

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»

**ТРЕБОВАНИЯ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ
СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН
УЛУЧШЕННЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
КАЧЕСТВ**

ФИЛАТОВ
Евгений Анатольевич

НАРУШЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ УСЛОВИЙ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНОВ В СЦЕПЕ ПРИ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЕ

СТЕПЕНЬ НЕСООТВЕТСТВИЯ
ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- ▶ Увеличение сил взаимодействия (трения) между элементами конструкции вагона;
- ▶ Интенсивный износ элементов системы КОНТУР ЗАЦЕПЛЕНИЯ – АВТОСЦЕПКА – ОКНО УДАРНОЙ РОЗЕТКИ – КЛИН ТЯГОВОГО ХОМУТА – КОЛЕСО – ПУТЬ;
- ▶ Появление неисправностей нагруженных деталей;
- ▶ Заклинивание автосцепок в контуре сцепления;
- ▶ НЕВОЗМОЖНОСТЬ РАСЦЕПЛЕНИЯ ПРИ МАНЕВРАХ, СЛОЖНОСТЬ ИНТЕРПРЕТАЦИИ СИТУАЦИИ, ЗАДЕРЖКИ В РАБОТЕ.

«Заклинило» автосцепки лесовозов (взаимодействие в горочной горловине)

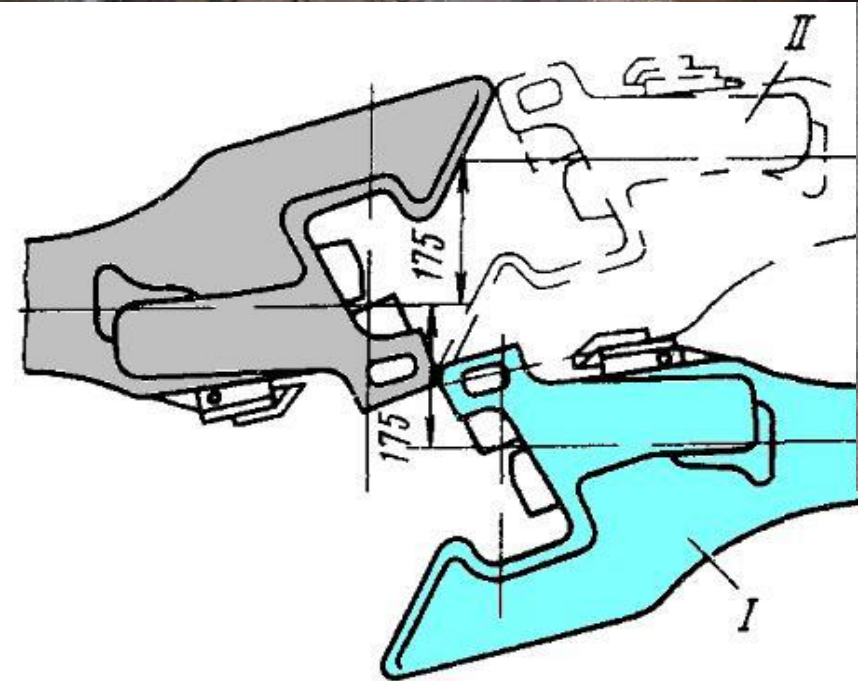


НАРУШЕНИЕ НОРМАТИВНЫХ УСЛОВИЙ СЦЕПЛЕНИЯ ПРИ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЕ

СТЕПЕНЬ НЕСООТВЕТСТВИЯ
ПАРАМЕТРОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

- ▶ Ударное взаимодействие зубьев автосцепки, износ (особенно вертикальных стенок);
- ▶ Деформации (изгиб хвостовика) и повреждения узлов автосцепного механизма;
- ▶ Заклинивание хвостовиков автосцепок нерабочими гранями (несовпадение контуров зацепления);
- ▶ Поломка автосцепного устройства;
- ▶ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АВТОСЦЕПОК НЕРАБОЧИМИ ГРАНЯМИ С ВЫДАВЛИВАНИЕМ КОЛЕСНЫХ ПАР ВАГОНОВ И СХОДОМ.

Сход вагонов (взаимодействие в стрелочной зоне)



Основные причины актуализации требований к проектированию плана стрелочных горловин

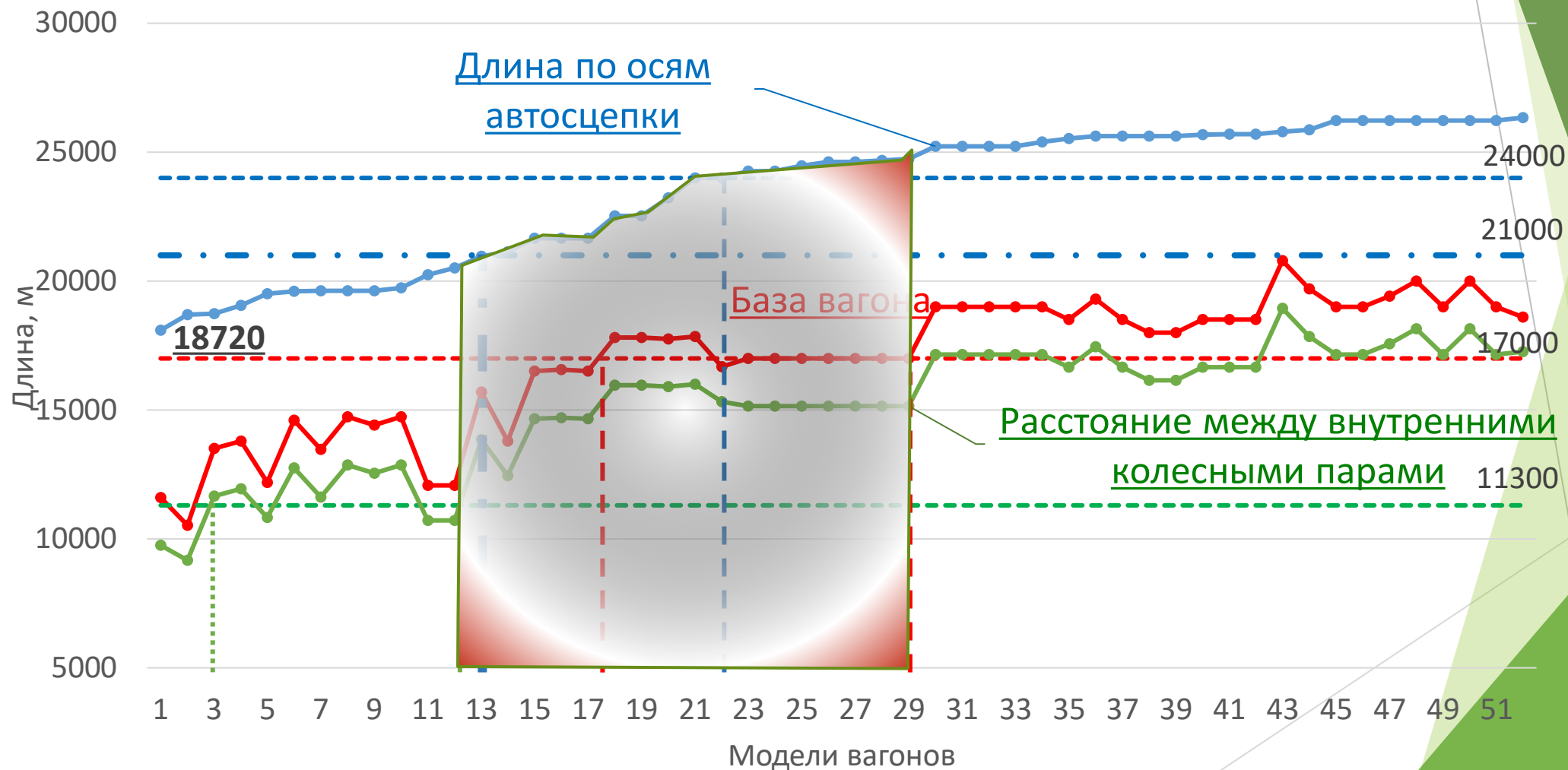
1. Автономность развития способов решения задач взаимодействия транспортной инфраструктуры и подвижного состава в различных сферах эксплуатации железнодорожного транспорта.

