

ЭКИПАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА

Особенности расчета, проектирования и строительная практика устройства дорожных плит на упругом основании с композитным армированием

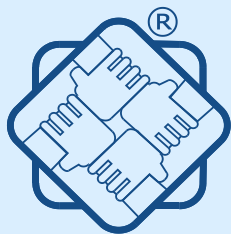
Докладчик:

Генеральный директор

ООО Технологическая Группа «ЭКИПАЖ»

Орешкин Дмитрий Александрович

-2019-

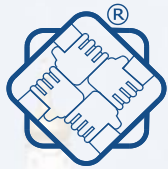


Композитная арматура, сетки и армокаркасы для усиления цементобетонных плит на распределенном основании

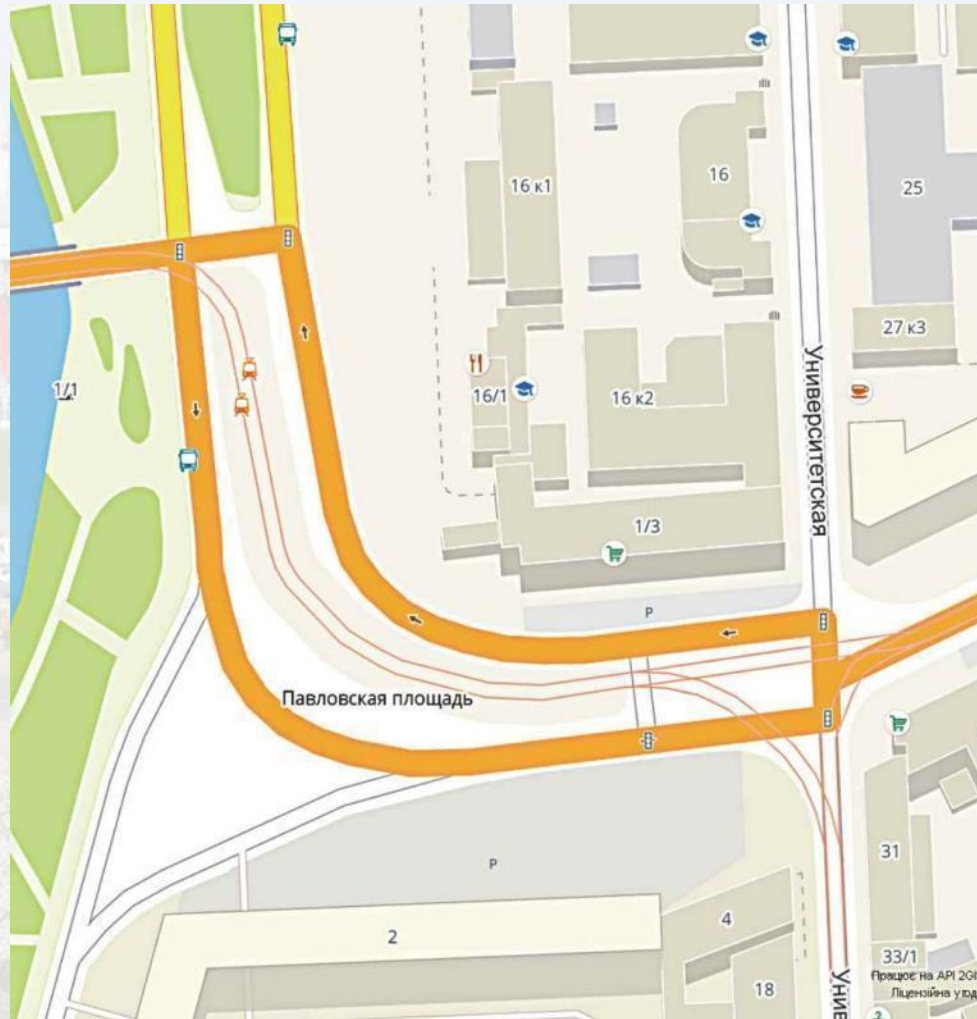


Композитная арматура во многом превосходит стальную:

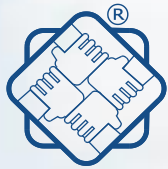
- композитная арматура прочнее стальной на разрыв **2,0 – 2,5** раза;
- имеет высокий модуль упругости (**50 ГПа**) при небольшом коэффициенте относительного удлинения (**до 3%**), высокую стойкость к циклическим нагрузкам;
- не подвержена коррозии, весьма слабо меняет свои механические свойства под воздействие кислот, солей и щелочей;
- легче стальной в 3,5-4 раза;
- является диэлектриком, радиопрозрачна, магнитоинертна;
- не теряет свои прочностные свойства под воздействием глубоких отрицательных температур;
- КТР композитной арматуры соответствует КТР бетона;
- коэффициент теплопроводности композитной арматуры в 100 раз ниже чем у стали.



Общее описание объекта реконструкции: Павловская площадь



План Павловской площади



Историческая справка по Павловской площади

Павловская площадь (прежние названия Торговая, Народная, Лобная, Розы Люксембург) расположена в центральной части г. Харькова на берегу р. Лопань, неподалеку от её впадения в р. Харьков.

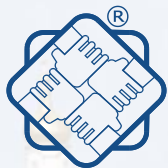
С 17 века являлась главной городской базарной площадью на которой проводились знаменитые Покровская и Успенская ярмарки.

На Павловской площади располагались верстовой столб, почтовый двор и лобное место.

В 19 веке площадь была застроена одно- и двухэтажными торговыми строениями.

В советское время был сформирован современный облик Павловской площади, характеризующийся застройкой периферии площади многоэтажными зданиями

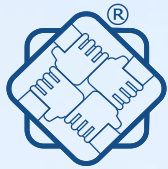
В настоящее время Павловская площадь является одним из центральных транспортных узлов г. Харьков (1,5 миллиона жителей)



Исторические и современные фотографии Павловской площади



Современное состояние



Сложные гидрогеологические условия при выполнении проекта реконструкции

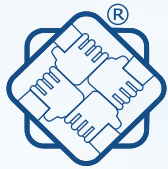
Сложная гидрогеологическая обстановка объекта реконструкции характеризовалась высоким расположением и значительным колебанием уровня грунтовых вод, который в паводковые периоды может достигать поверхности земли

Грунты подстилающего слоя, обладают низкой несущей способностью, неоднородны, слабо уплотненные, перенасыщенные грунтовыми водами. Песчаные прослойки обладают плавунными свойствами

В холодный период года из-за промерзания переувлажненного приповерхностного слоя возможны значительные зимние вспучивания

Грунтовые воды имеют следующие свойства по отношению к материалам:

- к бетонам: слабоагрессивные для всех марок бетона;
- к железобетону: среднеагрессивные при периодическом смачивании;
- к конструкциям из металла: сильноагрессивные

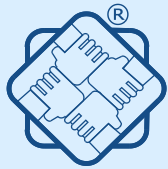


Сложные гидрогеологические условия при выполнении проекта реконструкции

Первоначальные сроки выполнения работ предусматривали завершение реконструкции проезжей части площади и тротуаров ко Дню города Харьков. Расчет сроков базировался на сведениях о гидрогеологии соседних участков

