

**МОСКОВСКИЙ АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МАДИ)**

Кафедра мостов и тоннелей

**АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ ЭСТАКАДНОГО ТИПА В УСЛОВИЯХ
ВЕЧНОЙ МЕРЗЛОТЫ РОССИИ**



**Магистрант 2ММ: Шатилов Иван Сергеевич
Научный руководитель,
к.т.н. доцент Валиев Шерали Назарлиевич**

Москва 2017 г.

Особенности проектирования и строительства транспортных сооружений в условиях вечной мерзлоты



При проектировании и строительстве транспортных сооружений для сложных арктических условий Севера, необходимо учитывать их особенности, связанные с тем, что на большой территории распространены вечномерзлые грунты, районы с глубоким сезонным промерзанием и морозным пучением грунтов оснований, участки с образованием наледи, а также наличием низких температур наружного воздуха. Комплексный учет всех факторов при принятии конструктивно-технологических решений позволяет обеспечить их **надежность и долговечность** на длительный срок эксплуатации.

Примеры разрушения дорожного покрытия на автомобильных дорогах в условиях вечной мерзлоты крайнего Севера





Очевидна необходимость разработки и применения инновационных конструктивно-технических решений, способных обеспечить нормальное функционирование транспортных сооружений и возможность их адаптации к прогнозируемым климатическим изменениям.

Одним из эффективных инженерных решений по исключению теплового влияния сооружений на вечномёрзлые грунты является строительство проветриваемых свайно-эстакадных мостовых конструкций в замен традиционных автомобильных дорог.



ВАРИАНТЫ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ДОРОГ ЭСТАКАДНОГО ТИПА

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАСЫПНАЯ АРОЧНАЯ СВАЙНО-ЭСТАКАДНАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА



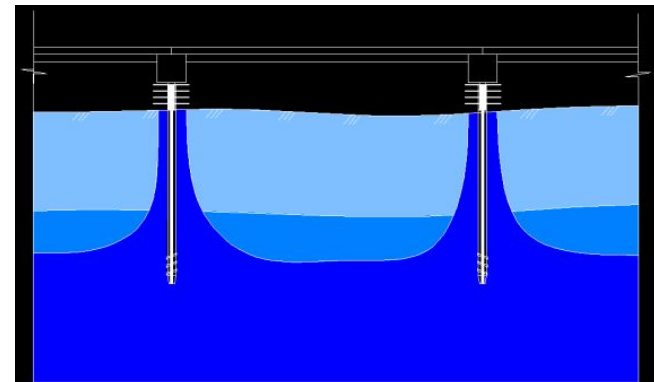
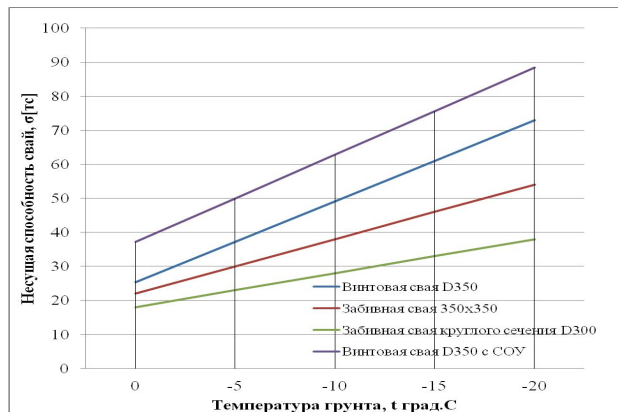
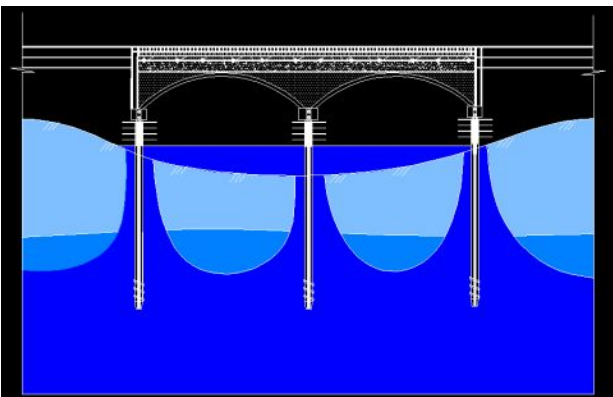
- 1 - Асфальтобетон 2 слоя Н=0.09м В=19м
- 2 - Щебень фр 20-40 мм Н=0.1м В=19м
- 3 - Георешетка Tensar TriAx
- 4 - Песок Н=0.20м В=19м
- 5 - Металлическая или композитная гофрированная конструкция