Общее - наличие эксплуатационных ограничений параметров схемы (расчетная кривая) и вагона (расчетный вагон).

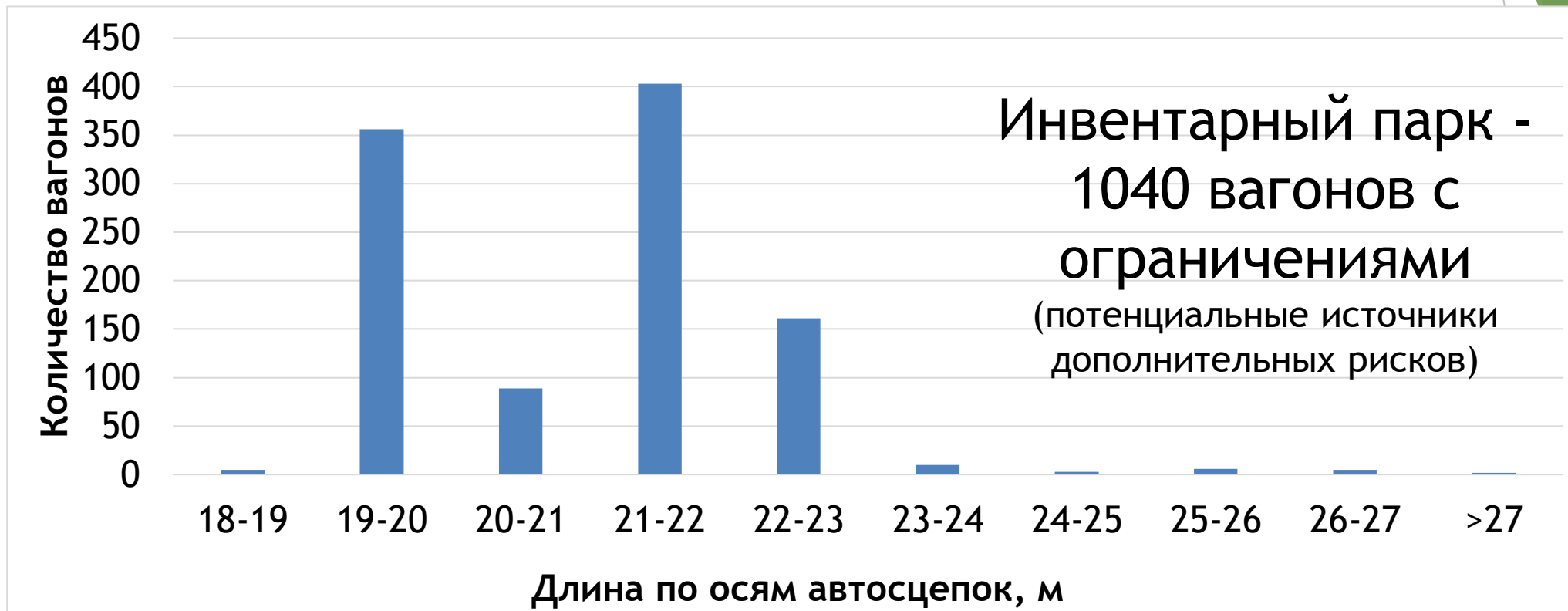
Различия - величины ограничений:

- ▶ расчетные вагоны ограничены длиной: от 11,3 м внутр. кол. база (18,7 м), до 17-24 м по осям АС;
- ▶ расчетные схемы: круговые кривые $R=150-350$ м, s-образные кривые $R=480-500$ м;
- ▶ расчетные смещения вагонов при движении: от степени износа колеса и рельса, хордового смещения тележек, особенности конструкций тележек.

Параметры вагонов увеличенных размеров и действующие эксплуатационные ограничения



Анализ парка вагонов, имеющих эксплуатационные ограничения по длине



Дополнительно на дороге находится около 22 тыс. собственных вагонов, что при сохранении пропорций дает еще около 800-900 вагонов с ограничениями по длине.

Общее количество вагонов с ограничениями приближается к 2000.

