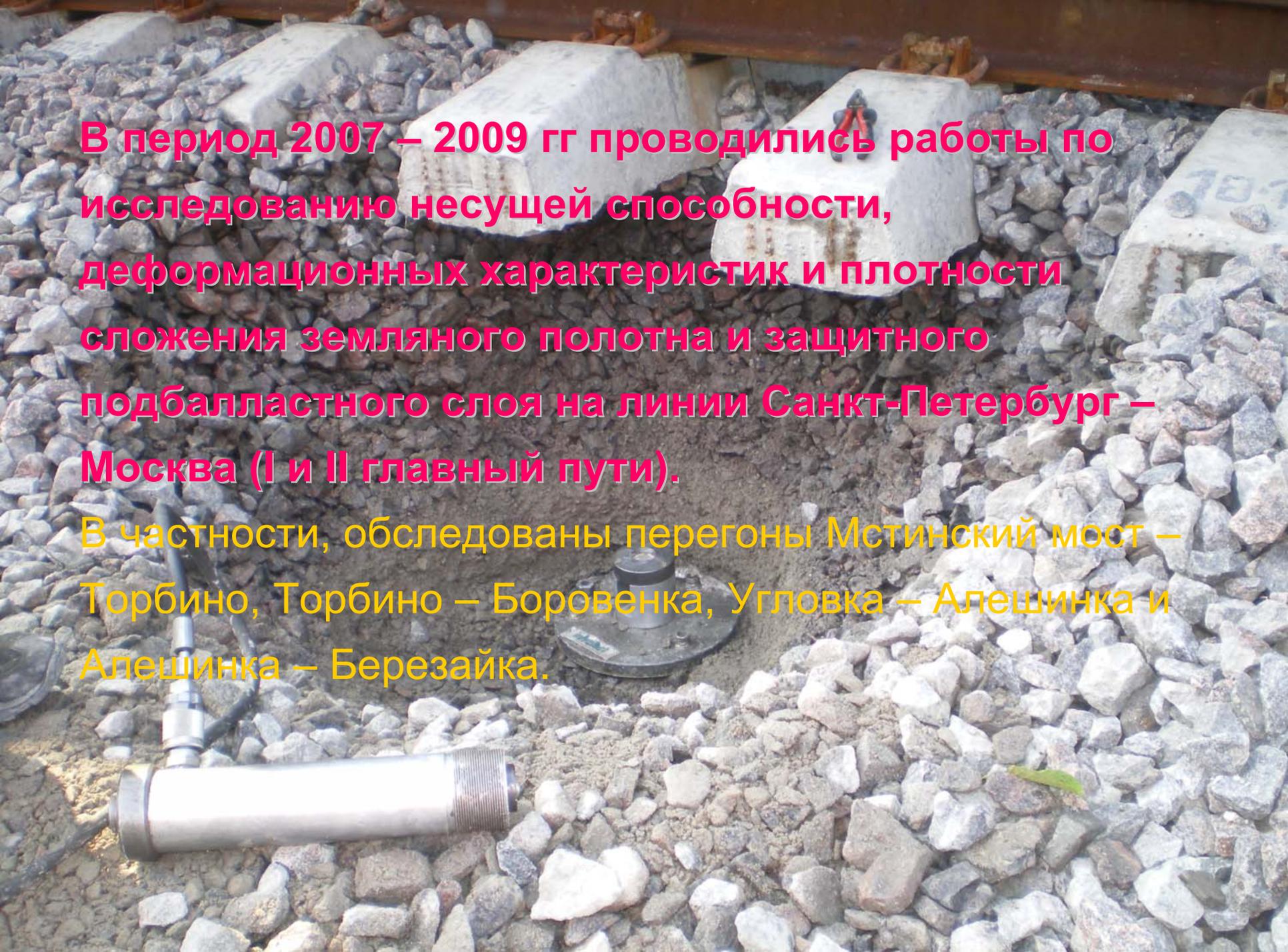


**Исследования на  
Октябрьской железной  
дороге**



**В период 2007 – 2009 гг проводились работы по исследованию несущей способности, деформационных характеристик и плотности сложения земляного полотна и защитного подбалластного слоя на линии Санкт-Петербург – Москва (I и II главный пути).**

**В частности, обследованы перегоны Мстинский мост – Торбино, Торбино – Боровенка, Угловка – Алешинка и Алешинка – Березайка.**

## Исследования 2007 – 2009 гг включали в себя:

2007 г – проведение обследования реконструированных участков Мстинский мост – Торбино, Торбино – Боровенка, Окуловка – Угловка, Угловка – Алешинка и Алешинка – Березайка. Осуществлялось обследование общего состояния подбалластного слоя и земляного полотна, проводились штамповые испытания земляного полотна и подбалластного слоя статическим штампом и динамическим штампом; исследования плотности сложения земляного полотна и подбалластного слоя плотномером водобаллонного типа. Работы проводились по первому и второму главному пути.

2008 г – проведение испытаний штамповым методом на поверхности защитного подбалластного слоя (ЗПС) на перегоне Мстинский Мост – Торбино (II главный путь) в процессе эксплуатации пути; проведение испытаний штамповым методом на поверхности слоя ЗПС непосредственно после работ по его отсыпке, уплотнению и укладке на него рельсошпальной решетки на перегоне Торбино – Боровенка (II главный путь).

2009 г – работы по исследованию деформативных свойств ЗПС на участках, возведенных в 2008 году (в рамках мониторинга данных участков). По вновь утвержденной МИИТом и ВНИИЖТом методике проводились штамповые испытания статическим и динамическим штампами, проверка плотности слоя плотномером водобаллонного типа.

## Исследования 2007 г

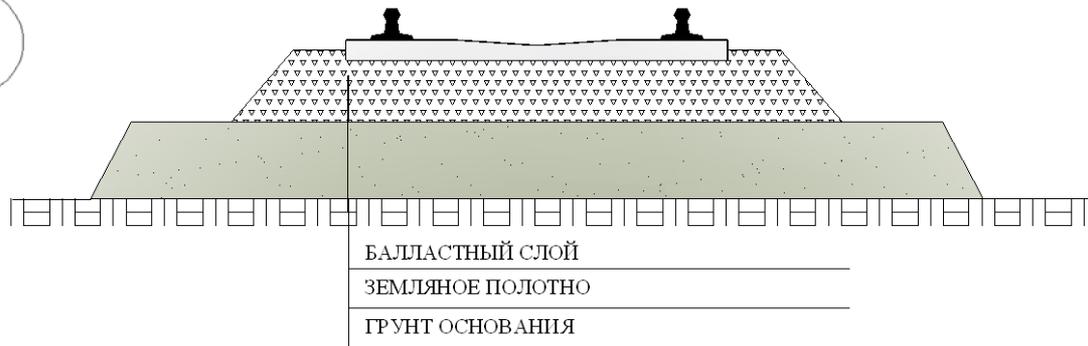
Обследования проводились как на «старых», так и на реконструированных участках I и II главных путей линии Санкт-Петербург – Москва.

Испытания деформационных характеристик подбалластного слоя и земляного полотна определялись по методике, изложенной в ГОСТ 20276-99 и ВСН 46-83.

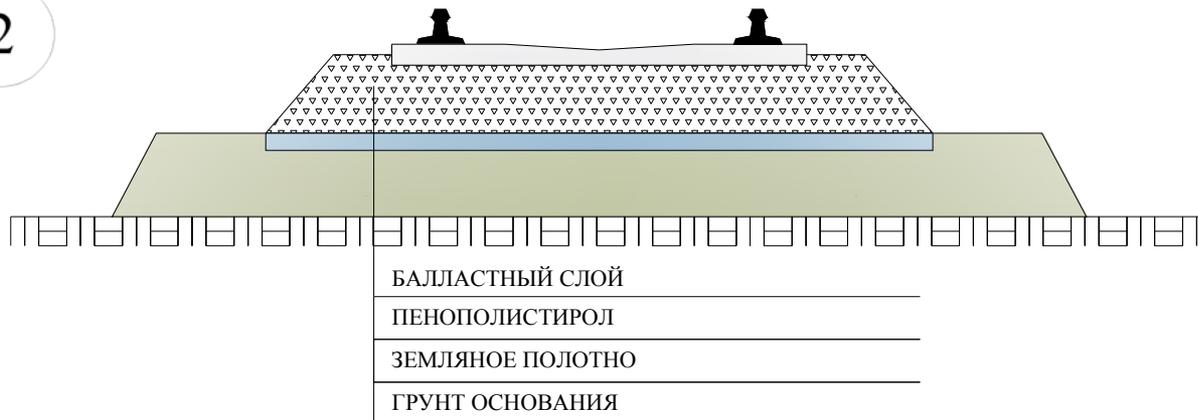
Деформативные характеристики основной площадки определялись при величине давления штампа на основание до 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>).

