

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

**СОВРЕМЕННЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В
ПРОЕКТИРОВАНИИ, СТРОИТЕЛЬСТВЕ, РЕМОНТЕ
И СОДЕРЖАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

МАТЕРИАЛЫ

VI Международной студенческой конференции

Минск
БНТУ
2021

УДК 625.7/.8:658.51(06)

ББК 39.311я43

Д69

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

кандидат технических наук, доцент С.Е. Кравченко (председатель)

Редакторы:

кандидат технических наук, доцент В.А. Гречухин;

доктор технических наук, профессор А.В. Вавилов;

кандидат технических наук, доцент И.Е. Рак;

кандидат физико-математических наук, доцент С.В. Чернявская;

старший преподаватель Е.П. Ходан;

старший преподаватель В.А. Ходяков;

старший преподаватель Л.В. Козловская;

старший преподаватель Е.М. Жуковский;

старший преподаватель А.Ю. Будо;

старший преподаватель А.В. Забавская;

старший преподаватель Е.Ю. Мысливчик;

старший преподаватель А.В. Конопацкий

Составитель:

старший преподаватель В.А. Ходяков (зам. председателя)

В сборник включены тезисы докладов, представленных на VI Международной студенческой конференции «Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений», состоявшейся 3-4 декабря 2021 года в Белорусском национальном техническом университете.

© Белорусский национальный
технический университет, 2021

© Факультет транспортных
коммуникаций, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 МОСТЫ И ТОННЕЛИ

<i>Шевцова Элина Владимировна</i> СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ BIM - ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОДХОДНЫХ НАСЫПЕЙ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ	12
<i>Тонкушин Ян Владимирович</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ СООРУЖЕНИЯ.....	15
<i>Алижонов Абдуллажон Рахим угли</i> ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОННЕЛЯ ПРИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ ТРАНЗИТНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ МЕЖДУ КИТАЕМ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ АЗИЕЙ	18
<i>Белобокый Андрей Евгеньевич</i> ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС Г. БРЕСТ	22
<i>Боровкова Алиса Викторовна</i> ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СО СТАНЦИЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА В ГОРОДЕ БРЕСТ	26
<i>Бородич Кирилл Дмитриевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО.....	30
<i>Буянов Тимофей Олегович</i> ПЕРЕХОД К ЭКОНОМИКЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ЗА СЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ.....	33
<i>Буянов Тимофей Олегович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ МАСЛАКОВА И ПУЧКОВА	35
<i>Васюкевич Никита Юрьевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА.....	39
<i>Вашкевич Егор Александрович</i> ХРАМ БАХАИ В ЧИЛИ.....	42

<i>Воронюк Дмитрий Павлович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА	46
<i>Головач Анастасия Дмитриевна</i> МНОГОУРОВНЕВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА, СОВМЕЩЁННАЯ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ КУРЧАТОВА И ДЗЕРЖИНСКОГО	50
<i>Гомолко Андрей Феодосьевич</i> ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР	53
<i>Гречаник Александр Сергеевич</i> КАТУЧАЯ ТОННЕЛЬНАЯ ОПАЛУБКА ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА СОВМЕЩЕННОГО СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО	55
<i>Дейко Вадим Витальевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА	59
<i>Дрозд Артур Андреевич</i> ФОРТ-БРИДЖ.....	62
<i>Жданович Александр Александрович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО Н А ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ БЕЛУША И ПРОСПЕКТА РУМЛЁВСКИЙ	64
<i>Жильский Павел Дмитриевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ХАТАЕВИЧА И СОВЕТСКАЯ	66
<i>Зенько Артём Александрович</i> АРКА С ФРАНЦУЗСКИМИ ВАНТАМИ	70
<i>Ермаков Глеб Валерьевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ БЕЛУША И ПРОСПЕКТА РУМЛЁВСКИЙ	72
<i>Казак Владислав Олегович</i> ЗАВОД ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ»	75
<i>Казак Владислав Олегович</i> SKYBRIDGE MICHIGAN.....	78

<i>Казаченко Мария Владимировна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ УЛИЦЫ ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНОЙ, УЛИЦЫ ГАГРИНА И ПРОСПЕКТА ЛЕНИНА	80
<i>Калиберов Андрей Кириллович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОМЕЛЕ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ СОВЕТСКОЙ И ПРОСПЕКТА ПОБЕДЫ	83
<i>Карнейко Антон Сергеевич</i> СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЯ В ЦЕНТРЕ ГОРОДА С ПОДЗЕМНЫМ ПАРКИНГОМ И ТОРГОВЫМИ ПЛОЩАДЯМИ	86
<i>Климовец Алексей Васильевич</i> МНОГОУРОВНЕВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ КРАКОВ	89
<i>Ковальчук Ярослав Игоревич</i> КОНСТРУКЦИИ ВОКЗАЛА ЮЖНОГО КРЕСТА	94
<i>Кожедуб Павел Сергеевич</i> ИНЪЕКЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА СОВМЕЩЕННОГО СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВИТЕБСКЕ.....	96
<i>Косечник Никита Викторович</i> ЧАСОВНЯ БОШЬЕС. МЕСТО СИРИЕС, ЮАР	100
<i>Кудрявцев Андрей Игоревич</i> АВТОМОБИЛЬНЫЙ МОСТ МИСТИССИНИ (КАНАДА).....	103
<i>Кузьмич Диана Вячеславовна, Гомолко Андрей Феодосьевич</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	105
<i>Кузьмич Максим Павлович</i> ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МОСТОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ	108
<i>Кулаго Юлия Владимировна</i> МОСТЫ ГОРОДА МИНСК.....	111
<i>Кулаго Юлия Владимировна</i> ПЛАВУЧИЙ МОСТ ГОРОДА ДУБАЙ	113

<i>Сохбет Кульшиов</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА.....	115
<i>Лавор Артём Андреевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ЛЕНИНСКАЯ И ПРОСПЕКТ МИРА.....	118
<i>Лозюк Анастасия Николаевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ УЛИЦЫ ЛЕНИНСКОЙ И ПРОСПЕКТА МИРА.....	122
<i>Мороз Андрей Павлович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МИРА И ПЕРВОМАЙСКОЙ УЛИЦЫ	124
<i>Нестерович Любовь Юрьевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ВИТЕБСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТОВ МОСКОВСКОГО И ПОБЕДЫ	127
<i>Новикова Арина Станиславовна</i> ОБЪЕКТНАЯ ПРАКТИКА КАФЕДРЫ «МОСТЫ И ТОННЕЛИ»	130
<i>Передерий Андрей Андреевич</i> ЗАПАДНЫЙ СКОРОСТНОЙ ДИАМЕТР	132
<i>Подберецкий Даниил Андреевич</i> ОБРУШЕНИЕ МОСТА В ОРЕНБУРГЕ	135
<i>Приборец Анастасия Евгеньевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ШМИДТА И ПУШКИНСКОГО	137
<i>Раловец Виктория Дмитриевна</i> ЗАВОД ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ.....	139
<i>Раловец Виктория Дмитриевна</i> ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ПИНТАСАН САЛОМА	141
<i>Семерня Павел Анатольевич, Лучковский Олег Александрович</i> КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОСТОВ.....	143
<i>Станкевич Никита Александрович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В Г.ВИТЕБСК	145

<i>Степанюк Никита Евгеньевич</i> СОВЕТСКИЙ ТИТАНИК.....	148
<i>Стреж Александра Витальевна</i> МОСТЫ В ДРЕВНОСТИ.....	150
<i>Сурма Михаил Владимирович</i> «МОСТ ДУРАКОВ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ.....	153
<i>Терешко Сергей Иванович</i> СТРОИТЕЛЬСТВО РЕЗИДЕНЦИИ НАД ОЖИВЛЁННОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИЕЙ. МЕТОД ПОВОРОТНОЙ НАДВИЖКИ	155
<i>Тишевич Вадим Олегович, Петринчик Даниил Денисович</i> БЕНТОНИТОВАЯ ГЛИНА	157
<i>Тишевич Вадим Олегович</i> АМСТЕРДАМСКИЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ОТ СЕН-ВАЛЬ ЛОРАНА.....	159
<i>Турляй Игорь Викторович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МИРА И ЛЕНИНСКОЙ УЛИЦЫ	162
<i>Цейко Михаил Геннадьевич</i> ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПАРКОВКИ.....	165
<i>Шарко Евгений Андреевич</i> ЗАВОД ЖБМК В ФАНИПОЛЕ.....	168
<i>Шевелёв Николай Леонидович</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ УЛ. СМОЛЕНСКОЙ И ПРОСПЕКТА МОСКОВСКОГО, Г. ВИТЕБСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ	171
<i>Шельманов Павел Сергеевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСК, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ОРЛОВСКАЯ И ДОЛГИНОВСКИЙ ТРАКТ.....	175
<i>Шибалко Владислав Николаевич</i> ДЕРЕВЯННЫЕ АРКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	179
<i>Шостко Олег Витальевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСКА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ УЛИЦЫ МАКАЁНКА И ПРОСПЕКТА НЕЗАВИСИМОСТИ.....	182

Секция 2
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

<i>Баходиров Хасан Зариф Угли</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ ПЛАТНЫХ ДОРОГ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН.....	186
<i>Борисенко Елена Александровна, Викин Евгений Николаевич</i> ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	192
<i>Ветров Арсений Николаевич, Ливенцев Константин Евгеньевич</i> АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ – СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ	198
<i>Воробьева Екатерина Александровна</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ: ПРИМЕНЕНИЕ ГИС И САПР	203
<i>Засимович Ольга Игоревна</i> СОСТОЯНИЕ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТРАНЫ.....	205
<i>Камченбеков Киличбек, Суяров Аброр, Рахмонов Шерзод</i> ТРАНСПОРТНЫЕ ИНОВАЦИИ БУДУЩЕГО	209
<i>Комаров Никита Александрович</i> ПРИМЕНЕНИЕ ИЗВЕСТИ ПРИ УКРЕПЛЕНИЕ МЕСТНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ	215
<i>Кудласевич Анжелика Владимировна, Войтехович Анастасия Владимировна</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА.....	218
<i>Кудласевич Анжелика Владимировна, Войтехович Анастасия Владимировна</i> АЭРОДРОМНЫЕ ПОКРЫТИЯ	220
<i>Кулаго Юлия Владимировна</i> ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА В БОЛЬШИХ ГОРОДАХ.....	226
<i>Лосев Иван Владимирович</i> К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.....	228

<i>Одилова Ёркиной Дониёр кизи</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА	231
<i>Осмоловская Наталья Сергеевна, Вершило Павел Казимирович</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ПРОГРАММЕ CREDO-ДОРОГИ	235
<i>Печенина Виктория Игоревна</i> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НЕЖЁСТКОГО ТИПА.	240
<i>Цухло Анастасия Анатольевна, Махнач Александра Михайловна</i> ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЦВЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ.....	244
<i>Белоусов Андрей Владимирович</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ СОВМЕЩЁННЫМИ МЕТОДАМИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	248

Секция 3 ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

<i>Лимонт Александр Витальевич, Салтанов Иван Игоревич, Святохо Ольга Викторовна</i> МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ НАЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТОННЕЛЕЙ.....	252
<i>Антонович Антон Сергеевич, Гринкевич Илья Вадимович, Мартинович Илья Сергеевич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАЗЕМНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОСНОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА	256
<i>Мацкевич Илья Олегович, Горбач Илья Витальевич, Головкин Кирилл Юрьевич</i> ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ТОННЕЛЬНЫХ ЩИТОВ ТПМК	260
<i>Борель Вадим Николаевич, Каткович Семен Валерьевич, Климовец Алексей Васильевич</i> ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК С ПОМОЩЬЮ ГИРОКОМПАСА.....	267
<i>Гречаник Александр Сергеевич, Федянин Георгий Дмитриевич, Кожедуб Павел Сергеевич, Андриевич Дмитрий Васильевич</i> МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТЕБЕЛ	272

Секция 4
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Барышев Даниил Андреевич</i> АВТОМАТЕЗИРОВАННЫЕ ПАРКОВКИ.....	277
<i>Барышев Даниил Андреевич</i> РЕТРОСПЕКТИВА ЛИФТОСТРОЕНИЯ.....	279
<i>Барышев Даниил Андреевич</i> ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АВТОМАТЕЗИРОВАННЫХ ПАРКОВОК ДЛЯ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ.....	282

Секция 5
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<i>Сражаддинова Назира Бахадыровна</i> АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА РУБЕЖОМ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН.....	286
<i>Батуро Максим Юрьевич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦ И ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	290
<i>Жидкова Дарья Александровна</i> ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ ВБЛИЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НА ИХ СОСТОЯНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ	295
<i>Анципорович Владислав Витальевич, Ахалли Илья Саидович</i> ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ С УЧЕТОМ МАЛОЙ СТЕПЕНИ ЕЕ ПОЛОГОСТИ	298

Секция 1

МОСТЫ И ТОННЕЛИ

СОВРЕМЕННОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ BIM - ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОДХОДНЫХ НАСЫПЕЙ МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ

Шевцова Элина Владимировна, студент 5-го курса

кафедры «Путь и Путьевое хозяйство»

Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва

(Научный руководитель – Зайцев А.А., канд. тех. наук)

Процесс цифровой трансформации организаций сейчас активно развивается абсолютно во всех отраслях, в том числе и в строительстве. В этой отрасли одной из ключевых технологий в рамках цифровой трансформации отрасли является внедрение технологий информационного моделирования (BIM-технологий). Данные технологии предоставляют новые возможности в области управления проектами. BIM (Building Information Modeling) - обозначает комплекс мероприятий и работ по управлению жизненным циклом здания, начиная от проекта и заканчивая демонтажем. Информационное моделирование зданий (BIM) позволяет людям, процессам и инструментам эффективно работать вместе на протяжении всего срока действия проекта. Принципы BIM могут быть применены также в геологии и геотехнике.

Основная часть подхода к BIM - это программное обеспечение Стратиграфии с другими программами, такими как GEO 5. В программном обеспечении мы начинаем со сбора информации и данных о местоположении, продолжая создавать 3D-модель. Так же эти технологии применяют при проектировании подходов насыпей к мостовому переходу.

Пример рабочего процесса может включать в себя различные этапы, в т.ч.: загрузку текущих и исторических карт местности; загрузку геодезически обследованных точек местности; загрузку существующих скважин и полевых испытаний из общедоступных онлайн-источников; определение планируемого исследования объекта и отправки данных на мобильное устройство; загрузку данных об исследовании мета проектирования с мобильного устройства; загрузку изображений и видеофайлов; коррекцию данных скважин и полевых испытаний, в т.ч. создание отчета о геологических исследованиях; загрузку данных лабораторных испытаний; определение требуемых геологических профилей грунтов путем интерпретации полевых испытаний; объединение и формирование геотехнических типов грунтов (в инженерно-геологические элементы); создание геологических поперечных сечений; создание 3D-модели

по поперечным сечениям; расчет геотехнических параметров грунтов; экспорт 3D-модели, профилей грунтов, поперечных сечений в другие программы для геотехнических расчетов.

Все геотехнические данные, от геологической съемки до результатов анализа, создаются и хранятся в программах GEO 5. Однако в любой момент можно поделиться данными с различными программами. [3]

Насыпи подходов к мостам на поймах по сравнению с насыпями такой же высоты на неподтопляемых участках дорог работают в весьма неблагоприятных условиях. При периодическом подтоплении в паводки на пойменные насыпи воздействуют волнобой, ледоход, продольные течения с верховой стороны мостовых переходов, особенно опасные вблизи мостов. [1]

Насыщение земляного полотна водой на подъеме паводка предопределяет резкое ухудшение условий работы пойменных насыпей (особенно высоких) на его спаде, когда в результате снижения физико-механических свойств грунтов и появления дополнительного гидродинамического давления в значительной степени уменьшаются коэффициенты устойчивости откосов. Поэтому подходные насыпи следует укреплять устройством подпорной стены с помощью ВМ – технологий. [1]

Так, например, при строительстве второго пути участка Им. Максима Горького - Котельниково Приволжской железной дороги, из-за стеснённых условий строительства возникла необходимость устройства армогрунтовой подпорной конструкции.

Данный район изысканий расположен на территории Светлоярского и Советского районов Волгоградской области. По генезису на изучаемом участке были выделены две группы грунтов: техногенные и природные. Техногенные грунты на участке изысканий представлены суглинками, песками которые слагают ж.д. насыпь. Ниже по разрезу залегают естественные грунты: суглинки твердые распространены повсеместно и подстилают выше лежащие техногенные грунты. Также на территории изысканий установлено наличие специфических грунтов: техногенные грунты и просадочные суглинки.

Исходя из местных условий объекта проектирования, фактических, геодезических и геологических изысканий видно, что на данном участке для того чтобы минимизировать работы на устройство II-го пути, а также с учетом технологических, экономических и эксплуатационных факторов, самым оптимальным вариантом укрепления откоса насыпи является вариант с устройством армогрунтовой подпорной стены. [2]

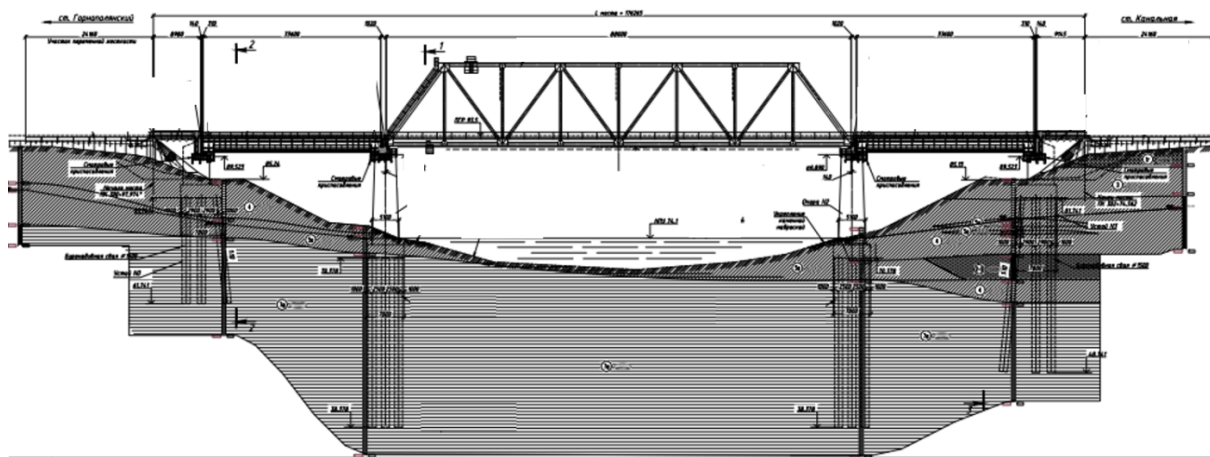


Рисунок 1 – Подходные насыпи мостового сооружения при $L_{\text{моста}} = 176265$ м на участке Им. Максима Горького - Котельниково Приволжской железной дороги [2]

Таким образом, благодаря BIM – технологиям мы можем более точно производить расчеты, заранее, на этапе проектирования, проанализировать все возможные риски при возведении и эксплуатации подходных насыпей мостового сооружения. К тому же обеспечивает большую экономию времени и хранение всех данных в одном месте.

Литература:

1. Лагутин С.С. Проект мероприятий по обеспечению эксплуатационной надежности земляного полотна: дипломный проект:11.06.2017/ руководитель Зайцев А.А. . - Москва, 2017. -128л.
2. Зайцев А.А. Оценка эффективности армогрунтовых конструкций на железнодорожном транспорте: научная статья в журнале «Механизация строительства»// Издательство «Креативная экономика» - Москва, 2014. – с. 32-37
3. Национальный правовой Интернет - Россия [Электронные ресурсы]. – Режим доступа: <https://www.finesoftware.eu/geotechnical-software/geo5-and-geotechnical-bim/> Дата доступа: 29.11.21.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЗА СОСТОЯНИЕМ СООРУЖЕНИЯ

*Тонкушин Ян Владимирович, студент 2-го курса
факультет «Мосты и тоннели»*

*Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск.
(Научный руководитель – Цветков Д.Н., канд. техн. наук, доцент)*

В работе представлен один из возможных вариантов решения проблемы идентификации повреждений в элементах искусственных сооружений (ИССО). Пример несвоевременного обнаружения повреждений и, как следствие, обрушение пролетного строения моста, приведен на (Рисунок 1). В статье предлагается вариант архитектуры системы мониторинга за состоянием мостовых сооружений.



Рисунок 1 – Обрушение пролетного строения

Главная задача: средствами информационных технологий автоматизировать процесс оценки состояния сооружения с целью преждевременного предупреждения и предотвращения аварийных ситуаций.

Представляется следующая концепция проекта: пользователь – доверенный работник РЖД регистрирует и инициирует установку датчиков на необходимые объекты, вносит в базу данных точное месторасположение установленного датчика. Далее любой уполномоченный работник РЖД сможет,

в случае возникновения внештатной ситуации, вовремя реагировать на возникающие нагрузки и предпринять действия для их устранения.

Из множества программ было решено использовать среду разработки Visual Studio Code. Данный компилятор показался наилучшим выбором.

На первом этапе было принято решение о разработке программного модуля для создания 2D-модели пролетного строения с главными решетчатыми фермами. В процессе работы был создан вариант программы, позволяющей формировать модель пролетного строения разной длины (Рисунок 2, Рисунок 3).

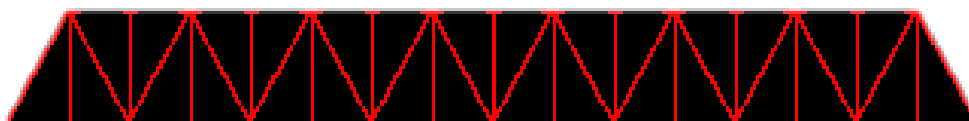


Рисунок 2 – Ферма с параллельными поясами

Использовались библиотека PIL и средства растровой графики.

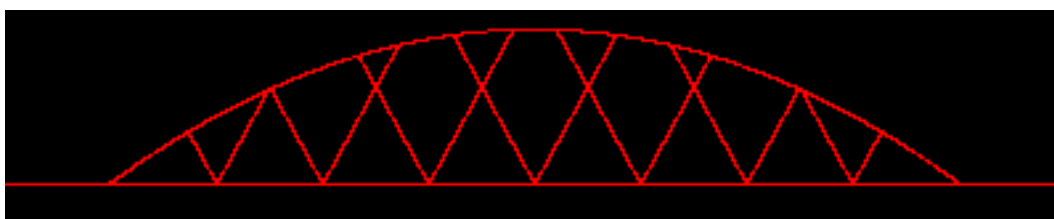


Рисунок 3 – Ферма с полигональным верхним поясом

На втором этапе работы создавался пользовательский интерфейс общения с базой данных для получения информации о пропущенных нагрузках. Была создана страница HTML с использованием CSS. (Рисунок 4) В дальнейшем, планируется подключится какими-либо средствами python к странице с данными.

Км	Пк	Тип датчика	Схема ПС	Состояние
1	1	1	1	1

Рисунок 4 – Содержание страницы HTML

Средствами PostgreSQL создана база данных и разработан интерфейс к ней на языке python (Рисунок 5). На данный момент имеется возможность получить данные, записанные в таблицу базы данных внутри python.

```
[Running] python -u "f:\Python\KoT\SQL_connect.py"
Database opened successfully
id = 1
Km = 4
Pik = 1
susspend1 = 1589
susspend2 = 2001

id = 2
Km = 5
Pik = 4
susspend1 = 1257
susspend2 = 1634

Operation done successfully

[Done] exited with code=0 in 0.173 seconds
```

Рисунок 5 – Листинг программы на python

В планах дальнейшей работы над проектом доработка интерфейса взаимодействия с БД, расширение перечня типов 2D-моделей пролетных строений, оптимизация структуры базы данных.

ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТОННЕЛЯ ПРИ ПЕРЕКЛЮЧЕНИИ ТРАНЗИТНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ МЕЖДУ КИТАЕМ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ АЗИЕЙ

Алижонов Абдуллажон Рахим угли, студент 1-го курса
кафедры «Инженерия железных дорог»

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент
(Научный руководитель – Умаров Х.К., канд. техн. наук, доцент)

Согласно Постановлению Правительства Республики Узбекистан № ПП-1985 в 2013 году начато строительство железной дороги Ангрэн – Пап. Реализация проекта, разработанного с учётом сложнейших инженерно-топографических условий и введение в эксплуатацию вышеуказанной железнодорожной линии запланировано на 2016 год. В составе проектной документации имеется уникальный проект по строительству 19 километрового тоннеля [1].



Рисунок 1 – Схема размещения маршрута тоннеля

Проектом предусмотрено не только соединить железной дорогой Ферганскую долину с остальной частью территории Республики Узбекистан, но и обеспечить кратчайшие пути для экономического взаимодействия территорий Западного Китая с Южной Азией. Однако планы по соединению Западного Китая со странами Южной Азии в силу ряда причин откладываются на неопределенное время.

В данный момент, решение вопроса соединения Западного Китая с Южной Азией набирает обороты за счет пересмотра причин, по которым и было приостановлено соединение этих двух важных территорий. Реализация планов, в ближайшее время, по соединению Западного Китая со странами Южной Азии по линии Ангрэн - Пап может привести к значительному росту размеров перевозок [2-3]. Однако, ситуация с объемами перевозок в первые 5 - 15 лет при условии эксплуатации железнодорожной линии Ангрэн - Пап и находящейся в её составе 19-ти километрового тоннеля весьма неопределенна.

Результаты тяговых расчетов показали, что мощность тоннеля предполагается для осуществления грузовых перевозок в размере 21 пары поездов в сутки [4]. На перегоне «ст. Сардала - Разъезд 2» расположен тоннель протяженностью 19 км (рис.1).

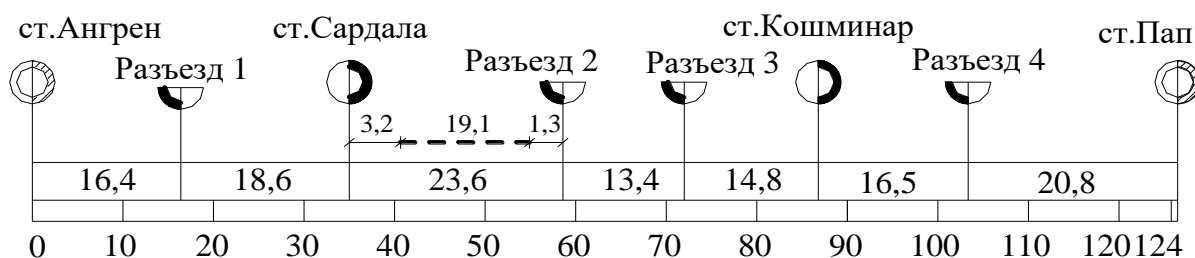


Рисунок 2 – Схема железнодорожная линия Ангрэн – Пап

В 2024 году будет подключение транзитных грузов из Китая и Южной Кореи в Центральную и Южную Азию и обратно по линии Ангрэн – Пап, то потребная пропускная способность на линии резко увеличиться на 12 пар поездов в сутки. В связи с этим уже в 2024 году линия не будут соответствовать потребной пропускной способности, что вызывает необходимость усиления ее мощности.

Анализ мероприятий линии Ангрэн - Пап по схеме усиления мощности «разъезды – двухпутные вставки – второй путь» показал общую целесообразность принятых проектных решений. Однако, в процессе эксплуатации на ограничивающем перегоне «ст. Сардала – Разъезд 2» устройства разъезда либо строительство двухпутной вставки для организации безостановочного скрещения поездов невозможно. Проблемным местом для увеличения пропускной способности на перегоне является тоннель

протяженностью 19 км. Поэтому целесообразно было бы строительство в тоннеле двухпутной вставки и устройства автоблокировки на всей линии во время реализации основного проекта.

На перспективу овладения перевозками есть возможность увеличения длины состава до имеющейся полезной длины приемоотправочных путей, в итоге увеличится провозная способность.

Ниже представлены предлагаемые мероприятия по усилению перечисленных перегонов.

Усиление мощности на третьем перегоне (ст. Сардала – Разъезд 2) осуществляется путём удлинения приёмо-отправочного пути, как с начала, так и с конца рассматриваемого тоннеля. Расстояние от ст. Сардала до начала тоннеля составляет 3,2 км, с максимальным уклоном в 25‰ и от конца тоннеля до Разъезда 2 составляет 1,3 км с максимальным уклоном 26‰ соответственно (рис 3). Тоннель имеет двухскатный уклон, +20‰, 10‰, 5,4‰ и -5,5‰ продольный равномерный уклон с западного портала к восточному portalу, а максимальная глубина составляет около 1275 м. Если предложенное мероприятие будет выполнено во время строительства основного проекта, это будет экономически выгодно на 20-25 %, так как рассматриваемый перегон будет усиливаться в перспективе.

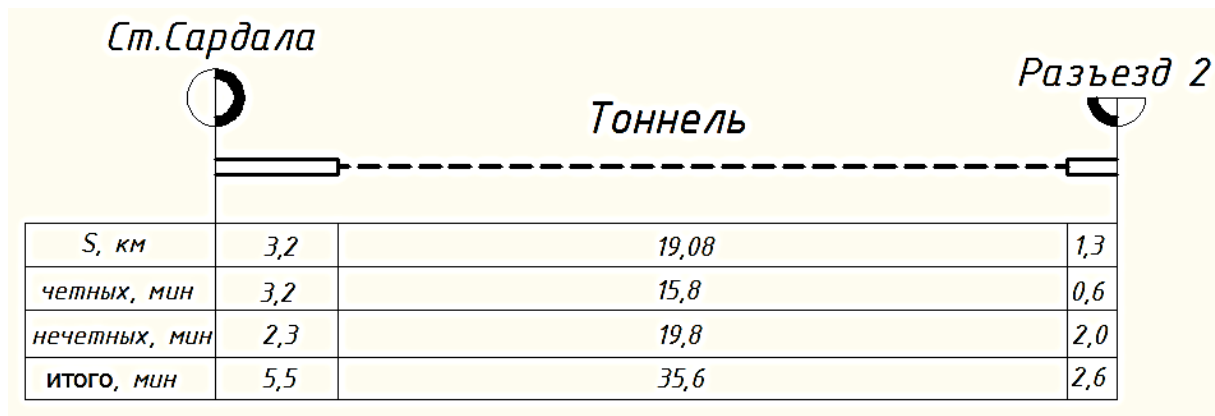


Рисунок 3 – Схема перегона «ст. Сардала – Разъезд 2»

На основе изложенного можно сделать следующие выводы:

1. Овладение перевозками предполагается на перегоне «ст. Сардала – Разъезд 2» путём удлинения приёмо-отправочного путей как с начала, так и с конца рассматриваемого тоннеля.

2. На перегоне «ст. Сардала – Разъезд 2» путём удлинения приёмо-отправочного путей как с начала, так и с конца рассматриваемого тоннеля повысить количество грузовых поездов на участках на 4 пар в сутки.

Литература:

1. Umarov Kh. Aliev O. Assessment of Decision-Making at Substantiating the Strengthening of the Railway Capacity of Uzbekistan in the Conditions of Uncertainty and Risks. / *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology* // Vol. 6, Issue 9, September 2019. – p. 10832-10837. ISSN: 2350-0328.
2. Umarov Kh. Mathematical model for forecasting freight flows between Ferghana valley and other regions of Uzbekistan. *Philosophical Readings XIII.4* (2021), pp. 1318-1328;
3. Умаров Х.К. Математическая модель по прогнозированию грузопотока Китая и Южной Кореи между Центральной и Южной Азией / Х.К. Умаров, Е.С. Свинцов // *Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения*. – 2017. – Вып. 2 (66). – 69-75 с.
4. Умаров Х.К. Саидов А.С. Мавлонов М.О. Усиление мощности 19-километрового тоннеля при переключении транзитных грузопотоков между Китаем и центральной и южной Азией. *Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений*, Минск БНТУ 2020. – 41-47 с.

ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС Г. БРЕСТ

*Белобокий Андрей Евгеньевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В рамках проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения», был запроектирован подземный комплекс в городе Бресте. Подземное сооружение поспособствует улучшению транспортной логистики города.

Проект разработан на перспективу, при условии затруднения дорожного движения в 9-и балльной шкале. Объект располагается на пересечении улицы Пушкинской и бульваром Космонавтов (Рис. 1), координаты (Рис. 2).

Тоннели представляет конструктивно-архитектурное решение, предусматривающее возведения под ними одного торгово-развлекательного комплекса в котором размещаются необходимые для полного функционирования города. Часть здания будет предоставляться арендаторам, которые смогут разместить внутри какие-либо объекты (фуд-корт, логистический центр, и т.д.).

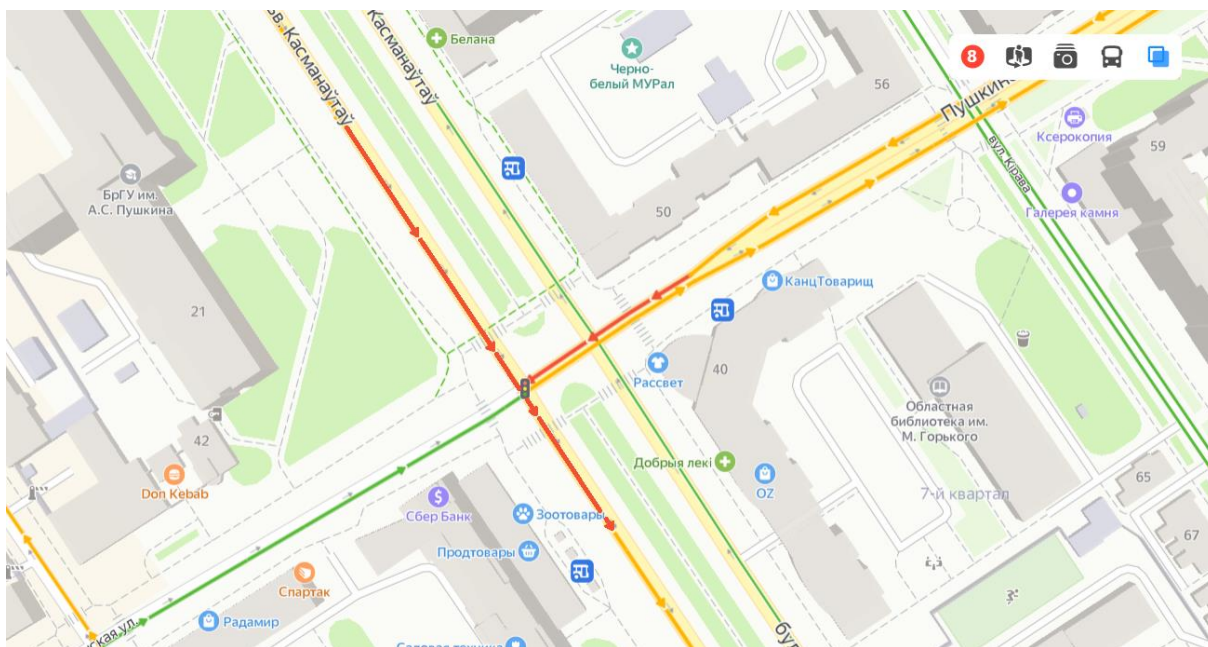


Рисунок 1 – Перекресток между Пушкинской улицей и бульваром Космонавтов

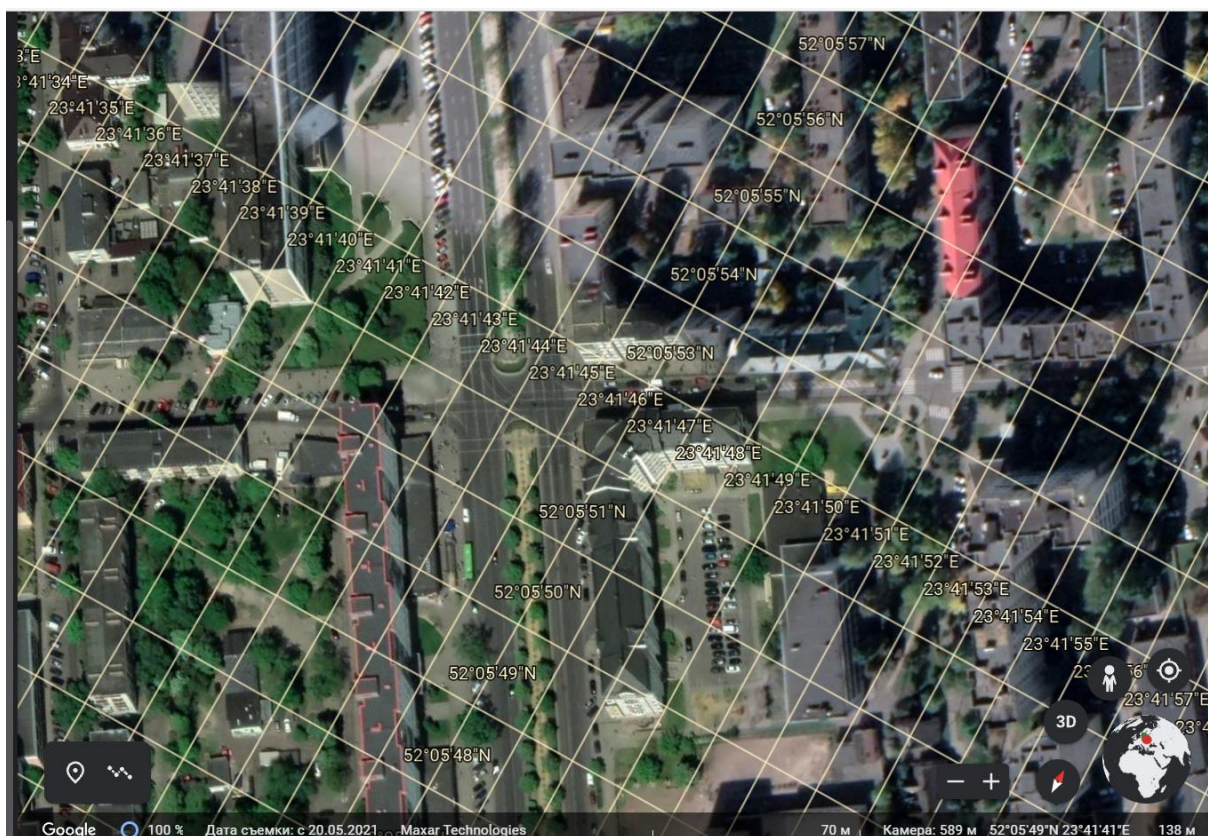


Рисунок 2 – Координаты перекрестка

Модель создана с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 3). Это позволяет инженерам проработать конструктивные решения сооружения. Кроме того, использование виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях застройки.

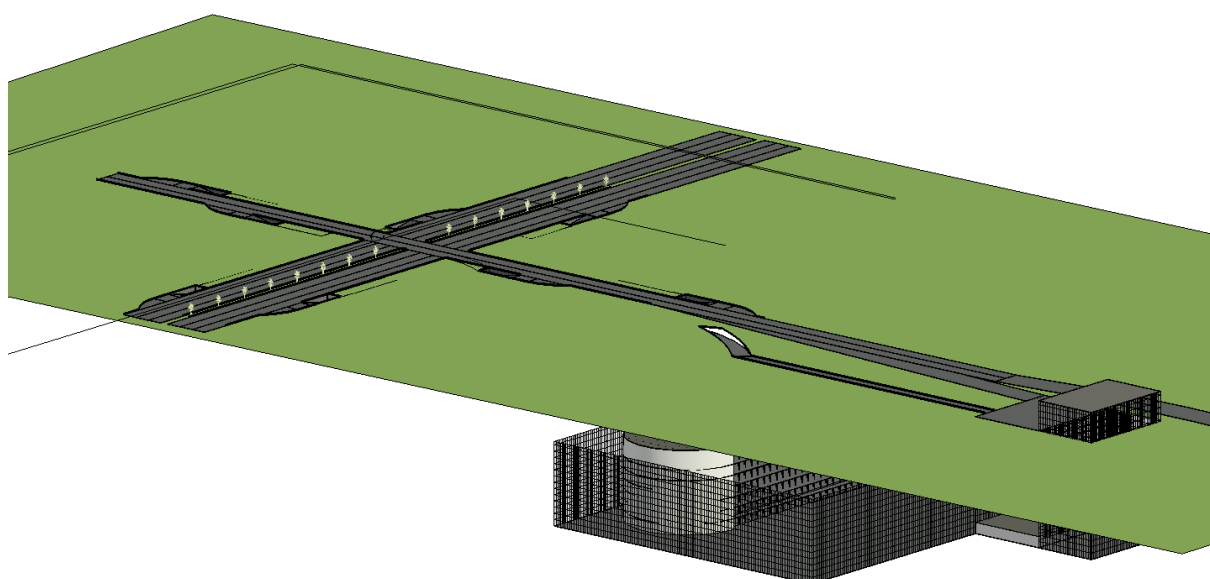


Рисунок 3 – 3D вид

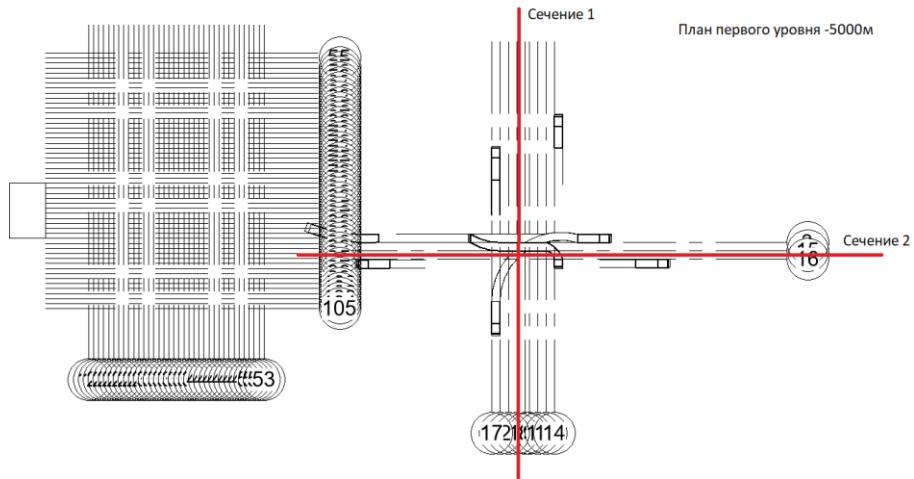


Рисунок 4 – План первого уровня. Отметка -5м

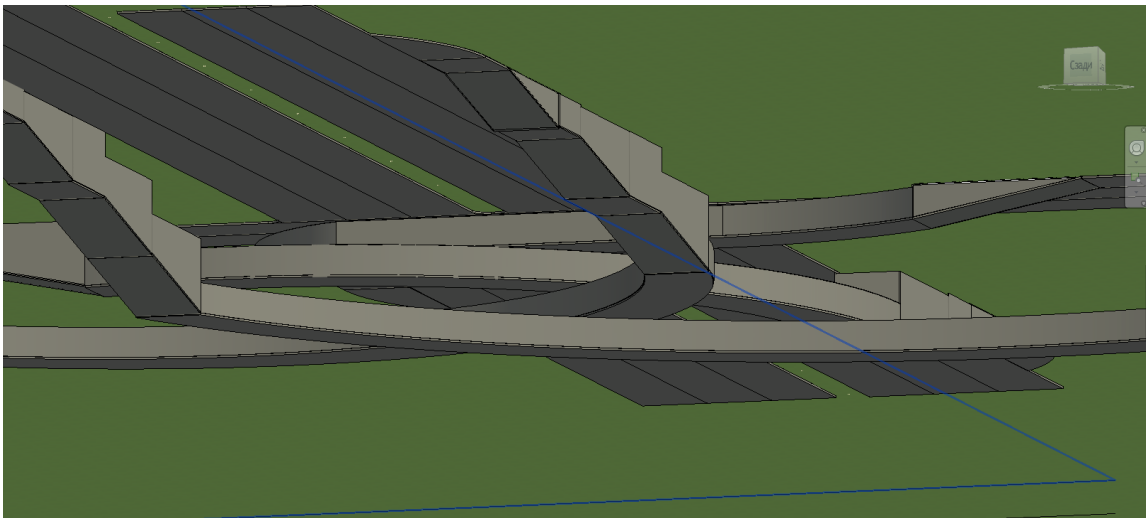


Рисунок 5 – Общий вид портала

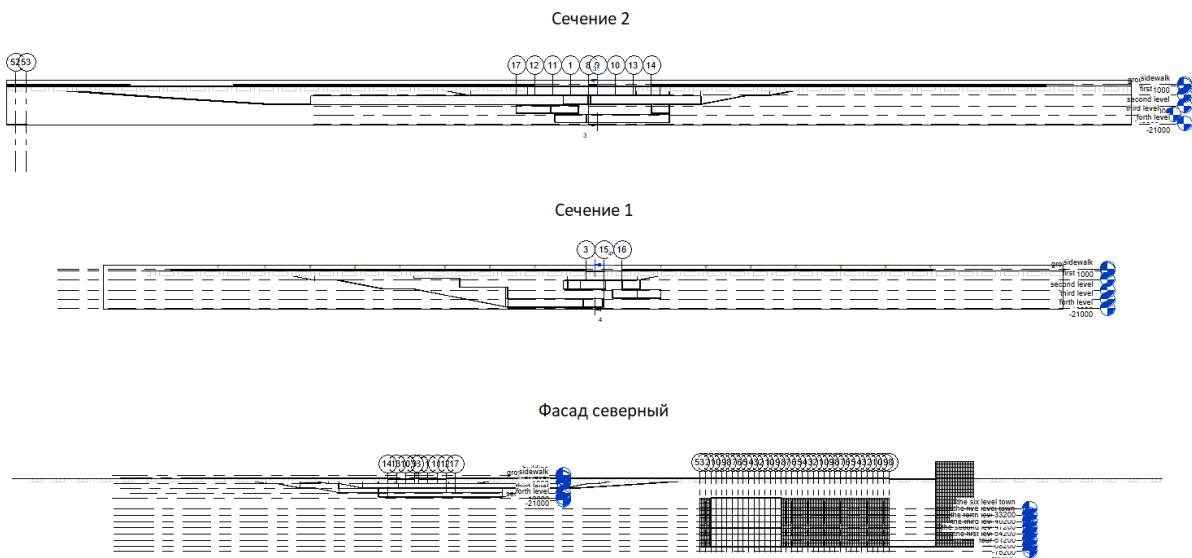


Рисунок 6 – Сечение 1, сечение 2, фасад северный.

