

Неравномерность эксплуатационной работы

1. Экономические факторы.
2. Технические факторы.
3. Организационные факторы.

Факторы неравномерности

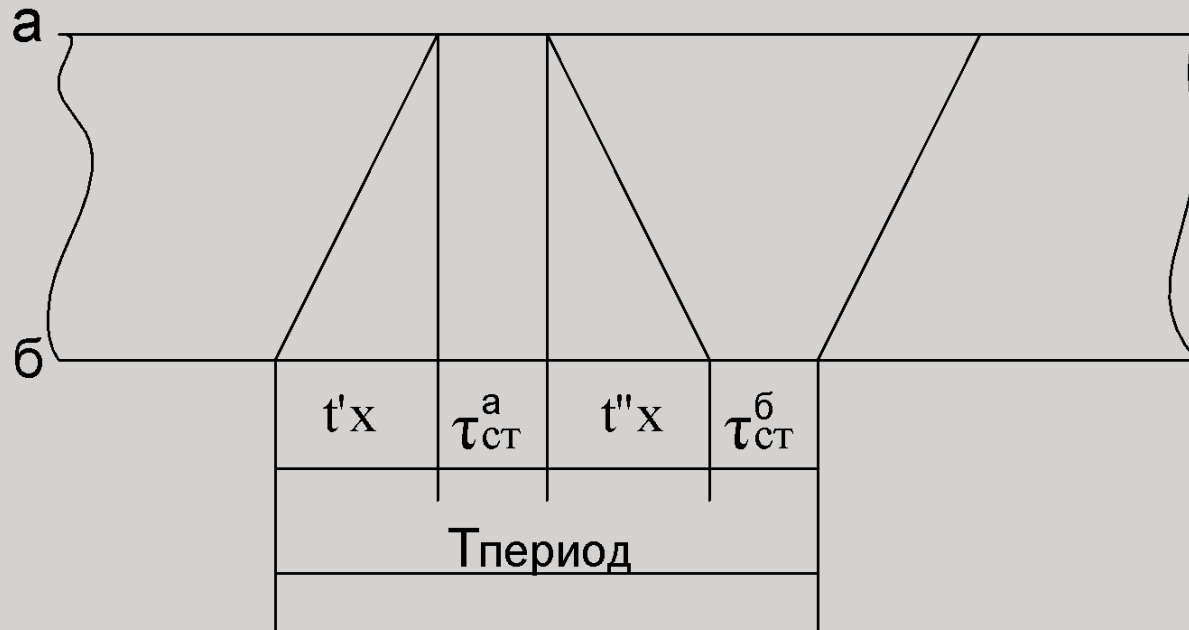
К экономическим факторам относятся колебания выпуска продукции предприятиями, сезонность производства, изменение связей между районами производства и потребления, заключение сделок на поставку продукции и товаров и т.п.

К техническим факторам относятся случайный характер поездообразования на станциях формирования поездов, маршрутизация перевозок по роду груза, что влечет за собой увеличение неравномерности подхода вагонов под выгрузку, отказы технических средств и др.

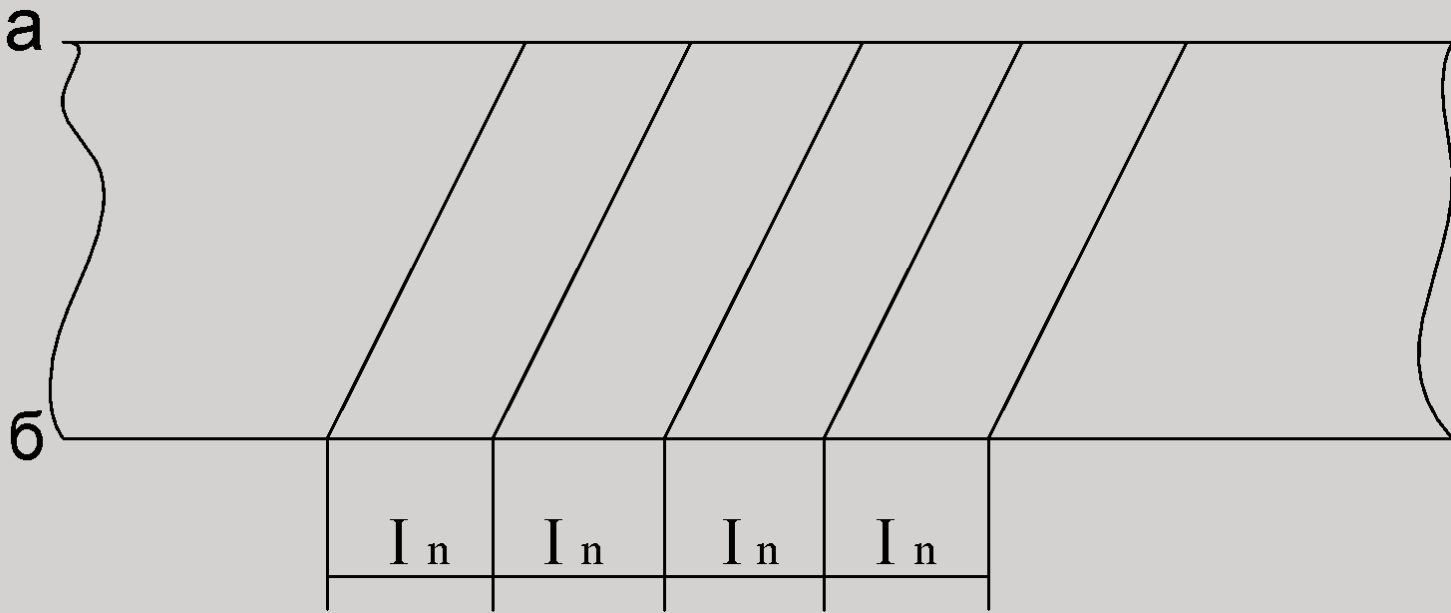
К организационным факторам можно отнести установившиеся режимы работы предприятий (сменность, выходные и праздничные дни), предоставление «окон» для ремонтных и реконструктивных работ, сгущение подвода поездов к пунктам сдачи перед отчетным часом (на 18ч), наличие в графике движения пассажирских поездов и т.п.

$$P_3 = 1 - \Phi\left(\frac{N_{max} - N}{\sigma}\right)$$

Период графика



Интервал в пакете



Наличная пропускная способность – это наибольшее количество пар поездов или поездов (при непарности размеров движения), которое может быть пропущено по участку, полигону в течение суток, в зависимости от их технического оснащения и принятого типа ГДП.

Потребная пропускная способность – это наибольшее количество пар поездов, которые необходимо пропустить по данному полигону в зависимости от плана грузовых и пассажирских перевозок (принимается за месяц максимальных перевозок).

Проектная пропускная способность – это способность, которая может быть достигнута в результате технического перевооружения данной линии или увеличении ее пропускной способности за счет каких-либо усиливающих мероприятий.

Провозная способность – это наибольшее количество тонн, которое может быть перевезено по данному полигону или участку в зависимости от технического оснащения и наличия технических средств (готовых поездов, исправных локомотивов, энергоносителей и обеспеченности локомотивными бригадами).

$$N = \frac{1440 - 120}{T_{\text{пер.}}} \alpha_{\text{надежн.}}$$

$$N = \frac{1440 - 120}{I_{\text{н.}}} \alpha_{\text{надежн.}}$$

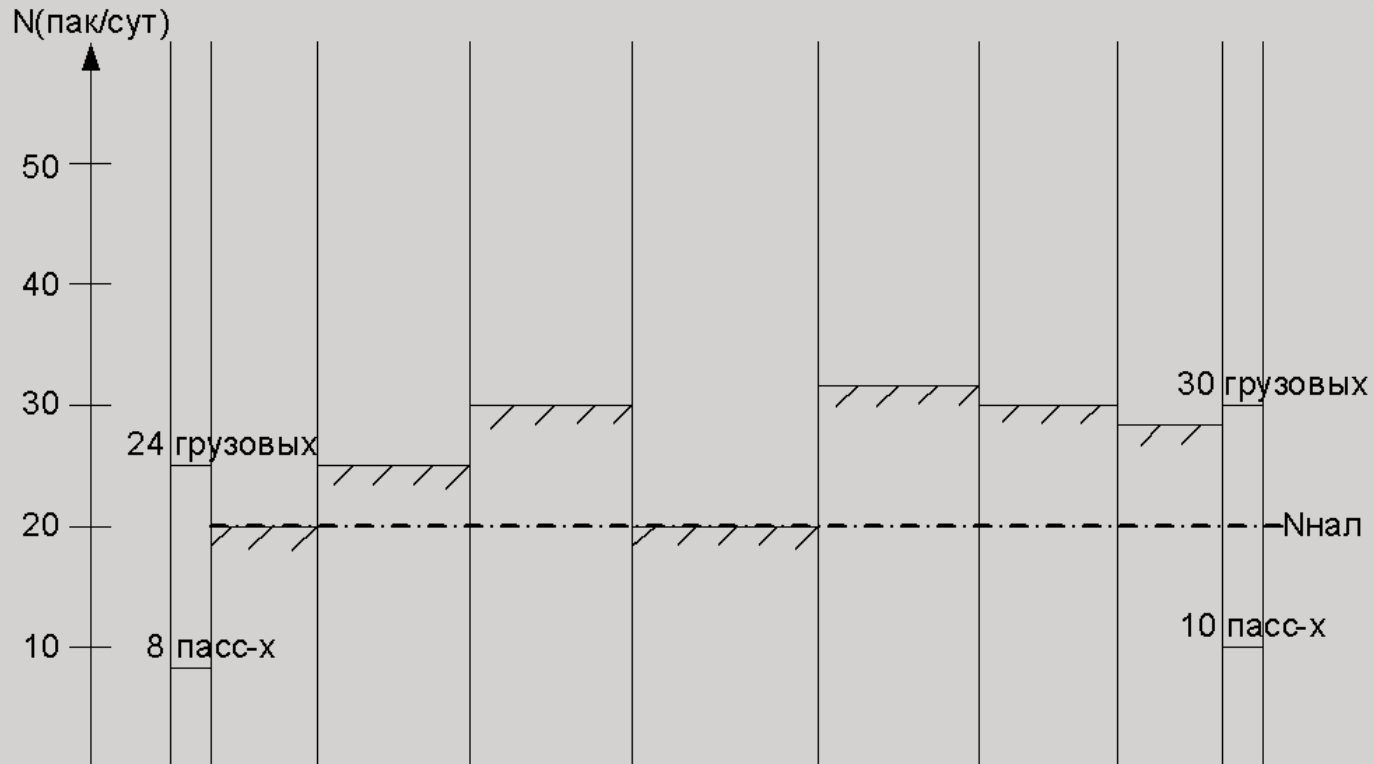
$$N_{\text{потр.}} = (N_{\text{гр.}} + N_{\text{пс.}} \varepsilon_{\text{пс.}} + N_{\text{ускор.}} \varepsilon_{\text{ускор.}} + N_{\text{сбор.}} \varepsilon_{\text{сб.}}) \cdot \beta$$

$$N_{\text{гр}} = \frac{K_{\text{н}}}{365 \cdot Q_{\text{гр}}^{\text{нетто}}} \cdot \left[\sum P_{\text{гр}} - \left(\sum P_{\text{ускор}} + \sum P_{\text{сбор}} \right) \right] +$$

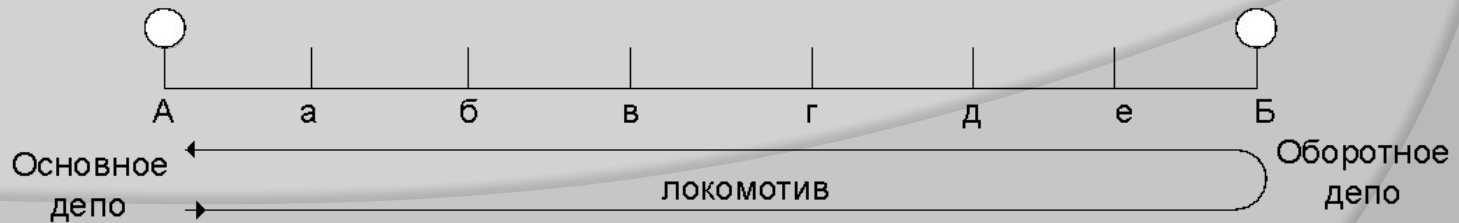
$$\frac{K_{\text{н}}^{\text{ускор}}}{365 \cdot Q_{\text{ускор}}^{\text{нетто}}} \cdot \sum P_{\text{ускор}} + \frac{K_{\text{н}}^{\text{сбор}}}{365 \cdot Q_{\text{сбор}}^{\text{нетто}}} \cdot \sum P_{\text{сбор}}$$

$$N_{\text{пс}} = \frac{\sum A_{\text{пс}}}{365 \cdot a_{\text{н}}} \cdot K_{\text{н}}^{\text{пс}}$$

Комплексная диаграмма наличной пропускной способности



N по топливу и т.д.								
N по ВЧД. Ваг. Хоз-во								
N электроснабжение								
Nнал по осн. депо								
Nнал по перегону		20	25	30	20	32	30	28



Основные меры по увеличению пропускных и провозных способностей

1. Увеличение размеров движения поездов при том же весе и составе, локомотиве и силе тяги.

$$\Delta N = 1440 \cdot \left(\frac{1}{T_{пер}^{нов}} - \frac{1}{T_{пер}^{стар}} \right)$$

2. Повышение веса и увеличение провозной способности

$$\Delta Q = N_{гр} \cdot (Q_n^{нов} - Q_n^{стар})$$

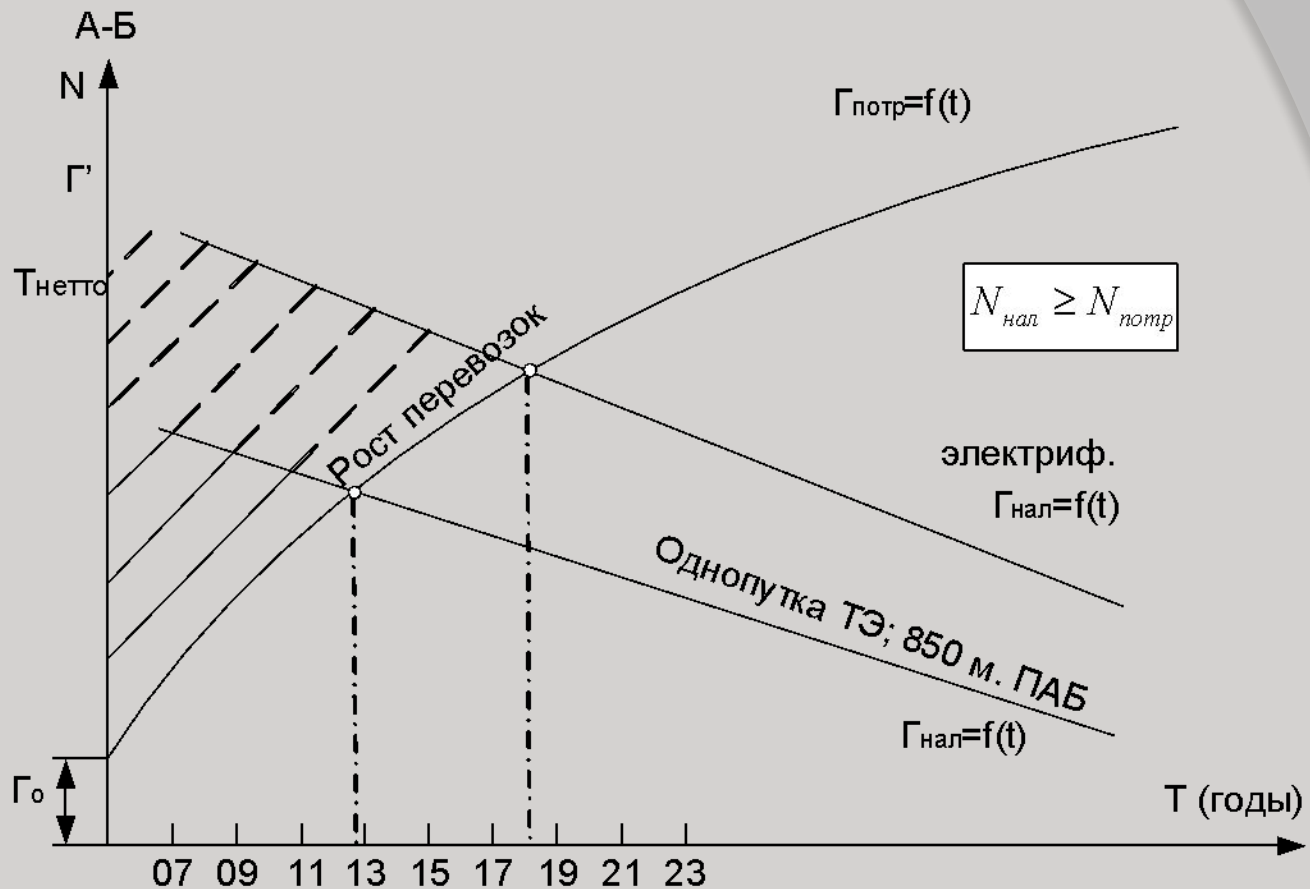
- внедрение новых локомотивов;
- повышение весовых норм за счет удлинения станционных путей;
- сокращение основного удельного сопротивления;
- улучшение плана и профиля пути;
- применение подталкивания или кратной тяги.

