

## Лекция №3

### Реконструкция трасс существующих железных дорог

Содержание лекции:

1. Основы проектирования реконструкции трасс существующих железных дорог
2. Цели и задачи реконструкции трасс железных дорог.
  - 2.1. Повышение скорости
  - 2.2. Повышение массы грузовых поездов

#### 1. Основы проектирования реконструкции трасс существующих железных дорог

Большие проблемы, связанные с реконструкцией ж.дорог определяются прежде всего давностью их постройки. Примерно 100 лет назад при проектировании нельзя было и думать о современном уровне скорости и современной массе состава, а это не могло не отразиться на плане и продольном профиле дорог давней постройки.

На начальном этапе первые дороги не имели норм, а проектировались по усмотрению и соображениям проектировщиков.

Первая ж.д линия П-Москва были запроектированы с максимальным уклоном 4-6‰ и радиусами – 3200-7200м. Позже, когда началось строительства ж.д. в более трудных условиях и возникла необходимость в создании норм проектирования.

*Анализируя исторические этапы разработки технических указаний по проектированию магистральных железных дорог, можно отметить 1899 год – год утверждения Министерством путей сообщения ТУ проектирования и сооружения железных дорог.*

*В дальнейшем ТУ неоднократно подвергались переработке (1925г., 1934г., 1937г., 1938г., 1939г.).*

*Технические условия проектирования (ТУП) 1939 года регламентировали минимальные длины элементов продольного профиля, как с точки зрения обеспечения плавности движения, так и сокращения*

*объемов земляных работ. При этом минимальные длины элементов продольного профиля были даны в зависимости от руководящего уклона линии и от алгебраической разности сопрягаемых уклонов.*

*ТУП устанавливали различные требования к длинам элементов профиля на выпуклом и вогнутом продольном профиле. Величины алгебраических разностей сопрягаемых уклонов нормировались исходя из условия предотвращения обрыва поезда при паровой тяге. Выработанные в конце сороковых годов ТУП, основывались на длине поезда при паровозах типа ФД с весом состава до 2000т и вагонном составе из четырехосных и двухосных вагонов. Именно поэтому, нормы проектирования продольного профиля, как и всякие другие нормы, нельзя считать незыблемыми [90, 91].*

*До 1953 года технические условия проектирования продольного профиля, да и в целом железных дорог, предусматривали деление норм на две категории – основные (магистральные линии) и облегченные (линии местного значения).*

*Начиная с 1954 года, нормы проектирования продольного профиля увязываются с категорией железной дороги.*

В первых нормах допускались максимальные уклоны до 12-15‰, а минимальный радиус – 320-250 м.

Этим сегодня и объясняются основные недостатки трасс существующих ж.д:

- крутые уклоны;
- малые радиусы;
- излишнее развитие линии;
- маленькие прямые вставки и недостаточные длины переходных кривых.

**Крутые уклоны** ограничивают возможность увеличения массы состава при заданном типе локомотива, кроме того на крутых спусках ограничивается скорость движения по условию длины тормозного пути.

Следует отметить, что в настоящее время можно увеличить массу состав за счет применения усиленной тяги, но проблемы спусков не решены и значительно осложняют эксплуатацию таких участков.

Уположение ограничивающих уклонов при реконструкции потребует удлинения трассы и значительных капиталовложений, поэтому применяется при реконструкции крайне редко.

