

## Лекция №2

### «Цели реконструкции и мероприятия по усилению мощности железной дороги. Выбор оптимальной схемы этапного усиления ж.дороги»

#### 1 Анализ освоения перевозок и выбор технических параметров реконструкции линии

Переустройство железнодорожной линии в современных условиях может быть вызвано необходимостью усиления мощности, увеличением максимальных скоростей движения пассажирских поездов (введение скоростного движения), повышения скоростей движения грузовых поездов, а также стремлением уменьшить эксплуатационные издержки за счет обновления и модернизации её устройств и сооружений, в том числе электрификации железных дорог, мероприятий по увеличению мощности.

Для расчета провозной способности переустраиваемой железной дороги в существующем техническом состоянии необходимо установить *весовую норму и пропускную способность линии*.

**Весовая норма** может быть ограничена вместимостью приемоотправочных путей или мощностью локомотива и максимальным уклоном продольного профиля.

Весовая норма, ограниченная полезной длиной приемоотправочных путей ( $l_{no}$ ), равна  $Q_1 = q_{cp} \cdot (l_{no} - 50)$  м, где  $q_{cp}$  - средняя погонная нагрузка вагонного состава в т/м, зависящая от структуры грузопотока и используемых вагонов.

Весовую норму, ограниченную мощностью локомотива, исходя из установившегося движения с расчетной скоростью на максимальном подъеме  $Q_2$ , можно принять в соответствии с типом локомотива и руководящим уклоном. При неустановившемся движении значение

весовой нормы надо определять на основании тяговых расчетов с построением и анализом кривых скоростей.

Для расчета **пропускной способности** надо выполнить тяговые расчеты, при установленной весовой норме и указанном в задании типе локомотива. Далее следует определить возможные пропускную и провозную способности [Лекция №1].

Полученные результаты надо сопоставить с потребной провозной способностью, указанной в задании на проектирование, и выявить необходимые и логически целесообразные реконструктивные мероприятия. Дать рекомендации по реконструктивным мероприятиям для увеличения мощности линии.

## **2 Мероприятия по усилению мощности железной дороги**

Как можно повысить провозную способность железной дороги:

- 1) увеличить пропускной способности при сохранении массы грузового поезда.
- 2) увеличить массу грузового состава при сохранении пропускной способности
- 3) Увеличить одновременно и пропускную способность и массу грузового поезда.

Все мероприятия по увеличению провозной способности железной дороги можно разделить на три группы:

- А) интенсификация перевозочной работы;
- Б) организационно-технические мероприятия;
- В) реконструктивные мероприятия.

**Интенсификация перевозочной работы** - это более эффективное использование существующих технических средств, внедрение новых технологий и новых форм организации труда.

**Например:**

-повышение провозной способности за счет рационального сочетания весовой нормы и допускаемой скорости движения грузовых поездов;

- применение более рациональных схем загрузки вагонов для повышения погонных нагрузок;

- сокращение времени хода поезда за счет более рациональных режимов его вождения, уменьшения станционных интервалов за счет более современных средств получения и обработки информации;

- уменьшение времени обработки поездов за счет новых средств диагностики;

- уменьшение коэффициента съема грузовых поездов пассажирскими в результате оперативного регулирования скоростного режима поездопотоков.

Внедрение всех выше перечисленных мероприятий нельзя назвать сменой технического состояния, так как они являются вспомогательными в рамках существующего состояния и не позволяют в значительной мере повысить провозную способность.

**Организационно-технические мероприятия** – позволяют повысить пропускную способность и требуют незначительных капиталовложений.

К этим мероприятиям можно отнести:

- уплотнение графика движения поездов;

- сокращение расчетного времени движения поездов;

- организация безостановочного скрещения поездов на отдельных пунктах с достаточной для этого длиной проемо-отправочных путей

Организационно-технические мероприятия – позволяют повысить и провозную способность:

- повышение массы состава за счет использования накопленной кинетической энергии;
- отмена остановок на отдельных пунктах расположенных перед крутыми подъемами;
- применение разгонного подталкивания в пределах станций и части перегона.

**Реконструктивные мероприятия** – эти мероприятия требуют значительной проектной проработки, так как меняют существенно постоянные устройства, требуют значительных капиталовложений.

