

Направления реконструкции железнодорожных путей комплекса «Байконур»

И.В. БОЙКОВ, начальник научно-технического отдела ФГУП «НПФ «Космотранс»

Е.С. СВИНЦОВ, зав. кафедрой «Изыскания и проектирование железных дорог» ПГУПС, руководитель комплексной темы, профессор, д.т.н.

Е.П. ДУДКИН, зав. кафедрой «Промышленный и городской транспорт» ПГУПС, профессор, д.т.н.

В настоящее время одним из основных направлений работ по модернизации путевого хозяйства космодрома «Байконур» является выполнение комплекса работ, связанных с развитием ракетно-космической техники. Учитывая имеющуюся инфраструктуру космодрома, рассматривается возможность использования существующих железнодорожных путей путем их реконструкции. Так как перспективные носители имеют увеличенную массу и отличные массоцентровочные характеристики, статические нагрузки на ось могут повыситься до величин 30–45 тонн, что не позволит использовать имеющиеся железнодорожные пути.

В настоящее время ФГУП «НПФ «Космотранс» совместно с ПГУПС осуществляют работы по подготовке к модернизации существующих или созданию специальных путей на маршрутах транспортировки изделий РКТ на комплексе «Байконур» под повышенные нагрузки на ось.

Существующие нормы проектирования железнодорожного пути промышленных предприятий, изложенные в СНиП 2.05.07-91, не могут быть применены для условий комплекса «Байконур» и должны быть оптимизированы при индивидуальном проектировании реконструкции.

Путевое железнодорожное хозяйство ракетно-космического комплекса «Байконур» развивалось вместе с космодромом «Байконур», подъездной путь включает в себя около 400 км с рельсами типов Р43, Р50, Р65 и Р75, в зависимости от места применения и года укладки.

По «Методике оценки воздействия подвижного состава на путь по условиям обеспечения его надежности» МПС РФ от 16.06.2000 г. для осевой нагрузки 45 тонн напряжение от изгиба в рельсах Р65 равно 1480 кг/см², напряжение в шпале на смятие под подкладкой — 16,7 кг/см², напряжение в балласте под шпалой — 3,57 кг/см², что соответствует допустимым. Напряжения на основной площадке земляного полотна превышают допустимые на 60%. Таким об-

разом, теоретические и экспериментальные исследования показали, что наиболее критичным по напряжениям является земляное полотно, для снижения напряжений в нем требуется создание специальной конструкции пути.

Лафетные конструкции

На космодроме «Байконур» имеется свой накопленный опыт по созданию путей специальной конструкции для устройств с повышенной нагрузкой на ось; создание их велось при участии специалистов ЛИИЖТа под руководством профессоров В.Ф. Яковлева и М.П. Смирнова. Эти устройства длительное время находятся в эксплуатации и периодически освидетельствуются специалистами ПГУПС [5, 6, 7].

Агрегат 8Т185 имеет от 16 до 24 двухколесных тележек, перемещающихся по прямолинейным рельсовым нитям колеи 17 000 мм, опирающимся на всем протяжении на ленточный фундамент через лафетную конструкцию и рельсы типа ОР65. Путь выдерживает средние значения вертикального давления от колеса до 32 тонн.

Агрегат 11У212 перемещается по трехниточному круговому пути с внешним круговым рельсом, уложенным по радиусу 60 м, и двумя внутренними рельсами, имеющими радиусы 10,45 и 9,55 м, объединенными в колею 760 мм. Верхнее строение пути — рельсы, промежуточное и стыковое скрепления и лафеты. Нижнее — монолитное и блоч-

ное железобетонные основания глубокого заложения. Вертикальное давление колес опоры агрегата на рельсовый путь при движении составляет 128 тонн.

Агрегат 11У25 перемещается одновременно по двум путям колеи 1524 мм. Расстояние между осями путей 20 000 мм. Основание пути выполнено в виде блочного ленточного железобетонного фундамента с глубиной заложения от 1,8 до 3,5 м. Рельсы типа Р75 уложены на железобетонные плиты, которые через щебеночную прослойку опираются на ленточный фундамент. Вертикальные нагрузки от колеса — 25,4 тонны.

Исследования специалистами ПГУПС напряженно-деформированного состояния путей, данные наблюдений за их состоянием на комплексе «Байконур», в совокупности с лабораторными испытаниями рельсов показали, что вышеперечисленные специальные конструкции путей обеспечивают по прочности безопасную работу агрегатов, однако стоимость их велика, в основном из-за необходимости сооружения железобетонных фундаментов глубокого заложения.

