



Международная научная конференция ВСМ
高速铁路国际学术论坛
HSR International Scientific Conference

Высокоскоростные железные дороги – драйвер экономического роста 2018

2018 高铁-经济发展的驱动力

High Speed Railways - Driver of Economic Growth 2018



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА (МИИТ)

Научное сопровождение ВСМ «Москва-Казань» по системе «Железнодорожный путь» “莫斯科-喀山” 高铁“线路”技术伴随

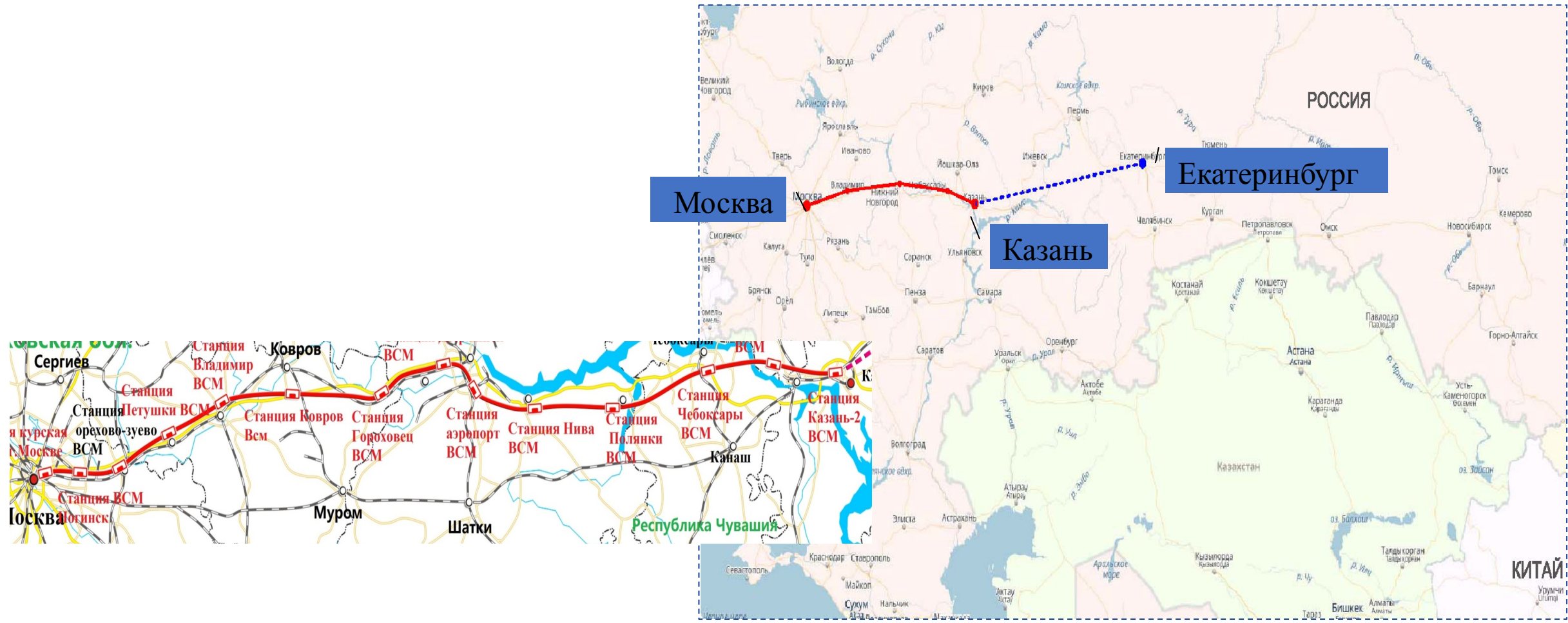
Ашпиз Евгений Самуилович, заведующий кафедрой «Путь и
путевое хозяйство» ФГБОУ ВО «Российский университет
транспорта (МИИТ)»

阿什比斯·叶甫盖尼·萨姆依洛维奇，俄罗斯联邦国家预算高等教育机构《俄罗斯交通大学》“线路及工务”教研組主任



Схема ВСМ Москва – Казань - Екатеринбург

莫斯科-喀山-叶卡捷琳堡



Основные параметры ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁的主要参数

Протяжение линии 线路长度	770 км 770公里
Количество главных путей 正线数量	2
Время хода не более 旅途时间	3,5 час 3.5小时
Скорость движения: 行车速度	
максимальная высокоскоростных поездов 高速列车最高时速	400 км/ч 400公里/时
минимальная пассажирских и специальных грузовых 客车及特殊货车最低时速	200 км/ч 200公里/时
Минимальный радиус кривых в плане 最小曲线半径	2000 м 2000米
Максимальный уклон продольного профиля 纵平面图最大坡度	24 ‰
Вес высокоскоростного поезда 高速列车重量	1000 т 1000吨
Статическая осевая нагрузка: 轴静荷载	
высокоскоростного поезда 高速列车	170 кН/ось 170千牛/轴
локомотива других поездов 其它车辆机车头	226 кН/ось 226千牛/轴
вагонов других поездов 其它车辆车厢	210 кН/ось 210千牛/轴

Проектирование и нормы ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁的设计和标准

Проектирование 设计

Консорциум: «Mosgirotrans» (Russia);

联合体 : 莫斯科交通设计院 (俄罗斯)

«Nizhegorodmetroprojekt» (Russia);

下诺夫哥罗德地铁设计院 (俄罗斯)

China Railway Eryuan Engineering Group CO. Ltd

中铁二院工程集团有限责任公司

Нормативная база 标准基础

«Специальные технические условия для проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростной пассажирской железнодорожной магистрали Москва – Казань – Екатеринбург (ВСМ 2)», 2016 год.

2016年颁布的《莫斯科-喀山-叶卡捷琳堡高速铁路干线（高铁2）设计、施工及运营特殊技术条款》

Научное сопровождение 科研伴随

РУТ (МИИТ) 俄罗斯交通大学

Природные условия ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁的自然条件

<p>Климатические условия: 气候条件</p> <p>Температура воздуха: 空气温度</p> <p>минимальная зимой 冬季最低气温</p> <p>максимальная летом 夏季最高气温</p> <p>период отрицательных температур 温度零下时长</p>	<p>-48°C – 48度</p> <p>+42°C +42度</p> <p>5 месяцев 5个月</p>
<p>Глубина промерзания: 冻土层厚度</p> <p>глинистых грунтов 粘土</p> <p>песчаных грунтов 沙土</p>	<p>до 1,4 м 达1.4米</p> <p>до 2,0 м 达2.0米</p>
<p>Неблагоприятные инженерно-геологические процессы 不良工程地质过程</p> <p>слабые и недостаточно-прочные основания 软基及不够坚固地基</p> <p>в том числе болота 包括沼泽</p> <p>Карст 岩溶</p> <p>Оползни 滑坡</p> <p>морозное пучение 冻胀</p>	<p>462 км 462公里</p> <p>19 км 19公里</p> <p>85 км 85公里</p>

Конструкция ВСП для ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁的轨道上部结构

1 Бесстыковой путь, рельсы Р-65

无缝线路, 钢轨P-65

2 Участки со скоростью до 250 км/ч – путь на балласте:

时速低于250公里的区段为有砟轨道线路:

- ширина междупутья – 4200 мм
- 线间距——4200毫米
- шпалы железобетонные с анкерным креплением APC и эпюрой 1840 шт/км
- 含APC钢轨件和分布图的混凝土轨枕, 每公里1840个
- балласт щебеночный фракции 30-60 мм, толщиной 40 см под шпалой.
- 等级为30-60毫米的碎石道砟, 道砟厚度40厘米

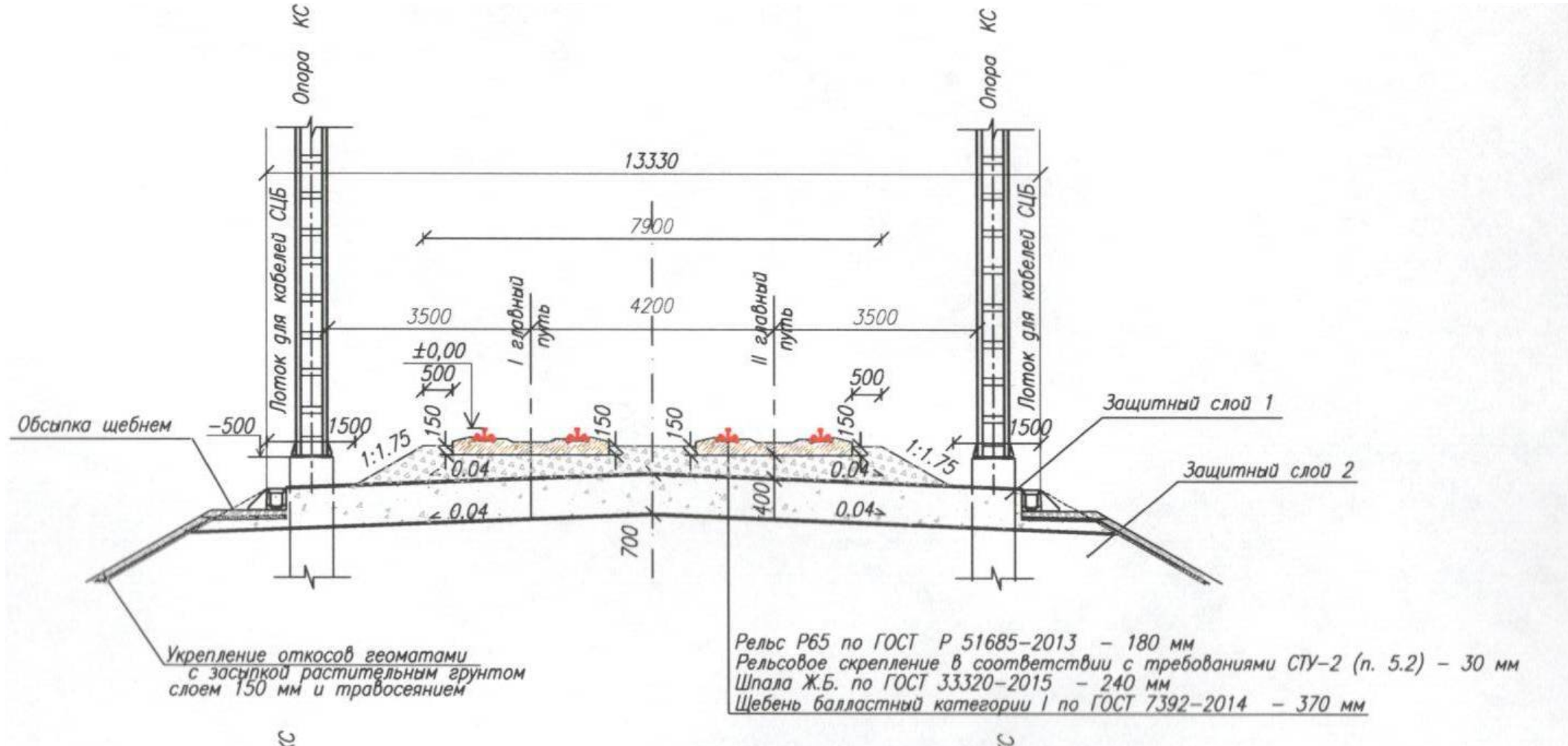
3 Участки со скоростью более 250 км/ч – безбалластный путь

时速高速250公里的区段为无砟轨道线路:

- ширина междупутья – 5000 мм
- 线间距——5000毫米
- сплошное железобетонное подрельсовое основание типа CRTS III RUS (аналог CRTS III Китай)
- CRTS III RUS型无缝混凝土轨下基础 (板式无砟轨道) (与中国CRTS III 类似)
- крепление с упругими клеммами WJ-8R (аналог WJ-8 Китай)
- WJ-8R型扣件和弹条 (与中国WJ-8型类似)

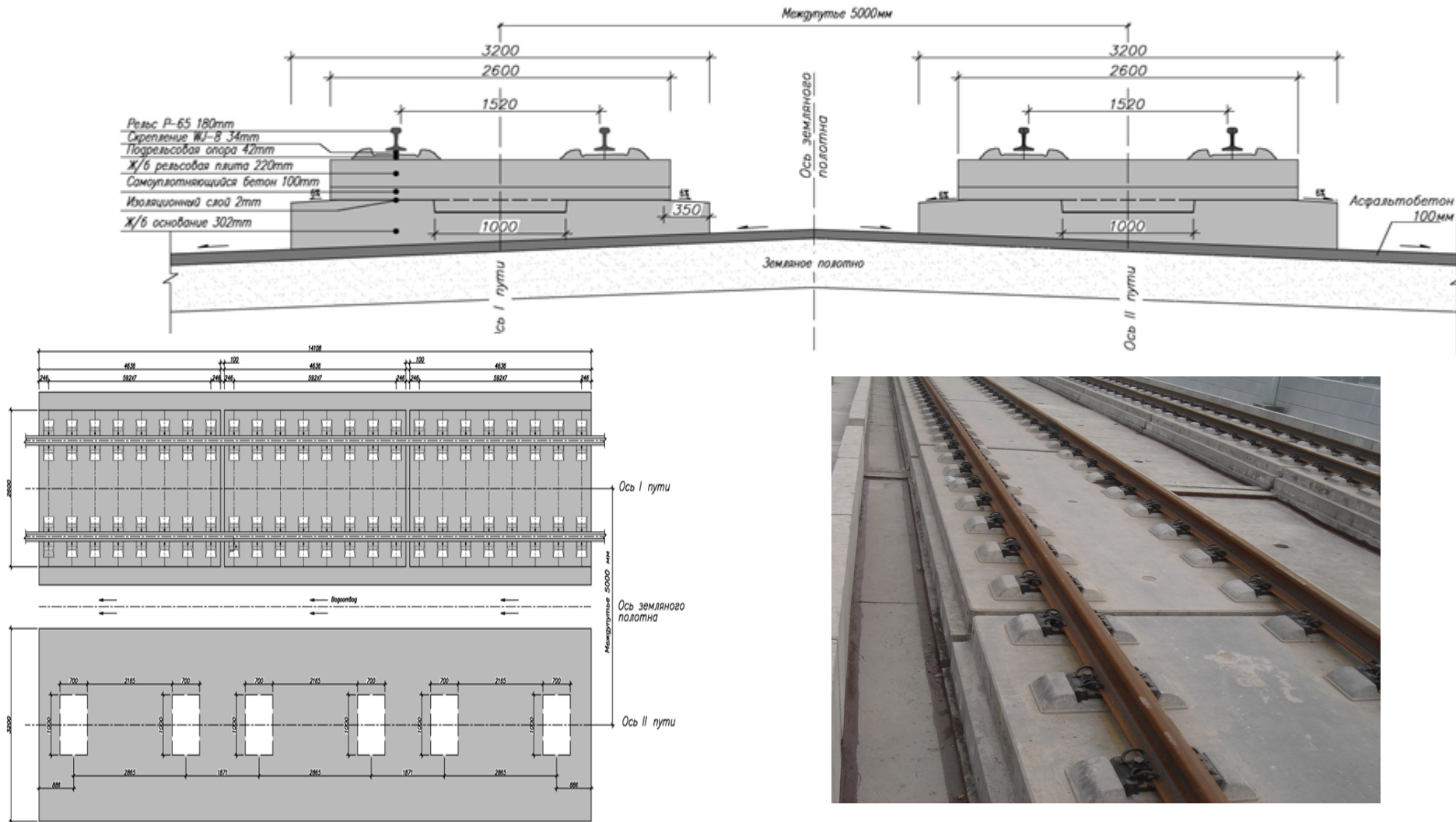
ВСП на балласте ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁有砟轨道