К реконструктивным мероприятиям, приводящим к смене технического состояния ж.дорожной линии можно отнести:

- совершенствования устройств СЦБ;

*(Более совершенные средства СЦБ – это автоблокировка и ДЦ позволяет сократить время на станционные интервалы)*

- удлинение приемо-отправочных путей и сооружение новых на отдельных пунктах;

*Позволяет повысить массу грузовых поездов и за счет этого повысить провозную способность)*

- введение более мощных локомотивов при данном виде тяги или электрификация линии со сменой типв локомотива;

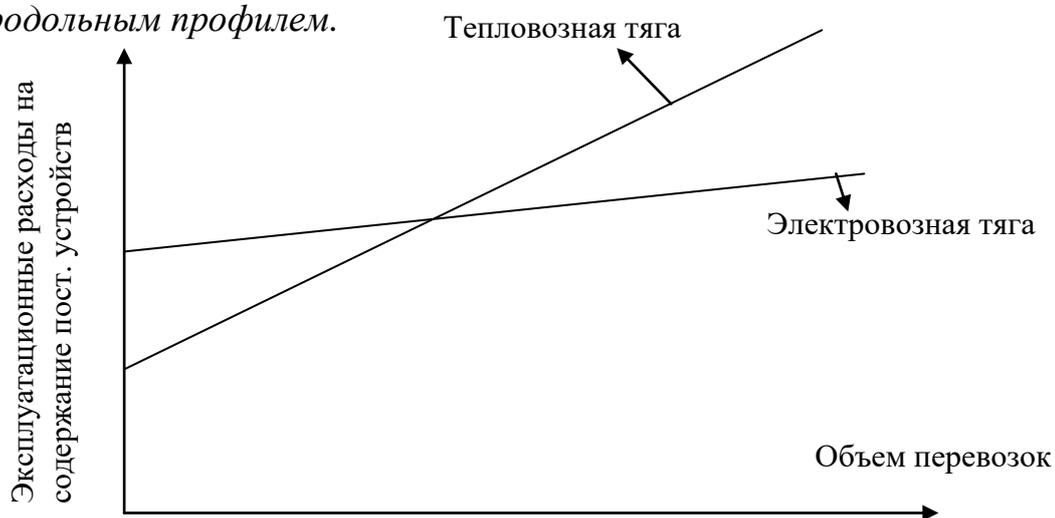
*Позволяет повысить массу грузовых поездов и за счет этого повысить провозную способность.*

*Известно, что пропускная способность при электровозной тяги выше, чем при тепловозной на 10-15% - в средних условиях рельефа и на 25-40% - в горных, сложных условиях. Почему? – большие преимущества начинают сказываться в основном на затяжных крутых подъемах за счет значительной разницы в величине расчетно-минимальной скорости у тепловоза и электровоза.*

Следует отметить, что расходы на содержание постоянных устройств при электровозной тяге выше, чем при тепловозной за счет содержания контактной сети и тяговых подстанций.

Говорить о снижении себестоимости перевозок при электрической тяге можно только при большом объеме перевозок.

Наиболее целесообразно вводить электровозную тягу на двухпутных линиях с большой грузонапряженностью и интенсивным пассажирским движением, на линиях с интенсивным пригородным движением, на грузонапряженных однопутных линиях со сложным продольным профилем.



Россия занимает первое место в мире по протяженности электрифицированных дорог – 42.3 тыс. км из 87.3 тыс. км;

Германия – 19,2 из 45.5 тыс. км;

Китай – 16.3 из 71.6 тыс. км;

Франция – 14.3 из 32.7 тыс. км;

Индия – 14.2 из 63.5 тыс. км)

- смягчение уклонов продольного профиля пути или изменение трассы ж.д. линии на отдельных участках;

(Смягчение уклонов продольного профиля на линии в целом или на отдельных перегонах позволяет повысить массу грузового поезда,

*снизить себестоимость перевозок и улучшить эксплуатационные показатели ж.д. линии.*

*Спрямление трассы на отдельных участках в целях неоправданного развития, увеличение радиусов в плане со значительным смещением трассы приводит к возможности повышения скорости движения, уменьшения пробега и времени хода поезда, а также сокращения затрат на текущее содержание и ремонт пути).*

- укладка дополнительных главных путей на всем протяжении или строительство двухпутных вставок для организации безостановочного скрещения поездов.