Увеличенный балластный слой

Учитывая, что напряжения в земляном полотне выше допустимых при нагрузках около 56 тонн на ось до глубины около 2 м, вариант предусматривает замену грунтов земляного полотна на щебень на всю глубину для исключения работы грунта в неблагоприятных условиях.

Впервые такая задача была решена НИИЖТом в 1972–1975 годах для миксера грузоподъемностью 420 тонн для Западно-Сибирского металлургического комбината [2]. Представленный вариант имеет ряд положительных характеристик. Однако стоимостные показатели для района РКК «Байконур», не имеющие дешевых балластных материалов,

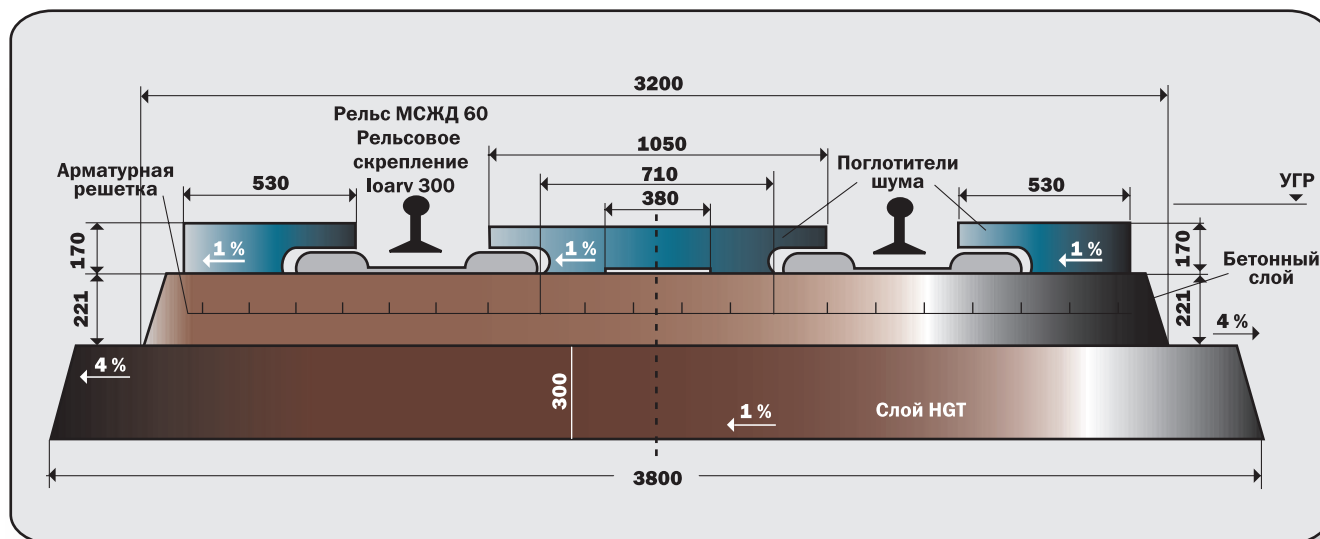


Рис. 1. Поперечный разрез безбалластного пути типа FFC

практически делают невозможным применение этой конструкции.

Безбалластный путь

Решающими аргументами в пользу безбалластного пути являются низкие эксплуатационные затраты и повышенная равномерность передачи нагрузок по сравнению с путем на балласте. Это обусловлено его стабильным положением, гарантирующим меньший износ компонентов пути, а также подвижного состава [9, 10].

Вместе с тем, разработанные и уже используемые системы пути на жестком основании (например, Rehda) слишком высокочрезмерны, прежде всего из-за применяемых материалов и дорогостоящего процесса строительства.

Первоначально при разработке пути такого типа рельсошпальную решетку, по аналогии с балластным путем, заливали в бетон или асфальт. Позднее предложили укладывать шпалы на бетон и фиксировать их только в расчете на восприятие поперечных сил. Впервые примененная для опробования в эксплуатационных условиях на линии Мангейм — Карлсруэ бесшпальная конструкция жесткого пути представляет собой систему нового поколения. В данном случае опоры рельса интегрировались прямо в несущий бетонный слой. Таким образом, удалось уменьшить конструктивную высоту и ширину пути. Меньший расход материалов и современные способы строительства несколько сблизили стоимость балластного и безбалластного пути.

Путь на жестком основании системы FFC (рис. 1) состоит из несущего слоя

бетона толщиной 20–22 см с армированием, который в зависимости от заданных требований может иметь ширину от 2,4 до 3,2 м.