Основные причины актуализации проблемы взаимодействия

стрелочных горловин и подвижного состава

2. Сложившаяся диспропорция темпов роста размеров подвижного состава ($2l \uparrow$ до 1 м/10 лет $\Rightarrow \Rightarrow \uparrow b$ на 1%/год) и снижения криволинейности схем путевого развития ($R_{\min} \uparrow$ темпом 1 м/год $\Rightarrow \Rightarrow \downarrow b$ на 0,3%/год) по степени влияния на вынос консоли $b \uparrow$ 6-7% /10 лет;

УВЕЛИЧЕНИЕ МАССЫ И ДЛИНЫ ПОЕЗДОВ - УСТОЙЧИВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Вызывает потребность модернизации
транспортных средств и инфраструктуры

▶ Локомотивного парка

(увеличение мощности локомотива);

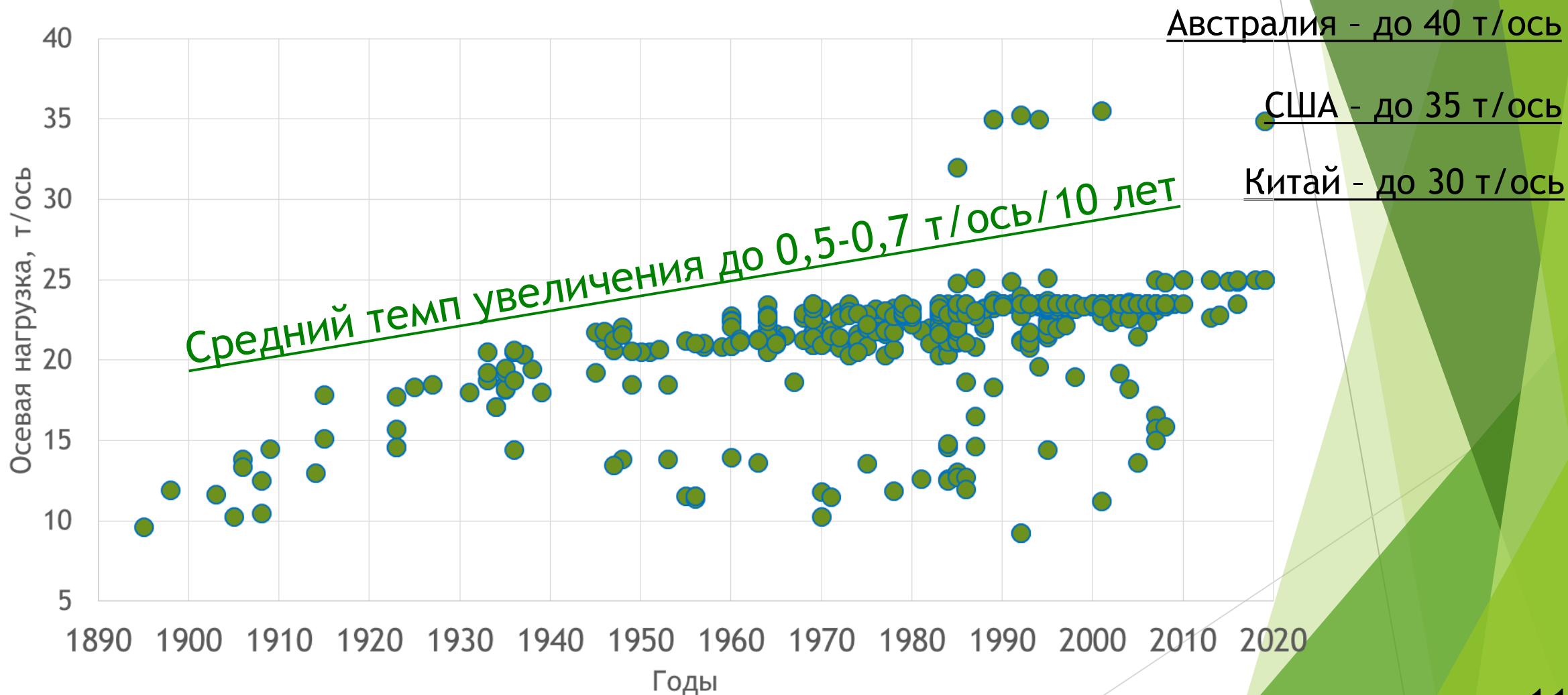
▶ Вагонного парка

(увеличение грузоподъемности и грузовместимости);