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАСЫПНАЯ СВАЙНО-ЭСТАКАДНАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА



- 1 - Асфальтобетон 2 слоя Н=0.09м В=19м
- 2 - Песчано-гравийная смесь
- 3 - Георешетка Tensar TriAx
- 4 - Геопенопласт
- 5 - Замороженная смесь ПВС с песком
- 6 - Гидроизоляция
- 7 - Металлическое пролетное строение лоткового типа
- 8 - Горизонтальные термостаты
- 9 - Теплообменники

Процесс заморозки грунта термостабилизатором СОУ



Зависимость прочности мерзлого грунта от температуры

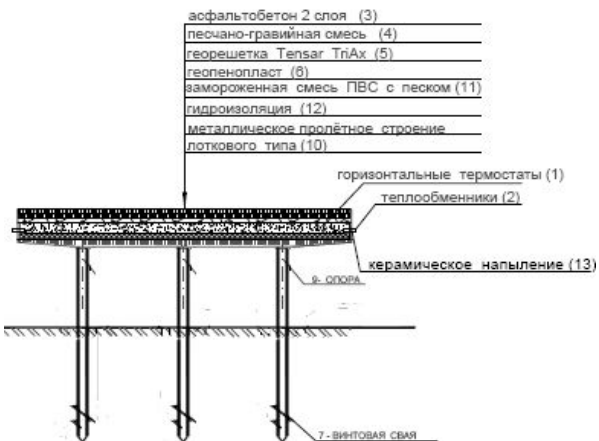
	Экспериментальная засыпная свайно-эстакадная автомобильная дорога	Экспериментальная засыпная арочная свайно-эстакадная автомобильная дорога	Традиционная автомобильная дорога
Экономические показатели			
Стоимость погонного метра дороги	41 т.р. за 1 п.м.	35 т.р. за 1 п.м.	33 т.р. за 1 п.м.
Стоимость обслуживания дороги	+	+	-
Стоимость ремонта дороги	+	+	-
Экологические показатели			
Миграция животных	+	+	-
Половодье	+	+	-
Минимальное нанесение вреда экосистеме	+	+	-
Надежность			
Срок службы а/б покрытия	+	+	-
Ремонтопригодность	+	-	-
Срок службы	+	+	-
Эксплуатационные характеристики			
Снежные переносы	+	+	-
Система водоотвода	+	+	-

ОСНОВНЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ

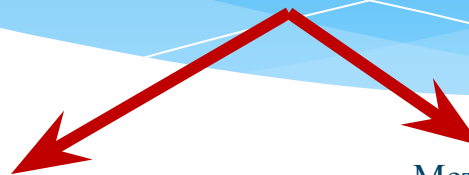
Балочного типа



Железобетонная плита

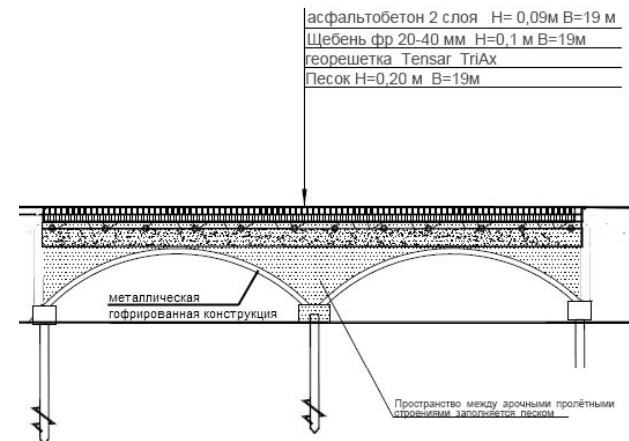
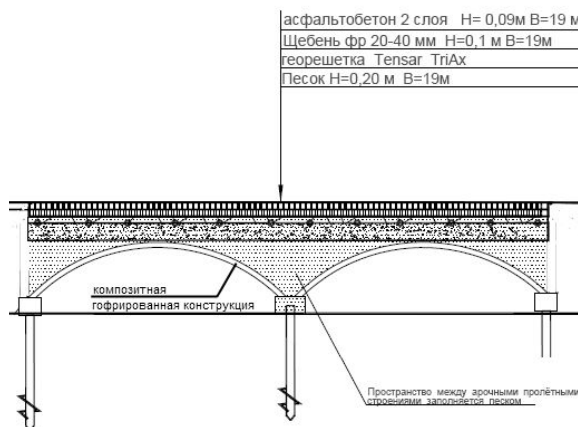


