

# Курс “Транспортные системы”

## Лекция 5. Железнодорожная транспортная система (часть 2)

Автор: Кузнецов В.П.

# ПЛАН ТЕМЫ

- 5.6. Технические устройства интервального движения поездов.
- 5.7. Порядок формирования поездов.
- 5.8. Графики движения поездов.
- 5.9. Пропускная и провозная способности участка железной дороги.
- 5.10. Мероприятия по повышению пропускной способности участка железнодорожной линии.

## 5.6. ТЕХНИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА ИНТЕРВАЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

Регулирование движения поездов и обеспечение безопасности их следования по перегонам и станциям обеспечивают устройства автоматики и телемеханики.

К этим устройствам относятся:

- ▣ автоматическая блокировка;
- ▣ автоматическая локомотивная сигнализация;
- ▣ устройства диспетчерского контроля за движением поездов;
- ▣ электрическая централизация стрелок и сигналов;
- ▣ диспетчерская централизация и связь.

**Основным сигнальным прибором является светофор.**

Применение путевой блокировки, особенно автоматической, даёт возможность обеспечить высокую пропускную способность перегонов за счёт деления их проходными сигналами на отдельные участки и движения по принципу единственного поезда на каждом участке пути.

Безопасность движения обеспечивается тем, что устройства путевой блокировки не допускают открытия сигнала для пропуска поезда, пока участок пути, ограждённый этим сигналом, занят другим поездом.



Рис.6 СХЕМА ЖЕЛЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ ЛАТВИИ

**Диспетчерская централизация** предназначена для управления движением поездов из одного пункта. Она представляет собой сочетание автоматической блокировки на перегонах с электрической централизацией стрелок и сигналов станции и обеспечивает:

- ▢ управление из одного пункта стрелками и сигналами ряда станций и перегонов;
- ▢ контроль в аппарате управления за положением и занятостью перегонов, путей на станциях и прилегающих к ним блок участков;
- ▢ автоматическую запись графика исполненного движения поездов и др.

Все операции по приёму и отправлению поездов со станций участка производит диспетчер, а регулирование следования поездов по перегонам совершается автоматически по сигналам автоблокировки.

Диспетчерская централизация позволяет повысить пропускную способность, участковую скорость и безопасность движения поездов.

## 5.8. ГРАФИКИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

На железнодорожном транспорте движение поездов осуществляется по графику.

**График движения поездов** выражает план всей эксплуатационной работы железных дорог и является основой организации перевозок. Он объединяет и координирует работы всех подразделений железной дороги, связанных с движением поездов.

График движения обеспечивает:

- выполнение плана перевозок пассажиров и грузов;
- безопасность движения поездов;
- наиболее эффективное использование пропускной и провозной способности участков и перерабатывающей способности станций;
- высокопроизводительное использование подвижного состава;
- возможность производства работ по текущему содержанию пути, сооружений, устройств блокировки, связи и электроснабжения.