При демонтажных работах на начальном этапе были выявлены сложные гидрогеологические условия на участке реконструкции. Было принято решение об устройстве бетонной плиты толщиной 200 мм по площади проезжей части и тротуаров объекта реконструкции

С учетом химического состава грунтовых вод, высоким уровнем их сезонных колебаний, а также ранее проведенных исследований в г. Харькове по усилению бетонных строительных конструкций композитным армированием, было принято решение о применении композитной арматуры производства ТГ «ЭКИПАЖ» вместо стальной

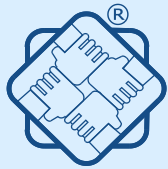


Проектное решение и прочностной расчет цементобетонной дорожной плиты-основания

Прочностной расчет конструкции
и расчет деформативности плиты был произведен из
условий **25 тонн** на ось

Для расчета применялись поправочные коэффициенты
для композитной арматуры в соответствии
с **ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012** *«Настанова з проектування
та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою
композитною арматурою на основі базальто- і
склоровінгу»*

Расчет конструкции проводился в соответствии
с **ДБН В.2.6-98:2009** и **СНиП 2.03.01-84**, а также
параллельно по методике **EN 1992-1-1 (Eurocode 2)**.

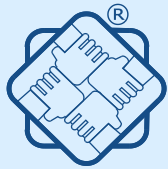


Проектное решение и прочностной расчет цементобетонной дорожной плиты-основания

Геометрія Бетон Арматур			#	Eps c(1) ‰	Eps c(2) ‰	M (кН*м)	X1 (mm)	κ (1/m)
ГТС			0	0	0	0	0	0
2			1	0.0656	-1.0222	7.1444	24.1211	0.00272
Клас бетона			2	0.1312	-2.0183	14.0967	24.4152	0.00537
C25/30			3	0.1968	-2.9887	20.8612	24.712	0.00796
Задати параметри бетону			4	0.2624	-3.9341	27.4425	25.0113	0.01049
			5	0.328	-4.8551	33.8447	25.313	0.01296
			6	0.3936	-5.7523	40.0722	25.6172	0.01536
			7	0.4592	-6.6262	46.1291	25.9237	0.01771
			8	0.5248	-7.4774	52.0197	26.2326	0.02001
			9	0.5904	-8.3066	57.7481	26.5438	0.02224
			10	0.656	-9.1142	63.3183	26.8572	0.02443

Таблица результатов содержит показатели:

- деформативности **Eps** (‰) на обоих концах сечения
- момент **M** (кНм)
- высоту сжатой зоны бетона **x1** (мм)
- кривизну сечения (прогиб) **κ** (1/м)



Проектное решение и прочностной расчет цементобетонной дорожной плиты-основания

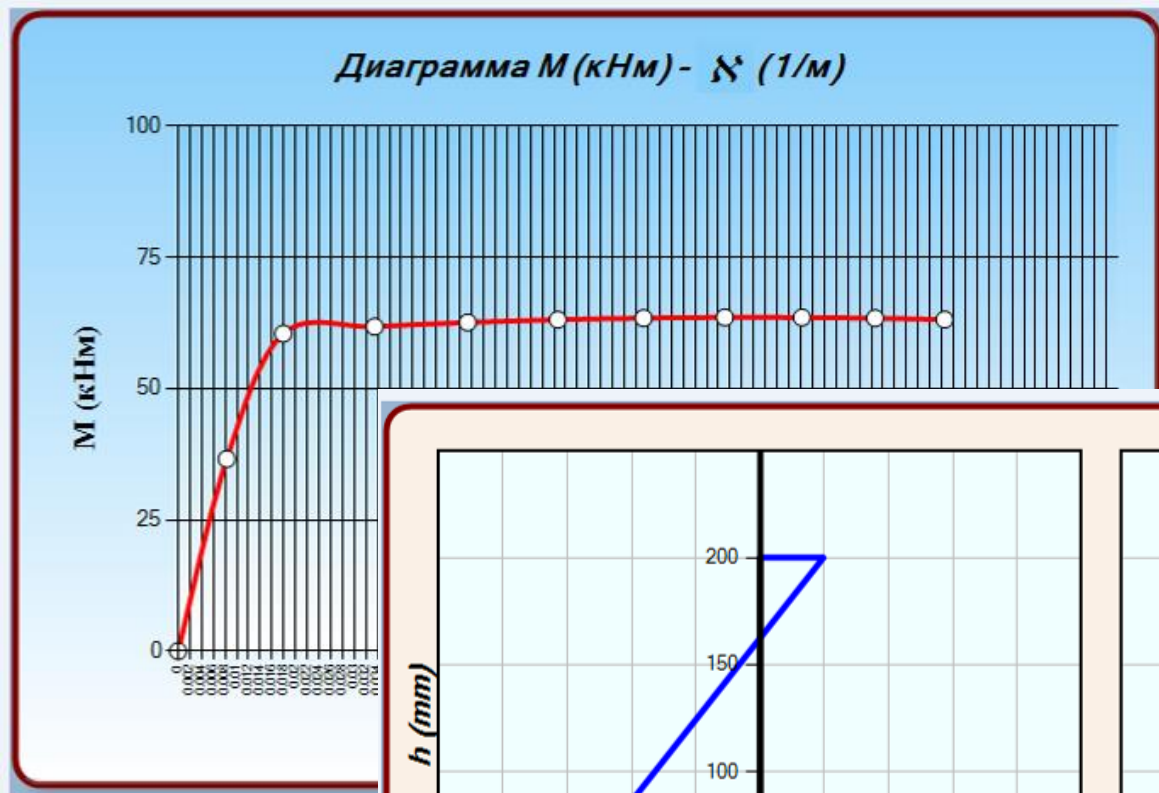
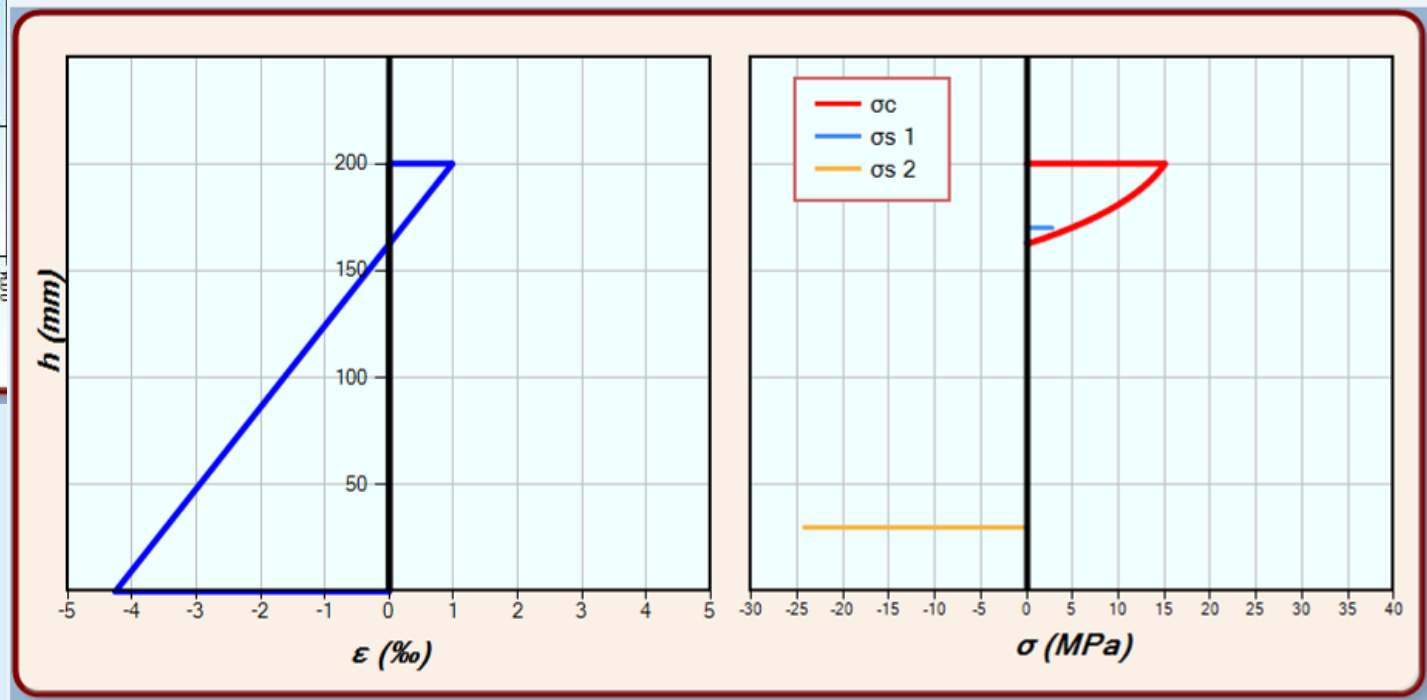
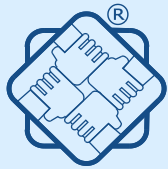