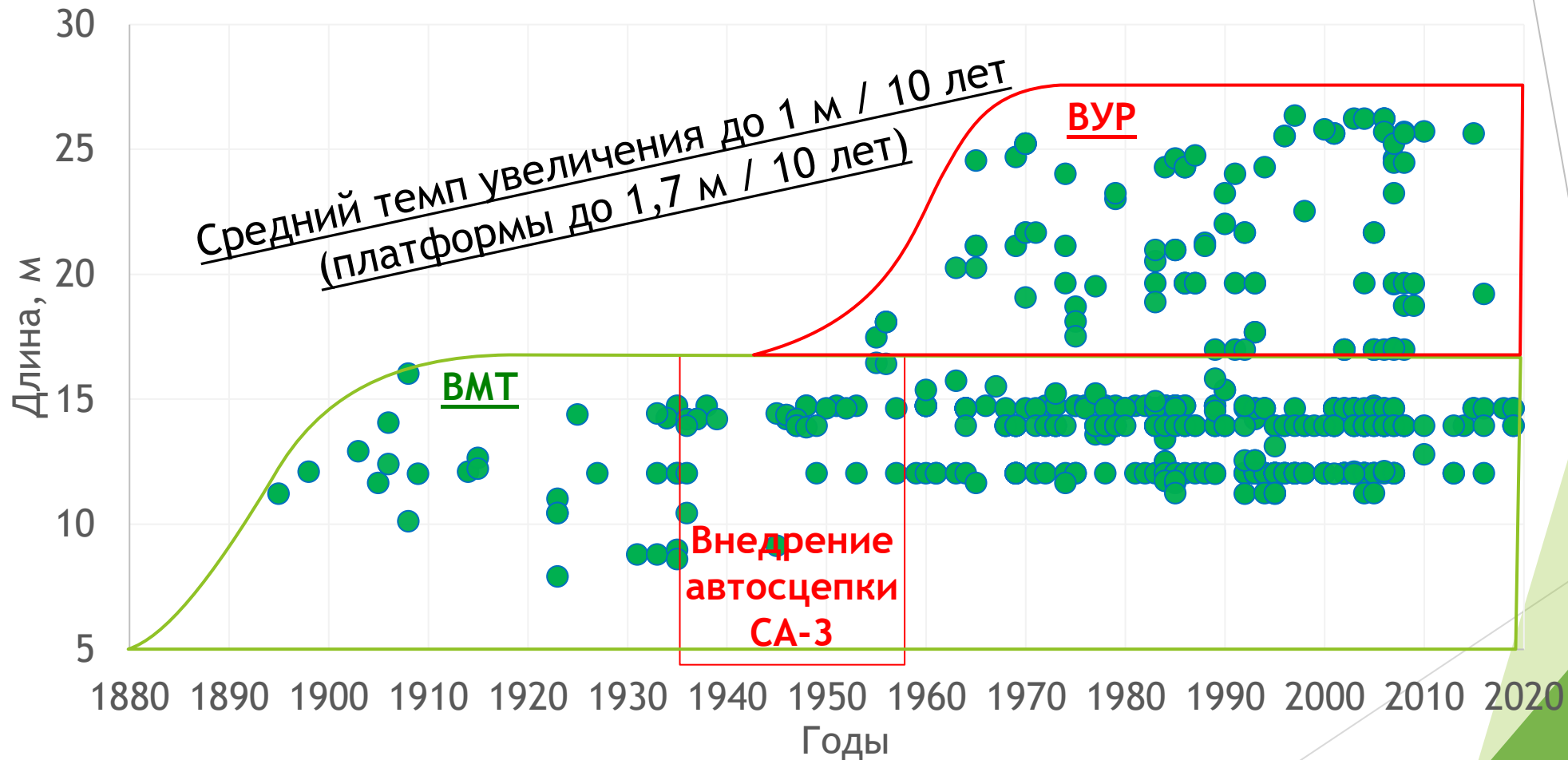
▶ Путевого развития отдельных пунктов

(удлинение путей, обеспечение осевой нагрузки).

Изменение допустимой осевой нагрузки (КР, ПВ, ПЛ, ЦС; >500 моделей)



Изменение длины грузовых вагонов (КР, ПВ, ПЛ, ЦС; >500 моделей)



Сравнение требований к проектированию стрелочных горловин и подвижного состава

№	Тип кривой	Операция	Соответствие радиусов, требуемых при проектировании путевого развития и вагонов, м			
			промышленных предприятий		станций	
			ВМТ	ВУР	ВМТ	ВУР
1	Круговая	ДС	<u>Соответ.</u> (80-80)	<u>+40</u> (150-110)	<u>+120</u> (200-80)	<u>+90</u> (200-110)
2		АС	<u>+5</u> (140-135)	<u>-40</u> (150-190)	<u>+65</u> (200-135)	<u>+10</u> (200-190)
3	S-образная	ДС	<u>-40</u> (80-120)	<u>Соответ.</u> (160-160)	<u>+80</u> (200-120)	<u>+40</u> (200-160)
4		АС	<u>-110</u> (140-250)	<u>-320</u> (160-480)	<u>-50</u> (200-250)	<u>-280</u> (200-480)

Примечание. ВМТ - вагоны массовых типов, ВУР - вагоны увеличенных размеров; АС - автоматическое сцепление, ДС - движение в сцепе; 0 - отсутствие резерва, + - наличие резерва, - - несоответствие норм

Основные причины актуализации проблемы взаимодействия

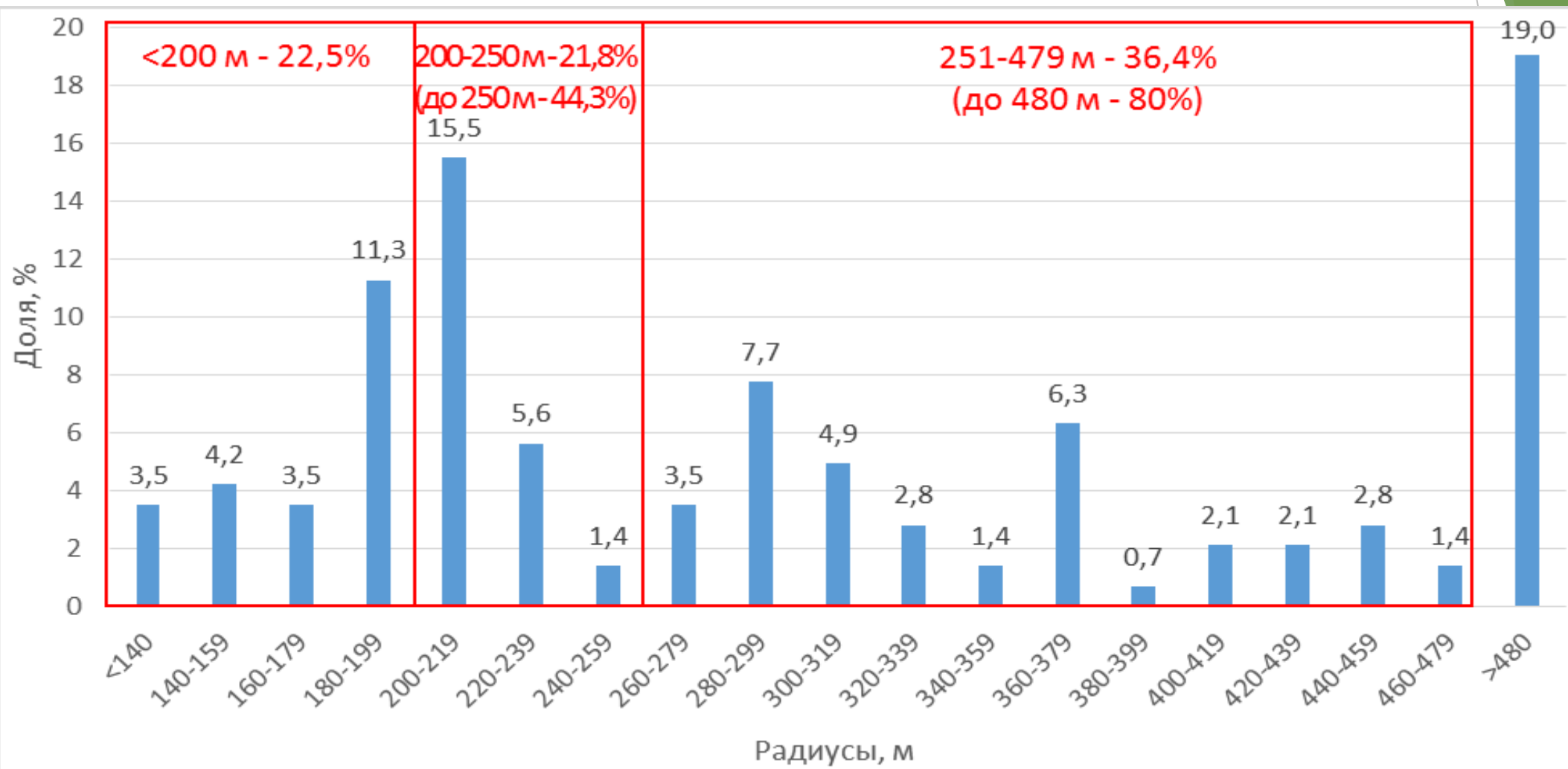
стрелочных горловин и подвижного состава