В процессе обследований испытаны 5 типов конструкции подбалластного слоя:

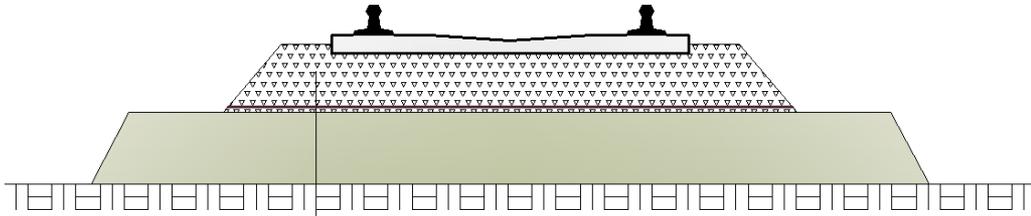
1



2



3



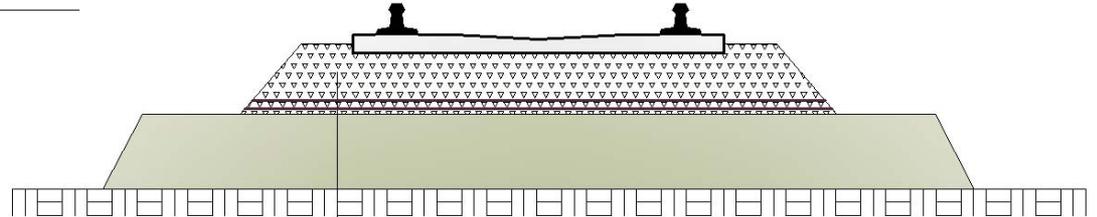
БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ

ГЕОТЕКСТИЛЬ

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

ГРУНТ ОСНОВАНИЯ

4



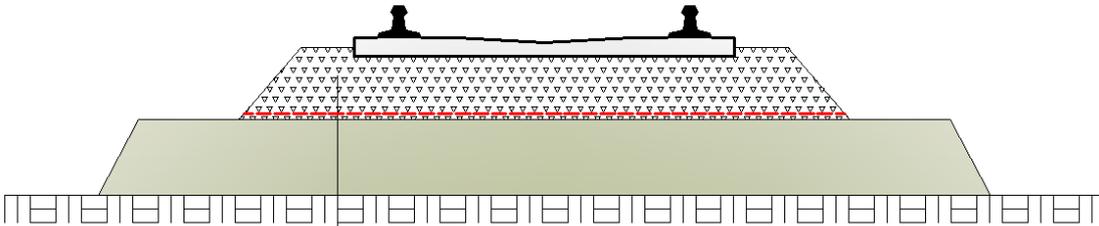
БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ

2 СЛОЯ ГЕОТЕКСТИЛЯ

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

ГРУНТ ОСНОВАНИЯ

5



БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ

ГЕОКОМПОЗИТ TENSAR SS30G

ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО

ГРУНТ ОСНОВАНИЯ

Всего за 2007 год проведено около 250 штамповых испытаний.

**Некоторые выдержки по итогам проведенных испытаний:**

**1) «Традиционная конструкция» балластной призмы и земляного полотна (характерная точка – ПК 294+5 перегона Угловка-Алешинка, II главный путь):**

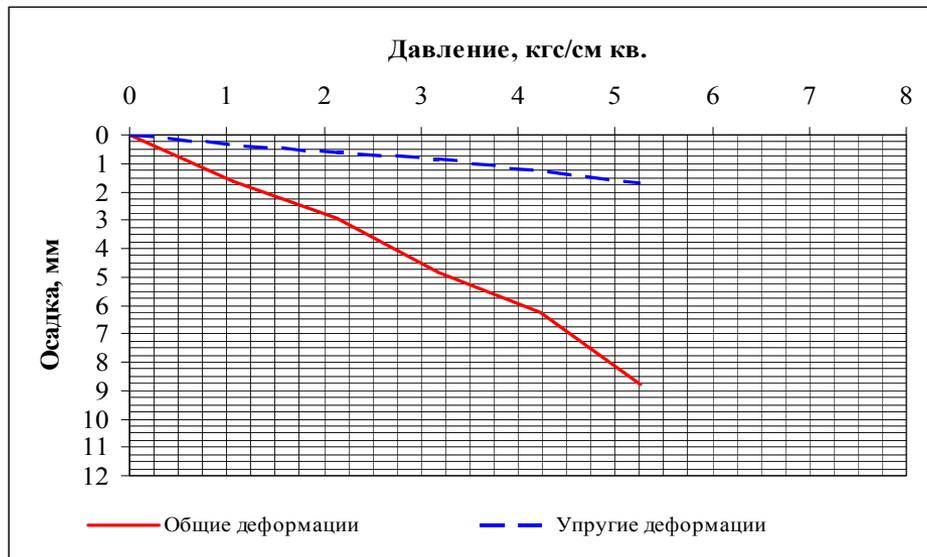


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
192.2(19.22)	1081.9(108.19)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
249.7(24.97)	1391.0(139.10)

Испытываемое основание обладает достаточно низкими деформативными характеристиками. Имеет место накопление остаточных деформаций, упругие деформации крайне малы. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 5,6$  (на хорошо уплотненном и "неподатливом" основании эта величина должна составлять 2-2,5 раза и менее). Следовательно, земляное полотно состоит из грунтов с низкими деформативными характеристиками и неуплотнено; балластный слой также недоуплотнен.

## 2) Основная площадка (верхняя поверхность земляного полотна) с использованием прослойки пенополистирола (характерная точка – ПК 205+6 перегона Мстинский мост-Торбино, I главный путь):



График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
152,1(15,21)	912,8(91,28)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
129,5(12,95)	1024,9(102,49)

Испытываемое основание обладает достаточно низкими деформативными характеристиками. На уровне основной площадки находится податливая прослойка в виде пенополистирола способная в значительной мере снижать деформативные характеристики и накапливать остаточные деформации. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 6-8$  (на хорошо уплотненном и "неподатливом" основании эта величина должна составлять 2-2,5 раза и менее).

### 3) Основная площадка (верхняя поверхность земляного полотна) с использованием слоя геотекстиля (характерная точка – ПК 288+6 перегона Угловка-Алешинка, II главный путь):



График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
289,2(28,92)	635,0(63,50)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
230,0(23,00)	1062,2(106,22)

Испытываемое основание обладает достаточно низкими деформативными характеристиками, хотя они несколько выше, чем у традиционной конструкции. Имеет место накопление остаточных деформаций, упругие деформации малы. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 2,2-4,6$  (на хорошо уплотненном и "неподатливом" основании эта величина должна составлять 2-2,5 раза и менее). С увеличением давления на основание деформационные характеристики снижаются; подстилающий слой разуплотнен.

Следовательно, земляное полотно состоит из грунтов с низкими деформативными характеристиками и неуплотнено; требуется ряд конструктивных мер для повышения деформативных характеристик и несущей способности основания.