*(Строительство второго главного пути позволяет увеличить пропускную способность в 3-4 раза, при этом повышается участковая скорость, сокращается время оборота вагонов и локомотивов, уменьшается потребность в подвижном составе, быстрее доставляются грузы и пассажиры, снижается себестоимость перевозок.*

*На линиях с интенсивным пригородным движением актуальна укладка 3 и 4 путей.)*

### **3 Назначение конкурентных схем этапного усиления мощности железной дороги и выбор оптимального варианта схемы**

При формировании конкурентных схем учитывается минимальная продолжительность срока работы в одном техническом состоянии (3- 5 лет). При этом намеченные переходы должны быть технически возможны и логически целесообразны.

Оптимальная схема выбирается на основании анализа сетки «состояние – время» (рис.3).

Принятые к анализу технические состояния и сроки их смен наносятся на сетку «состояние-время».

По оси X откладываются годы (2, 3, 4, .....14, 15 - ый), по оси Y – горизонтальными линиями состояния в порядке увеличения уровня их провозной способности. Сетка составляется в произвольном масштабе.

На сетке расставляются «узлы», «точки» и «стрелочки»:

- «узел» ставится в том состоянии, на которое осуществляется переход (j) и в тот год, в который осуществляется переход (t), нумерация узла – (j,t);

- «точка» ставится на том состоянии, с которого осуществляется переход (i), в год перехода (но точка ставится чуть левее);

- «стрелочка» показывает переход из состояния (i) в состояние (j).

Расчет оценки в узлах осуществляется по формуле

$$Z_{(jt)} = Z_{(\text{лев.узла})} + \sum_{t_{\text{нач}}}^{t_{\text{кон}}} C_i(t)\eta_t + K_{ij}\eta_t \quad (5)$$

где  $Z_{(jt)}$  - приведенные суммарные приведенные затраты, тыс.руб;

$Z_{(\text{лев.узла})}$  - оценка левого узла, тыс.руб;  $\sum_{t_{\text{нач}}}^{t_{\text{кон}}} C_i(t)\eta_t$  - сумма

эксплуатационных расходов в i-ом техническом состоянии за период его эксплуатации от  $t_{\text{нач}}$  до  $t_{\text{кон}}$ , тыс.руб;  $K_{ij}\eta_t$  - капиталовложения, необходимые на переход из состояния i в состояние j, тыс.руб.

Для «узлов» с двумя и более подходами рассчитывается две и более оценок, далее из них выбирается минимальная оценка и записывается на сетке «состояние-время» слева от узла, а стрелки с большими оценками зачеркиваются.

Расчеты доводятся до последнего узла – это и есть суммарные приведенные затраты на переустройство и эксплуатацию существующей железнодорожной линии за период 15 лет.

Эксплуатационные расходы следует определять для каждого технического состояния, участвующего в формировании схем этапного усиления за весь период сравнения от 2-ого до 15-ого года по формуле

$$C_t = L(2N_t e + K_{пу}), \quad (6)$$

где  $L$  – длина трассы, км;  $e$  – стоимость 1поездо-км , тыс.руб);  $K_{пу}$  – стоимость содержания постоянных устройств, тыс.руб;  $N_t$  - число поездов в грузовом направлении, тыс. поезд/год.