Безбалластный путь ВСМ Москва – Казань

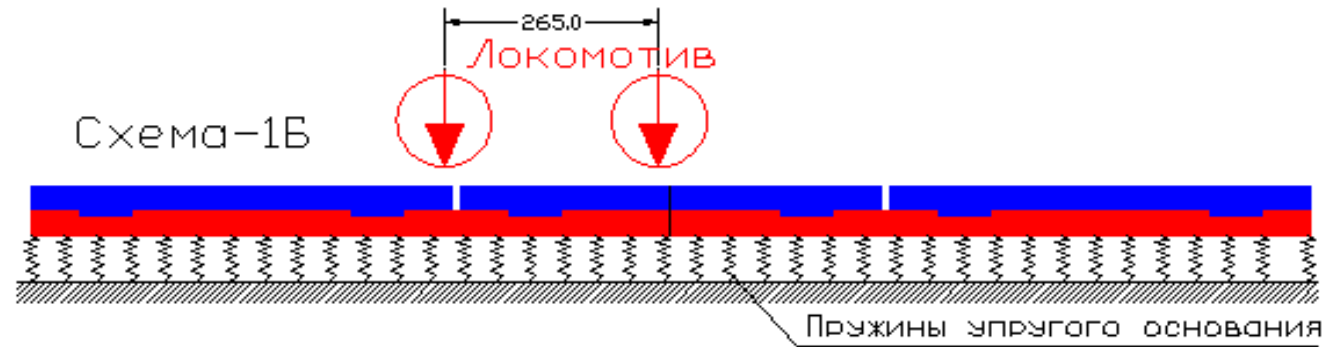
莫斯科-喀山高铁无砟轨道



Расчеты на прочность конструкции БВСП для ВСМ

高铁无砟轨道结构的强度计算

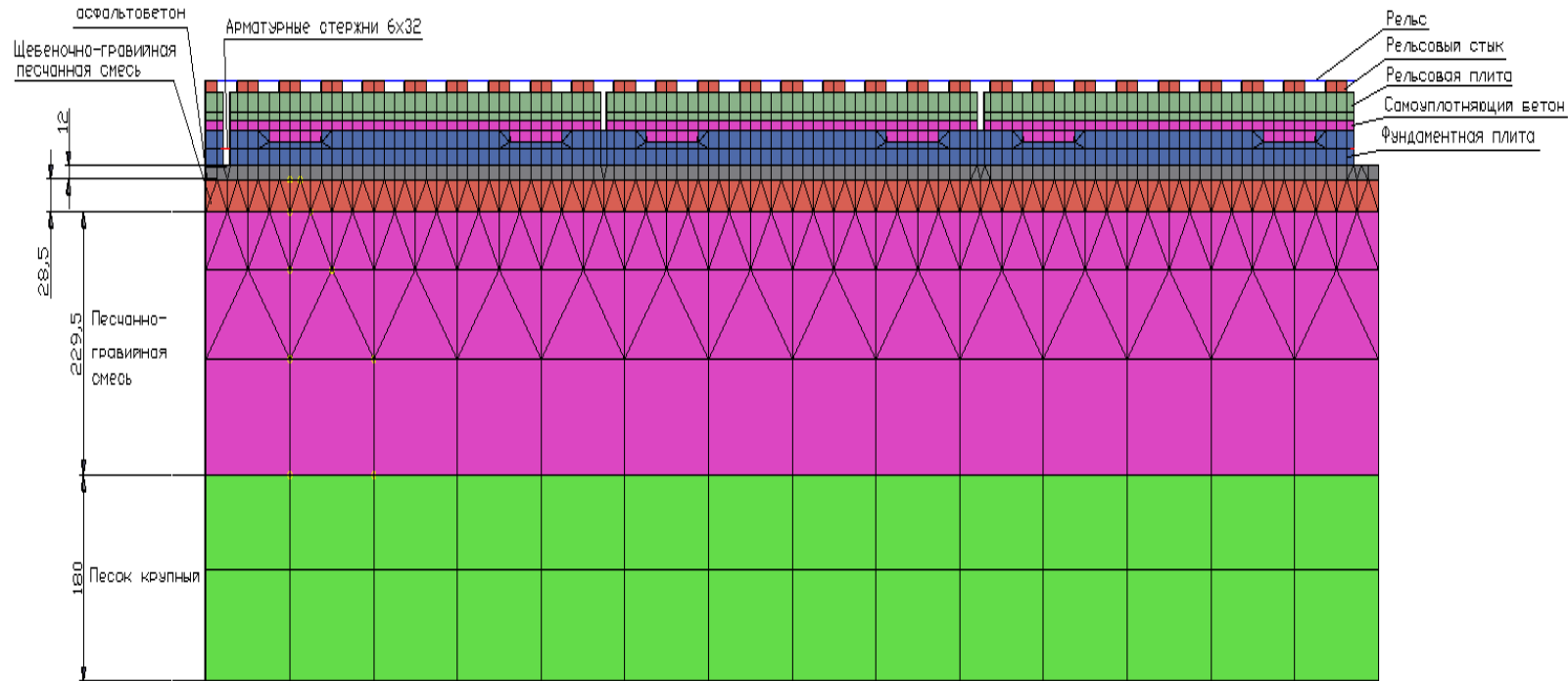
- Расчетная схема совместной работы рельсовой плиты и слоя самоуплотняющегося бетона
- 轨道板和自密封水泥层共同作用的计算图



Внутренние усилия и деформации в конструкции БВСП вычислялись согласно принципу независимости действия сил как сумма внутренних усилий, полученных по независимым расчётным схемам на действие поездной нагрузки, торможения, боковых ударов, температурных градиентов и неравномерной осадки земляного полотна 22 мм.

无砟轨道结构的内应力和变形是根据力的单独作用原则计算得出，例如列车荷载作用的单独计算图得出的内应力值、制动值、侧击值、温度差值和22毫米路基的不平衡沉降值。

Предпосылки расчета на прочность конструкции БВСП 无砟轨道结构的强度计算前提



Конструкция фундаментной плиты БВСП является линейно-протяженной.