Данный комплекс соответствует международным стандартам. Присутствуют полосы разгона и торможения. Для заезда в подземный комплекс предусмотрел лифт для автомобилей неподалеку от перекрестка. Благодаря выгодному расположению этого многофункционального комплекса, он будет пользоваться большим спросом среди жителей города.

ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СО СТАНЦИЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА В ГОРОДЕ БРЕСТ

*Боровкова Алиса Викторовна, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В рамках научной работы, для строительства подземной транспортной развязки и многофункционального подземного комплекса со станцией метрополитена был выбран город Брест. Местом строительства стало пересечение бульвара Шевченко и проспекта Машерова. (Рис. 1)

На генеральном плане изображены предполагаемый вид автомобильной дороги, порталы съездов и выездов подземного сооружения. (Рис. 2)

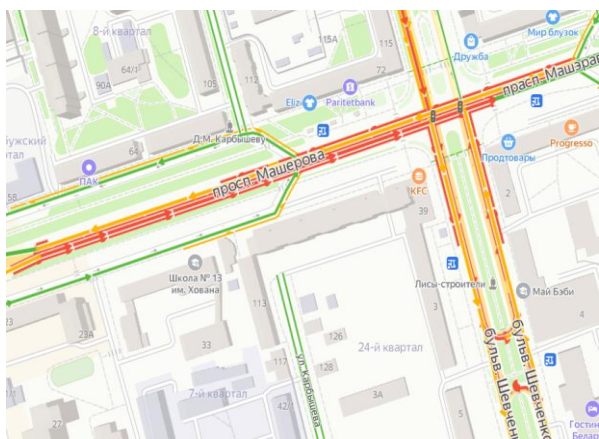


Рисунок 1 – Дорожная ситуация на перекрёстке

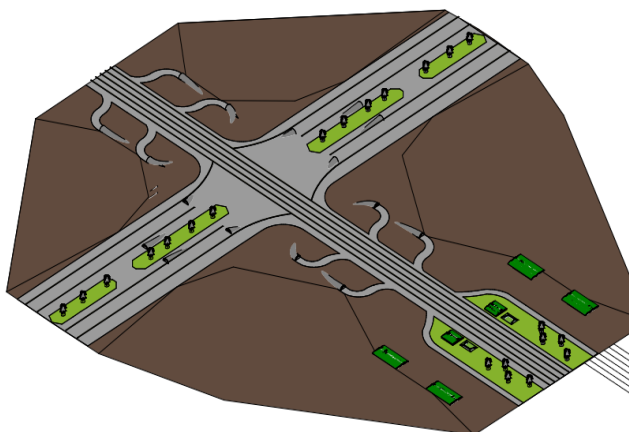


Рисунок 2 – Генеральный план

Для двух подземных развязок спроектированы четыре съезда и четыре выезда, круговые съезды и выезды в подземный паркинг. (Рис. 3)

Для станции метрополитена спроектированы четыре входа/выхода, возле двух из них расположены автобусные остановки. Разработаны подземные переходы для передвижения между подземным паркингом многофункциональным подземным комплексом и станцией метрополитена. (Рис. 4)

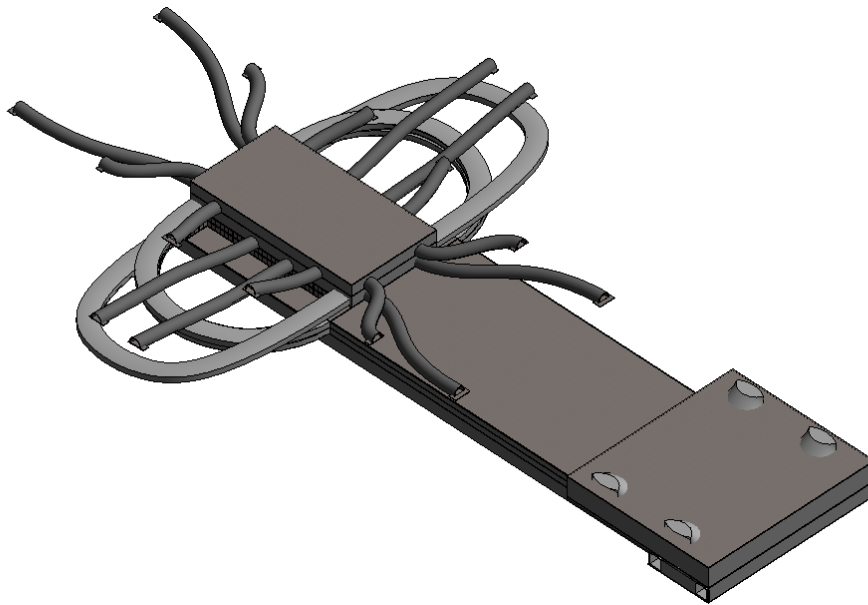


Рисунок 3 – Концептуальная модель подземной транспортной развязки и многофункционального подземного комплекса со станцией метрополитена

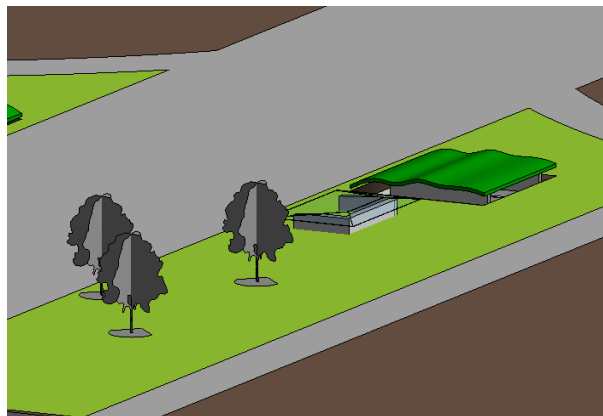


Рисунок 4 – Вход/выход из станции метрополитена рядом с автобусной остановкой

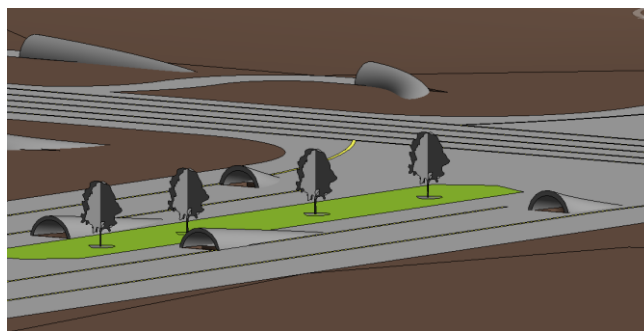


Рисунок 5 – Порталы въезда в подземное сооружение и выезда из него

Подземный паркинг предусматривает по шестьдесят парковочных мест на первом и втором этажах.

Подземный многофункциональный комплекс большой по площади. Здесь могут располагаться помещения различного предназначения, такие как:

- офисы;

- места для отдыха;
- торговые залы;
- рестораны;
- развлекательные центры;
- спортивные комплексы;
- кинозалы.

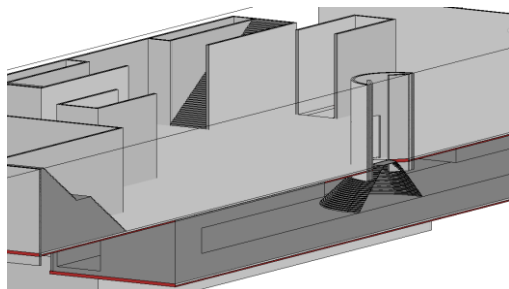


Рисунок 6 – 3D-разрез станции метрополитена и подземного пешеходного перехода

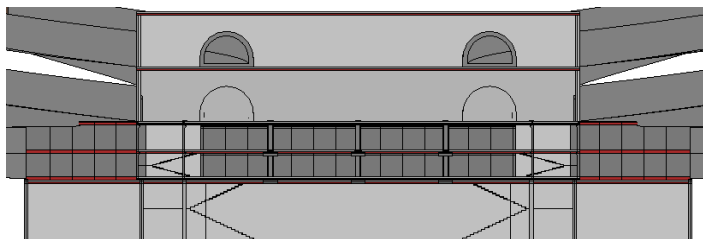


Рисунок 7 – Перекресток, паркинг, подземный комплекс в разрезе

Для 3D-визуализации проекта был использован игровой движок Unreal Engine. (Рис. 8, 9)

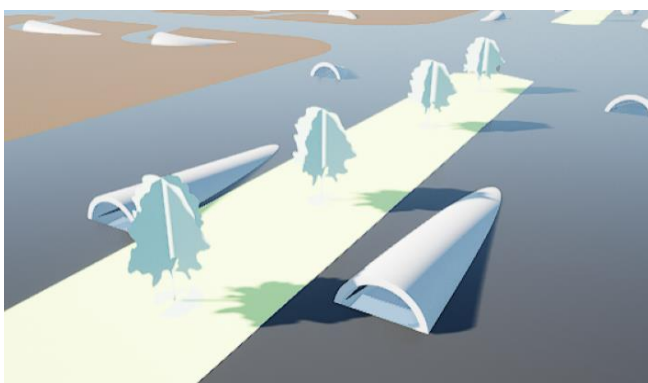


Рисунок 8 – Съезды и выезды в подземное сооружение в Unreal Engine

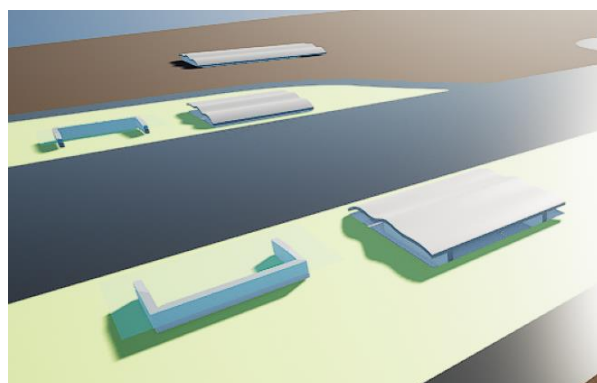


Рисунок 9 – Вход/выход станции метрополитена в Unreal Engine

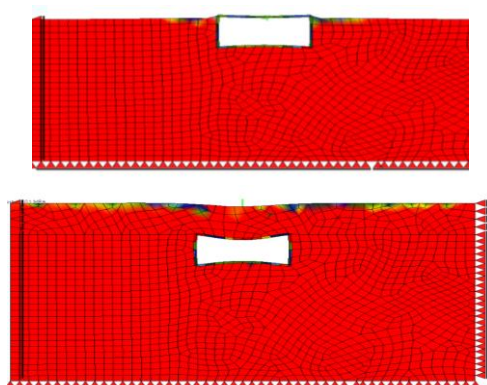


Рисунок 10 – Расчетная схема тоннеля в SoFiSTiK

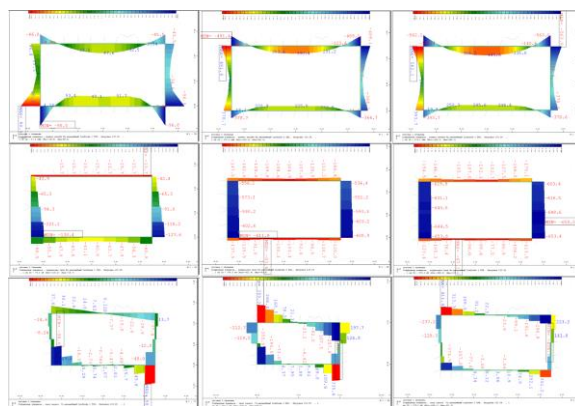


Рисунок 11 – Анализ тоннеля в SoFiSTiK

Расчет конструктивных элементов тоннеля был произведен в программном комплексе SoFiSTiK.

Литература:

1. ТКП 45-3.03-115-2008 (02250). МЕТРОПОЛИТЕНЬ. Строительные нормы проектирования.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
3. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
4. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
5. Храпов В. Г. Тоннели и метрополитены: Учебник для вузов. – М.: Транспорт, 1989. 383 с.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО

*Бородич Кирилл Дмитриевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Цель данной работы - запроектировать подземную развязку в городе Гродно, с целью снизить загруженность на пересечении улиц: Советских Пограничников, Горновых, Победы. (Рис. 1). Принято решение запроектировать несколько тоннелей, которые снизят загруженность на данном участке дороги, что позволит организовать движение без светофора. Стояла задача снизить загруженность данного перекрестка (Рис. 2).



Рисунок 1 – Генеральный план



Рисунок 4 – Архитектурно-планировочное решение

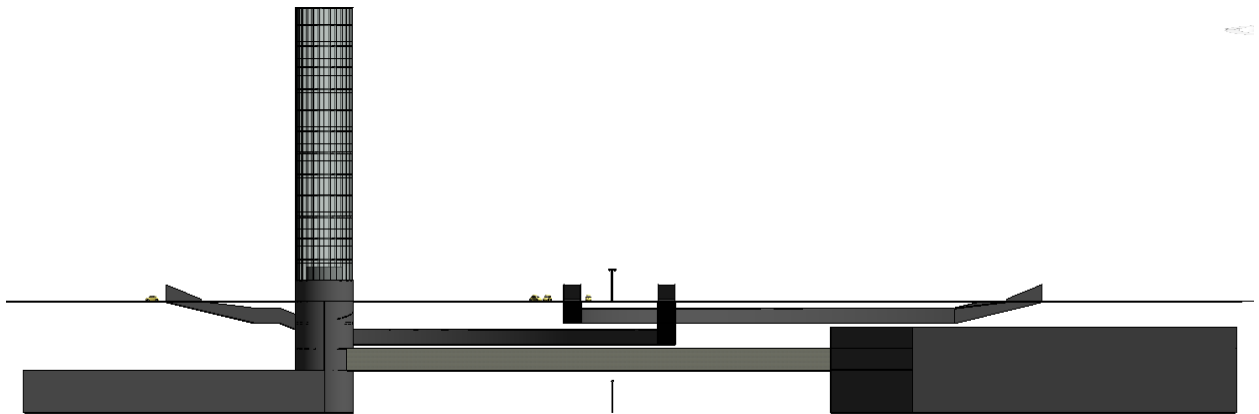


Рисунок 5 – Вид сбоку

Совместно с тоннелями был запроектирован многофункциональный подземный комплекс, состоящий из двух модулей, соединенных между собой отдельным тоннелем, оборудованным бустерами для быстрого перемещения между ними. Первый модуль представляет собой офисное здание переходящее в подземный паркинг, второй – торгово-развлекательное помещение, что актуально для данного города.

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

ПЕРЕХОД К ЭКОНОМИКЕ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ЗА СЧЕТ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИННОВАЦИЙ

Буянов Тимофей Олегович, студент 4-го курса

кафедры «Мосты и тоннели»

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Галковская Л. А., старший преподаватель)*

Переход к экономике замкнутого цикла имеет решающее значение для достижения климатических целей. Проблему выбросов только на 55% можно решить с помощью возобновляемых источников энергии и повышения энергоэффективности. Остальные 45% решаются за счет изменения способа производства и потребления материалов. Подход экономики замкнутого цикла к проектированию, производству и потреблению товаров устраняет отходы и тем самым сохраняет окружающую среду. Простыми словами, гарантирует то, что мы можем жить по средствам и в гармонии с планетой.

Строительный сектор предлагает огромный потенциал для значительных изменений. На выбросы парниковых газов (ПГ) в этом секторе приходится примерно 40% общих выбросов ПГ – около одной трети на этапе строительства, а оставшиеся две трети – при эксплуатации зданий и сооружений.

Ряд недавних инноваций со всего мира показывает интерес к переходу от линейной к циркулярной экономике. Примером такой инновации является следующая.

Правительство Нидерландов и частная строительная организация поспособствовали строительству первого кольцевого железобетонного моста в Нидерландах. Элементы этого моста модульные, их без значительных трудностей можно разбирать, перемещать и повторно использовать, что тем самым продлевает жизненный цикл сооружения. Мост запроектирован согласно замкнутому циклу: иными словами, нет отходов, повторное использование не требует нового сырья, а использованное сырье находит новое применение на не менее важных объектах.

Для дальнейшего повторного использования материалов Департамент общественных работ Нидерландов вместе с Роттердамом и Амстердамом создал Национальный мостовой банк. Мостовой банк – это реестр демонтированных мостов и их элементов. Эта торговая площадка мостов содержит информацию о строительных материалах и деталях моста, доступных для повторного

использования. На данный момент там зарегистрировано уже 13 таких конструкций.



Рисунок 1 – Монтаж кругового моста в Нидерландах

Таким образом по подсчетам специалистов, путем строительства в Нидерландах кольцевых мостов и виадуков можно снизить выбросы CO₂ до 63%, а потребление чистой стали до 60%, просто за счет повторного использования стальных элементов.

Решение проблем в строительной отрасли, как с точки зрения строительных материалов, используемых в новом строительстве, так и с точки зрения повышения энергоэффективности используемых сооружений, будет иметь решающее значение для достижения экономических целей. Изменяя способ работы цепочек поставок и стимулируя инновационные государственные закупки, можно ускорить внедрение инноваций, продлить жизненный цикл материалов и значительно изменить подходы к созданию замкнутого и климатически нейтрального будущего.

Литература:

1. «Construction of a circular bridge» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rijkswaterstaat.nl/en/environment/circular-economy/construction-of-circular-bridge>. – Дата доступа 21.11.2021;
2. «First circular viaduct in the Netherlands» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consolis.com/first-circular-viaduct-in-the-netherlands>. – Дата доступа 21.11.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ МАСЛАКОВА И ПУЧКОВА

*Буянов Тимофей Олегович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Сегодня строительство наземных дорог включают в себя возведение многоуровневых транспортных развязок таких типов, как клеверный лист, алмаз, труба, строительство которых требует больших затрат и затрудняет движение. Применение же тоннельных транспортных сетей обеспечит выгодную транспортировку с точки зрения экономики с высокой пропускной способностью. Существующие наземные транспортные развязки занимают ценное пространство в городской черте, где ресурс земли ограничен. Тоннели в свою очередь минимизируют использование площадей и перемещают в себя целые транспортные сети, тем самым оставляя места для жилых застроек, не затрагивают исторические места, способствуют развитию общества и украшают города.

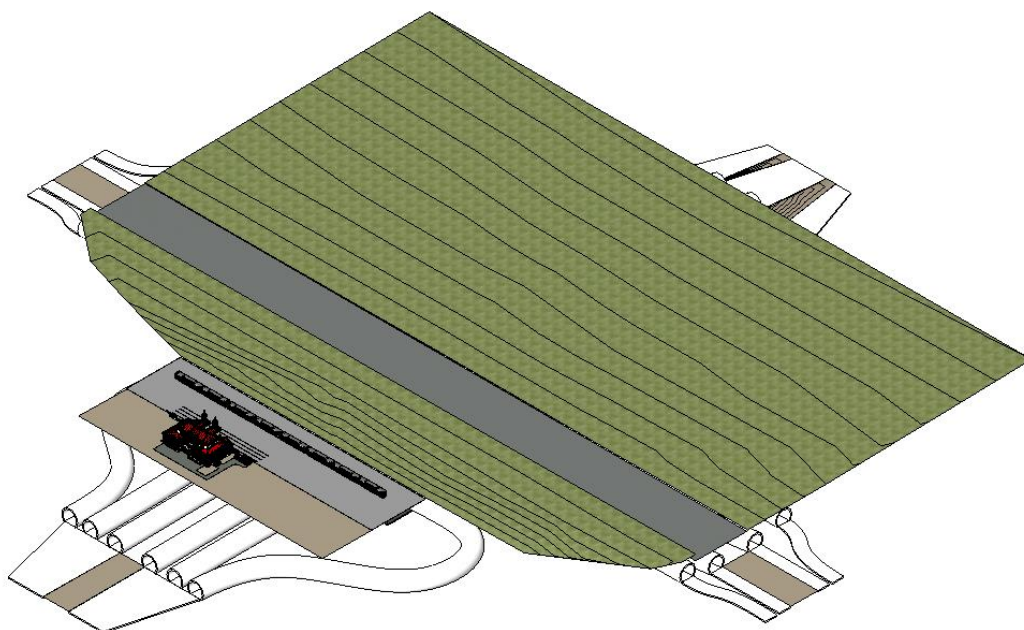


Рисунок 1 – Подземная транспортная сеть

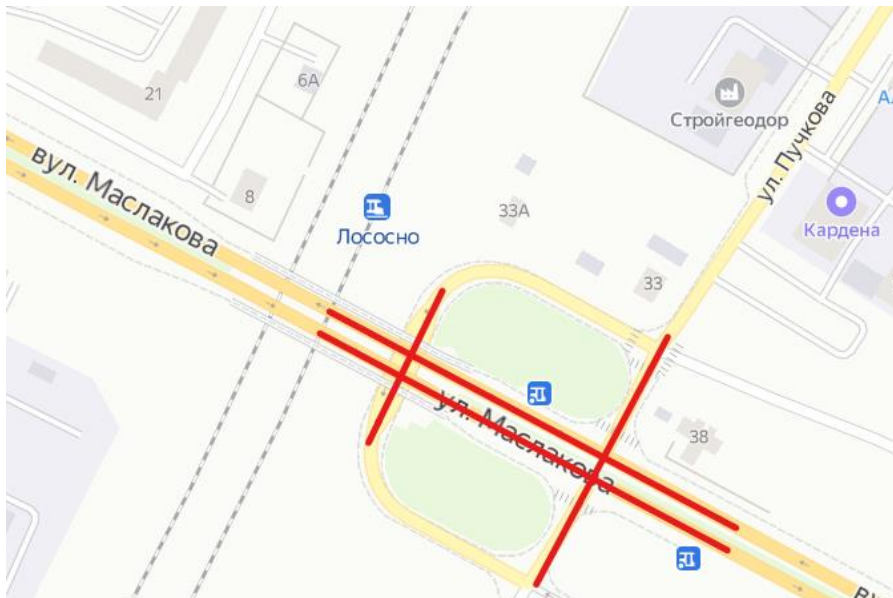


Рисунок 2 – Привязка к местности Google Maps

Задача проекта заключается в разгрузке перекрестка на пересечении улиц Маслакова и Пучкова в городе Гродно. Строительство подземной развязки обеспечит беспрепятственный проезд во всех направлениях, исключит необходимость в установке дополнительных светофоров для регулирования движения, тем самым создаст зеленый коридор.

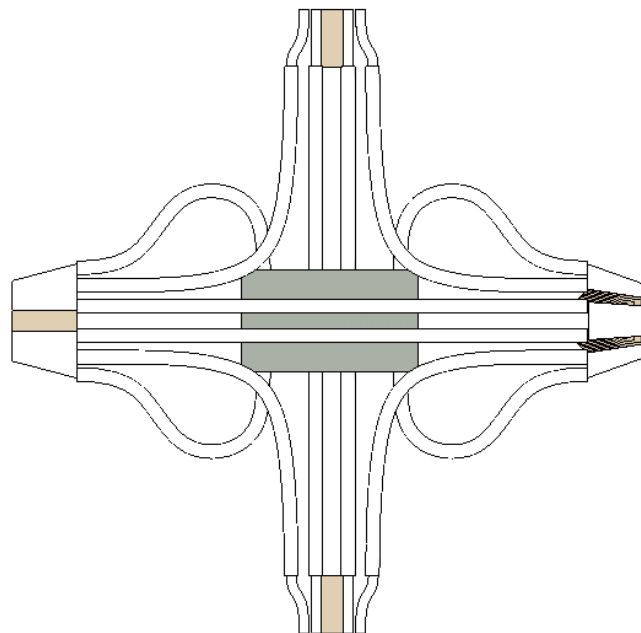


Рисунок 3 – План подземной транспортной развязки на отметке -3.500 м

В практике нет ограничений на количество подземных уровней тоннеля. В связи с чем улучшение пропускной способности становится проще, в отличие от наземных транспортных систем, где строительство дополнительной полосы

часто приводит к затруднениям. К плюсам такого вида сетей можно отнести также и всепогодное эксплуатирование. Дождь, снег, ветер и температура поверхности не будут оказывать столь сильное влияние. Конструкция тоннеля и его эксплуатация не создают заметного шума и минимизируют вибрации на поверхности земли.

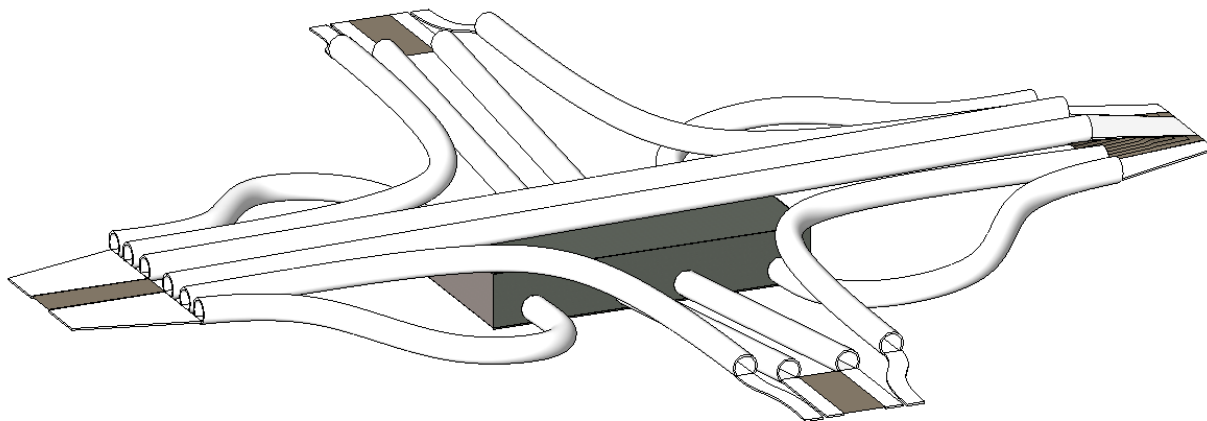


Рисунок 4 – Общий вид подземного сооружения

Созданный мною проект на пересечении вмещает в себя также идею совмещения со строительством подземного многофункционального комплекса, движение через который будет осуществлено с возможностью транзита. Комплекс оборудован многоуровневой парковкой, торговыми площадками, развлекательными и спортивными зонами, местами для питания – всем тем, что необходимо для правильного и удобного времяпрепровождения.

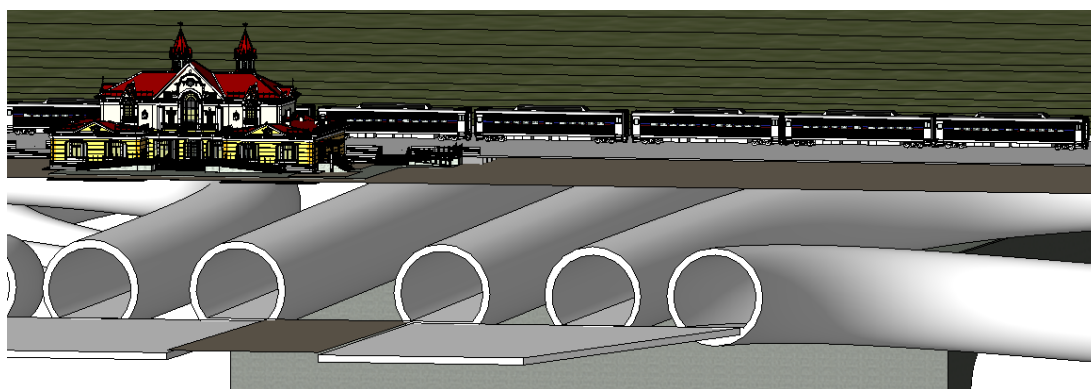


Рисунок 5 – Разрез 1-1

На поверхности устроена железнодорожная станция, пассажиры которой без труда смогут воспользоваться парковочными местами для своего личного транспорта в многофункциональном комплексе, что в свою очередь облегчит им запланированную туристическую или рабочую поездку. Пассажиропоток

благоприятно скажется на посещении торговых площадок и развлекательных зон.

Подземная транспортная развязка позволит рядом с железнодорожной станцией обустроить городскую площадь с парковой территорией с возможностью осуществлять пешие прогулки и велосипедные поездки.

На мой взгляд такого рода проекты внесут значительный вклад, как в подземное строительство, так и поспособствуют улучшению инфраструктуры городов, исключат заторы и пробки на дорогах, сохранят нетронутыми исторические ценности города. Однако подземное строительство потребует в свою же очередь развитие тоннелепроходческих комплексов, чтобы максимально снизить расходы и сократить время на строительство.

Литература:

1. «Interchanges [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roads.org.uk/interchanges>. – Дата доступа 21.11.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА

*Васюкевич Никита Юрьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Гродно, Беларусь. Население Гродно составляет 370 000 человека. Плотность 2500 чел./км². Город славится своими узкими улицами и плотной застройкой. Мной было выбрано пересечение оживленных улиц Олизы Ожешко и Социалистической. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц. (Рис. 3) Проект предусматривает сооружение подземной развязки.

Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100 км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2). Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. В проекте присутствуют заезды и выезды из каждого блока, а также другие социально значимые объекты. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. В проекте присутствуют заезды и выезды из каждого блока, а также другие социально значимые объекты.

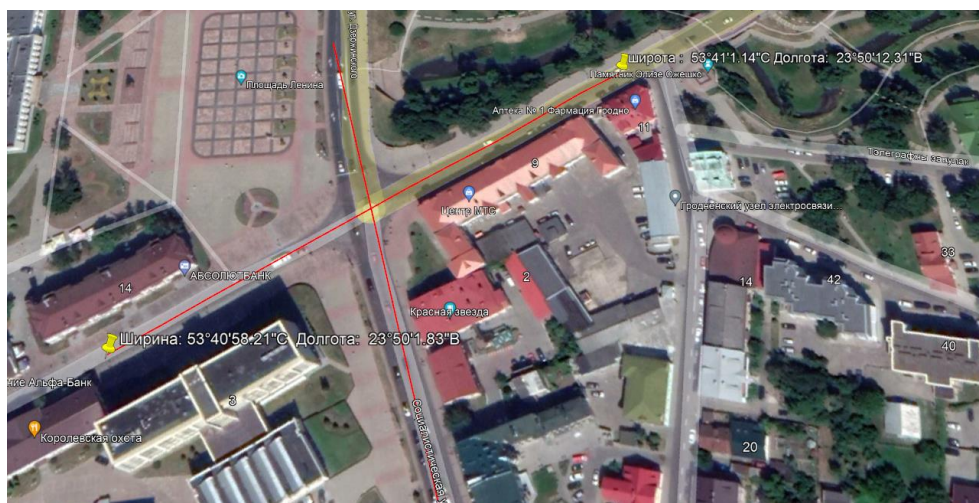


Рисунок 1 – План местности

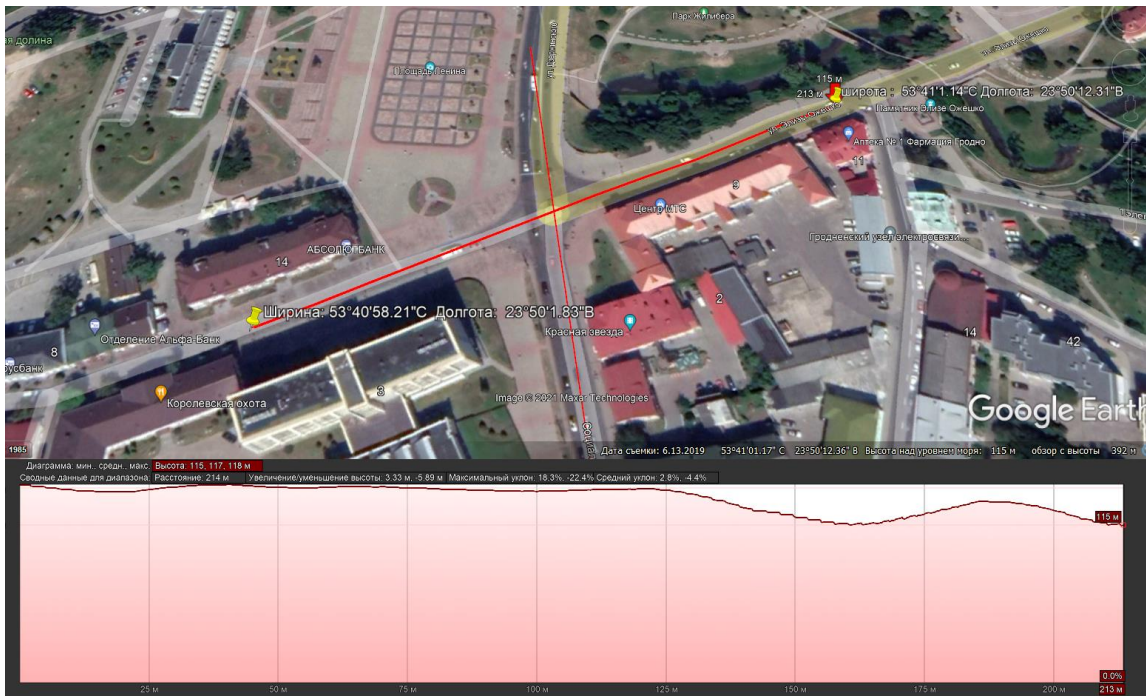


Рисунок 2 – Продольный профиль местности

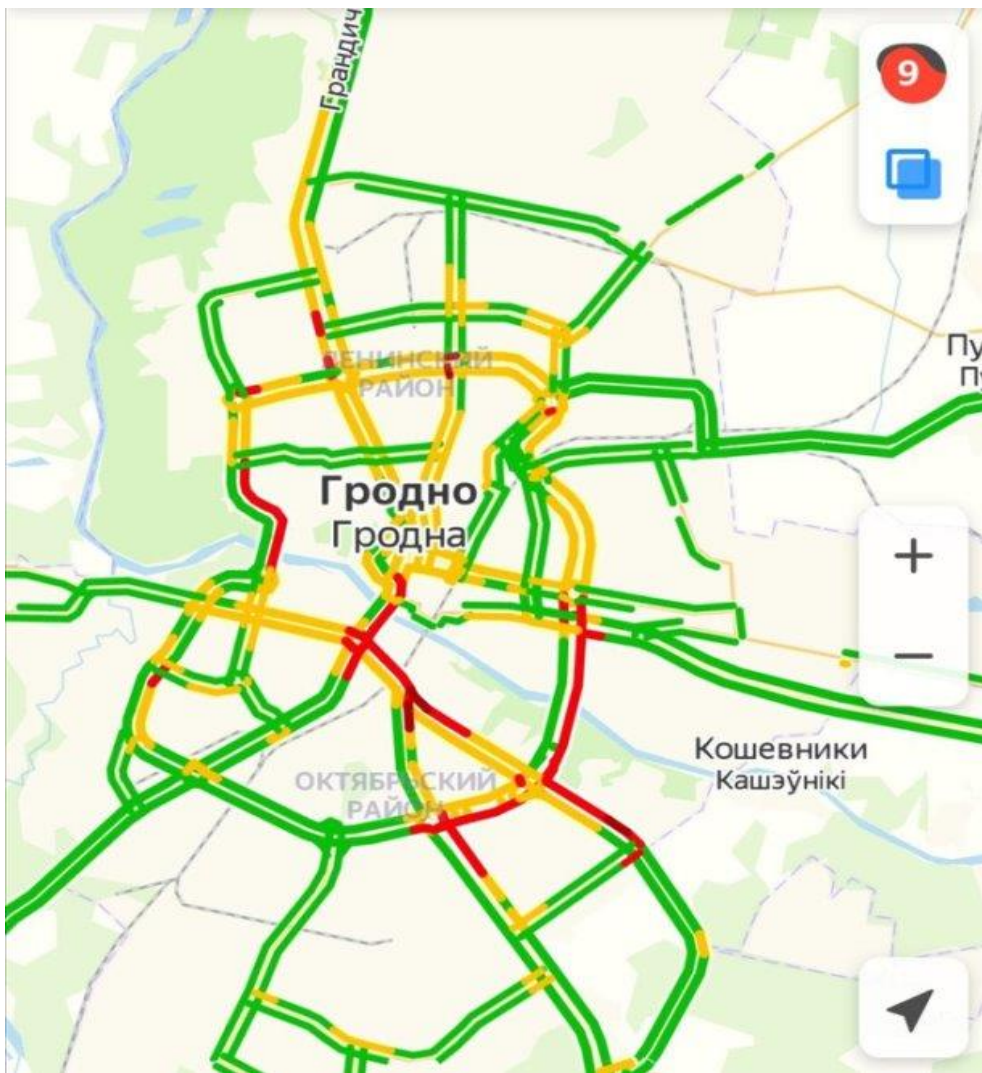


Рисунок 3 – Пробки 9 баллов

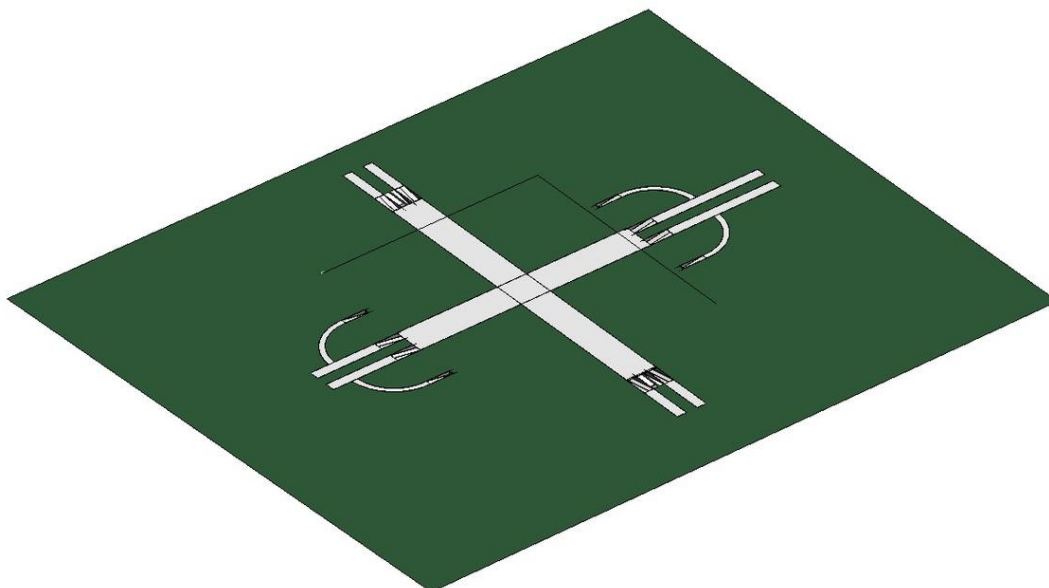


Рисунок 4 – Общий вид портала

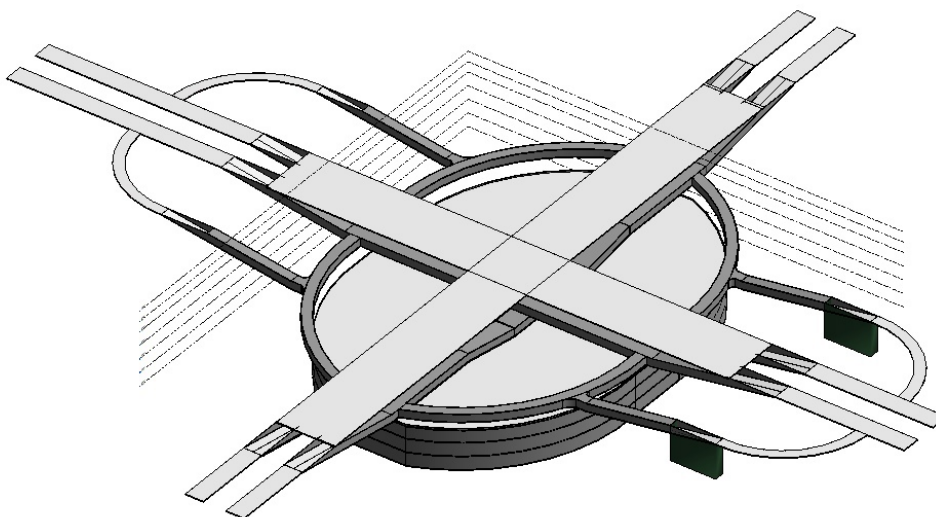


Рисунок 5 – Схема движения в развязке

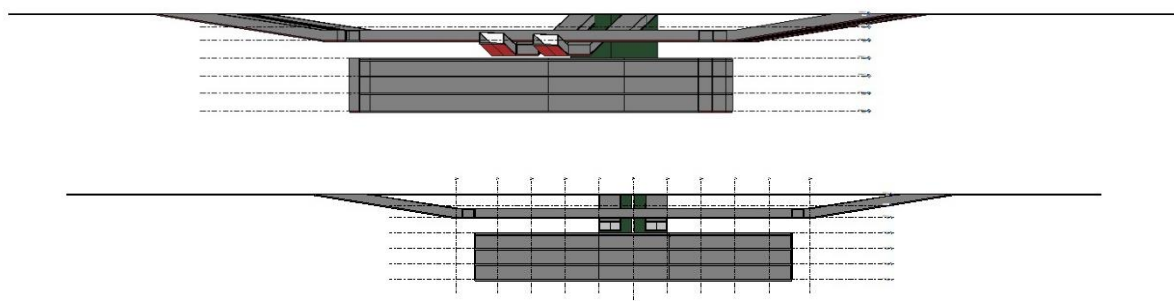


Рисунок 6 – Фасады развязки

Вывод: Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на главном перекрестке города Гродно.

ХРАМ БАХАИ В ЧИЛИ

*Вашкевич Егор Александрович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Храм Бахаи спроектирован и построен в Чили в 2010 году, архитектором Сиамаком Хирари. Основной особенностью данного построение являются необычные дизайнерские решения (Рис. 1) и особенности передачи света внутри самого храма (Рис.2).



Рисунок 1 – Вид издали на храм



Рисунок 2 – Освещение внутри храма

Особенность с точки зрения конструирования являются материалы из которых изготовлены «лепестки». Все «лепестки» симметричны друг к другу. Каждый из них имеет высоту примерно 26.8 метра и около 10 метров вширь. Самих лепестков девять идущих как бы внахлест (Рис 3.), изготовлены они из португальского полупрозрачного мрамора внутри (Рис. 4). На каждое крыло сооружения было использовано более 870 мраморных частей. Которые с моделировались с помощь компьютерных моделей и вырезались тонкой струей воды под высоким давлением.



Рисунок 3 – Полупрозрачный мрамор



Рисунок 4 – Вид сверху

А снаружи используются боросиликатные литые стеклянные панели. Таких панелей использовалось около 1100 штук, по 32 мм толщиной каждая. И 20% этих панелей были изогнуты. Панели были изготовлены сначала в Торонто, а потом отправлены в Германию для придания нужной формы и размера. (Рис. 5) Закрепляли панели непосредственно на стальной каркас (Рис.6) с использованием силиконового герметика для водонепроницаемости и придания дополнительной прочности.