Арочного типа



Композитная

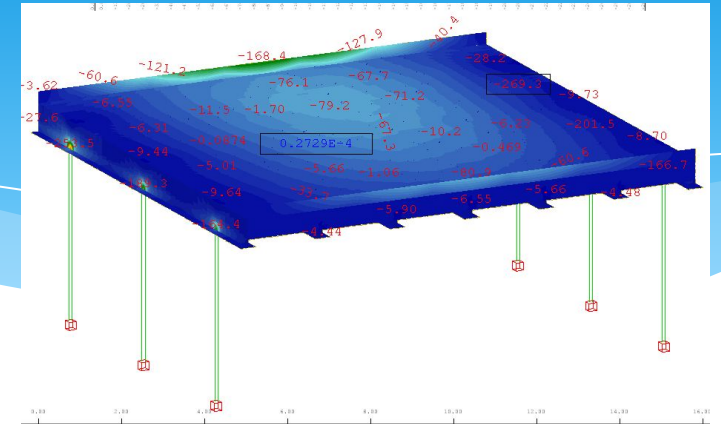
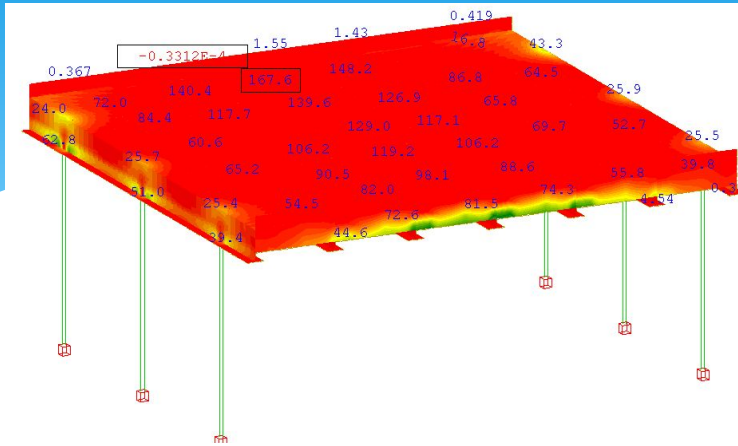
Металлическая гофрированная



Методы оптимизации и принцип отбора оптимальной конструкции

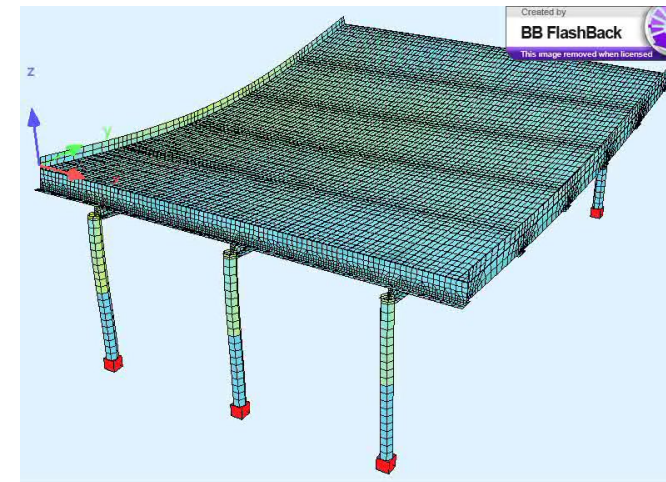
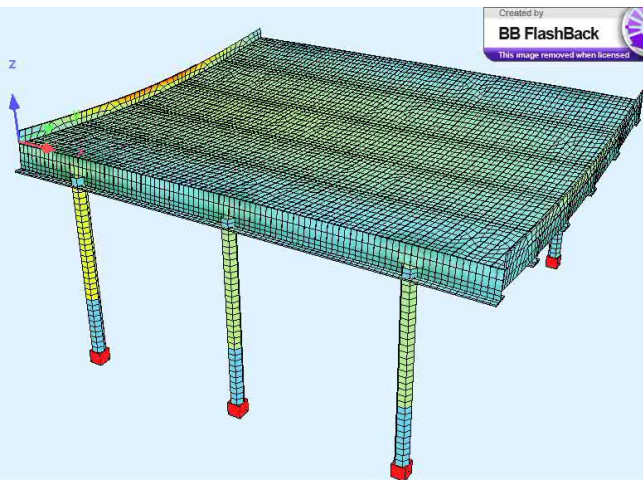
- * 1. Для определения оптимальных конструкций был выбран метод математического моделирования при помощи расчетного комплекса Midas Civil, основанном на МКЭ (методе конечного элемента).**
- * 2. Критерием оптимизации являлся минимальный расход материала (стоимость конструкции).**
- * 3. Каждый вариант рассчитывался по 1 и 2 группам предельных состояний, тем самым были получены варианты удовлетворяющие условиям СП 35,13330.2011 (Мосты и трубы).**