3. Организационно-технические мероприятия:

- внедрение пакетного и частично-пакетного ГДП;
- сокращение станционных и межпоездных интервалов;
- использование «неправильного пути» (в период окон);
- формирование поездов повышенного веса и длины;
- применение совершенных устройств автоматики;
- применение караванного движения.

4. Комплексные меры, требующие больших капитальных вложений, предусматривающие одновременное развитие и перевооружение нескольких хозяйств.

Диаграмма освоения грузопотока



- резерв наличной пропускной способности до 12 года



- запасы N_{нал} исчерпаны, следует линию развивать заранее, наметив какие-либо меры по ее усилению

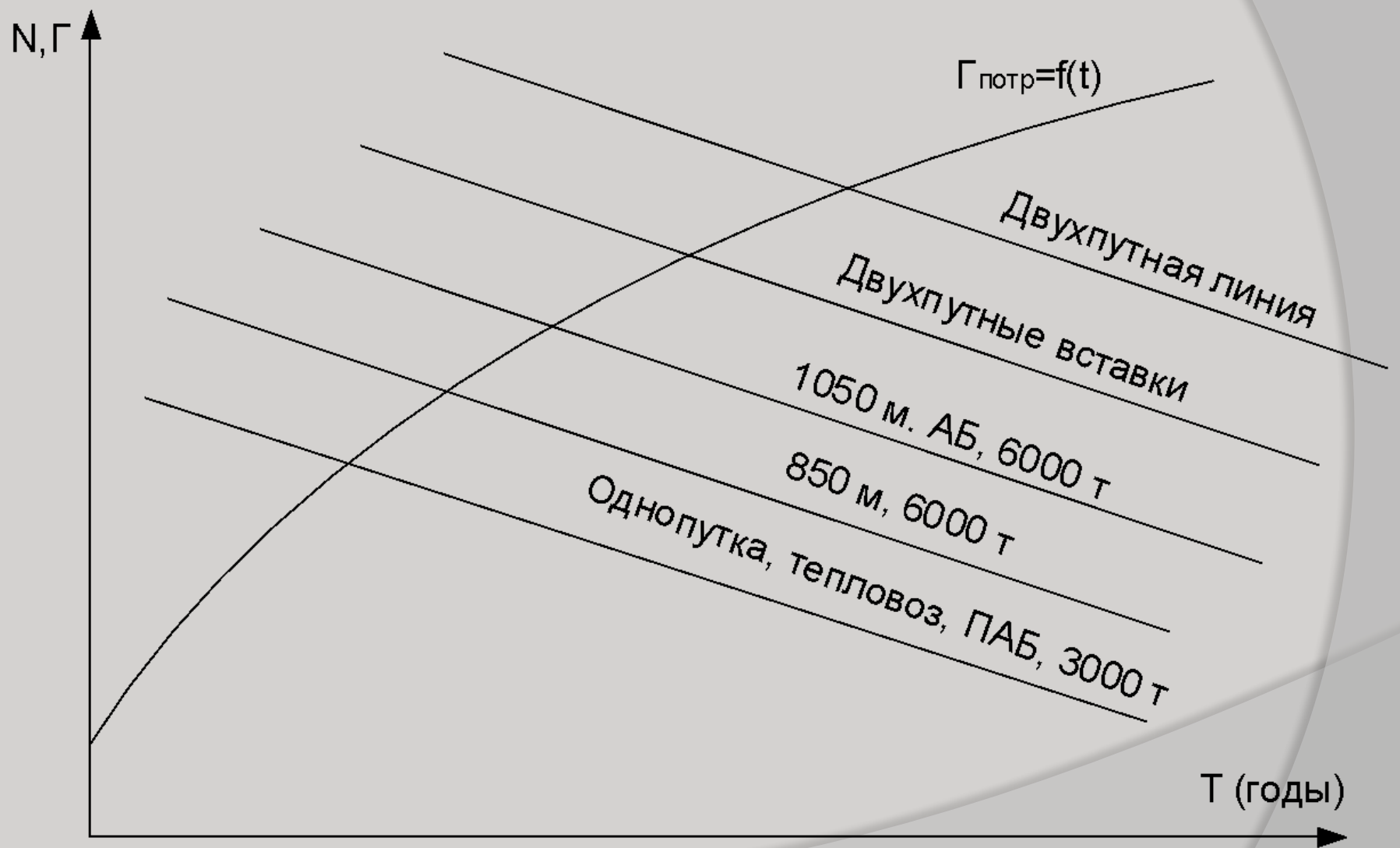
Натуральные показатели

- возможные размеры движения, состав и вес грузового поезда;
- длина линии и число станций;
- потребный штат по хозяйству;
- руководящий уклон, план и профиль пути;
- оборот вагона, ходовая, техническая, участковая скорости, оборот локомотива, потребный рабочий парк вагонов и локомотивов, их среднесуточные пробеги и производительность.

$$\frac{K_2 - K_1}{\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2} \leq T_{\text{окуп}}^{\text{норм}}$$

$$\frac{K}{T_{\text{окуп}}^{\text{норм}}} + \mathcal{E}^{\text{год}} = \sum E_{\text{пр}}^{\text{год}}$$

Диаграмма рационального развития линии



Вес поезда

$$Q_{\text{бр}} = \frac{F_{\text{к}} - P(\omega'_0 + i_{\text{рук.}})}{(\omega''_0 + i_{\text{рук.}})}$$

Сила тяги локомотива

$$F_{\text{к}} = P(\omega'_0 + i_{\text{рук.}}) + Q_{\text{бр.}}(\omega''_0 + i_{\text{рук.}})$$

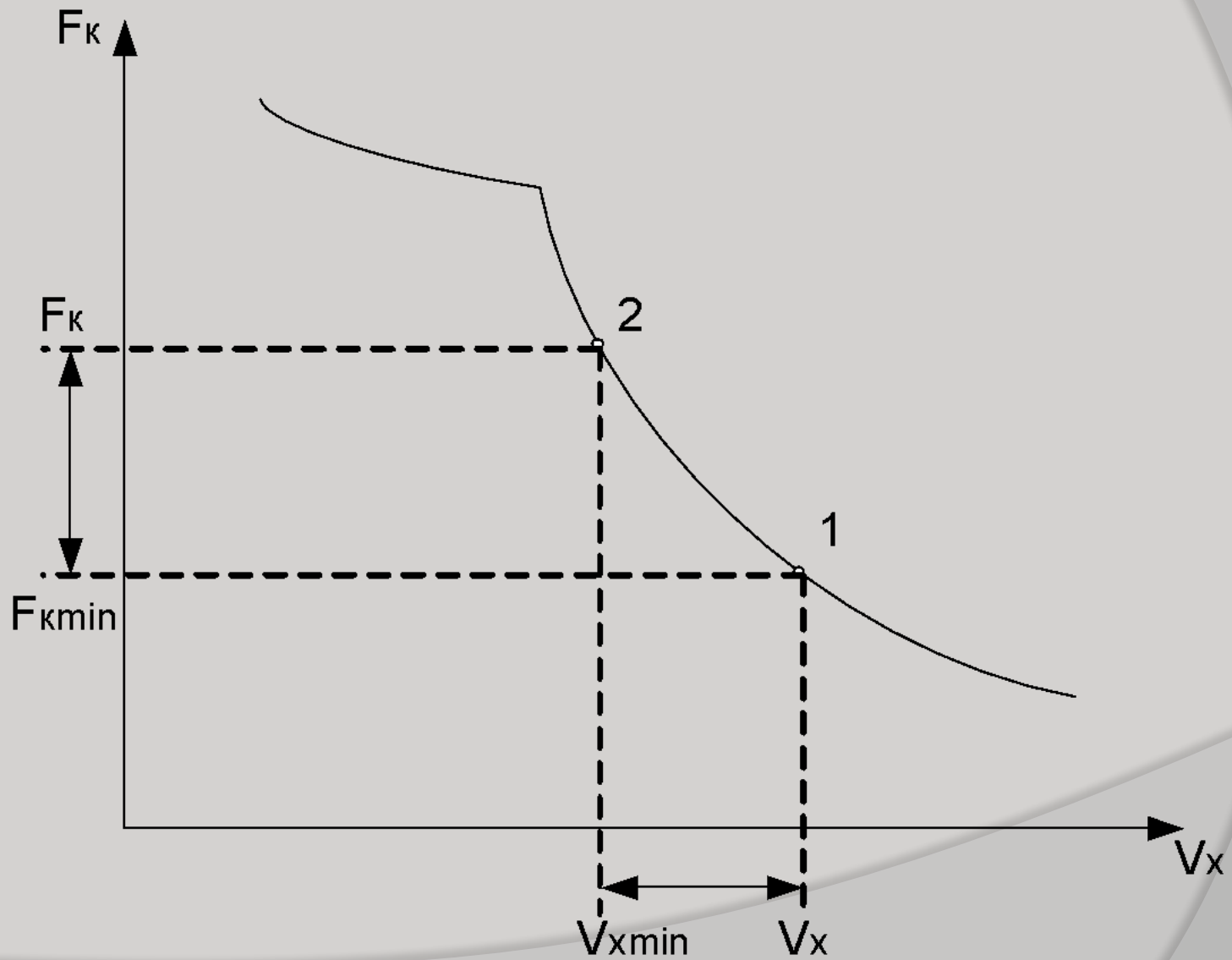
Мощность локомотива

$$F_k \cdot v_x = (P(\omega'_0 + i_{\text{рук.}}) + Q_{\text{бр.}}(\omega''_0 + i_{\text{рук.}})) \cdot v_x$$

Производительность локомотива

$$Q_{\text{бр.}} \cdot v_x = \frac{F_k - P(\omega'_0 + i_{\text{рук.}})}{\omega''_0 + i_{\text{рук.}}} \cdot v_x$$

Тяговая характеристика



Наличная пропускная способность

$$n = \frac{1440 - T_{\text{тех}}}{\frac{2L}{v_x}} \cdot \alpha_{\text{над}}$$

Провозная способность

$$n \cdot Q_{\text{бр}} = \frac{(1440 - T_{\text{тех}}) \cdot \alpha_{\text{над}}}{2L + v_x \sum \tau} \cdot Q_{\text{бр}} v_x$$

Потребный эксплуатируемый парк локомотивов

$$M = \left(\frac{2L}{\beta_x v_x} + \sum t \right) N_{\text{гр}}$$

Размеры движения

$$N_{\text{гр}} = \frac{\Gamma_{\text{сут.}}}{\varphi Q_{\text{бр}}}$$

Потребный эксплуатируемый парк локомотивов

$$M = \left(\frac{2L}{\varphi \beta_x v_x Q_{\text{бр}}} + \frac{\sum t}{\varphi Q_{\text{бр}}} \right) \cdot \Gamma_{\text{сут.}}$$

Среднее значение поездной нагрузки на 1 м пути

$$P^* = \sum_{i=1}^k P_i \cdot \alpha_i$$

Ограничительная нагрузка на 1 м пути

$$P_{огр.} = \frac{Q_{кр.}}{l_{ст.} - 50}$$

Средняя масса поезда

$$Q_{ср.} = \frac{P \cdot (l_{ст.} - 50)}{\sum_{i=1}^x \alpha_i + \frac{1}{P_{н.}} \sum_{i=x+1}^k \alpha_i P_i}$$

$$E_{\text{нак}} = 2 \cdot 365 k c Q_{\text{бр}} C_{\text{в-ч}}$$

$$E_{\text{лок.бр.}} = \frac{2 \Gamma_{\text{год}} L_{\text{п}}}{\varphi Q_{\text{бр}} \beta_x v_x} C_{\text{б-ч}}$$

$$E_{\text{усилен}} = \frac{K}{T_{\text{ок}}^{\text{норм}}} \mathfrak{E}_{\text{сод}}^{\text{год}}$$

$$E_{\text{ск}} = k_{\text{ск}} (C_{\text{ост}}^3 + t_{\text{ст}} C_{\text{п-ч}})$$

$$\sum E_{\text{одн}} = E_{\text{нак}} + E_{\text{лок.бр.}} + E_{\text{усилен}} + E_{\text{ск}}$$