Обход тоннелей на пересечении хребта Сихотэ-Аяинь [4]. При проектировании в 1939—1940 гг. восточного звена БАМа — железнодорожной линии Комсомольск-на-Амуре — Советская Гавань при пересечении Сихотэ-Алиньского хребта были предусмотрены два тоннеля: перевальный протяженностью 1890 м и бортовой длиной 330 м. Трасса на участке пересечения хребта проектировалась уклоном двойной тяги 17,5 ‰ (руководящий уклон на линии, как и на всем протяжении БАМа, - 9 ‰). При строительстве дороги в трудные военные годы (1943—1944) в целях сокращения объемов строительных работ, удешевления строительства и ускорения ввода линии в эксплуатацию был разработан вариант обхода Сихотэ-Алиньских тоннелей (рис. 4.33). По этому варианту была построена железная дорога с уклоном тройной тяги 25 ‰ на пересечении хребта, с минимальным радиусом кривых 200 м. Несмотря на такие параметры трассы, объем земляных работ на обходе очень велик: высота насыпей при пересечении логов составляет 20 м и более, глубина выемок достигает 25 — 30 м по оси линии, а высота нагорных откосов — 90 м. Долговременный обход Сихотэ-Алиньских тоннелей продолжает эксплуатироваться по настоящее время.

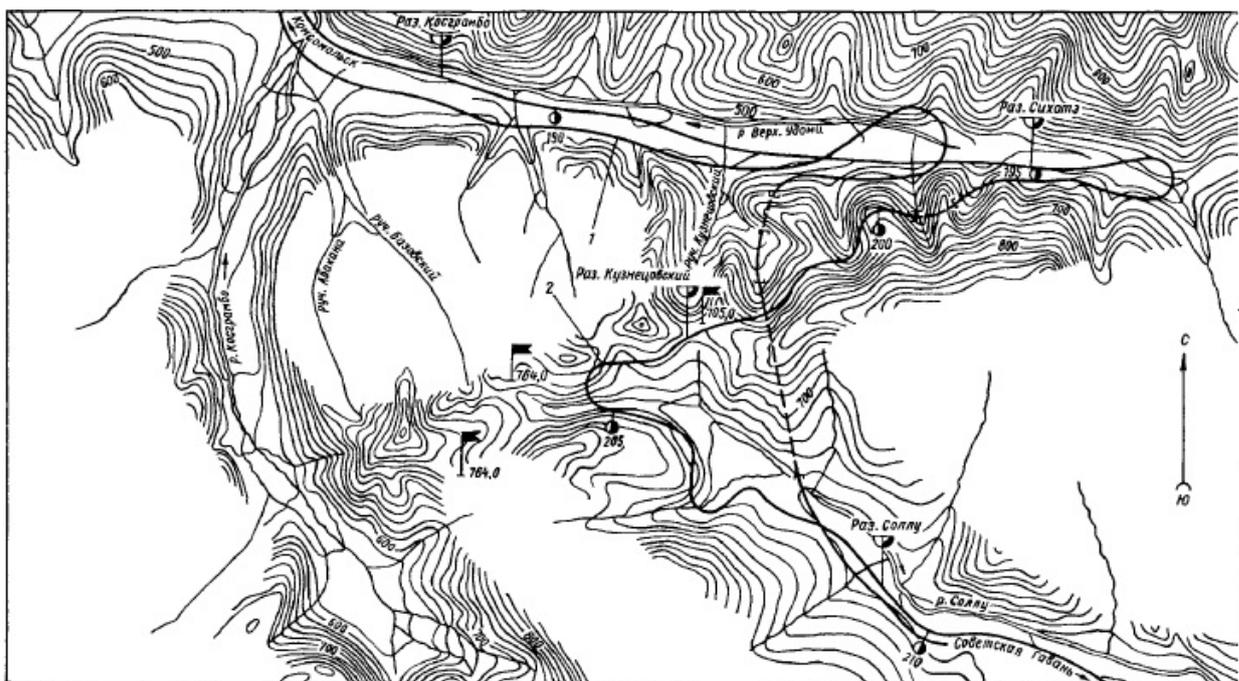


Рис. 4.33. Схема пересечения хребта Сихотэ-Алинь трассой варианта 1939 г. (1) и долговременным обходом 1943 г. (2)