Диаграмма
«момент-кривизна»

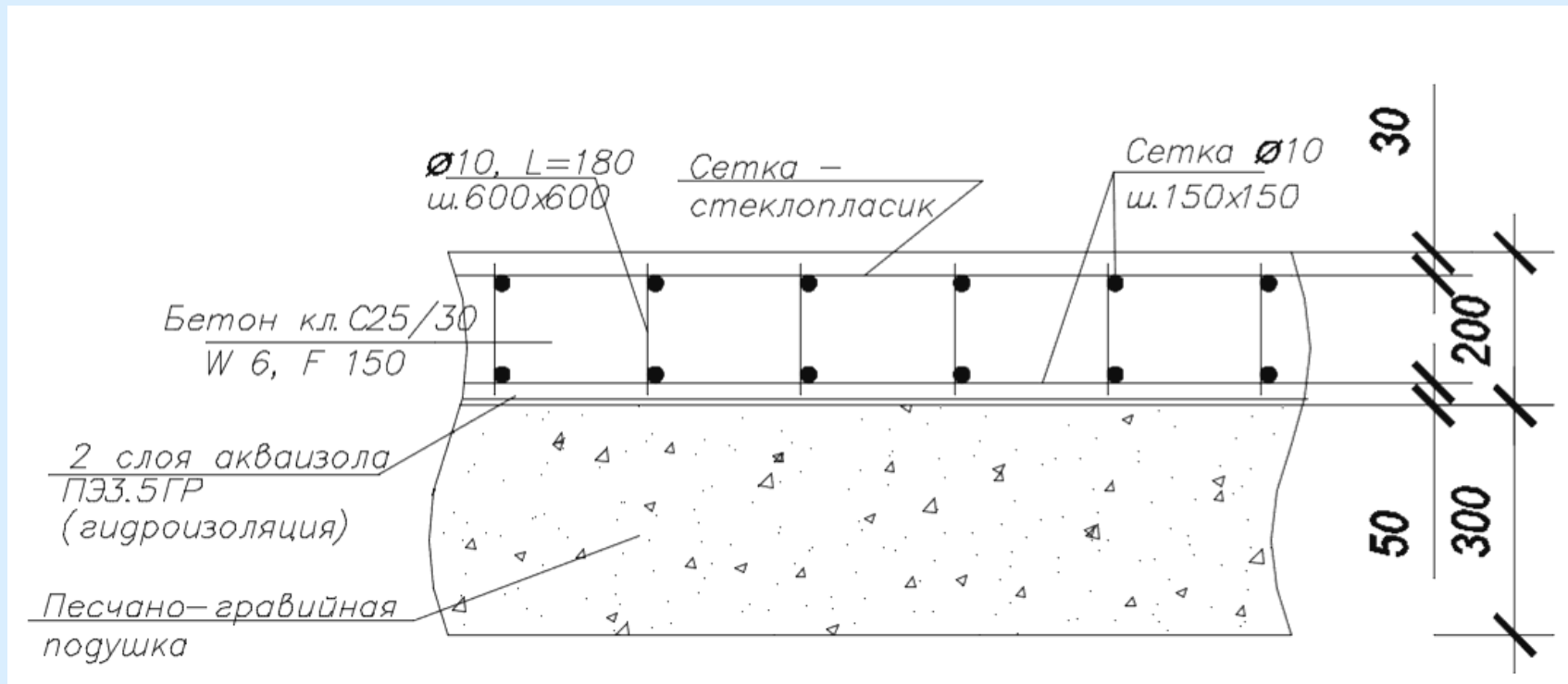


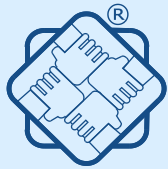
Эпюры деформаций ε и напряжений σ в сечении



Конструкция цементобетонной дорожной плиты, армированная стеклокомпозитной арматурой (пл. Павловская, г. Харьков)

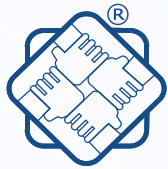
Армирующий каркас – двухслойный,
выполненный из стеклокомпозитной арматуры
 $\Phi 10$ мм («Экибар» 10 АКСП ТУ У В.2.7-25.2–21191464–024:2011)
размер ячейки 150 x 150 мм, эластичный тип гидроизоляции





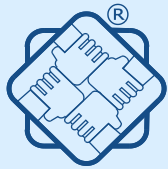
Конструкция цементобетонной дорожной плиты, армированная стеклокомпозитной арматурой (пл. Павловская, г. Харьков)





Принятый порядок изготовления и монтажа армирующего каркаса из композитной арматуры ТГ «ЭКИПАЖ»

- 1. Изготовление в заводских условиях композитных сеток в виде карт 6х2 м из готовой композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ («Экибар» 10 АКСП ТУ У В.2.7-25.2–21191464–024:2011)**
- 2. Сборка в условиях стройплощадки двухслойных сборочных элементов стандартного размера 6х2 м («бутербродов») на специально оборудованных сборочных местах**
- 3. Перенос и накопление сборочных элементов стандартного размера 6х2 м (бутербродов) на площадку монтажа каркаса**
- 4. Монтаж армирующего каркаса дорожной бетонной плиты путем подвязки «бутербродов» к уже смонтированной части каркаса**
- 5. Подъем смонтированного армокаркаса в проектное положение над слоем гидроизоляции на 50 мм путем установки опорных полимерных элементов**
- 6. Заполнение армирующего каркаса бетоном согласно проектной документации**