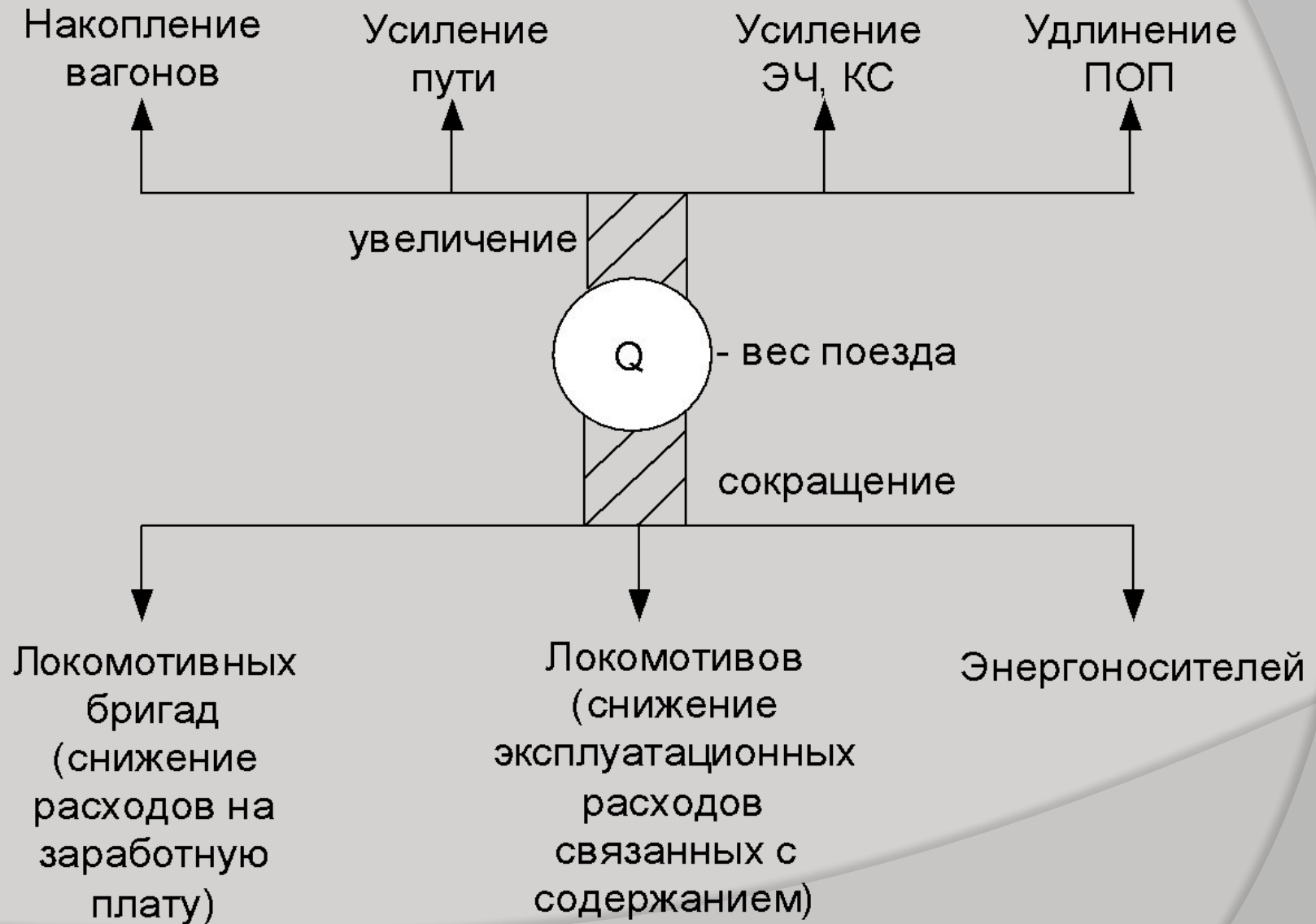
$$\sum E_{\text{двух}} = E_{\text{нак}} + E_{\text{лок.бр.}} + E_{\text{усилен}}$$

$$Q_{\text{бр}}^{\text{опт}} = \sqrt{\frac{\Gamma_{\text{год}} L_{\text{п}} c_{\text{б-ч}}}{365 \varphi \beta_{\text{x}} v_{\text{x}} k c c_{\text{в-ч}}}}$$

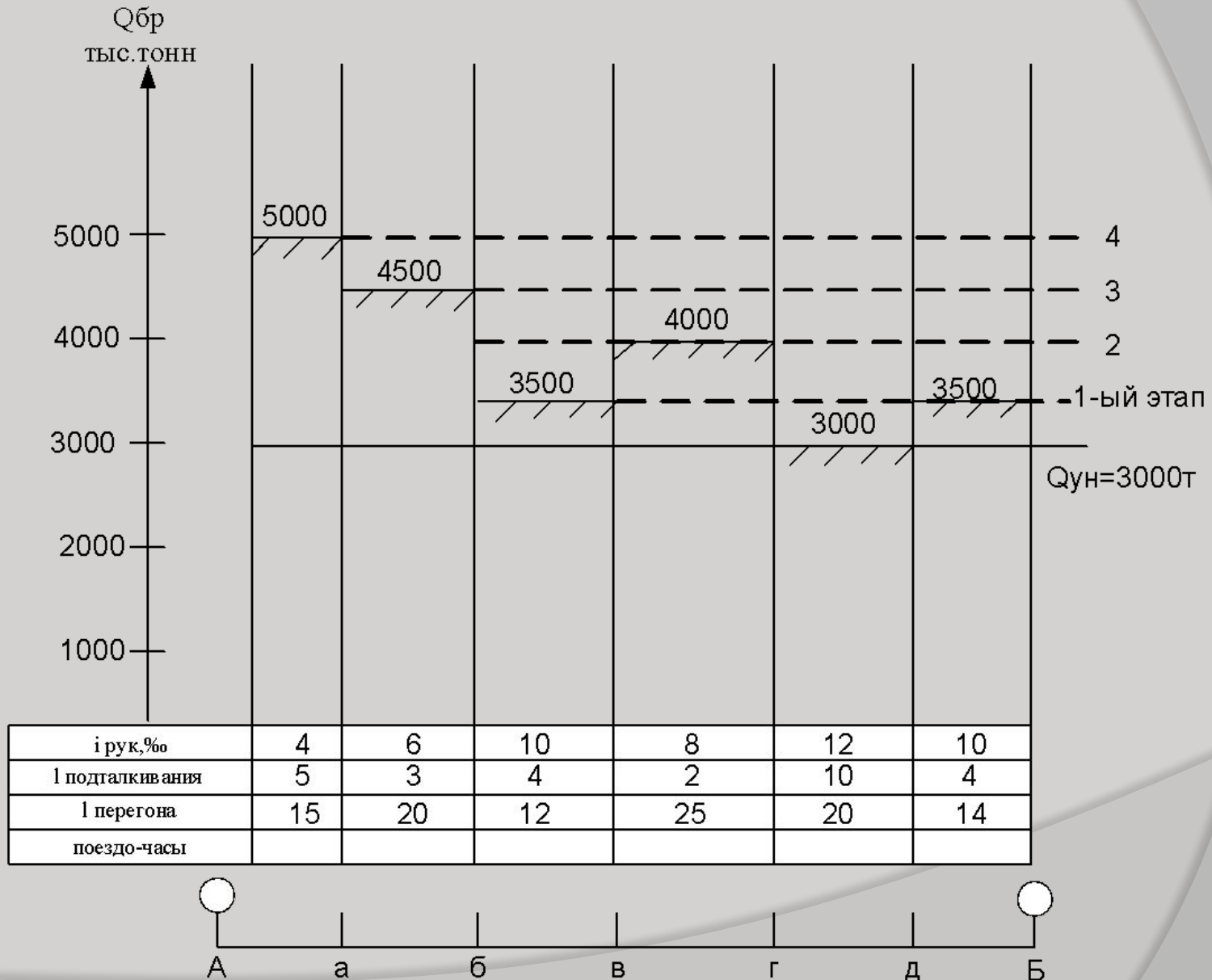
Основные меры по повышению веса

1. Увеличение силы тяги.
2. Применение подталкивания и кратной тяги.
3. Смягчение руководящего уклона.
4. Уменьшение основного удельного сопротивления.
5. Повышение статической нагрузки вагона.

Распределение затрат при увеличении веса грузового поезда



Тонно-километровая диаграмма



$$\frac{\Gamma_{\text{сут}}}{\varphi Q_{\text{бр}}^{\text{один}}} \left(T_{\text{напр}}^{\text{один}} C_{\text{поездо-час}} + W_{\text{нап}}^{\text{один}} C_{\frac{\text{э}}{\text{э}}} \right) + A Q_{\text{бр}}^{\text{один}} \geq$$

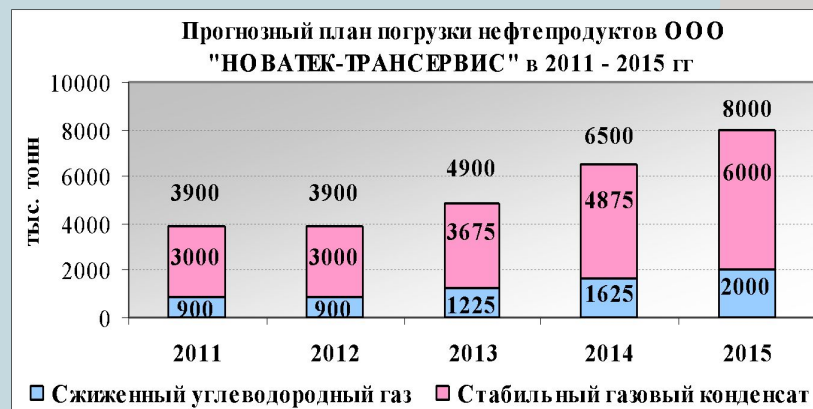
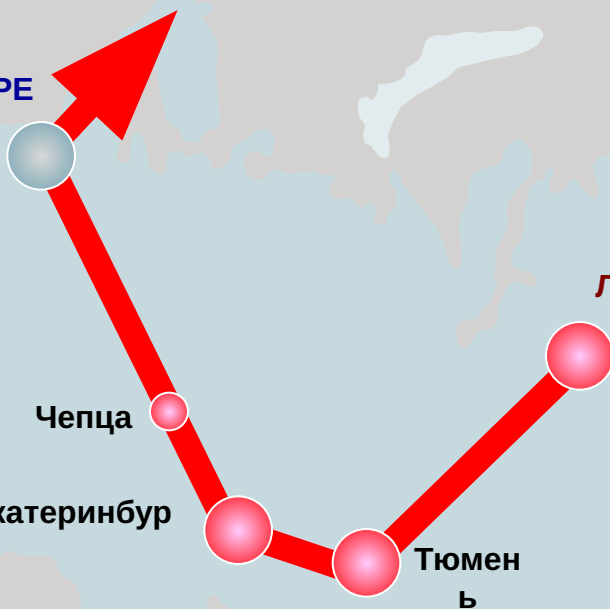
$$\frac{\Gamma_{\text{сут}}}{\varphi Q_{\text{бр}}^T} \left(T_{\text{напр}}^T C_{\text{поездо-час}} + W_{\text{нап}}^T C_{\frac{\text{э}}{\text{э}}} \right) + \frac{K_T}{T_{\text{норм}}^{\text{ок}}} + \text{Э}_{\text{сод}} + A Q_{\text{бр}}^{\text{один}}$$

Тяжеловесное движение угольных маршрутов на направлении КУЗБАСС-СЕВЕРО-ЗАПАД



Рост объемов экспортных перевозок по Транссибирской магистрали (млн.тонн)

ст. БЕЛОЕ МОРЕ
(ОКТ. Ж.Д.)
ПОРТ ВИТИНО



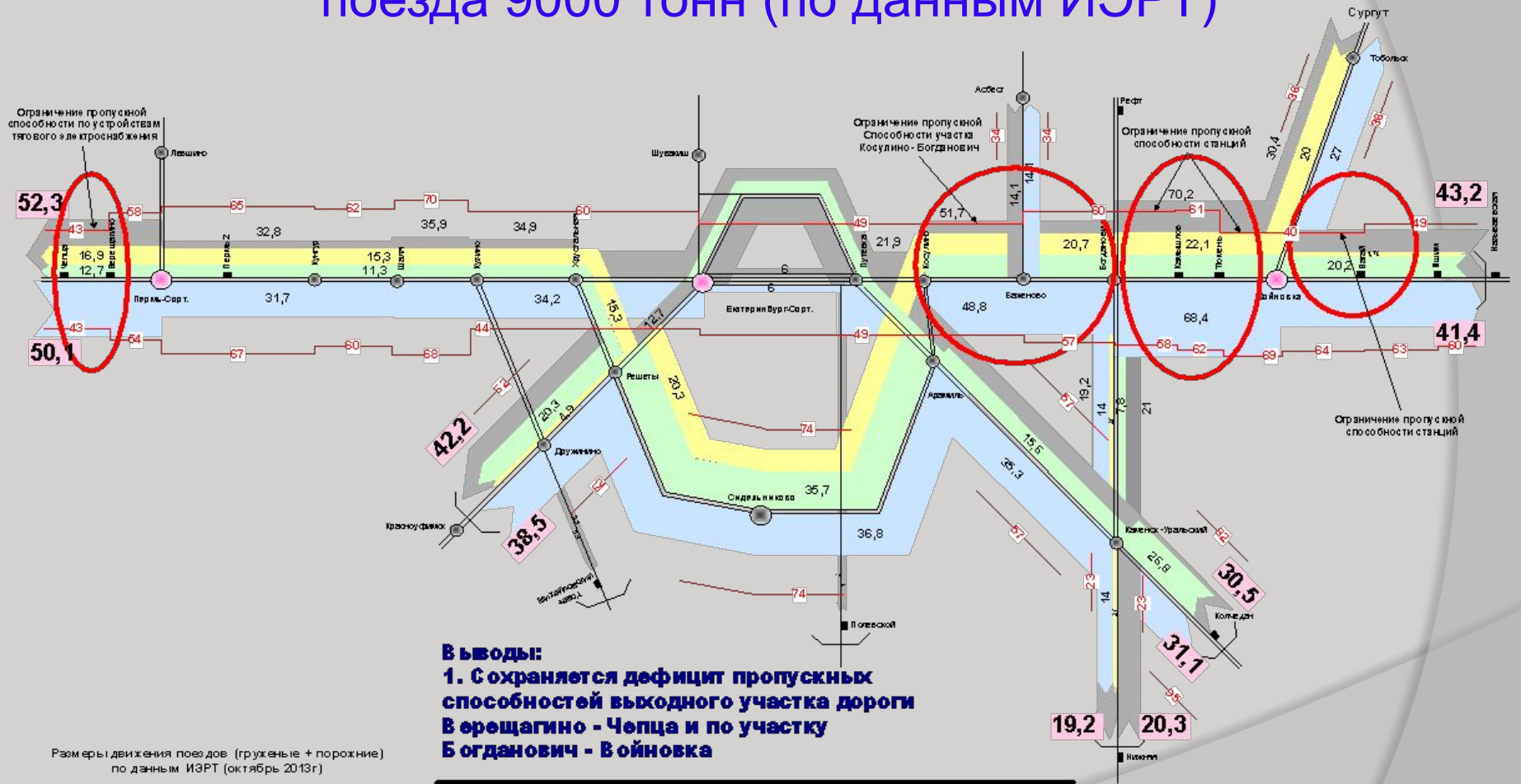
Рост объемов экспортных перевозок по Транссибирской магистрали (млн.тонн)



Прогнозируемые размеры движения грузовых поездов на направлении Кузбасс – Северо-Запад на 2020 год при организации тяжеловесного движения (по данным ИЭРТ)



Размеры движения, пропускная способность и перспективы до 2020 года участков Свердловской железной дороги (с учетом угольных маршрутов и маршрутов с нефтегрузами), вес поезда 9000 тонн (по данным ИЭРТ)



Выводы:
1. Сохраняется дефицит пропускных способностей выходного участка дороги Вережцагино - Чепца и по участку Богданович - Войновка

Размеры движения поездов (грузевые + порожние) по данным ИЭРТ (октябрь 2013г)

- 45,6 - всего грузовых поездов с учетом порожних
- 24 - нефтяные и нефтепродукты
- 17 - уголь
- - участки необеспечения пропуска поездопотока по наличию пропускных способностей

Общий вывод:
1. Перевод на поезда весом 9000т не дает возможности полного пропуска поездопотока без развития инфраструктуры
2. Ограничить передачу с З-Сиб. ж.д. по ст. Называевская (-10 поездов к прогнозу ИЭРТ)

Динамика изменения среднего веса поезда с 1988 года



Этапы вложения инвестиций



1й ЭТАП
24 пути на 12 станциях, всего 40 станций

Всего необходимо удлинить 49 путей на 30 станциях

3й ЭТАП
15 путей на 13 станциях, всего 47 станций

2й ЭТАП
10 путей на 5 станциях, всего 14 станций

$$n = \frac{(1440 - T_{\text{тех.}}) \alpha_{\text{н.}}}{\frac{2L}{v_{\text{x.}}} + \sum \tau}; n = \frac{(1440 - T_{\text{тех.}}) \alpha_{\text{н.}} v_{\text{x.}}}{2L + v_{\text{x.}} \sum \tau}$$

$$n' = \frac{(1440 - T_{\text{тех.}}) \alpha_{\text{н.}}}{\frac{2L}{v'_{\text{x.}}} + \sum \tau}; n' = \frac{(1440 - T_{\text{тех.}}) \alpha_{\text{н.}} v'_{\text{x.}}}{2L + v'_{\text{x.}} \sum \tau}$$

$$\frac{n'}{n} = \frac{(2L + v_{x.} \sum \tau) v'_{x.}}{(2L + v'_{x.} \sum \tau) v_{x.}}$$

Повышение средней ходовой скорости движения

1. Применение подталкивания.
2. Уменьшение основного удельного сопротивления.
3. Смягчение руководящего уклона.
4. Сокращение длин перегонов.