В 2011 году по линии Комсомольск — Совгавань было перевезено более 16 млн т различных грузов. Хотя потребности грузоотправителей в перевозках больше. Впервые железнодорожники столкнулись с нехваткой пропускной способности. Причем в 2015 году прогнозируется более чем двукратный прирост перевозок грузов в адрес Ванино-Совгаванского узла. Провозные возможности однопутной линии Комсомольск — Совгавань ограничены. И главное барьерное место — действующий Кузнецовский тоннель (его длина — 413 м). Построенный в 1940-х при пересечении Сихотэ-Алиньского хребта сооружение расположено на одном из самых сложных по рельефу участков железной дороги: путь отличается наличием кривых малого радиуса и крутым подъемом. Кроме того, действующий тоннель требует капитального ремонта. Все это в совокупности не позволяет проводить грузовые составы весом более 4 тыс. т на перегонах Оунэ — Кузнецовский (в восточном направлении) и Соллу — Кузнецовский (западном).

Чтобы расширить узкое место, понадобился обходной 25-километровый участок дороги между станциями Оунэ и Высокогорная с новым тоннелем протяженностью 3,9 км. «Он сделает путь через Кузнецовский перевал более пологим, и это позволит устранить существующие ограничения, поможет поднять весовые нормы поездов до 5,5 тыс. т, а в дальнейшем до 6 тыс. т, и тем самым увеличить провозную способность всей линии Комсомольск — Совгавань», — поясняет начальник Дальневосточной железной дороги Михаил Заиченко. Реализация проекта за счет средств ОАО «РЖД» и Инвестфонда РФ на общую сумму около 60 млрд руб. стартовала в 2008 году — пущен в эксплуатацию — в 2012г

В настоящее время, действующими нормами проектирования допускается на отдельных участках сохранять уклоны круче руководящего, если он может быть преодолен за счет накопленной кинетической энергии. Но надо помнить, что такое решение все-таки снижает надежность эксплуатационного процесса и требует тщательной проработки.

**Излишнее развитие линии** — является существенным недостатком линий давней постройки. С позиции прошлых лет такое решение может быть оправдано, так как оно при незначительных объемах перевозок давало

большую экономию в кап.вложениях и незначительное увеличение эксплуатационных расходов за счет удлинения линии.

Сегодня этот вопрос снова на ряде участков может потребовать обоснования при увеличенном объеме перевозок. Спрямя трассу мы увеличиваем радиусы, укорачиваем линию, повышаем скорость, снижаем эксплуатационные затраты на содержание кривых и затраты, пропорциональные размерам движения.

### **Кривые малого радиуса -**

*Эксплуатационные недостатки* кривых, особенно малых радиусов (менее 800-1000 м), следующие:

- ограничивается скорость движения поездов;
- быстрее изнашиваются рельсы и колеса подвижного состава;
- сокращается срок службы шпал; увеличиваются расходы по текущему содержанию и ремонту верхнего строения пути;
- уменьшается коэффициент сцепления колес локомотива с рельсами;
- удлиняется трасса;
- требуется усиление пути, а на железных дорогах с электрической тягой - и контактной сети.

Повышенный износ рельсов в кривых - следствие проскальзывания колес (вертикальный износ) и прижатия их к боковым граням головок рельсов под действием поперечных сил (боковой износ). Износ рельсов в значительной степени зависит от радиуса кривой, интенсивно возрастая в кривых радиуса менее 700-800 м.

Например, в кривых  $R = 500$  м сплошная смена рельсов производится примерно в 2 раза чаще, а в кривых  $R = 300$  м - в 3,5 раза чаще, чем в прямых участках пути при прочих равных условиях.

Еще в большей степени от радиуса кривой зависит повреждаемость и одиночный выход рельсов. В кривых  $R = 500$  м он в 3,5 раза больше, а в кривых  $R = 400$  м в 7 раз больше, чем на прямых участках пути.

Повышенные боковые усилия в кривых требуют более частой рихтовки пути. В кривых радиуса менее 400 м эти усилия приводят к отжатию костылей и

разработке костыльных отверстий. Для стабилизации ширины колеи в конце зимы перешивают колею на большом числе шпал, расположенных в кривых (до 75% шпал), что сокращает срок службы шпал. Указанные обстоятельства существенно увеличивают расходы по текущему содержанию и ремонту пути в кривых малых радиусов.