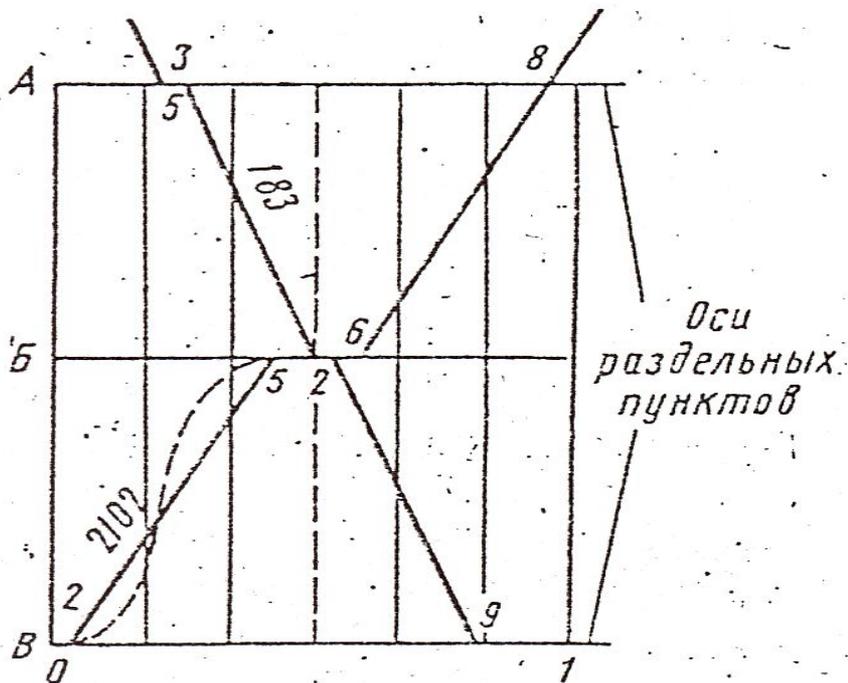


Рис.7 График движения поездов

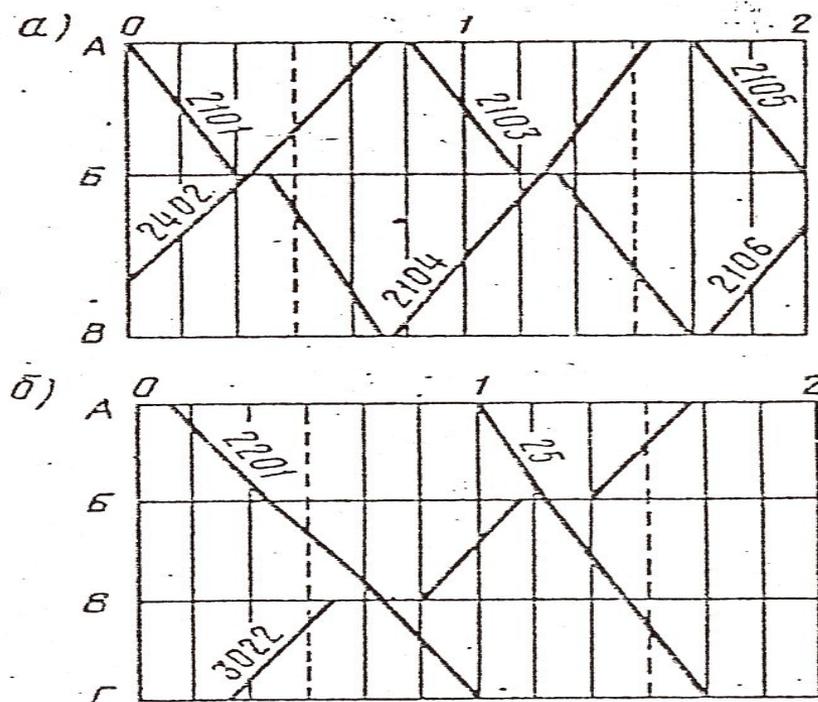


Рис.8 Однопутный график  
 а) параллельный, б) нормальный

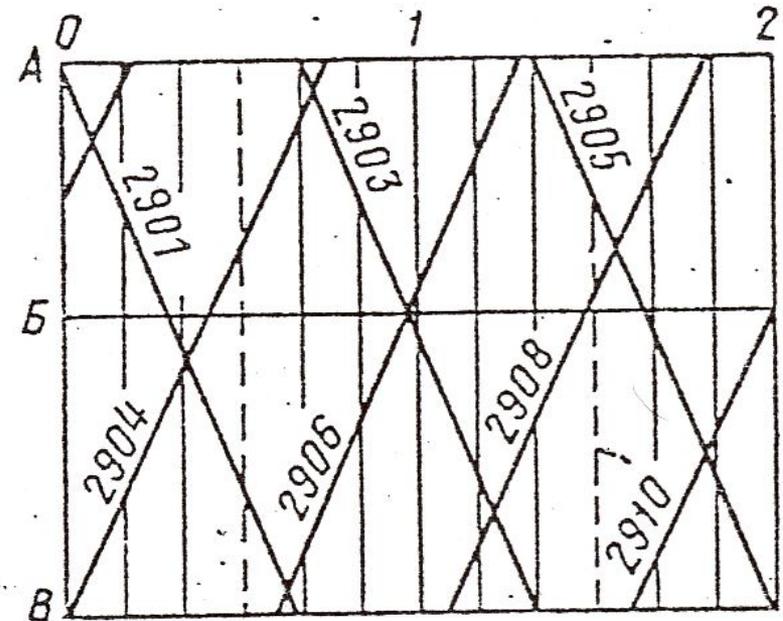
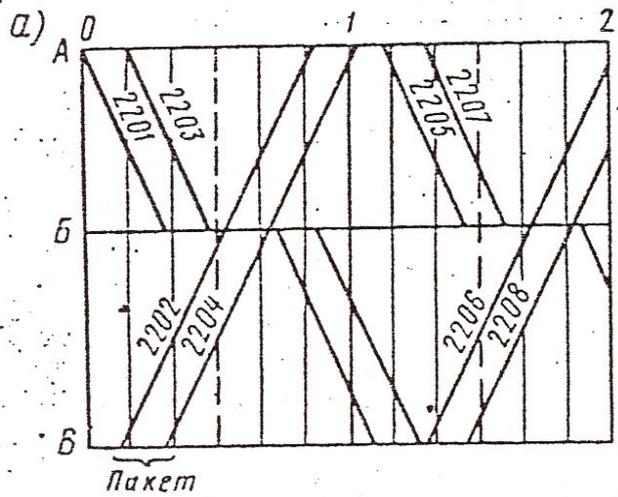


Рис.10 Двухпутный график

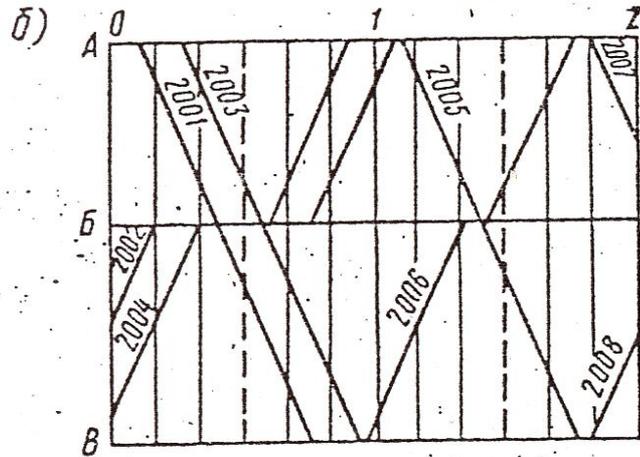


Рис.9 График на однопутном участке:  
а) пакетный, б) частично - пакетный

Ход поезда изображается на рис. 7. в виде движения точки в системе координат, где по оси абсцисс откладывается время суток от 0 до 24 часов, а по оси ординат – пройденное расстояние.

След движения точки условно принимается за прямую, соединяющую точки отправления и прибытия поезда, исходя из того, что поезд следует по перегону с одинаковой скоростью.

Угол наклона прямой к горизонтали характеризует скорость движения поезда.

График строится на стандартной сетке. Каждый час разделён вертикальными линиями на шесть 10 – минутных интервалов. Полукасовые деления показываются штриховой линией.

Горизонтальными линиями обозначаются оси отдельных пунктов. Нечётные поезда наносятся сверху вниз, а чётные – снизу вверх.

В точках пересечения в тупых углах ставится последняя цифра времени прибытия, отправления или проследования поездов, указывающая число минут сверх целого десятка.