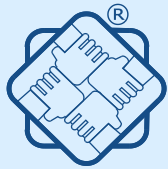


Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

Этап 0: Устройство основания дорожной бетонной плиты в соответствии проектной документацией:

1. Устройство и уплотнение постели из фракционного щебня
2. Укладка и уплотнение выравнивающего песчаного слоя
3. Устройство гидроизолирующей прослойки в 2 слоя

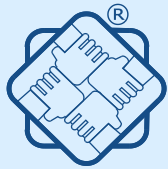




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

Этап 1: Изготовление в заводских условиях
композитных сеток в виде карт 6х2 м из готовой
композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ
(«Экибар» 10-АКСП ТУ У В.2.7-25.2–21191464–024:2011)

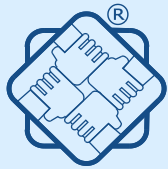




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

Этап 2: Сборка в условиях стройплощадки двухслойных сборочных элементов стандартного размера 6х2 м («бутербродов») на специально оборудованных сборочных местах

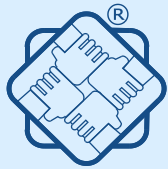




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

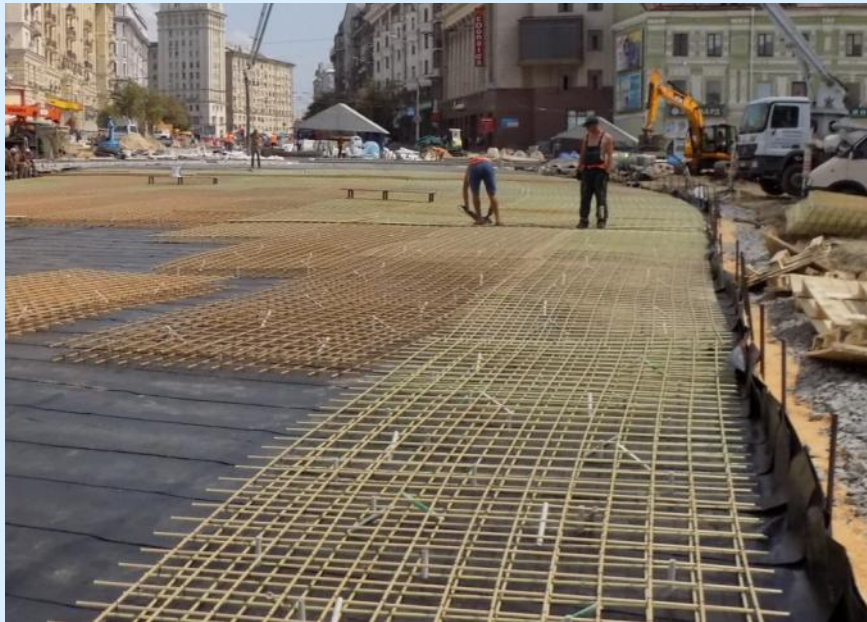
Этап 3: Перенос и накопление сборочных элементов
стандартного размера 6х2 м (бутербродов)
на площадку монтажа каркаса

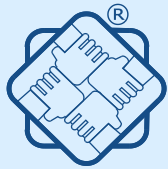




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

Этап 4: Монтаж армирующего каркаса
дорожной бетонной плиты путем подвязки «бутербродов»
к уже смонтированной части каркаса

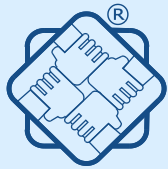




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

Этап 5: Подъем смонтированного армокаркаса
в проектное положение над гидроизоляцией на 50 мм
путем установки опорных полимерных элементов

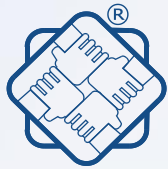




Инновационная технология быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

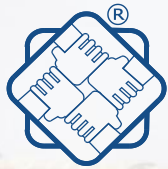
Этап 6: Заполнение армирующего каркаса
бетоном согласно проектной документации





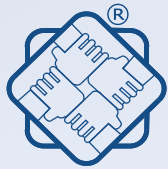
Общие технические и статистические сведения по реализованному проекту армирующего композитного каркаса дорожной плиты на пл. Павловская (г. Харьков)

1. Общая площадь бетонной плиты с композитным двухслойным армирующим каркасом - **8,7 тыс. кв. метров**
2. Прочность на разрыв двухслойного армирующего каркаса из композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ – **420 кН/м (42 тонны/метр)**
3. Количество метров композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ («Экибар» АКСП-10-800 ТУ У В.2.7-25.2–21191464–024:2011), использованной для сборки армокаркаса – **260 километров**
4. Общий вес композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ, использованной для сборки армокаркаса – **41 тонна**
5. Общее количество точек вязки для сборки арматурного каркаса – **879 040 шт.**
6. Общее количество точек вязки для сборки стандартных карт-сеток 6х2 метра в заводских условиях – **852 800 шт.**
7. Общее количество точек вязки для монтажа стандартных двухслойных сборочных элементов («бутербродов») к уже собранному армокаркасу плиты непосредственно на стройплощадке – **26 240 шт.**
8. Сравнительное количество точек вязки при стальном армировании, (сборка по традиционной технологии с применением Z- или П- образных межслоевых проставок-спейсеров) – **1 036 480 шт.**



Преимущества новой технологии быстрого монтажа двухслойного композитного армирующего каркаса (ТОПС)

1. Уменьшение общего количества точек вязки армирующего каркаса – **на 15,2 %**
2. Уменьшение общей трудоемкости сборки армокаркаса – **на 35%**
3. Сокращение трудоемкости сборки армирующего каркаса непосредственно на рабочей площадке **более чем в 10 раз**
4. Минимальные требования к квалификации рабочих, обучение технологии быстрого монтажа производилось непосредственно на объекте
5. Все операции по складированию, сборке, переноске и монтажу проводились без использования подъемных приспособлений



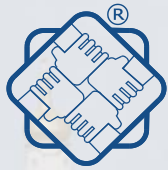
Корпоративный отчет и документальный фильм по реализованному проекту



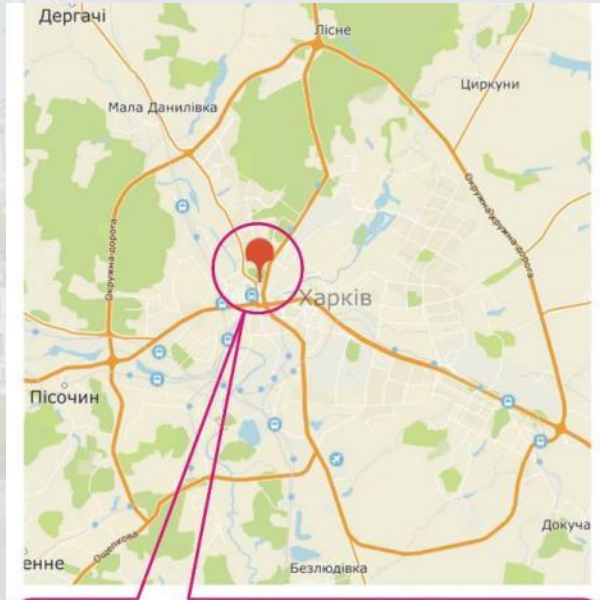
QR - код для скачивания отчета ТГ «ЭКИПАЖ» по реализованному проекту пл. Павловская устройства дорожной бетонной плиты с двухслойным стеклокомпозитным армированием