Зависимость износа колес подвижного состава от радиуса кривой имеет примерно такой же характер, как и зависимость износа рельсов.

Усиление контактной сети в кривых на электрифицированных железных дорогах осуществляют увеличением числа опор на 1 км. Так, в кривой  $R = 500$  м расстояние между опорами контактной сети примерно в  $1,3 \div 1,4$  раза меньше, чем в кривой  $R = 1200$  м.

Кривые малого радиуса могут быть изолированными прямыми вставками большой длины и могут быть смежными зависимыми кривыми.

Для изолированных кривых радиус увеличивается у каждой такой кривой отдельно. Для зависимых кривых реконструкции, как правило, подвергается группа соседних кривых, так как они связаны короткими прямыми вставками и изменение параметров одной кривой сразу влияет на условия движения по другой. Реконструкция на таких участках носит комплексный характер.

Еще одна сложность может возникать на участках переустройства плана с ограничивающим уклоном. Увеличение радиуса приводит к укорочению трассы, а, следовательно, и к увеличению уклона.

Проектирование реконструкции трассы ж.дороги предусматривает два подхода:

1) Параметры трассы в целом не соответствуют действующим нормативам. Целесообразно разработка проекта новой ж.д. линии с приданием существующей - статуса местной дороги.

*Этом случае реконструкция существующей ж.д. может и не понадобится. Этот подход может быть реализован при организации скоростного движения со скоростью до 300км/час на отдельном специализированном пути. При этом существующая трасса используется под грузовое движение.*

*Этот подход так же может быть целесообразен на линиях крупного грузобразующего или грузопотребляющего центра.*

2) параметры трассы в основном соответствуют нормам проектирования, а реконструкция нужна на отдельных участках.

В этом подходе принято рассматривать два расчетных случая:

А) для освоения планируемых перевозок на линии уже необходимо строительство дополнительного главного пути.

*В этом случае сначала ведется строительство второго пути, затем движение переводится на новый второй путь (частично или полностью) и только после этого существующий путь подвергается переустройству и доводится до одного уровня с проектным.*

Б) линия остается однопутной и реконструкции подвергается существующий путь.

*Работы выполняются в окна, поэтому проектировщик должен стремиться к небольшим объемам по переустройству (по возможности), а следовательно это приводит к ограниченному улучшению существующей трассы.*

## **2. Цели и задачи реконструкции трасс железных дорог**

### **2.1. Повышение скорости**

Повышение скоростей движения пассажирских и грузовых поездов – это наиболее эффективный способ дальнейшей интенсификации перевозочного процесса. Анализ развития и состояния железнодорожного транспорта указывает на тенденцию к увеличению скоростей движения поездов во всех странах.

Рост скоростей движения пассажирских поездов усиливает конкуренцию ж.д. транспорта с автомобильным и авиационным.

Рост скоростей грузовых поездов сокращает время оборота и потребность вагонов и локомотивов, сокращает затраты на обслуживание локомотивного и вагонного парков.

В то же время подход к повышению скоростей грузовых и пассажирских поездов различен.

Увеличение маршрутной скорости пассажирских поездов связано с повышением максимальных скоростей движения *фактически, легкий пассажирский поезд почти на всем протяжении движется со скоростью близкой к максимальной.*

Увеличение участковой скорости грузового поезда в меньшей степени зависит от максимальной скорости. Здесь определяющим для ходовой скорости является продольный профиль и план пути.

Максимальная скорость грузовых поездов определяется на дорогах России прежде всего конструкционной скоростью грузовых вагонов или локомотивов.

В настоящее время максимальные скорости пассажирских поездов России не более 140 км/час. И состояние пути не позволяет в ближайшее время их увеличить.

Для увеличения максимальных скоростей пассажирского движения необходимы: реконструкция плана и продольного профиля, земляного полотна, всп, ИССО.