无砟轨道板基础是线性延伸的结构。

Для определения напряжённо-деформированного состояния от вертикальных и продольных нагрузок использована плоская расчётная схема.

为了明确横向和纵向荷载的应力变形状态应采用平面计算图。

Взаимодействие конструкции плиты с грунтом учитывалось в рамках теории упругой полуплоскости.

根据弹性半平面理论计算轨道板结构和填土的相互作用。

Для численной реализации использовался МКЭ - программный комплекс "КАТРАН" (МИИТ САПР).

为了从数值上实现，采用有限元法即“卡特朗”软件（俄罗斯交通大学自动化设计系统教研组）

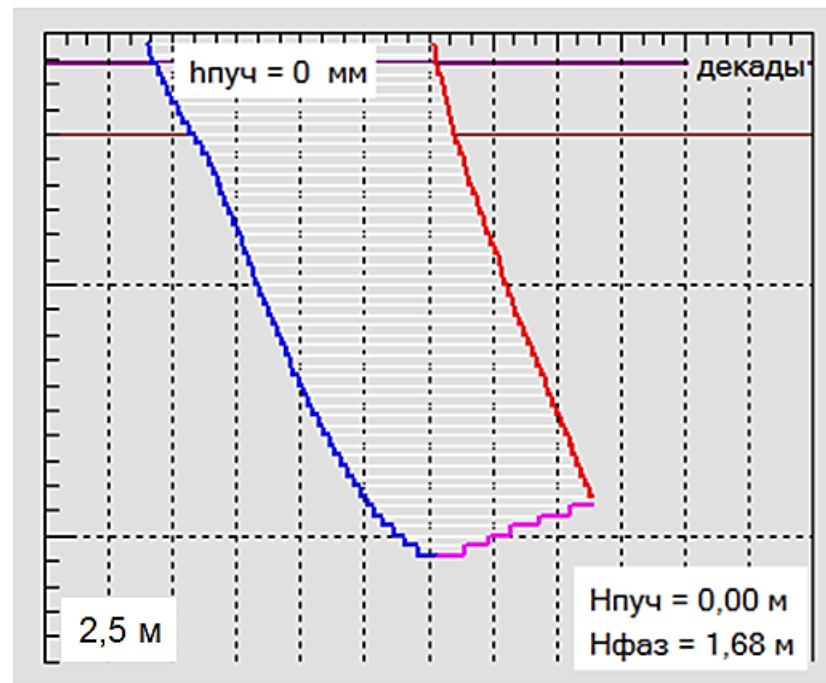
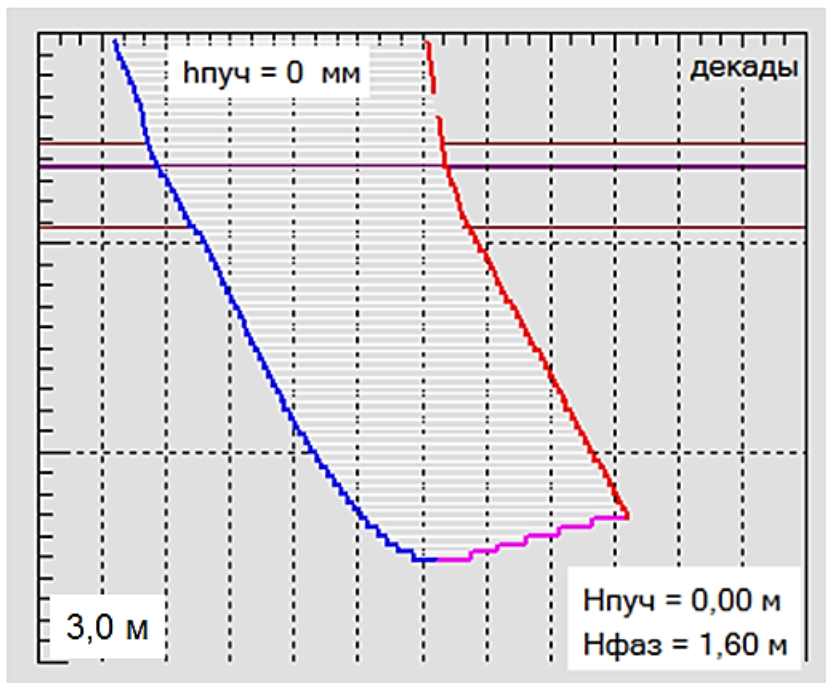
Основные требования к земляному полотну ВСМ

对高铁路基的主要要求

Несущая способность грунтов земляного полотна и основания 路基填土承载力和基础	Коэффициент запаса $\gamma=1,3$ 安全系数$\gamma=1,3$
Устойчивость откосов земляного полотна и склонов 路基边坡和斜坡的稳定性	Коэффициент запаса $\gamma=1,3$ 安全系数$\gamma=1,3$
Ограничение деформаций не более: 变形限制不超过 : морозного пучения冻胀 осадок: 沉降 упругих под поездами 列车通过时弹性沉降 остаточных: 剩余沉降 за 25 лет для балластного пути 25年内 有砟轨道 для безбалластного пути 无砟轨道 за год 1年内 разница на подходе к мостам (тоннелям) 桥梁 (隧道) 过渡段差别 неравномерность вдоль пути 沿线不平衡	0 1 мм 1mm 100 мм 100mm 15 мм 15mm 10 мм 10mm 5 мм 5mm 0,25 ‰

Определение глубины промерзания земляного полотна 路基冻土深度的确定

Графики промерзание-оттаивание земляного полотна с безбалластной конструкцией ВСП для максимально холодной зимы с 1969 года для условий Нижнего Новгорода (программа **Freeze 1, СГУПС**)
 下诺夫哥罗德1969年最寒冷冬天为例的无砟轨道结构的路基结冰-融化线性图 (西伯利亚交通大学, Freeze 1 软件)