На рис. 7 показаны все отмеченные особенности графика движения поездов №183 – пассажирский поезд, 2102 – грузовой поезд.

На основе графика составляется расписание движения поездов, в котором указывается время прибытия, отправления и проследования поездов по каждому отдельному пункту.

В зависимости от скорости движения поездов графики могут быть параллельные и непараллельные (нормальные) (рис. 8).

В параллельных графиках поезда в одном направлении следуют с постоянной скоростью. Поэтому линии хода их параллельны между собой.

Вне параллельных графиках линии хода не параллельны между собой и, следовательно, скорости движения поездов не одинаковые.

По числу главных путей на перегонах графики подразделяются на одно-путные (рис. 9) и двухпутные (рис. 10).

По соотношению числа поездов в чётном и нечётном направлениях различают графики парные и непарные.

В зависимости от расположения поездов попутного следования графики могут быть пачечные, пакетные и частично пакетные. Все виды графиков движения показаны на рис. 9, 11.

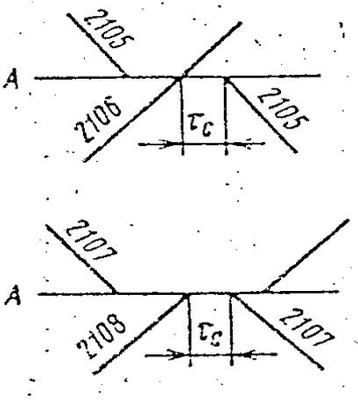
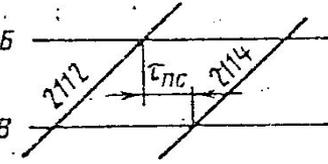
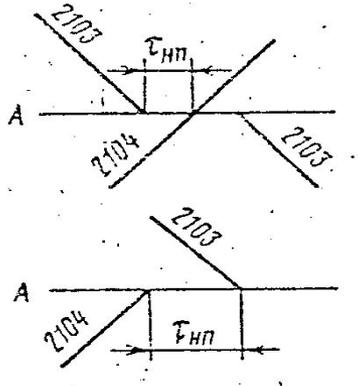