Рисунок 5 – Изготовление стеклянных панелей



Рисунок 6 – Каркас конструкции с отделанным одним «лепестком»

Детали для постройки каркаса, управляемые секции, так же производились в Германии. Которые оттуда уже отправлялись в Чили, для постройки храма. Для строительства этих крыльев использовали сотни отдельно спроектированных стальных элементов. Каждое из крыльев опирается на бетонные кольца и колонны с сейсмоизолирующим элементом (Рис. 7), так как территория Чили это зона повышенной сейсмической активности. Так что в случае землетрясения сооружение сможет его выдержать.

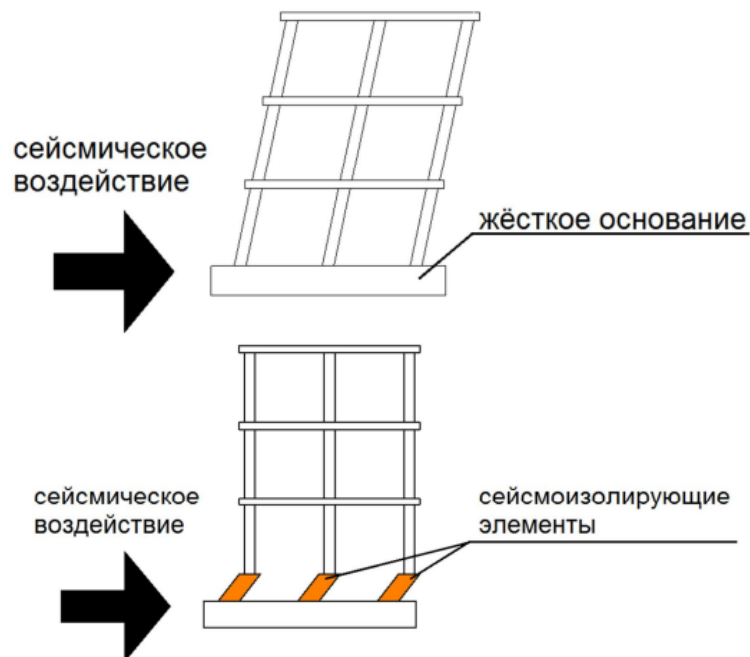


Рисунок 7 – Схематичное изображение работы сейсм. эл-ов

Для проектирования здания были написаны специальные компьютерные программы, именно для этого сооружения из-за «нестандартной» формы конструкции.

Стоимость только разработки и реализации освещения (Рис. 8) стоила 135 тыс. долларов. Удельная установленная мощность освещения составила 6,5 Вт/м.

Изготовителем и поставщиком световых элементов выступили:

- DGA (Италия)
- Janmar Lighting (США)
- Lutron Electronics (США)



Рисунок 8 – Освещение изнутри

Для того что бы достичь свечения здания снаружи в темное время суток бронзовые профили с LED-модулями (35 Вт, 2700 К) встраивались в те элементы сооружения, которые соединяют «окна» с верхней частью мраморных панелей.

В интерьере преобладает спокойный рассеянный отраженный свет скрыто расположенных регулируемых LED-модулей

Сам исполнитель заказа на строительство, компания «Hariri Pontarini Architects», гарантировал сохранность здания на протяжении 400 лет.

Литература:

1. Интернет-портал религиозного течения: <https://bahai.cl/templobahai/> - Дата доступа: 20.12.2020
2. Официальный сайт строительной компании: <https://hariripontarini.com/projects/> - Дата доступа: 20.12.2020
3. Интернет СМИ: https://hystory.mediasole.ru/chudes_a_arhitektury_hramy_bahai - Дата доступа: 20.12.2020
4. Системы сейсмоизоляции - В.А. Тарасов, М.Ю. Барановский, А.В. Редькин, Е.А. Соколов, А.С. Степанов

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА

*Воронюк Дмитрий Павлович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Гродно, Беларусь. Население Гродно составляет 370 000 человека. Плотность 2500 чел./км². Город славится своими узкими улицами и плотной застройкой. Мной было выбрано пересечение оживленных улиц Олизы Ожешко и Социалистической. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц. (Рис. 3) Проект предусматривает сооружение подземной развязки.

Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100 км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2). Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. В проекте присутствуют заезды и выезды из каждого блока, а также другие социально значимые объекты. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. В проекте присутствуют заезды и выезды из каждого блока, а также другие социально значимые объекты.

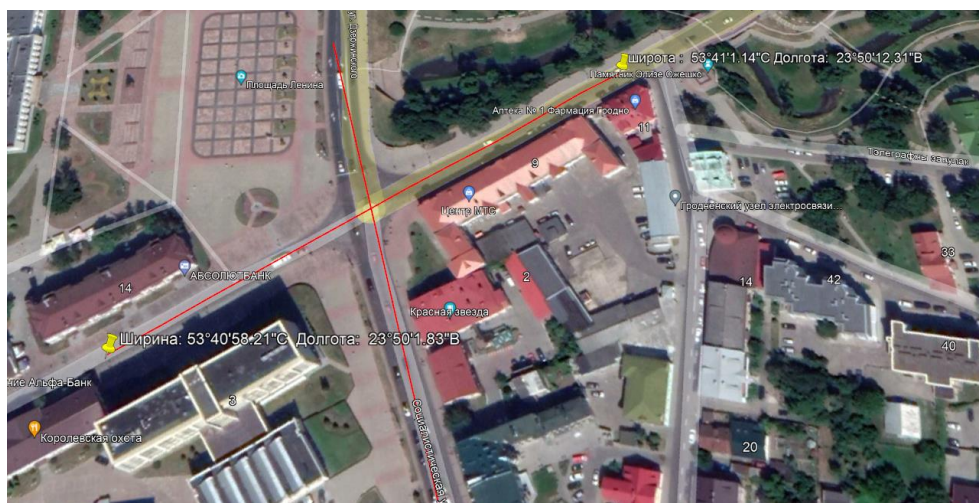


Рисунок 1 – План местности



Рисунок 2 – Продольный профиль местности

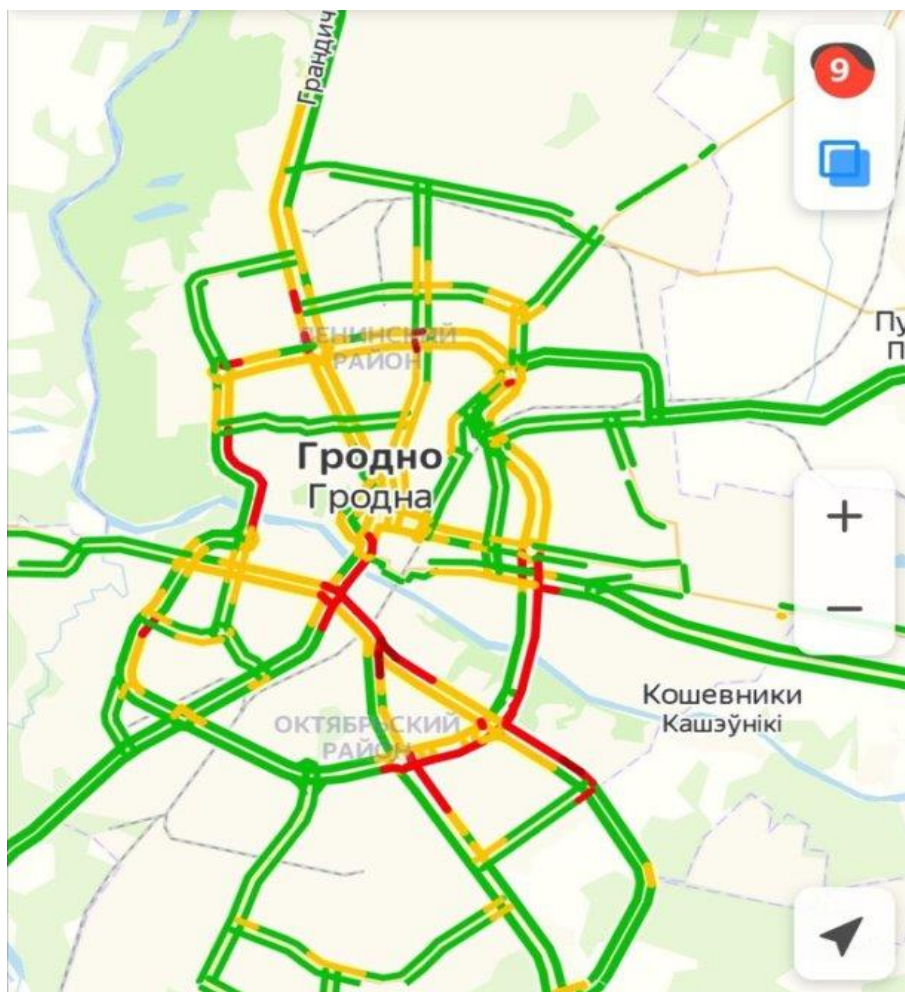


Рисунок 3 – Пробки 9 баллов

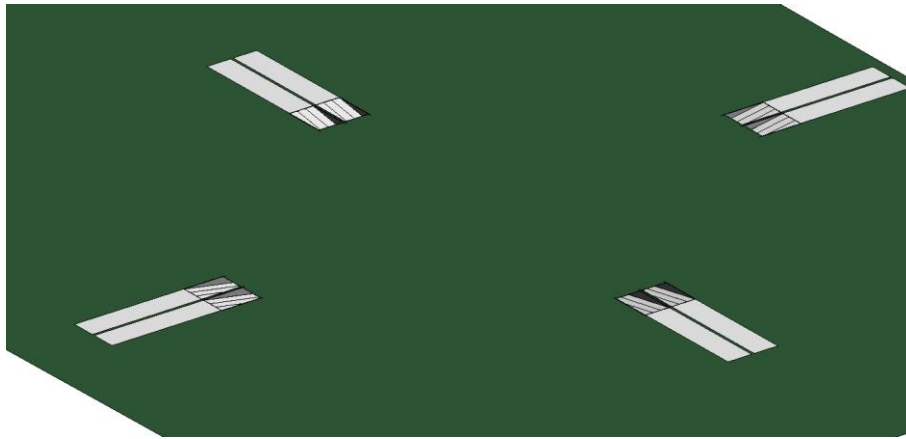


Рисунок 4 – Общий вид портала

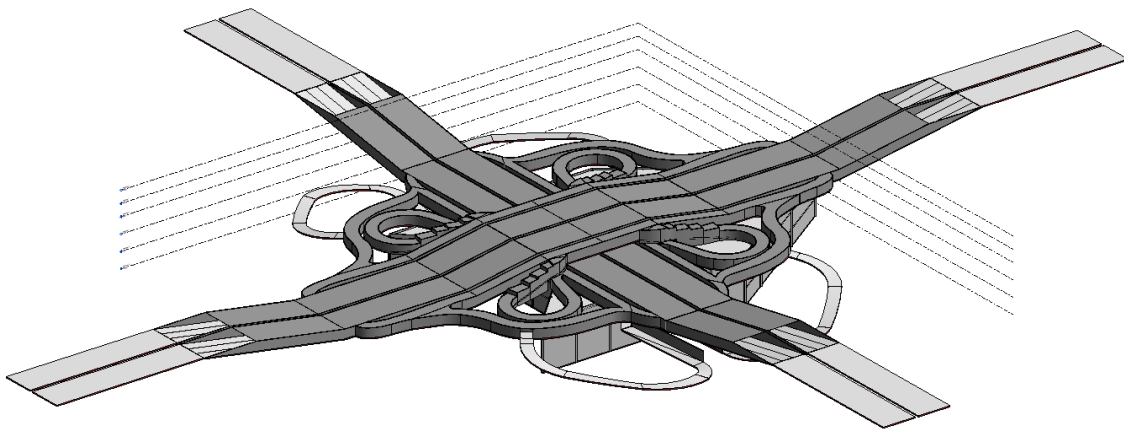


Рисунок 5 – Схема движения в развязке

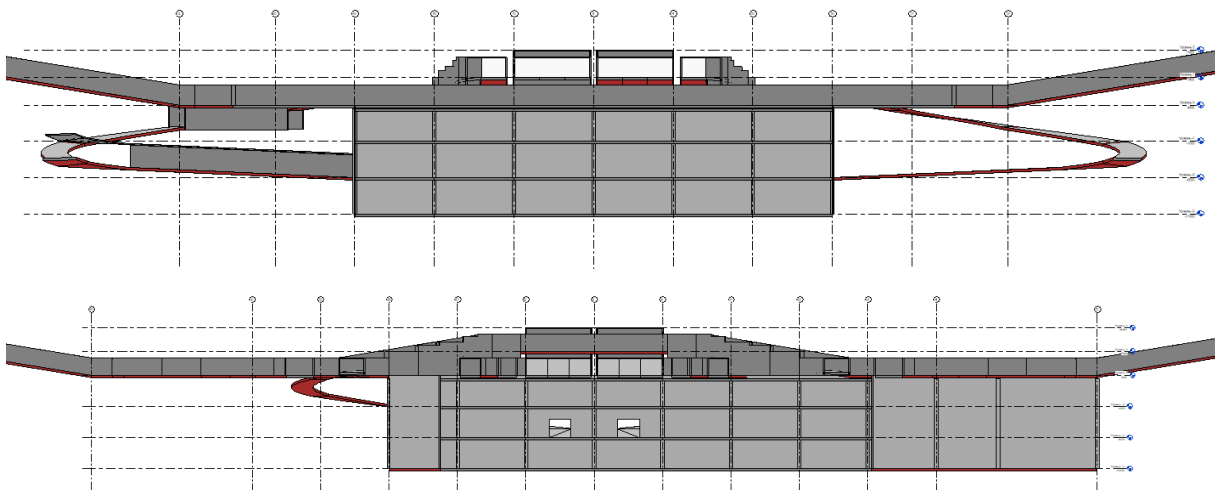


Рисунок 6 – Фасады развязки

Создана модель с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 7). Модель позволяет инженерам проработать конструктивное решение сооружения. С помощью VR застройщики могут точнее планировать разные аспекты проекта, снизить расходы, повысить безопасность и ускорить рабочие процессы.

Использование в учебном процессе технологии виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях пятна застройки.

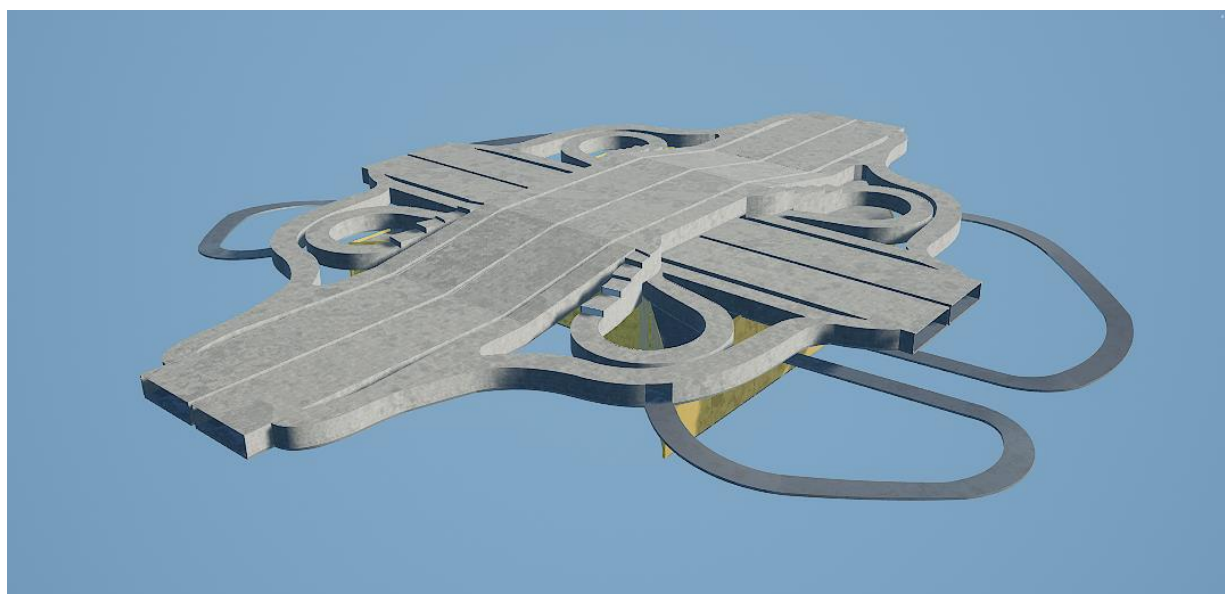


Рисунок 7 – модель технологии виртуальной реальности

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на главном перекрестке города Гродно.

МНОГОУРОВНЕВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА, СОВМЕЩЁННАЯ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ КУРЧАТОВА И ДЗЕРЖИНСКОГО

*Головач Анастасия Дмитриевна, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многоуровневой транспортной развязки, совмещённой с многофункциональным комплексом, был выбран город Гродно, Беларусь. Население составляет 370 000 человек, плотность 2500 чел./км². Город славится своими узкими улицами и плотной застройкой. Мною было выбрано пересечение оживленных улиц Курчатова и Дзержинского. Основной задачей была разгрузка пересечения этих улиц. Проект предусматривает сооружение подземной транспортной развязки (Рис.4) и многофункционального комплекса (Рис.5). Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1).

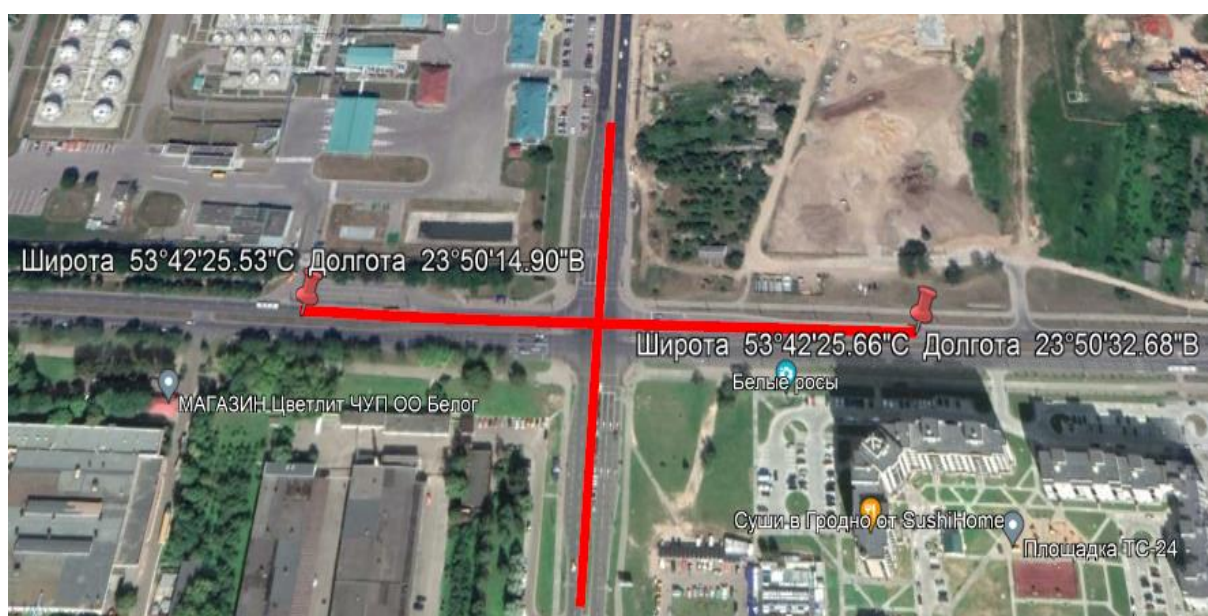


Рисунок 1 – План местности



Рисунок 2 – Продольный профиль местности

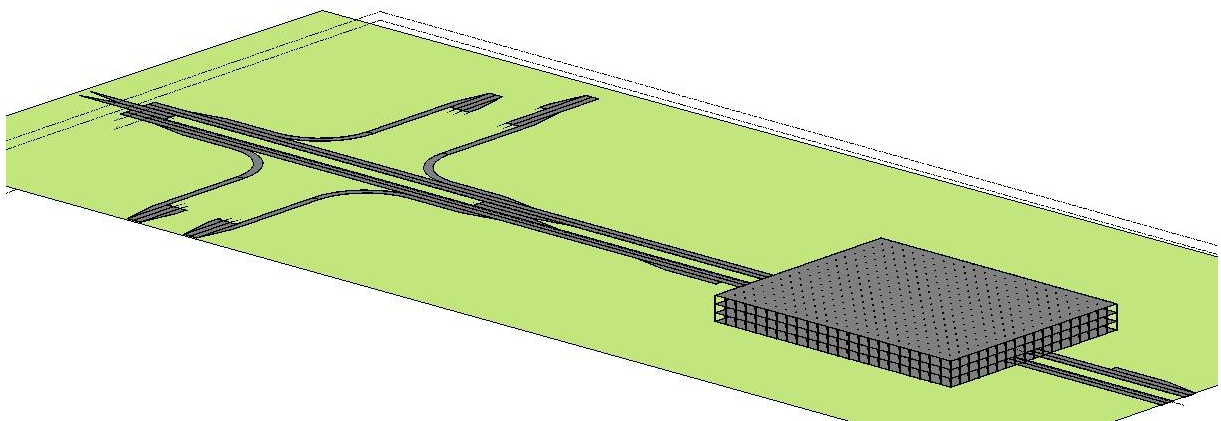


Рисунок 3 – Общий вид 3D модель



Рисунок 4 – Схема движения в развязке

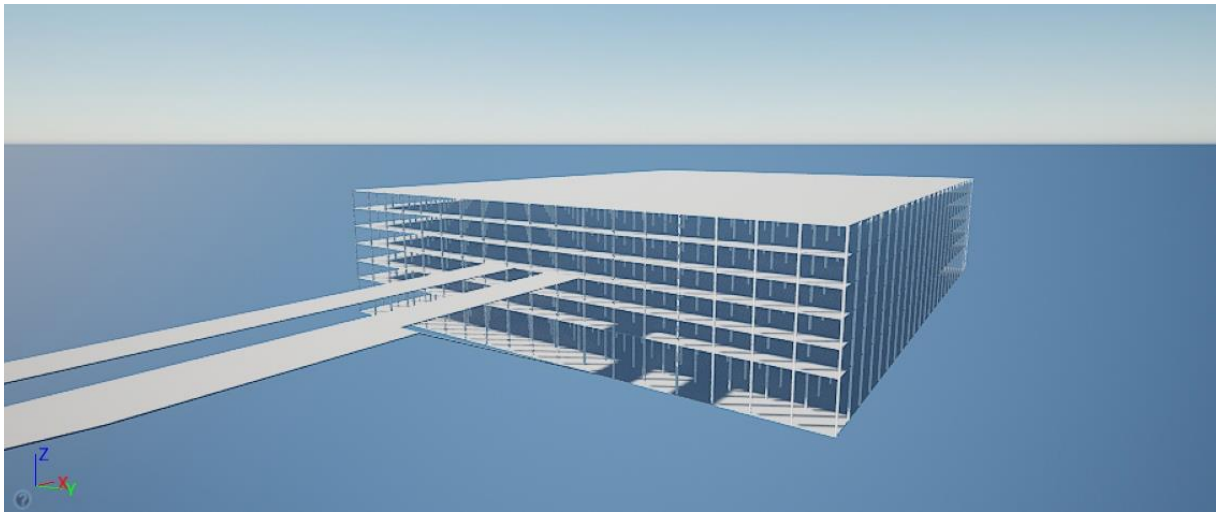


Рисунок 5 – Многофункциональный подземный комплекс

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на одном из главных перекрестков города Гродно.

ТАМПОНАЖНЫЙ РАСТВОР

*Гомолко Андрей Феодосьевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель-Ходяков В.А., старший преподаватель)*

На «Заводе железобетонных изделий УП Минскметрострой» производят такой вид раствора как тампонажный, в его состав входит тампонажный цемент. Такой цемент есть разновидность портландцемента с повышенными требованиями к минералогическому составу клинкера, такими требованиями как: текучесть, чтобы обеспечить быструю подачу по насосам или трубам и дальнейшее продавливание раствора в грунт при среднем времени твердения 2 часа после закачки раствора, подвижность раствора пока идет цементирование, также стойкость цементного камня к агрессивным средам. Тампонажный раствор очень удобен в применении так как имеет в составе бентонитовую глину, которая в свою очередь замедляет и регулирует скорость твердения цемента. Бентонитовая глина в составе тампонажного раствора увеличивается в объеме и раствор занимает больше пространства около цементируемой области, это в сравнение с обычным цементным раствором дает возможность применения тампонажного раствора для заполнения больших областей снаружи тоннелей и труб в скважинах. При строительстве новой 3 ветки Минского метрополитена используется данный раствор для заполнения пространства после установки сборного свода тоннеля, чтобы максимально изолировать внутреннюю часть тоннеля от воды, расположенной вокруг тоннеля.



Рисунок 1 – Участок тоннеля 3 ветки Минского метрополитена

Тампонажный раствор применяется при использовании технологии «стена в грунте» после заполнения пространства цементобетонной смесью тампонажный раствор вытесняется, так его плотность меньше бетонной смеси и появляется возможность его многократного применения на площадке строительства. Для цементирования скважин.



Рисунок 2 – Смесительный цех завода Метрострой

КАТУЧАЯ ТОННЕЛЬНАЯ ОПАЛУБКА ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА СОВМЕЩЕННОГО СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО

*Гречаник Александр Сергеевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Тоннелестроение по праву считается одним из самых затратных видов строительства, поэтому понятно стремление найти способ улучшить, ускорить, удешевить и механизировать строительство тоннелей. Одним из таких способов является катушечная тоннельная опалубка.

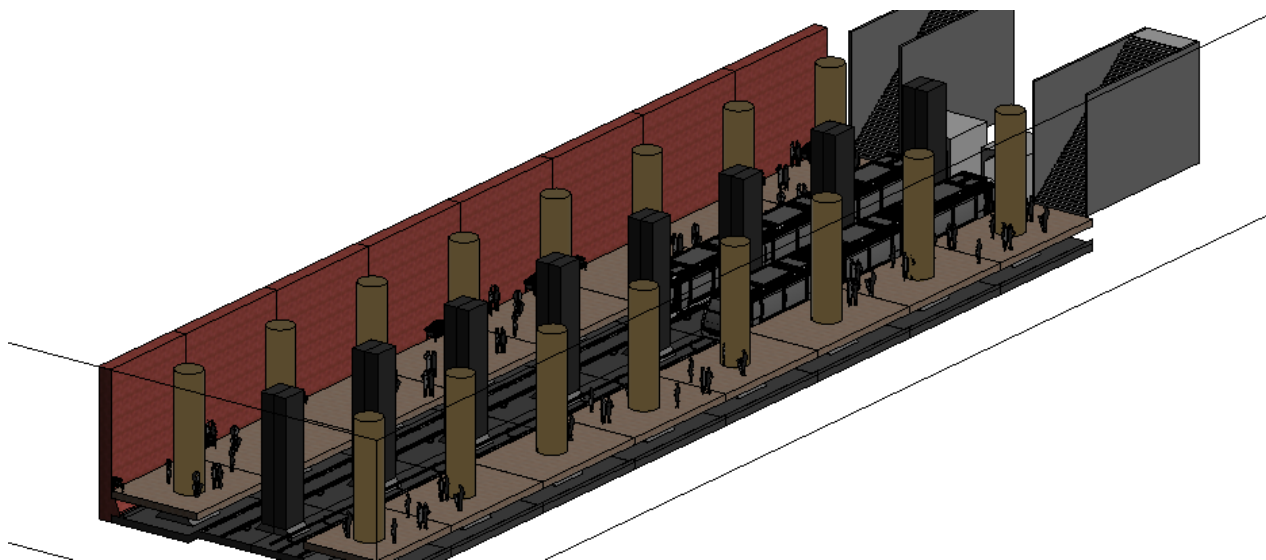


Рисунок 1 – Пример использования опалубки на модели

Катушечная тоннельная опалубка позволяет механизировать строительство монолитных железобетонных сводов тоннелей различного профиля и сечения. Также данная опалубка позволяет увеличить уровень безопасности производства работ на всех этапах.

Высокое качество полученной бетонной поверхности зависит от материалов, из которых изготовлены модули тоннельной опалубки. Благодаря качеству опалубки легко получить точные размеры и габариты тоннеля. (Рис. 1).

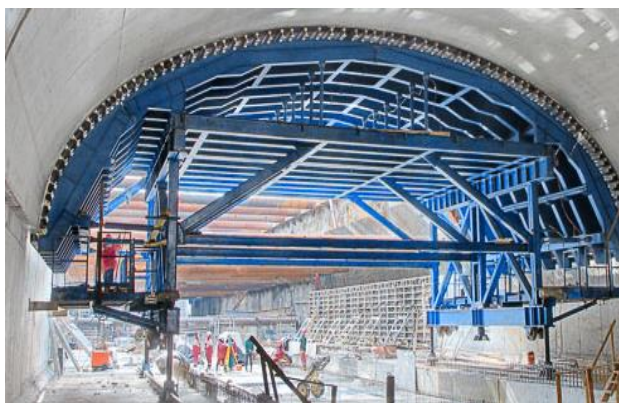


Рисунок 2 – Механизированный опалубочный комплекс СТАЛФОРМ Инт

Катучая тоннельная опалубка может быть использована, как и в типовых случаях, так и в проектах, требующих нестандартного оборудования.

Модули, из которых изготавливаются опалубка, транспортируют стандартным транспортом. Опалубка представляет собой стальную палубу, разделенную на сегменты, которые соединены друг с другом шарнирно.

Преимуществом такой опалубки является то, что благодаря модульному строению есть возможность составления оптимальной схемы конструкции под конкретный тоннель. Также важно то, что такая опалубка является многоразовой.

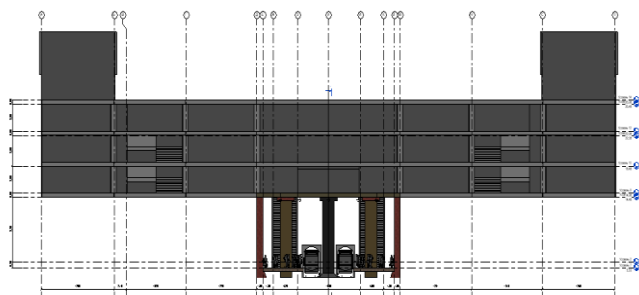


Рисунок 3 – Возможности строительства с катучей опалубкой на примере модели

Принцип работы катучей тоннельной опалубки следующий: после доставки всех элементов опалубки производится укрупнительная сборка на объекте, затем полученную конструкцию перемещают по проложенным заранее рельсам до места бетонирования. При помощи гидроцилиндров, которые закреплены на ее обшивке, опалубка может сужаться при перемещении или расширяться до проектной отметки бетона.

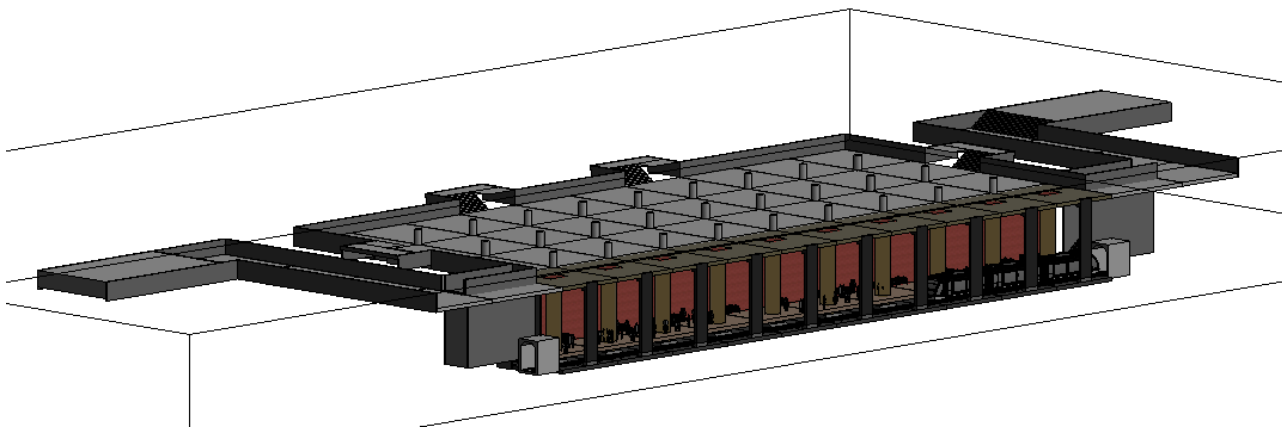


Рисунок 4 – Вид в разрезе участка комплекса предназначенного для размещения торгового центра, расположенного над станцией метро

Бетонирование возможно двумя способами: через специальные окна на боковых частях свода или через самоочищающиеся клапаны на верхней части свода. Вибраторы, закрепленные на опалубке, дают возможность не тратить много времени на вибрирование. (Рис. 2).

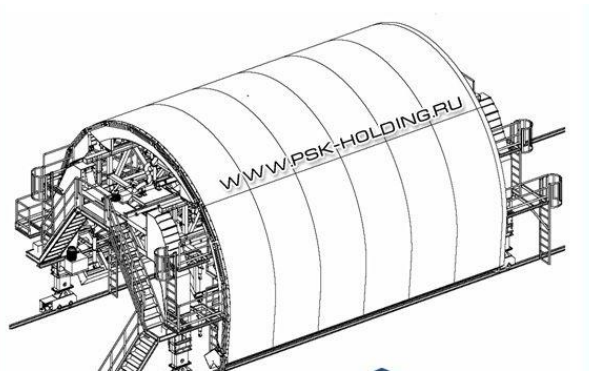


Рисунок 5 – Катучая тоннельная опалубка ПСК

Создание и улучшение катучей тоннельной опалубки – это шаг в будущее, большой вклад в развитие тоннелестроения и не только. Такая опалубка позволяет повысить производительность труда, снизить временные затраты на выполнение работ, сократить сроки строительства и сэкономить денежные средства на 30-35%. Катучая опалубка может применяться как при строительстве тоннелей открытым и закрытым способом, так и при возведении водоводов ГЭС и ГАЭС, атомных электростанций и мостов.

Литература:

1. Сандитрейд – материалы и комплектующие для монолитного домостроения. Тоннельная опалубка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sanditrade.by/product/tonnelnaja/> – Дата доступа: 15.11.2020.
2. Группа компаний ПромСтройКонтракт. Опалубка катучая тоннельная ПСК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://psk-holding.ru/catalog/opalubka/special-opalubka/opalubka_samokhodnaya_gidravlicheskaya/opalubka_katuchaya_tonnelnaya_psk/ – Дата доступа: 15.11.2020.
3. СТАЛФОРМ Инт. Механизированный комплекс для метро и тоннелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.stalformint.ru/products/mekhanizirovannyu-kompleks-dlya-metro-i-tonneley/> – Дата доступа: 15.11.2020.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА

*Дейко Вадим Витальевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Гродно, Беларусь. Население Гродно составляет 370 000 человека. Плотность 2500 чел./км². Город славится своими узкими улицами и плотной застройкой. Мной было выбрано пересечение оживленных улиц Советских пограничников и поповича. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц. Проект предусматривает сооружение подземной развязки. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2).

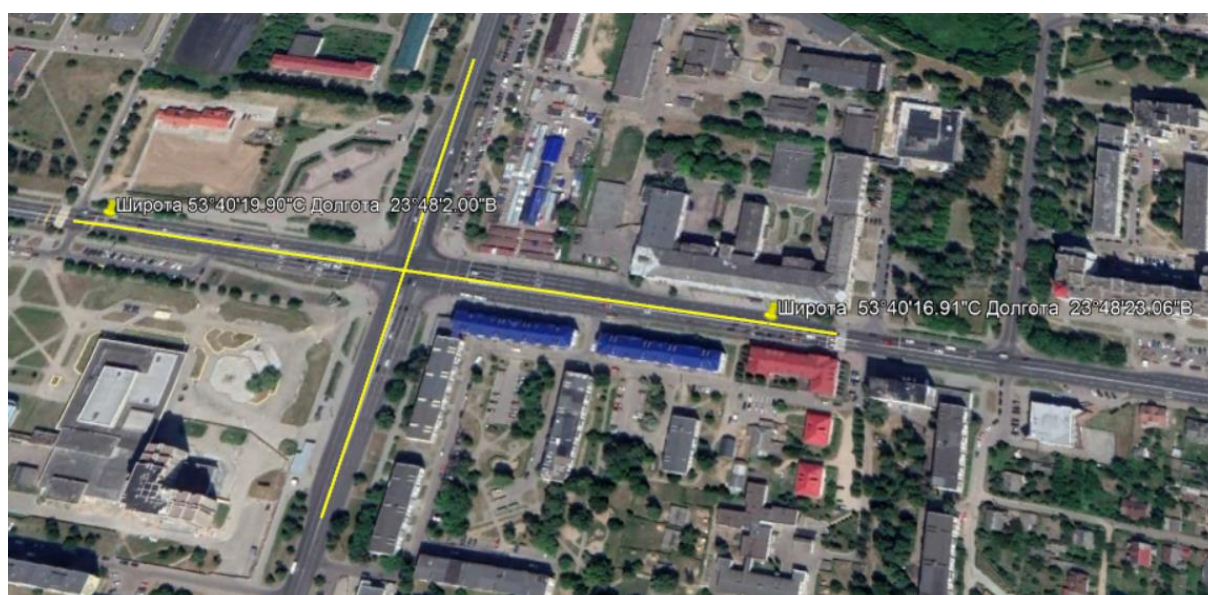


Рисунок 1 – План местности

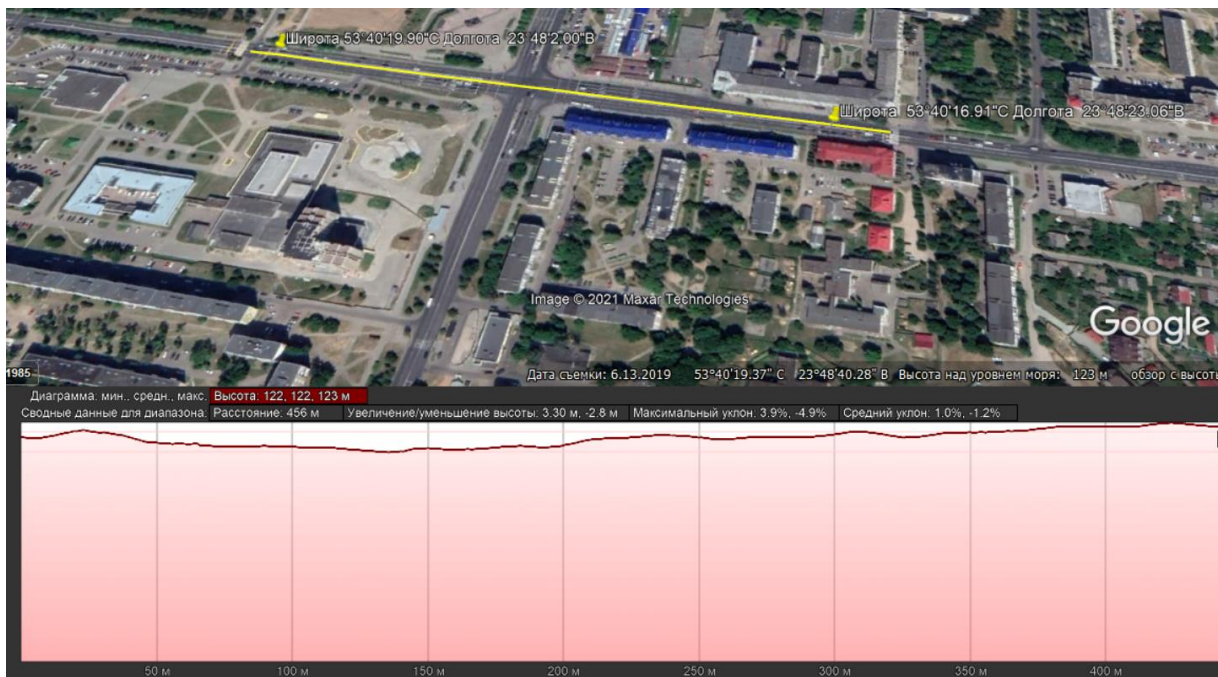


Рисунок 2 – Продольный профиль местности

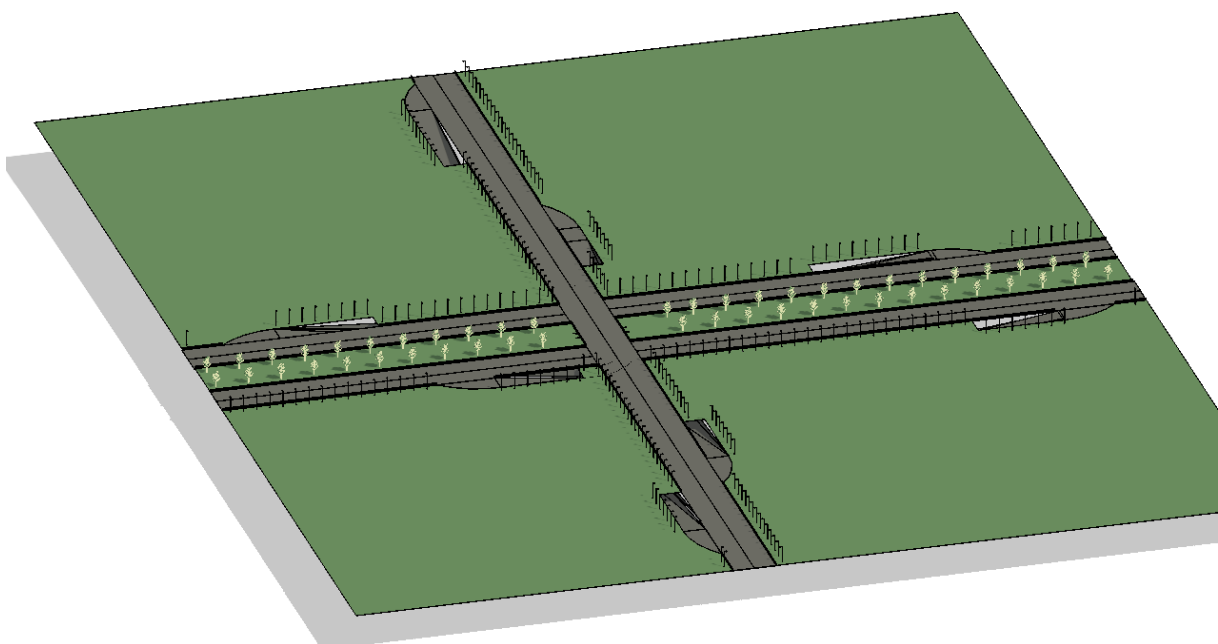


Рисунок 3 – Многофункциональная развязка

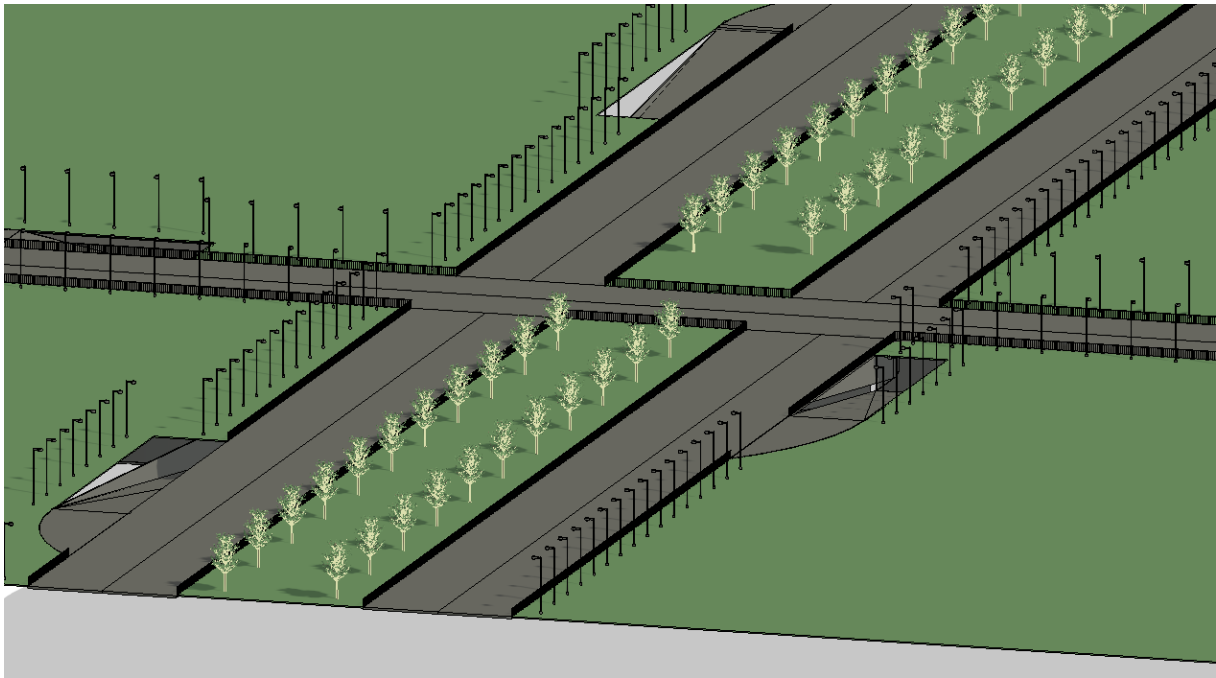


Рисунок 4 – Общий вид портала

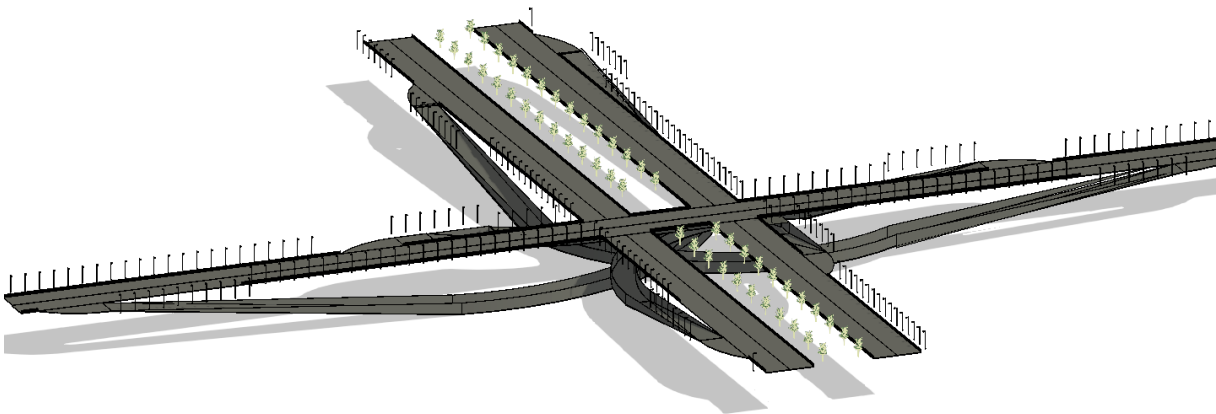


Рисунок 5 – Схема движения в развязке

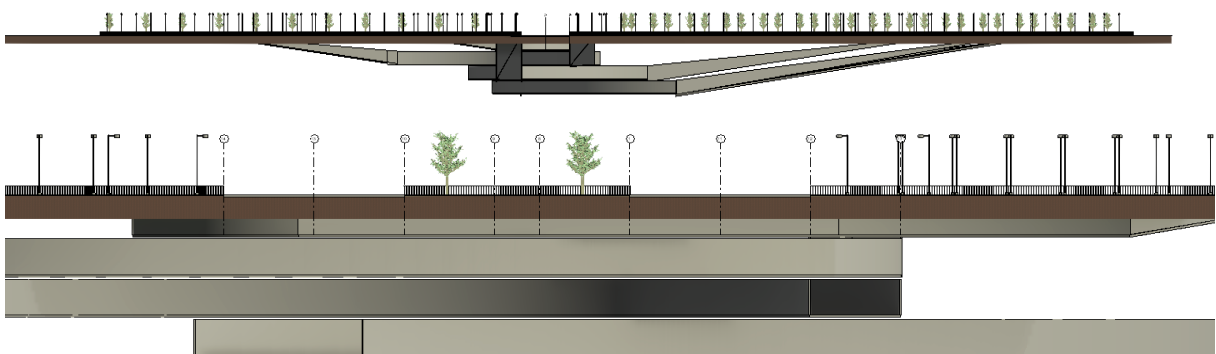


Рисунок 6 – Фасады развязки

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на главном перекрестке города Гродно.