QR - код для скачивания документального видеофильма по реализованному проекту пл. Павловская устройства дорожной бетонной плиты с двухслойным стеклокомпозитным армированием





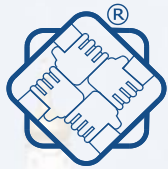
Расположение и описание ул. Клочковская и ул. Григоренко (г. Харьков)



Ул. Клочковская - центральная улица мегаполиса, расположенная в историческом центре, обеспечивает связанность с северо-западными районами Харькова, является одной из наиболее загруженных магистралей города, примыкает к пл. Павловская и Благовещенскому рынку. Расположена в пойме реки Харьков, огибая южный фас центрального харьковского холма, что определяет сложную гидрогеологию основания проезжей части реконструированных участков. Крайне интенсивный городской трафик с большим количеством светофоров в совокупности с высокой плотностью городских подземных коммуникаций и инженерных сетей



Ул. Григоренко – вновь построенная улица, хорда между загруженными улицами Рымарская и концевым участком ул. Клочковская, что в значительной мере разгружает центральный транспортный узел мегаполиса (Павловская пл. - Бурсацкий спуск – ул. Клочковская - Соборный спуск – пл. Конституции). Улица имеет значительный уклон, спускаясь с центрального холма к пойме р. Харьков и соединяется с ул. Клочковской



Исторические и современные фотографии ул. Клочковская (истор. ул. Екатериненская)

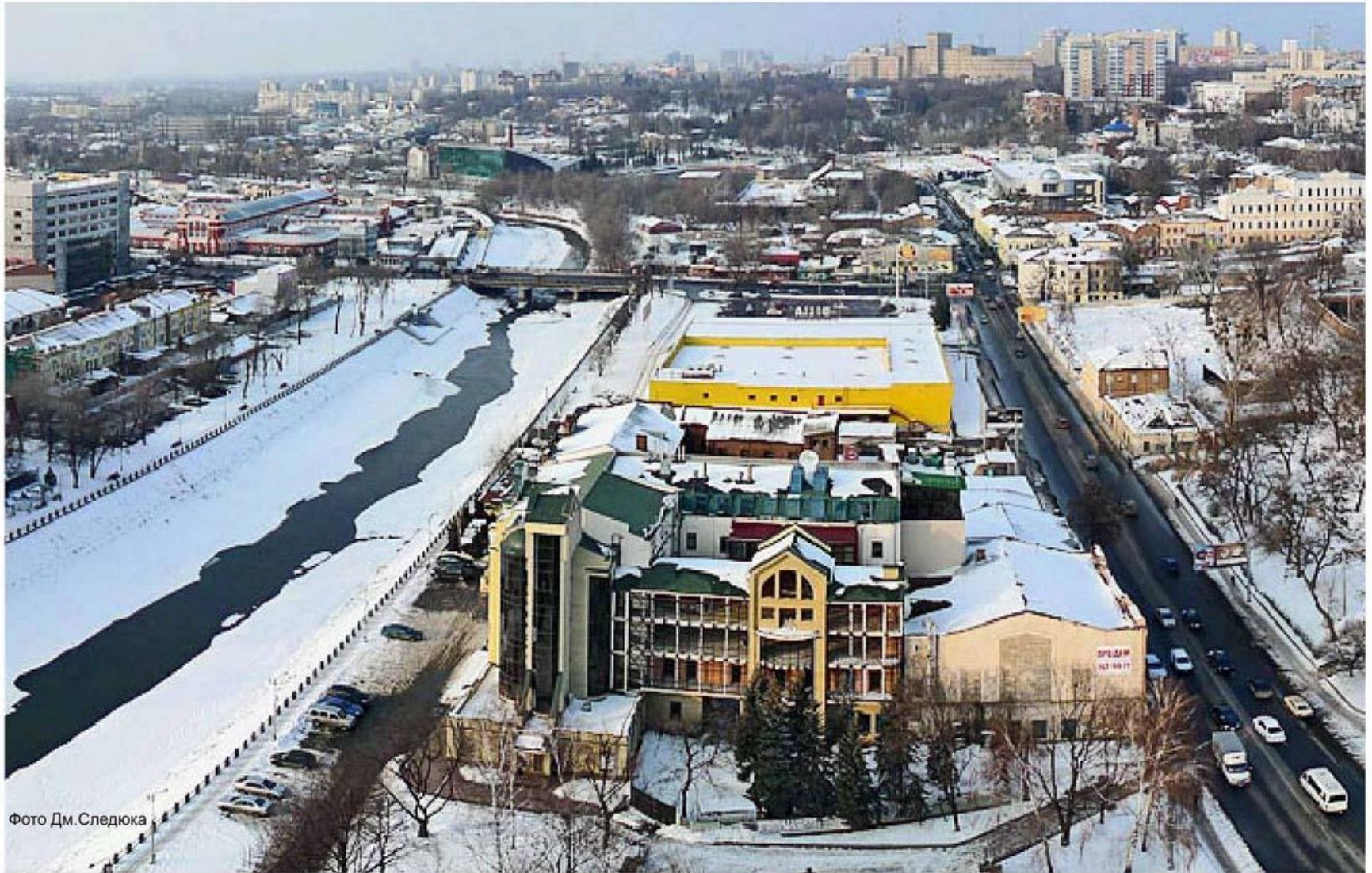
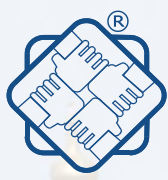