Для введения скоростного пассажирского движения на ряде участков должны быть:

- устранены дефекты земляного полотна;
- поперечные профили доведены до нормативов;
- обеспечен водоотвод с основной площадки земляного полотна и от основания земляного полотна;
- решен вопрос с отвода грунтовых вод;

Максимальная скорость пассажирских поездов существенно зависит от радиусов кривых и определяется формулой

$$V_{\max .nac} = 3,6 \sqrt{R(a_n + \frac{g \cdot h}{1600})},$$

Где:  $a_n$  – величина непогашенного центробежного ускорения; 1600мм – расстояние между точками опирания носка на рельс при ширине колеи 1520мм.

Максимальное значение возвышения наружного рельса – 150мм.

Однако, по условиям рациональной работы пути, величина возвышения ограничивается величиной скорости потока грузовых поездов, при которой отрицательное значение непогашенного ускорения не должно быть менее  $0,3 \text{ м/с}^2$ . Тогда

$$V_{\max .nac} \leq \sqrt{V_{n(gp)}^2 + 3.6^2 \cdot R}.$$

Таким образом, на линиях со смешанным движением, скорости пассажирских поездов не могут увеличиваться без учета скорости тяжеловесных поездов

## 2.2. Повышение массы грузовых поездов

Масса поезда фактически положительно влияет на все эксплуатационные показатели работы дороги.

При повышении массы и длины состава мы имеем экономию на тяге поездов, снижаются общие затраты на энергоресурсы.

*Известно, что 75% грузоовых перевозок осваиваются тяжеловесными поездами массой более 10тыс.т. на дорогах Канады, США, ЮАР, АВСТРАЛИИ. В этом же направлении развивается Россия и Китай. В странах Европы такой тенденции нет – масса поездов 1000-2000т.*

Увеличение массы состава не является особо сложной задачей.

Например: с постановкой локомотива в голове и в середине поезда или в голове и в хвосте поезда позволяет сформировать поезд массой 12тыс.т;

С постановкой в голове и в последней трети состава – до 16тыс.т.(уменьшаются продольные силы).

Но при этом нужны определенные затраты:

- необходимо удлинить станционные пути на части промежуточных станций для обгона соединенных поездов пассажирскими поездами;

-удлинить определенное число путей с парках приема и отправления на сортировочных и участковых станциях или построить вставки дополнительных главных путей перед этими станциями на длину соединенного или одинарного поезда.

Из этого следует, что определяющим фактором для повышения массы состава является полезная длина приемо-отправочных путей.

При существующей длине приемо-отправочных путей такой поезд может быть пропущен только по специальному графику при наличии достаточной длины приемо-отправочных путей хотя бы на части отдельных пунктах. Но ввод таких поездов на постоянной основе сильно усложняет работу ж.д. На основных направлениях наших дорог длина приемо-отправочных путей 850 -1050м (около 30%). При 850 - можно формировать поезда массой 4800т (57 у.в), при 1050 – 6000т – 71 у.в. Сегодня выделено 13 направлений (28тыс. км), по которым можно перевозить грузы в поездах массой 6000т (в перспективе 9000т). Ведется переход на укороченные полувагоны с повышенной осевой нагрузкой 25-27т/ось.

Но не надо забывать, что увеличение осевой нагрузки повлечет за собой увеличение расходов на текущее содержание пути.

### **Библиографический список**

1. СП 237.1326000.2015 Инфраструктура железнодорожного транспорта. Общие требования
2. СП 119.13330.2012 Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95
3. Распоряжение ОАО «РЖД» от «18» 01 2013 г. № 75р «Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути»- Москва, 2013. 124с.
4. Миронов В.С., Гороховцев Б.И., Турбин И.В. Проектирование реконструкции железной дороги: Методические указания к курсовому проектированию / Под редакцией В.С. Миронова. – М.: МИИТ, 2007. – 99 с.
5. Основы проектирования, строительства и реконструкции железных дорог [Текст] : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. А. Бучкин [и др.] ; ред.: Ю. А. Быков, Е. С. Свинцов. - М. : УМЦ по образованию на ж.-д. трансп., 2009. - 447 с.