ФОРТ-БРИДЖ

*Дрозд Артур Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Открытый в 1890 году, Форт-Бридж - это шотландский символ, самая известная из консольных конструкций. Первая в мире крупная стальная конструкция, представляет собой ключевую веху в истории современного железнодорожного строительства и по-прежнему является рекордсменом как самый длинный консольный мост в мире. (Рис. 1).

Вообще, Форт-Бридж, название, относящееся сразу к двум рядом стоящим мостам, поэтому у каждого из них есть свои неофициальные названия:

Forth Road Bridge (висячий мост); Forth Rail Bridge (консольный мост)



Рисунок 1 – Панорамный вид на мост

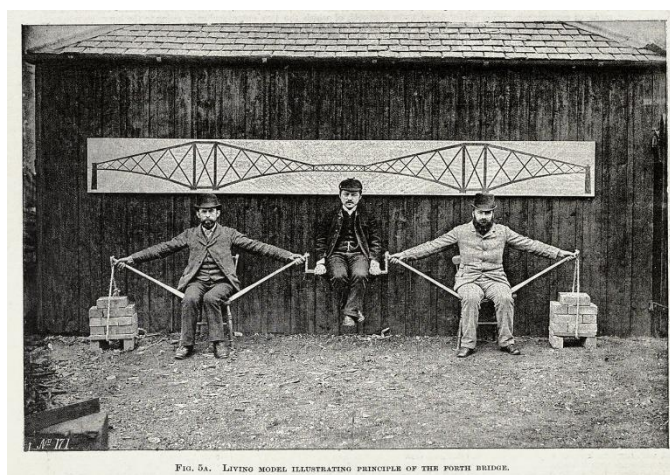


Рисунок 2 – Демонстрация работы консолей моста (1887г.)

Консольная конструкция моста не была новой - она использовалась веками на востоке, - но масштаб Форт-Бриджа был совершенно беспрецедентным, как и многие технические проблемы. Строительство велось 7 лет, за это время, по современным исследованиям, трагически погибли 73 рабочих.

Мост имеет три основные опоры высотой 100,6 м, центральная из которых располагается у острова Инчгарви, посередине глубокого залива. Собранные из труб диаметром 3,6 м консоли поддерживают рукава длиной по 207,3 метра, соединённые перемычками длиной 106,7 м, что делает суммарное расстояние пролёта равным 521,3 м. Расстояние между опорами составляет 582,8 м, между крайними быками — 1630,7 м. Железнодорожное полотно проходит на высоте 48,2 м над уровнем воды в прилив. (Рис. 3).

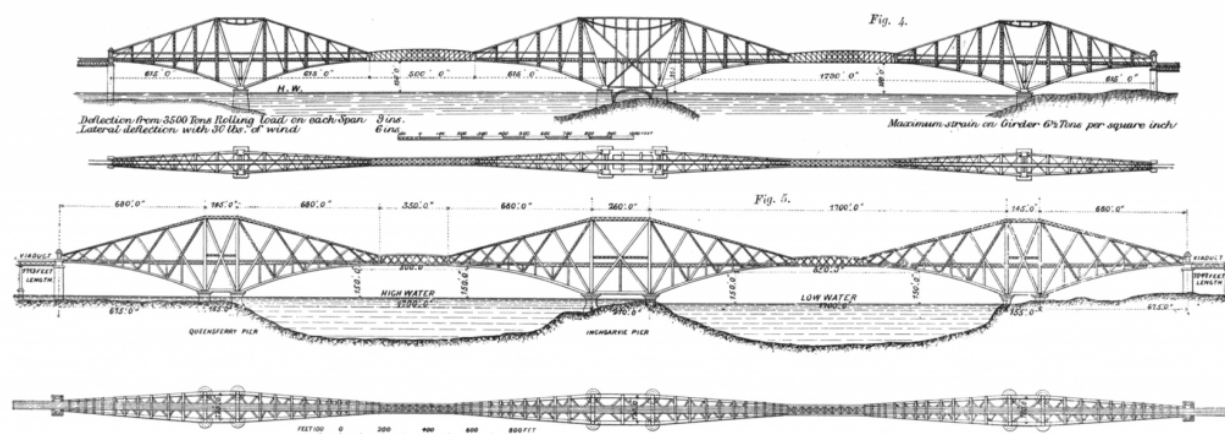


Рисунок 3 – Два окончательных проекта (принят второй)

Строительство моста было завершено в декабре 1889 года, а в следующем месяце он прошел нагрузочные испытания. Два поезда, каждый из которых состоял из трех локомотивов и 50 вагонов с углем (общая масса двух поездов составляла 1880 тонн, что вдвое превышает расчетную нагрузку моста), медленно выезжали на мост, часто останавливаясь для проведения измерений.

В июле 2015 года ЮНЕСКО внесла Форт-Бридж шестым, в список Всемирного наследия, в Шотландии.

Литература:

1. National Portal of Landmarks and History Three Bridges spanning Three Centuries. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.theforthbridges.org/forth-bridge>
2. Web archive [Electronic resource]. – Mode of access: <https://web.archive.org/web/20121223015457/http://www.forthbridges.org.uk/railbridgefacts.htm>
3. National Portal of Scotland Three Bridges. [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.thethreebridges.com/forth-rail-bridge>

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ БЕЛУША И ПРОСПЕКТА РУМЛЁВСКИЙ

*Жданович Александр Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В рамках научной работы требуется спроектировать многоуровневую подземную развязку в городе Гродно на пересечении улицы Белуша и проспекта Румлёвский с целью увеличения пропускной способности перекрёстка. (Рис. 1). Принято решение запроектировать многоуровневую развязку, которая обеспечит беспрепятственное движение на перекрёстке. (Рис. 2). Расчётная скорость движения автомобильного потока должна составить 80 км/ч.

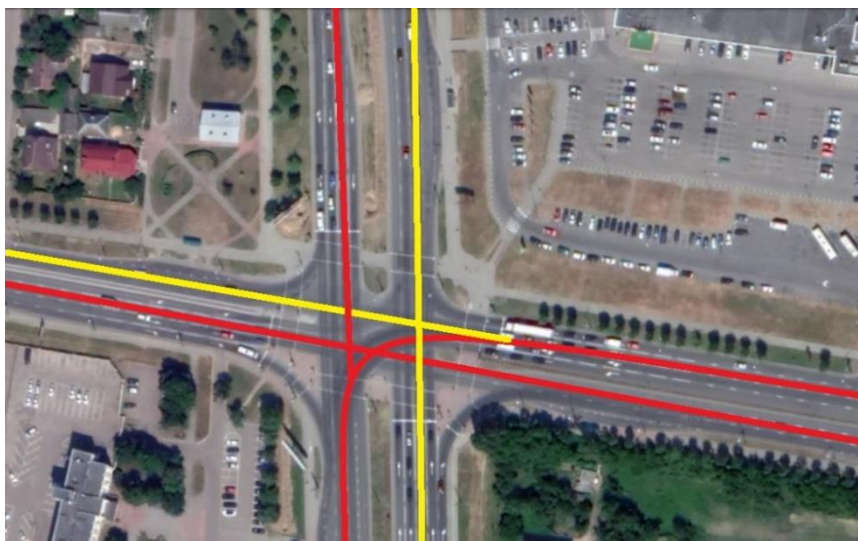


Рисунок 1 – План местности

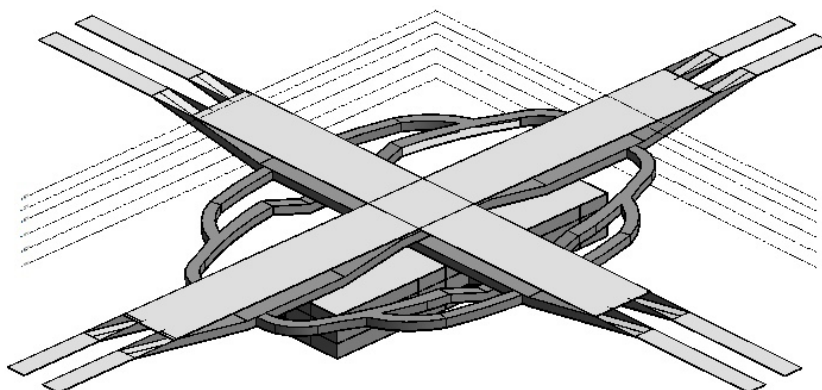


Рисунок 2 – Общий вид

В данном проекте также присутствует трёхэтажный подземный многофункциональный комплекс, который расположен под многоуровневой развязкой. В состав многофункционального комплекса входит паркинг, находящийся на верхнем этаже, а также, магазины, развлекательные центры, кафе и рестораны, спортивные комплексы, игровые площадки для детей. Паркинг имеет въезды и выезды расположены по обе стороны от перекрёстка на улице Белуша. (Рис. 3). Для перемещения по этажам предусмотрены лестницы, лифты и эскалаторы.

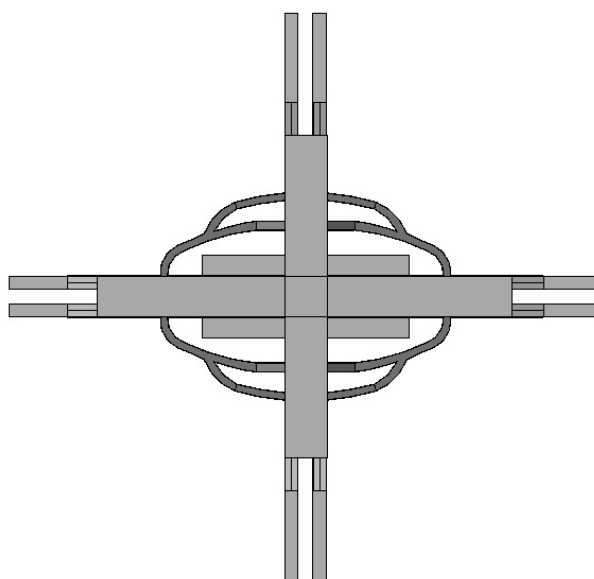


Рисунок 3 – План развязки

Благодаря выгодному расположению практически в центре города Гродно этот многофункциональный комплекса будет пользоваться большим спросом среди жителей и гостей города.

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Олляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96.
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ХАТАЕВИЧА И СОВЕТСКАЯ

*Жильский Павел Дмитриевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В рамках данной научной работы требовалось запроектировать подземную развязку в городе Гомель, с снижения загруженности одного из центральных перекрёстков (Рис. 1). Решено запроектировать подземную развязку, которая будет обеспечивать разделение перпендикулярных потоков движения (Рис 4, 5). Продольный профиль местности (Рис. 3).

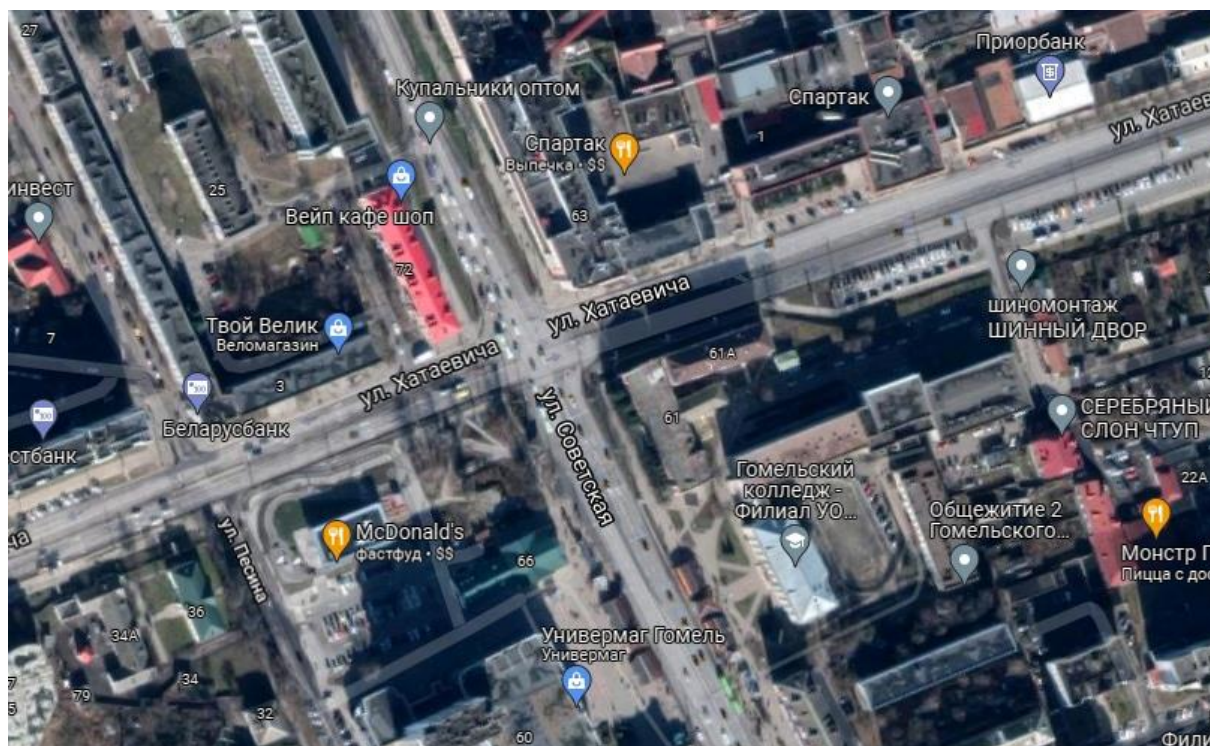


Рисунок 1 – Генеральный план

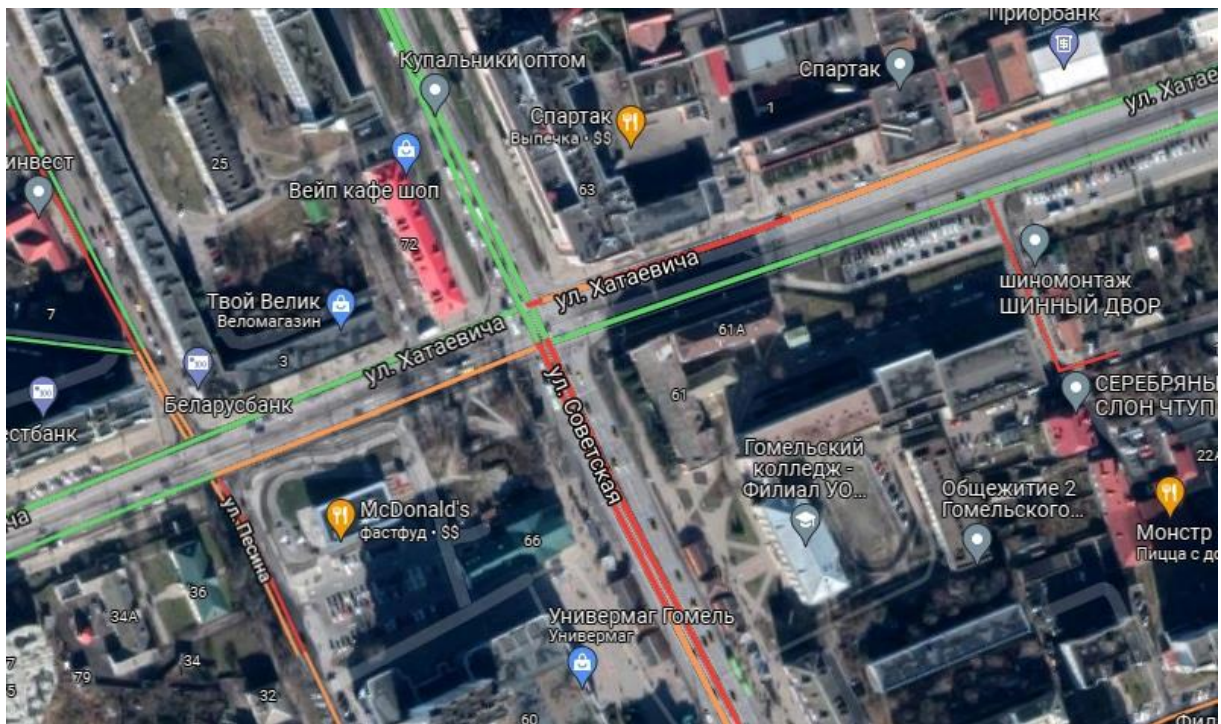
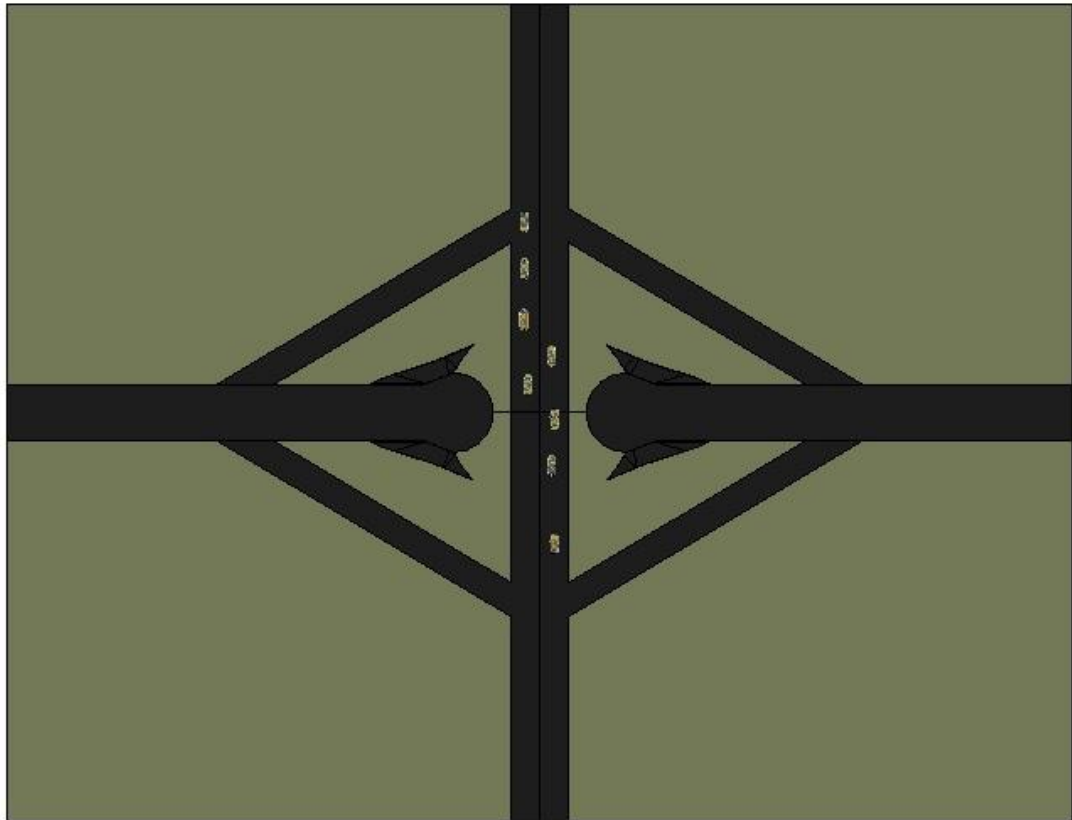


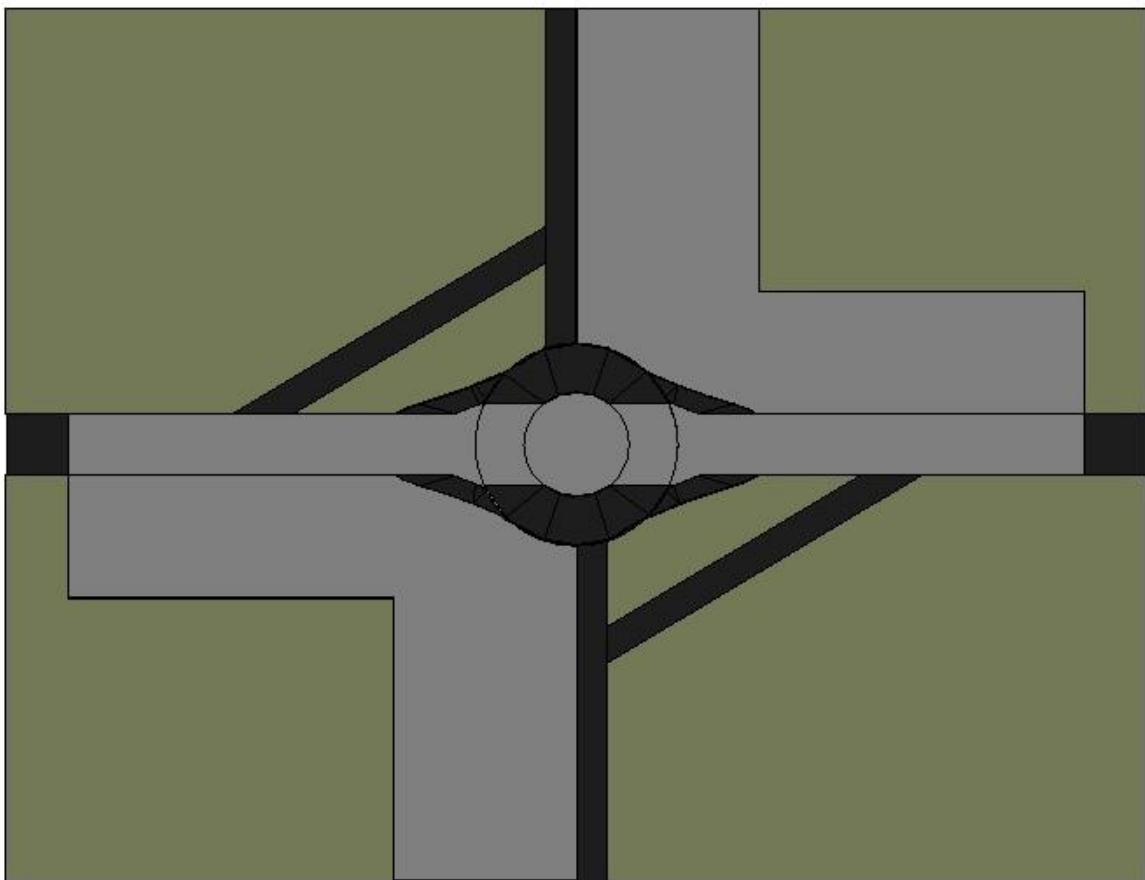
Рисунок 2 – Пробки 9 баллов



Рисунок 3 – Продольный профиль местности



А)



Б)

Рисунок 4 – План развязки (А – над поверхностью земли; Б – под поверхностью земли)

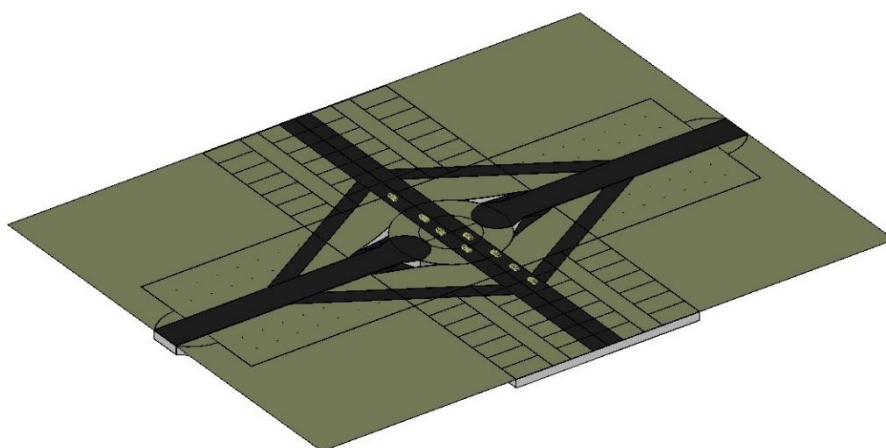


Рисунок 5 – Архитектурно-планировочное решение

Особенностью проекта является многофункциональный комплекс. В торгово-развлекательном комплексе соответствует множество магазинов. Выделим и другие отдельные помещения большой площади, пригодные для строительства масштабных развлекательных комплексов, таких как кинотеатры, концертные залы, ночные клубы.

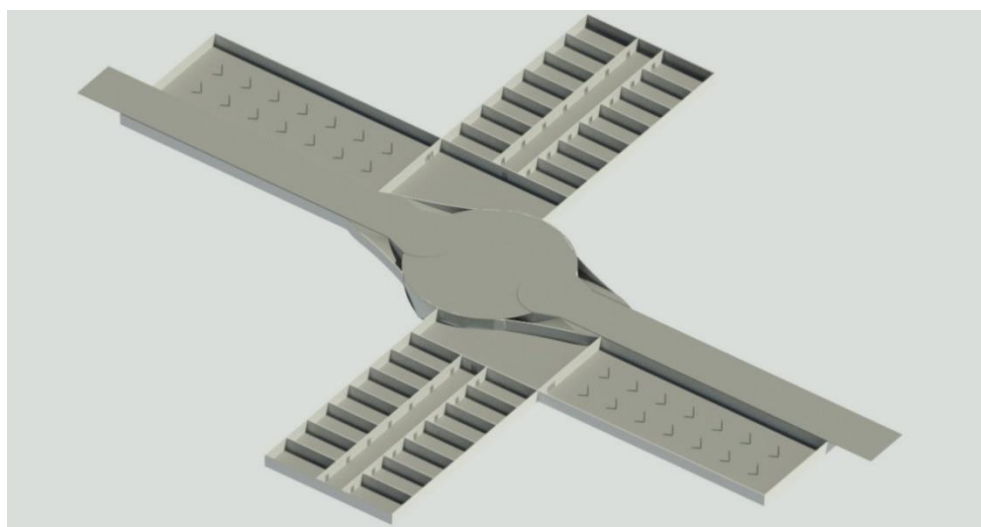


Рисунок 6 – Торгово-развлекательные помещения

Таким образом, решена проблема пробок на перекрёстке улиц Советская и Хатаевича, в г. Гомеле. Помимо этого, появился новый торгово-развлекательный комплекс, в котором люди могут проводить свой досуг. (Рис. 6).

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

АРКА С ФРАНЦУЗСКИМИ ВАНТАМИ

*Зенько Артём Александрович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В марте 2020 года специалисты приступили к демонтажу полувекового моста, который соединил берега реки Днепр в Рогачеве и является аварийным. Параллельно возводится новый мост, который украсит 84-метровая арка с французскими вантами, аналогов ему в Беларуси нет. (Рис. 1). Арка установлена на бетонные опоры, а пролетная часть с дорожным полотном крепится к ней стальными вертикальными тросами – вантами. Длина пролета – 90 метров, он висит над рекой. Эту часть конструкции разрабатывали и собирали российские субподрядчики.



Рисунок 1 – Вид моста сбоку

В качестве объездного пути с помощью военных была установлена 300-метровая конструкция с грузоподъемностью 60 тонн, которую в будущем можно будет разобрать. Старый мост в прошлом году признали аварийным и закрыли так как массивные бетонные опоры разрушались внутри, арматуру изъела коррозия, в пролетах нашли критические прогибы. Новые опоры моста будут значительно шире почти на 3 метра, сама конструкция также станет шире. Длина моста составит 448 метра, а ширина 15 метров. (Рис. 2)

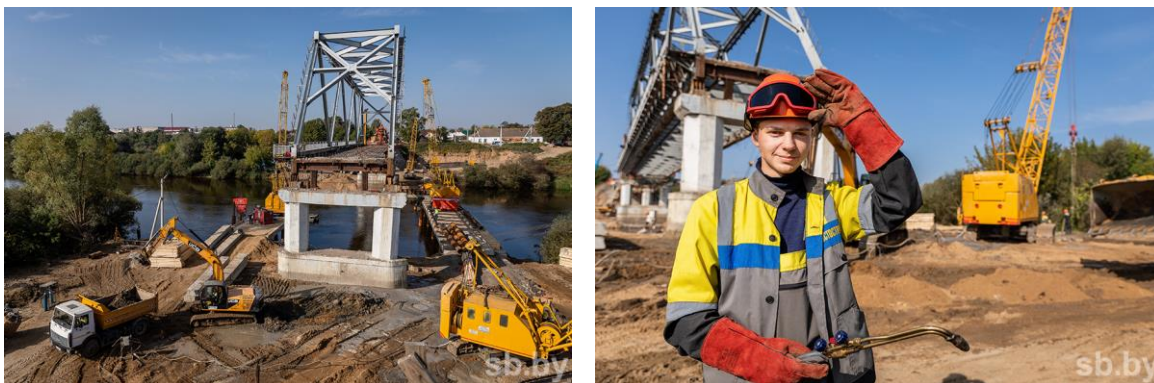


Рисунок 2 – Процесс демонтажа

Днепр в этом месте разлился на 100 метров, таким же по длине будет и центральный пролет. Вес нового пролётного строения составит около 300 тонн, что не сильно превышает вес старого, 260 тонн. Срок службы моста составит 100 лет, а стоимость новой транспортной артерии – около 50 миллионов рублей. Данный объект уже сдан в эксплуатацию

Литература:

1. Белорусское телеграфное агентство [Электронный ресурс]. – режим доступа: https://photobelta.by/ru/photos?rubric_id=94&theme_id=73015&id=491601&page
2. Новостной портал “Белта” [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/fotofakt-frantsuzskie-vanty-ukrasjat-novyj-most-cherez-reku-dnepr-v-rogacheve-442280-2021/>
3. Новостной портал “Беларусь сегодня” [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.sb.by/articles/arka-eto-silnyy-khod.html>
4. Новостной портал “Беларусь сегодня” [Электронный ресурс]. – режим доступа:
5. <https://www.sb.by/articles/podveski-dlya-dnepra.html>

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ БЕЛУША И ПРОСПЕКТА РУМЛЁВСКИЙ

*Ермаков Глеб Валерьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В рамках научной работы требуется спроектировать многоуровневую подземную развязку в городе Гродно. Мной был выбран перекрёсток на пересечении улицы Белуша и проспекта Румлёвский. (Рис. 1, 2). Принято решение запроектировать многоуровневую развязку, которая обеспечит беспрепятственное движение и увеличит пропускную способность перекрёстка. (Рис. 3). Расчётная скорость движения автомобильного потока должна составить 80 км/ч.



Рисунок 1 – План местности

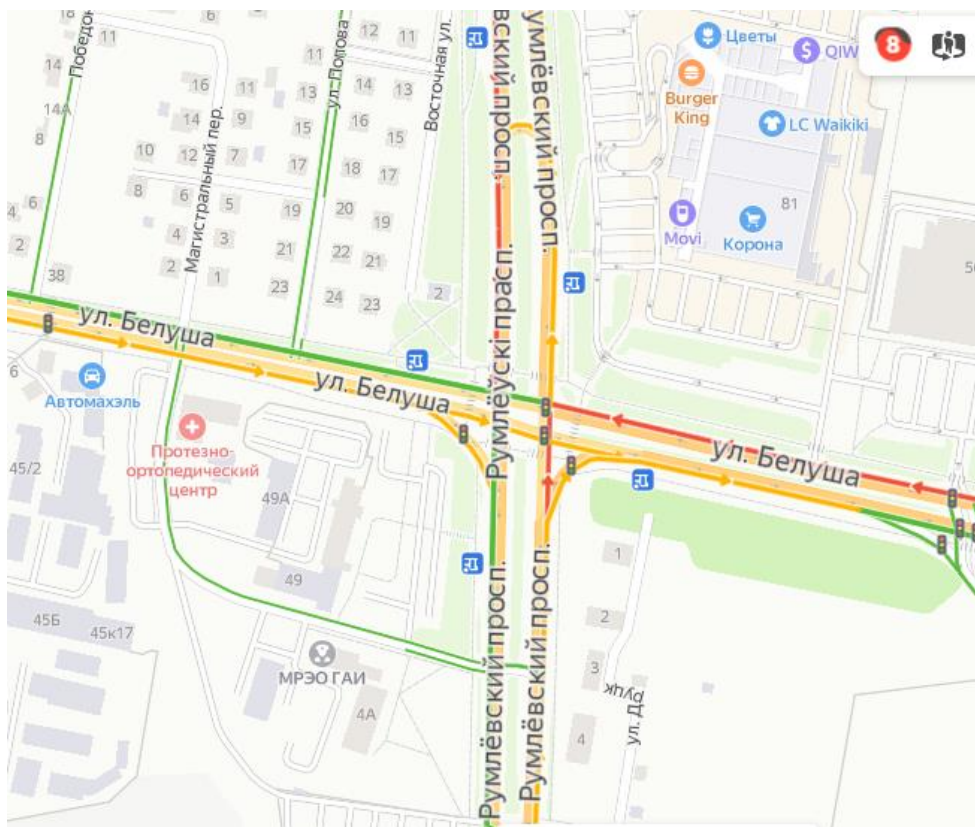


Рисунок 2 – Пробки на перекрёстке



Рисунок 3 – Общий вид

В данном проекте также присутствует четырёхэтажный подземный многофункциональный комплекс, который расположен под многоуровневой развязкой. В состав многофункционального комплекса входит паркинг, находящийся на верхнем этаже, а также, магазины, кинозалы, кафе, библиотека и другие социально значимые объекты, расположенные на трёх нижних этажах. Паркинг имеет въезды и выезды расположены по обе стороны от перекрёстка на улице Белуша. (Рис. 4). Для перемещения по этажам предусмотрены лестницы и лифты.

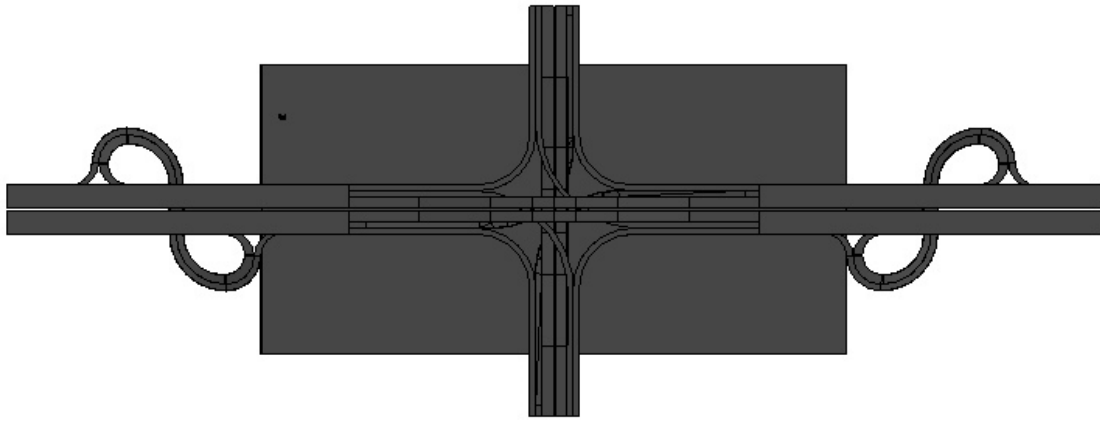


Рисунок 4 – План развязки

В процессе проектирования была создана модель с применением технологии виртуальной реальности. (Рис. 5). Это технология позволяет инженерам проработать конструктивное решение сооружения.

Использование технологии виртуальной реальности в учебном процессе предоставляет возможность студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях пятна застройки.

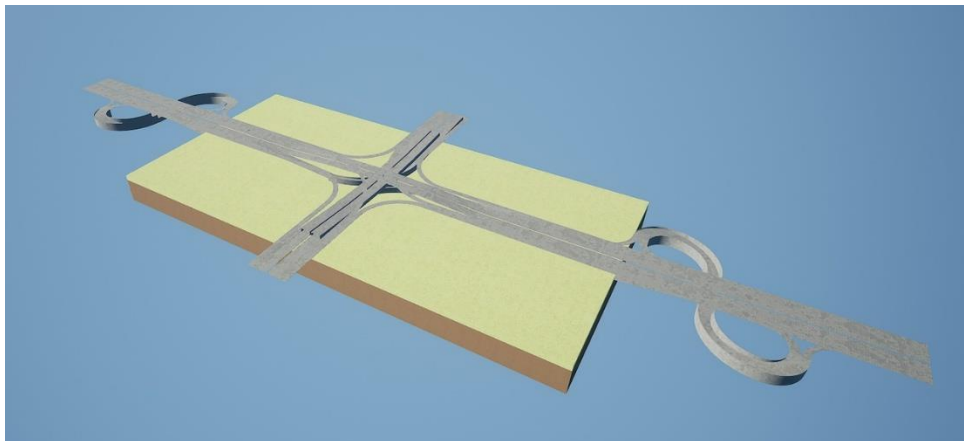


Рисунок 5 – Модель развязки в виртуальной реальности

Благодаря выгодному расположению этого многофункционального комплекса, он будет пользоваться большим спросом среди жителей города.

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96.
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

ЗАВОД ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ»

*Казак Владислав Олегович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Завод железобетонных изделий был основан 11 января 1980 года. Его основной целью является обеспечение специальными строительными изделиями объектов, которые строятся непосредственно УП «МИНСКМЕТРОСТРОЙ». Кроме того, завод занимается изготовлением изделий, применяемых в промышленном, транспортном и жилищном строительстве. В настоящий момент на заводе имеются новейшие технологии и оборудование, обуславливающие модернизацию производства.

В настоящее время завод производит такую продукцию как:

- Трубы безнапорные
- Кольца колодцев
- Бетон
- Ограждение железобетонное
- Изделия из арматуры
- Растворы
- Плиты дорожные
- Элементы фундаментов
- Тюбинги

Новинкой завода являются **железобетонные безнапорные трубы** с интегрированным уплотнителем, пока что единственные в стране. Сами трубы производятся из тяжелого бетона с применением оборудования, которое использует технологию радиального прессования. Трубы нужны для прокладки подземных безнапорных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые и производственные жидкости.



Рисунок 1 – Трубы безнапорные

Кольца колодцев предназначены для сооружения канализационных колодцев, выгребных ям и смотровых колодцев. Они предотвращают появление протечек и проникновение грунтовых вод.



Рисунок 2 – Кольца колодцев

Фундаментные блоки ФБС (фундаментные блоки сплошные) предназначены для возведения фундамента, стен подвалов и технических подполий.

Особенностью блоков ФБС заключается в том, что они могут быть использованы практически на любом объекте независимо от типа грунта. Характеристики почвы в данном случае окажут влияние, по большому счету только на глубину заложения фундамента.



Рисунок 3 – Фундаментальные блоки

На заводе так же производят современные **түбинги** для строительства метрополитена, уже с завода они получают свою гидроизоляцию.



Рисунок 4 – Түбинги

SKYBRIDGE MICHIGAN

*Казак Владислав Олегович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Курорт собирается открыть самый длинный в мире подвесной мост с деревянными башнями.

Ожидается, что SkyBridge в Мичигане откроется в июне 2022 года.



Рисунок 1 – Макет моста

Курорт Бойн Маунтин объявил о начале строительства аттракциона под названием “**SkyBridge Michigan.**”, который, по данным курорта, должен стать самым длинным в мире подвесным мостом с деревянными башнями.

Мост будет иметь длину 1203 фута и высоту 118 футов, и позволит пешеходам ходить по нему, любуясь панорамным видом на окружающую долину.

Мост построен по образцу аналогичной достопримечательности в Гатлинбурге, штат Теннесси.



Рисунок 2 – Мост в Гатлинбурге

Мост получит деревянную конструкцию, построенную из пиломатериалов местного производства от компании Matelski Lumber



Рисунок 3 – Строительство деревянных башен

“SkyBridge Michigan” упоминается как второй мост Мичигана после исторического моста Макино, который соединяет северный и южный полуострова.



Рисунок 4 – Внешний вид моста

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ УЛИЦЫ ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНОЙ, УЛИЦЫ ГАГРИНА И ПРОСПЕКТА ЛЕНИНА

*Казаченко Мария Владимировна, студентка 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

При выполнении курсового проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения» требовалось запроектировать многофункциональный подземный комплекс на пересечении трех наиболее загруженных улиц в городе Гомель. Плотность населения которого составляет 3853 чел./км². Были выбраны пересечения улицы Интернациональной, улицы Гагарина и проспекта Ленина, так как они являются наиболее загруженными. Для оптимизации движения, на выбранных пересечениях, был запроектирован подземный тоннель, соединенный с многофункциональным комплексом.

На первом этаже подземного комплекса будет располагаться паркинг, приблизительная площадь которого составляет 14500 м². Съезд производится с использованием круговых рамп, расположенных под выбранными перекрестками.