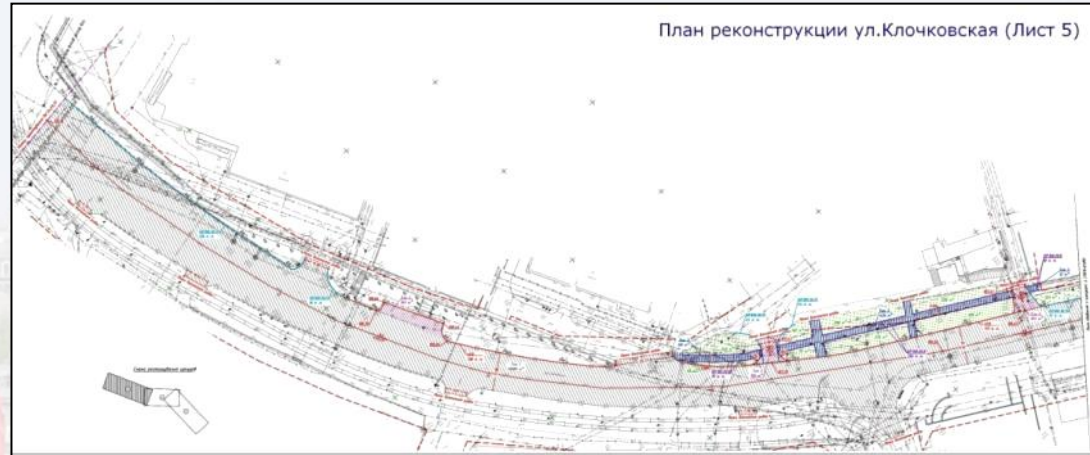
Фото Дм. Следюка



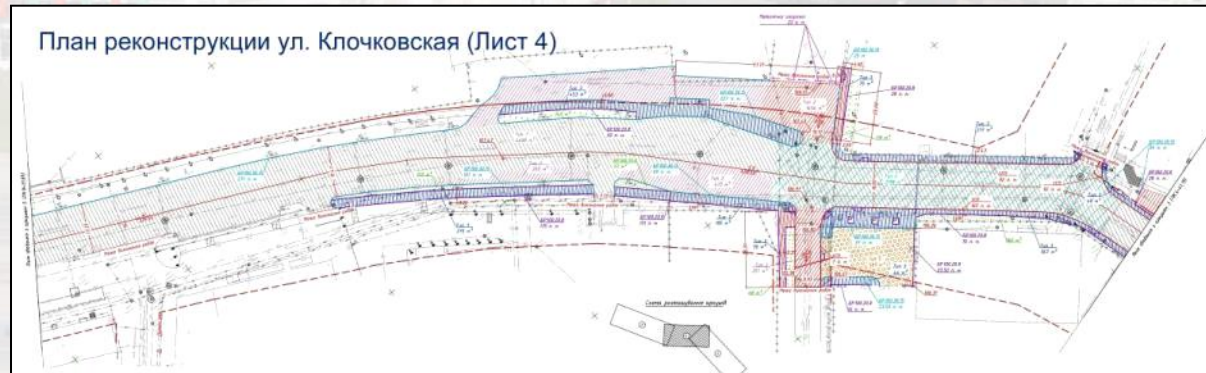
Планы реконструкции ул. Клочковская (справа) и ул. Григоренко (слева)



План реконструкции ул. Григоренко



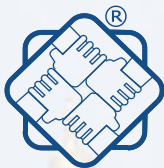
План реконструкции ул.Клочковская (Лист 5)



План реконструкции ул. Клочковская (Лист 4)



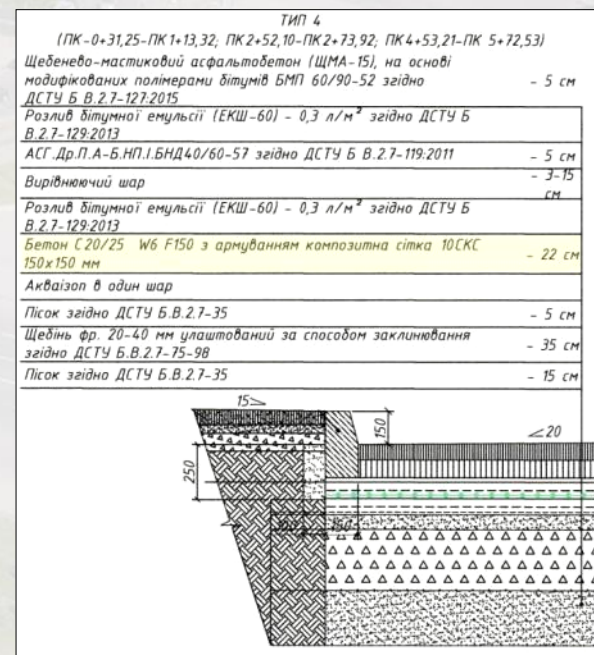
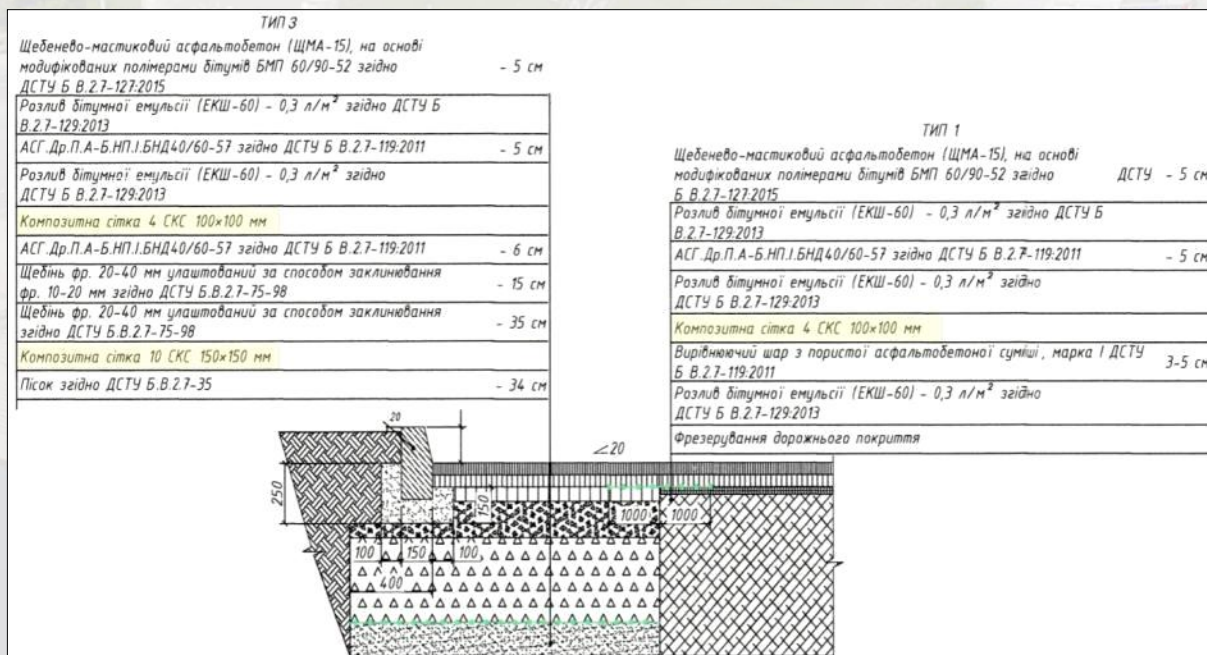
План реконструкции ул. Клочковская (Лист 5)

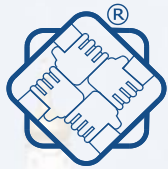


Примененные типы армирования при реконструкции ул. Клочковская и ул. Григоренко

Для повышения конструкционной прочности дорожных одежд на реконструируемых участках применялись различные схемы армирования:

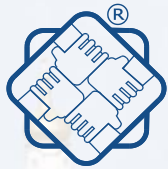
- **Тип 1**, с устройством армирующей прослойки нижнего слоя асфальтобетонного покрытия в виде стеклокомпозитной геосетки ($d_{nom}=4$ мм, ячейка 100x100 мм) ;
- **Тип 3**, с устройством армирующей прослойки дискретного основания в виде стеклокомпозитной георешетки ($d_{nom}=10$ мм, ячейка 150x150 мм) с расклиненным в ячейках георешетки уплотненным щебнем и армирующей прослойки нижнего слоя асфальтобетонного покрытия в виде стеклокомпозитной геосетки ($d_{nom}=4$ мм, ячейка 100x100 мм) ;
- **Тип 4**, с устройством дорожной бетонной плиты толщиной 220 мм с однослойным стеклокомпозитным армированием ($d_{nom}=10$ мм, ячейка 150x150 мм);





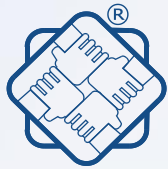
Производство работ по устройству цементобетонной плиты-основания со стеклокомпозитным армированием по ул. Клочковская





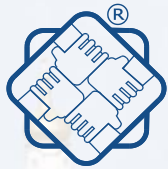
Производство работ по устройству цементобетонной плиты-основания с стеклокомпозитным армированием по ул. Григоренко



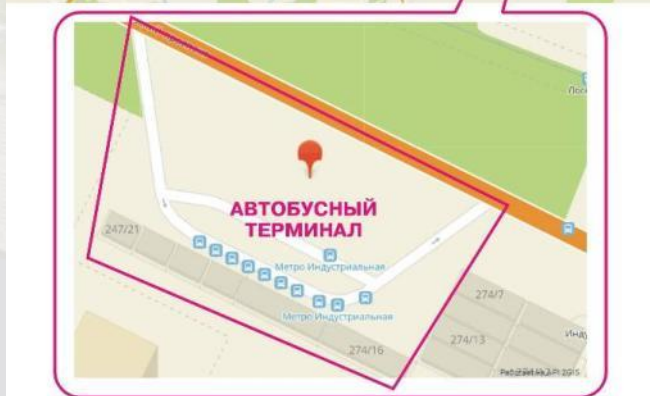
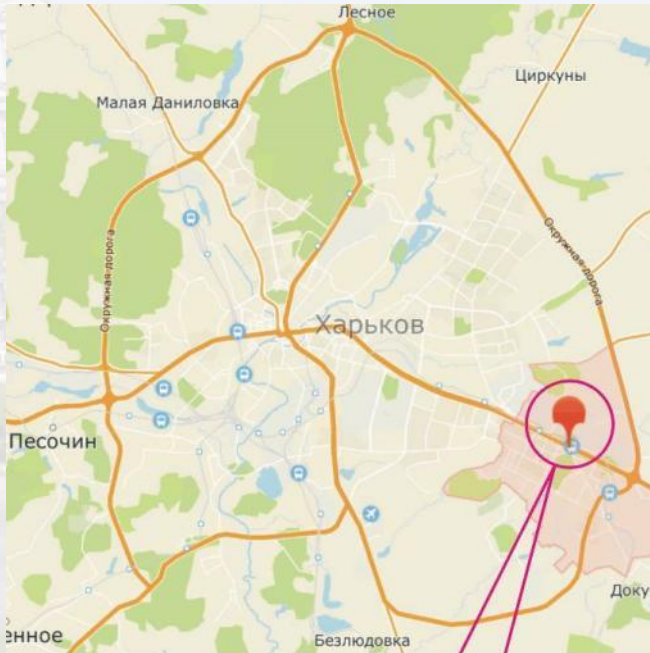


Общие технические сведения по устройству цементобетонных дорожных плит-оснований со стеклокомпозитным армированием при реконструкции ул. Клочковская и ул. Григоренко (г. Харьков)

1. Общая площадь армированных плит-оснований и усиленных дискретных оснований составила **12,3 тыс.кв.м**
2. Суммарная площадь армированных цементобетонных плит-оснований составила **6,8 тыс.кв.м**
3. Толщина бетонной плиты **200 мм**, укладка по слою гидроизоляции
4. Марка (расчетный класс) бетона – **M150 (B12,5)**
5. Тип стеклокомпозитной арматуры каркаса **Ø10 мм «Экибар» 10 АКСП ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011** производства ТГ «ЭКИПАЖ»
6. Геометрия каркаса: **150 x 150 мм**, композитная арматура **$d_{ном} = Ø10$ мм**
7. Прочность на разрыв однослойного армирующего каркаса из композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ – **210 кН/м** (21 тонна/метр ширины каркаса)
8. Для сборки однослойного армирующего каркаса потребовалось **370 км** стеклокомпозитной арматуры «Экибар» производства ТГ ЭКИПАЖ
9. Общий вес стеклокомпозитной арматуры «Экибар», использованной для проекта составил **58,0 тонн**



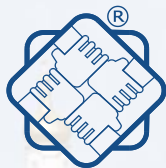
Расположение и описание автобусного терминала «Индустриальный»



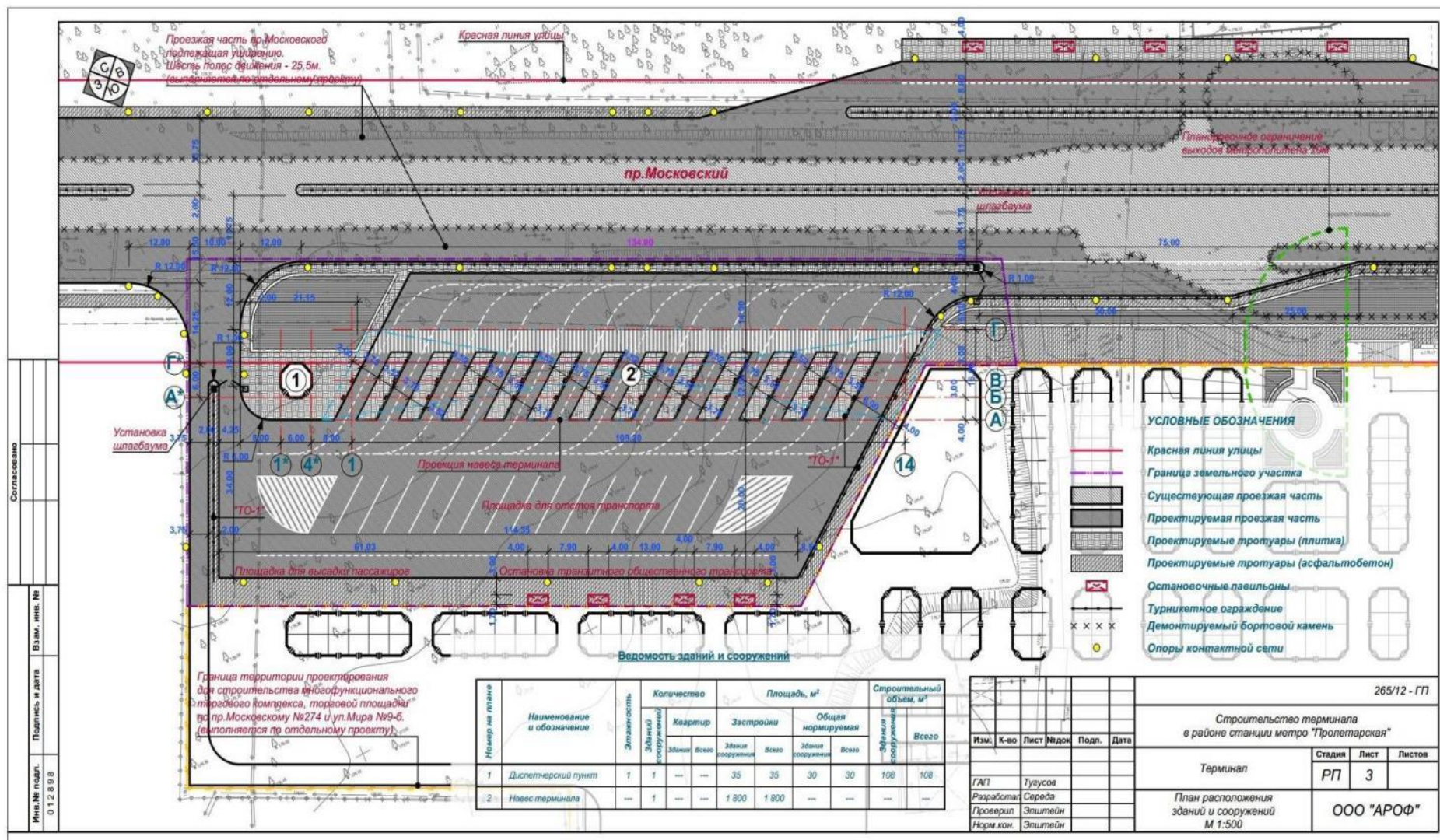
Автобусный терминал обеспечивает удобную для жителей и гостей города мультимодальную транспортную связанность мегаполиса с пригородами юго-восточного направления (на Ростов):