Однопутные линии

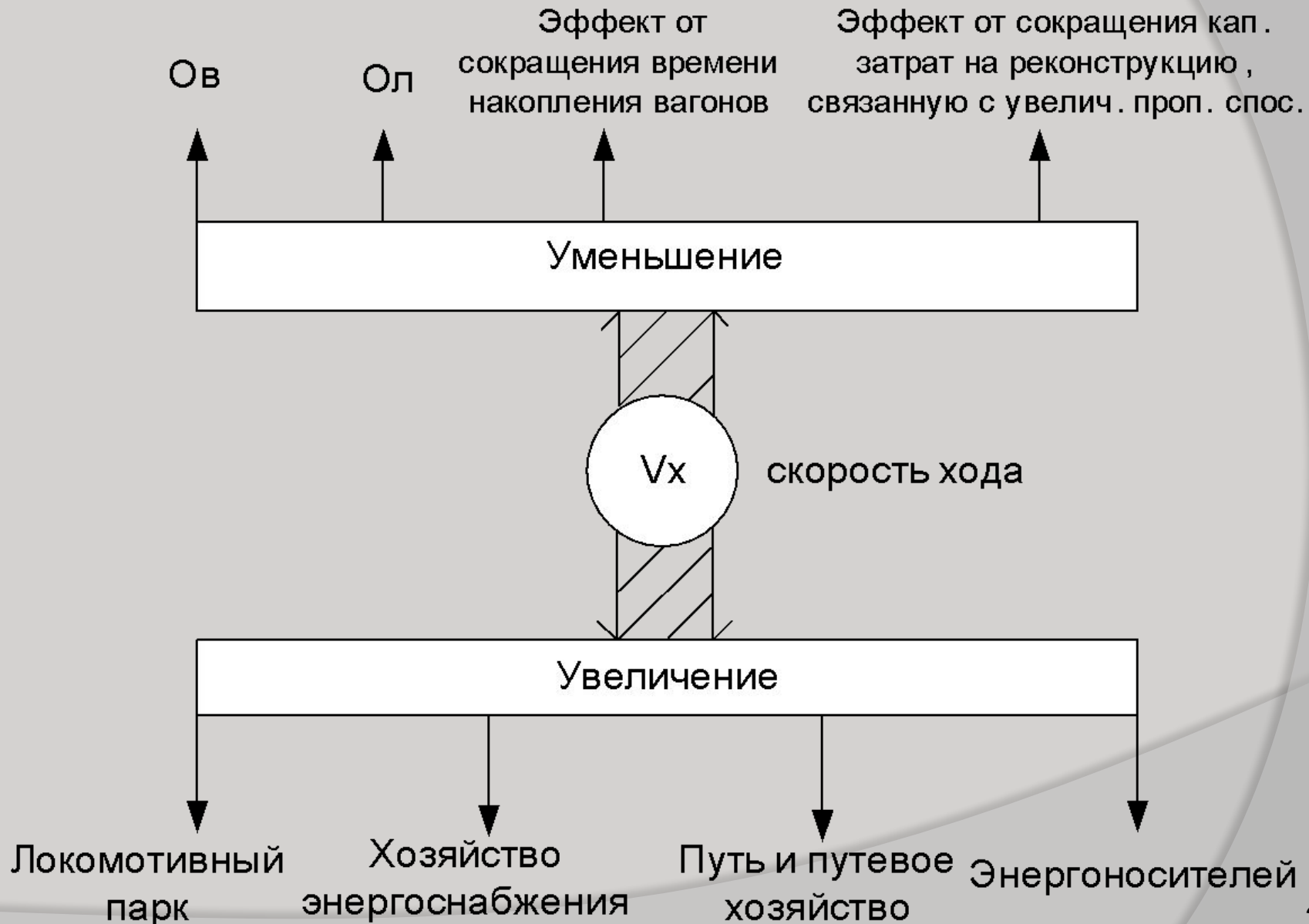
1. Увеличение скорости при езде с тягой вызывает на однопутных линиях дополнительные затраты на остановки, но в тоже время количество остановок при данных размерах движения сокращается.
2. Изменяется временная перспектива выполнения мероприятий по увеличению пропускной способности.

Двухпутные линии

Увеличение скорости при езде с тягой вызывает на двухпутных линиях изменение следующих затрат:

1. Уменьшаются затраты, связанные с временем нахождения вагона в пути, а также затраты на оплату локомотивных бригад;
2. Увеличиваются затраты, связанные с механической работой на передвижение поездов, т.е. затраты на топливо и электроэнергию, затраты на ремонт локомотивов, вагонов, пути;
3. Увеличиваются затраты на повышение мощности локомотивов.
4. На электрифицированных линиях при росте скорости возникают дополнительные затраты на усиление мощности контактной сети и подстанций.

Распределение затрат при увеличении скорости хода грузового поезда



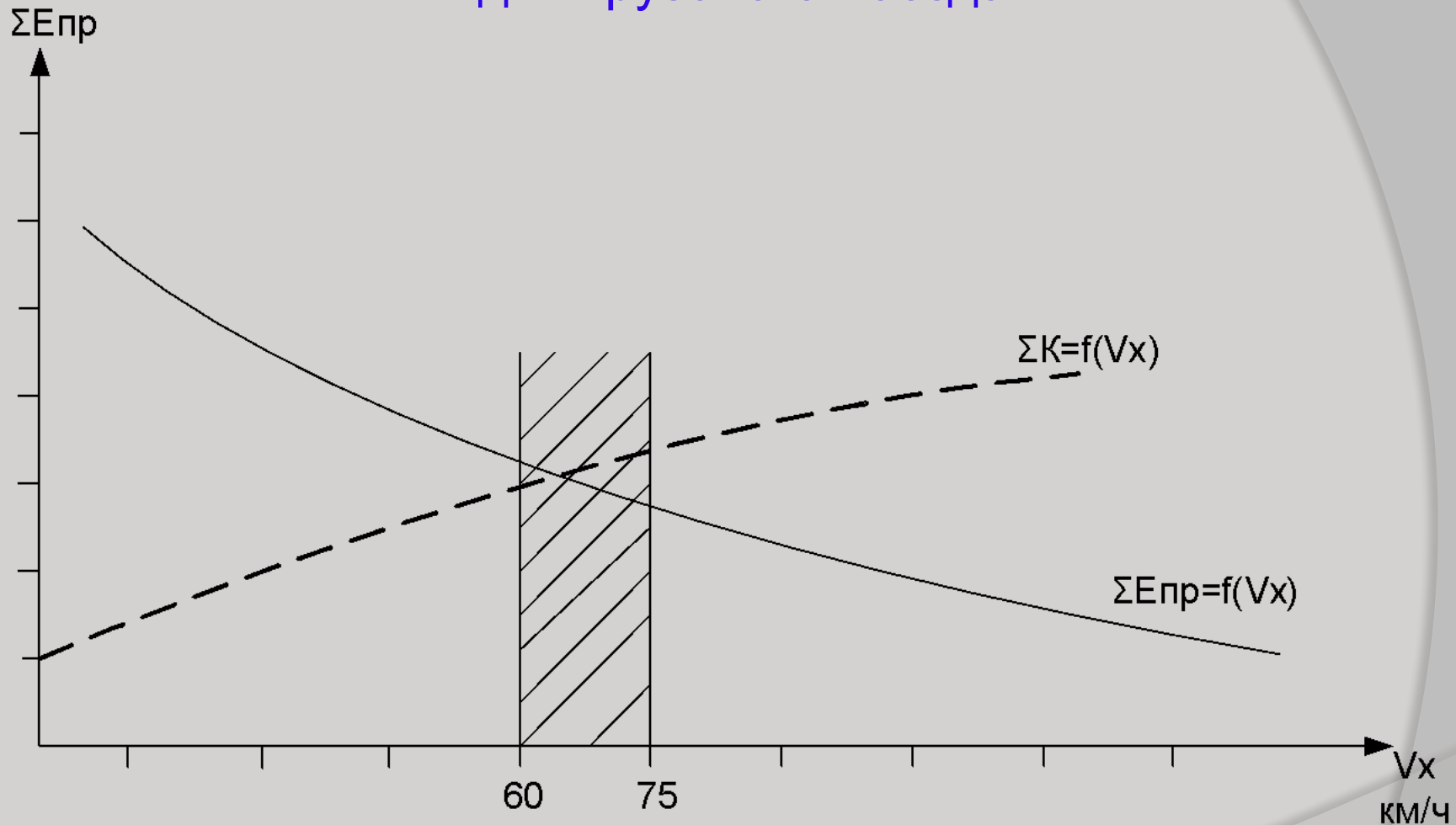
$$\sum E_{\text{одн}} = E_{\text{нак}} + E_{\text{лок.бр}} + E_{\text{усил}} + E_{\text{ск}}$$

$$\sum E_{\text{двух}} = E_{\text{нак}} + E_{\text{лок.бр}} + E_{\text{усил}}$$

Оптимальная скорость хода грузового поезда

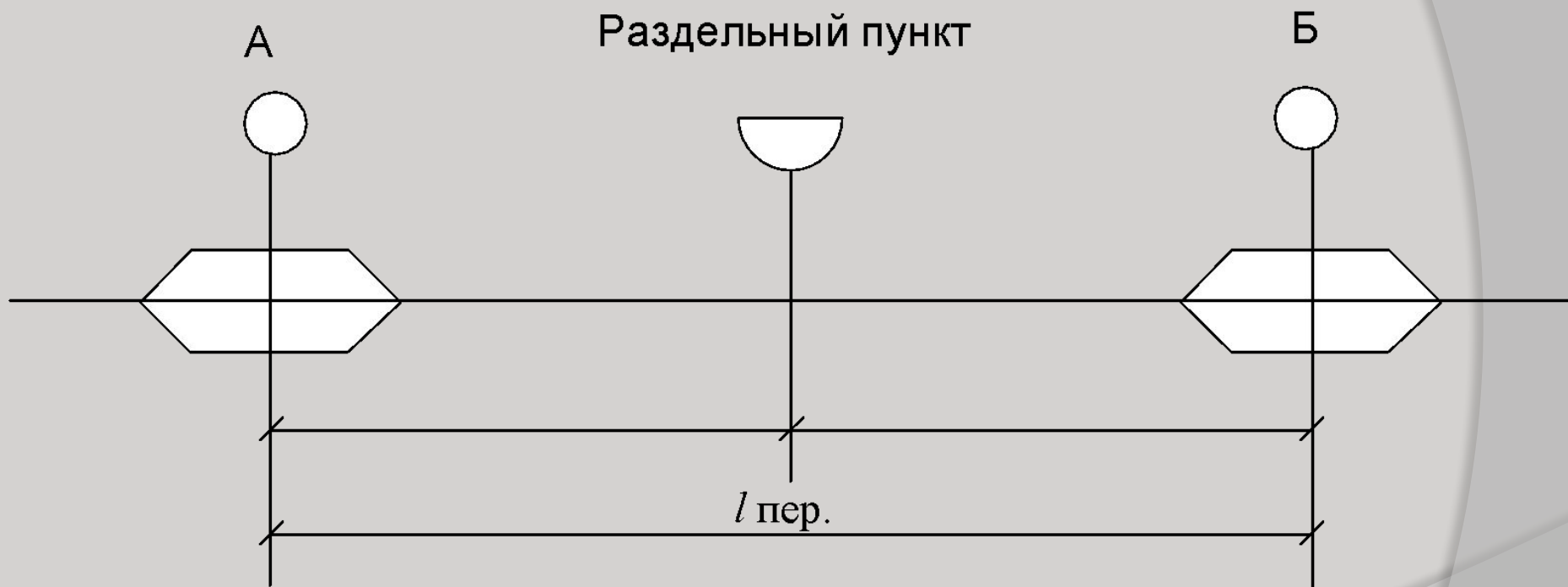
$$v_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{C_{\text{т-ч}}^{\text{гр}} + C_{\text{бр}} / Q_{\text{бр}}}{(1 + \gamma) b C_3}}$$

Определение оптимального скоростного диапазона для грузового поезда



Наилучший скоростной диапазон для тепловозной тяги составляет 60-65 км/ч, для электрической – 70-75 км/ч.

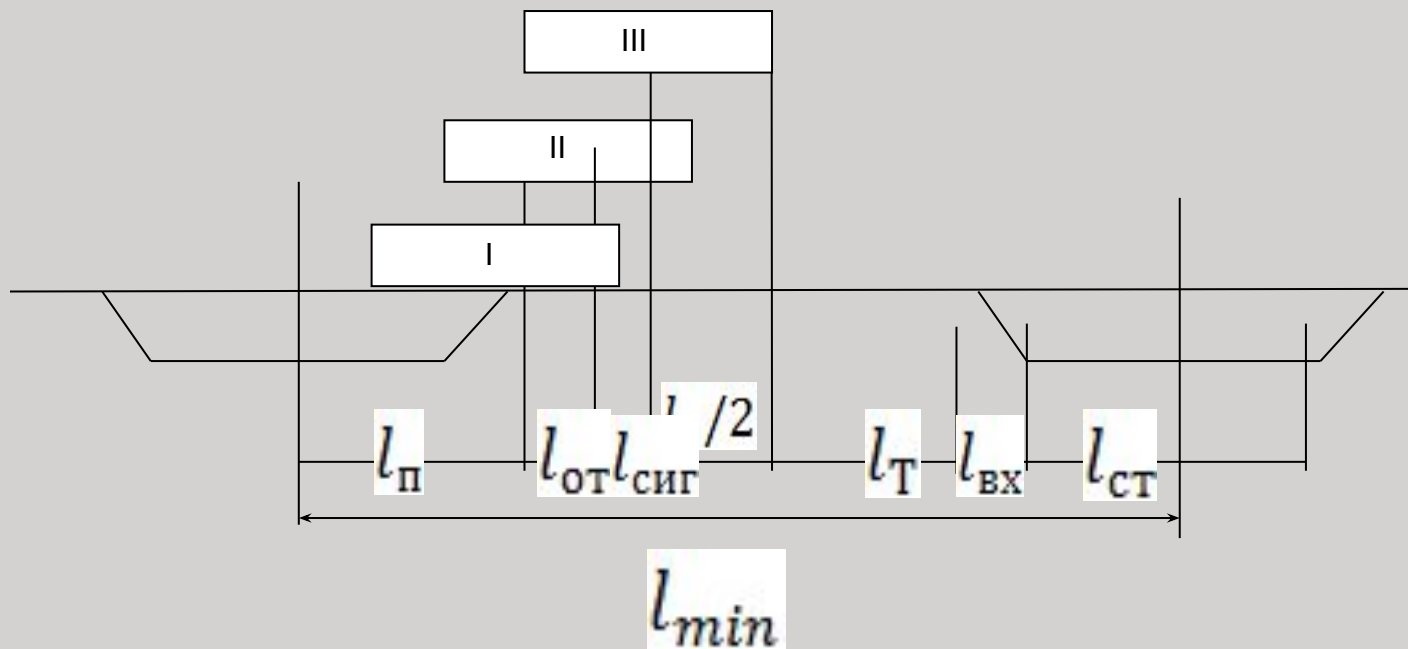
Устройство раздельного пункта на ограничивающем перегоне