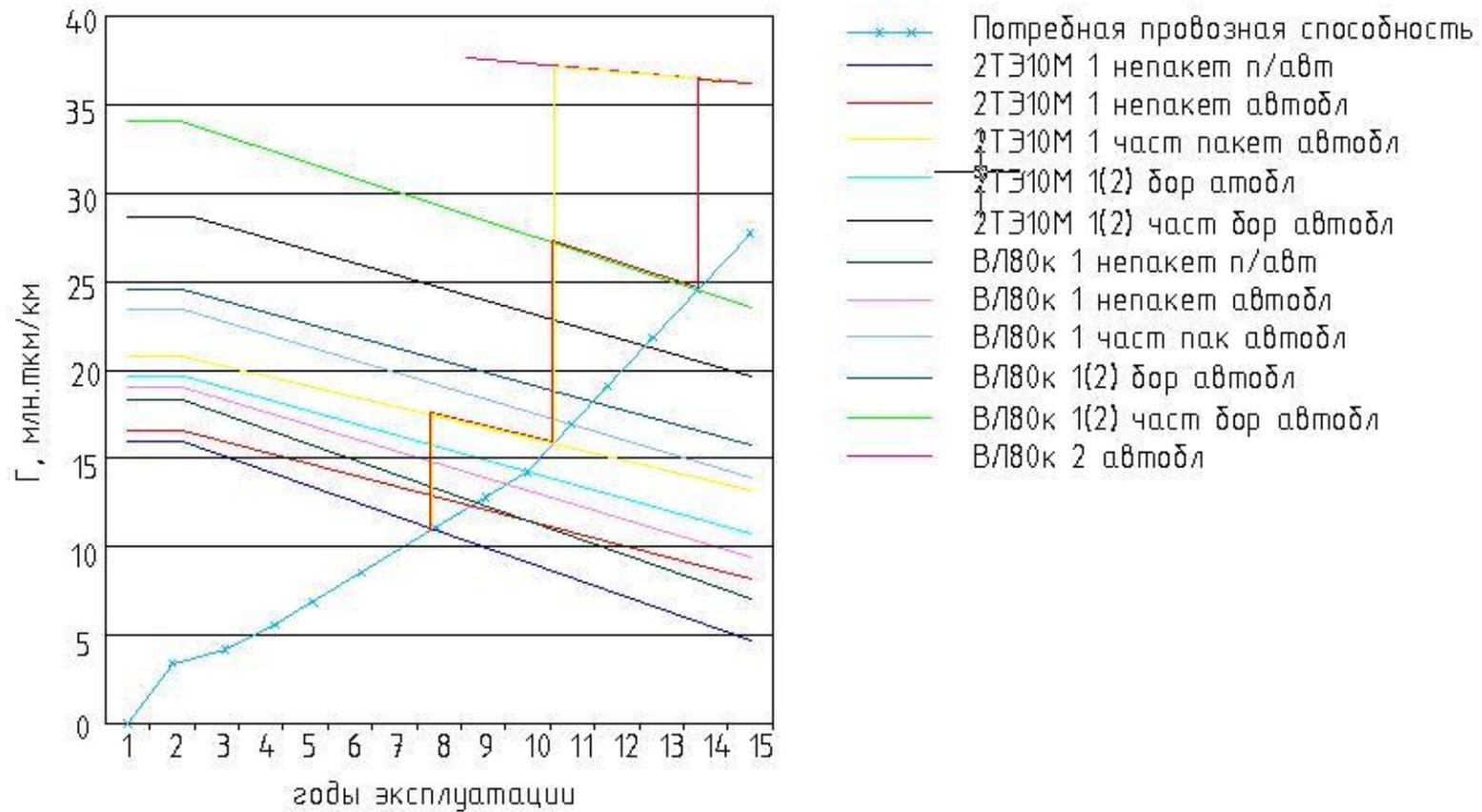


Рис. 2. График овладения нарастающими перевозками

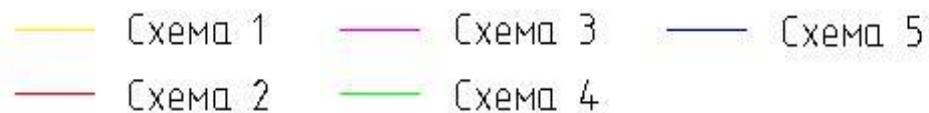
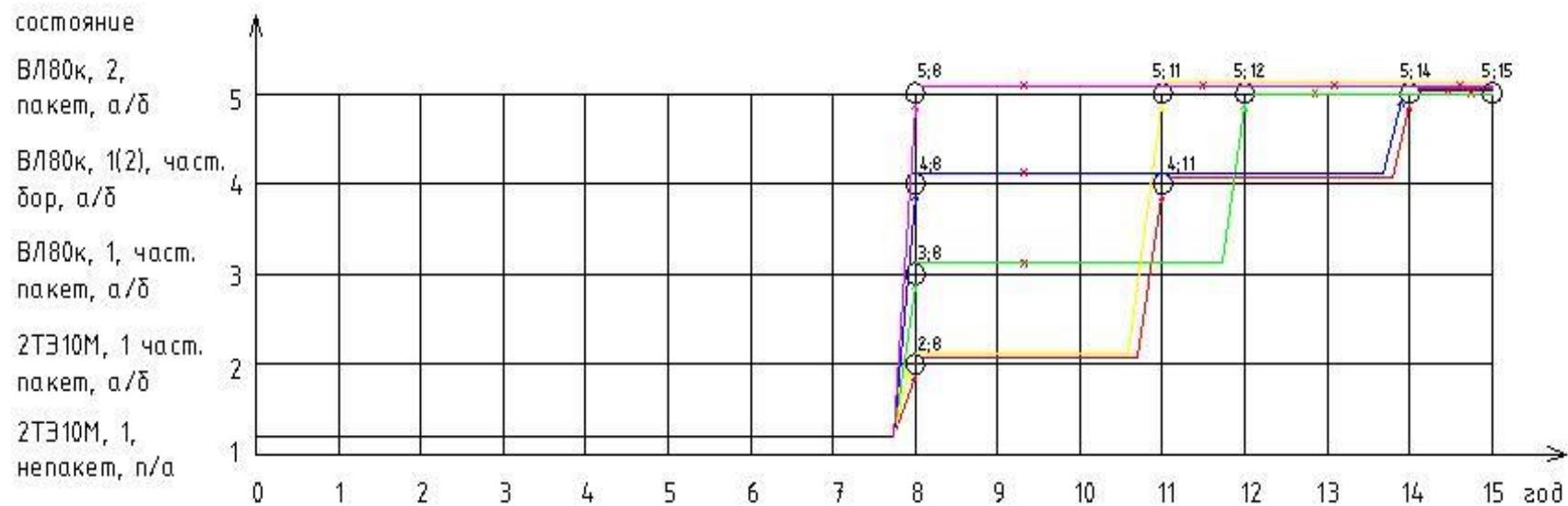


Рис.3. Сетка «состояние – время»

Сравнение конкурентных схем может осуществляться по сумме приведенных строительных и эксплуатационных расходов с учетом отдаленности во времени по методике многоэтапных капиталовложений.

Сравнение вариантов схем следует осуществлять от года исчерпания мощности существующего состояния до общего для всех схем срока сравнения вариантов. При сопоставлении схем по приведенным суммарным затратам следует иметь в виду, что если разность между ними не превышает 5 – 10 %, то схемы следует считать равноценными и для выбора лучшей из них учитывать другие показатели: унификацию полезной длины путей в районе проектирования, виды тяги на перспективу и т.д..

Суммарные приведенные строительно-эксплуатационные затраты в случае реконструкции железной дороги, определяется по формуле (8)

$$Z = K_0 + L_0 + B_0 + G_0 + \sum \sum K_{ti} * \eta_t + \sum \sum C_{ti} * \eta_t + \sum \sum \Delta L_{ti} * \eta_t + \sum \sum \Delta B_{ti} * \eta_t + \sum \sum \Delta G_{ti} * \eta_t + \sum \sum \Delta M_{ti} * \eta_{ti} - L_0 * \eta_t, \quad (8)$$