#### 4) 2 слоя геотекстиля: в балластном слое и на поверхности основной площадки (характерная точка – ПК 304+6 перегона Алешинка-Березайка, II главный путь):

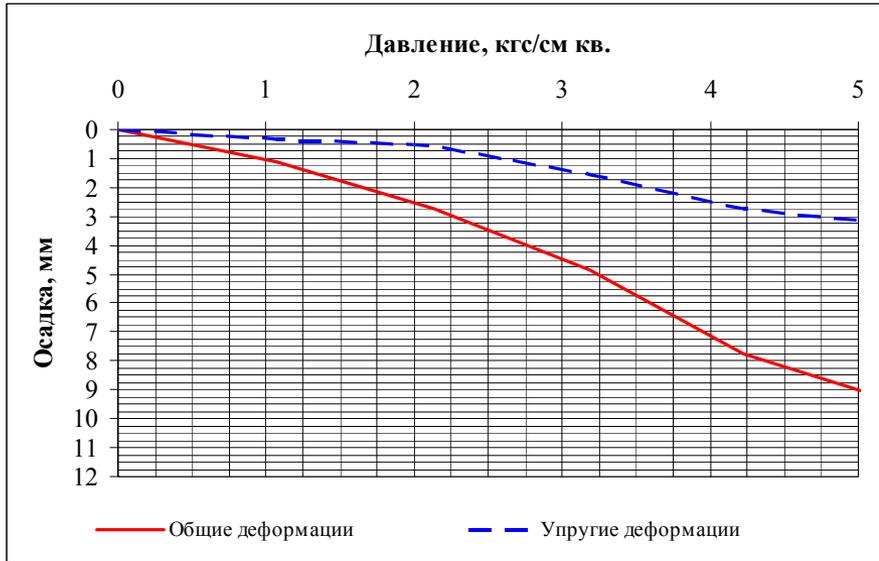


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
263,2(26,32)	912,8(91,28)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
214,8(21,48)	1024,9(102,49)

Результаты испытаний данной конструкции схожи с результатами на предыдущей конструкции. Однако соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 3,5-4,8$ , следовательно, верхний конструктивный слой пути( балластный слой) уплотнен хуже, чем в предыдущей конструкции.

## 5) Геокомпозит Tensar SS30G в основании балластного слоя (характерная точка – ПК 279+7 перегона Угловка-Алешинка, I главный путь):

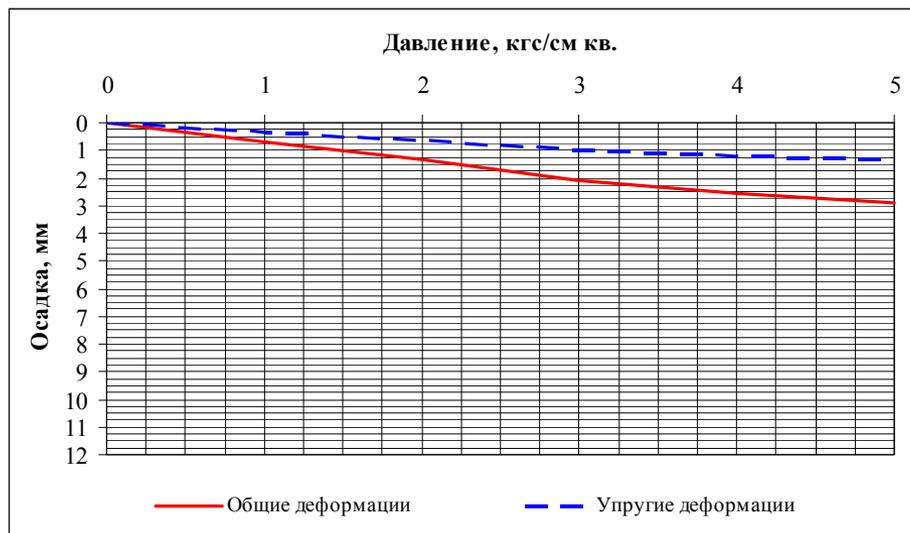
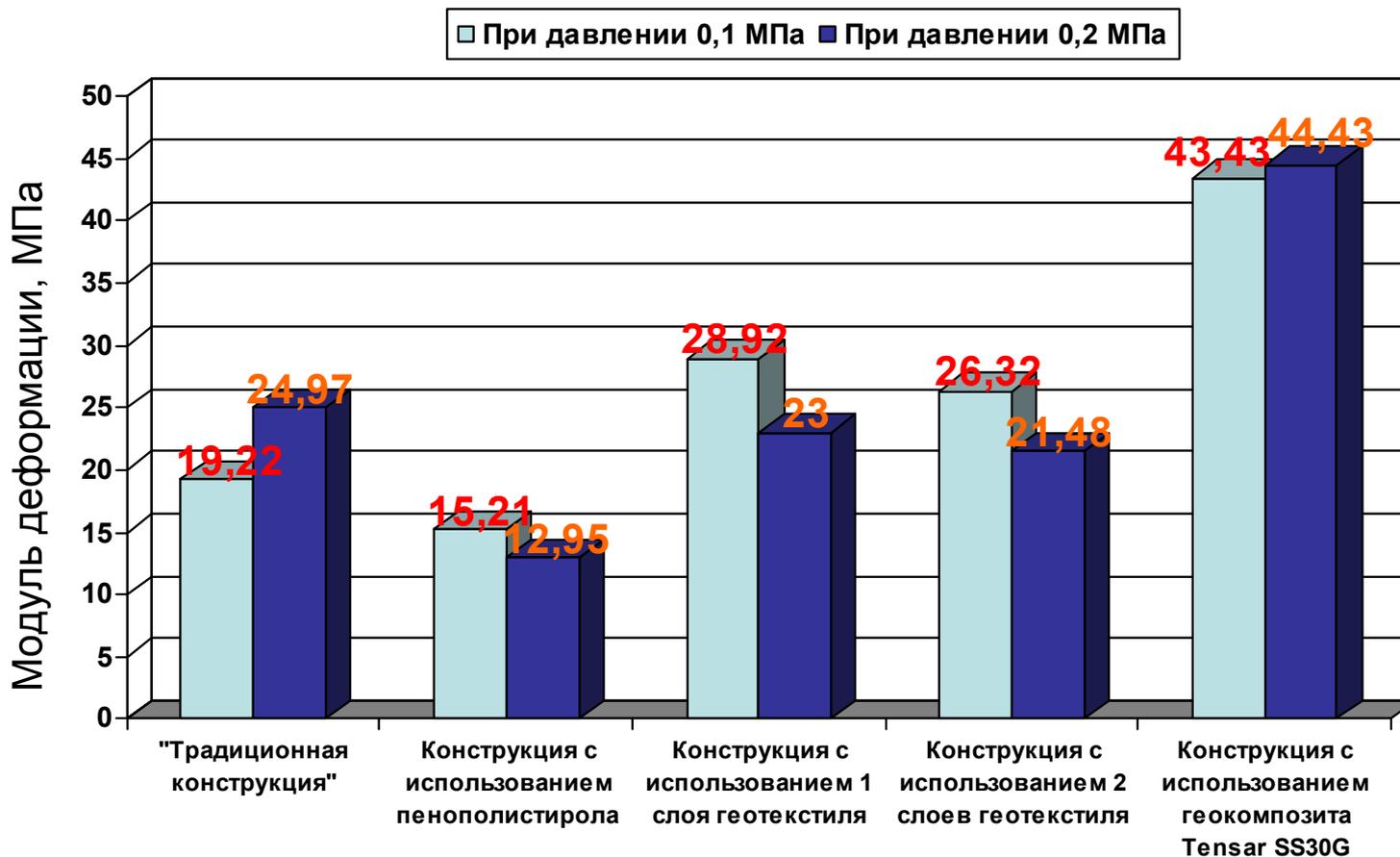


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
434,3,2(43,43)	855,9(85,59)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
444,3(44,43)	909,4(90,94)

Испытываемое основание обладает наиболее высокими деформативными характеристиками из всех испытываемых типов конструкций. С увеличением нагрузки на основание деформативные свойства также возрастают, график общих деформаций выполаживается. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 1,97-2,05$ . Это говорит о том, что благодаря использованию в конструкции основной площадки геокомпозита Tensar SS30G созданы оптимальные условия для уплотнения балластного слоя и земляного полотна.

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ГРАФИК ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ КОНСТРУКЦИИ ПОДБАЛЛАСТНОГО СЛОЯ



# Исследования 2008 г

Обследования проводились в августе – октябре 2008 года на участке II главного пути линии Санкт-Петербург – Москва до и после реконструкции.

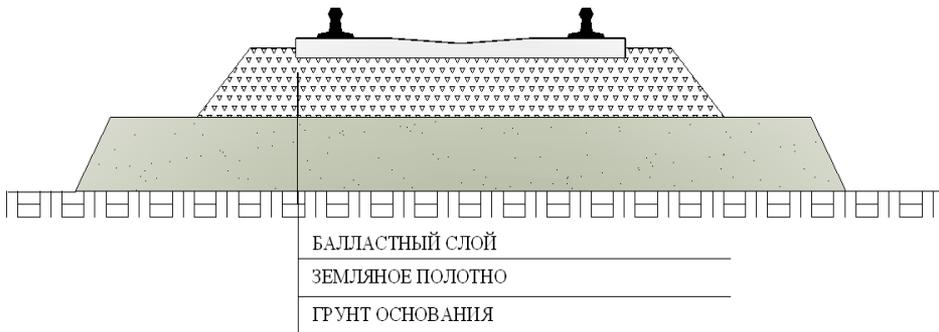
Испытания деформационных характеристик подбалластного слоя и земляного полотна определялись по методике, изложенной в ГОСТ 20276-99 и ВСН 46-83.