а – по оси колеи; а-按轮轴

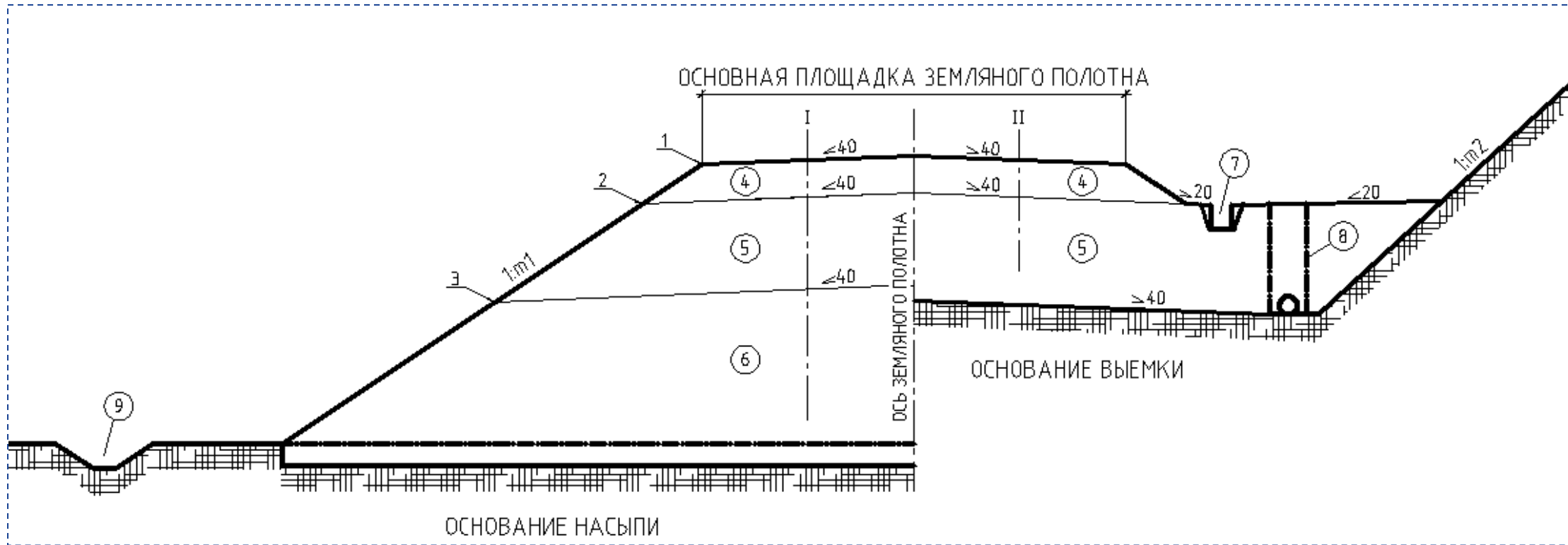
б – по оси земляного полотна б-按路基中心

На графиках параметром $H_{фаз}$ обозначена глубина промерзания 2-го защитного слоя.

表中参数 $H_{фаз}$ 指代第二保护层结冰厚度。

Основные элементы земляного полотна ВСМ

高铁路基基本要素



1 – бровка основной площадки земляного полотна (первого защитного слоя); 2 – бровка второго защитного слоя; 3 – бровка насыпи ниже защитных слоев; 4 – первый защитный слой; 5 – второй защитный слой (морозоустойчивый слой); 6 – насыпь; 7 – водоотводный лоток; 8 – дренаж; 9 – водоотводная канава.

1 – 路基面护肩 (第一保护层护肩) ; 2 – 第二保护层护肩 ; 3 – 保护层下的路堤本体护肩 ; 4 – 第一保护层 ; 5 – 第二保护层 (非冻胀层) ; 6 – 路基本体 ; 7 – 侧沟 ; 8 – 盲沟 ; 9 – 排水沟。

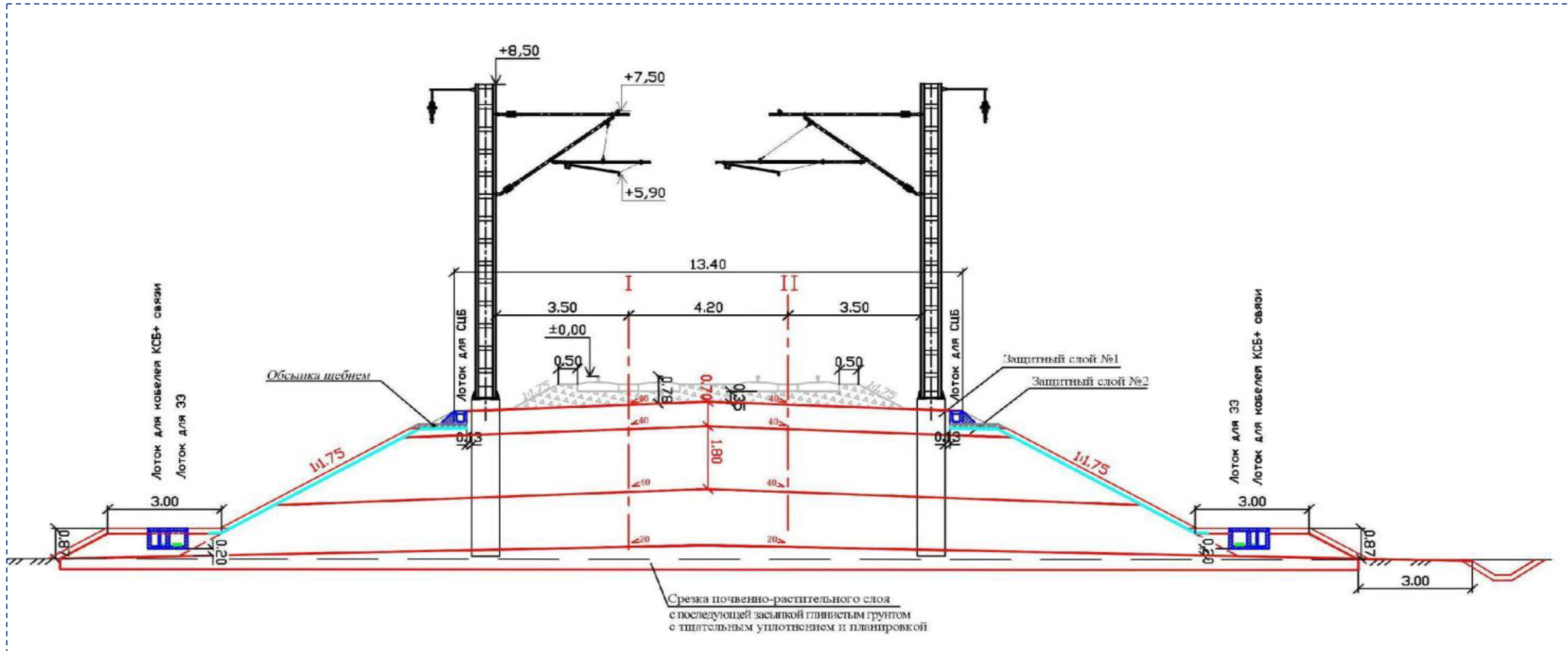
Защитные слои земляного полотна ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁路基保护层

