинами деформаций земляного полотна, сложенного из различных грунтов и построенного в разные годы, следует считать:

- глинистые грунты при одной и той же влажности могут иметь разную плотность, в результате этого изменяются прочность и несущая способность грунтов. Недостаточное уплотнение грунта в насыпях при строительстве приводит к остаточным деформациям грунта и к осадке основной площадки земляного полотна;

- глинистые грунты, уложенные в насыпи с определенной плотностью, могут иметь разную влажность. Слои грунта с повышенной влажностью имеют более низкие прочностные характеристики (удельное сцепление и угол внутреннего трения), чем грунты с меньшей влажностью. Поэтому они могут явиться причиной разрушения и сдвига откосов, в них могут происходить пластические деформации;

- разработка грунтов в карьерах, выемках приводит к изменению их структуры. Грунты с нарушенными естественными структурными связями после укладки их в насыпи не могут в полном объеме восстанавливать эти связи в процессе эксплуатации. Такие грунты при замачивании резко снижают свою прочность;

- динамические воздействия проходящих поездов (вибрации, удары колес в стыках) вызывают снижение на 20–30 % несущей способности связных грунтов. На особо грузонапряженных направлениях несущая способность таких грунтов может снижаться на 30–50 % по сравнению с данными статических испытаний. Деформации основной площадки земляного полотна тем больше, чем выше нагрузка на нее;

- сезонные промерзания и оттаивания глинистых грунтов вызывают снижение прочностных характеристик грунтов на 20–30 % по сравнению с их значениями до промерзания. Промерзание глинистых грунтов сопровождается их вспучиванием, в результате изменяется структура грунта и уменьшается плотность. Это особенно заметно при оттаивании грунта, что и объясняет активизацию некоторых деформаций весной.

С течением времени накопление остаточных деформаций приводит к повреждениям земляного полотна, затрудняющим эксплуатацию линии. Особо следует отметить деформации основной площадки земляного полотна, которые образуются, как правило, из-за вдавливания балласта в глинистый грунт земляного полотна под основной площадкой. Появляются балластные углубления, происходит разжижение грунта основной площадки, который затем выталкивается на поверхность балластного слоя при проходе поездов, выдавливаясь на обочины (происходит процесс расползания основной площадки). Среди деформаций основной площадки земляного полотна принято различать балластные корыта, ложа, мешки, гнезда и карманы.

На основании выполненных исследований установлено, что верхняя часть земляного полотна находится в неравномерно напряженном состоянии при проходе подвижной нагрузки. Наибольшие напряжения как под деревянными, так и под железобетонными шпалами, наблюдаются в подрельсовом сечении, наименьшие – по оси пути. Существенное влияние на характер напряженного состояния земляного полотна оказывают подбивочные работы, выполняемые при различных видах ремонта пути.