Достигнутая стабильность положения пути позволила сделать вывод, что сооружение его высокomeханизированными методами при соблюдении высоких требований, предъявляемых к качеству пути, вполне реально.

Однако при значительных нагрузках на ось (45 тонн) применение безбалластного пути не дает ощутимого снижения давления на земляное полотно, так как выравнивание вертикального давления в поперечном сечении не снимает высокого уровня напряжений в земляном полотне, что при нагрузках свыше 40 Тс/ось ведет к пластическим деформациям земляного полотна.

По этой же причине применение уширенных шпал или простое увеличение эпюры шпал до 2000 шп/км в прямых участках пути также неэффективно.

Подбалластные плиты

ЛИИЖТом в 70-х годах предложена конструкция пути с применением подбалластных железобетонных плит. При этом ширина железобетонного основания больше зоны активного давления в балласте, нагрузки на земляное полотно могут быть переданы на большую площадь, и тем самым можно снизить уровень напряжений на основной площадке земляного полотна до желаемых величин. Кроме того, такая конструкция позволяет:

- проще организовать укладку пути на действующих предприятиях, с использованием типовых конструкций рельсо-шпальной решетки и типовых

железобетонных плит, особенно на участках, имеющих густую сеть подземных коммуникаций;

- значительно сократить расход балластных материалов;
- использовать ее при сравнительно слабых грунтах за счет увеличения размеров железобетонных подбалластных плит;
- улучшить условия работы железобетонных шпал, так как подбалластные плиты снижают просадки и прогибы шпал;
- обеспечивать достаточную упругость пути;
- сохранить условия текущего содержания и ремонтов пути.

В научно-исследовательской работе профессора В.Ф. Яковлева [3] рассмотрены различные варианты такого пути и даны прочностные расчеты и соответствующие выводы и рекомендации при проектировании.

На основании выполненных расчетов на Череповецком металлургическом комбинате был уложен путь с подбалластными плитами.

В течение 1990–1991 годов ЛИИЖТом проведен анализ состояния железнодорожного пути с подбалластными плитами и ходовых частей транспортеров, экспериментальные и теоретические исследования взаимодействия пути и транспортеров и напряженно-деформированного состояния пути с выпуском отчета о НИР «Разработка рекомендаций по устройству и содержанию ж/д пути на участках перевозки слитков массой 420 и 550 тонн» (авторы Яковлев В.Ф., Дудкин Е.П. [12]).

В результате выполненных исследований получены следующие дополни-

тельные выводы и рекомендации по конструкции пути с нагрузками до 560–600 кН на ось.

- Вертикальная динамика миксерных чугуновозов при движении со скоростью 5–10 км/ч незначительна и не оказывает существенного влияния на напряженное состояние пути, однако при проектировании конструкции пути и расчетах на прочность необходимо учитывать коэффициент вертикальной динамики в пределах 1,1–1,2.

- Напряжения, возникающие в железобетонных шпалах, уложенных на щебеночный балласт, незначительно превышают минимальный предел растяжения бетона при изгибе. Для исключения выхода шпал по образованию трещин в средней части, требуется тщательная их подбивка.

- Балласт испытывает значительные напряжения сжатия и должен обладать повышенными прочностными характеристиками.

- Рельсошпальная решетка должна укладываться на щебеночный балласт из крепких каменных пород фракцией 0,025–0,070 м с толщиной под шпалой 0,45–0,50 м. Плечо балластной призмы должно быть 0,45–0,50 м.

- Динамические испытания показали, что плита типа ПЖД-2,4 обладает значительным запасом прочности.

- Напряжения, передаваемые подбалластной железобетонной плитой на основную площадку земляного полотна, несколько превышают допустимые. Целесообразно уплотнять грунты и песчаную подушку перед укладкой в грунт до деформативных характеристик, соответствующих грунтам ненарушенного слоя.

- Для увеличения сцепления между балластом и плитой целесообразна укладка мягкой песчано-битумной смеси толщиной до 0,02 м.

- Укладка железобетонных плит должна осуществляться на выравняющий песчаный слой толщиной 0,1–0,15 м.

Учитывая, что в нашем случае статическая нагрузка на ось меньше, указанная конструкция пути позволит обеспечить необходимые характеристики напряженно-деформированного состояния, что должно быть подтверждено индивидуальным проектом для условий космодрома «Байконур».