Анализ напряженно-деформированного состояния конструкции



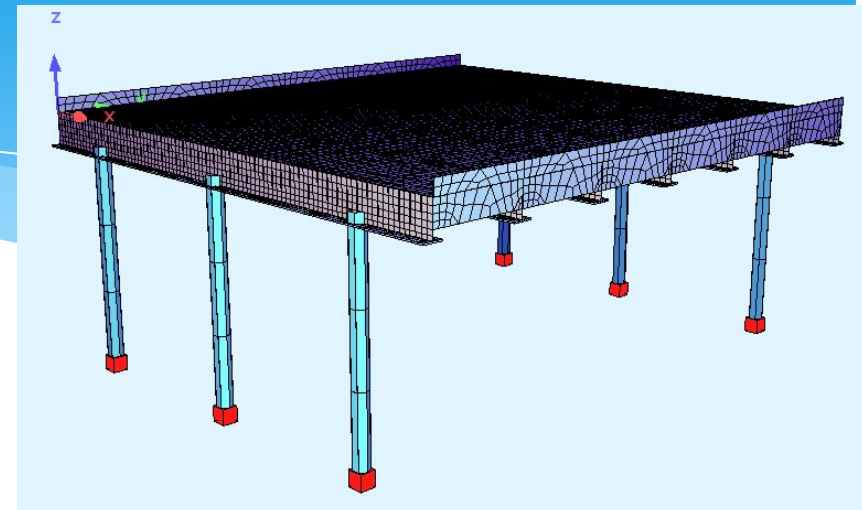
- Главные максимальные растягивающие напряжение
- 167,6 Мпа < 295 Мпа (предельное напряжение)
- Главные максимальные сжимающие напряжение
- 269,3 Мпа < 295 МПа(предельное напряжение)