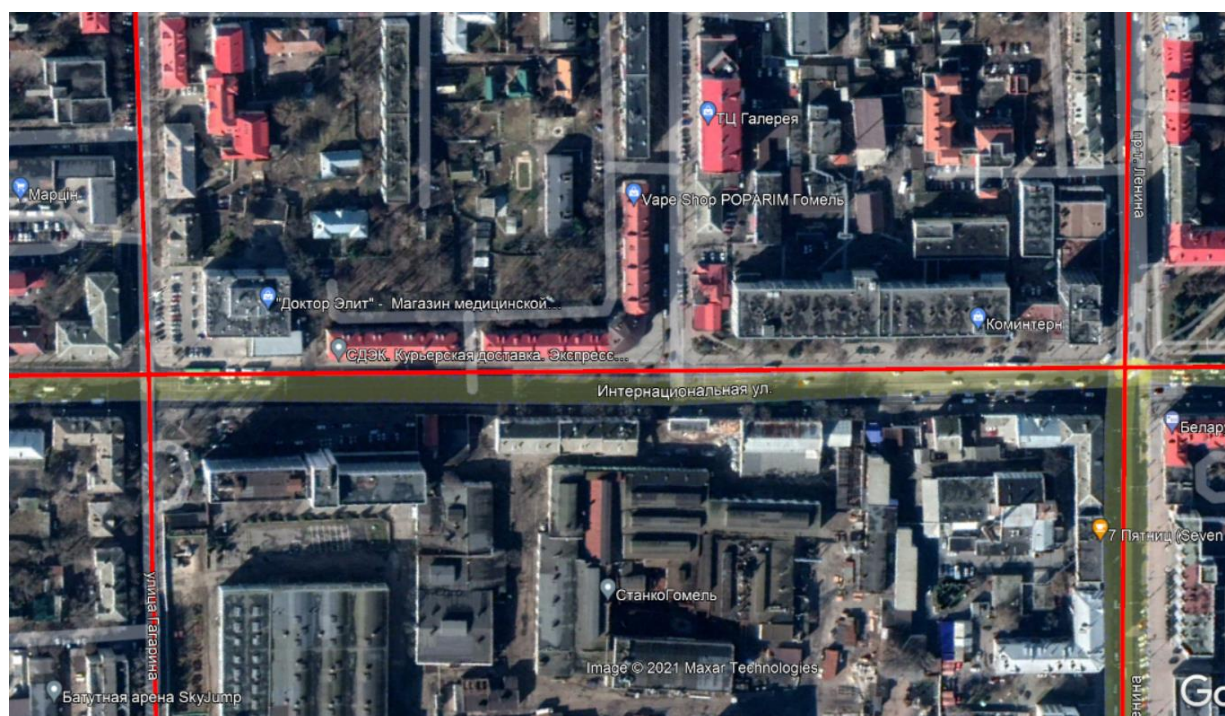


Рисунок 1 – План местности

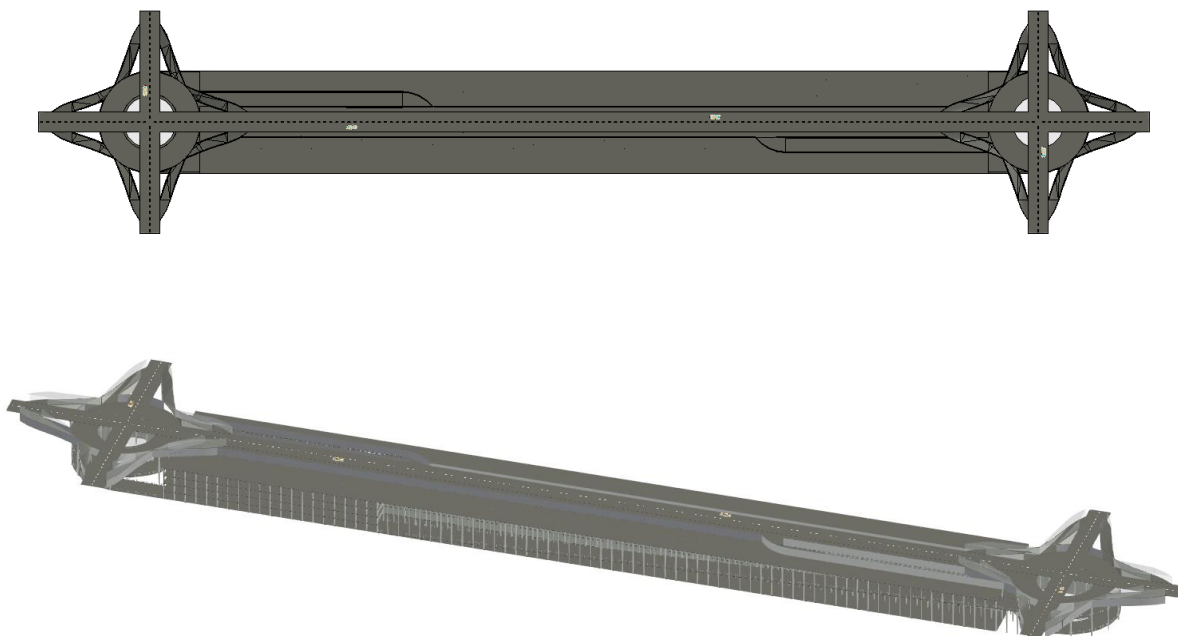


Рисунок 2 – План и перспектива комплекса с системой тоннелей

На первом этаже подземного комплекса будет располагаться паркинг, приблизительная площадь которого составляет 14500 м². Съезд производится с использованием круговых рамп, расположенных под выбранными перекрестками.

Второй и третий этаж отведен для торгово-развлекательного центра, площадь которого будет составлять 29000 м².



Рисунок 3 –Южный фасад



Рисунок 4 –Западный фасад

Данный проект позволяет решить такую проблему, как пробки, благодаря использованию системы подземных тоннелей.

Литература:

1. Google Earth [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://googleearthonline.blogspot.com/>. – Дата доступа: 30.11.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОМЕЛЕ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ СОВЕТСКОЙ И ПРОСПЕКТА ПОБЕДЫ

*Калиберов Андрей Кириллович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

С каждым годом в городах увеличивается количество автомобилей.

Из-за этого на улицах городов образуются многокилометровые пробки, которые увеличивают время в пути на минуты, а то и на часы. В связи с этим мною была запроектирована многоуровневая подземная развязка в центре города Гомеля. Располагается развязка на проспекте Победы и улице Советской. (Рис. 1)



Рисунок 1 – Место строительства

Неподалеку от этого места находится центральный стадион и бульвар, поэтому на протяжении долгого времени пешеходам и автомобилистам приходится мириться с неудобствами при пересечении этого перекрестка. (Рис. 2). Новая развязка должна решить эти проблемы и увеличить пропускную способность перекрестка в 8-10 раз, а допустимую скорость передвижения до 80км/ч. (Рис. 3).

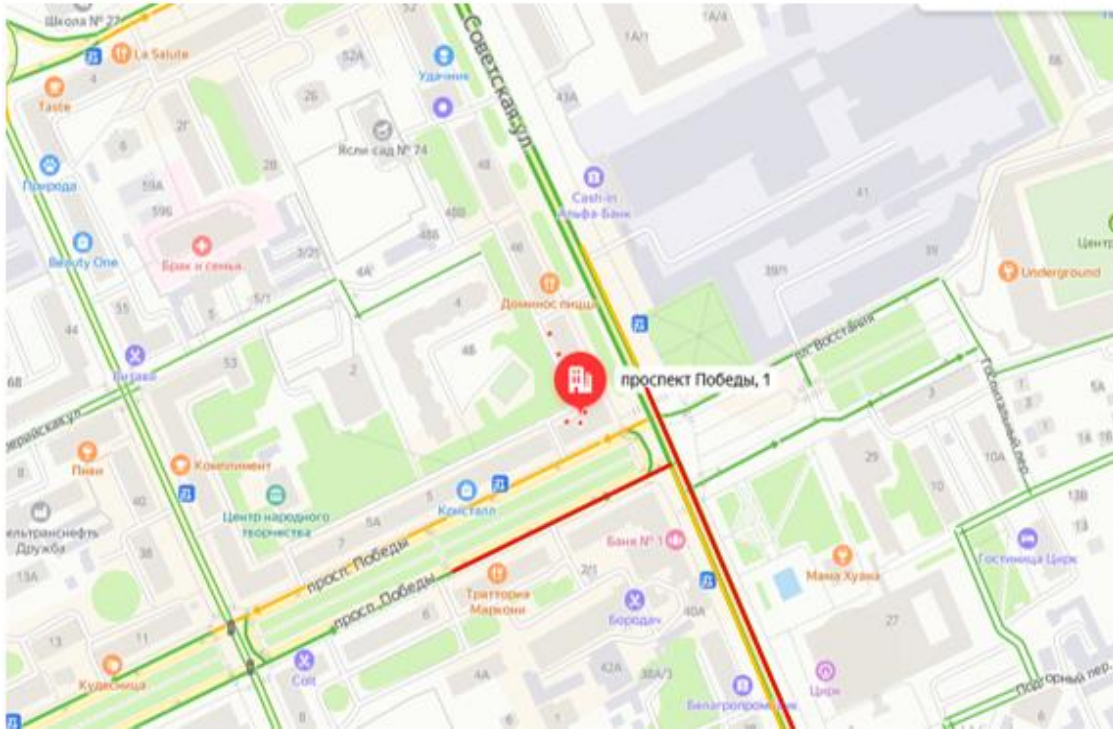


Рисунок 2 – Заторы на перекрестке

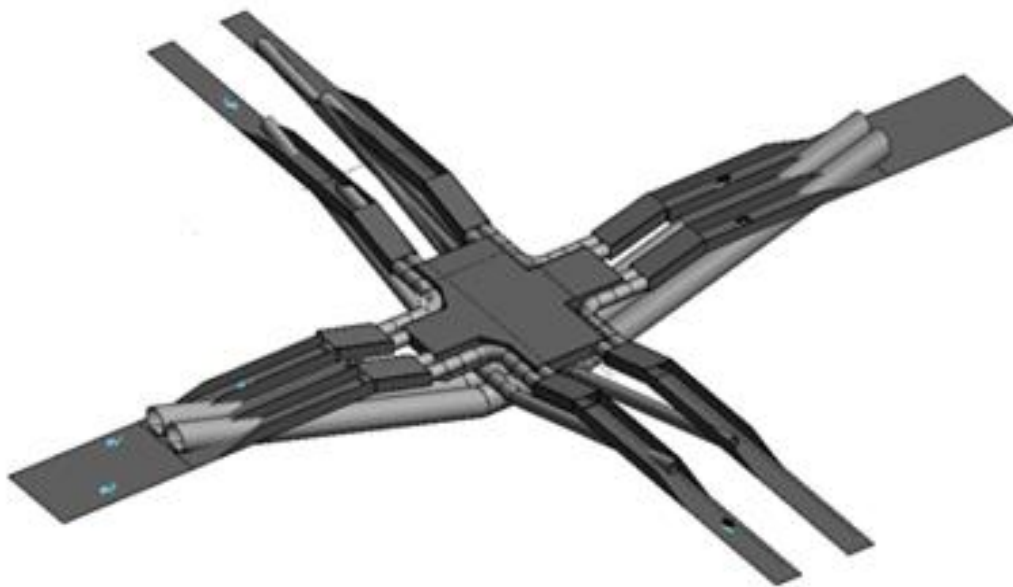


Рисунок 3 – Заторы на перекрестке

Чтобы обеспечить комфортный досуг, а также свободную парковку автотранспорта был запроектирован торгово-развлекательный комплекс с подземным паркингом. Кроме того, в торговом центре планируется открыть кинотеатр с IMAX, ледовым катком и иными развлекательными центрами.

Для обеспечения безбарьерной среды, было предусмотрено строительство четырех лифтов, по обоим сторонам перекрестка, а также двух эскалаторов, спускающихся из торгового зала напрямик в подземный паркинг.

При проектировании была использована программа виртуальной реальности, что позволило зайти внутрь комплекса до его постройки и оценить преимущества и недостатки архитектурно-планировочных решений.

Благодаря современному подходу к проектированию и применению современных технологий, комплекс будут пользоваться спросом среди жителей, а так же гостей Гомеля и привлекать инвестиции в город.

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооруженных горным способом //—2005 С 96.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://liftmach.by/catalog/parkovka-liftovaya-рl-25-bashennogo-tipa>.

СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЯ В ЦЕНТРЕ ГОРОДА С ПОДЗЕМНЫМ ПАРКИНГОМ И ТОРГОВЫМИ ПЛОЩАДЯМИ

*Карпейко Антон Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Зачастую в плотной городской застройке бывает проблематично, а иногда и невозможно организовать грамотное пересечение улиц. Регулирование движения светофором сильно тормозит поток транспортных средств, а для строительства надземной развязки просто нет места.

Именно для такого положения дел был разработан проект пересечения улицы Советская и улицы Рогачёвская в городе Гомель (рис. 1).

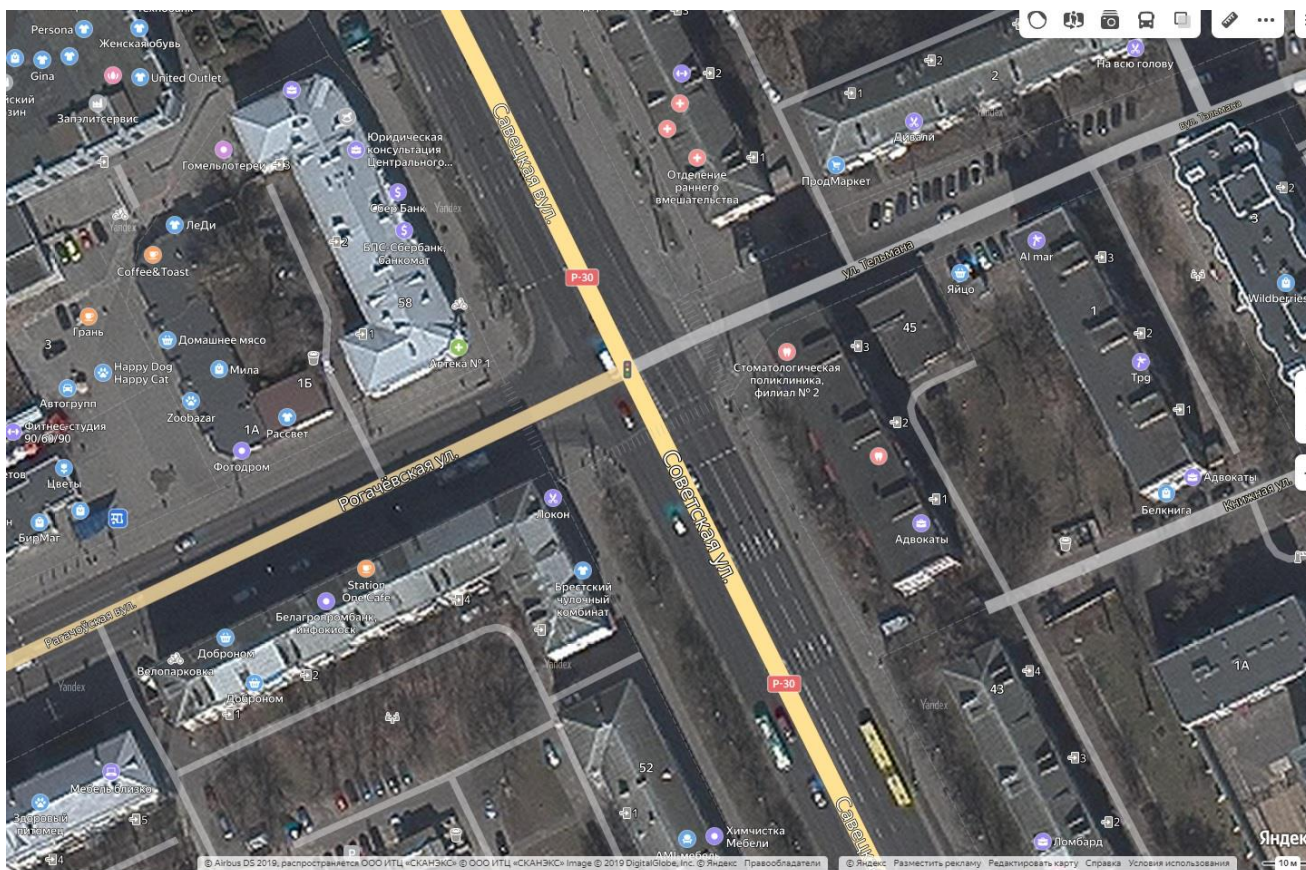


Рисунок 1 – Снимок со спутника

Как видно на спутниковом снимке имеет место пересечение двух не равнозначных улиц. Улица Советская имеет 6 полос движения, являясь одной из центральных областного центра и одной из самых протяжённых в Республике

Беларусь. В час и пик здесь нередки заторы и затруднённое движение транспортных средств. Осложняется всё тем фактом, что при данной схеме перекрёстка по улице Советской на “красном” вынуждены останавливаться не только транспортные средства, которым необходимо произвести поворот или разворот, но и транспортные средства, проезжающие данный перекрёсток транзитом.

Для улучшения транспортной ситуации в данном месте была разработано многоуровневое пересечение двух улиц, с направлением транзитного движения по улице Советская по подземному тоннелю (рис. 2).

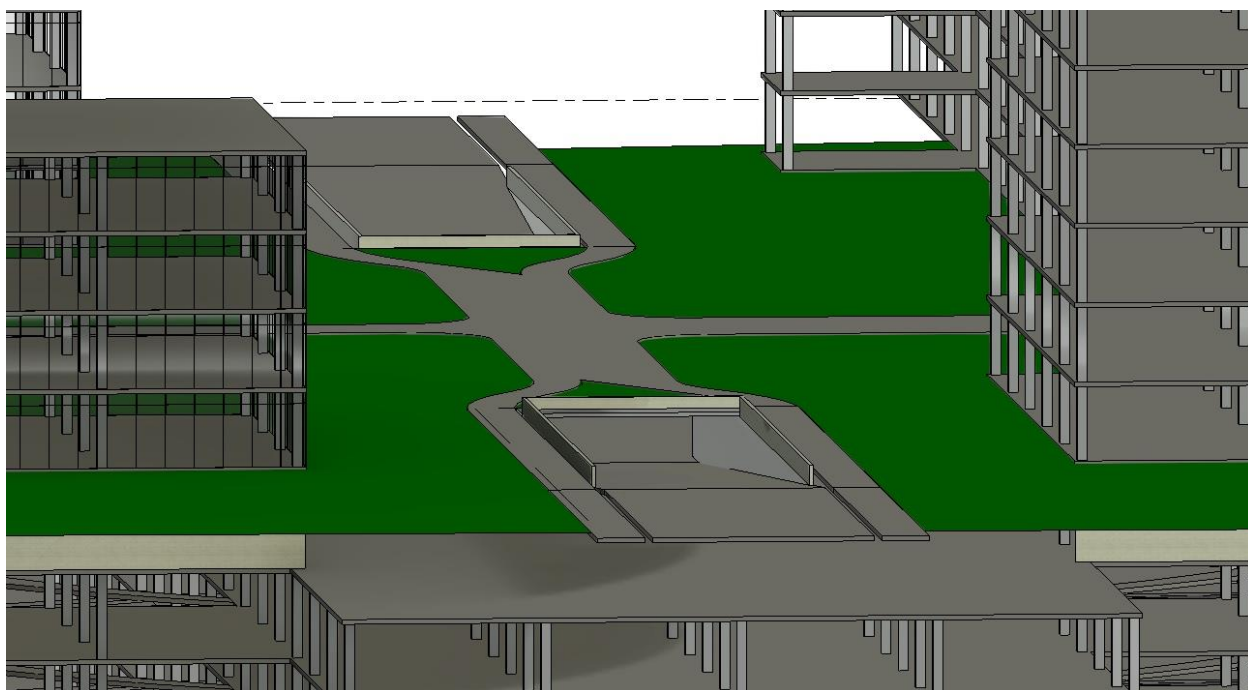


Рисунок 2 – Подземная часть перекрёстка

Была создана модель с применением технологии виртуальной реальности, позволяющая инженерам проработать конструктивные решения данного сооружения.

Так как данная конструкция является весьма затратной с финансовой точки зрения, то было решено амортизировать вложенные средства путём расширения конструкции и добавления подземного паркинга, совмещённого с четырьмя зданиями на поверхности. Паркинг в подземной части сооружения с заездом из подземного тоннеля будет приносить весьма ощутимые финансовые средства, так как данное сооружение находится в плотной городской застройке где весьма проблематично оставить личный автотранспорт, тем более под охраной. Надземные же части комплекса будут выполнять функцию торговых площадей, развлекательных центров, ресторанов и другие социально значимых объектов, что также будет приносить весьма ощутимую прибыль.

Присутствуют заезды и выезды из каждого блока, оборудованные полосами разгона и торможения, что повысит пропускную способность тоннеля и не будет создавать трудности для транспортных средств, движущихся транзитом (рис. 3).

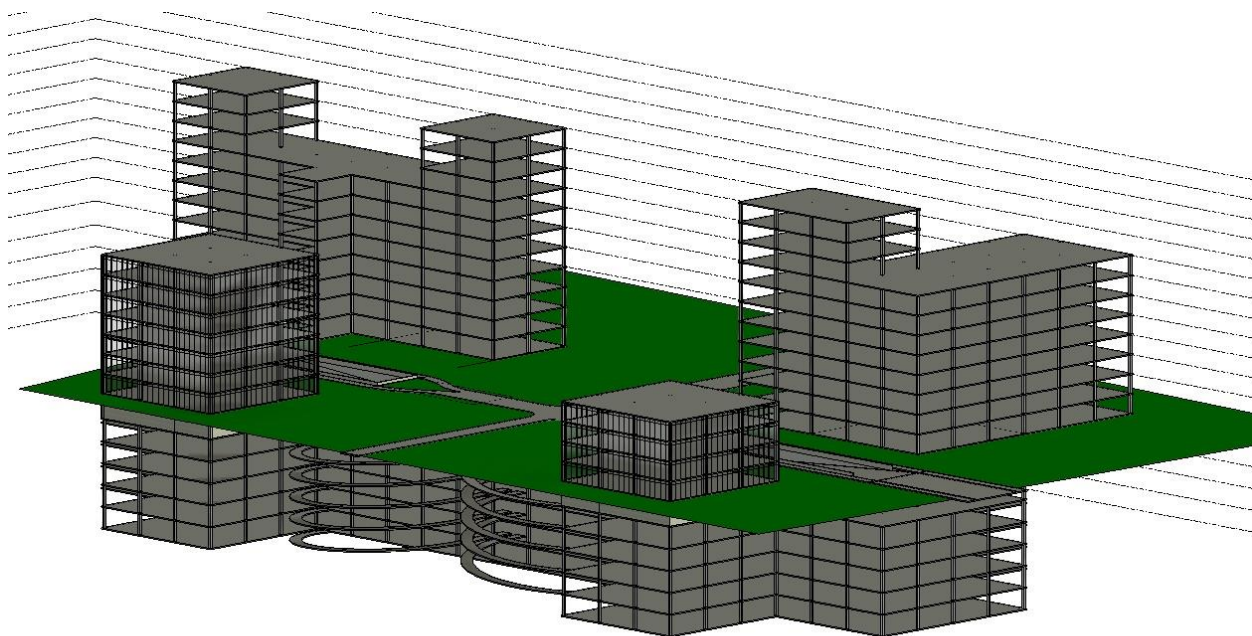


Рисунок 3 – Общий вид сооружения

В результате реализации данного проекта областной центр получит не только корректное пересечение двух центральных улиц, но так же частично решит загруженности парковочных мест и даст мощный стимул местной торговле, что существенно повысит уровень наполняемости местного бюджета.

Использование в учебном процессе технологии виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения и пятна застройки в реальных условиях.

МНОГОУРОВНЕВАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ КРАКОВ

*Климовец Алексей Васильевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В рамках научной работы мною было выбрано пересечение улиц Armii Krajowej и Piastowska в городе Краков, Польша. Анализ движения транспортного потока показал, что в часы пик на данном перекрестке образуются заторы. С целью их предотвращения и удобной организации движения транспортных средств и пешеходов мною была разработана подземная транспортная развязка.

Координаты точек:

А: Широта - $50^{\circ} 4'13.61''\text{С}$; Долгота - $19^{\circ}54'15.06''\text{В}$

Б: Широта - $50^{\circ} 4'10.86''\text{С}$; Долгота - $19^{\circ}54'13.86''\text{В}$

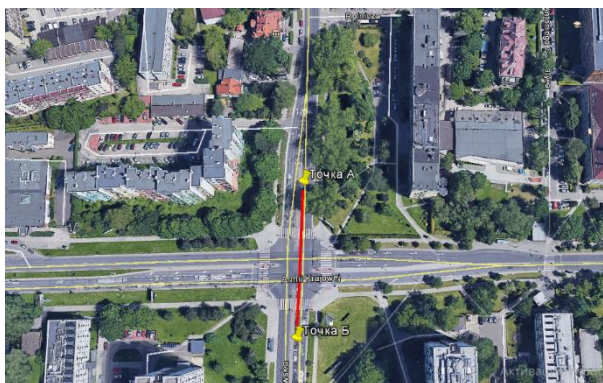


Рисунок 1 – снимок с GPS с точками

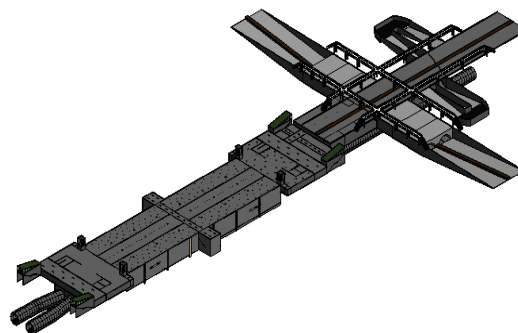


Рисунок 2 – модель транспортной
строительства развязки



Рисунок 3 – общий вид входа



Рисунок 4 – общий вид станции



Рисунок 5 – архитектурно-планировочное решение станции (вид сверху)

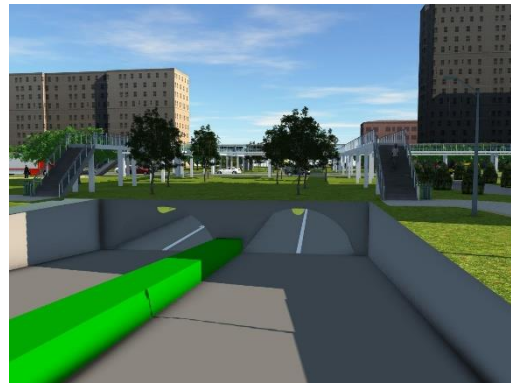


Рисунок 6 – общий вид входа

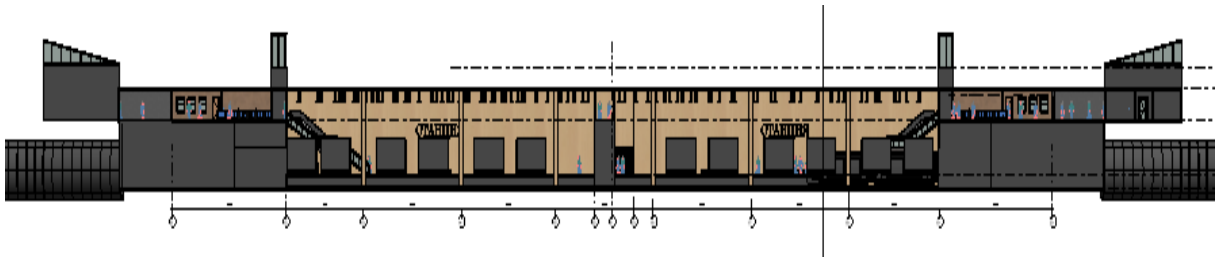


Рисунок 7 – продольный разрез (фасад - южный)

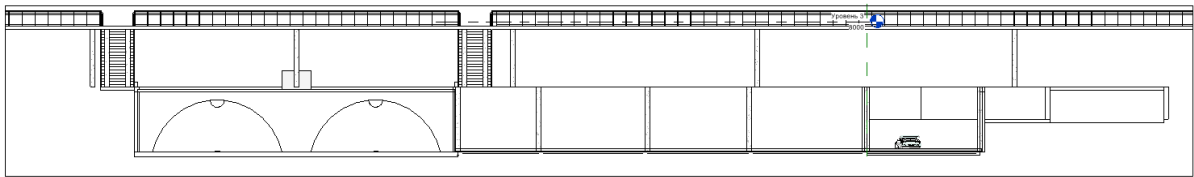


Рисунок 8 – архитектурно-планировочное решение (разрез 1-1)

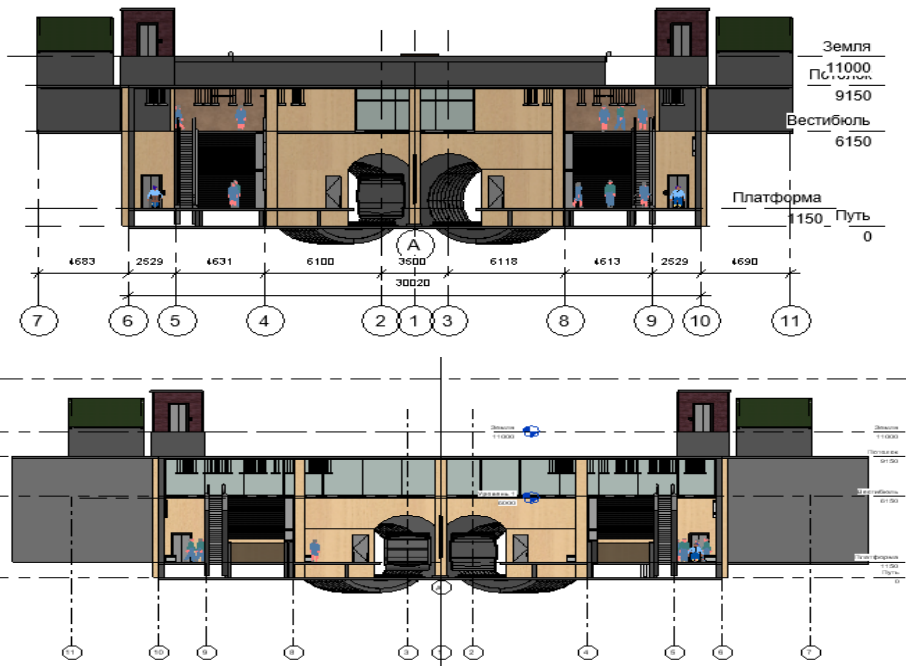


Рисунок 9 – поперечный разрез и фасад северной стороны

Концепция транспортной развязки состоит в одновременном соединении транспортного тоннеля с пересекающей улицей, а также системы пешеходных мостов. С пересекающей улицы запроектирован съезд в подземную часть, соединенную с тоннелем.

Так как перекресток является важной развязкой в данном районе, а также расположен в довольно плотной жилой застройке, при строительстве тоннеля рекомендуется использовать так называемый «миланский способ» (или траншейный). Данный метод строительства позволит в кратчайшие сроки восстановить движение транспортного потока.

Суть метода заключается в том, что изначально строители возводят стены и перекрытия тоннеля, по которым восстанавливается движение, а уже после приступают к разработке грунтового ядра.

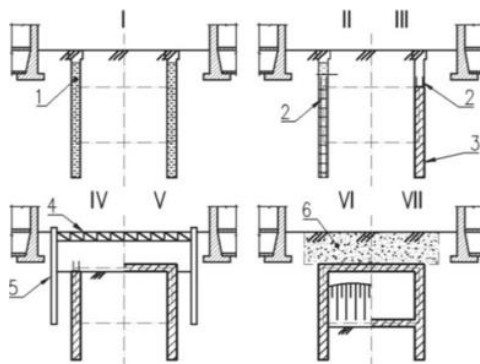


Рисунок 10 – этапы строительства тоннеля «миланским способом»

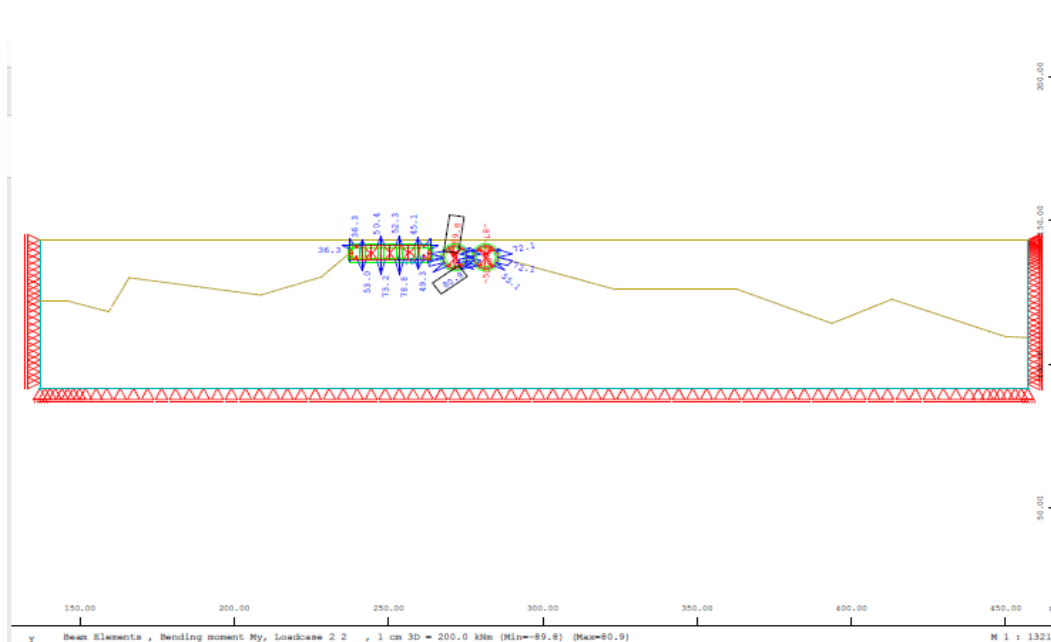


Рисунок 11 – Расчет сети тоннелей на изгибающий момент M_y с учетом инженерно-геологических условий

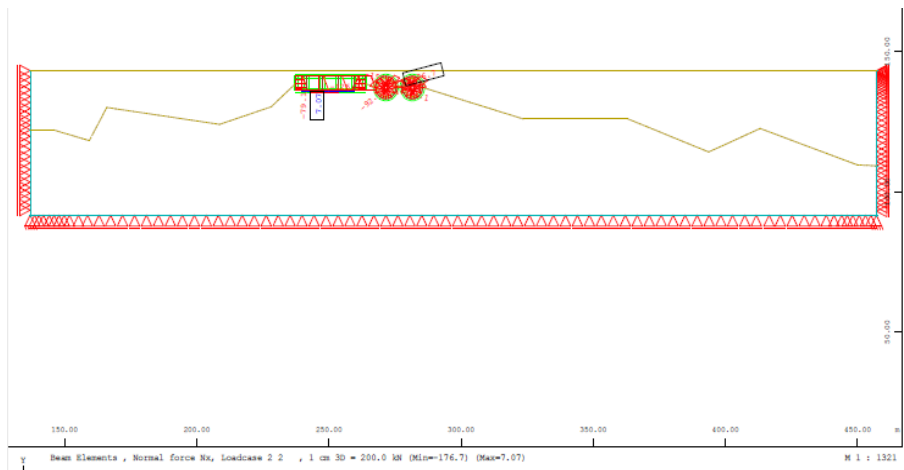


Рисунок 12 – Расчет сети тоннелей на внутренние усилия, возникающие в тоннельной обделке Nx с учетом инженерно-геологических условий

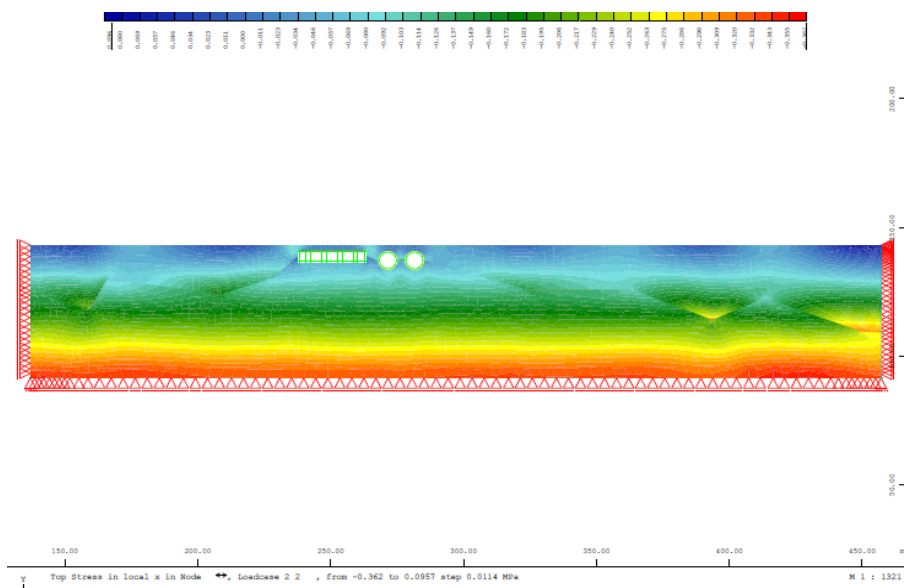


Рисунок 13 – Расчет по напряжениям, возникающим в расчетной схеме по горизонтальной оси X с учетом инженерно-геологических условий

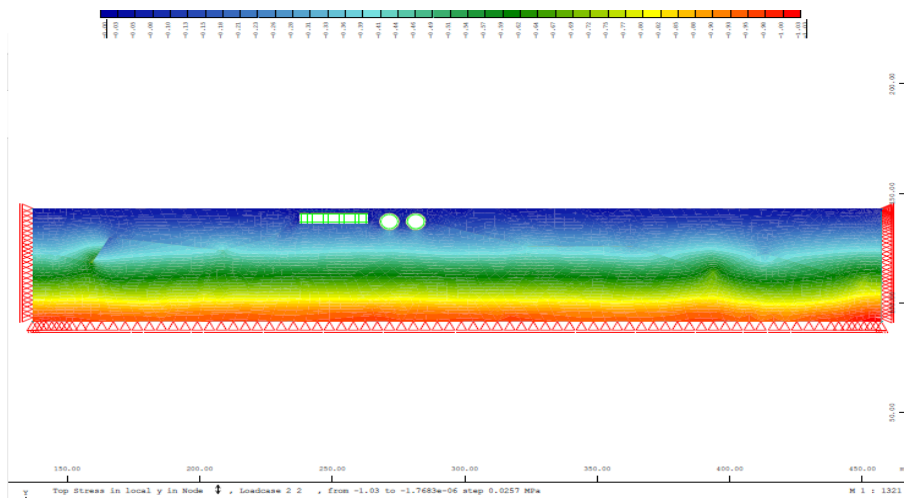


Рисунок 14 – Расчет по напряжениям, возникающим в расчетной схеме по вертикальной оси Y с учетом инженерно-геологических условий

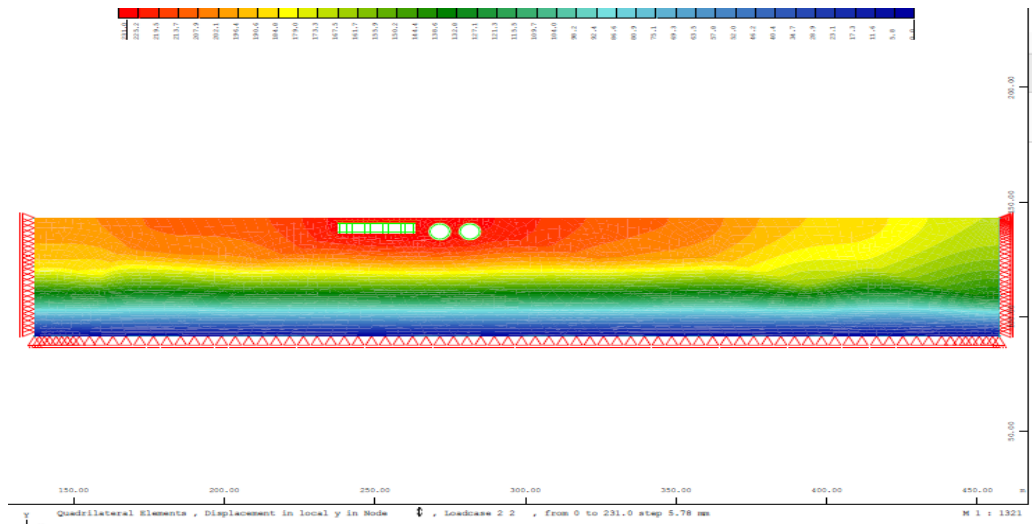


Рисунок 15 – перемещения грунтов по оси Y

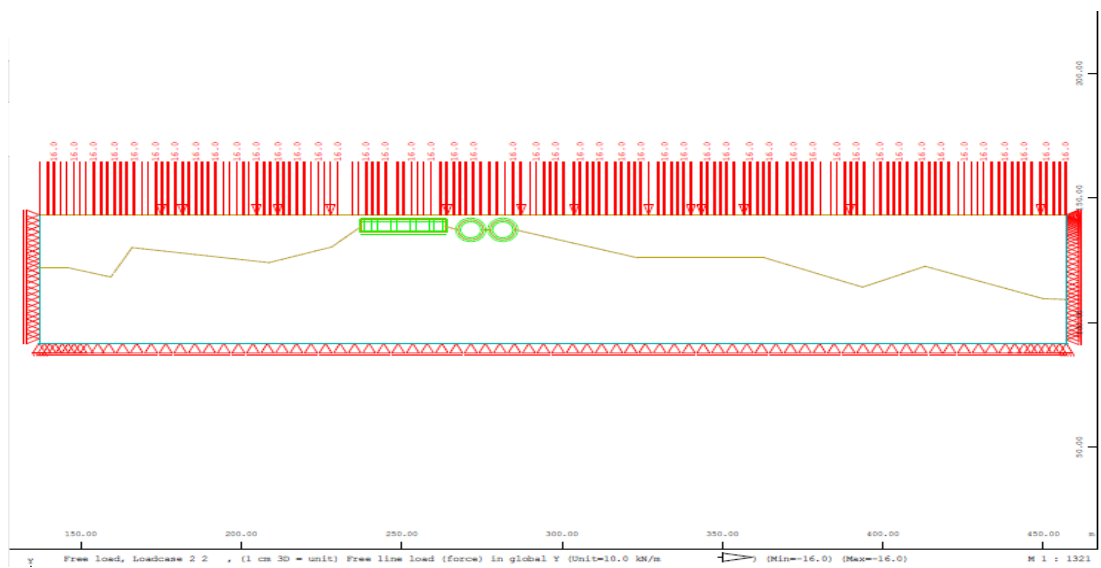


Рисунок 16 – внешние нагрузки на грунт

Литература:

1. Режим доступа: Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г. – Дата доступа: 10.04.2021.
2. Режим доступа: Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.– Дата доступа: 10.04.2021.

КОНСТРУКЦИИ ВОКЗАЛА ЮЖНОГО КРЕСТА

*Ковальчук Ярослав Игоревич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А. старший преподаватель)*

Проект станции Южный Крест. Вокзал Южного Креста в Мельбурне превратился в станцию мирового класса с самыми современными удобствами. Преобразование бывшего участка Spencer Street Station – одно из самых значительных. Станция Южного Креста - легкая, открытая, современная и безопасная транспортная развязка и предлагает пассажирам по-настоящему путешествовать в 21 веке (Рис.1).



Рисунок 1 – Станция Южного Креста

Преимущества Южного Креста: транспортная развязка оснащена удобствами, подобными аэропорту, большое количество лестниц, эскалаторов и лифтов, приспособленных для инвалидов, тактильное покрытие так же помогает для людей с ослабленным зрением.

Конструкция крыши была выполнена под детальным проектированием, в ходе которого оценивалось, как собрать максимально возможное количество дождевой воды с крыши станции для повторного использования как внутри, так и снаружи станции. Собранная вода используется для различных целей отчистки и эксплуатации.

Проект стартовал в 2002 и был завершён в 2006, крыша составляет 35000 квадратных метров и установлена на высоте 23 метров, чтобы покрыть станцию и остальные конструкции станции (Рис.2).



Рисунок 2 –Строительство крыши

Существенные особенности конструкции включают в себя крышу, новый вход, новый фуд-корт, бары, рестораны, выходы для разделения внутри станции и отдельных рядом стоящих зданий.

Станция Южный Крест насчитывает в своей истории более 100 лет. На данный момент она стала синонимом развития железнодорожного транспорта в Виктории и была преобразована в транспортную развязку мирового класса.

Литература:

1. Вебархив [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http://webarchive.loc.gov/all/20090530111240/http://www.doi.vic.gov.au/DOI/Internet/transport.nsf/AllDocs/51A6FE0B0EA5C80BCA2571F800066647?OpenDocument> . Дата доступа: 21.12.2021.
2. Баблмания [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http://www.bubblemania.fr/en/bulle-architecture-gare-southern-cross-2002-2006-docklands-melbourne-australie/> . Дата доступа: 21.12.2021.

ИНЪЕКЦИОННАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ ИСПОЛЬЗУЕМАЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПОДЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА СОВМЕЩЕННОГО СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВИТЕБСКЕ

*Кожедуб Павел Сергеевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Инъекционная гидроизоляция – это современный способ защиты сооружений, элементов конструкций, заключающийся в закачке полимерных смесей вглубь применяемого материала. Эффективность укрепления конструкции выходит за счет вытеснения воды из трещин и стыков между отдельными элементами конструкции.