Деформативные характеристики основной площадки определялись при величине давления штампа на основание до 0,2 МПа (2 кгс/см<sup>2</sup>).

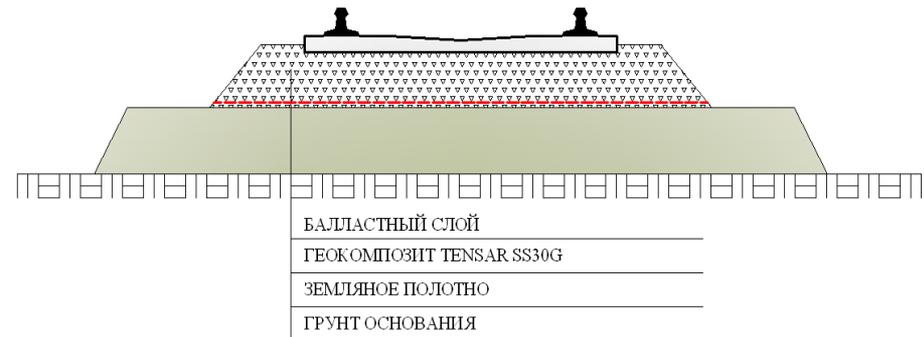
В процессе обследований испытаны 3 типа конструкции подбалластного слоя:

## ДО РЕКОНСТРУКЦИИ:

### ТИП 1

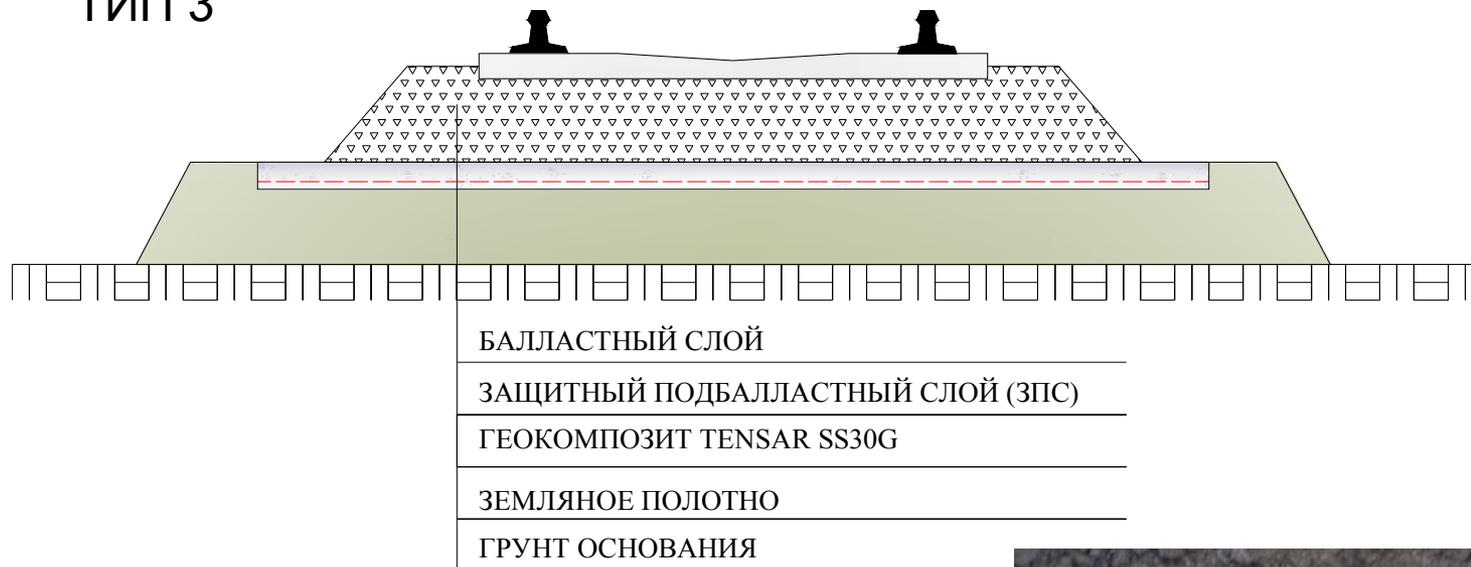


### ТИП 2



## ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ:

### ТИП 3



Защитный подбалластный слой представляет из себя слой специально подобранной щебеночно – гравийно – песчаной смеси толщиной  $t = 20$  см (на исследованных участках).



## Сравним результаты испытаний до и после реконструкции в одних и тех же точках.

### ДО РЕКОНСТРУКЦИИ:

1) «Традиционная конструкция» балластной призмы и земляного полотна (характерная точка – ПК 223+7 перегона Торбино-Боровенка, II главный путь):

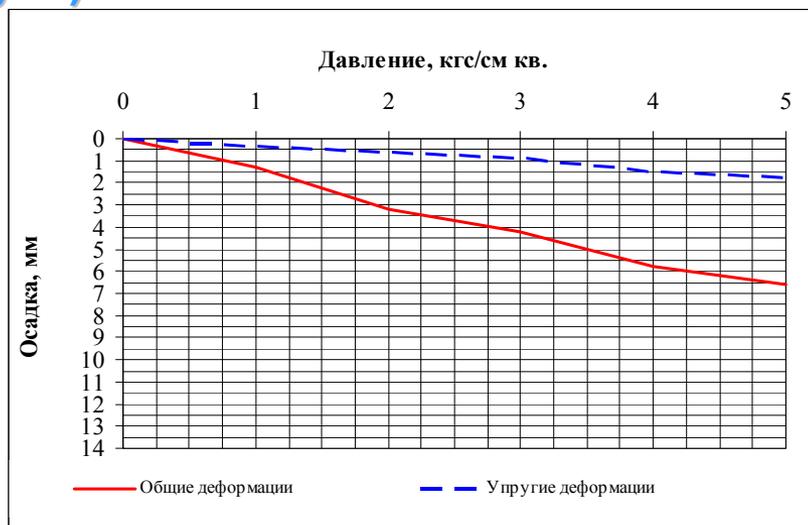


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
215,0(21,50)	780,0(78,00)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
171,2(17,12)	895,1(89,51)

Испытываемое основание обладает достаточно низкими деформативными характеристиками. Имеет место накопление остаточных деформаций, упругие деформации крайне малы. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 3,6 - 5,2$  (на хорошо уплотненном и "неподатливом" основании эта величина должна составлять 2-2,5 раза и менее). Следовательно, земляное полотно состоит из грунтов с низкими деформативными характеристиками и неуплотнено; балластный слой также недоуплотнен.

## 2) Геокомпозит Tensar SS30G в основании балластного слоя (характерная точка – ПК 227+1 перегона Торбино-Боровенка, II главный путь):

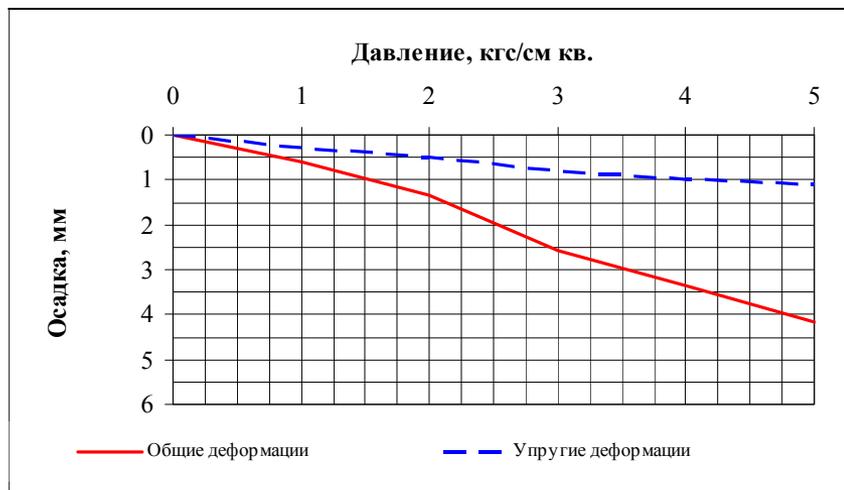


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
445,0(44,50)	941,4(94,14)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2 кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
410,5(41,05)	1014,3(101,43)

Испытываемое основание обладает достаточно высокими деформативными характеристиками. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 2,07-2,5$ . Это говорит о том, что благодаря использованию в конструкции основной площадки геокомпозита Tensar SS30G созданы оптимальные условия для уплотнения балластного слоя и земляного полотна.

## ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ:

### 3) Геокомпозит Tensar SS30G в основании подбалластного слоя ЗПС (характерная точка – ПК 223+7 перегона Торбино-Боровенка, II главный путь):



График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
525,0(52,50)	827,3(82,73)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
520,0(52,00)	1114,3(111,43)

Благодаря использованию в конструкции основной площадки ЗПС, армированного геокомпозитом Tensar SS30G, значение модуля деформации основания возросло в 2,4 раза, соответственно, значительно увеличилась несущая способность. С увеличением нагрузки на основание график общих деформаций выполаживается. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 1,6-2,1$ . Это говорит о том, что благодаря использованию в конструкции основной площадки геокомпозита Tensar SS30G созданы оптимальные условия для уплотнения балластного слоя и слоя ЗПС.

#### 4) Геокомпозит Tensar SS30G в основании подбалластного слоя ЗПС (характерная точка – ПК ПК 227+1 перегона Торбино-Боровенка, II главный путь):

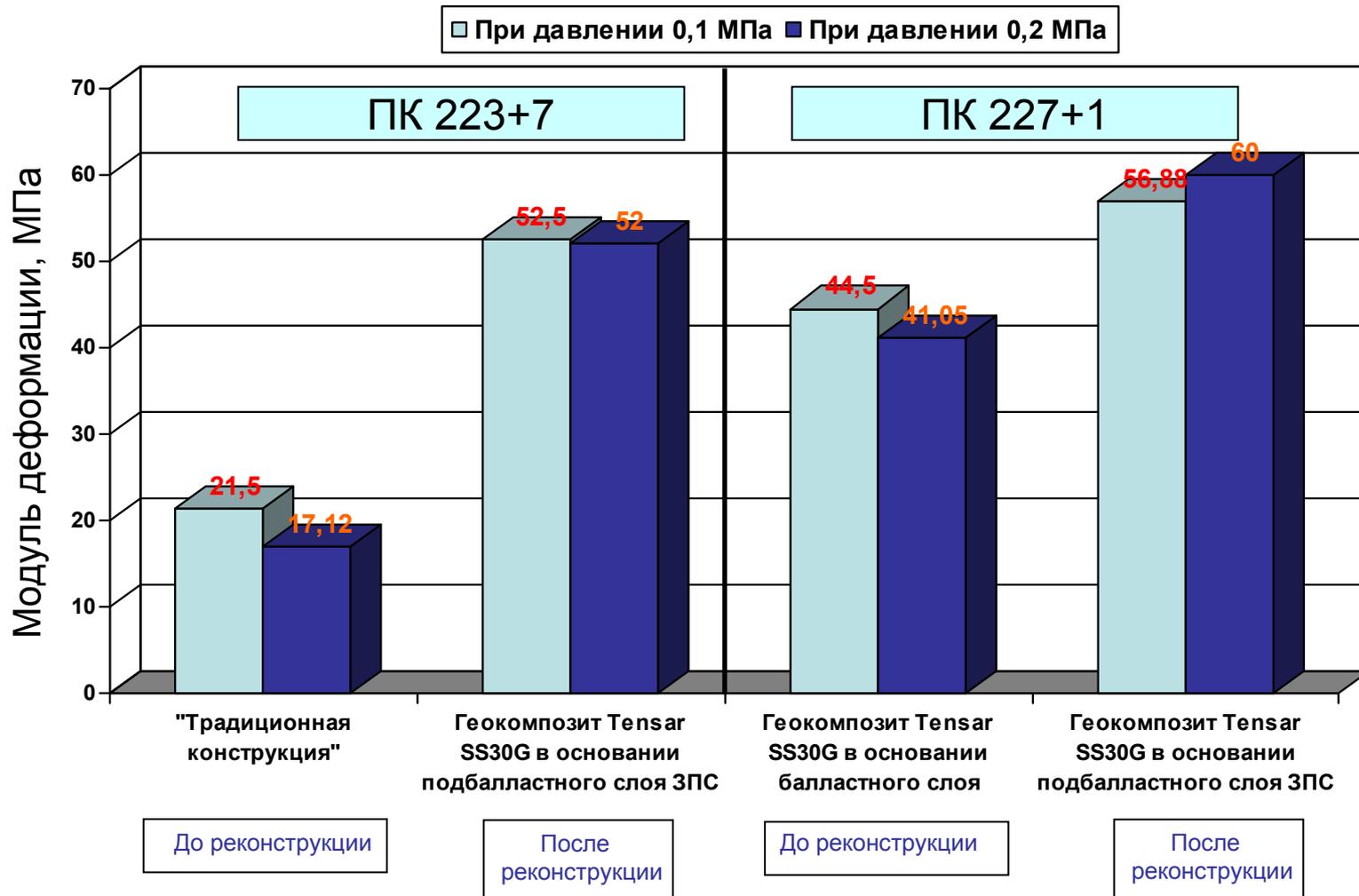


График зависимости полных и упругих деформаций от давления

Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 1кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
568,8(56,88)	1316,7(131,67)
Значения, полученные прямыми штамповыми испытаниями на основной площадке при давлении 2кгс/см <sup>2</sup>	
Модуль деформации кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	Модуль упругости кгс/см <sup>2</sup> (МПа)
600,0(60,00)	1316,7(131,67)

Благодаря использованию в конструкции основной площадки ЗПС, армированного геокомпозитом Tensar SS30G, значение модуля деформации основания по сравнению с конструкцией, где геокомпозит подстилает балластный слой, возросло в 1,3 раза, то есть незначительно по сравнению с эффектом при замене «традиционной конструкции». С увеличением нагрузки на основание график общих деформаций выполаживается. Соотношение модуля упругости и модуля деформации  $E_{упр}/E_{деф} = 2,2-2,3$ . Это говорит о том, что благодаря использованию в конструкции основной площадки геокомпозита Tensar SS30G созданы оптимальные условия для уплотнения балластного слоя и слоя ЗПС.

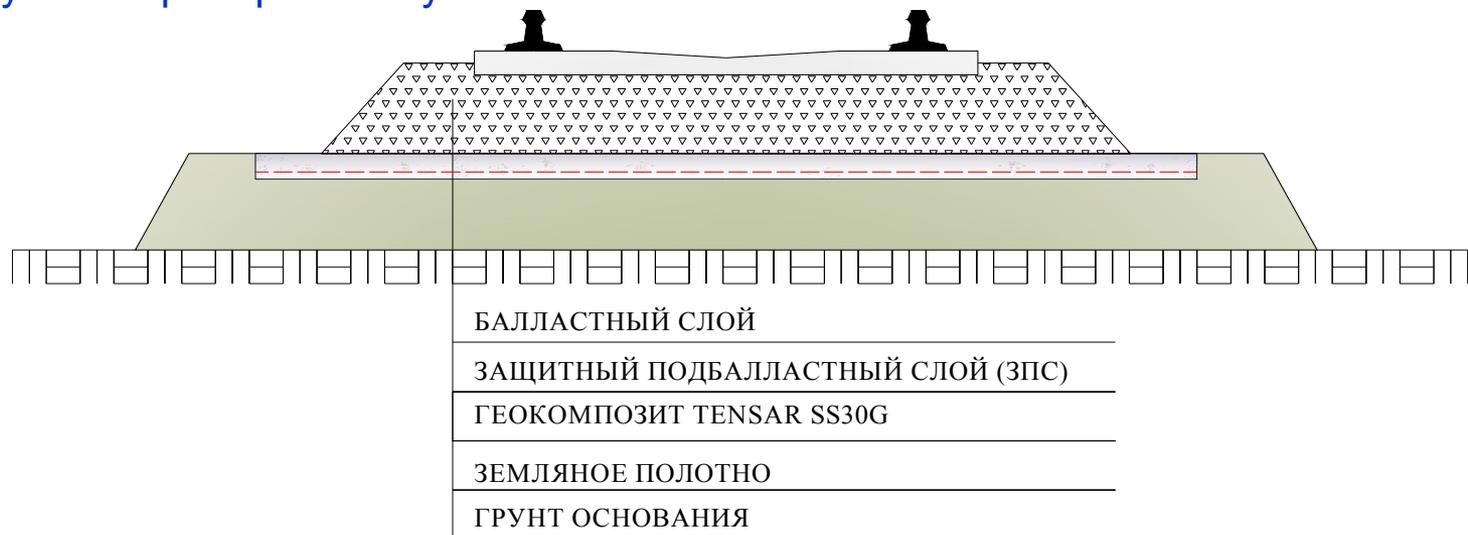
# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ГРАФИК ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ПОДБАЛЛАСТНОГО СЛОЯ ДО И ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ



## Исследования 2009 г

Обследования проводились в рамках мониторинга действующего пути в сентябре – октябре 2009 года на участке II главного пути линии Санкт-Петербург – Москва, возведенном в ходе реконструкции в 2008 году.