Деформация конструкции от временной нагрузки



Результаты расчета и анализа пролетного строения длинной 12 м

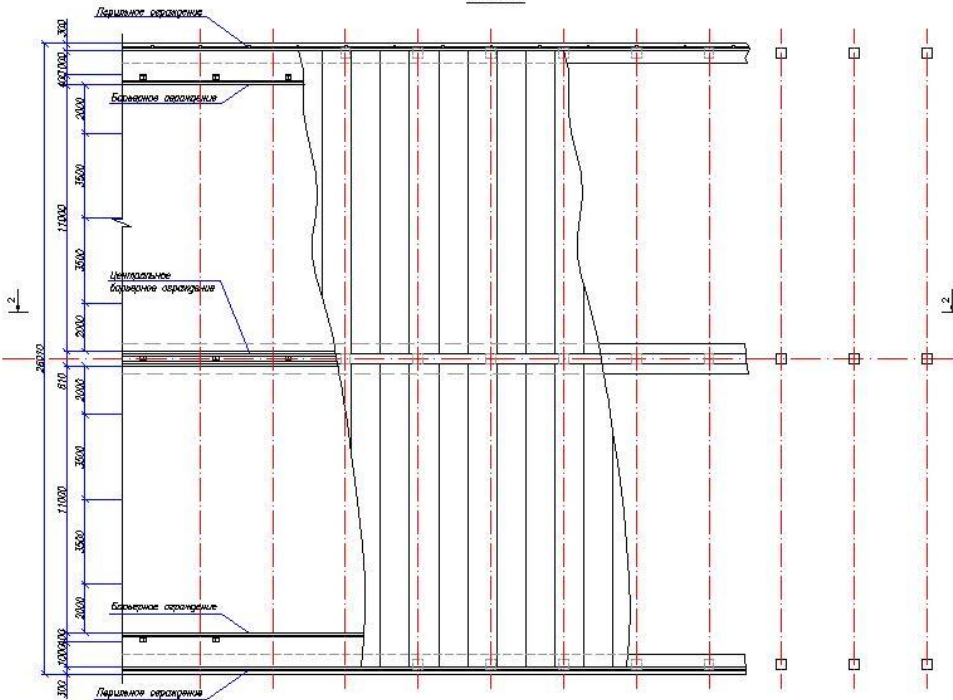
- Длина пролета 12 м
- Габарит проезжей части 11.50 м
- Шаг продольного ребра 0.25 м
- Высота продольного ребра 0.50 м
- Толщина листа продольного ребра 0.014 м
- Шаг поперечного ребра 2.00 м
- Высота стенки поперечного ребра 0.70 м
- Толщина листа стенки поперечного ребра 0.016 м
- Ширина нижнего пояса поперечной балки 0.40 м
- Толщина листа нижнего пояса поперечной балки 0.030 м
- Толщина листа проезжей части 0.014 м
- Высота борта 0.30 м
- Коэффициент запаса устойчивости--2.202
- Суммарный вес пролетного строения 62.514 т



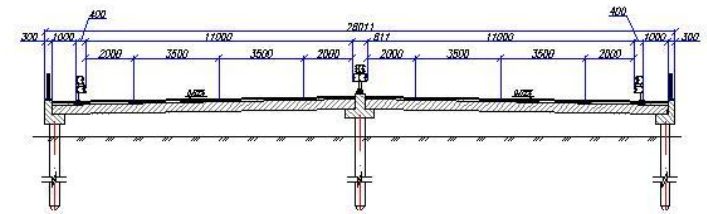
- Количество стоек опор 6
- Расстояние между стойками 4.00 м
- Высота стоек опор(над фундаментом) 5.00 м
- Расход материалов на проезжую часть:
- Асфальтобетон тип Б- 5.52 м³
- Асфальтобетон(2)- 6.90 м³
- Щебень- 13.80 м³
- Замороженный песок- 27.60 м³

Разработанная конструкция автомобильной дороги эстакадного типа с поперечным расположением плит

План

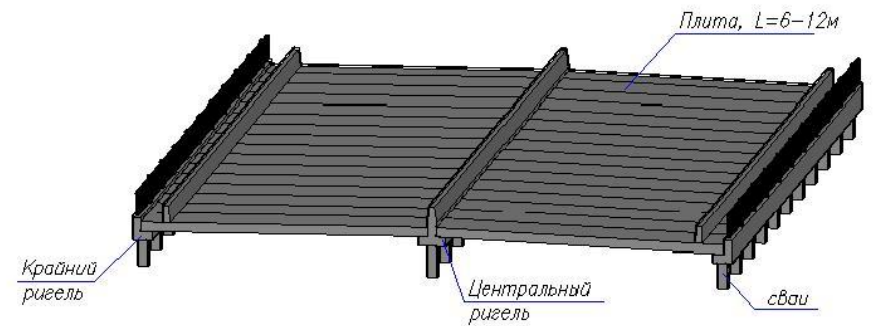
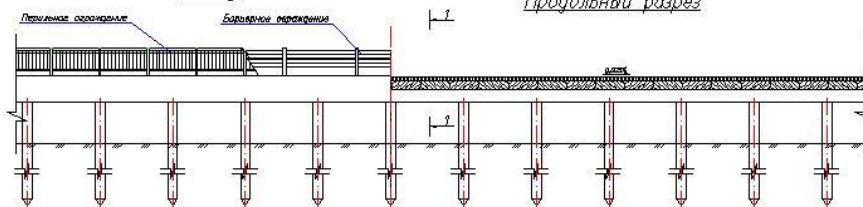