Где  $K_0$ ,  $L_0$ ,  $B_0$ ,  $G_0$  – первоначальные капиталовложения в строительство новой железной дороги, локомотивный парк, вагонный парк, грузовую массу соответственно, т.р.;

$\sum \sum C_{ti} * \eta_t$  – суммарные эксплуатационные расходы за период сравнения, т.р.;

$\sum \sum K_{ti} * \eta_t$  – суммарные поэтапные капиталовложения в реконструкцию, т.р.;

$\sum \sum \Delta L_{ti} * \eta_t$  – прирост стоимости локомотивного парка за период сравнения, т.р.;

$\sum \sum \Delta B_{ti} * \eta_t$  – прирост стоимости вагонного парка за период сравнения, т.р.;

$\sum \sum \Delta G_{ti} * \eta_t$  – прирост стоимости грузовой массы за период сравнения, т.р.;

$\sum \sum \Delta M_{ti} * \eta_{ti}$  – затраты на перелом массы за период сравнения, т.р.;

$L_0 \cdot \eta_t$  – возвратная сумма затрат от реализации локомотивов (тепловозов), т.р.;

$\eta_t$  – коэффициент отдаленности затрат,  $\eta_t = (1+E)^{-t}$  ;

$E$  – коэффициент эффективности капиталовложений, принимаемый на железнодорожном транспорте ( $E = 0,1$ ).

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.