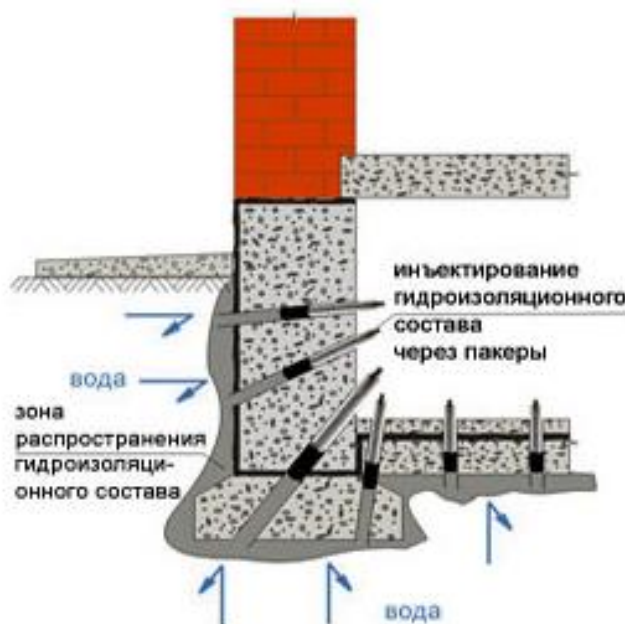


Рисунок 1 – Устройство инъекционной гидроизоляции

Инъекционный метод включает в себя высверливание сквозных отверстий в поверхностях конструкций, через которые с помощью удлиненных штырей (пакеров) под большим давлением вкачивается инъекционный раствор.



Рисунок 2 – Устройство удлиненных штырей (пакеров)
для закачивания инъекционного раствора

Выбор составов, применяемых для этого метода, огромен. Их выбор зависит от технического решения для устранения проникновения воды, свойством и видом грунтов, экономическими показателями. Для заполнения пустот большого объема применяются составы с тонкозернистым компонентом на основе цементных вяжущих компонентов, акрилового геля, низковязких полиуретановых или эпоксидных смол, материалов с гидрофобным цементом.

Конечно, применение любого состава вынуждает соблюдения особых требований при работе с ним, соблюдение теплового режима, применение специальных насосов для внедрения раствора внутрь и т.д.

Ремонт гидроизоляции инъектированием эффективен для холодных швов, примыканий плит и трещин, также для герметизации деформационных швов и соединений отдельных частей зданий. Инъекционные растворы имеют низкую вязкость, что дает им возможность просачиваться в мельчайшие пустоты и поры бетона, а также кирпича, что дает нужную герметичность и водонепроницаемость фундамента. Довольно часто инъекционная гидроизоляция используется в совокупности с ремонтом и усилением конструкций, а еще и как дополнительная гидроизоляция элементов.

К наиболее востребованным объектам применения данного метода можно отнести бетонные, монолитные, кирпичные конструкции, как надземные, так и подземные.

Виды составов инъекционной гидроизоляции:

1. Смолы (гели) на основе акрилата.

Метакрилатные гели представляют собой, как правило, двухкомпонентные составы, при которых один компонент реагирует со вторым (водой). Перемешивание составов производится специальными насосами в соотношении 1:1. Этот состав используется для формирования горизонтальной завесы, упрочнения мелкозернистых грунтов, устранения протечек и притоков

воды даже под значительным давлением, ремонта старых и поврежденных мембран, деформационных швов, а также применяется и в подземных тоннелях.

2. Полиуретановые смолы.

Полиуретановые смолы или же полиуретановые пены представляют собой двухкомпонентные составы, в которых полиол вступает в реакцию с изоцианатом. При контакте с водой происходит пенообразование данной смеси.

Гидроактивные полиуретановые пены или смолы применяются при значительном проникновении воды вглубь конструкция, для предотвращения фильтрации и инфильтрации воды под высоким давлением. Они достаточно устойчивы к внешним нагрузкам и пластичны. В ходе взаимодействия с водой они начинают полимеризоваться и обладать гидроактивностью.

Полиуретановые составы применяются при гидроизоляции мокрых и сухих трещин, а также для постоянной изоляции подвижных отверстий.

3. Эпоксидные смолы.

Эпоксидные инъекционные смолы представляют собой двухкомпонентные составы с соотношением смешивания 3:1. Используют составы в качестве высокопрочных соединителей, применяемых для склеивания трещин железобетонных строительных конструкций, силовое замыкание и приклеивание бухтящих стяжек. Основная задача применения этих смол является восстановление несущей способности конструкции.

Эпоксидные смолы используют инъектирования бетона, швов, трещин и пустот в наземных, подземных сооружениях (для сухих трещин и швов). Данный тип смол применяется для восстановления целостности, склеивания элементов конструкций, способствуя при этом нормальному перераспределению внутренних усилий в теле бетона.

4. Силикатные смолы.

Силикатные инъекционные смолы являются двухкомпонентными составами с соотношением смешивания 1:1 и малым временем схватывания. Так как силикатные смолы практически не дают усадки при отвердевании, быстро реагируют и имеют высокие показатели прочности, также и от механического воздействия, очень приемлемы и удобны в использовании (не требуют дополнительного перемешивания), безвредны для окружающей среды, имеют небольшую стоимость - имеют широкое применение для инъекционных материалов. Инъекционные силикатные смолы применяют для стабилизации горных пород и грунта, усиления фундамента, заполнения пустот и устранения протечек грунтовых вод. Широко силикатные смолы используют вместе с минеральными материалами (цементами или инъекционными микроцементами).

5. Сухие ремонтные смеси.

Инъекционными минеральными составами являются специальные мелкодисперсные безусадочные сухие ремонтные смеси с применением добавок, которые предназначены для удержания воды при их проникновении в конструкцию. Эти инъекционные составы применяют для инъектирования кирпичных кладок и для инъектирования бетонных конструкций. Их используют при ремонте бетонных зданий и других бетонных инженерных сооружений, а также при заполнении пустот, трещин и примыканий в кирпичной кладке.

Достоинства инъекционной гидроизоляции:

- большая экономия при производстве ремонтных и строительных работ, так как не требуется остановка в работе объекта.
- изоляцию элемента можно производить на локальных участках.
- отсутствует необходимость в земляных работах для подземной гидроизоляции.
- метод не зависит от времени года.
- гидроизоляция представлена в виде монолита.

Целесообразно применение инъекционной гидроизоляции для следующих объектов:

- Конструкции и станции метрополитена, тоннели.
- Фундаменты зданий и сооружений, цокольные этажи зданий.
- Подвалы.
- Опоры мостов.
- Подземные бетонные резервуары.

Литература:

1. Сандитрейд – материалы и комплектующие для монолитного домостроения. Тоннельная опалубка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sanditrade.by/product/tonnelnaja/> – Дата доступа: 15.11.2020.
2. Группа компаний ПромСтройКонтракт. Опалубка катучая тоннельная ПСК [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://psk-holding.ru/catalog/opalubka/special-opalubka/opalubka_samokhodnaya_gidravlicheskaya/opalubka_katuchaya_tonnelnaya_psk/ – Дата доступа: 15.11.2020.
3. СТАЛФОРМ Инт. Механизированный комплекс для метро и тоннелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.stalformint.ru/products/mekhanizirovannyyu-kompleks-dlya-metro-i-tonneley/> – Дата доступа: 15.11.2020.

ЧАСОВНЯ БОШЬЕС. МЕСТО СИРИЕС, ЮАР

*Косечник Никита Викторович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Закончили постройку часовни в Южной Африке на вилле Бошьес. Проект разрабатывали Steyn Studio совместно с TV3 Architects. Сооружение Бошьес расположено вокруг виноградников и большим посаженным садом из гранатов. Сам этот сад расположен вокруг гор.



Рисунок 1 – Ландшафт часовни Бошьес

Крыша выполнена без примитивного для всех крыш шпилья. Изгибы на ней волнообразные, из-за этого она схожа с горным массивом вокруг нее. Под каждой волной этого купола, инженеры вставили панорамное остекление, вставив символические кресты, выполненные из дерева. (Рис. 1).

Из-за сложности формы крыши для расчета необходимых объемов материала использовались 3D-CAD-модели. Оболочка состоит из 74 кубических метров бетона и 8175 кг высокопрочной стальной арматуры. Он опирается на четыре скрытых железобетонных контрфорса, каждый из которых выдерживает вертикальную нагрузку около 50 тонн. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Строительство лесов для опалубки

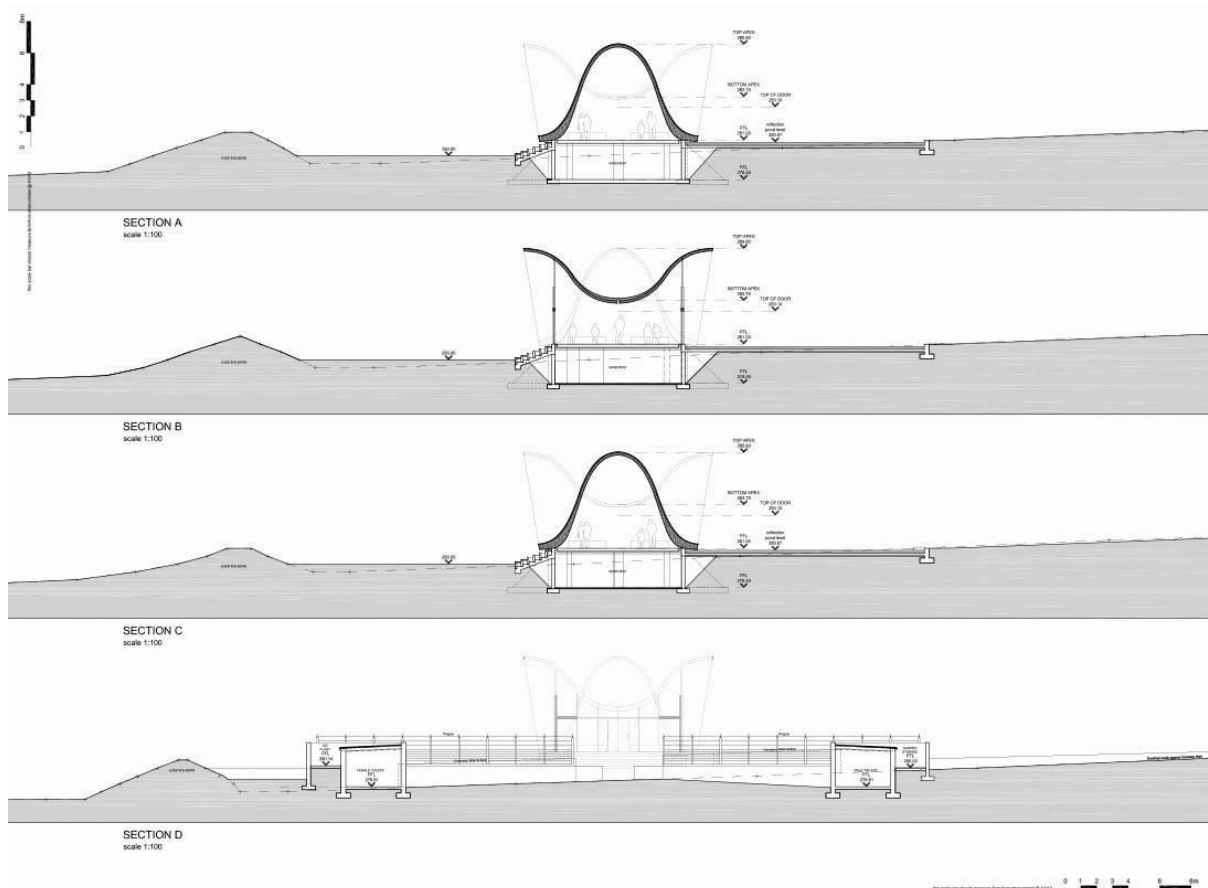


Рисунок 3 – Секции часовни

Рядом с часовней находится небольшой пруд, чтобы выделить воздушность сооружения и заострить интересный дизайн и экстерьер.

Изнутри сооружение обладает прямоугольной конфигурацией и площадь составляет 430 м². Дизайн выполнен в светлых не режущих глаз цветах, что дает возможность не отвлекаться в период мольбы, а также лицезреть находящийся вокруг рельеф через панорамные окна.

Инженеры всю функциональную систему сооружения скрыли в цоколе окружающего сада. Дождевая вода отводится с середины крыши с помощью погружного насоса с отстойником по трубе, отлитой в бетон, выходное отверстие которой скрыто под самой нижней частью крыши, где оно встречается с отражающим прудом.

Литература:

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archidea.com.ua/home/community-building/358953-vozdushnaya-chasovnya-boshes>. - Дата доступа : 19.12.2021
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://archi.ru/world/72996/belyi-pokrov>. - Дата доступа : 19.12.2021

АВТОМОБИЛЬНЫЙ МОСТ МИССИССИНИ (КАНАДА)

*Кудрявцев Андрей Игоревич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Автомобильный мост Мистиссини – один из наиболее крупных дорожных деревянных построек в Канаде. Он располагается в зоны перевала Уупаачикус в небольшом городе Мистиссини (600 километров к северо-востоку от Квебека) также пересекает канал похожего водоема. Мост объединяет город с карьером - главным участком деятельность населения данного города.



Рисунок 1 – Деревянный мост Мистиссини

Сооружение основано в 2014 г. согласно строительному плану фирмы “Stantec”. Мост протяженностью 160 метров, он состоит из 4 пролетов 37, 43, 43 и 37 метров. Его ширина составляет - 9,25 метров, в этом числе ширина проезжей части - 7 метров. В устройстве моста применяют арки и прямые балки с клееной древесины, которые объединяют стальными элементами.

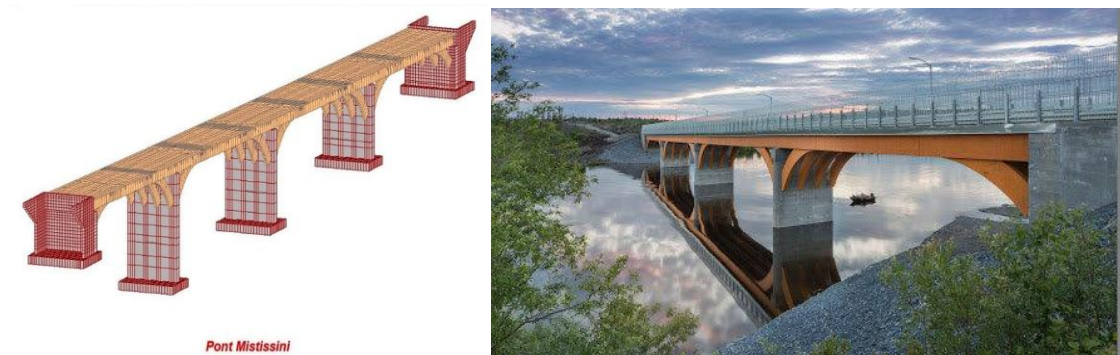


Рисунок 2 – Конструкция моста Мистиссини

Промежуточные опоры, устои моста – эти элементы выполнены из железобетона. На опоры также опираются прямые балки, а к ним крепятся арочные конструкции при помощи шпилек. Настил моста выполнен из дерева, с полимерным водонепроницаемым покрытием.

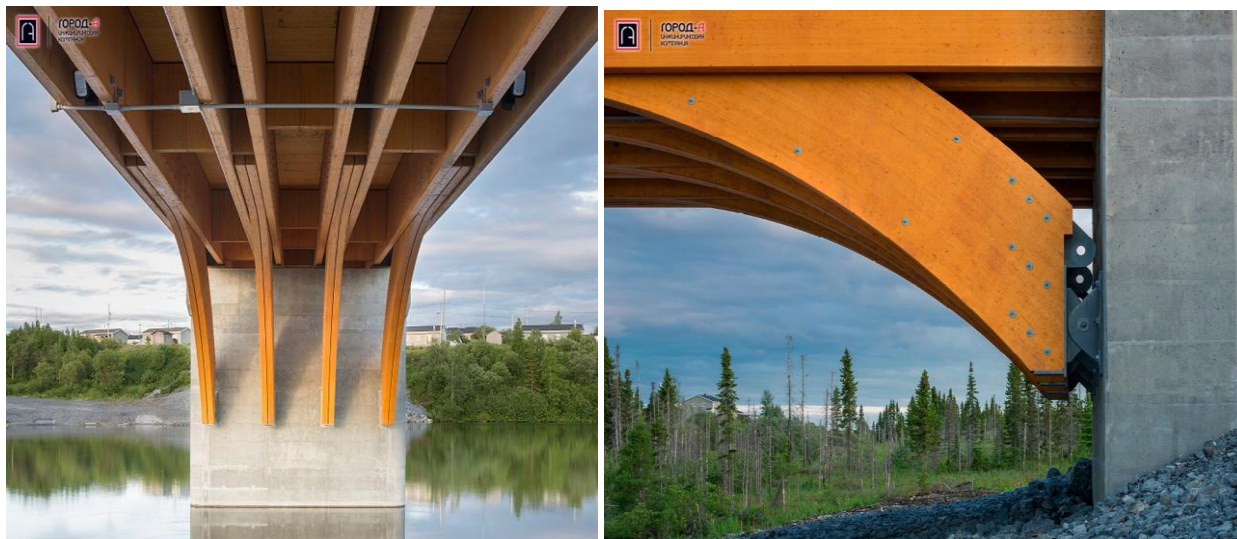


Рисунок 3 – Промежуточные опоры и устои моста.

Значительную часть в износостойкость конструкции играет климат. Деревянные мосты служат дольше в местах с сухим климатом.

Главным минусом деревянного моста является подверженность гниению разных деревянных элементов, которые требуют должного ухода за ними.

Плюсы деревянных мостов: скорость постройки данного сооружения, достаточно простая конструкция, доступность сырья и несложная обработка его в конструкции.

Также недостатками конструкции являются: небольшой срок службы конструкции и несоответствие современным требованиям нагрузок.

Метод обработки элементов деревянных мостов с помощью глубокой местной пропитки под давлением, который позволяет вводить водорастворимый антисептик в сырую древесину, причем применяется он как в процессе эксплуатации, так и в ходе строительства конструкции. Средством для обработки являются трудновываемые составы, такие как хромат меди.

Литература:

1. Инженерная компания “Город-А” [Электронный ресурс] Дата доступа: 15.12.2021 <https://ec-goroda.ru/company/21-blog/298-most-iz-kleenoj-drevesiny-v-mistissini-kanada>
2. Информационный ресурс “CyberPedia” [Электронный ресурс] Дата доступа: 15.12.2021 <https://cyberpedia.su/18x4cd7.html>.

ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНЫХ СТРУКТУР В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Кузьмич Диана Вячеславовна, Гомолко Андрей Феодосьевич,
студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Благодаря совместным усилиям ученых из Белорусско-Российского университета, и Московского государственного университета путей сообщения» был создан уникальный в своем роде композитный несущий элемент строительных конструкций (КНЭСК). [1]

КНЭСК состоит из стального опорного листа 1, пластинчатой арматуры 2, стержневой арматуры 3 и бетона 4 (рис.1).

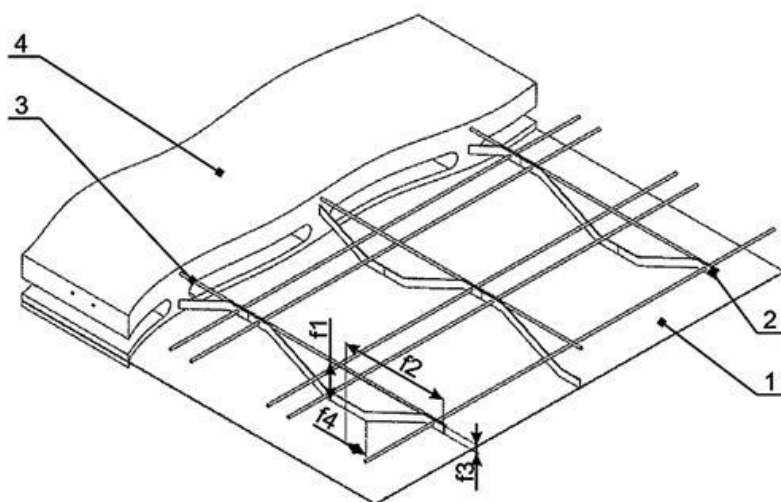


Рисунок 1 – Составляющие КНЭСК

К достоинствам КНЭСК относят его низкую стоимость производства, хорошее сцепление арматурной сетки и ребер жесткости, высокую несущую способность. Так же к преимуществам КНЭСК можно отнести возможность строительства сооружений различных форм.

На данный момент есть всего несколько сооружений, где используется КНЭСК. Одно из них – пешеходный мост в г. Могилеве. Этот мост построили в 2005 г. по предложению Могилевского облисполкома. (рис. 2).



Рисунок 2 – Пешеходный мост в г. Могилеве

Вторым сооружением является путепровод в г. Гомеле. Он был построен в 2011 (рис.3).



Рисунок 3 – Путепровод в г. Гомеле

Внедрение КНЭСК поможет сэкономить на производстве сооружений благодаря повышению срока службы конструкции и низкой сложности выполнения монтажных и строительных работ. Однако иногда начальная проектируемая стоимость объекта может быть ниже реальной. Причиной этого могут стать дополнительные траты на листовую металл и сварку. Это показывает низкую экономию использования КНЭСК как замену конструкций с низким показателем армирования. Однако КНЭСК может обеспечить безопасность с точки зрения экологии. Его можно применять в качестве саркофагов для АЭС и для сооружений, находящихся на участках с высокой дозой радиации.

Продажа продукции КНЭСК ведется не только на территории Беларуси и России, но и в Украине и Казахстане.

Разработка КНЭСК получила хорошие оценки на множествах выставок в Беларуси, России, Казахстане и других странах. Так же отметилась отличным результатом на I Форуме Союзного государства.

Литература

1. Электронная библиотека Белорусско-Российского университета [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://e.biblio.bru.by/bitstream/handle/1212121212/8368/9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. – Дата доступа: 20.10.2021
2. Патент 4082 РБ, МПК7 Е 04 С 2/28. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин, А.В. Носарев, С.К. Павлюк, А.В. Семенов, В.А. Попковский, А.А. Филатенков; заявитель и патентообладатель Могилевский машиностроительный институт. - № 970421; заявл. 29.07.97; опубл. 19.04.01, Бюл. № 3. - 3 с.: ил.
3. Патент 2181406 РФ, МПК7 Е 01 Д 12/00, Е 04 С 2/24. Композитный несущий элемент строительных конструкций / В. М. Фридкин, А.В. Носарев, С.К. Павлюк, А.В. Семенов, В.А. Попковский, А.А. Филатенков; заявитель и патентообладатель Могилевский машиностроительный институт. - № 97121947; заявл. 29.07.97; опубл. 20.04.02, Бюл. № 11. - 6 с.: ил.
4. Кузменко И.М. Новые направления в конструировании композиционных структур с высокой экономической эффективностью и несущей способностью / И.М. Кузменко, В.А. Попковский, А.В. Семенов, В.М. Фридкин // «Nove smery vo vyrobnych technologiach». Сб. статей IV межд. конф. - Presov, 1999. - С. 83-86

ДИНАМИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ МОСТОВ НА ВОЗДЕЙСТВИЯ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ

*Кузьмич Максим Павлович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В сейсмологической лаборатории штата Невада учеными были проведены тесты на новые мостовые конструкции, которые по расчетам должны были сохранять свою устойчивость и выдерживать сейсмические колебания. Было проведено испытание в котором 100-тонная конструкция начала шататься и трястись, при помощи установки, которая имитировала подземные толчки.



Рисунок 1 – Испытание в сейсмологической лаборатории Невады 100-тонной модели моста

Тесты были проведены в Мексике, на протяжении 30 секунд бетонные конструкции подвергались сильным перегрузкам. В результате было выявлено, что мост после заметного смещения вернул свою изначальную конструкцию и не получил серьезных дефектов. Согласно словам Саида Сайиди, мост оказался крепче, чем рассчитывали эксперты.

Динамические испытания, проведенные на Крымском мосту

Мост спроектирован так, что выдержит сейсмическое воздействие напряженностью 9 баллов. Были проведены изыскания и выявлены свойства грунта со стороны распределения сейсмических волн. Для выявления сейсмического воздействия были привлечены различные специалисты Института физика земли. Они разработали искусственные акселерограммы сейсмических колебаний грунта.



Рисунок 2 – Шок-трансммиттеры

Для безопасности конструкции от сейсмических воздействий были использованы шок-трансммиттеры. С помощью них пролеты моста могут смещаться при перемещениях, спроецированными температурными условиями. Когда происходит землетрясение они срабатывают и распределяют сейсмическую нагрузку по опорам.

Специалисты начали исследование сейсмичности в области планируемого строительства. Далее были определены зоны возможных землетрясений, дана оценка их характеристик: кинематики смещений, глубин эпицентров. Далее были определены зоны возможных землетрясений, после ученые определили сейсмическую интенсивность на каждом участке вдоль трассы моста.



Рисунок 3 – Процесс строительства Крымского моста

В результате этих работ выявили суммарную сейсмическую интенсивность, которая изменяется по длине моста от 8 до 9 баллов. Были определены для каждого участка трассы модели грунтовых толщ и рассчитаны частотные характеристики. В Московском государственном университете провели динамические испытания грунтов, где выяснили их прочностные и физические свойства при возможном сейсмическом воздействии. И по результатам разработали необходимые проектные решения.

Литература:

1. Информационное агентство [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://www.c-inform.info/interviews/id/263>. – Дата доступа: 22.01.2018.
2. Популярная механика [Электронный ресурс]. Режим доступа - <https://www.popmech.ru/technologies/news-388412-kak-ispytyvayut-na-prochnost-sovremennye-mosty-test-drayv/>. – Дата доступа: 22.09.2017.
3. Методическое пособие [Электронный ресурс]. Режим доступа - https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp27_2017. – Дата доступа: 19.02.2017.

МОСТЫ ГОРОДА МИНСК

*Кулаго Юлия Владимировна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Первый мост расположен на проспекте Независимости. Он проходит через реку Свислочь. От других мостов данного региона он отличался массивным чугунным ограждением. Сооружение имеет три пролёта с огромной аркой посередине. Юго-западный пролёт пропускает под собой тротуар с велодорожкой. На ограждении данного моста расположены флаги с символикой Республики Беларусь. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Мост на проспекте Независимости

Следующий мост, который будет рассмотрен расположен на улице Янки Купалы. Состоит из железобетонных балок, соединенных между собой. Из его особенностей можно выделить его необычное чугунное ограждение. Данные ограждения украшены цветами, что позволяет в теплое время года любоваться его красотой. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Мост на улице Янки Купалы

Литература:

1. delovoy-kvartal.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mapio.net/pic/p-46747118/>

ПЛАВУЧИЙ МОСТ ГОРОДА ДУБАЙ

*Кулаго Юлия Владимировна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Данное мостовое сооружение – одно из самых известных в городе, это плавучий мост (Рис. 1). Он соединяет центр города, район Дейра и Дубай-Крик. Его длина составляет 365 метров, а количество полос движения 6. Данный мост является понтонным. Конструкция данного моста выполнена таким образом, чтобы избежать нагрузок от движущегося транспорта и волн. Удивительным фактом является то, что данный мост был построен всего за 23 дня. Однако этапы планирования и проектирования заняли 10 месяцев



Рисунок 1 – Плавучий мост, Дубай (Floating Bridge)

Мост является временным, цель его постройки – снять огромную нагрузку с моста «Аль-Мактум». В скором будущем его заменят другим, более современным мостом, однако, на данный момент он входит в историю как первый понтонный мост Эмирата Дубай.

Плавучий мост также является достопримечательностью города. Его современный вид и масштабы привлекает туристов.

Заключение

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты», а также для путешественников.

Литература:

1. Thailand trip [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.thailand-trip.org/mosti-v-dubae/>. – Дата доступа: 24.10.2021.
2. Dubai info [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dubai-info.com.ua/dostoprimechatelnosti/arhitektura-v-dubai/146-most-floating-bridge-v-dubae.html/>. – Дата доступа: 24.10.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ СОВЕТСКИХ ПОГРАНИЧНИКОВ И ПОПОВИЧА

*Сохбет Кулышов, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Витебск, Беларусь. Население Витебска составляет 368000 человек. Плотность 2700 чел./км². Город славится своими узкими улицами и плотной застройкой. Задачей в курсовом проекте выбрано пересечение оживленных улиц Черняховского и Московского проспекта. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц. (Рис. 3) Проект предусматривает сооружение подземной развязки.

Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2). Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе.

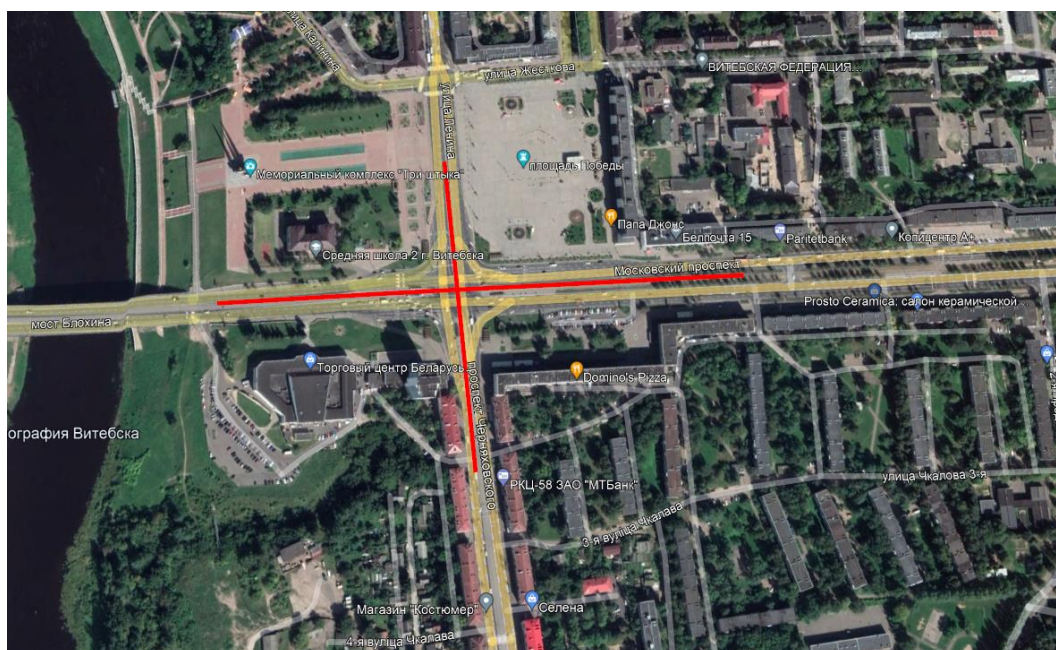


Рисунок 1 – План местности



Рисунок 2 – Продольный профиль местности

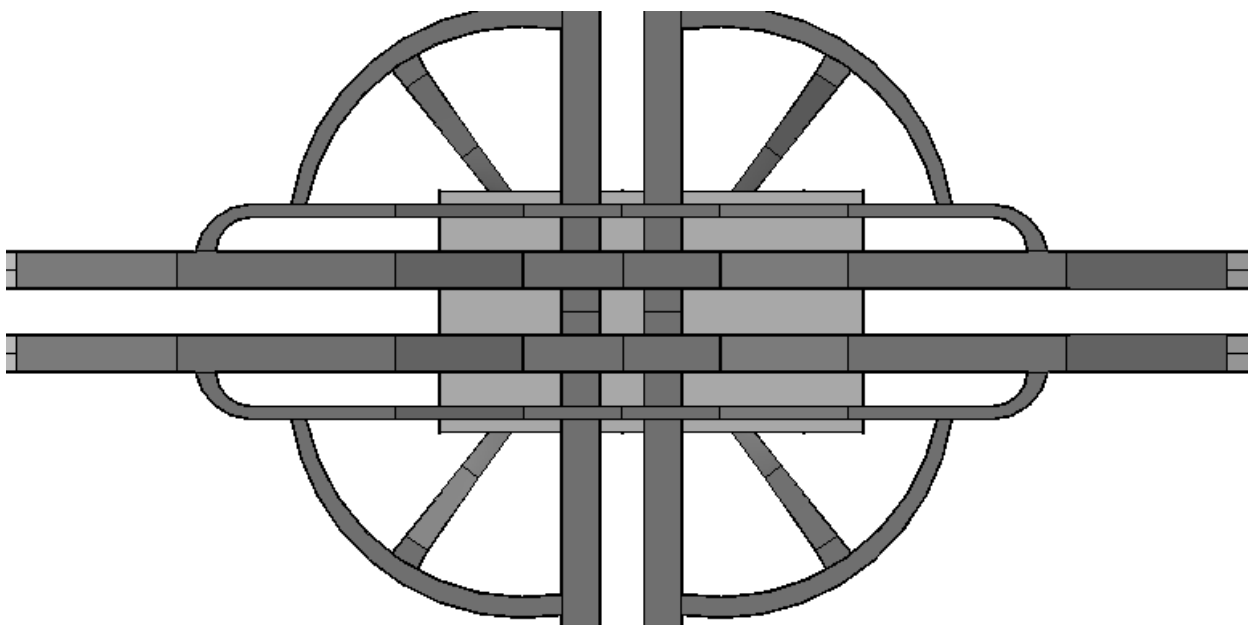


Рисунок 3 – Общий вид портала

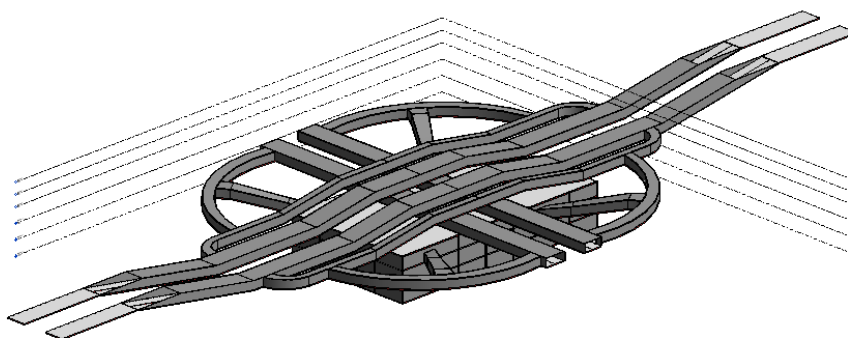


Рисунок 4 – Схема движения в развязке



Рисунок 5 – Фасад развязки

Создана модель с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 7). Модель позволяет инженерам проработать конструктивное решение сооружения. С помощью VR застройщики могут точнее планировать разные аспекты проекта, снизить расходы, повысить безопасность и ускорить рабочие процессы.

Использование в учебном процессе технологии виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях пятна застройки.



Рисунок 6 – модель технологии виртуальной реальности

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на главном перекрестке города Гродно.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ЛЕНИНСКАЯ И ПРОСПЕКТ МИРА

*Лавор Артём Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

В рамках научной работы требуется запроектировать подземную развязку в городе Могилев, с целью снизить загруженность перекрестка (Рис. 1). Принято решение запроектировать многоуровневую развязку, которая обеспечит беспрепятственное движение транспорта на данном перекрестке дорог (Рис. 3, 4). Стояла задача снизить загруженность данного перекрестка (Рис. 2).



Рисунок 1 – Генеральный план

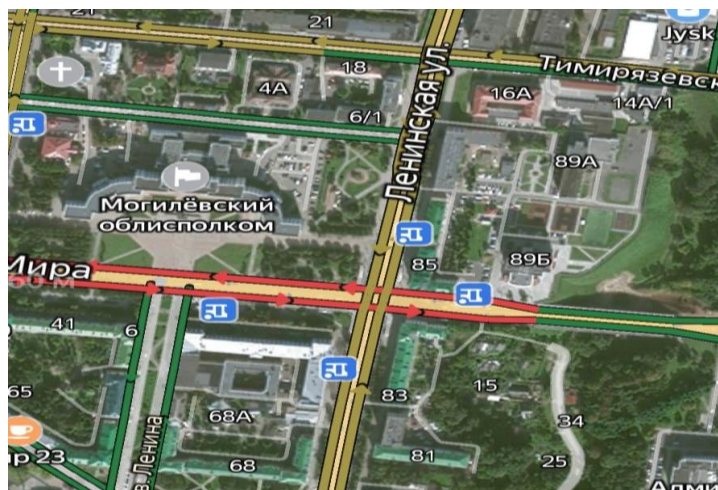
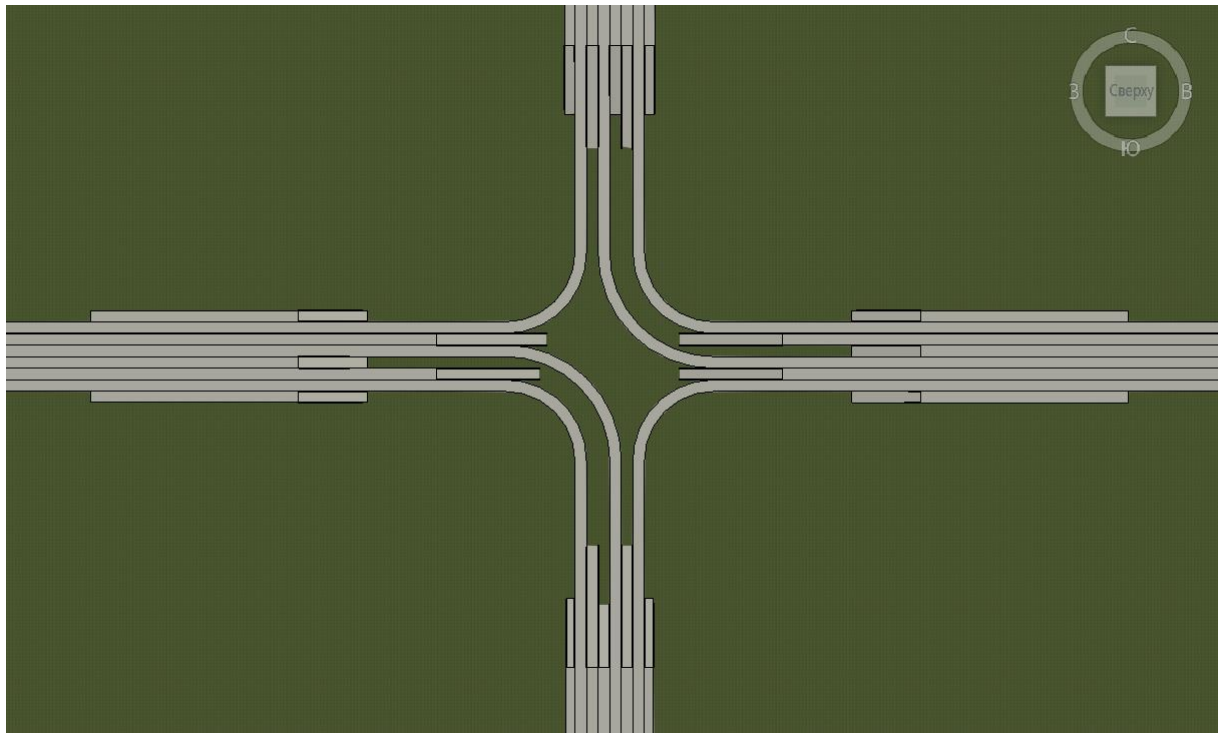
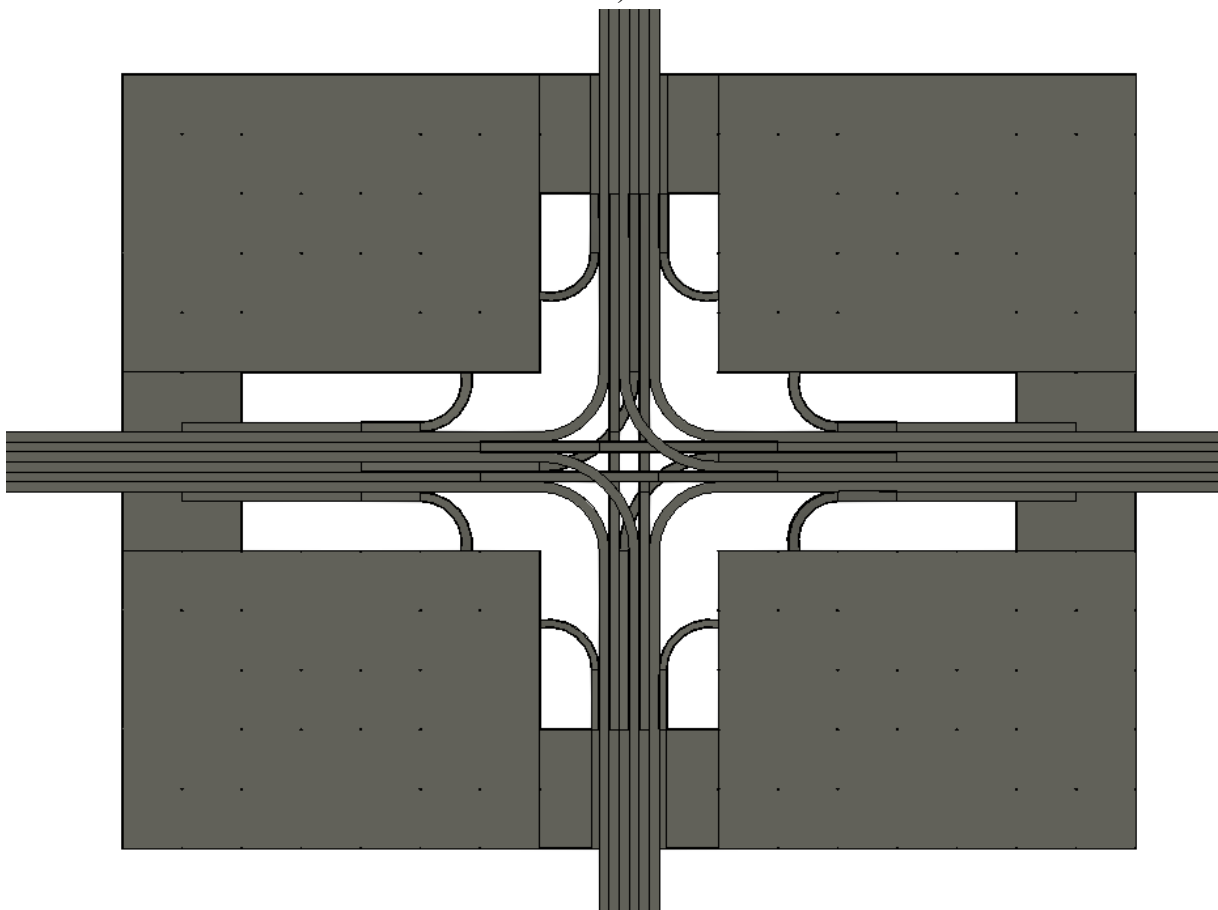


Рисунок 2 – Пробки 9 баллов



А)



Б)

Рисунок 3 – План развязки (А – над поверхностью земли: Б – под поверхностью земли)

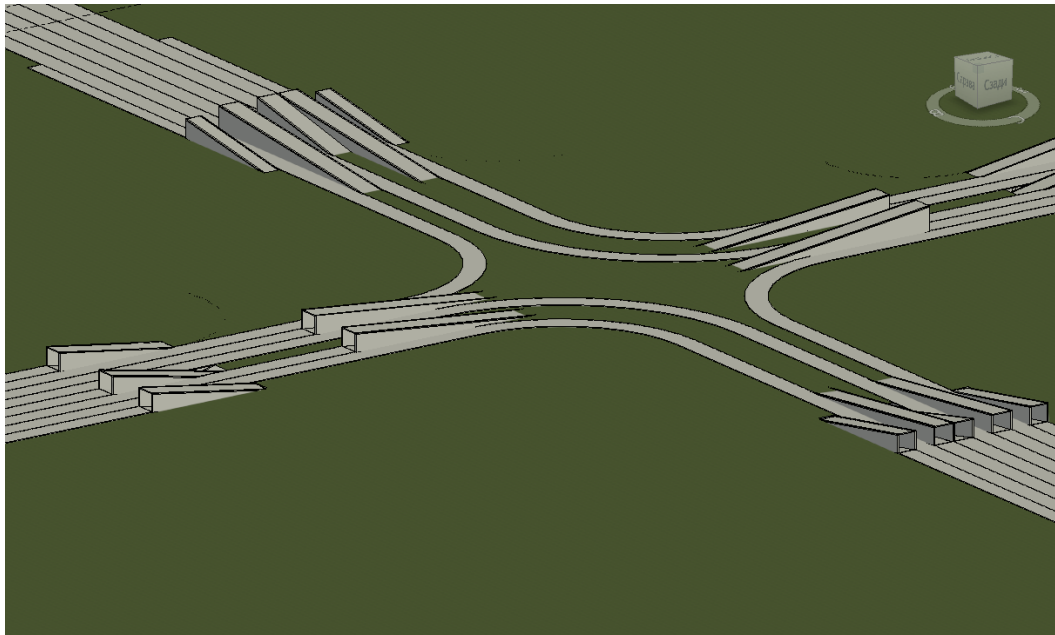


Рисунок 4 – Архитектурно-планировочное решение

Модель создана с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 5). Это позволяет инженерам проработать конструктивные решения сооружения. Кроме того, использование виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях застройки.