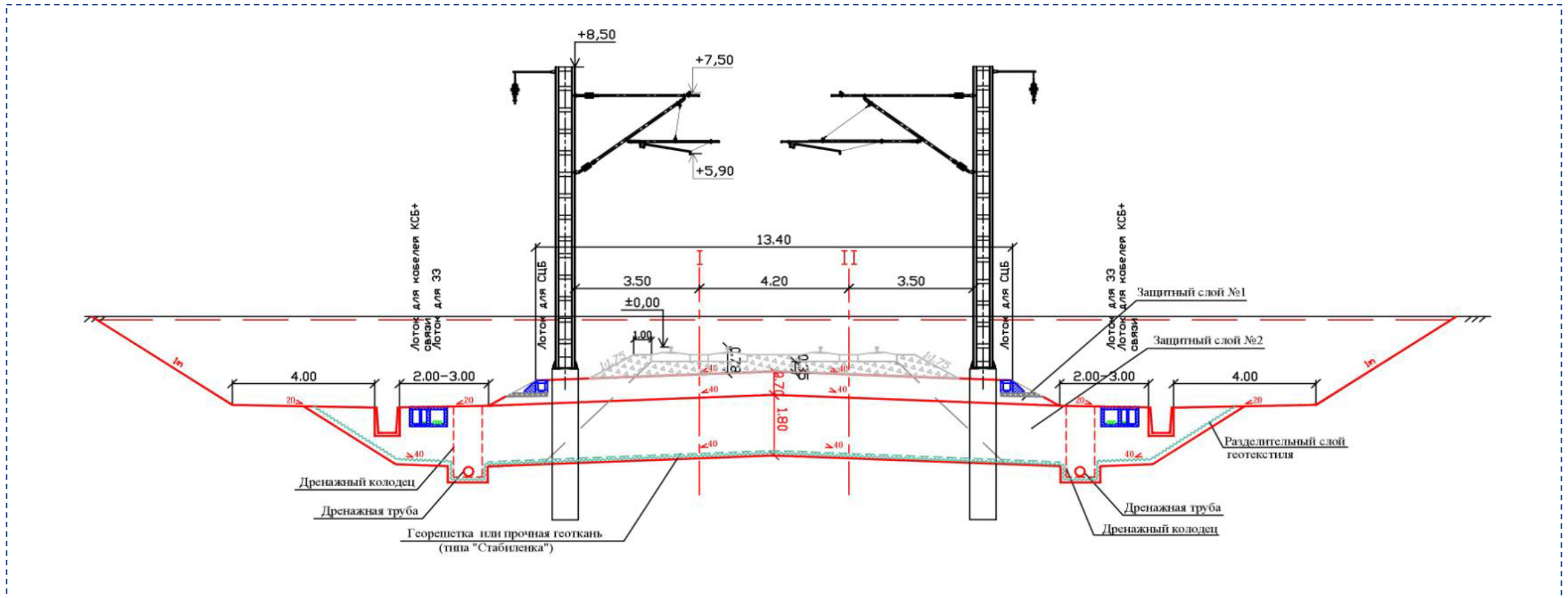
Участок	Вариант	Конструкция
Балластный путь – реконструкция 有砟轨道 – 重建	1	ЩПГС h=0,30 м, песок h= 1,05 м 碎砂混砾石混合物高度= 0,30 米, 沙土高度= 1,05 米
	2	ЩПГС h=0,30 м, PPC h=0,05 м, песок h=0,25 м 碎砂混砾石混合物高度= 0,30 米, 挤塑聚苯乙烯泡沫平板高度= 0,05 米, 沙土高度= 0,25 米
	3	ЩПГС h=0,30 м, GG, PPC h=0,05 м, песок h=0,10 м 碎砂混砾石混合物高度= 0,30 米, 土工格栅和挤塑聚苯乙烯泡沫平板高度= 0,05 米, 沙土高度 = 0,10 米
	4	ЩПГС h=0,30 м, GG – 2 слоя, PPC h=0,05 м, песок h=0,10 м 碎砂混砾石混合物高度= 0,30 米, 土工格栅 -- 两层, 挤塑聚苯乙烯泡沫平板高度= 0,05 米, 沙土高度 = 0,10 米
Балластный путь – новое 有砟轨道 – 新式	1	ЩПГС h=0,70 м, песок h= 1,80 м 碎砂混砾石混合物高度= 0,70 米, 沙土高度 = 1,80 米
Безбалластный путь 无砟轨道	1	АБ h=0,10 ЩПГС h=0,28 м, песок h= 2,3 м 沥青混凝土高度= 0,10 碎砂混砾石混合物高度= 0,28 米, 沙土高度= 2,3 米

ЩПГС – щебеночно-гравийно-песчаная смесь; 碎砂混砾石混合物 ;
PPC – плиты экструдированного пенополистирола; 挤塑聚苯乙烯泡沫平板 ;
GG – георешетки; 土工格栅 ; АБ – асфальтобетон 沥青混凝土

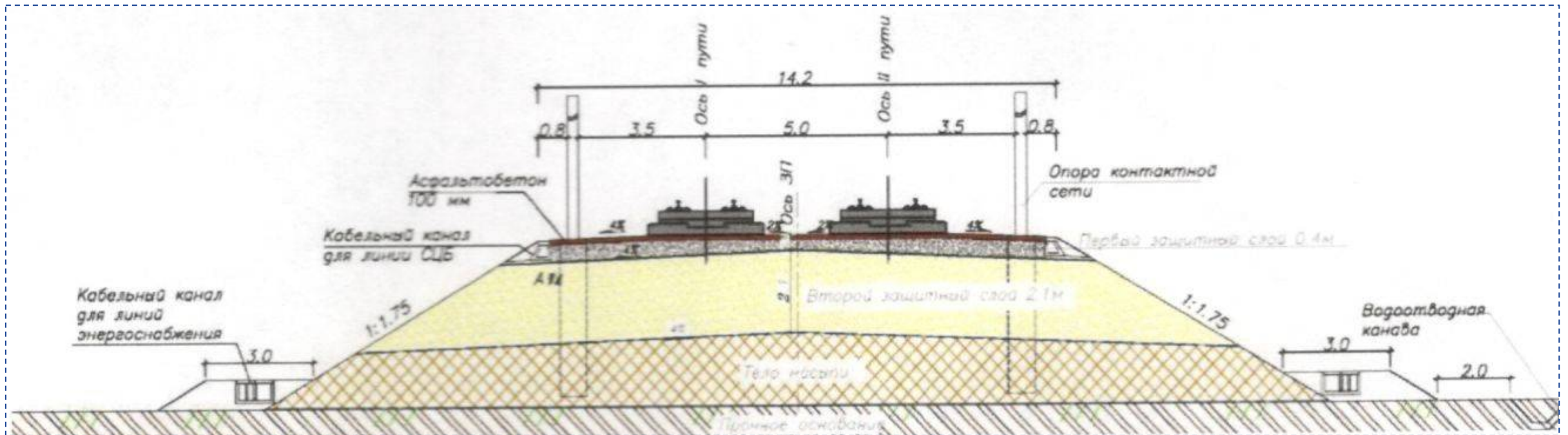
Поперечный профиль насыпи с защитным слоем ВСМ Москва – Казань (балластный путь) 莫斯科-喀山高铁带保护层的路基横截面 (有砟轨道)



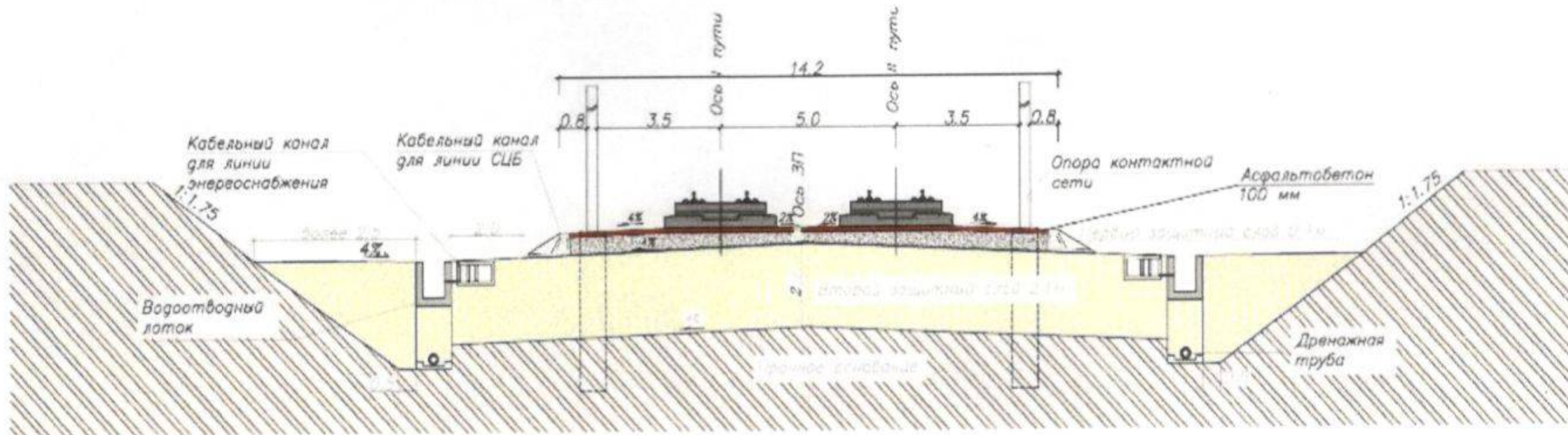
Поперечный профиль выемки с защитным слоем ВСМ Москва – Казань (балластный путь) 莫斯科-喀山高铁带保护层的路堑横截面 (有砟轨道)