3. Эволюция схем стрелочных горловин сопровождалось увеличением количества путей и привела к широкому применению минимальных радиусов кривых и увеличению их количества в 2-4 раза ($\Sigma\alpha/\text{путь}$), увеличению количества s-образных кривых в 5-13 раз (с учетом СП);

Структура кривых, применяемых в горочных горловинах станций БЧ (в среднем 4,2 элемента на путь)



Радиусы кривых, применяемые в горочных горловинах станций БЧ



Примечание. Анализ выполнен на основе планов станций: Барбаров (16 путей), Витебск (17 путей), Гомель (21 путь), Минск-Сортировочный (21 путь), Новополоцк (16 путей).

Основные причины актуализации проблемы взаимодействия

стрелочных горловин и подвижного состава

4. Концентрация определяющих факторов
взаимодействия (маневровой работы и
криволинейных участков) в стрелочных
горловинах.

Реализация модели взаимодействия элементов стрелочных горловин и подвижного состава

Обоснование параметров стрелочных горловин

Файл Справка

Параметры сопрягаемых участков путей

Порядковый № элемента Радиус кривой, м

Тип элемента Угол кривой, град.

Длина прямой Поворот

1. Кривая $\alpha = 10,00$ град, $R = 200$ м, влево
2. Кривая $\alpha = 10,00$ град, $R = 200$ м, вправо

Параметры взаимодействующих вагонов

Количество осей	Типы вагонов	Базы вагонов 2l, м	Длины консолей, м	Базы тележек 2lt, м	Ширина захвата автосцепок V', м	Дополнительное смещение λ , м	
<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="полувагон"/>	<input type="text" value="15,69"/>	<input type="text" value="2,635"/>	<input type="text" value="1,85"/> <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,175"/>	<input type="text" value="0,026"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Показать границы
<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="полувагон"/>	<input type="text" value="15,69"/>	<input type="text" value="2,635"/>	<input type="text" value="1,85"/> <input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0,175"/>	<input type="text" value="0,026"/>	<input checked="" type="checkbox"/> Запомнить линию

Дополнительные параметры

Определение допустимого радиуса кривой

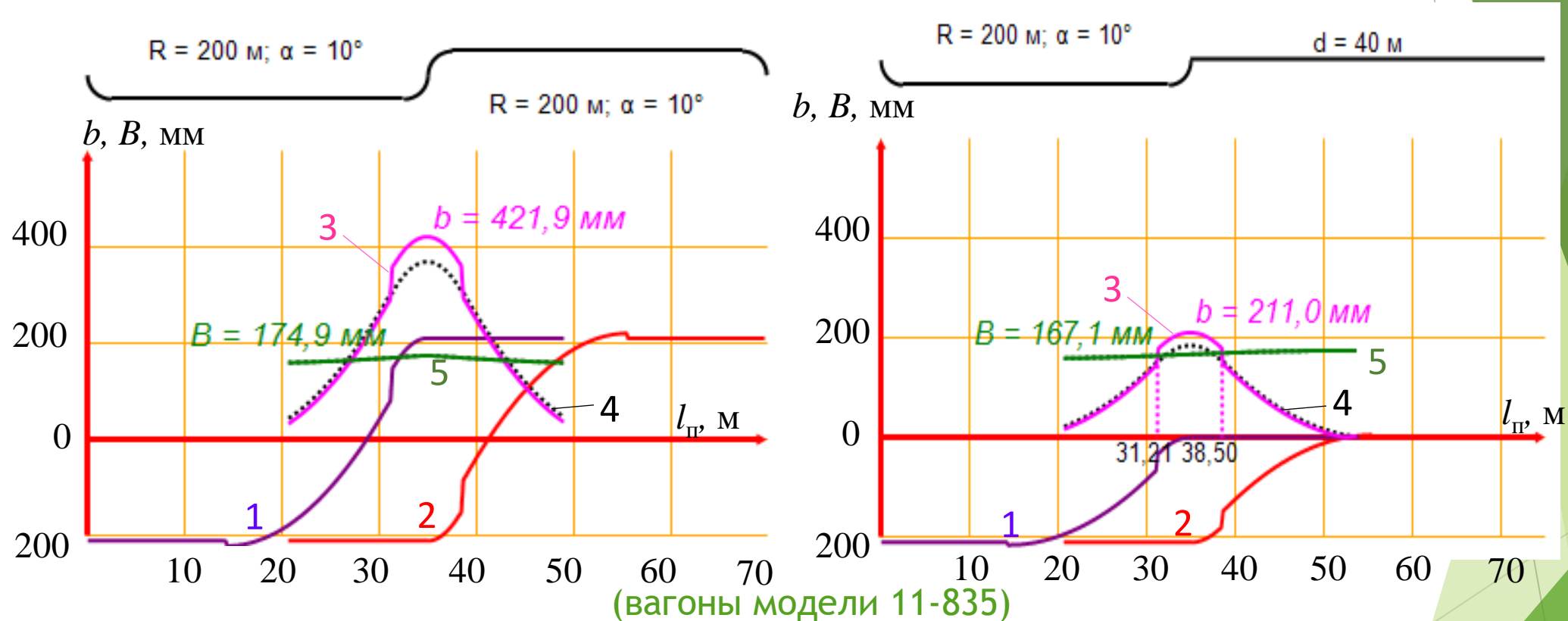
Н элемента Радиус Точность

Определение длины вставки

Н элемента Точность

Шаг Слайн

Графическая интерпретация взаимодействия элементов стрелочных горловин и подвижного состава



Универсальность для оценки вариантов схем взаимодействия; определение экстремумов; учет λ отдельно для каждой тележки; расчет зоны и величины ограничений на пути;



Потребность в ЭВМ.