Строение пути на проверяемом участке:



Помимо испытаний статическим круглым жестким штампом на этих же участках проводили испытания динамическим штампом в шурфах на поверхности ЗПС и земляного полотна и определяли плотность сложения слоя ЗПС плотномером водобаллонного типа БПД-КМ.

**Интересен тот факт**, что испытания деформационных характеристик подбалластного слоя и земляного полотна статическим штампом определялись не только по методике, изложенной в ГОСТ 20276-99 но и **по немецкому стандарту DIN 18134** (методика, отработанная на железных дорогах Германии).

Комплекс исследований 2009 года был основан на программе, разработанной МИИТ и ОАО «ВНИИЖТ» по результатам штамповых испытаний 2007-2008 годов.

В ходе испытаний статическим штампом на поверхности слоя ЗПС на проверяемом участке были получены следующие результаты:

- Значения модуля деформации  $E_{\text{деф}}(E_0)$  согласно ГОСТ 20276-99 для нагрузки на слой ЗПС до 0,2 МПа в диапазоне 48,01-102,7 МПа;
- Значения модуля первичного нагружения  $E_{v1}$  согласно DIN 18134 в диапазоне 52,02-112,34 МН/м<sup>2</sup>;
- Значения модуля вторичного нагружения  $E_{v2}$  согласно DIN 18134 в диапазоне 112,74-210,63 МН/м<sup>2</sup>;
- Соотношение  $E_{v2}/E_{v1}$  в среднем составляет 1,9 – 2,3, что говорит о хорошем качестве уплотнения слоя ЗПС.

Наиболее низкие деформативные характеристики слоя ЗПС и земполотна получены в выемках и «нулевых» местах.

## **Исследования 2010 г**

```
graph TD; A([Исследования 2010 г]) --> B([Техническое перевооружение железнодорожного пути с обустройством безбалластного пути на участке Экспериментального кольца ст. Щербинка]); A --> C([Техническое перевооружение железнодорожного пути с обустройством безбалластного пути на участке Саблино-Тосно по 2 главному пути с 45-47 км Октябрьской ж.д.]);
```

**Техническое перевооружение  
железнодорожного пути с  
обустройством безбалластного  
пути на участке  
Экспериментального кольца  
ст. Щербинка**

**Техническое перевооружение  
железнодорожного пути с  
обустройством безбалластного  
пути на участке Саблино-Тосно  
по 2 главному пути с 45-47 км  
Октябрьской ж.д.**

## Экспериментальное кольцо ст. Щербинка

Работы проводились в 2 этапа

### **I этап**

Штамповые испытания поверхности земляного полотна (основной площадки) до реконструкции после снятия щебеночного балласта

### **II этап**

Штамповые испытания поверхности земляного полотна (основной площадки) после реконструкции

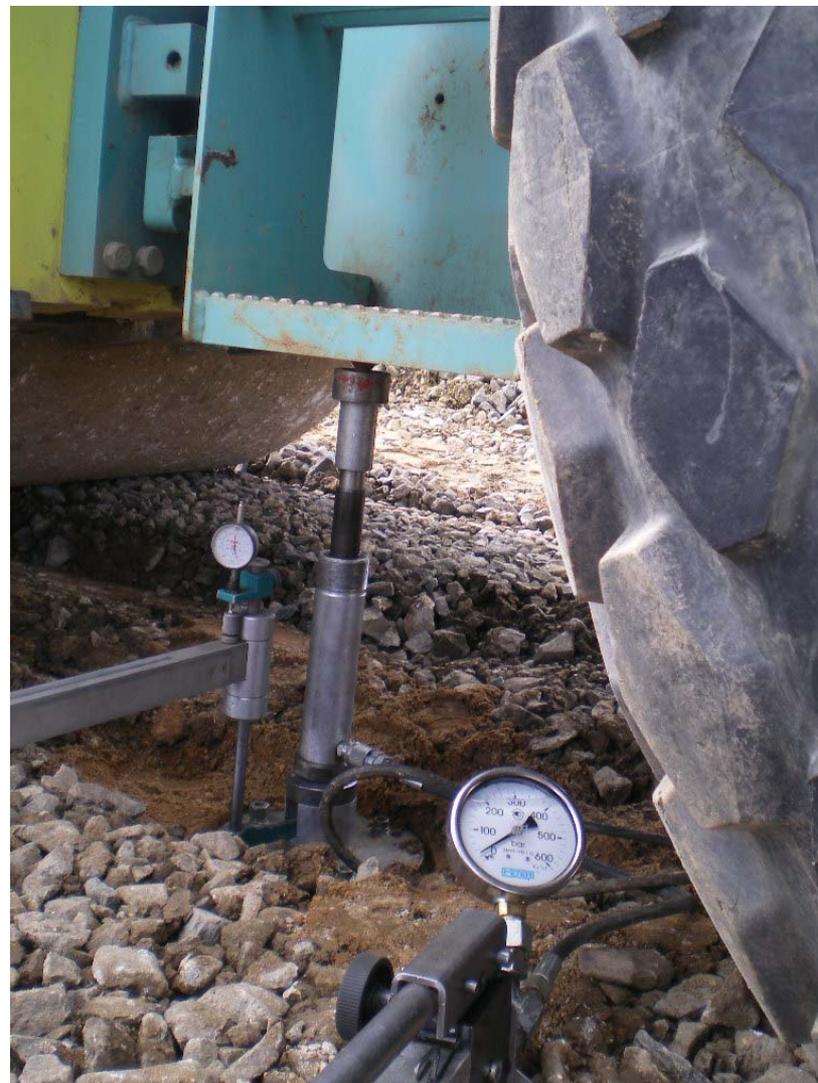
Работы проведены в соответствии с методикой, изложенной в "Программе испытаний по определению модуля деформации подбалластного защитного слоя на линии Санкт-Петербург – Москва в 2009 году" (Пункт 4), разработанной в МИИТ и ОАО "ВНИИЖТ".

Снятие рельсо-  
шпальной решетки и  
балластного слоя



до основной площадки  
(поверхность  
земляного полотна)