Поперечный профиль насыпи с защитным слоем ВСМ Москва – Казань (безбалластный путь) 莫斯科-喀山高铁带保护层的路基横截面 (无砟轨道)



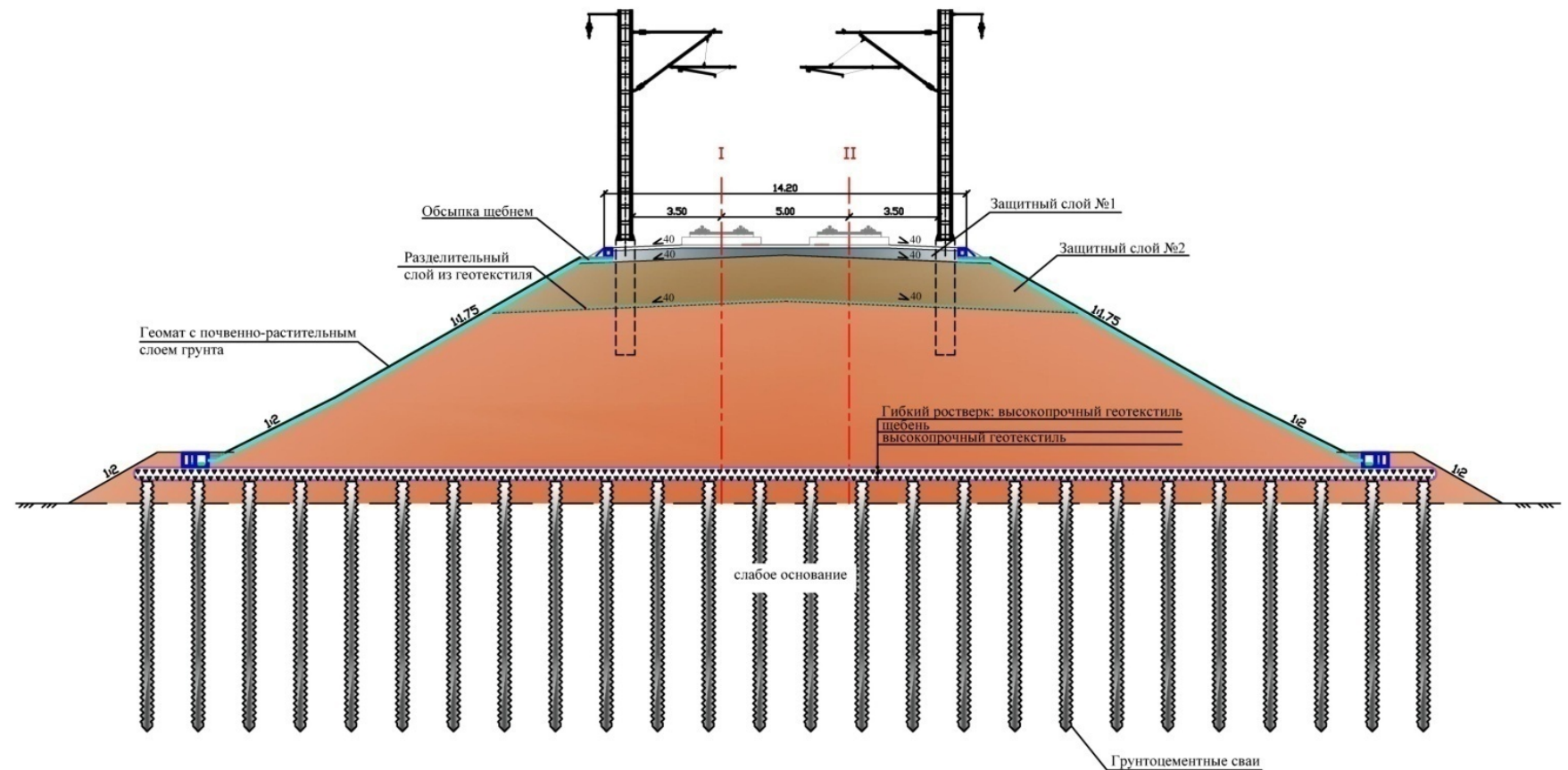
Поперечный профиль выемки с защитным слоем ВСМ Москва – Казань (безбалластный путь) 莫斯科-喀山高铁带保护层的路堑横截面 (无砟轨道)



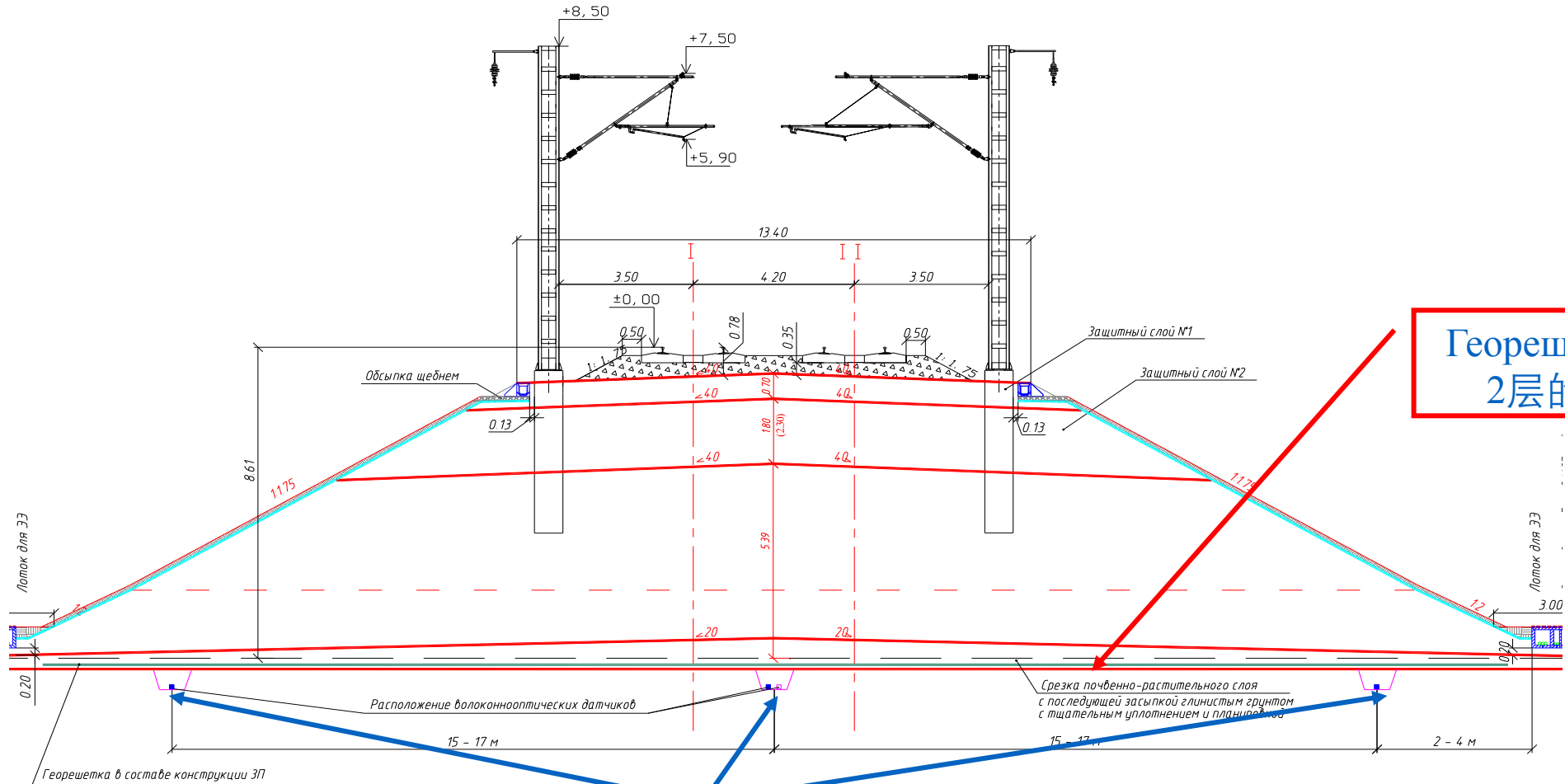
Земляное полотно на участке слабого основания ВСМ Москва – Казань (безбалластный путь) 莫斯科-喀山高铁在薄弱路段的路基 (无砟轨道)