Оценка действующих норм проектирования станций, предложенному критерию безопасности и эффективности маневровой работы

- ▶ Выполнен анализ 33 элементов конструкций стрелочных горловин. С ВМТ обеспечивается эффективность маневров по 25 элементам. С ВУР - 16 элементам.
- ▶ Безопасность не гарантирована в требованиях к s-образным кривым, образованным в том числе с применением стрелочных переводов (особенно симметричных).
- ▶ В требованиях не учтена группа элементов стрелочных горловин, образованных сочетанием стрелочных переводов и круговых кривых.
- ▶ Отсутствуют ограничения на условия размещение грузового фронта в непосредственной близости от кривой.

Требования к проектированию путевого развития, обеспечивающие безопасность и эффективность маневровой работы

№ п/п	Элементы путевых структур	Существующие требования, м	Минимально допустимые параметры, м, для расчетных вагонов	
			«массовых»	увеличенных размеров
1	Криволинейные участки пути			
1.1	Круговые кривые	$R = 200$ $R = 180 (140)$	$R_{\min} = 170$ $l_{\text{кр}} > l_{\text{ваг}}$ не огранич. ($<10,4$)	$R_{\min} = 200$ $< 14,1$ ($< 9,4$)
1.2	s-образные кривые без вставки	$R = 200/250/300$	$R_{\min} = 390$, $l_{\text{кр}}$ не огранич.; $l_{\text{кр}} = 6,25/7,7/9,5$	$R_{\min} = 450$, $l_{\text{кр}}$ не огранич.; $l_{\text{кр}} = 6/7,4/8,9$
		$l_{\text{кр}} = f(R)$	$l_{\text{кр}}^{\text{MT}} = e^{0,947947+0,00435352R}$, $RC[140; 385]$; $l_{\text{кр}}^{\text{УР}} = e^{1,00537+0,00389576R}$, $RC[140; 448]$	
1.3	s-образные кривые с прямой вставкой	$d = 4,5/6,25/12,5/15$	$R = 345/253/184/171$	$R = 408/303/226/207$
		$R = 180/200/250$	$d = 13,2/10,6/6,5$	$d = \text{не обесп.}/16,3/10,1$
		$d = 4,5/6,25/12,5/15$	$R=200$; $l_{\text{кр}} = 5,3/7,68/\text{не огран.}$ $R=250$; $l_{\text{кр}} = 7/11,48/\text{не огран.}$	$l_{\text{кр}} = 5/6,84/10,96/14,52$ $l_{\text{кр}} = 6,48/9,38/\text{не огран.}$

Требования к проектированию путевого развития, обеспечивающие безопасность и эффективность маневровой работы

2	Расположение стрелочных переводов			
2.1	Одиночный стрелочный перевод (прямой участок)	1/11, 1/9, 1/6	не ограничивается	не ограничивается
2.2	Встречная разносторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №1)			
2.2.1	1/11 – 1/11	$d = 0; 6,25; 8,66; 12,5$	d не ограничивается	$d_{\min} = 1$
2.2.2	1/9 – 1/9			$d_{\min} = 2,7$
Встречная односторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №2), попутная разносторонняя укладка обыкновенных стрелочных переводов (схема №3)				
2.3, 2.4	(1/11 – 1/11, 1/9 – 1/9)	$d = 0; 6,25; 8,66; 12,5$	d не ограничивается	
2.5	Схемы укладки №4 и №5 (модификации)			
2.5.1	1/11 – 1/11	$d = 4,5; 6,25; 9,12; 12,5$	d не ограничивается	
2.5.2	1/9 – 1/9	$d = 4,5; 6,25; 9,12; 12,5$	d не ограничивается	$d_{4/5} \geq 7,8 / 7,4$

Требования к проектированию путевого развития, обеспечивающие безопасность и эффективность маневровой работы

2.6	Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.6.1	1/6/ – 1/6	$d = 5,26$	$d \geq 9,5$	$d \geq 12,5$
2.6.2	1/6 – 1/9	$d = 5,26$	$d_{P50} \geq 4; d_{P65} \geq 5,5$	$d_{P50} \geq 9; d_{P65} \geq 10,5$
2.7	Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.7.1	1/6/ – 1/6 (ПОП)	$d = 4,5; 6,25; 7,46$	$d \geq 5,1$	$d_{P50} \geq 9,5$
2.7.2	1/6 – 1/6 P50 1/6 – 1/6 P65	$d = 6,45$ $d = 6,34$	$d_{P50} \geq 7,7$ $d_{P65} \geq 7,8$	$d_{P50} \geq 12,1$ $d_{P65} \geq 12,2$
2.7.3	1/9 – 1/6 P50 1/9 – 1/6 P65	$d = 4,5$	$d_{P50} \geq 5$ $d_{P65} \geq 6,4$	$d_{P50} \geq 9,5$ $d_{P65} \geq 10,9$
Схема №4 (навстречу торцами крестовин)				
2.8	1/6-1/6	$d = 4,5$	$d \geq 6,1$	$d \geq 10,5$

Требования к проектированию путевого развития, обеспечивающие безопасность и эффективность маневровой работы

3		Взаимное расположение стрелочных переводов и кривых			
3.1	стрелочный перевод – кривая	1/11	$d_{\min} = 0$	$R \geq 240$	$R \geq 330$
		1/9	$d_{\min} = 1,3-1,5$	$R \geq 500 (d_{\min} = 1,3)$	$R \geq 1430 (d_{\min} = 1,5)$
		1/6	$d_{\min} = 3$	$R \geq 530$	$R \geq 1330$
3.2	стрелочный перевод – вставка – кривая	1/11	$R = 300$	d не огранич. ($e = 4,1$)	$d = 12,42 (e = 4,1)$
			$R = f(d)$	$R_{\text{ВМТ}} = 237,31 - 20,4274\sqrt{d}$, $d \in [0; 10]$; $R_{\text{ВУР}} = 322,508 - 39,9704\sqrt{d}$, $d \in [0; 12,7]$	
		1/9	$R = 200$	$d = 6,71 (10,12, e = 4,1)$	$d = 12,5 (e = 4,4)$
			$R = 300$	$d = 4,48 (10,12, e = 4,1)$	$d = 10,12 (e = 4,1)$
			$R = f(d)$	$R_{\text{ВМТ}} = 736,841 - 205,626\sqrt{d}$, $d \in [1,3; 7,4]$; $R_{\text{УР}} = 2140,63 - 574,356\sqrt{d}$, $d \in [1,5; 11,7]$	
		1/6	$R = 200$	$d = 8,75 (e = 4,8)$	$d = 13,85 (e = 5,6)$
			$R = 300$	$d = 6,55 (e = 5,1)$	$d = 11,55 (e = 5,9)$
			$R = f(d)$	$R_{\text{МТ}} = 878,632 - 310,35 \ln d$, $d \in [3; 9,5]$; $R_{\text{УР}} = 2237,34 - 780,662 \ln d$, $d \in [3; 13,9]$	