1-1
поперечное сечение



Фасад

2-2
Продольный разрез



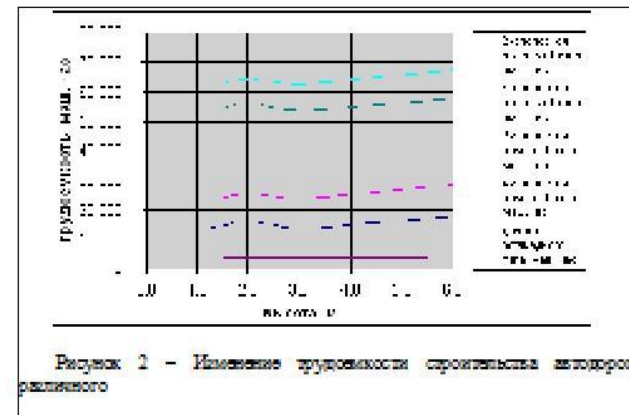
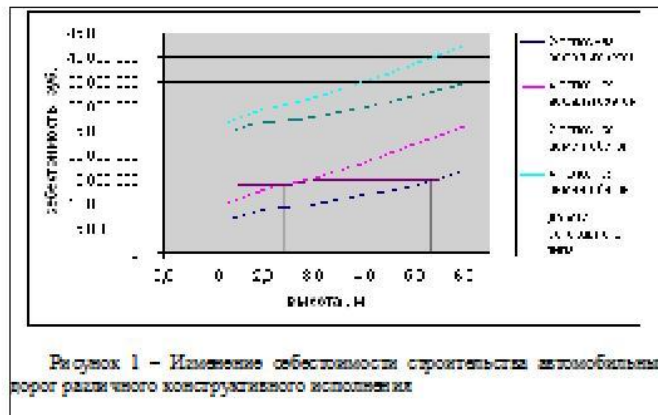
Обоснование экономической эффективности автомобильных дорог эстакадного типа

Таблица 1 – Себестоимость строительства участков автомобильных дорог с учетом стоимости земли по классу стоянки

высота м	Автомобильные дороги традиционного исполнения				Автомобильные дороги из сборных ж/б конструкций	
	2-я полоса, асфальтобетон, руб.	4-я полоса, асфальтобетон, руб.	2-я полоса, цементобетон, руб.	4-я полоса, цементобетон, руб.	высота, м	в сборе, эстакадного типа, руб.
1,3	69 282 229	10 195 199	26 824 429	2 6755 827	1,3	14 062 860
1,3	7 688 837	10 873 842	25 286 057	2 7426 281	2,0	14 062 921
2,0	89 08 686	12 843 222	26 805 886	2 9 405 961	2,5	14 064 001
3,0	98 07 579	15 128 884	27 704 779	2 1 889 222	3,0	14 797 649
4,0	11 899 890	18 547 168	29 797 090	2 5 107 807	3,5	14 797 720
5,0	13 762 486	22 113 028	32 110 886	2 8 673 862	4,0	14 797 790
6,0	16 759 093	25 912 944	34 696 296	3 2 474 962	4,5	14 797 861
					5,0	14 797 921
					5,5	14 798 002

Таблица 2 – Трудоемкость строительства участков автомобильных дорог

высота м	Автомобильные дороги традиционного исполнения				Автомобильные дороги из сборных ж/б конструкций	
	2-я полоса, асфальтобетон, руб.	4-я полоса, асфальтобетон, руб.	2-я полоса, цементобетон, руб.	4-я полоса, цементобетон, руб.	высота, м	дороги эстакадного типа, руб.
1,3	19 290	23 818	54 147	62 913	1,3	3432
1,3	14 230	23 870	54 707	62 923	2,0	3432
2,0	13 957	25 390	56 114	64 492	2,5	3432
3,0	13 513	25 382	55 675	62 478	3,0	3432
4,0	14 236	25 002	54 983	64 097	3,5	3432
5,0	16 190	26 678	56 347	65 774	4,0	3432
6,0	17 615	28 413	57 772	67 508	4,5	3432
					5,0	3432
					5,5	3432



Выводы:

1. Строительство автомобильных дорог эстакадного типа из сборных ж/б конструкций экономически целесообразно в условиях пересеченного рельефа местности.
2. Трудоемкость выполнения дорог эстакадного типа значительно меньше трудоемкости автомобильных дорог традиционного исполнения с жесткой и нежесткой дорожными одедами.

По результатам проведенных исследований получен патент на изобретение и диплом и бронзовая медаль XX Московский международной выставке «Архимед-2017»



Спасибо за внимание!