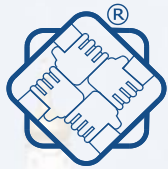
- автобусное сообщение (по области);
- метрополитен;
- ЖД (электричка) сообщение;
- троллейбус и трамвай;
- автобусное сообщение (по городу);
- такси и личный автотранспорт.

Автобусный терминал позволил разгрузить транспортные узлы центральной части города и вынес на периферию города точку фокуса плотности маятниковой суточной миграции с юго-восточного направления



Общий план автобусного терминала «Индустриальный»



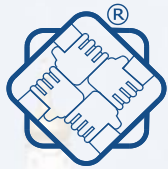


Проблематика реализации проекта Автобусного терминал «Индустриальный»



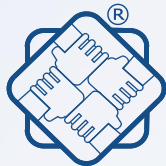
Проект предполагал решение нетривиальной задачи: обеспечить долговременную прочностную надежность дорожного покрытия терминала в условиях статических нагрузений большегрузных пассажирских автобусов.

- Нижняя точка обширного района водосбора в условиях городской застройки со сложными гидрогеологическими условиями (разнородное основание, высокая сезонная амплитуда грунтовых вод, зимние вспучивания)
- Большое количество существующих подземных коммуникаций и сетей
- Расположенные рядом с терминалом ветка метрополитена и электрифицированной ЖД



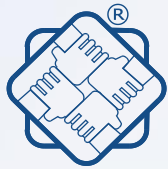
Производство работ по устройству цементобетонной плиты-основания с стеклокомпозитным армированием





Общие технические сведения по реализованному проекту однослойного каркаса из стеклокомпозитной арматуры цементобетонной дорожной плиты-основания автобусного терминала «Индустриальный» (г. Харьков)

1. Общая площадь армированных плит-оснований и усиленных дискретных оснований составила **11,8 тыс.кв.м**
2. Суммарная площадь армированных цементобетонных плит-оснований составила **6,6 тыс.кв.м**
3. Толщина бетонной плиты **200 мм**, укладка по слою гидроизоляции
4. Марка (расчетный класс) бетона – **M150 (B12,5)**
5. Геометрия каркаса: **150 x 150 мм**, композитная арматура $d_{ном} = \text{Ø}10 \text{ мм}$
6. Тип стеклокомпозитной арматуры каркаса **Ø10 мм 10 АКСП ТУ У В.2.7-25.2-21191464-024:2011** производства ТГ «ЭКИПАЖ»
7. Прочность на разрыв однослойного армирующего каркаса из композитной арматуры производства ТГ ЭКИПАЖ – **210 кН/м** (21 тонна/метр ширины каркаса)
8. Для сборки однослойного армирующего каркаса потребовалось **357 км** стеклокомпозитной арматуры «Экибар» производства ТГ ЭКИПАЖ
9. Общий вес стеклокомпозитной арматуры «Экибар», использованной для проекта составил **56,4 тонн**



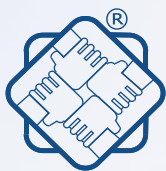
Особенности устройства цементобетонной дорожной плиты-основания автобусного терминала «Индустриальный» с однослойным каркасом из стеклокомпозитной арматуры

Работы по устройству бетонных плит основания производились в две очереди в 2017-18 и 2019 годах по причине переноса и реконструкции городских инженерных систем, и обустройства системы отвода грунтовых вод

Сборка каркаса производилась на строительной площадке из готовых карт 2х6 метров, собиравшихся в заводских условиях ТГ «ЭКИПАЖ»

Примененные материалы и технологические решения позволили обеспечить сборку армирующих каркасов общей площадью метров с 4-5% снижением цены по армированию плиты

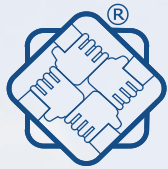
Была достигнута значительная экономия по трудоемкости и технологического времени сборки каркаса



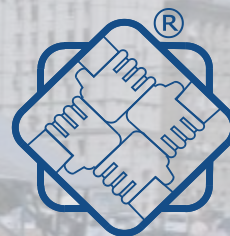
Заключение

Реализованные проекты открывают широкие перспективы применения композитного армирования в инфраструктурных цементобетонных конструкциях с продленными сроками жизненного цикла в наиболее сложных условиях эксплуатации, но требуют соблюдения следующих условий:

1. Высокое качество выпускаемой продукции и сложившаяся репутация компании-производителя
2. Действующая нормативно-техническая документация по применению КМ
3. Вовлечение ведущих отраслевых специалистов для обоснования и сопровождения проектов с применением композитного армирования вместо стального
4. Техническая и организационная готовность проектанта/сопровождающего к прохождению Госэкспертизы
5. «Короткая» связь производителя КМ с проектантом и производителем работ для быстрого решения возникающих вопросов
6. Квалификация инженерного подразделения производителя/торговца, достаточная для координации работ по проекту.



**Благодарим
за внимание**



ЭКИПАЖ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ГРУППА

Докладчик:

**Генеральный директор
Орешкин
Дмитрий Александрович**

моб. тел.: +7 (978) 7960932 RU

+7 (985) 2173843 RU

+38 (067) 5767650 UA

e-mail: d.a.oreshkin@gmail.com