Минимальная длина перегона

$$l_{min} = l_{от} + l_{сиг} + l_T - l_B + l_{вх} + 2l_{п}$$

Минимальная длина перегона между разъездами



Удлинение станционных путей в сторону ограничивающего перегона

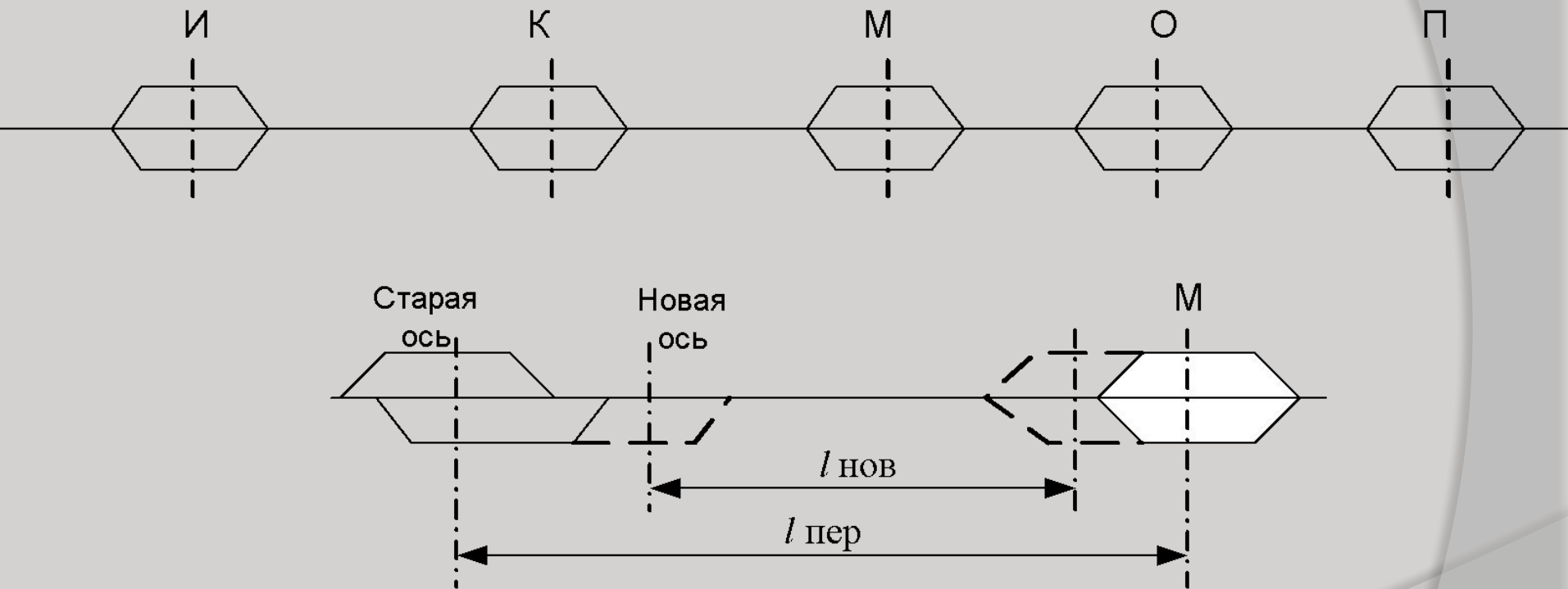
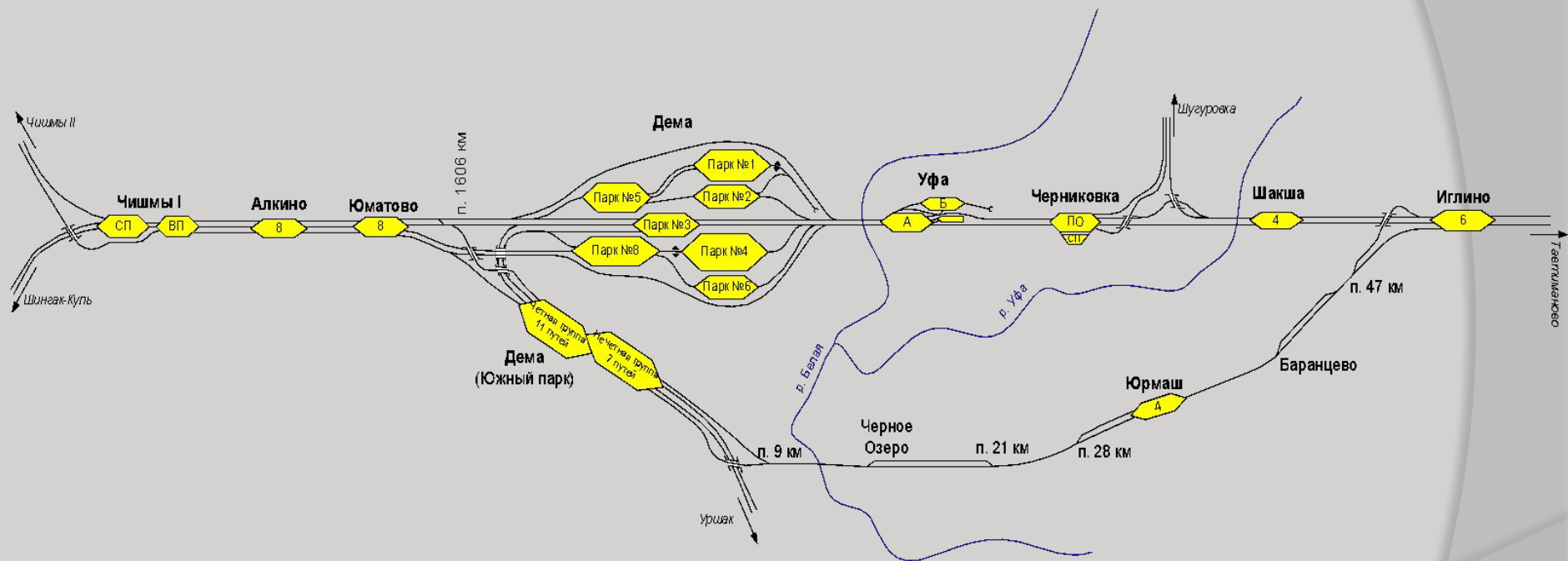
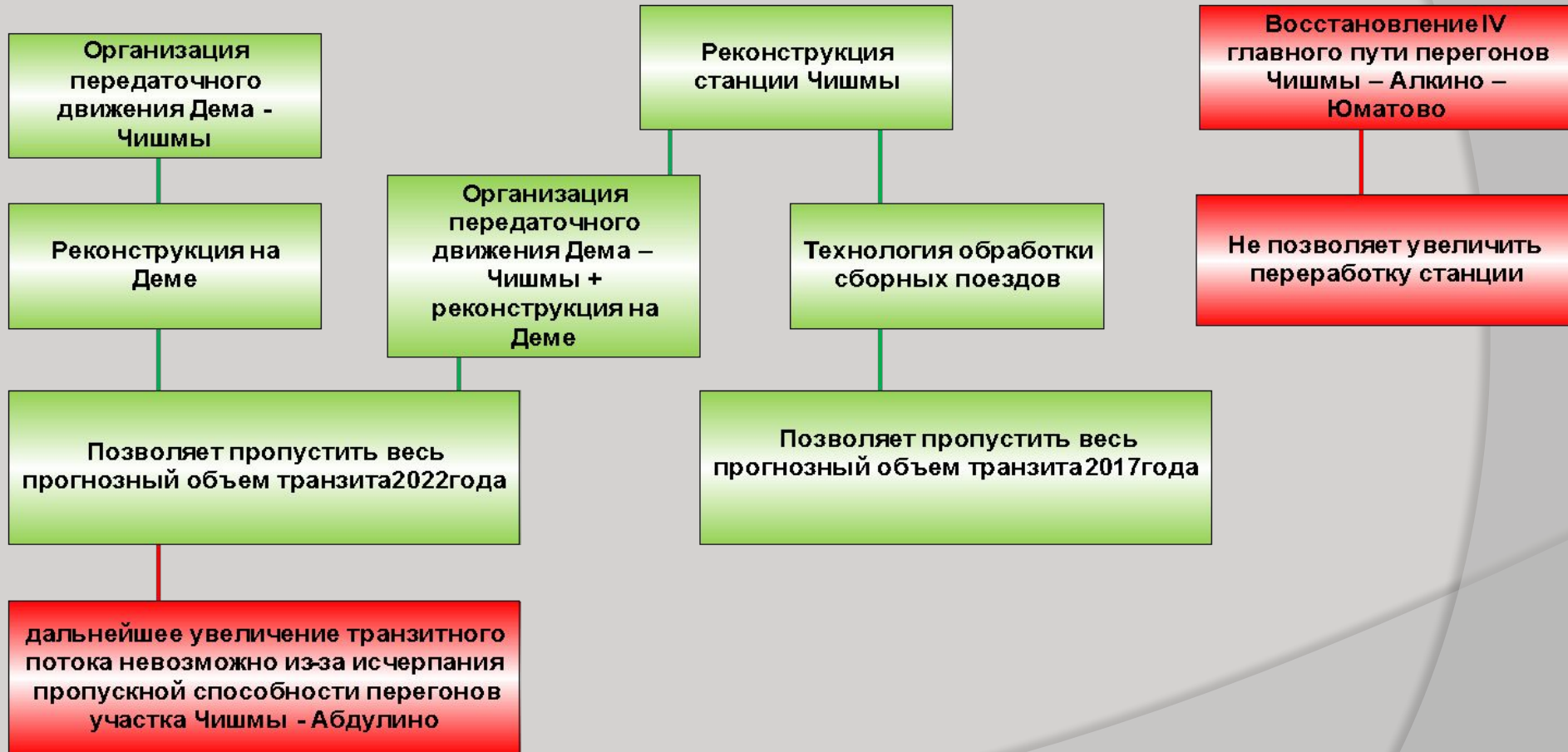


Схема Демского узла

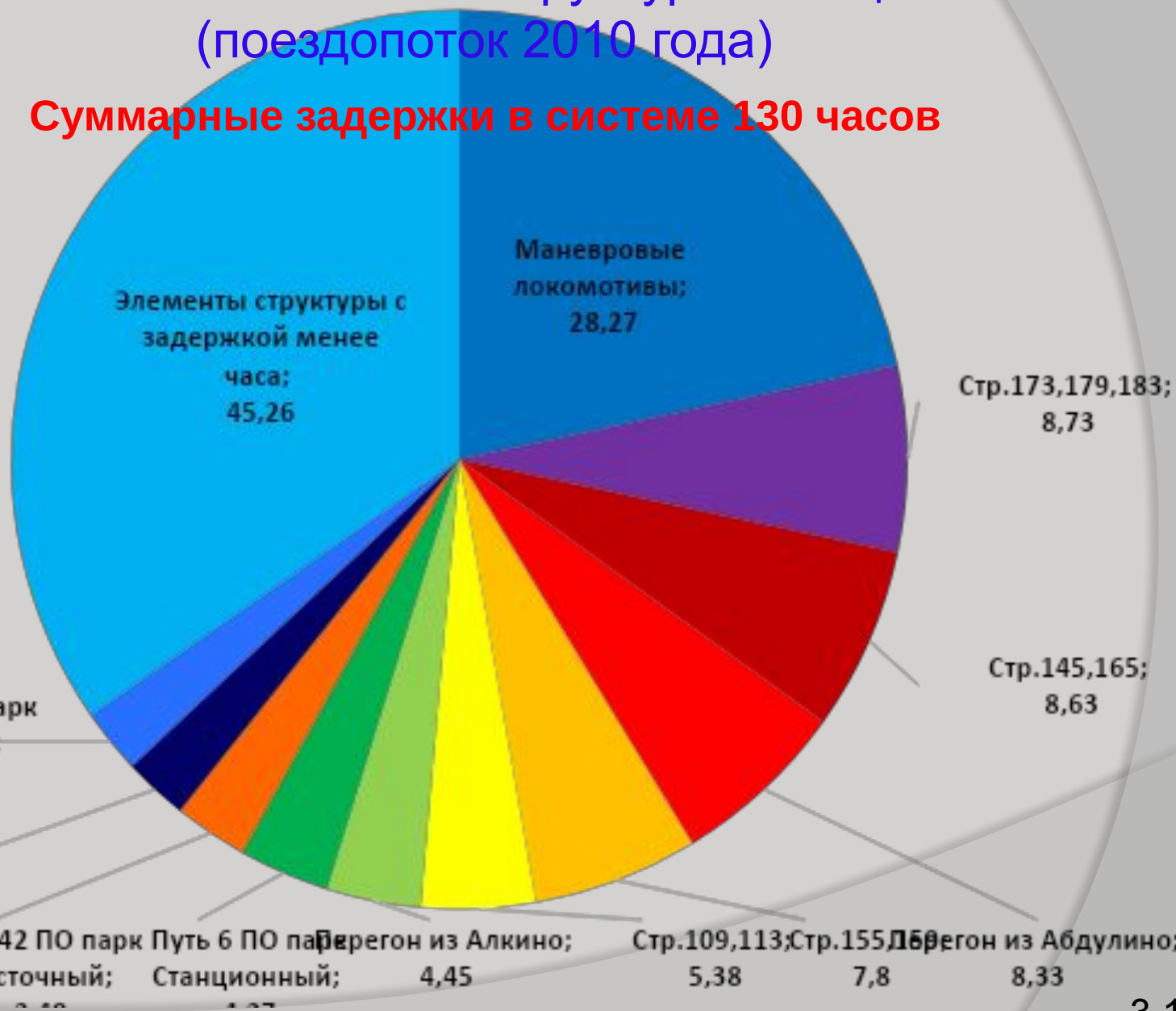


Расчеты по станции Чишмы



Задержки из-за элементов структуры станции Чишмы (поездопоток 2010 года)