Анализ соответствия существующих горловин предлагаемым требованиям

№ п/п	Горочная горловина	Количество маршрутов скатывания (путей)		
		общее в ЗВО*	с нарушением требований для	
			для ВМТ*	для ВУР*
1	Ст. Витебск (1/6)	17	16 (94%)	17 (100%)
2	Ст. Гомель (1/6)	21	20 (95%)	21 (100%)
3	Ст. Орша-Ц. (1/6)	9	9 (100%)	9 (100%)
4	Ст. Жлобин (1/9, 1/11)	10	1 (10%)	2 (20%)
5	Ст. Лида (1/9, 1/11)	10	0 (0 %)	2 (20%)
6	Ст. Волковыск (1/9, 1/11)	8	1 (13%)	1 (13%)
7	Итого (доля)	75 (100%)	47 (63%)	52 (69%)

Размещение стрелочных переводов марки 1/6 часто создает недостаток длины вставок часто не более 1-1,5 м, а с ВУР - 6 м и более. При применении марок 1/9 и 1/11, по большинству путей безопасность маневровой работы по установленному критерию обеспечивается.

Схема горочной горловины станции Витебск (17 путей)

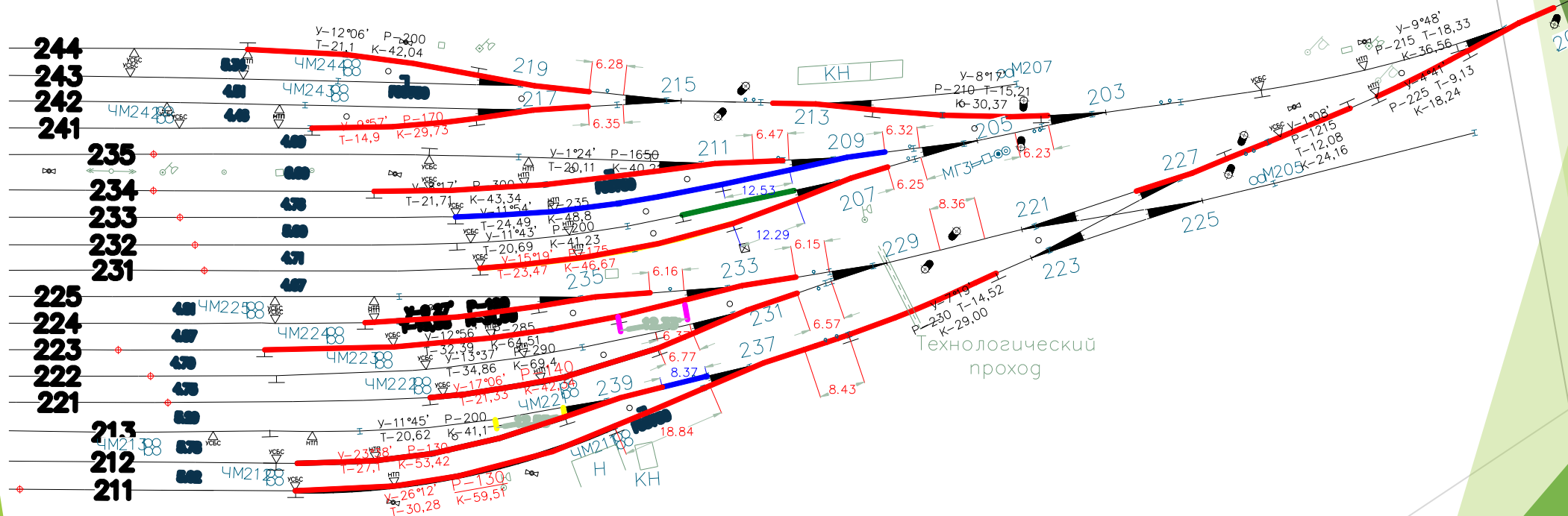


Схема горочной горловины станции Витебск (внутренние пучки)