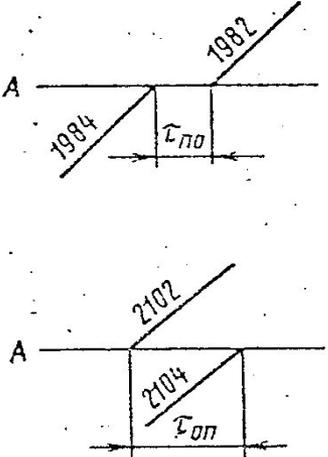
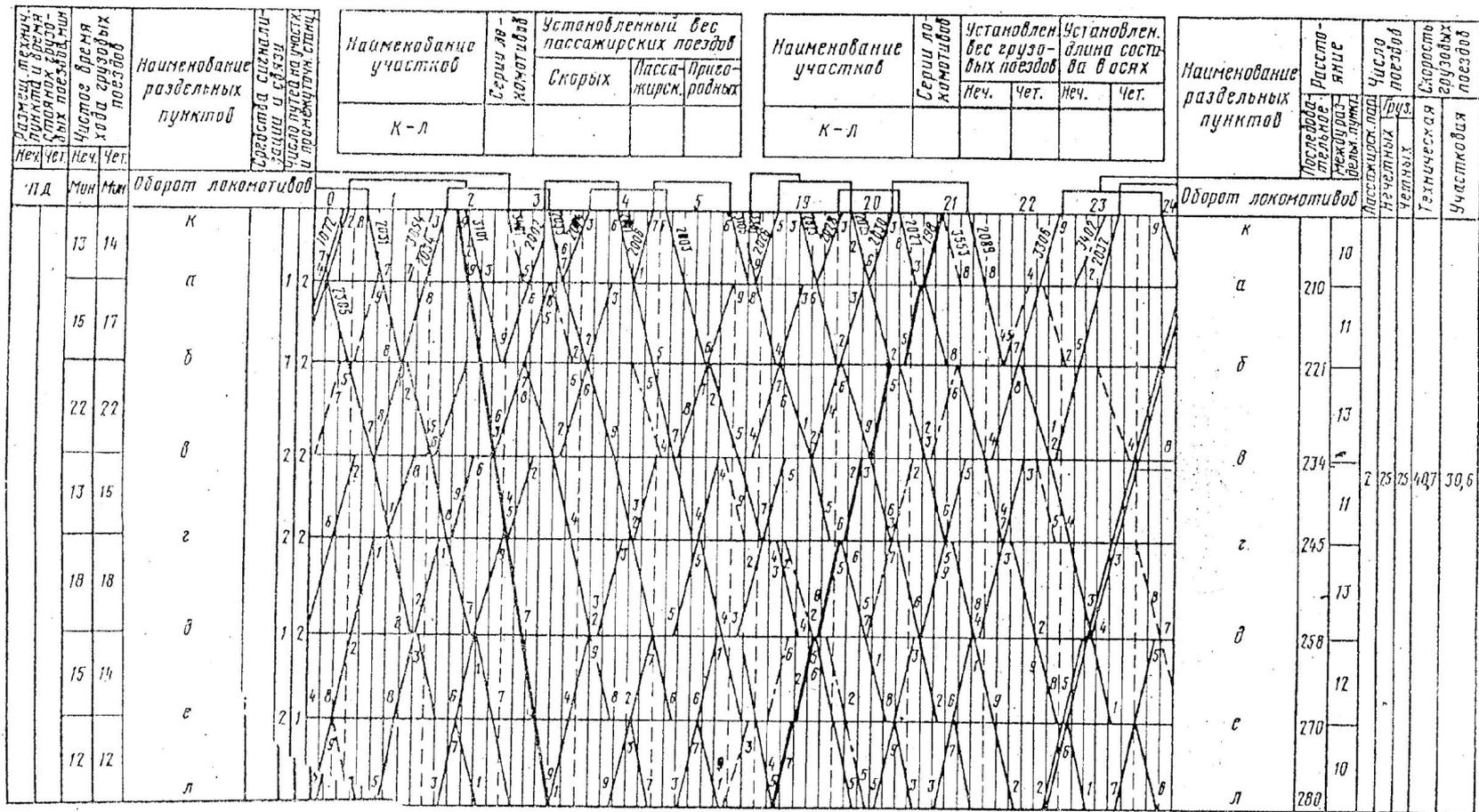
| Станционный интервал  | Схема интервалов   | Станционный интервал  | Схема интервалов   |
|---|--|---|--|
| <p>Скрещения <math>\tau_c</math>:</p> <p>при пропуске одного из поездов сходу</p> <p>при остановке обоих поездов</p>                    |   | <p>Попутного следования <math>\tau_{пс}</math></p>  |   |
| <p>Неодновременного прибытия <math>\tau_{нп}</math>:</p> <p>при пропуске одного из поездов сходу</p> <p>при остановке обоих поездов</p> |  | <p>Неодновременного прибытия и отправления <math>\tau_{по}</math></p> <p>Неодновременного отправления и прибытия <math>\tau_{оп}</math></p> |  |

Рис.11 Станционные интервалы

Важным элементом графика являются станционные интервалы (рис. 11):

- $\tau_c$  - интервал скрещения,
- $T_{нп}$  - интервал неодновременного прибытия,
- $t_{пс}$  - интервал попутного следования,
- $t_{оп}$  - интервал не одновременного отправления и прибытия,
- $t_z$  - интервалы задержки,
- $I$  - интервал между поездами в пакете. Он может быть доведен до 6 – 8 мин. Для пригородных электропоездов при интенсивном движении – до 3 – 4 мин.