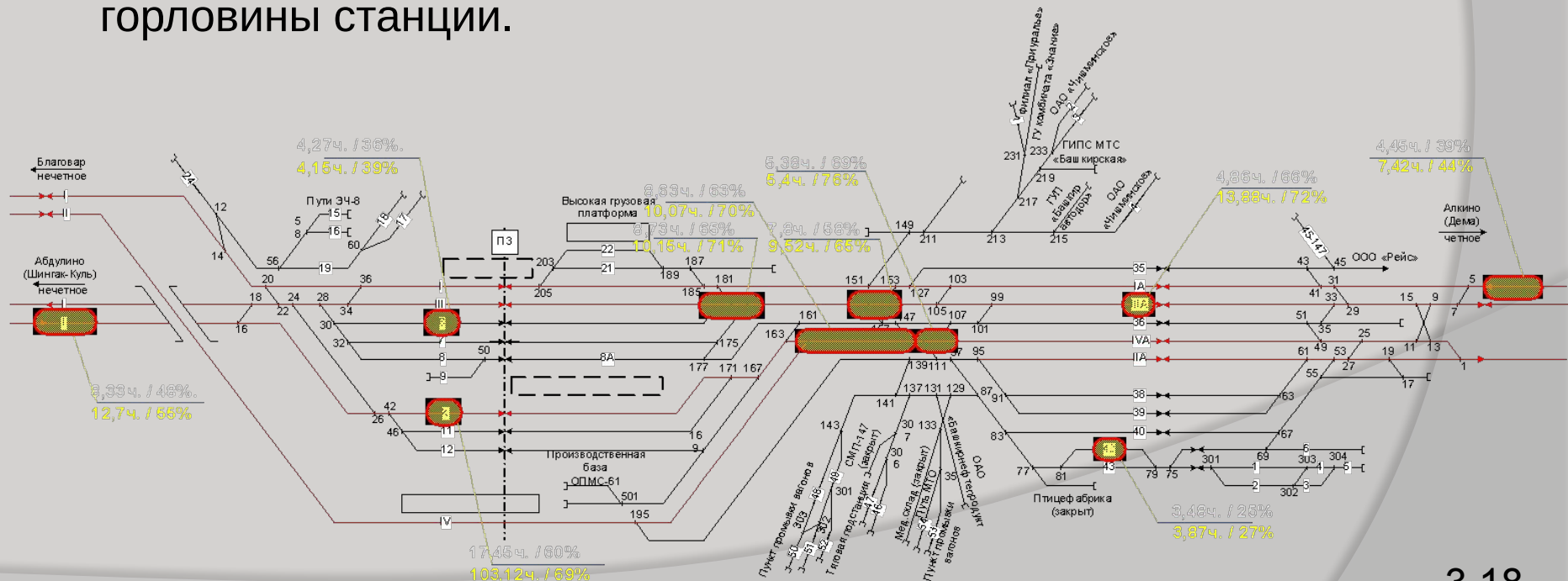
Суммарные задержки в системе 130 часов



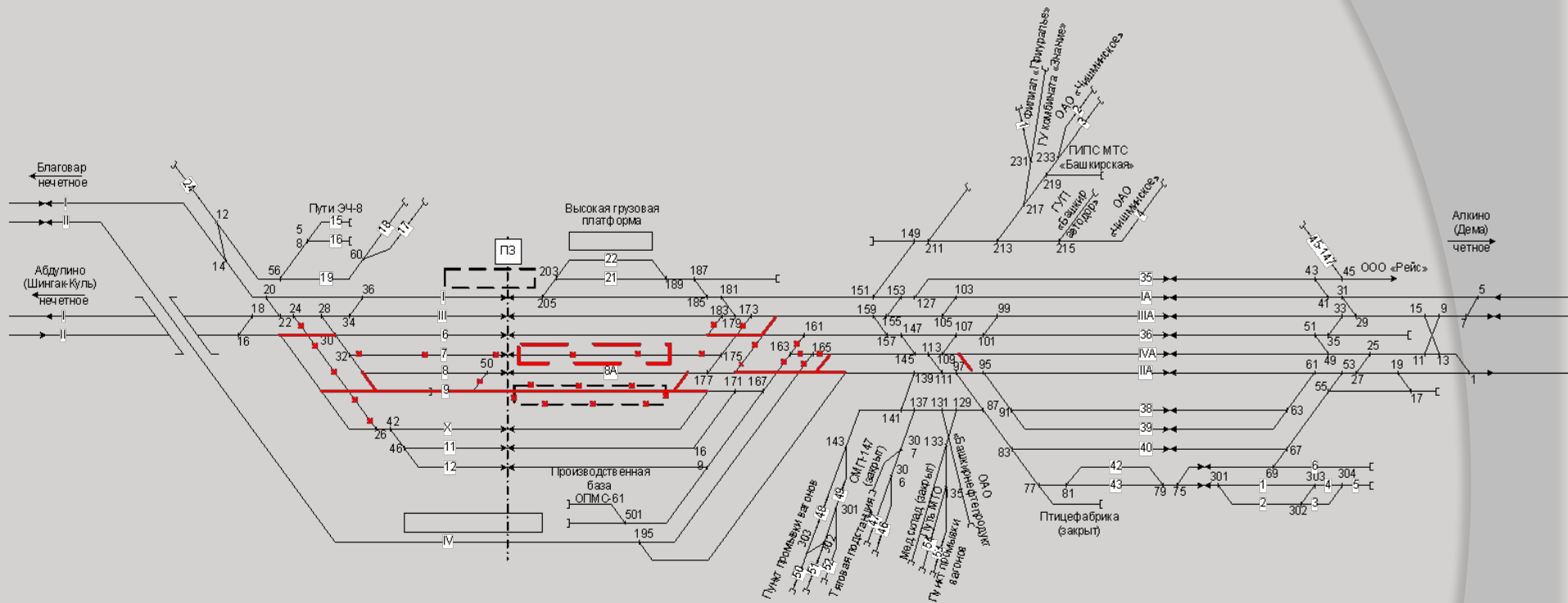
«Узкие места» структуры станции Чишмы

Технологическое решение. Организация движения передаточного поезда взамен обработки на станции сборных поездов.

Инфраструктурное решение. Реконструкция межпарковой горловины станции.



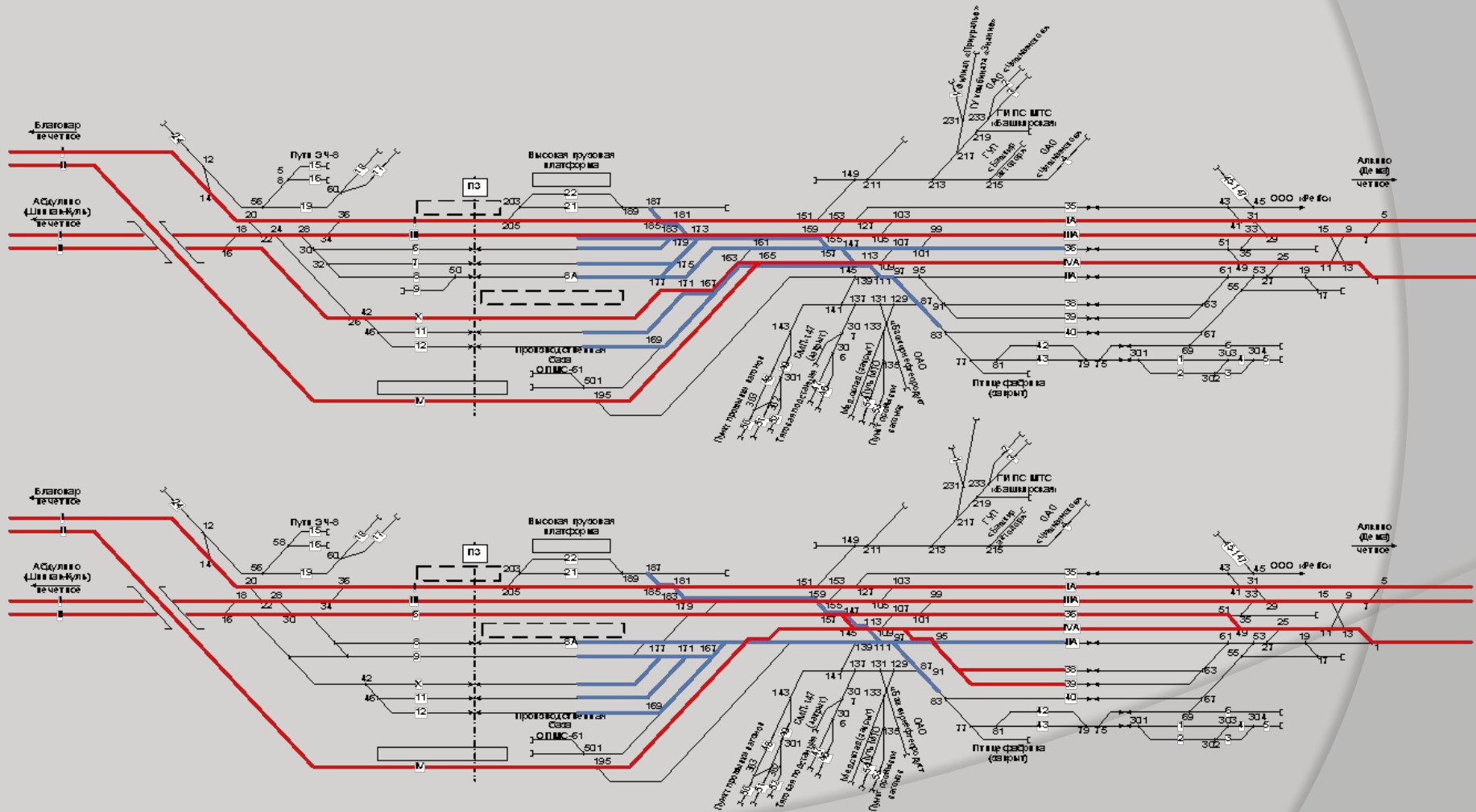
Вариант реконструкции станции Чишмы



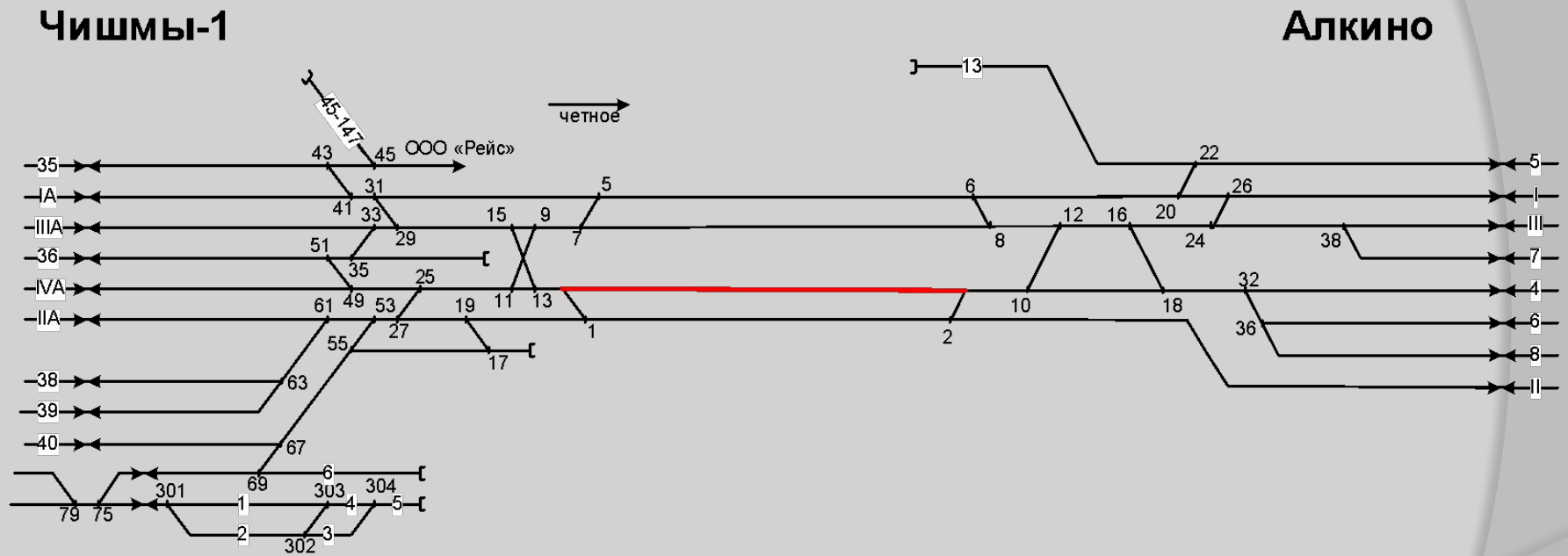
При выполнении реконструкции станция сможет переработать:

- при существующей технологии обработки сборных поездов :
 - пассажирских : 44 четных и 50 нечетных ;
 - грузовых транзитных : 108 четных и 94 нечетных;
- при измененной технологии обработки сборных поездов :
 - пассажирских : 50 четных и 50 нечетных ;
 - грузовых транзитных : 108 четных и 94 нечетных.

Схема враждебности маршрутов до реконструкции (вверху) и после реконструкции (внизу)

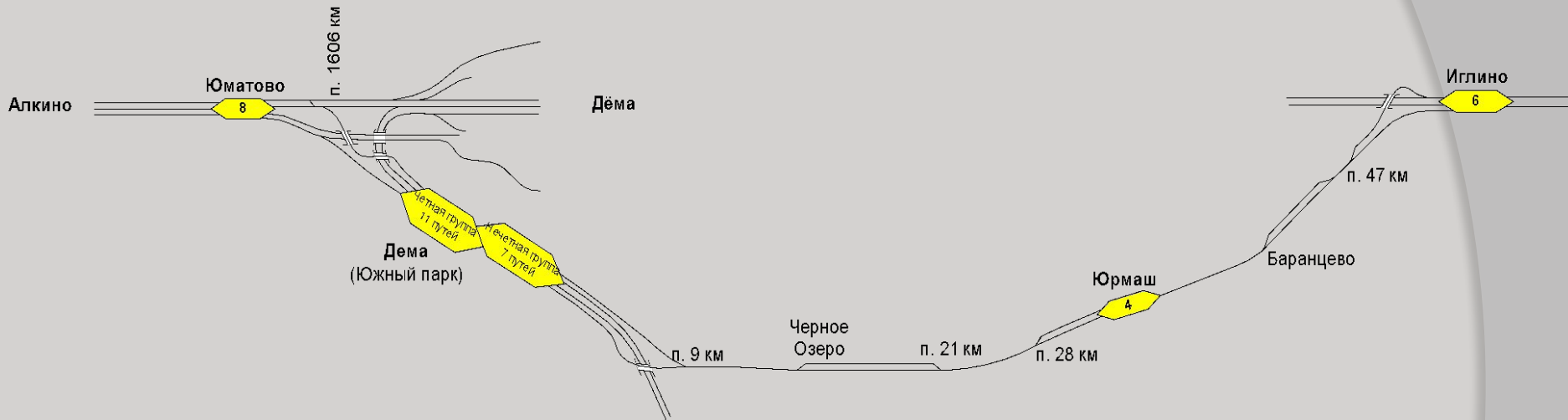


Необходимость восстановления четвертого главного пути Чишмы - Алкино



При существующей структуре и технологии работы станции Чишмы и прогнозных объемах перевозок **необходимость восстановления IV главного пути отсутствует.**

Южный обход узла

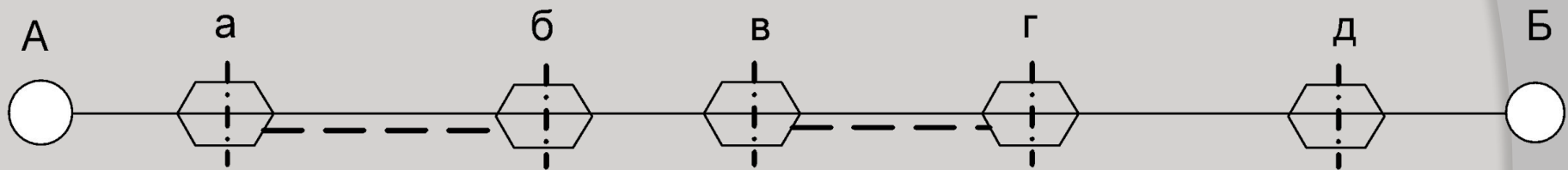


При существующем путевом развитии и действующих временах хода **Южный обход способен пропустить весь объем транзита при максимальном отклонении с главного хода.**

По расчетным потокам 2010 / 2025 года :

- 28 / 52 нечетных поезда;
- 21 / 50 четных поездов.