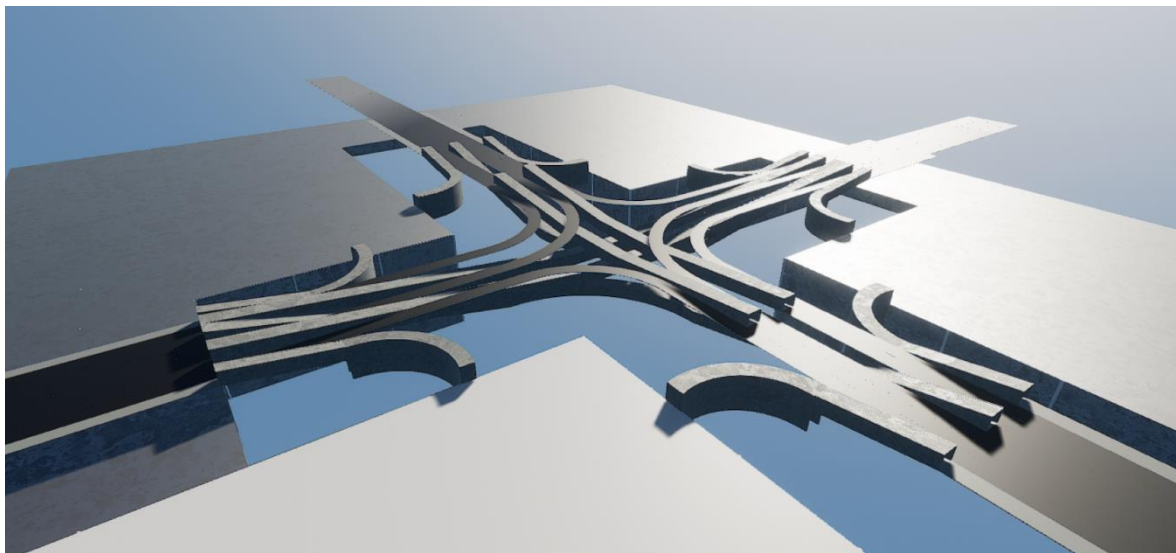


Рисунок 5 – Визуализация проекта в виртуальной реальности

Особенностью данного проекта является многофункциональный комплекс, который состоит из четырех идентичных блоков (Рис. 6).

Данный комплекс соответствует международным стандартам. Присутствуют полосы разгона и торможения. Для передвижения по этажам предусмотрены эскалаторы, лестницы и лифты. Кроме этого, все четыре блока объединены между собой на 1 уровне комплекса. Помимо магазинов в данном

проекте предусмотрены и другие социально значимые объекты. Отдельного упоминания заслуживают обучающие центры для людей всех возрастов.

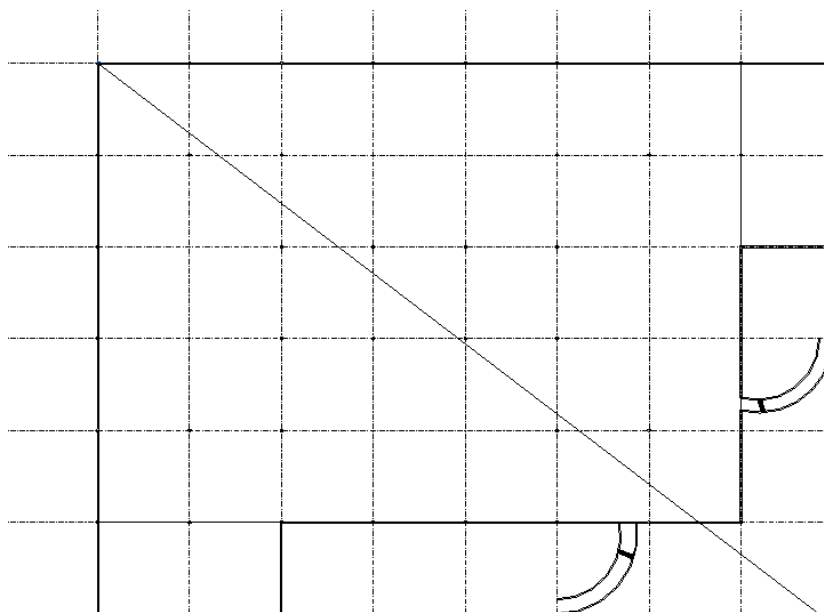


Рисунок 6 – План блока А

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГОРОДЕ МОГИЛЕВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ УЛИЦЫ ЛЕНИНСКОЙ И ПРОСПЕКТА МИРА

*Лозюк Анастасия Николаевна, студентка 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Заданием курсовой работы стоит проект подземной развязки на пересечении трех наиболее загруженных улиц в городе Могилев с населением 380 440 человека. На одной из главных улиц Могилева- проспект Мира- в большинстве времени суток пробки 8-9 баллов(Рис. 1). В связи с этим было принято решение строительства развязки. Так как проспект является историческим место, то целесообразно сделать развязку подземной.

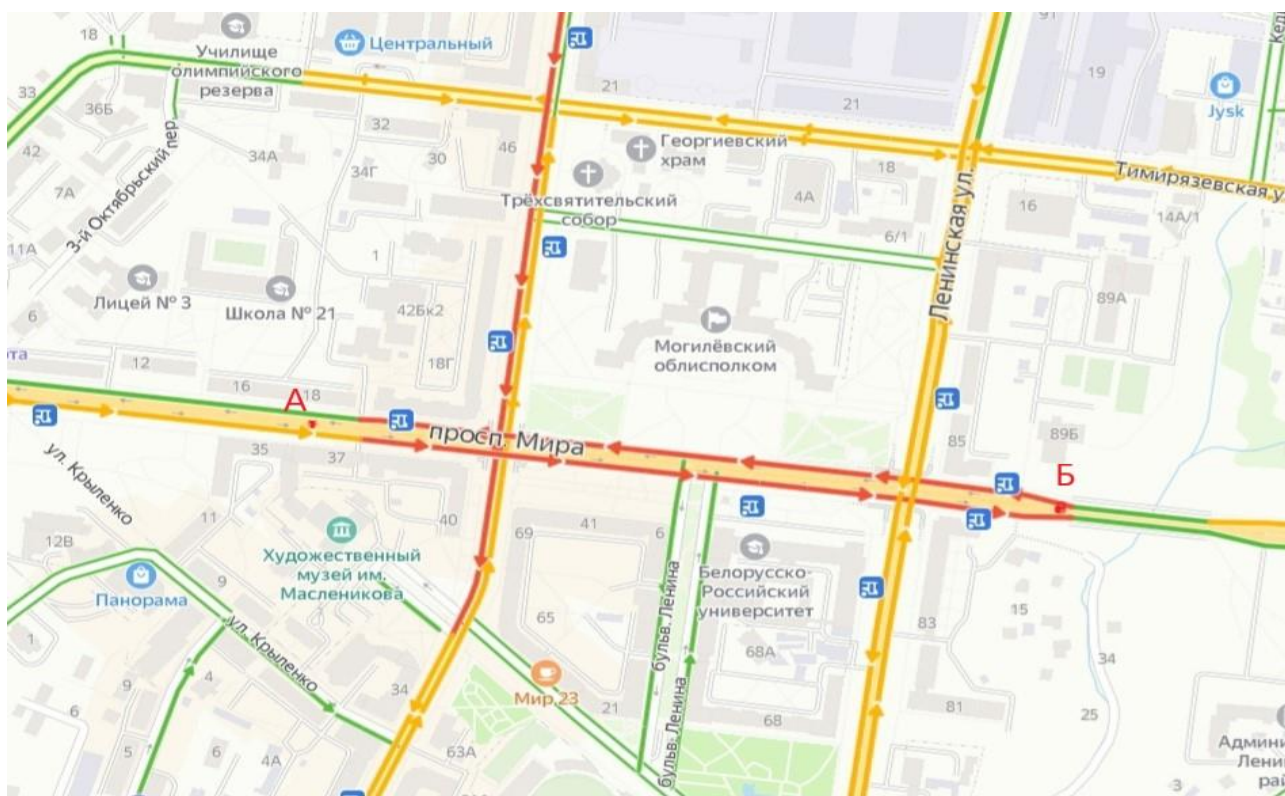


Рисунок 1 – Карта пробок в 9 баллов на пересечении проспекта Мира и Ленинской улицы в часы пик

На всех этажах подземного комплекса будет располагаться торгово-развлекательный центр. Съезд машин производится с использованием транспортной круговой развязки (Рис. 2).

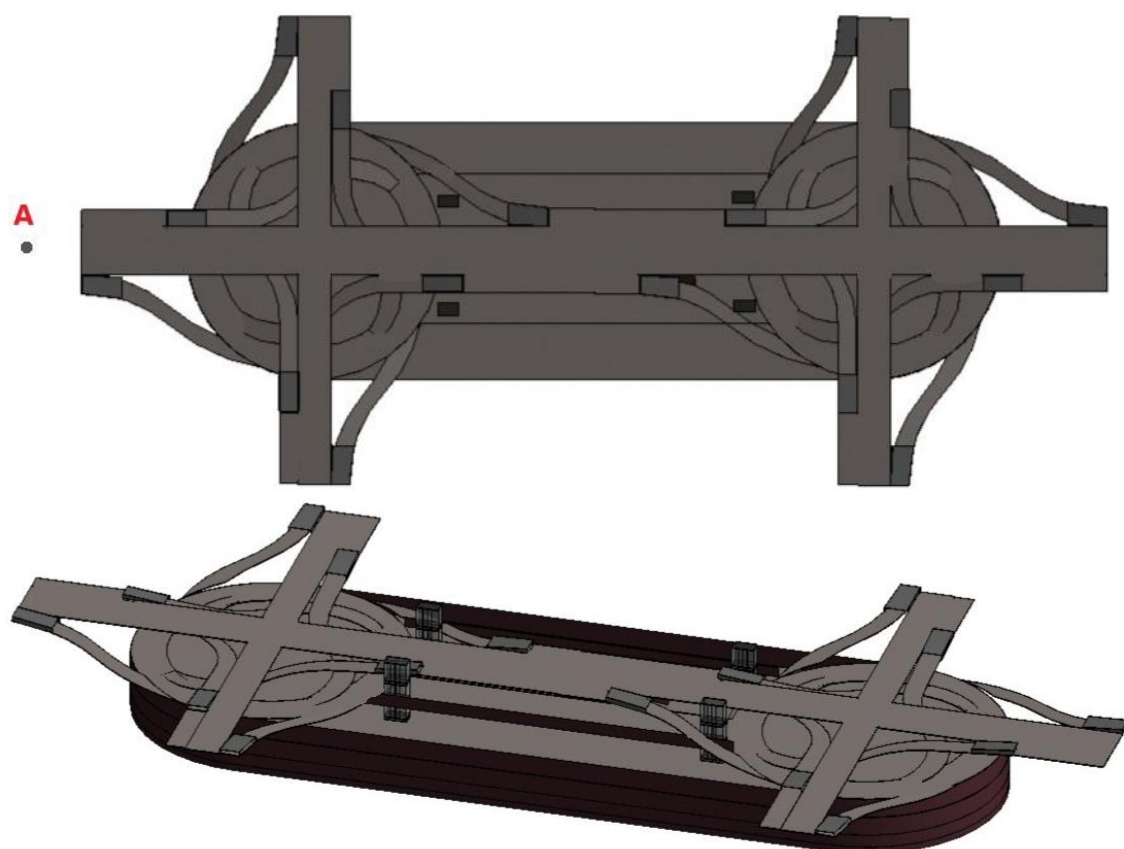


Рисунок 2 – План и перспектива комплекса с системой тоннелей

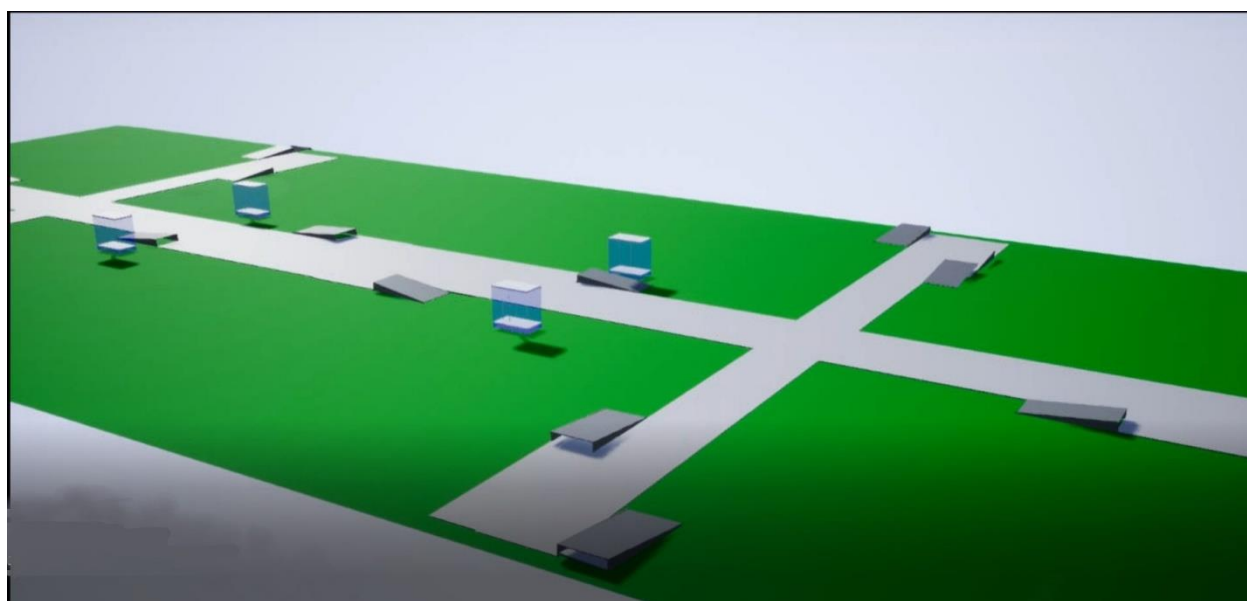


Рисунок 3 – План и перспектива комплекса с системой тоннелей

Данное решение поможет решить такую проблему, как пробки, не изменив архитектуру города Могилев (Рис. 3).

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МИРА И ПЕРВОМАЙСКОЙ УЛИЦЫ

*Мороз Андрей Павлович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В рамках курсового проекта требовалось запроектировать многофункциональную подземную развязку в городе Могилев на пересечении двух загруженных улиц с целью снизить загруженность перекрёстка. Плотность города Могилёв составляет 3013 тысяч человек на квадратный километр. Было выбрано пересечение проспекта Мира с Первомайской улицей, по той причине, что пробки на данном перекрестке достигают 9 баллов. Для снижения нагрузки пересечения данных улиц было принято решение запроектировать подземную развязку с паркингом и ТЦ.



Рисунок 1 – План местности

Паркинг решит проблему парковочных мест. ТРЦ же обладает рядом спектром точек от развлекательных до обучающих центров с курсами. Общий вид и план многофункциональной развязки представлены на рисунках 2-4.

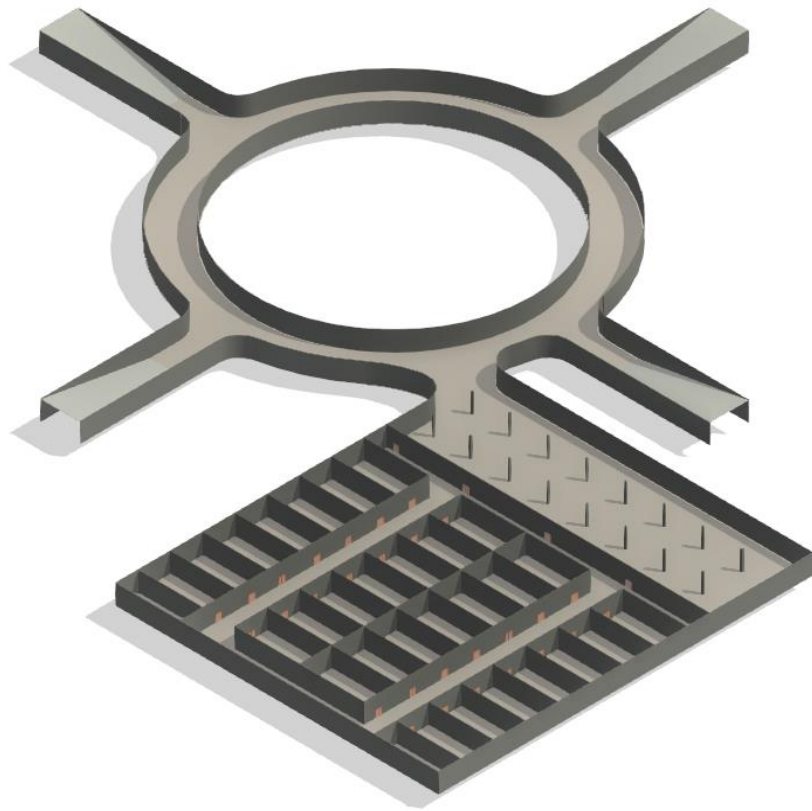


Рисунок 2 – Общий вид подземной развязки

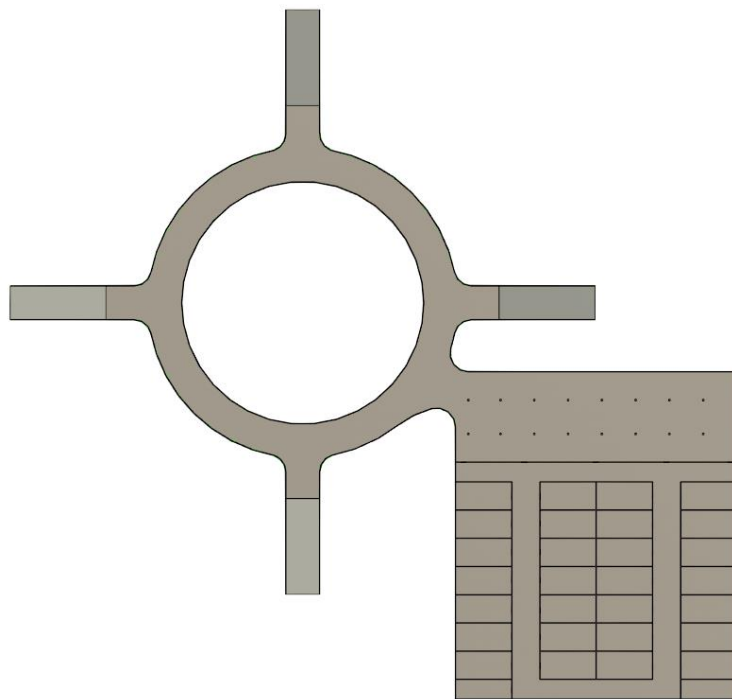


Рисунок 3 – План подземной развязки

Также модель создана с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 4). Использование виртуальной реальности позволяет находиться на территории объекта, что в свою очередь позволяет улучшить решения, принимаемые по мере разработки и застройки проекта на местность

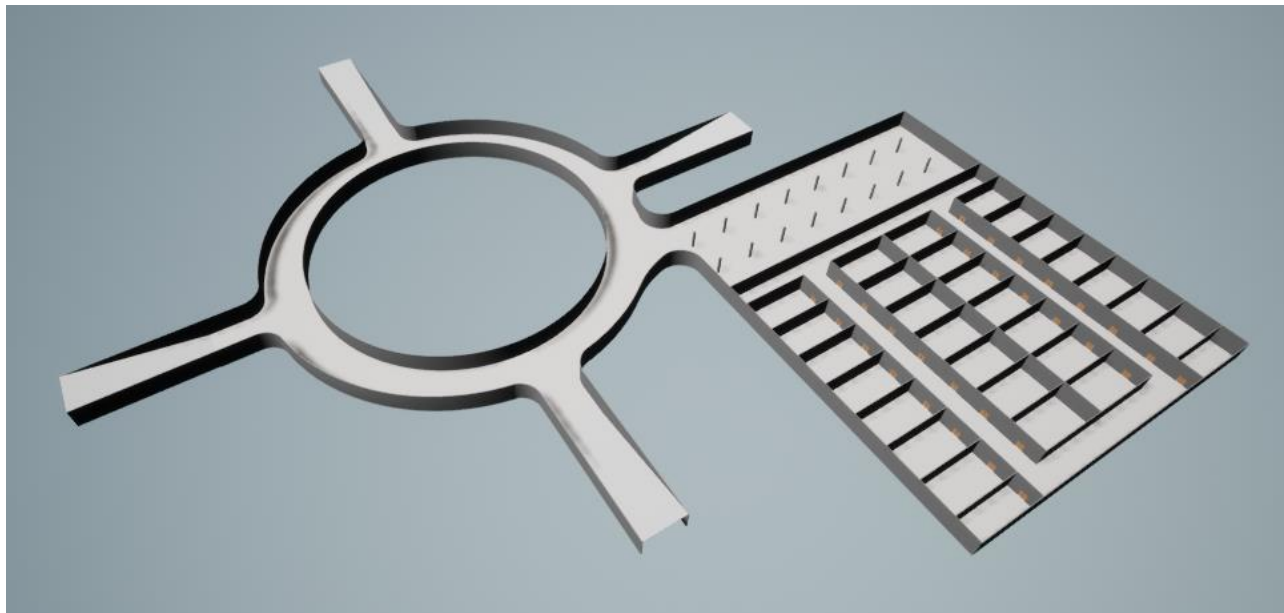


Рисунок 4 – Визуализация проекта в виртуальной реальности

Таким образом проект решает проблему транспортного сообщения на пересечении выбранных улиц.

Литература:

3. Google Earth [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://googleearthonline.blogspot.com/>. – Дата доступа: 4.11.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ВИТЕБСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТОВ МОСКОВСКОГО И ПОБЕДЫ

*Нестерович Любовь Юрьевна, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Витебск, Беларусь. Плотность города – 2812 чел./км², что является довольно большой плотностью, население – 364800 человек. Город славится старой и плотной застройкой, жители города нередко стоят в пробках. Задача проекта – разгрузить самые оживленные перекрестки, поэтому мной было выбрано пересечение проспектов Московского и Победителей. Проект предусматривает сооружение подземной развязки. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Предусмотрено шесть тоннелей с несколькими полосами движения. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч из-за отсутствия светофоров и пересечения полос (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2, 3).

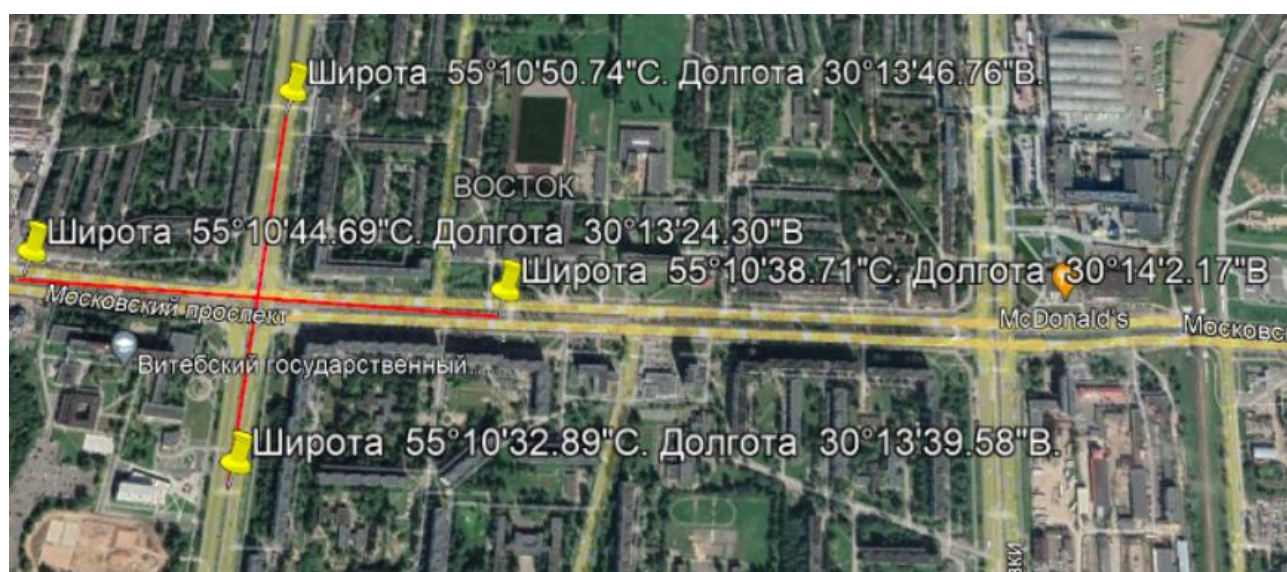


Рисунок 1 – План местности

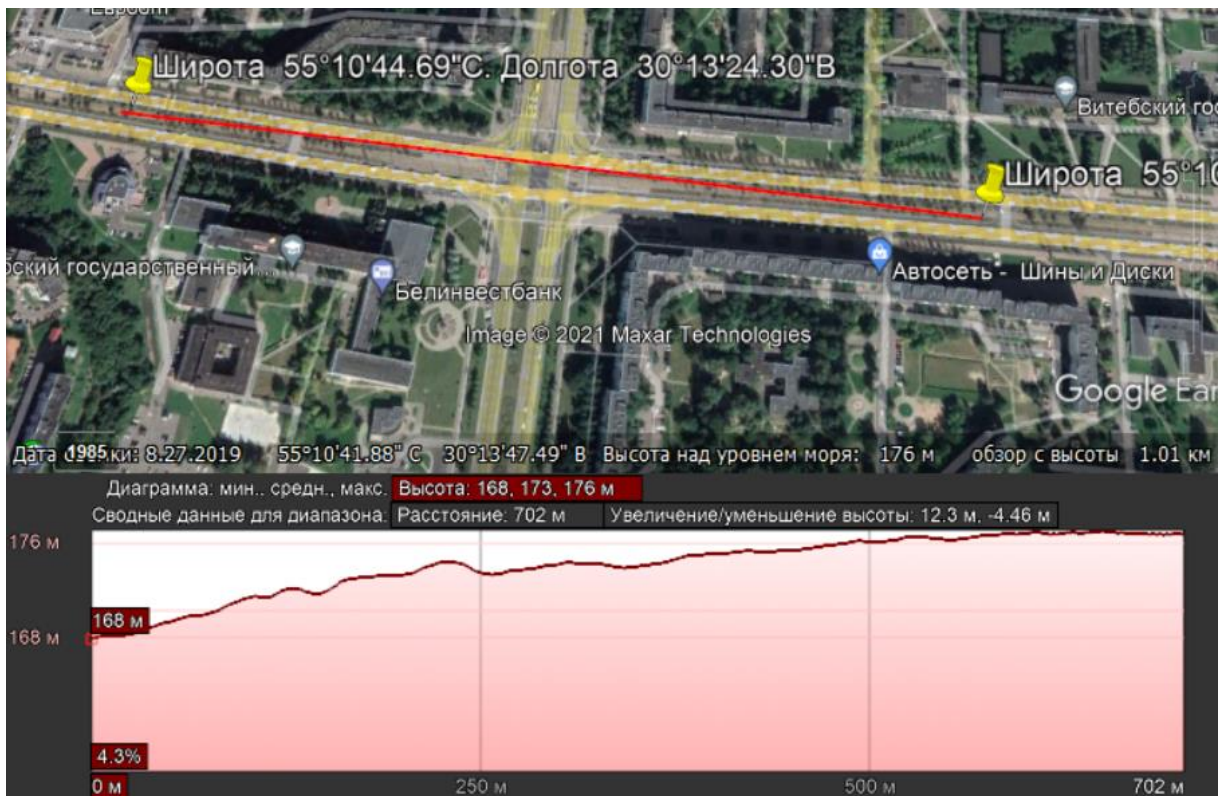


Рисунок 2 – Продольный профиль местности

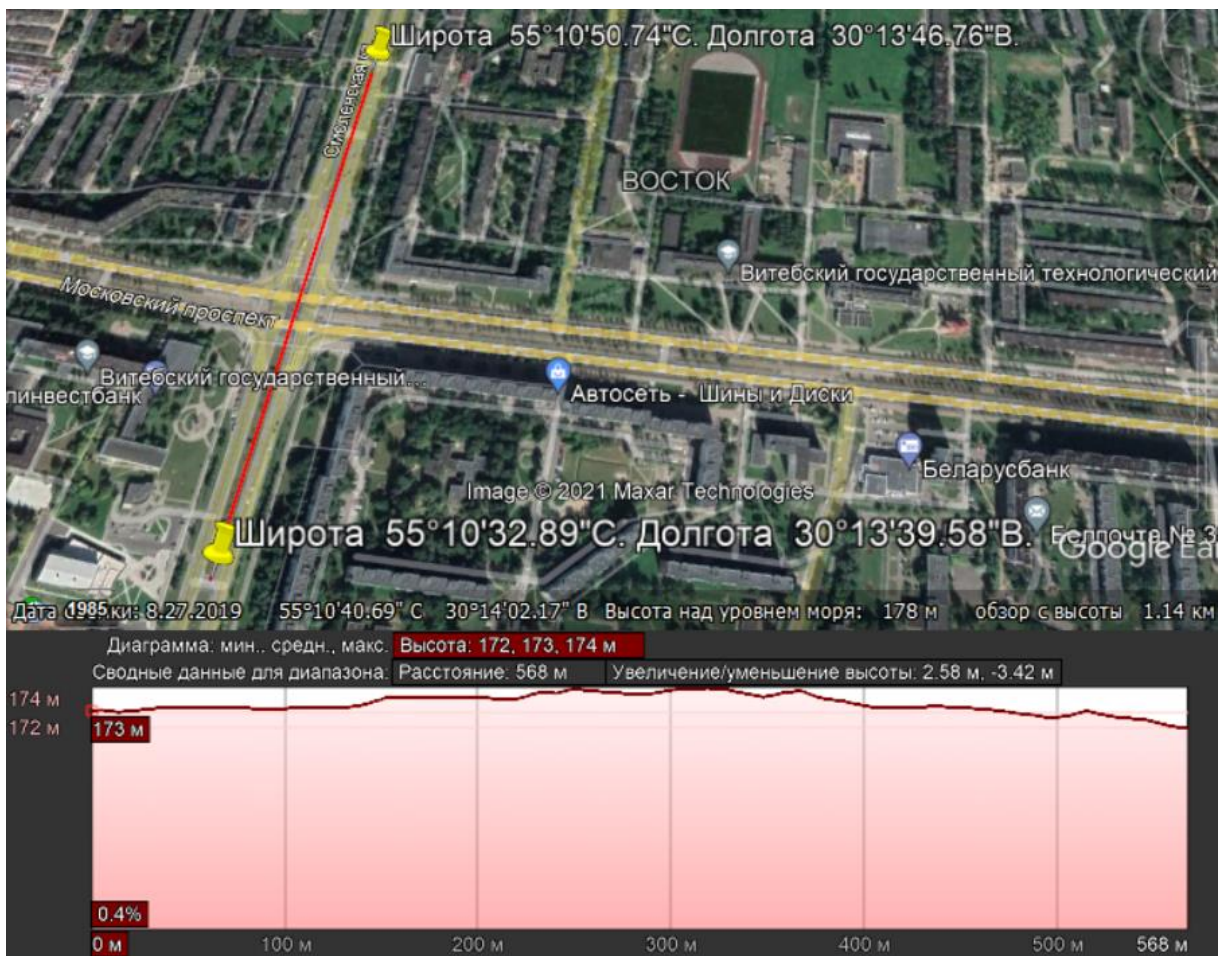


Рисунок 3 – Продольный профиль местности

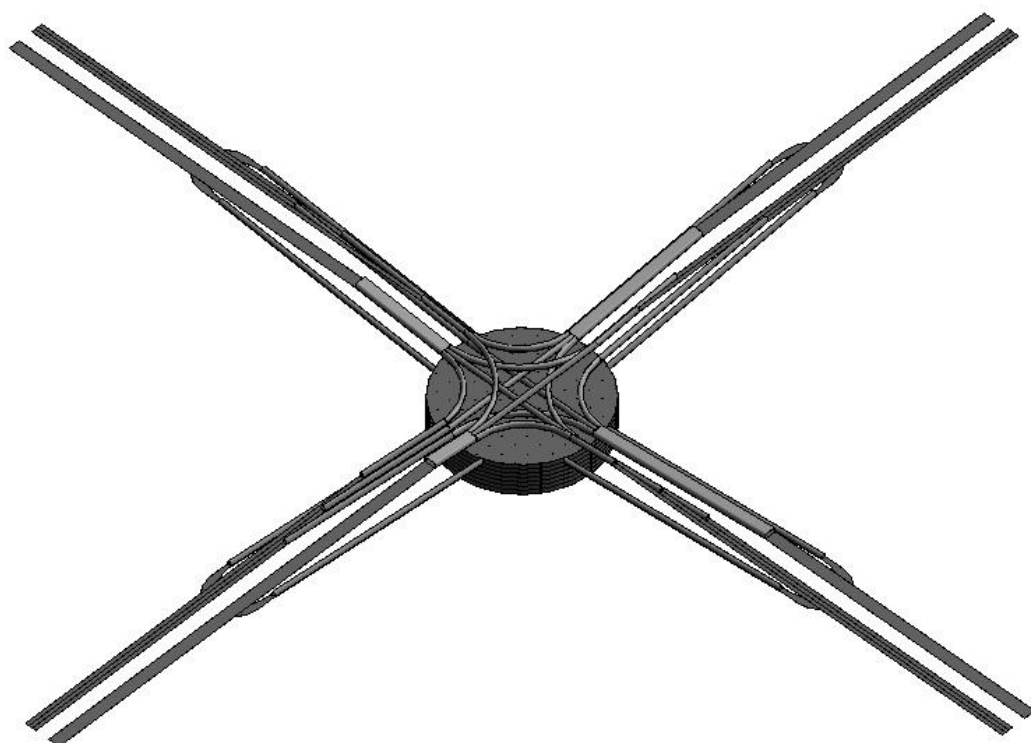


Рисунок 4 – Многофункциональная развязка

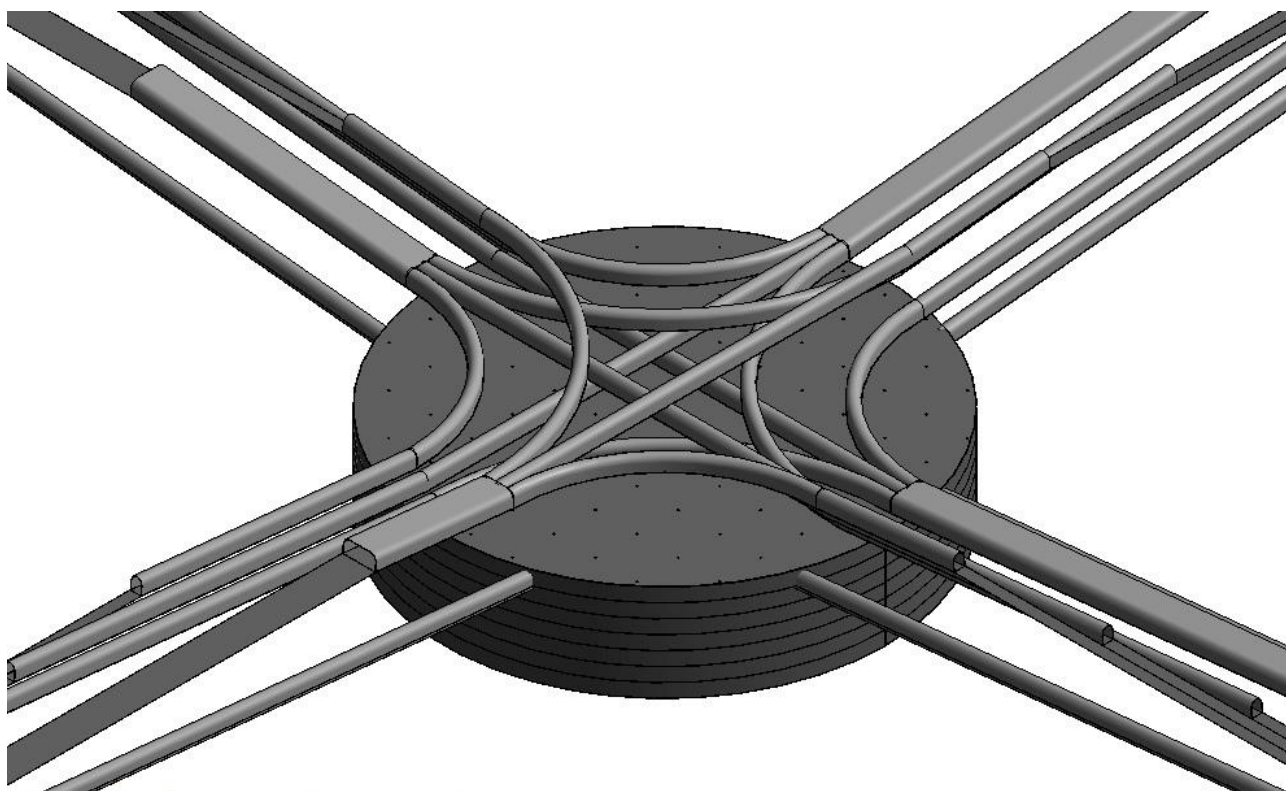


Рисунок 5 – Схема движения в развязке

Таким образом, данный проект важен для города и решает проблемы автомобильных пробок не только на главных проспектах города Витебска, но и на ближайших улицах.

ОБЪЕКТНАЯ ПРАКТИКА КАФЕДРЫ «МОСТЫ И ТОННЕЛИ»

*Новикова Арина Станиславовна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Этим летом у нас проходила объектная практика. Суть ее заключалась в том, чтобы мы могли узнать основные нюансы и ошибки в конструкциях мостов: где чаще всего начинается коррозия, разрушение бетонных балок и вымывание бетонного камня и как правильно избежать этих ошибок. Мы посетили несколько действующих путепроводов и мостов, каждый из них имел что-то, что отличало его от предыдущего, какие-то особенности в конструкции; побывали на реконструкции путепровода через железные пути и посмотрели на процесс строительства и реконструкции изнутри; побывали на двух заводах: завод железобетонных мостовых конструкций и завод железобетонных изделий.



Рисунок 1 – Реконструированный путепровода через железные пути

Нам показали основные виды мостов, рассказали про их недостатки и преимущества, рассказали, как обследуют и устраняют поломки мостов, а также научили визуальным методом самим диагностировать и предвидеть будущие проблемы моста, которые в скором времени нужно будет устранять.

На заводах нам показали и рассказали, как проектируют, создают и испытывают мостовые конструкции и прочие железобетонные изделия. Узнали, как складывают, хранят и транспортируют все конструкции.

На этой практике мы почерпнули много нового и в дальнейшем будем использовать полученные знания.

ЗАПАДНЫЙ СКОРОСТНОЙ ДИАМЕТР

*Передерий Андрей Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А. старший преподаватель)*

ЗСД или Западный скоростной диаметр – это платная городская автомагистраль в Санкт-Петербурге. Официальное строительство Западного скоростного диаметра началось в конце 2005-го года. Первый участок диаметра открыли в конце октября 2008-го года. ЗСД – это проект администрации Санкт-Петербурга, он соединяет между собой южные районы города, такие как Московский и Кировский с Васильевским островом и Приморским районом. Поскольку стоимость этого проекта очень велика, а потребность в нем еще выше, ЗСД планировалось строить за счет средств инвесторов, а деньги вернуться за счет взимания платы за проезд по магистрали. Максимальная допустимая скорость на магистрали 120 км/ч. На схеме (Рис.1) представлены участки Западного скоростного диаметра:

- 1) Северный участок. Строительство завершено в 2013 году.
- 2) Центральный участок. Строительство завершено в 2016 году.
- 3) Южный участок. Строительство завершено в 2012 году



Рисунок 1 – Карта участков ЗСД

Длина Южного участка составляет-8.7 км, Центрального-11.7 км, Северного-26.4 км. Изначально целью ЗСД являлось платная скоростная автомагистраль, которая обеспечит перевоз грузов, пассажиров, подключит транспортный узел Санкт-Петербурга, к сетям автомобильных дорог. Стоимость этого проекта составила около 300000000\$

Основные характеристики Западного скоростного диаметра:

- 1) Длина 46,6 км
- 2) Длина искусственных сооружений 21 км
- 3) Максимальная интенсивность движения 140000 автомобилей в сутки
- 4) Транспортные развязки 14
- 5) Количество поездок в год более 70 млн

Основные сооружения центрального участка дороги:

- 1) Двухъярусный мост через Морской канал
- 2) Вантовый мост через Корабельный фарватер
- 3) Вантовый мост через Петровский фарватер
- 4) Выемка вдоль Васильевского острова



Рисунок 2 – Пересечение Западного скоростного диаметра с проспектом

Очерёдность постройки участков дороги представлены ниже. (Табл.1).

Таблица 1 – Очередность строительства участков дороги

1	Южный участок (от развязки с КАД до развязки с набережной реки Екатерингофки)
2	Северный участок (от развязки с Богатырским пр. до автодороги «Скандинавия»)
3	Южный участок (от развязки с набережной реки Екатерингофки до Канонерского острова)
4	Центральный участок (от Канонерского острова до транспортной развязки со Шкиперским потоком)
5	Центральный участок (от транспортной развязки со Шкиперским протоком до Приморского протока)
6	Северный участок (от Приморского протока до развязки с Богатырским протоком)

На этом сайте https://www.spb-guide.ru/page_18965.htm можно совершить виртуальную прогулку по ЗСД. Для удобного пользования разработали мобильное приложения как для Android, так и для iOS

Литература:

1. Спб проджект [Электронный ресурс], - Режим доступа: <http://spb-projects.ru/showpage.php?id=200> . Дата доступа: 20.12.2021
2. Стпр проджект [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://stpr.ru/projects/38/> . Дата доступа: 20.12.2021
3. Нсаш спб [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://nch-spb.com/> . Дата доступа: 20.12.2021

ОБРУШЕНИЕ МОСТА В ОРЕНБУРГЕ

*Подберецкий Даниил Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Мост на окраине Оренбурга в районе поселка Кушкуль обрушился 2 декабря 2019 года во время ремонта, когда по нему проезжал грузовик со щебнем и легковая машина.

Выявляют несколько причин и виновников события. По одним данным, виновным считают инженера. По версии следствия, инженер с 28 ноября 2013 года по 2 декабря 2019 года проявил халатность на работе, не организовав схему движения в районе моста на время ремонта. Также он знал, что с 2014 года техническое состояние моста ухудшилось, но не принял меры, чтобы предотвратить его разрушение. Это привело к образованию дефекта в одной из промежуточных опор, и поэтому мост рухнул, считает следствие. По другим данным виновником считают водителя грузовика, который поехал через мост, проигнорировав знак ограничения массы автомобиля. Вследствие этого, одна из опор моста не выдержала, и мост рухнул.

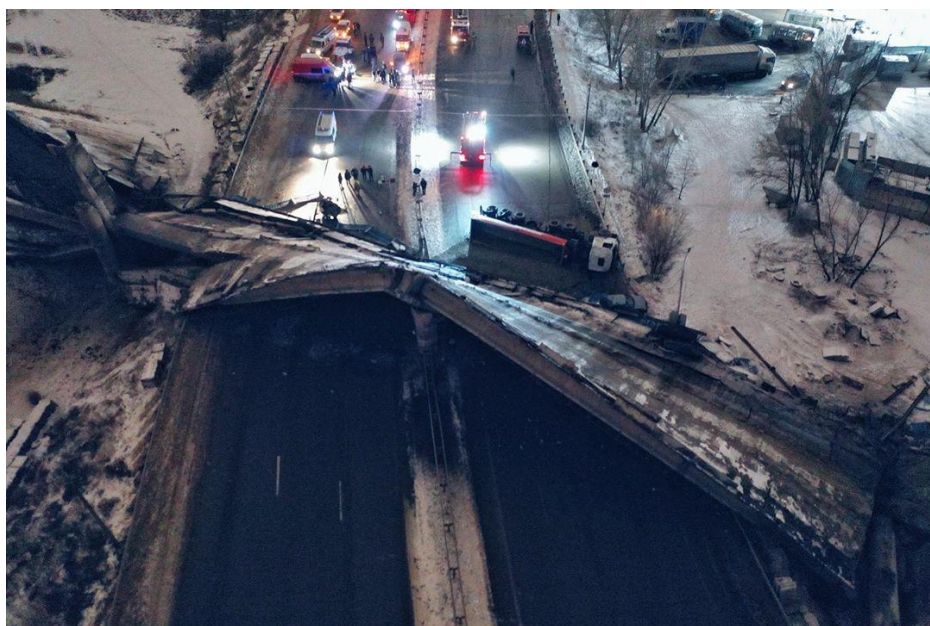


Рисунок 1 – Обрушение моста в Оренбурге

В результате собственник моста понес ущерб более чем на 30 млн рублей, владелец грузовика с грузом потерял более 8,5 млн рублей. Кроме того, водители

обеих машин, ехавших по мосту в момент обрушения, получили травмы. После аварии было возбуждено два уголовных дела - о халатности и о нарушении правил безопасности при ведении строительных и иных работ.