Путь с геосинтетическими материалами

Наиболее современным методом усиления основной площадки земляного полотна является метод ис-

пользования различных геосинтетических материалов. Для исследования влияния геосинтетических материалов на работу земляного полотна под динамической нагрузкой был выбран экспериментальный участок на линии Санкт-Петербург — Москва на 53 км [11]. В мае 2001 года на данном участке был выполнен капитальный ремонт, в комплексе работ которого на глубине 40 см под подошвой шпалы были уложены различные типы геосинтетических материалов.

Анализ экспериментальных данных по определению напряженного состояния грунтов основной площадки земляного полотна позволяет сделать следующие выводы.

- Все уложенные типы геосинтетических материалов приводят к уменьшению уровня вертикальных напряжений в подрельсовом сечении по сравнению с контрольным участком. Георешетка FORTRAC, уложенная в 1 слой, снижает вертикальные напряжения в 1,1 раза, георешетка TENAX, уложенная в 1 слой, — в 1,17 раза, FORTRAC в 2 слоя — в 1,39 раза, «Геоккомпозит» — в 1,59 раза и объемные георешетки «ГЕОКАРКАС» — в 2,23 раза.

- Происходит перераспределение вертикальных напряжений от торца шпалы к оси пути, что снижает пиковые нагрузки на основную площадку земляного полотна.

- Геоматериалы перераспределяют и горизонтальные напряжения за счет уменьшения напряжений по оси рельса и торцу шпалы и роста по оси

пути. В среднем в подрельсовом сечении горизонтальные напряжения уменьшились по сравнению с контрольным участком в 1,1 раза при укладке TENAX в 1 слой, в 1,3 раза при использовании георешетки FORTRAC в 2 слоя, в 2,7 раза при укладке «Геоккомпозит» и в 3,1 раза при армировании объемными геочайками «ГЕОКАРКАС».

Конструкция пути с использованием геоматериалов, по результатам предварительного анализа, может быть рассмотрена для использования в проекте модернизации железнодорожных путей космодрома «Байконур».

Подводя итог оценке вариантов специальной конструкции пути, следует отметить: целесообразно для снижения нагрузок на земляное полотно на комплексе «Байконур» в первую очередь рассмотреть укладку железобетонных плит или объемной георешетки типа «ГЕОКАРКАС» на основную площадку земляного полотна.

Окончательный выбор варианта конструкции специального пути и определение стоимости работ должны быть сделаны при индивидуальном проектировании, после получения данных по состоянию и структуре земляного полотна, на основании геологических изысканий конкретных участков путей модернизации на космодроме «Байконур». При этом должна быть решена комплексная задача взаимодействия агрегата и пути на всех участках транспортировки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коншин Г.Г. и др. Напряжения и упругие деформации в земляном полотне под действием поездов // Сборник научных трудов ЦНИИ МПС. — 1972. — Вып. 460.
2. Исследования взаимодействия пути и чугуновозных ковшей миксерного типа емкостью 420 тонн в условиях работы заводских путей / Отчеты НИИЖТ. — 1973, 1974, 1975.
3. Яковлев В.Ф. Динамические испытания миксерных чугуновозов грузоподъемностью 420 тонн и рекомендации по конструкции верхнего строения пути для ЧМЗ. — ЛИИЖТ, 1975.
4. Дудкин Е.П. Экспериментально-теоретические основы выбора параметров ходовых частей вагонов промышленных железных дорог (по условиям взаимодействия с конструкцией пути). Дис. докт. техн. наук. — ЛИИЖТ, 1991.
5. Смирнов М.П. Анализ работы конструкции пути и ходовых частей агрегатов 11У25, 11У212 и 8Т185. — ЛИИЖТ, 1973.
6. Дудкин Е.П. Методика эксплуатационных испытаний путей агрегата 8Т185. — ПГУПС, 1998.
7. Анализ геометрических размеров колесной схемы агрегата 8Т185. Динамические напряжения в спецпути. Отчет о НИР. — ПГУПС.
8. Широкие шпалы // Железные дороги мира. — 2000. — 7.
9. Путь на жестком основании системы Crailsheim // Железные дороги мира. — 2000. — 8.
10. Усиление конструкции пути в расчете на высокие осевые нагрузки // Железные дороги мира 2004. — 7.
11. Отчет по испытаниям геосинтетических материалов. — ЛИИЖТ, 2000.
12. Яковлев В.Ф., Дудкин Е.П. Разработка рекомендаций по устройству и содержанию ж.д. пути на участках перевозки слитков массой 420 и 550 т. Отчет о НИР. — ЛИИЖТ, 1992.