Насыпь из песков крупных, средней крупности и скального грунта на слабом основании, упрочненном грунтоцементными сваями с гибким ростверком



Мониторинг земляного полотна на участке с карстом в основании ВСМ Москва – Казань (балластный путь) 莫斯科-喀山高铁在岩溶地貌路段的路基监测 (无砟轨道)

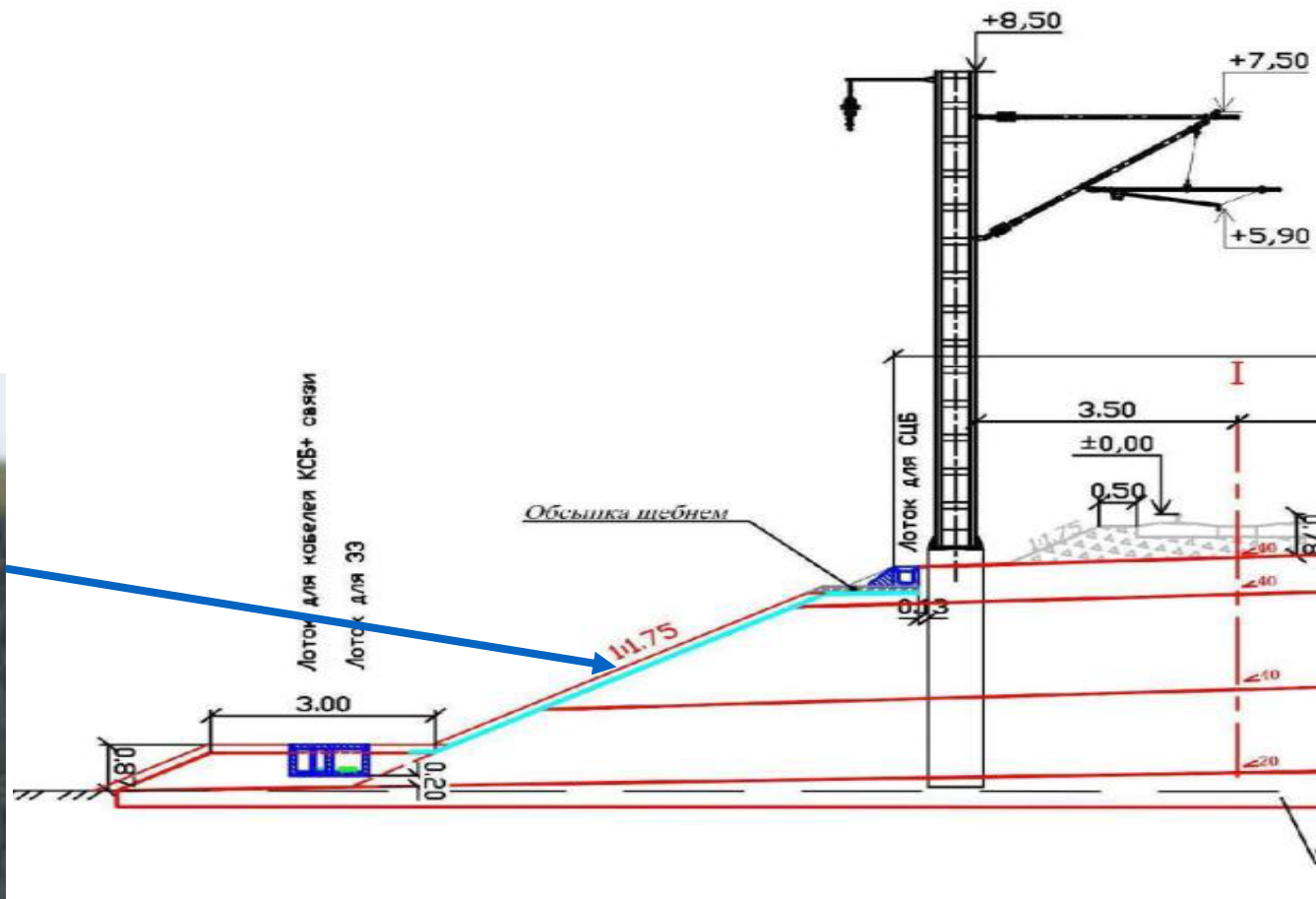


Георешетка в 2 слоя
 2层的土工格栅

Расположение волоконно-оптических сенсоров температуры и деформации
 温度和变形纤维光学传感器的分布位置

Укрепление откосов от эрозии геоматами ВСМ Москва – Казань

莫斯科-喀山高铁用网垫防止侵蚀来加固路基边坡





Международная научная конференция ВСМ
高速铁路国际学术论坛
HSR International Scientific Conference

Высокоскоростные железные дороги – драйвер экономического роста 2018

2018 高铁-经济发展的驱动力

High Speed Railways – Driver of Economic Growth 2018



РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ТРАНСПОРТА (МИИТ)

Научное сопровождение ВСМ «Москва-Казань» по системе «Железнодорожный путь» “莫斯科-喀山” 高铁“线路”技术伴随

Ашпиз Евгений Самуилович, заведующий кафедрой «Путь и
путевое хозяйство» ФГБОУ ВО «Российский университет
транспорта (МИИТ)»

阿什比斯·叶甫盖尼·萨姆依洛维奇，俄罗斯联邦国家预算高等教育机构《俄罗斯交通大学》“线路及工务”教研組主任