Укладка двух главных путей

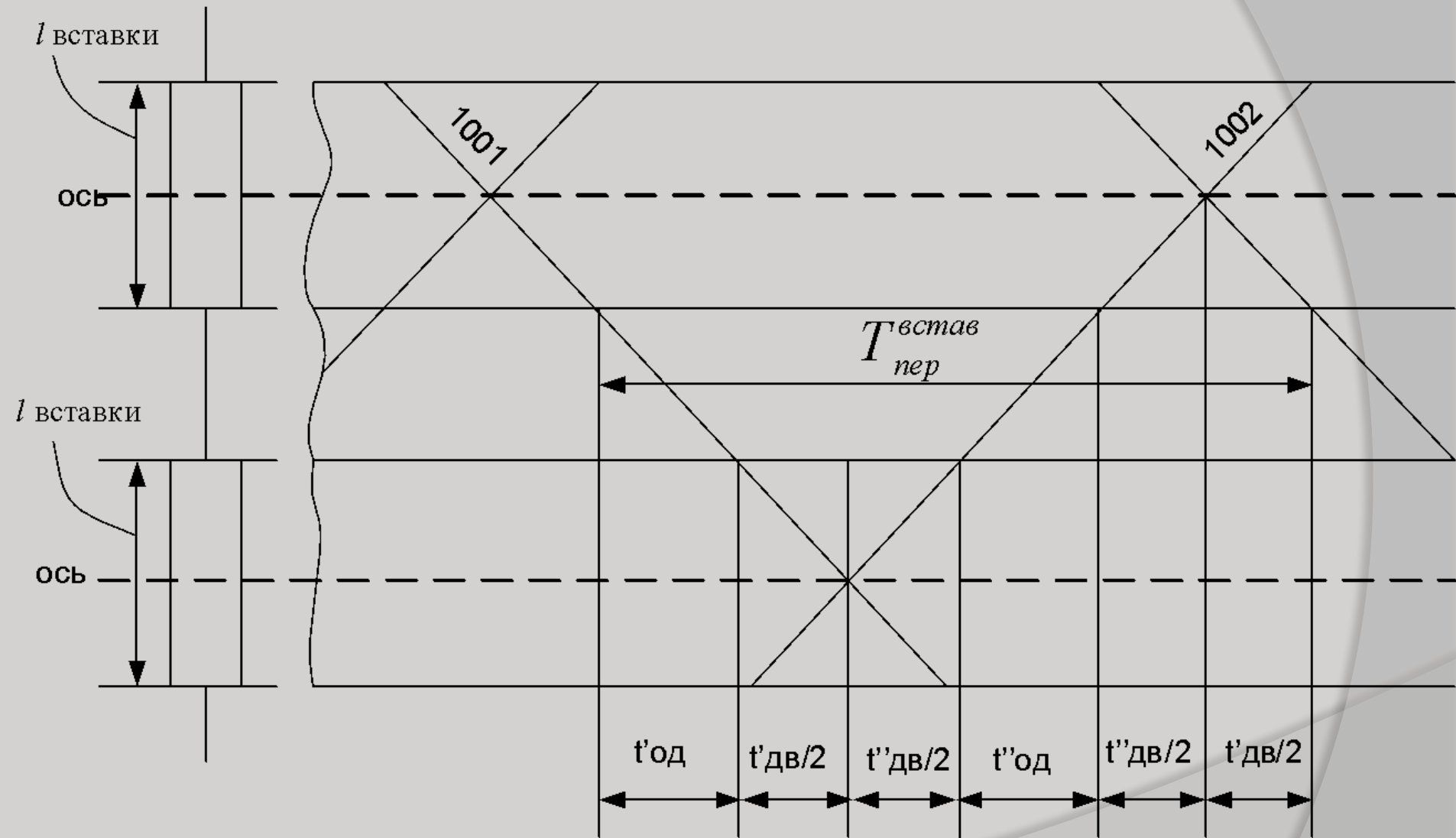


Двухпутные вставки – это двухпутные участки пути, располагающиеся на однопутном направлении и чередующиеся между собой по определенной расчетной схеме, способные обеспечивать безопасное скрещение поездов и высокую наличную пропускную способность (до 80 пар поездов).

Безостановочное скрещение поездов – метод организации движения поездов на однопутных линиях с двухпутными вставками, близкий к методу организации движения на двухпутных линиях.

Эффективность метода заключается в безостановочном пропуске поездов по однопутному участку без остановки под скрещением.

Схема расчета периода вставки



Расчет периода и количества двухпутных вставок

$$T_{пер}^{встав} = (t'_{од} + t''_{од} + t'_{дв} + t''_{дв})$$

$$N_{нал}^{встав} = \frac{1440}{T_{пер}^{встав}} \longrightarrow T_{пер}^{встав} = \frac{1440}{N_{нал}^{встав}}$$

$$K_{встав} = \frac{2 \cdot T_{хода_по_уч}}{T_{пер}^{встав}} = \frac{2 \cdot L_{уч}}{v_x \cdot T_{пер}^{встав}}$$

Схема расчета периода вставки при оборудовании двухпутными вставками части участка

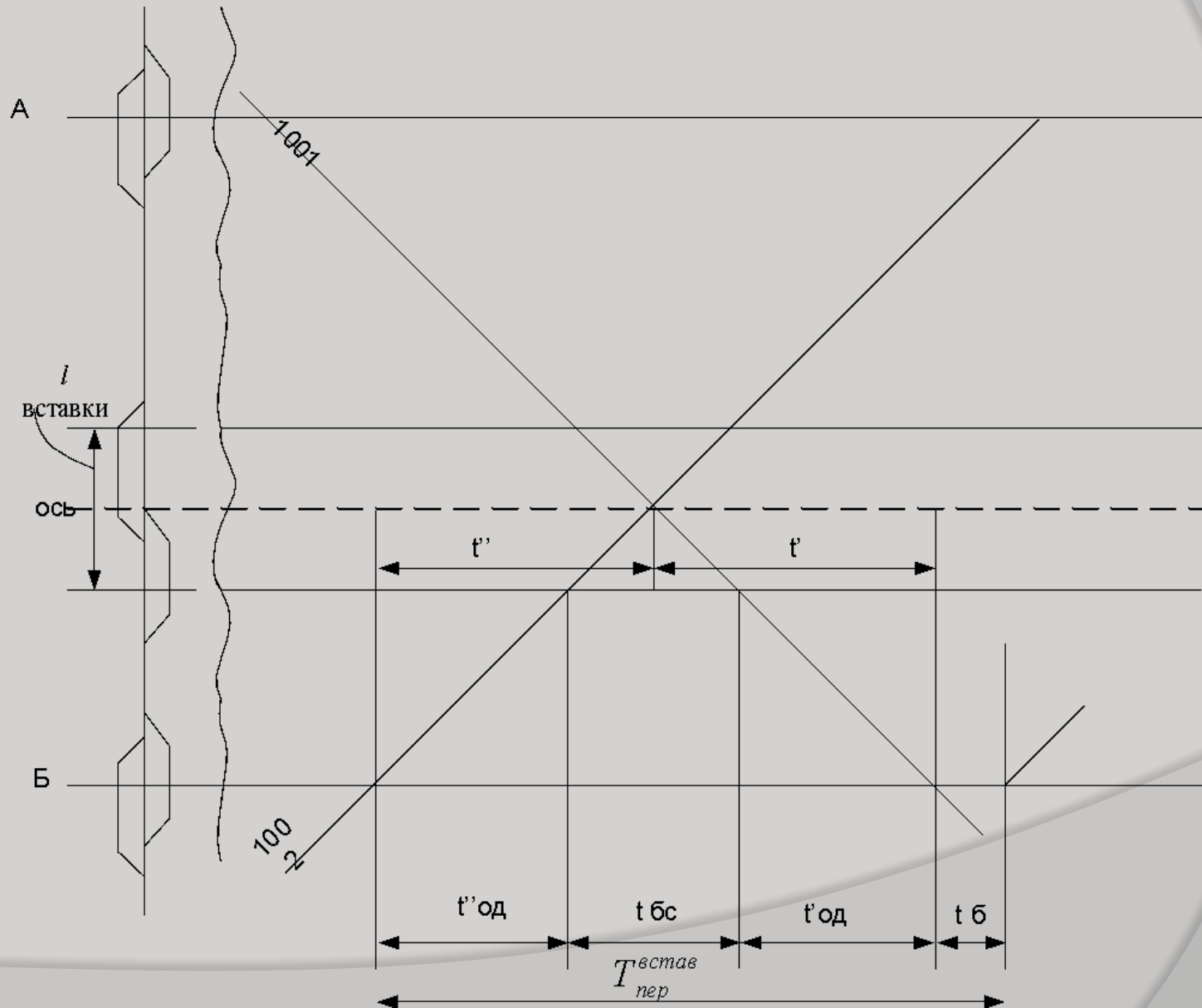


Схема организации безостановочного скрещения на участке

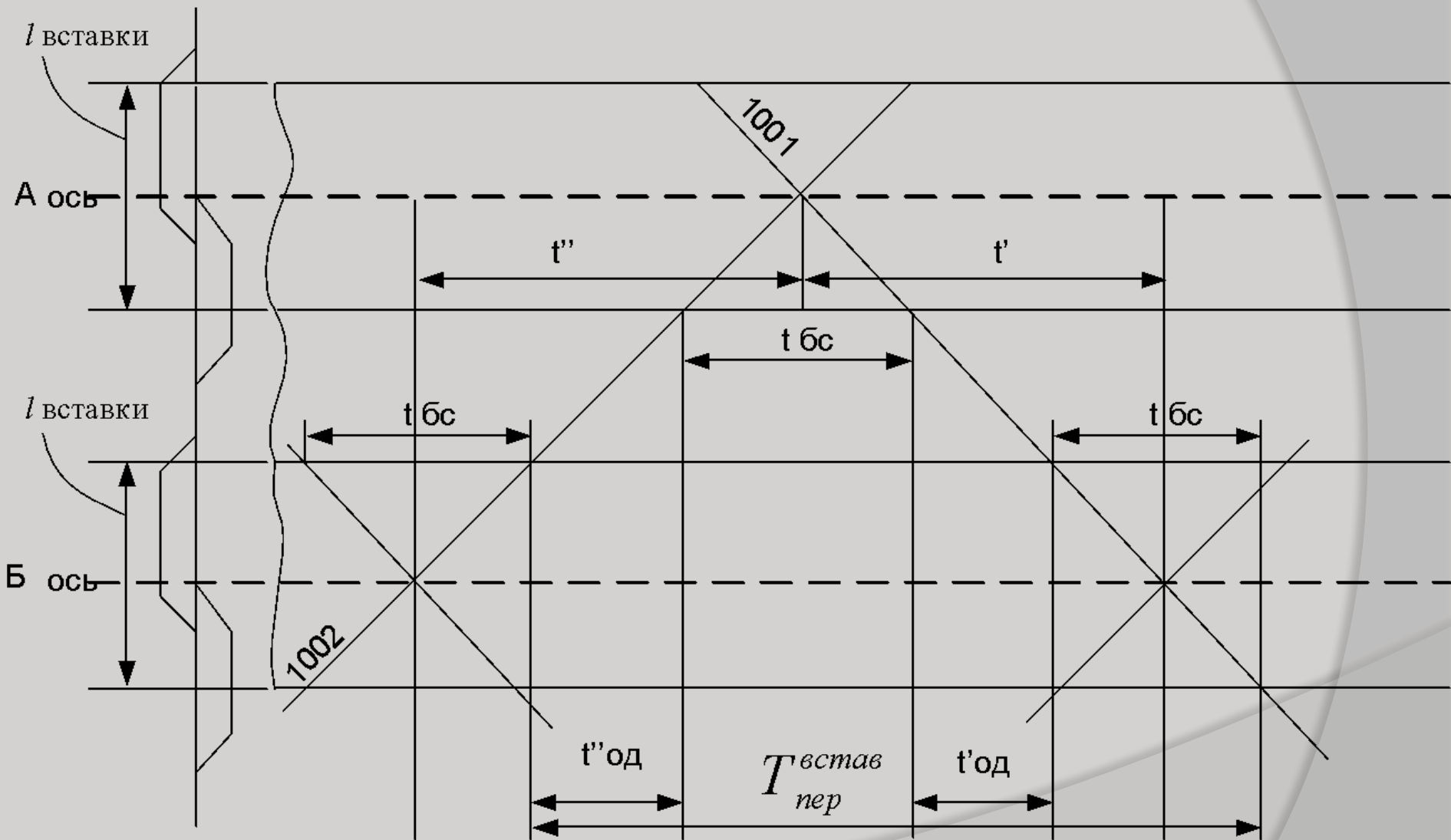
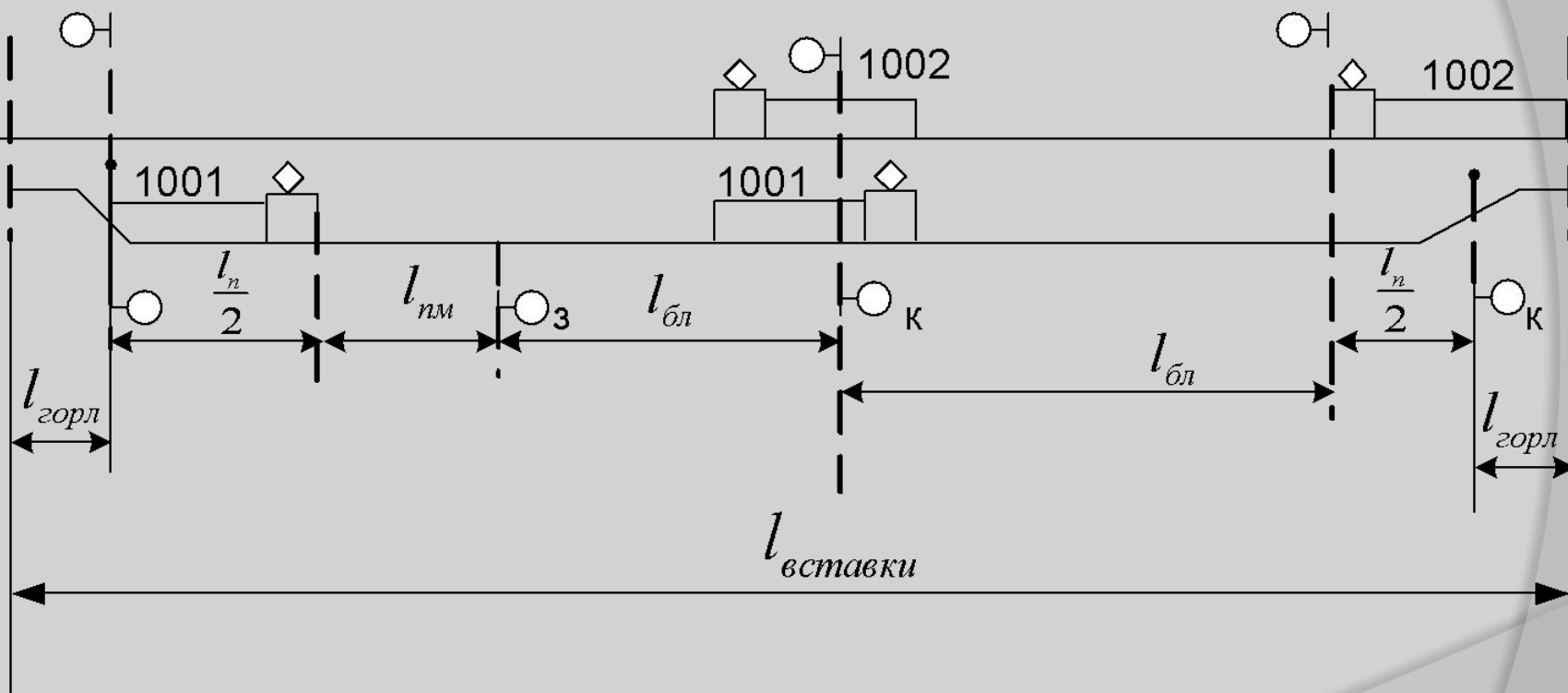