График движения составляют одновременно для всей сети железных дорог.



Условные обозначения поездов:

- 1. Пассажирские (жирные линии)
- 2. Ускоренные (двойные линии)
- 3. Грузовые (тонкие линии)
- 4. Сборные (пунктир с точкой)
- 5. Диспетчерские локомотивы (пунктир тонкий)

График составил...  
 График чертил...  
 График проверил...  
 Начальник дороги...

**Рис.12 График движения поездов**

## 5.9. ПРОПУСКНАЯ И ПРОВОЗНАЯ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

**Пропускной способностью железнодорожной линии** называется наибольшее число поездов или пар поездов установленной массы, которое может быть пропущено по ней в течение суток в зависимости от технической оснащённости, организации движения поездов и технологии работы.

Различают **пропускную способность наличную**, т.е. ту, которой обладает линия в настоящее время и **потребную**, необходимую для заданных размеров движения.

Понятие пропускная способность относится к перегону, участку, станции, транспортному направлению, сети и т.п.

Пропускная способность железнодорожной линии рассчитывается комплексно, т.е. по всем перегонам, станциям и всем устройствам (депо и т.д.). По наименьшей из рассчитанных по этим элементам значениям пропускной способности и устанавливают пропускную способность участка или линии в целом.

Пропускная способность участка по ограничивающему перегону однопутной дороги определяется по формуле

$$n = \frac{(1440 - t^{\circ}_{\text{тех}}) \times \alpha^n}{T_{\text{пер}}},$$

где  $n$  число пар поездов.

Возможные размеры грузовых перевозок (в миллионах тонн), которые могут быть выполнены на данной линии в течение года, называется **провозной способностью данной линии**.

**Провозная способность железнодорожной линии** рассчитывается по всем ограничивающим перегонам участков линии и по наименьшим из подсчитанных значений устанавливается провозная способность участка или всей линии в целом.

Ограничивающий перегон на любом участке является самым длинным. Схемы расчёта показаны на рис. 12.

Наличная провозная способность участка железнодорожной линии  $\Gamma$   $n$  в момент времени  $t$  определяются по формуле

$$\Gamma_{\text{н}} = 365 \cdot m_{\text{гр}} \cdot f_{\text{скв}} \cdot 10 \cdot \left[ \frac{\alpha_{\text{н}} \cdot \text{ср} \cdot (1440 - t_{\text{тех}})}{T_{\text{пер}}} - \varepsilon_{\text{пс}}(t) \times n_{\text{пс}}(t) - \varepsilon_{\text{сб}}(t) \times n_{\text{сб}}(t) \right];$$

В формуле параметры означают:

ср

$m_{\text{гр}}$  - средняя масса брутто сквозного грузового поезда, тонн:

$t^{\circ}_{\text{тех}}$  - продолжительность технологического “окна” на однопутном участке дороги, предусматриваемого в графике движения для выполнения работ по текущему содержанию и ремонту пути, устройств и сооружений.

При существующем техническом оснащении и технологии производства указанных работ  $t^{\circ}_{\text{тех}} = 60$  мин.

$\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент, учитывающий влияние

отказов в работе технических средств

(локомотивов, вагонов, путей, устройств блокировки и связи, контактной сети и др.) на наличную пропускную способность перегонов. Численное значение в пределах 0,9 – 0,95.

$f_{\text{скв}}$  - отношение средней массы нетто к средней массе брутто сквозного грузового поезда;

$T_{\text{пер}}$  - период графика движения, мин;

$\varepsilon(t)$ ,  $\varepsilon(t)$  - коэффициенты съема грузовых поездов соответственно, пассажирскими и сборными поездами в момент времени  $t$ .

В приближенных расчетах для однопутного участка принимаются по

$$\begin{aligned} \varepsilon_{пс} &= 1,2 - 1,5, \\ \varepsilon_{сб} &= 1,5, - 2,5. \end{aligned}$$

$n_{пс}$ ,  $n_{сб}$  - размеры движения в момент времени  $t$  пассажирских и сборных грузовых поездов.