Проведение штамповых испытаний на поверхности  
земляного полотна



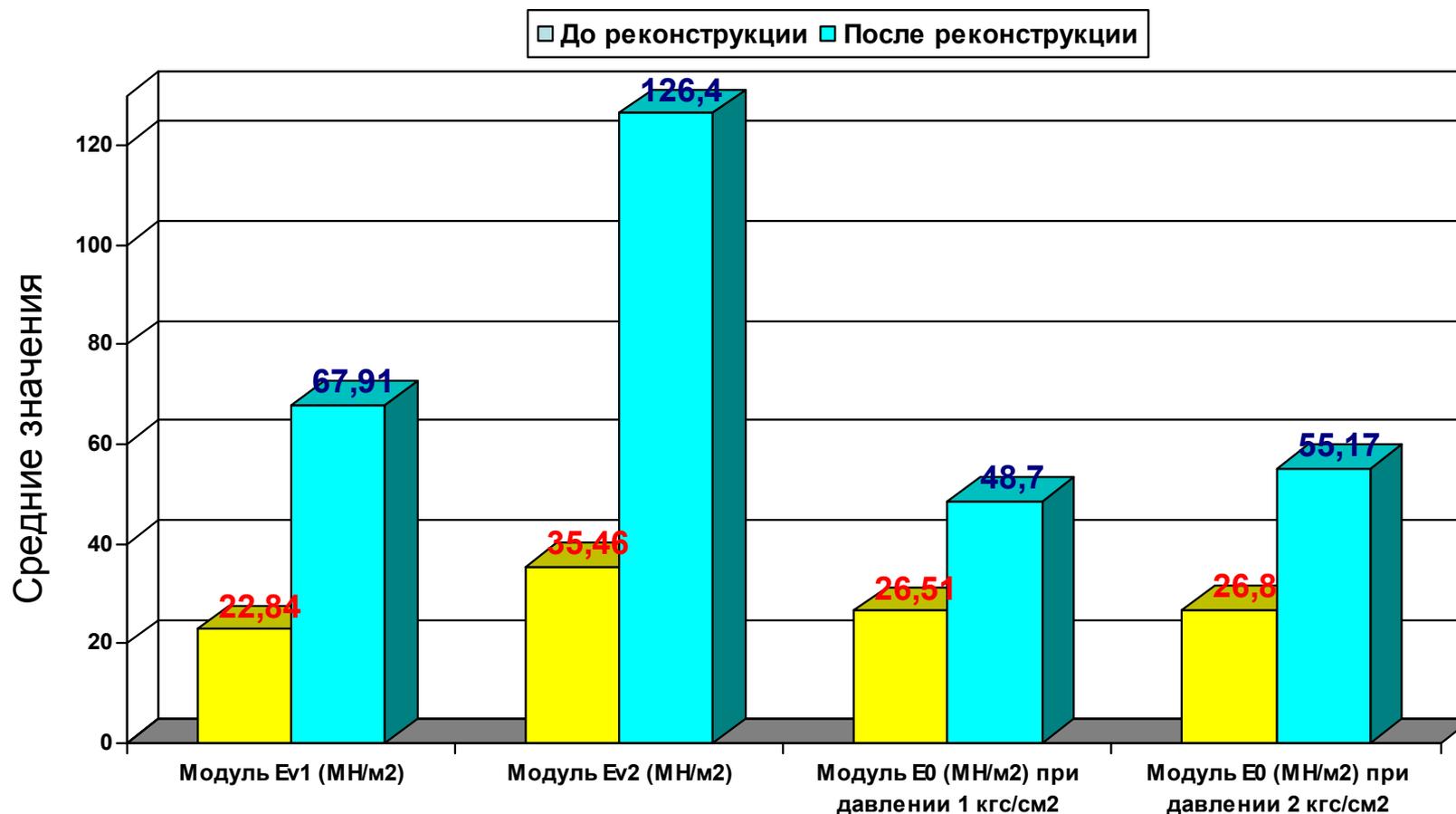


После реконструкции  
земляного полотна

проведение повторных  
штамповых испытаний



Обработка результатов выполнена как по DIN 18134 с определением величин  $E_{v1}$  и  $E_{v2}$  и соотношения  $E_{v2}/E_{v1}$ , так и по ГОСТ 20276-99 с вычислением величины модуля деформации  $E_0$ .



Среднее значение соотношения  $E_{v2}/E_{v1}$  :

-до реконструкции 2,03

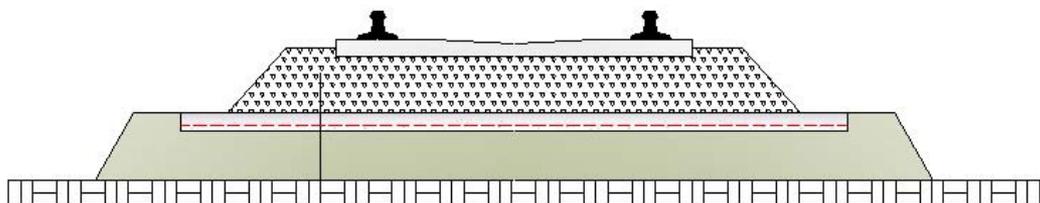
-после реконструкции 1,86

# Участок Саблино – Тосно по II главному пути 45-47 км

Возведение в ходе реконструкции 2 типов земляного полотна

1

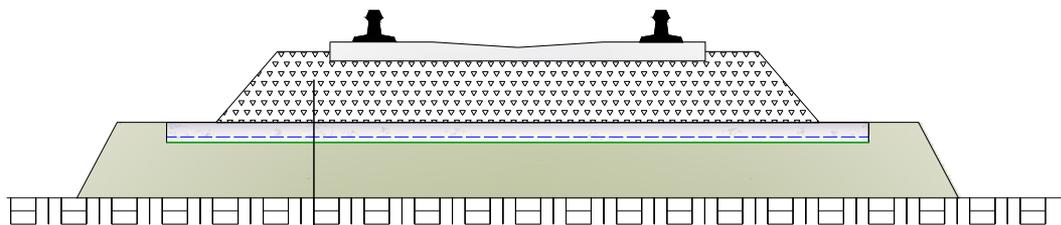
км44 – км45



БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ
ЗАЩИТНЫЙ ПОДБАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ (ЗПС)
ГЕОКОМПОЗИТ TENSAR TX 170G
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО
ГРУНТ ОСНОВАНИЯ

2

км46 – км47



БАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ
ЗАЩИТНЫЙ ПОДБАЛЛАСТНЫЙ СЛОЙ (ЗПС)
ЯЧЕЙСТАЯ СИСТЕМА НЕОВЕБ
ГЕОТЕКСТИЛЬ
ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО
ГРУНТ ОСНОВАНИЯ