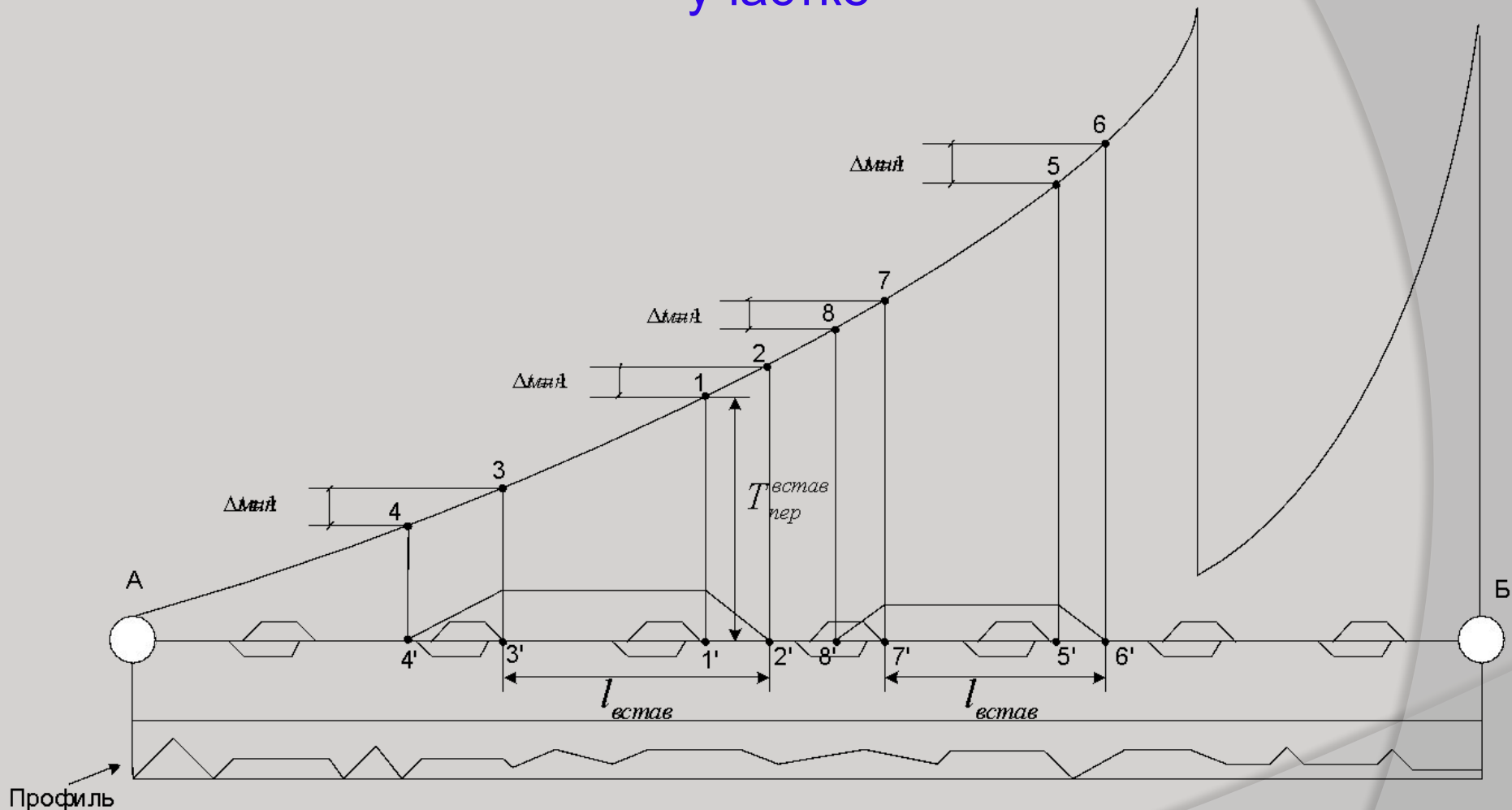
Схема расчета протяженности двухпутной вставки



Расчет длины двухпутной вставки

$$l_{\text{встав}} = l_n + l'_{\text{бл}} + l'_{\text{бл}} + l_{\text{горл}} + l_{\text{нм}}$$

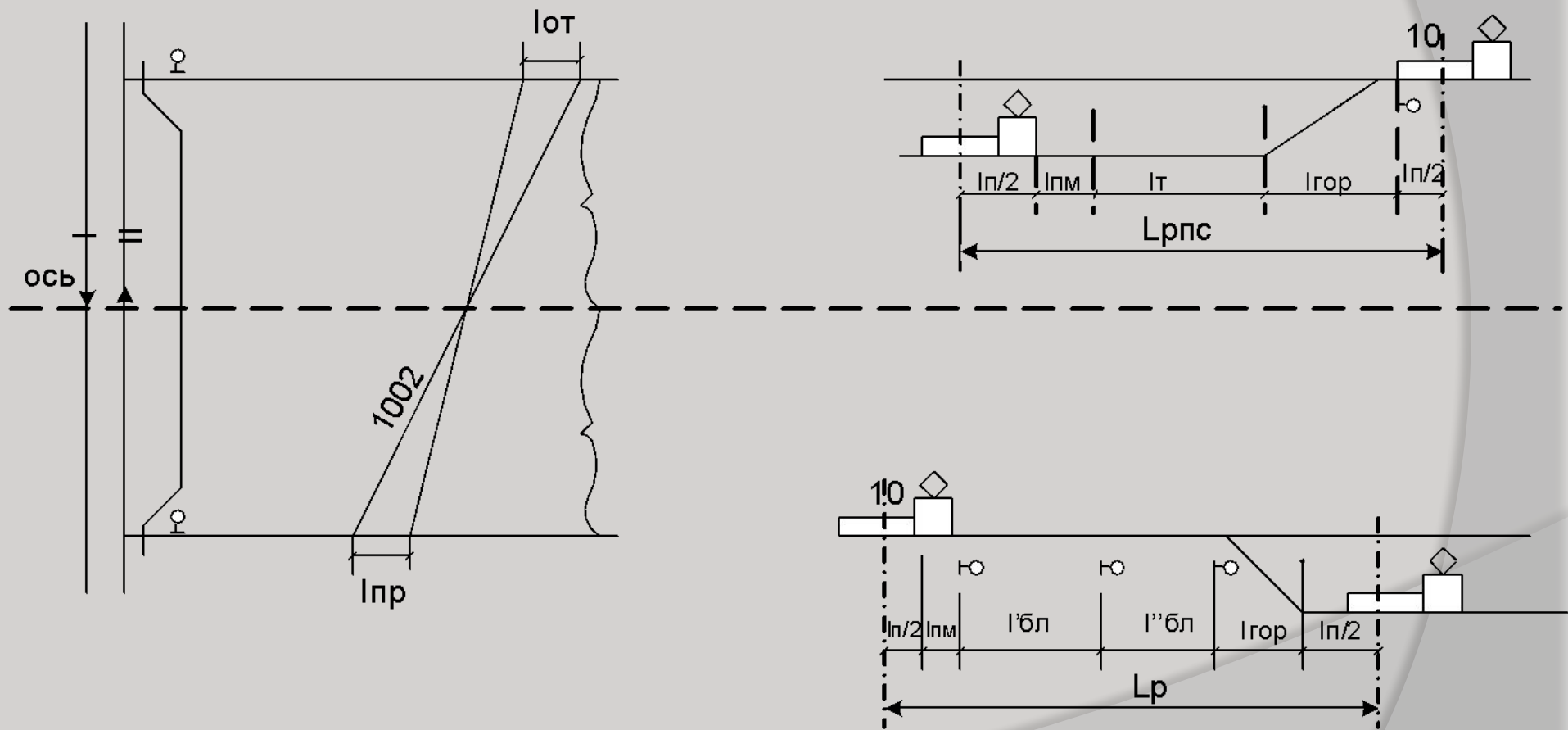
Схема размещения двухпутных вставок на однопутном участке



Требования предъявляемые к двухпутным вставкам

1. Оборудование двухсторонней автоблокировкой, поездной радиосвязью, автоматической локомотивной сигнализацией, диспетчерской централизацией;
2. Идентичность перегонов между расчетными осями безостановочного скрещения поездов на данном железнодорожном участке;
3. Строгое выполнение ГДП;
4. Обеспечение трогания с места поезда, остановившегося в конце участка скрещения (расположенного на подъеме) у выходного сигнала;
5. Изоляция на отдельных пунктах местной работы от движения поездов;
6. Достаточные длины двухпутных вставок (5-6 км) и доля суммарной длины двухпутных вставок от протяженности железнодорожной линии не менее 50-55%.

Схема расчета протяженности двухпутной вставки для организации безостановочного обгона



$$L_p = \frac{l_n}{2} + l_{nm} + 2l_{\text{бл}} + l_{\text{гор}} + \frac{l_n}{2}$$

$$I_{np} = 0,06 \cdot \frac{L_p}{v_x}$$

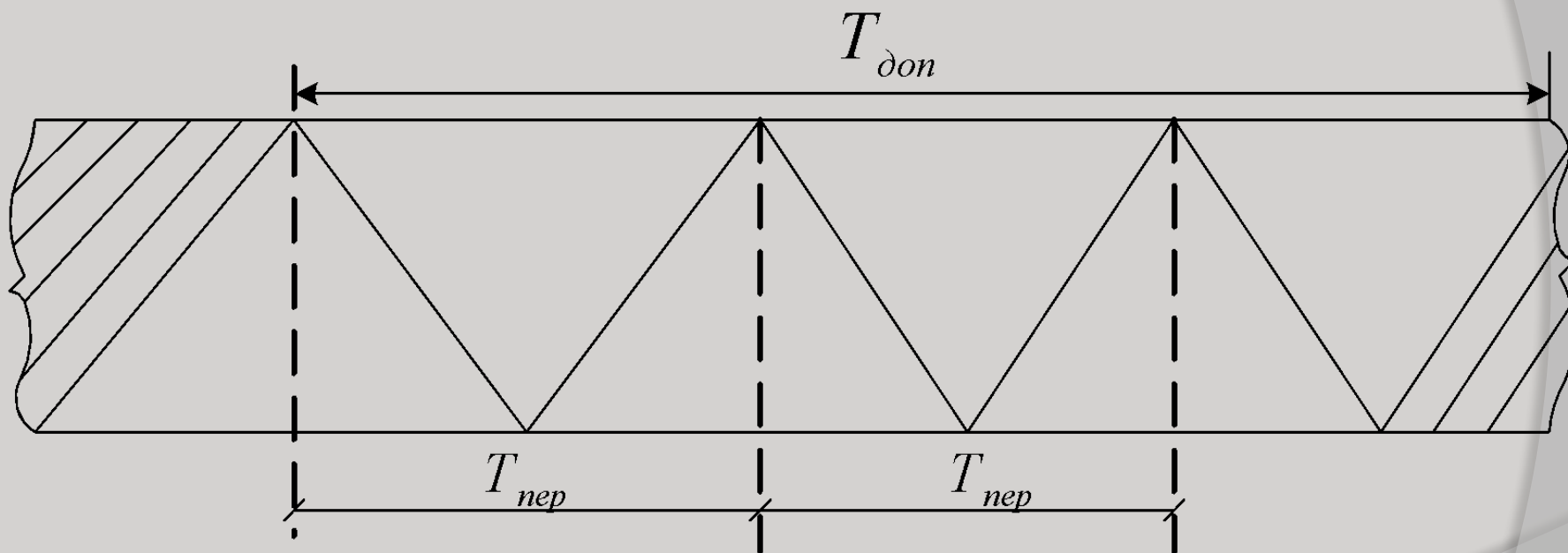
$$L_{pnc} = \frac{l_n}{2} + l_{nm} + l_m + l_{zop} + \frac{l_n}{2}$$

$$I_{om} = 0,06 \cdot \frac{L_{pnc}}{v_x}$$

Меры по кратковременному форсированию пропускной способности железной дороги

1. Отправление поездов по неправильному пути.
2. Отправление поездов след в след в светлое время суток с минимальным интервалом между поездами в пакете.
3. Отправление соединенных поездов
4. Применение маятникового движения.
5. Уменьшение съема грузовых поездов пассажирскими и сборными поездами.
6. Применение «живой» блокировки.

Схема организации движения поездов по «неправильному» пути



$$N_{\partial on} = \frac{T_{\partial on}}{T_{nep}}$$

Схема организации движения поездов при разделении ограничивающего перегона на две части

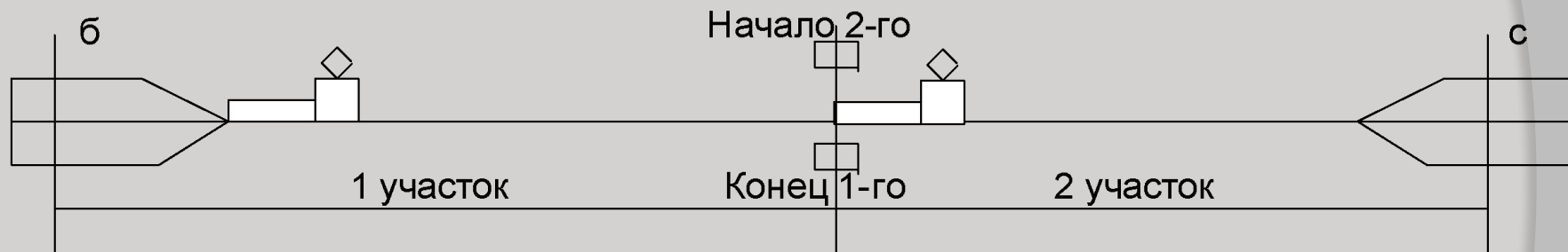


Схема организации движения поездов при «живой» блокировке

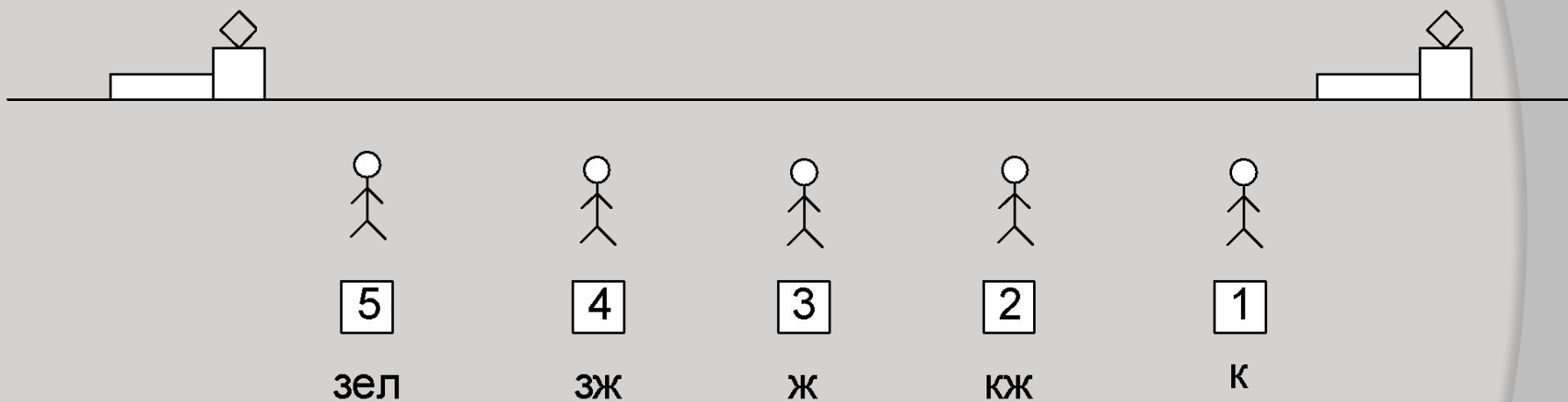


Схема возможных вариантов перехода от однопутной линии к двухпутной