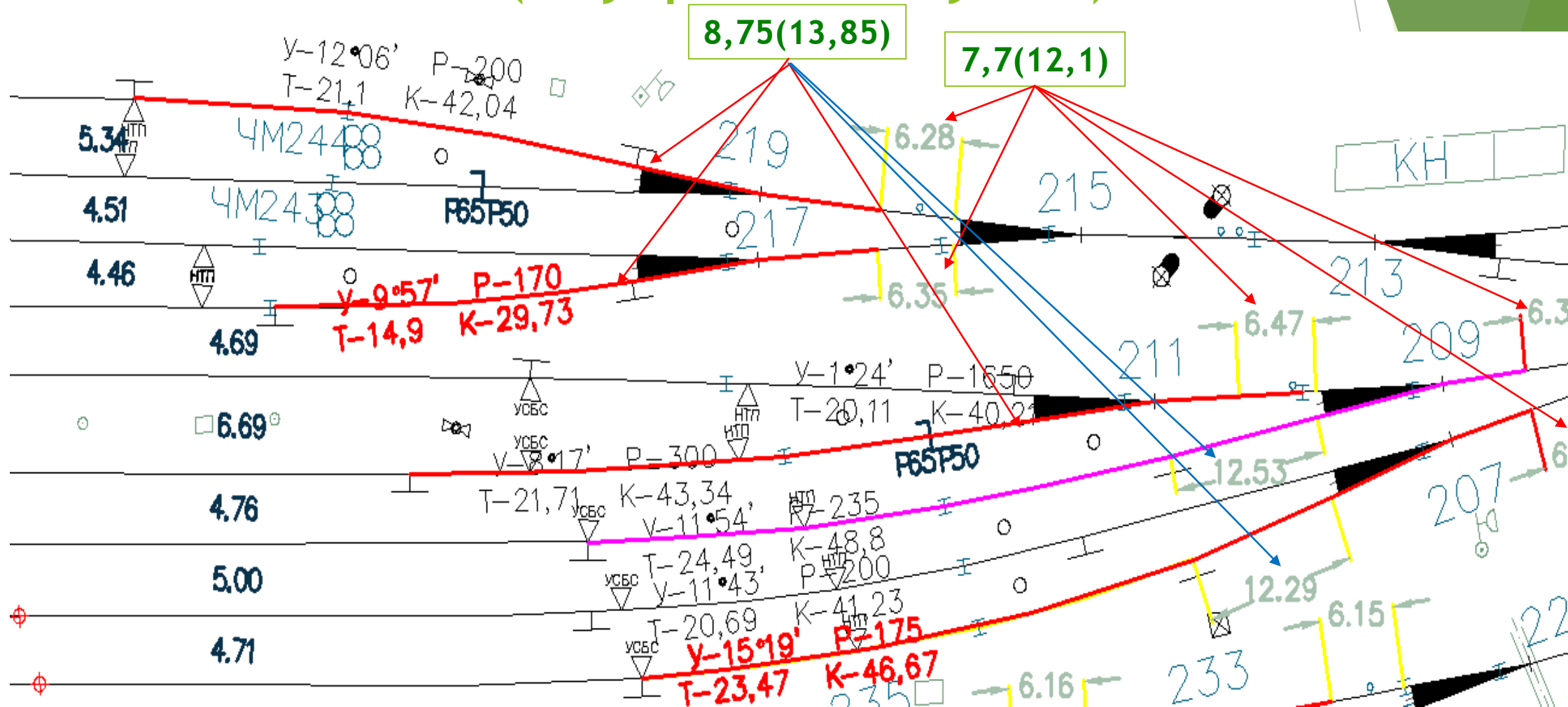
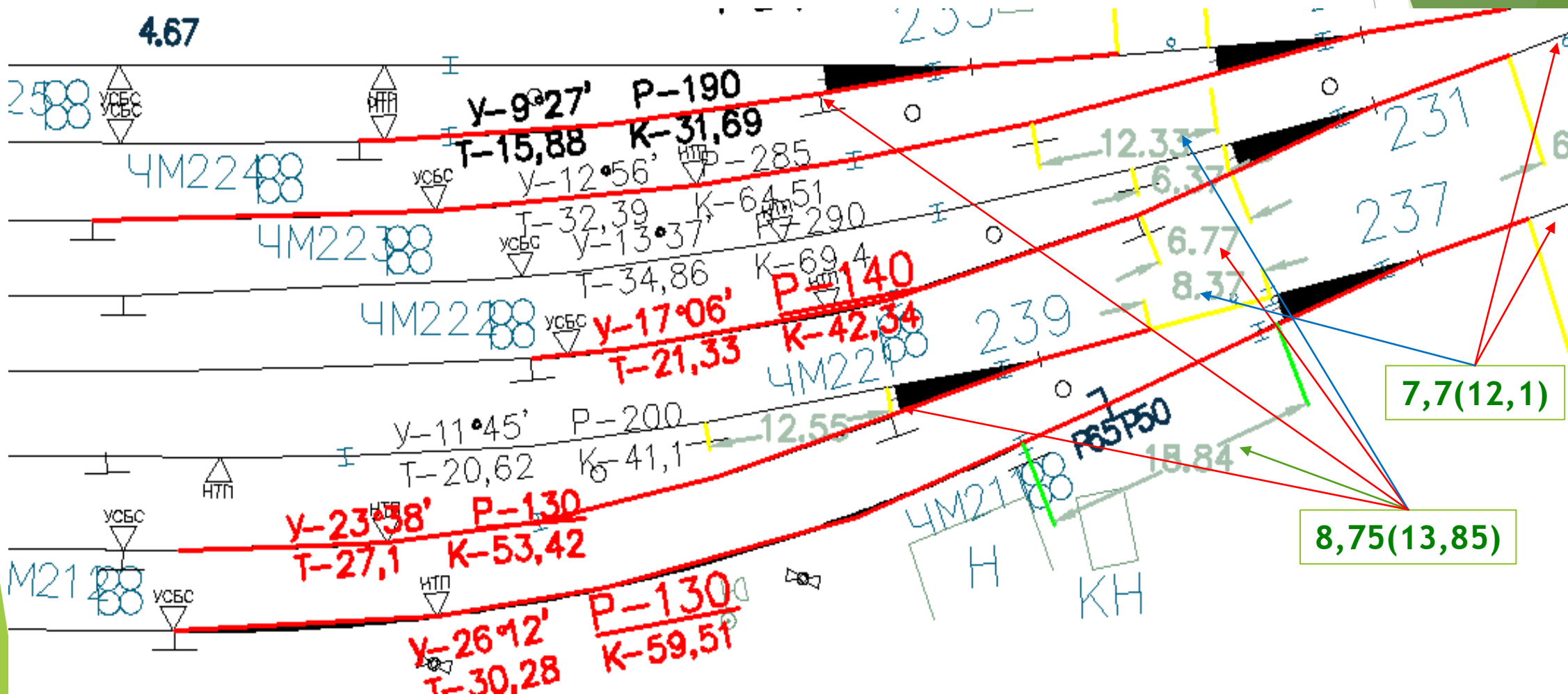


Схема горочной горловины станции Витебск (внешние пучки)



Достигаемые результаты

- ▶ снижается неопределенность при проектировании железнодорожных станций в части применения трудных и особо трудных условий проектирования;
- ▶ повышается качество эксплуатационной работы за счет гарантированного обеспечения технической совместимости схем путевого развития и подвижного состава и устранения рисков несцепления подвижного состава при маневрах и непредвиденных задержек в работе;
- ▶ облегчаются условия обеспечения габаритов приближения строений, подвижного состава, погрузки;
- ▶ облегчаются условия вписывания экипажей, снижается центробежная сила и др.;
- ▶ улучшаются условия охраны труда причастных работников;
- ▶ уменьшается износ элементов подвижного состава и путевого развития и снижается шумовое воздействие на окружающую среду в зоне маневров.