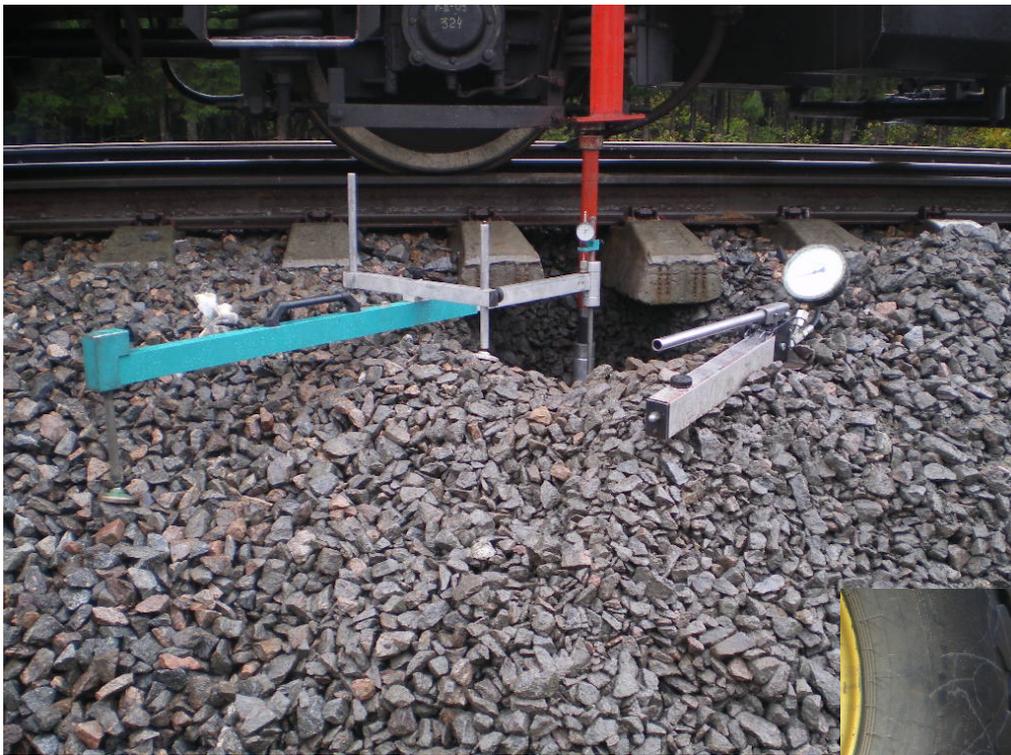
\*



Укладка в ходе реконструкции  
геокомпозита **Tensar TX170G**

Укладка в ходе реконструкции  
ячеистой системы **НЕОВЕБ**



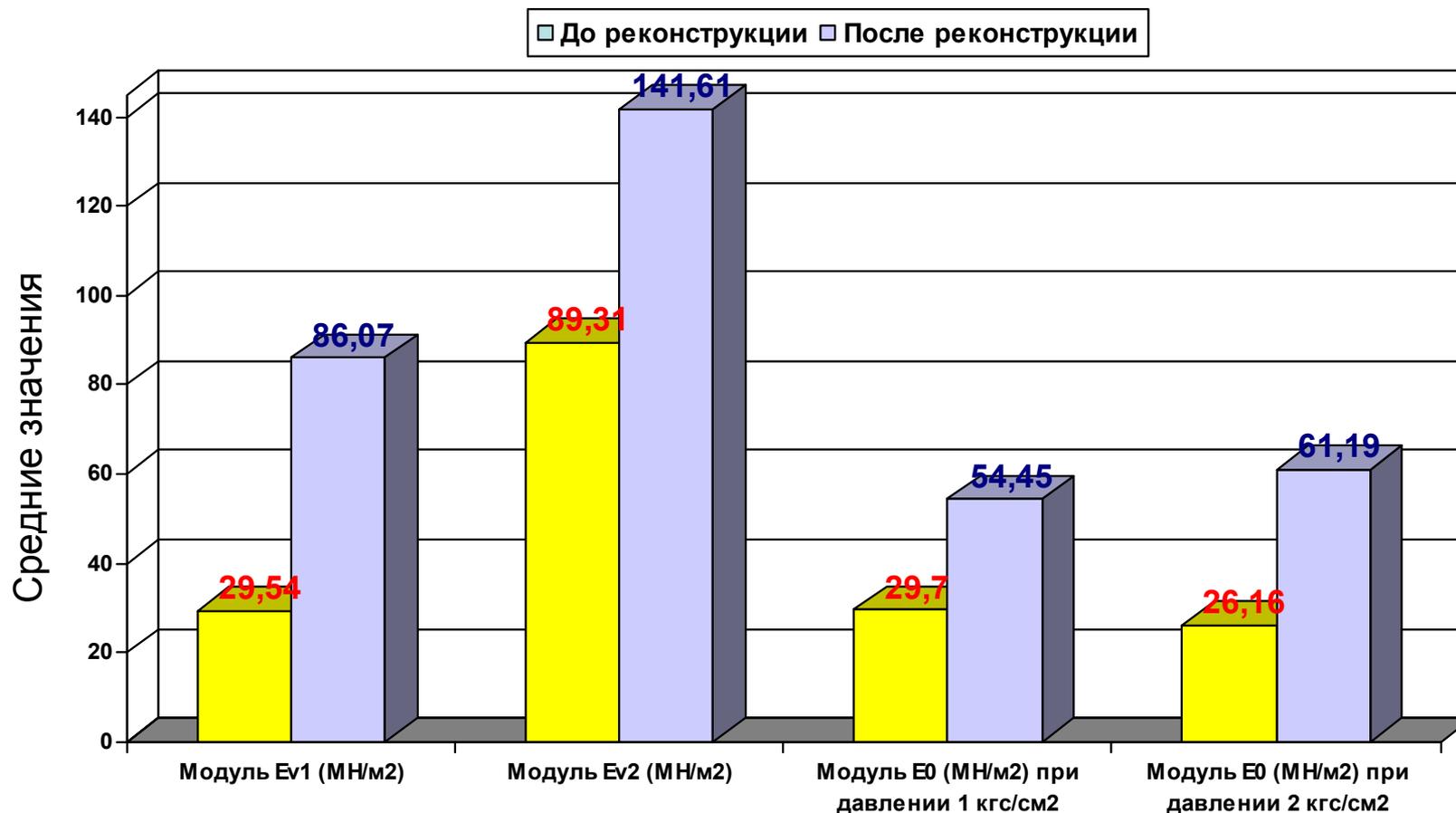


Проведение штамповых испытаний земляного полотна до реконструкции

Проведение штамповых испытаний земляного полотна после реконструкции



## Значения результатов испытаний до и после реконструкции участка км44 – км45 (в ходе реконструкции – укладка геокомпозита TriAx170G)

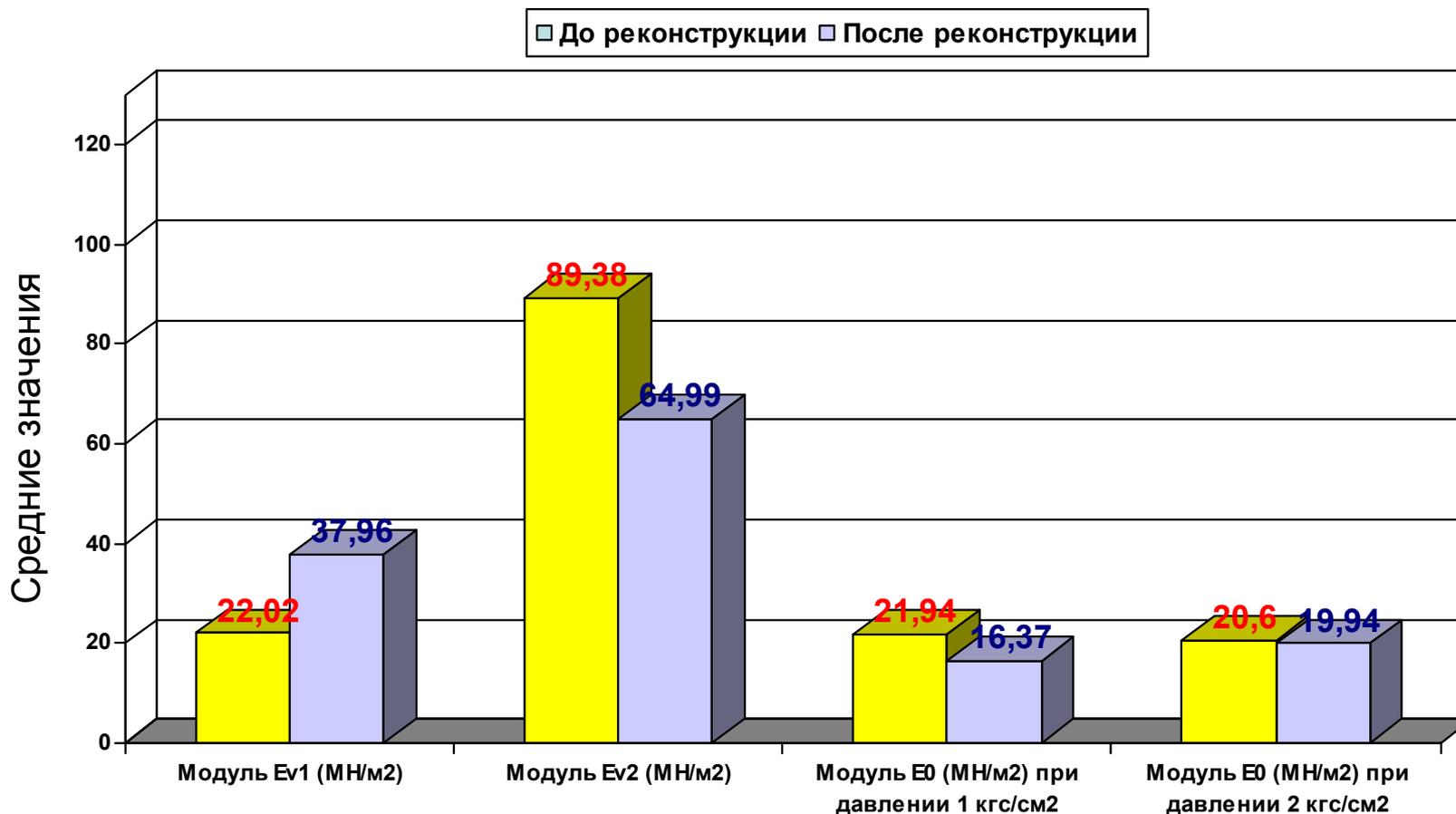


Среднее значение соотношения Ev2/Ev1 :

-до реконструкции 3,29

-после реконструкции 1,7

## Значения результатов испытаний до и после реконструкции участка км46 – км47 (в ходе реконструкции – укладка ячеистой системы НЕОВЕБ)



Среднее значение соотношения Ev2/Ev1 :

-до реконструкции 3,32

-после реконструкции 2,1

# СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ГРАФИК ДЕФОРМАТИВНЫХ СВОЙСТВ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ПОСЛЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