Для парного не пакетного графика движения однопутной железнодорожной линии с полуавтоматической блокировкой  $T_{пер}$  определяется по формуле:

не пак

$$T_{пер} = t'_{х} + t''_{х} + t_{ст.интер}, \quad (2)$$

где  $t'_{х}$ ,  $t''_{х}$  - время хода пары поездов по перегону в четном и нечетном направлениях, мин;

$t_{ст.интер}$  - среднее суммарное время движения пары поездов на замедление, разгон, скрещение и др. этапы движения - (5 – 6) мин.

Время хода пары поездов по перегону определяется по формуле

$$t'_{х} = t''_{х} = \frac{L_{огр. пер}}{V_{ср}} = \frac{2 \times 60 \times L_{огр. пер}}{V_{ср}},$$

где  $L_{огр. пер}$  - длина ограничивающего перегона участка, км,

$V_{ср}$  - среднеходовая скорость движения на участке, км / час.

На однопутной линии, оборудованной автоматической блокировкой,

пак

$T_{\text{пер}}$  пер парного, частично-пакетного графика движения с числом поездов в пакете два при равенстве интервалов автоблокировки, четного и нечетного направлений движения определяется по формуле:

пак

не пак

$$T_{\text{пер}} = (1 - 0,5 \times \gamma_{\text{п}}) \times T_{\text{пер}} + I \times \gamma_{\text{п}}, \quad (4)$$

где  $\gamma_{\text{п}}$  - коэффициент пакетности частично-пакетного графика движения на перегоне в преимущественном направлении.

Он определяется как отношение числа поездов, следующих пакетами, к общему числу поездов.

Чем больше коэффициент пакетности, тем больше провозная способность участка;

не пак

$T_{\text{пер}}$  - период не пакетного графика движения сквозного грузового поезда на перегоне (определяется по формуле 2);

$I$  - интервал автоблокировки, мин.

Для организации парного частично-пакетного графика движения на участке линии требуется:

- участок линии должен быть оборудован автоблокировкой;
- на участке должно быть определенное число отдельных пунктов с 3-я и 4-я приемоотправочными путями, равномерно расположенными по всему перегону.

Существующая провозная способность  
и фактические объемы грузовых перевозок в 2004 году  
по главным направлениям Латвийской железной дороги  
(млн. тонн)



31.8 – существующая провозная способность  
(21.0) – фактические объемы грузовых перевозок совместно с другими перевозчиками

# ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ЛИНИИ

Освоение непрерывно растущего грузооборота вызывает необходимость увеличения пропускной способности железнодорожных линий. Это увеличение может быть достигнуто за счёт организационно-технических и реконструктивных мероприятий.

## **Организационно – технические мероприятия:**

- совершенствование методов организации движения поездов и улучшения использования технических средств и подвижного состава.

В результате достигается повышение массы и скорости движения поездов, уменьшение станционных интервалов, ускорение обработки (разгрузки и погрузки) поездов и сокращение стоянки их на станциях;

- пропуск сдвоенных поездов (с локомотивами во главе поезда);
- переход на пакетный график движения.

## Реконструктивные мероприятия:

- введение более мощных локомотивов и большегрузных вагонов;
- оборудование линий автоблокировкой, электрической централизацией стрелок и сигналов. Автоблокировка повышает пропускную способность более чем в 2 раза, а на однопутной линии – на 25 – 30 %.

- оборудование диспетчерской централизации;
- постройка вторых путей, двухпутных вставок;
- смягчение профиля пути, усиление мощности (прочности) верхнего строения;
- увеличение длины и числа станционных путей.

Оборудование участка автоматической блокировкой позволяет организовать частично – пакетный график движения, увеличивающий пропускную способность пути.