Заключение

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты», а также для рабочих с этой же специальностью.

Литература:

1. Interfax [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/786301> – Дата доступа: 16.12.2021.
2. Interfax [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax.ru/russia/686477> – Дата доступа: 16.12.2021.
3. Orks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://orsk.ru/news/92602>– Дата доступа: 16.12.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ШМИДТА И ПУШКИНСКОГО

*Приборец Анастасия Евгеньевна, студентка 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Нам требовалось в рамках курсового проекта на пересечении двух наиболее загруженных улиц запроектировать многофункциональную подземную развязку в городе Могилев. Плотность населения которого составляет 3013 чел./км². Было выбрано пересечение проспектов Шмидта и Пушкинского, так как пробки на этом перекрестке достигают 9 баллов. Для разгрузки пересечения была запроектирована подземная развязка с паркингом, что удобно, так как рядом находятся жилые дома, а также ТЦ. Таким образом мы обеспечили дополнительные места для парковки. Общий вид многофункциональной развязки и фасады представлены на рисунках 2-3.

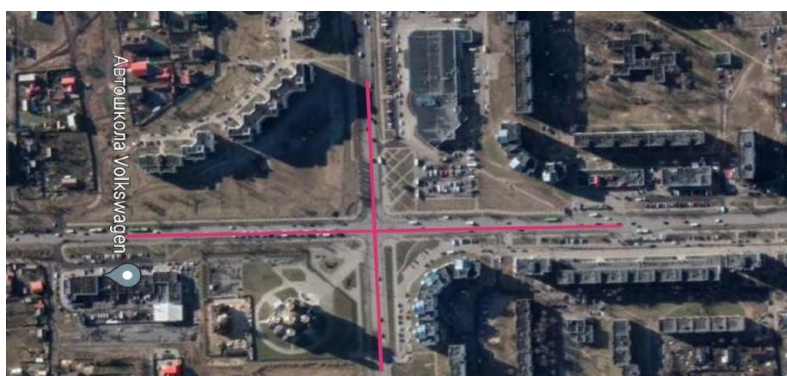


Рисунок 1 – План местности

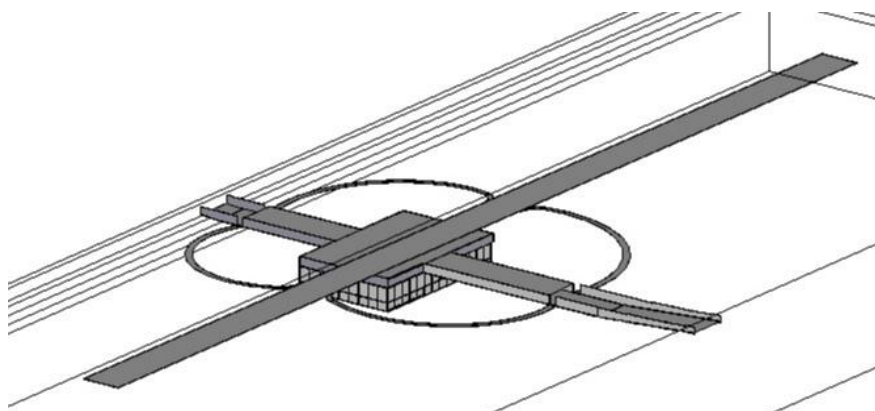


Рисунок 2 – Общий вид подземной развязки

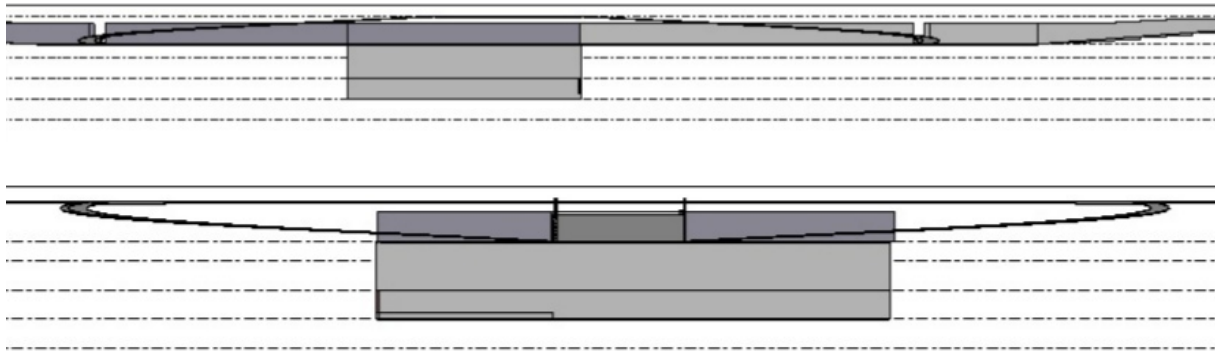


Рисунок 3 – Фасады подземной развязки

Таким образом проект решает проблему транспортного сообщения на пересечении выбранных улиц.

Литература:

1. Google Earth [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://googleearthonline.blogspot.com/>. – Дата доступа: 30.11.2021.

ЗАВОД ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

*Раловец Виктория Дмитриевна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Единственный в Республике Беларусь завод железобетонных мостовых конструкций находится в городе Фаниполь, построенный в 1965 году. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Завод железобетонных мостовых конструкций г.Фаниполь

Основной задачей завода является комплектация объектов промышленного и гражданского строительства, железной дороги, водного и коммунального хозяйства. Производственная мощность завода – 35 тысяч тонн железобетонна в год. Несколько лет назад начали выпускать бетонные разделительные ограждения, которые позволяют снизить аварийность на дороге. Предприятие делает ставку на улучшение своей технической базы, обновление парка технологической оснастки.

У завода есть собственный полигон для изготовления крупногабаритных конструкций – балок длиной 33м и грузоподъемностью 60 тонн. За последнее время предприятие модернизировало трансформаторные подстанции в

арматурном цехе обновили автомобильную технику, изготовили новую форму для железобетонных изделий, приобрели греющий поддон для выпуска железобетонных свай квадратного сечения. Контроль качества продукции осуществляется на всех этапах производства, предприятие имеет сертификаты СТБ ISO 9001-2015, СТБ 18001, СТБ14001.

За 55 лет ведущий отечественный производитель продукции для индустрии дорожного строительства завоевал безупречную репутацию как на внутреннем так и на внешнем рынке.

Литература:

1. Завод железобетонных мостовых конструкций, филиал ОАО Дорстройиндустрия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zagbmk.all.biz/>. Дата доступа: 04.10.2021
2. Фаниполь бай [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fanipol.by/organizatsii/promyshlennost/oao-dorstroyindustriya-filial-zavod-zhelezobetonnykh-mostovykh-konstruktsiy/>. Дата доступа: 05.10.2021

ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ПИНТАСАН САЛОМА

*Раловец Виктория Дмитриевна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Салома Линк или Пинтасан Салома назван в честь легендарной малазийской певицы и киноактрисы, законодательницей моды и иконой моды, которая стала широко известна в конце 1950-х 1960-х годах. Это однопролетный мост со стальной конструкцией, который освещается 4 100 алмазными фасадными панелями с ультрасовременным светодиодным освещением. (рис.1) Мост длиной 69 м или 226 футов соединяет Кампунг Бару и Куала-Лумпур. Этот мост начинается на улице Лоронг Раджа Муда 3, которая находится недалеко от станции метро Кампунг Бару, и заканчивается на улице Джалан Салома, рядом с башней Государственного Банка.



Рисунок 1 – Пешеходный мост «Пинтасан Салома» в Малайзии

Он построен через реку Кланг и над дорогами. Есть специально построенное место с приспособлением для велосипеда и дорожкой для людей, чтобы люди могли поднимать велосипеды вверх по лестнице или лифту. Строительство этого моста Салома Линк обошлось в 31 миллион ринггитов (включая расходы на консультации), а время заняло около 18 месяцев. Концепция этого моста также похожа на мост "Мира" в Тбилиси, где светодиодные фонари загораются, время от времени меняя узор. Эстетическим дизайном Салома Линк также занимается Веритас Дизайн Групп, которая также активно участвует в генеральном плане реконструкции Кампунг Бару.

Литература:

1. Салома Линк - Saloma Link [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://wiki2.wiki/wiki/Saloma_Link. Дата доступа: 17.12.2021
2. Мост Пинтасан Салома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.archdaily.com/972216/pintasan-saloma-bridge-veritas-design-group?ad_source=search&ad_medium=projects_tab. Дата доступа: 17.12.2021

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ МОСТОВ

*Семерня Павел Анатольевич, студент 3-го курса
Лучковский Олег Александрович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Одной из главных характеристик мостовых систем является особенности конструкции. К самым известным системам мостовых сооружений относятся балочная, арочная, рамочная и висячая. Однако мостов с одним типом системы достаточно мало, в основном используются комбинированные системы.

В мостах комбинированной типа присутствуют больше одной статической системы. Такие пролеты могут строиться несколькими способами: объединение основных систем, улучшение основной системы путем добавления новых элементов. Комбинированных систем можно придумать очень много. На рисунке представлены возможные комбинации на основе арок и балок.

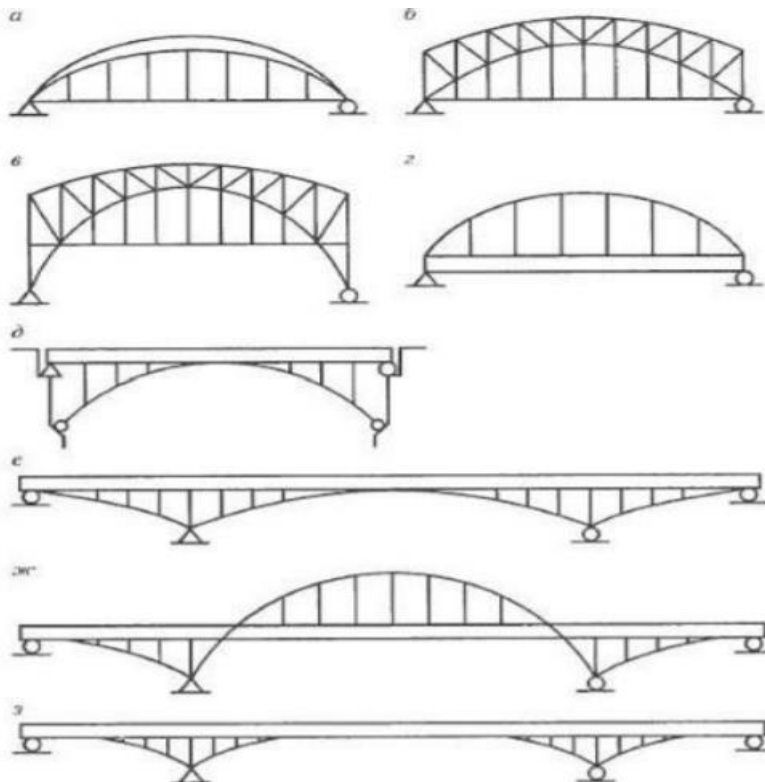


Рисунок 1 – Комбинированные конструкции мостов

Самым очевидным примером комбинированной системы являются современные вантовые и висячие мосты. Особенность конструкции этих мостов в том, что балку жесткости всегда держат кабели и ванты.

Вантовым называют мост у которого ездовое полотно поддерживается при помощи кабелей, прикрепленных к пилонам. Самым родственным типом по строению к вантовому мосту является висячий мост. Главным отличием является то, что в мостах висячего типа кабели, отходящие от настила, крепятся к несущему кабелю, протягивающийся между двух соседних пилонов. Когда как в вантовом непосредственно к пилонам.

По типу расположения вант разделяют различные системы вантовых мостов (Рис. 2).

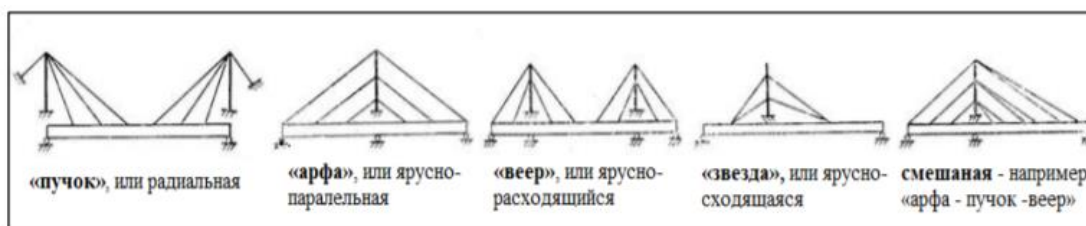


Рисунок 2 – Типы вантовых систем

В мостах висячего и вантового типа существуют анкера. Анкер – вертикальный элемент моста, имеющий массивную конструкцию и хорошо закрепленный под землей. Их устанавливают на разных берегах и натягивают тросы, для того чтоб повысить его жесткость, а также увеличить сопротивляемость моста различным нагрузкам.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В Г.ВИТЕБСК

*Станкевич Никита Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский Национальный Технический Университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В ходе выполнения проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения» был запроектирован многофункциональный подземный комплекс в городе Витебск. Он будет располагаться под перекрестком (Рис.1) вместе с подземной системой тоннелей, чтобы снизить загруженность трафика в этом регионе. Данный проект позволит существенно сократить время, обычно затрачиваемое на проезд перекрестка.

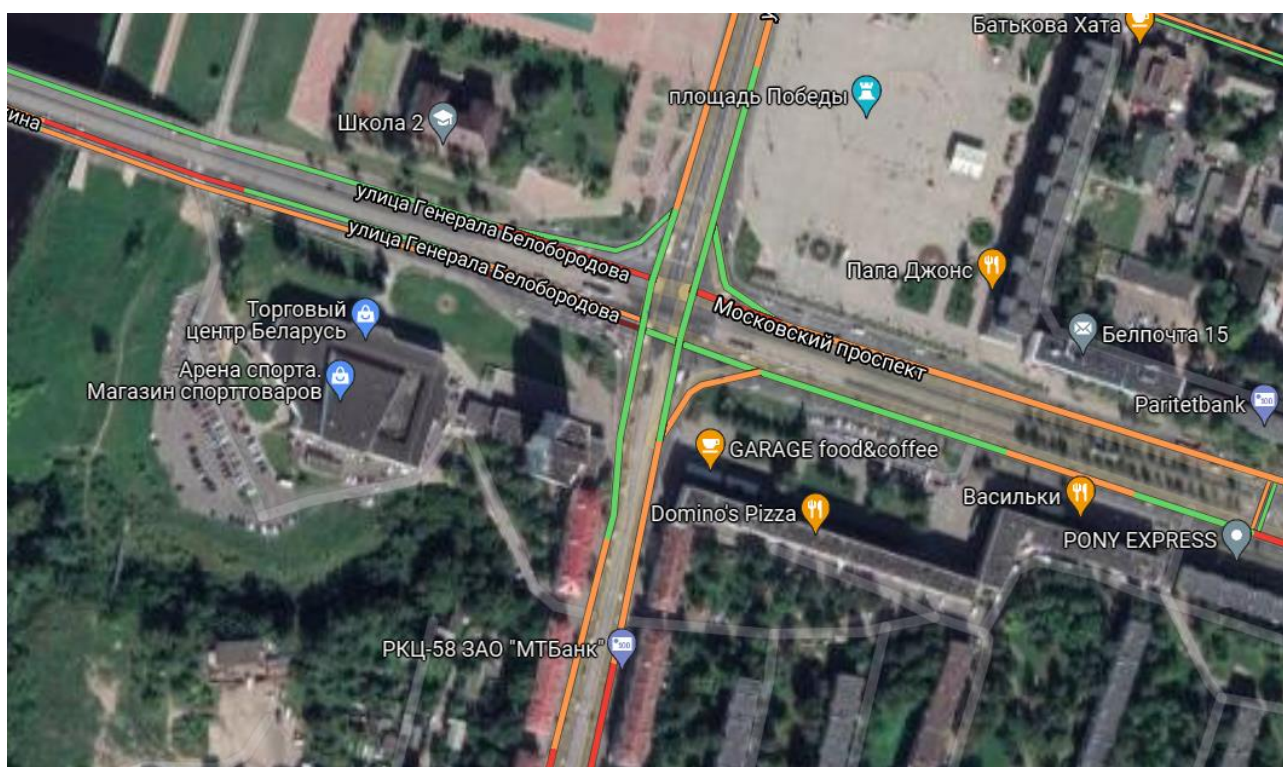


Рисунок 1 – Генплан трассы

Проект представляет комплекс, состоящий из двух сооружений, соединенных между собой, а также систему тоннелей, являющейся одним из путей попадания в комплекс. Его модель создана с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 2). Введение данной технологии позволит инженерам проработать конструктивное решение сооружения.

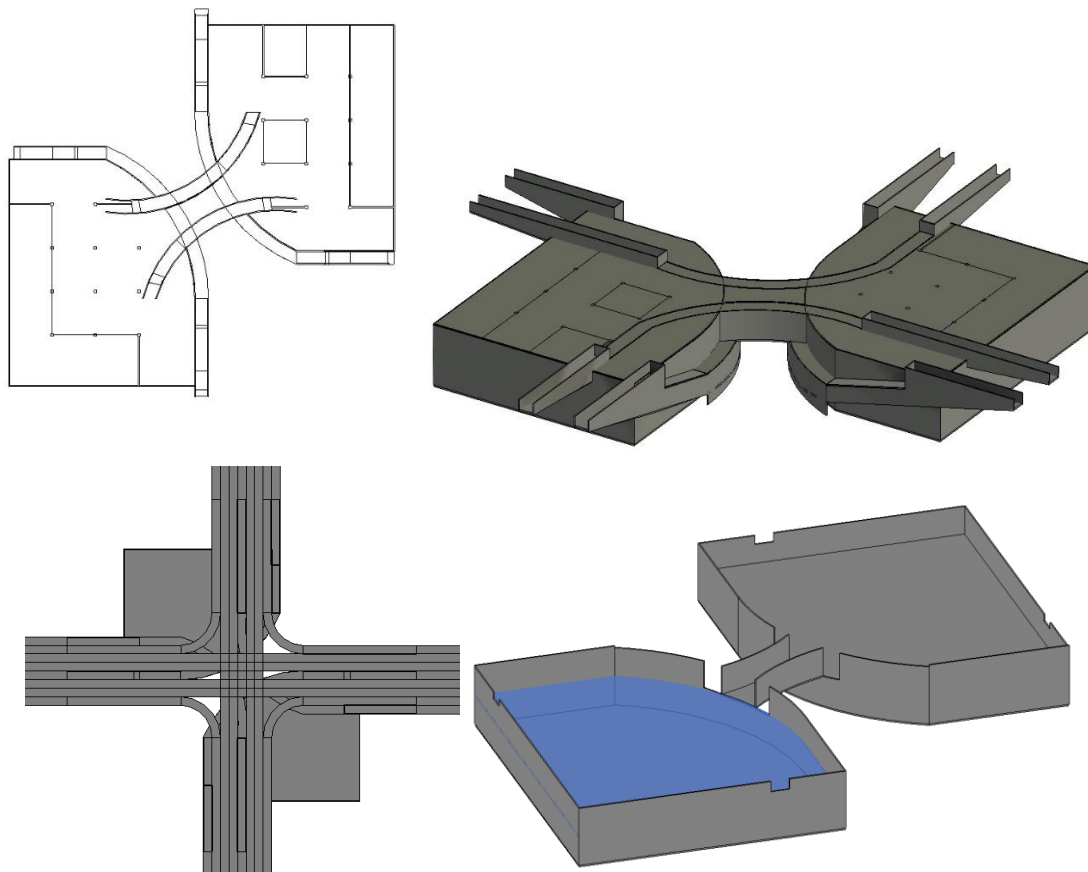


Рисунок 2 – План и перспектива комплекса с системой тоннелей

На первых этажах сооружений будет располагаться паркинг на более чем 200 парковочных мест. Заезд в него будет осуществляться через левую крайнюю полосу проезжей части по тоннелю (Рис. 3). Все заезды и выезды возможны из каждого блока.



Рисунок 3 – Внешний вид развязки

Так же предусмотрен вход для пешеходов, им является лифт, который расположен над комплексом. На верхний этаж комплекса с парковки можно будет попасть на лифте или по лестнице. На нем будут расположены торговые и

развлекательные, а также другие социально значимые объекты. Среди развлекательных объектов предусмотрен кинотеатр, боулинг и бары.

Использованная технология виртуальной реальности позволит студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях пятна застройки.

Литература

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Олляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей //—2005;
2. И. Г. Малков, Т. С. Титкова. Использование подземных пространств в градостроительстве // — 2009.

СОВЕТСКИЙ ТИТАНИК

*Степанюк Никита Евгеньевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В статье рассмотрена трагедия произошедшая на реке Волга, получившая название “мясорубка”

Данная трагедия одна из известнейших того времени. Летом 5 июня 1983 года в 22:45 теплоход “Александр Суворов” на полном ходу врезался в мост пересекавший Волгу в районе Ульяновска. Пролет моста срезал всю верхнюю часть корабля на которой находилась командная рубка, кинозал и множество баров, в которых находилось более 100 человек

Шедший на полном ходу теплоход врезался в шестой пролет моста. Металлическая ферма срезала все что было расположено на верхней палубе.

Все кто находились наверху в то время попали в настоящую мясорубку.

Теплоход по инерции продолжал двигаться в перед, а все надстройки, не прошедшие по габаритам двигались в обратном направлении (Рис.1) перемалывая и разрывая людей на своем своём пути.



Рисунок 1 – “Александр Суворов” во время следственного эксперимента

Так же по мосту одновременно с теплоходом двигался железный состав. Столкновение с кораблем сдвинуло пролет на 40 сантиметров, и 13 вагонов из 56 сошли с рельс. Некоторые вагоны перевернулись и на теплоход обрушились тонны древесины, угля и зерна. Так же с рельсов сошла цистерна с бензином и лишь чудом она не обрушилась на корабль. Можно лишь гадать каких бы масштабов достигла трагедия если бы цистерна упала в низ и все таки взорвалась, тогда на корабле не выжил бы никто.

Заключение

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты», а также для общего ознакомления.

Литература:

1. Onliner [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.onliner.by/2017/08/24/suvorov>– Дата доступа: 15.12.2021.
2. YouTube [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=wV8-Q7W17Go&t=1s>. – Дата доступа: 15.12.2021.

МОСТЫ В ДРЕВНОСТИ

*Стреж Александра Витальевна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г.Минск
(Научный руководитель – Ходяков В. А., старший преподаватель)*

Есть такая древняя мудрость: «Для моста нужны двое: два берега – левый и правый... Для моста нужны люди, те, кто его будет строить, и те, кто будет по нему ходить... И даже если желанный берег пока еще кажется далеким и неприступным, все равно мост надо начинать строить...». [1]

Что же такое мост? Если полистать различные словари, то почти в каждом мы найдем практически одинаковые определения: «мост – это сооружение для проведения пути через впадину, реку либо другое препятствие». Еще в древности уже у многих народов мира в устных легендах и преданиях, в рукописных манускриптах, свитках и летописях прототипами мостов выступали «небесные» пути-переходы, соединяющие две природные стихии – Воду и Воздух. Имеющие некое начало, но исчезающие за горизонт – Млечный путь и радуга, послужили прообразами и «подказали» форму будущих наземных переходов, проложенных в пустоте.

Мосты, которые были построены в древности, и сегодня можно считать чудом. Даже сам факт того, что люди, жившие тысячи лет назад, смогли создать такое удивительное сооружение, восхищает и удивляет. И сегодня, в каждом уголке мира, сохранились эти удивительные строения, испытанные природными стихиями, войнами и разрушениями, но по прежнему служащие для своего истинного практического назначения.

В своем произведении «Мосты» сербский писатель Иво Андрич писал: «...Из всего, что воздвигает и строит человек, повинуюсь жизненному инстинкту, нет ничего лучше и ценнее мостов. Они принадлежат всем и каждому, одинаково относятся ко всем, полезные, воздвигнутые всегда осмысленно, там, где в них возникает наибольшая нужда, они более долговечны, чем прочие сооружения, и не служат ничему тайному и злему... Мосты указывают место, где человек наткнулся на препятствие и не остановился перед ним, но преодолел его и замостил, как мог, сообразно своим взглядам, вкусу и обстоятельствам, в которых он находился...». [2]

Римляне считаются лучшими строителями, и не случайно, и по сей день, каждый знает, что все дороги ведут в Рим, но и из Рима. Именно Римская

империя дала всему миру не только новые методы, технологии и материалы, но и правила благоустройства и содержания дорожной сети, частью которой являлись и мосты.

Огромную территорию империи, как паутина, опоясывали и пересекали тысячи километров дорог. В направлениях с Востока на Запад, и с Севера на Юг постоянно передвигались пешие и конные тысячные войска, с целью освоения и захвата новых территорий; караваны купцов, везущие ткани, пряности и дорогое оружие; простые римляне, в поисках работы и лучшего места для жилья.

Так какими же секретами и знаниями владели древнеримские строители и какие технологии и материалы «подарили» всему миру, впоследствии заимствованные многими другими народами? Во-первых – это подход уже к началу строительства моста: точное планирование будущего сооружения, с использованием измерительных приборов, просчет величины, формы и даже точного количества камней, необходимых для строительства, использование простых, но эффективных приспособлений – деревянных лебедок, не только для доставки, но и для подъема и установки строительного материала. В Древнем Риме уже тогда существовала единая система мер, которая позволяла с точностью, без затрат, просчитать не только материал, но и нагрузки.

Во-вторых, мост – это сооружение, опоры которого находятся на дне реки. И чтобы быстрые воды течения не снесли саму конструкцию, римляне придумали способ крепления опор в виде основательного фундамента.

Но величайшим достижением считается изобретение бетона из смеси обожженной извести и вулканического пепла, материала, который и сегодня используется в строительстве. Этот раствор затвердевал даже под водой, прочно закрепляя опоры моста, веками выдерживая напоры течения реки.

Примером мастерства древнеримских строителей можно считать, сохранившийся до наших дней, мост Понте Мильвио, построенный за два столетия до нашей эры. (Рис. 1).

Конечно, традиционные природные материалы – дерево, камень, растительные волокна, сегодня заменились новыми современными искусственными материалами – железо, сталь, сверхпрочный стальной трос. Изменилась и форма мостов – перекинутые на огромные расстояния, выдерживающие колоссальные нагрузки, проходящего по ним транспорта, грандиозные вантовые и висячие мосты. (Рис. 2).



Рисунок 1 – Мост Понте Мильвио через реку Тибр в городе Риме

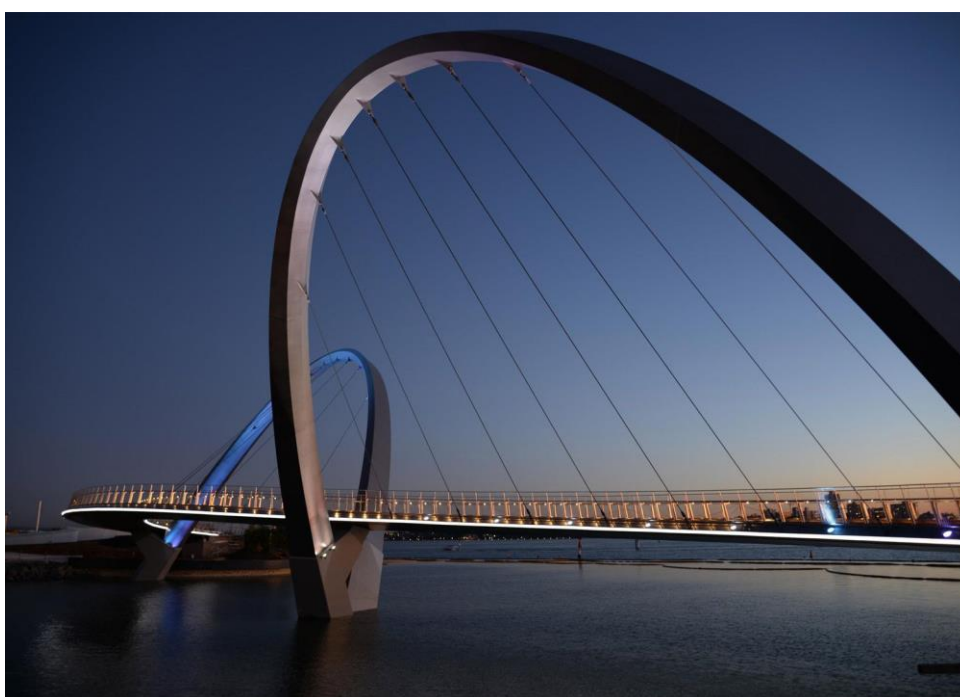


Рисунок 2 – Вантовый мост для пешеходов и велосипедистов Elizabeth Quay, названный в честь королевы Елизаветы II, через реку Свон в городе Перт, Австралия

Но за тысячелетия строительство мостов превратилось в истинное искусство, будь то шатких деревянный навесной мостик через небольшую речушку, или смелая техническая конструкция протяженностью в несколько километров. Мосты – лучшее изобретение человечества, так как они соединяют...

Литература:

1. Энциклопедия афоризмов: В мире мудрых мыслей / Э. Борохов. – М.: ООО «Издательство АСТ», 2001. – 672 с.
2. LIB-KING электронная библиотека [Электронный ресурс] – Режим доступа <https://lib-king.ru/120288-mosty.html> – Дата доступа: 07.12.2021.

«МОСТ ДУРАКОВ» В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ

*Сурма Михаил Владимирович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В статье рассмотрен Софийский путепровод в Петербурге, а конкретно проезд под ним, где регулярно застревают “ГАЗели”.

Путепровод на Софийской улице в Санкт-Петербурге недавно отметил свой 199-ый случай застревания под ним автомобиля.

Официально этот путепровод называется мост №1 через левый приток реки Кузьминки по Софийской улице. Построен он был ещё в 2009 году, а в эксплуатацию был передан в 2014. Этот путепровод нелестно окрестили “мостом дураков” по причине того, что под ним очень часто застревают грузовики и фургоны. В 2018 году часть дороги перед мостом реконструировали, а также были установлены ограничительные дорожные знаки, предупреждающие водителей об опасно низком проезде в 2,7 метра. Однако это не останавливало беспечных водителей и на 7 января 2021 года был зафиксирован 199-ый случай застревания.



Рисунок 1 – Авария под софийским путепроводом

Спустя некоторое время власти города всё-таки обратили внимание на путепровод и приняли судьбоносное решение. 13 марта 2021 года проезд под путепроводом закрыли до середины мая на реконструкцию. Предполагалось, что дорогу углубят, габариты увеличат до 4,5 метра и тогда проехать сможет не только “ГАЗель”, но и фура. Но в что-то пошло не так как задумано, и в конечном итоге было принято решение о закрытии проезда под путепроводом.

У “моста дураков” есть аккаунты в соцсетях, где публиковались фото очередных пострадавших. В день, когда объявили о закрытии проезда, под путепроводом в очередной раз застряли несколько грузовиков, тем самым доведя счётчик до значения в 204 пострадавших от собственной глупости.

Заключение

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты», а также для рабочих с этой же специальностью.

Литература:

1. Vfm.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bfm.ru/news/467122> – Дата доступа: 19.12.2021.
2. Ria.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20210107/most-1592262392.html> – Дата доступа: 19.12.2021.
3. Spbinteres.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://spbinteres.ru/piterskaya-otkryvashka-most-gluposti.html> – Дата доступа: 19.12.2021.

СТРОИТЕЛЬСТВО РЕЗИДЕНЦИИ НАД ОЖИВЛЁННОЙ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СТАНЦИЕЙ. МЕТОД ПОВОРОТНОЙ НАДВИЖКИ

*Терешко Сергей Иванович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В статье рассматривается процесс застройки верхней части станции Юэнь Лонг в Гонконге.

Комплекс Yuen Long Station Topside включает в себя шесть жилых башен – четыре на вершине станции метро и две на земле, – обеспечивающих около 2000 жилых единиц, торговые подиумы, ландшафтный сад, помещения для клубов и автостоянки. Он также включает в себя автомобильные и пешеходные мосты длиной 50 метров над существующими путями легкорельсового транспорта.

Безопасное строительство на оживлённых действующих железнодорожных линиях

Работы по разработке ведутся на открытой действующей линии Туен Ма и легкорельсовом транспорте. Команда инженеров по железнодорожному транспорту (безопасность и риски) использовала систему оценки рисков для разработки безопасной рабочей последовательности и мер по снижению рисков, чтобы обеспечить бесперебойный рабочий процесс при обеспечении максимальной защиты при эксплуатации железной дороги.

Метод «поворотная надвижка»

Северный и южный участки застройки соединены автомобильным и пешеходным мостами. Поскольку мосты расположены над открытыми путями легкорельсового транспорта и дорогами, главный подрядчик нанял специалиста по тяжелой технике для инновационного метода установки "поворотного запуска", чтобы свести к минимуму нарушения в работе железнодорожного транспорта и дорожного движения.

Эта установка является первой в своем роде в Гонконге. Вместо того, чтобы монтировать мост над легкорельсовыми путями класса, инженеры развернули сборную конструкцию с южной площадки в сторону северной. Команде, работая со специалистом по подъёму, удалось запустить две пролётные мостовые конструкции пролётом 50 метров за две отдельные операции.



Рисунок 1 – Поворотная надвижка пролётного строения

Создание прецедента

Первоначально для возведения моста требовалось более 100 ночей работы в нерабочее время. С помощью этого, совершенно нового метода строительства, команда смогла сократить время строительства менее чем до 50 ночей.

Производитель металлоконструкций для ротационной сборки провел полномасштабные репетиции процесса ротации на своей производственной площадке. Затем гигантская круглая ферменная платформа была мобилизована и собрана на месте проекта с минимальной сваркой. Также были предложены и подготовлены меры на случай непредвиденных обстоятельств, предсказуемой возможности выхода из строя оборудования и/ или тяжелых погодных условий.

Установка повысила эффективность работы, благодаря чему может стать примером для будущего использования.

Заключение.

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты», а также для рабочих с этой же специальностью.

Литература:

1. Arup [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arup.com/projects/yuen-long-station-topside-property-development> – Дата доступа: 23.12.2021.

БЕНТОНитОВАЯ ГЛИНА

*Тишевич Вадим Олегович, студент 3-го курса
Петринчик Даниил Денисович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Бентонитовая глина — природный материал, который в основном состоит из монтмориллонита. Из-за этого компонента глина обретает свойства, гидрофильности и разбухания. (Рис 1).



Рисунок 1 – Бентонитовая глина

Преимущества бентонитовой глины:

- Способность очищать воду.
- Невосприимчивость к механическим повреждениям.
- Способность принимать любую форму, не используя сложные механизмы.

- Задерживает не только влагу, но и токсины.
- Долговечность
- Способность не изменять своих свойств в процессе эксплуатации
- Выдерживание множества циклов замораживания и размораживания
- Имеет достаточно низкую цену, при том, что имеет большое количество плюсов.
- Хороший внешний вид(однородная)
- Не имеет различных примесей
- Экологическая, при том, что достаточно полезна для растений.
- Многофункциональность

Благодаря такому количеству положительных свойств бентонит используют не только в строительстве, но и в огромном количестве сфер жизни человека, например.

- В изготовлении косметики;
- Изготовление лакокрасочной продукции;
- Изготовление керамики;
- Металлургия;
- Сельхоз. сфера
- Искусственные водоемы и бассейны
- Медицина;
- Емкости и резервуары для автозаправочных станций;
- Дороги, которые выстраиваются на рыхлом грунте;
- Производство вин.

Состав бентонитовой глины.

Она примерно на 70% состоит из минерального компонента, относящийся к классу смектитовых минералов. Это гидрослюда, кварц, нонтронит, каолинит, карбонат, монтмориллонит бейделлита так же некоторые другие составляющие.

Литература:

1. Международный научный журнал «Universum: технические науки» [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://stroyres.net/kamennye-materialy/glina/bentonitovaya-opisanie-primenenie.html>.— Дата доступа 12.09.2021
2. Интернет журнал «StroyRes.NET» [Электронный ресурс].—Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/7515>.— Дата доступа 12.09.2021

АМСТЕРДАМСКИЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ОТ СЕН-ВАЛЬ ЛОРАНА

*Тишевич Вадим Олегович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Современный нидерландский архитектор Сель-Валь Лоран не так давно показал миру свой новый проект пешеходного моста в Амстердаме. Глядя на богатую историю, архитектуру и культуру XVII века своей любимой страны, архитектор вдохновился на создание конструкции такого моста, подобия которого нету нигде в мире.



Рисунок 1 – Вид моста сверху

Из-за того, что Амстердам не большой город, то все то все красивейшие и интереснейшие туристические достопримечательности, а некоторые из них еще и наследие ЮНЕСКО места могут разместиться в одном районе города.

Основной задачей такого строительства являлась не просто строительство моста через реку, а создания многофункционального сооружения, в котором можно было бы разместить не только маленькую торговую лавку, но и целое кафе, своим собственным музеем, а также зонами для стоянки или проката

велосипедов. Еще данный мост имеет огромные террасы с большими панорамными окнами для хорошего обзора всей округи.



Рисунок 2 – Вид со стороны велосипедной площадки



Рисунок 3 – Вид на сооружение с реки

Основным материалом для строительства послужили: дерево, алюминий, стекло и сталь. Так как древесина в Нидерландах считается одним из лучших строительным материалов, именно из-за своих прочностных и визуальных характеристик, то архитектор решил выполнить мост в виде большого количества деревянных арок.

Сама конструкция моста является одновременно и современной, но и сохранила часть готического стиля, который характерен своей воздушностью и кажущейся легкостью несмотря на то, что само сооружение может иметь вес более чем в несколько сотен тонн. Благодаря своему дизайну мост выглядит одновременно и богато, и футуристично. Так же имеются пандусы в виде спиралей для пешеходов, спустившись с которых сразу можно попасть на велосипедную площадку и хорошо провести там время.

Благодаря своей легкости сооружению удастся обеспечить богатый и благородный вид конструкции из прочного стекла и легкого дюралевого сплава рамы, которые формируют прозрачные скрытые павильоны. Пешеходные пандусы в виде спиралей формируют по обеим сторонам канала навесы, что дает возможность расположить под ними зоны для отдыха и общения, а также велосипедные парковки.

Литература:

1. Международный научный журнал «Universum: технические науки» [Электронный ресурс].— Режим доступа <http://design4wellbeing.com/?p=111>— Дата доступа 23.12.2021
2. Интернет журнал «Дизайн Благополучия» [Электронный ресурс].—Режим доступа: https://thearchitect.pro/ru/news/4859-Multifunktsionalnyj_most_dlja_Amsterdama— Дата доступа 23.12.2021

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МОГИЛЁВ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МИРА И ЛЕНИНСКОЙ УЛИЦЫ

*Турляй Игорь Викторович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Могилёв, Беларусь. Население Могилёва составляет 380 000 человека. Плотность населения 3013 чел./км². Могилев – областной город Беларуси, возникший более семи веков назад на берегу крупной реки Днепр. Сегодня это красивый ухоженный город с достаточно большим количеством сохранившейся исторической застройки. Улица Ленина, идущая параллельно Первомайской является одной из самых красивых пешеходных улиц страны. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2).

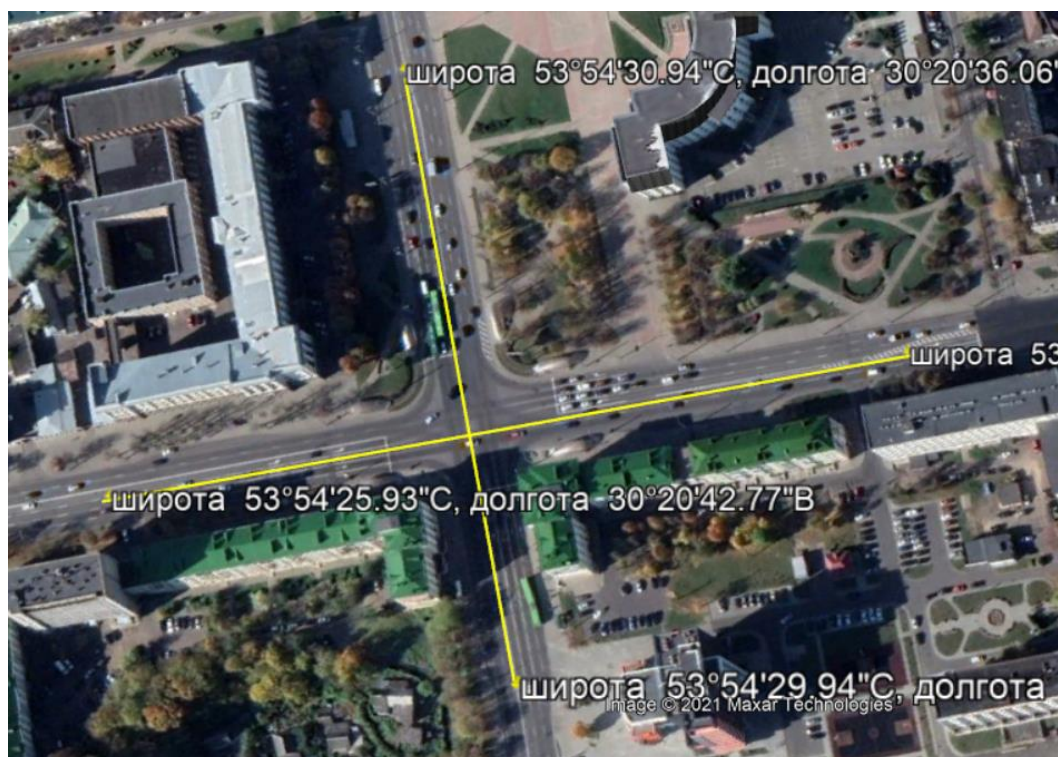


Рисунок 1 – План местности



Рисунок 2 – Продольный профиль местности

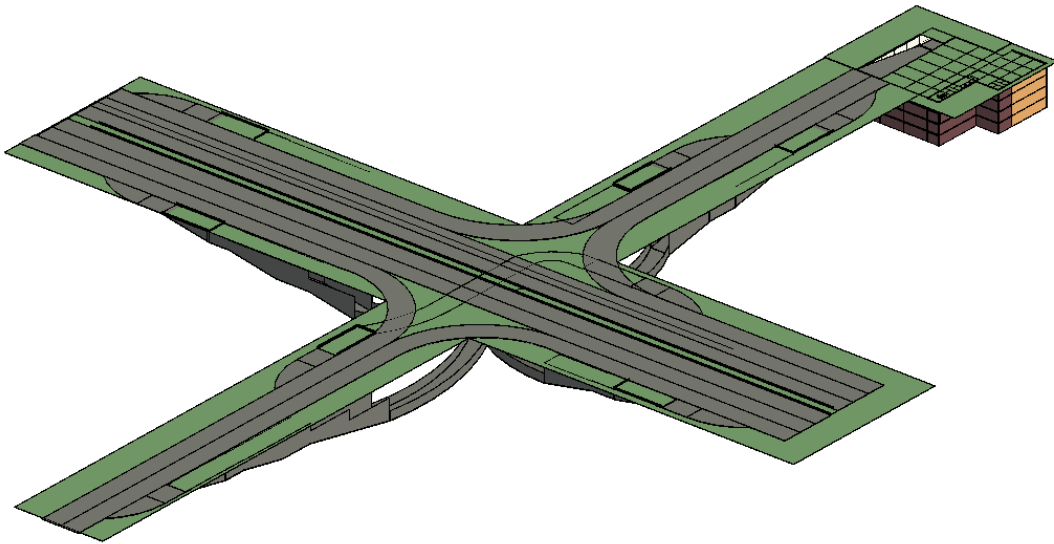


Рисунок 3 – Многофункциональная развязка

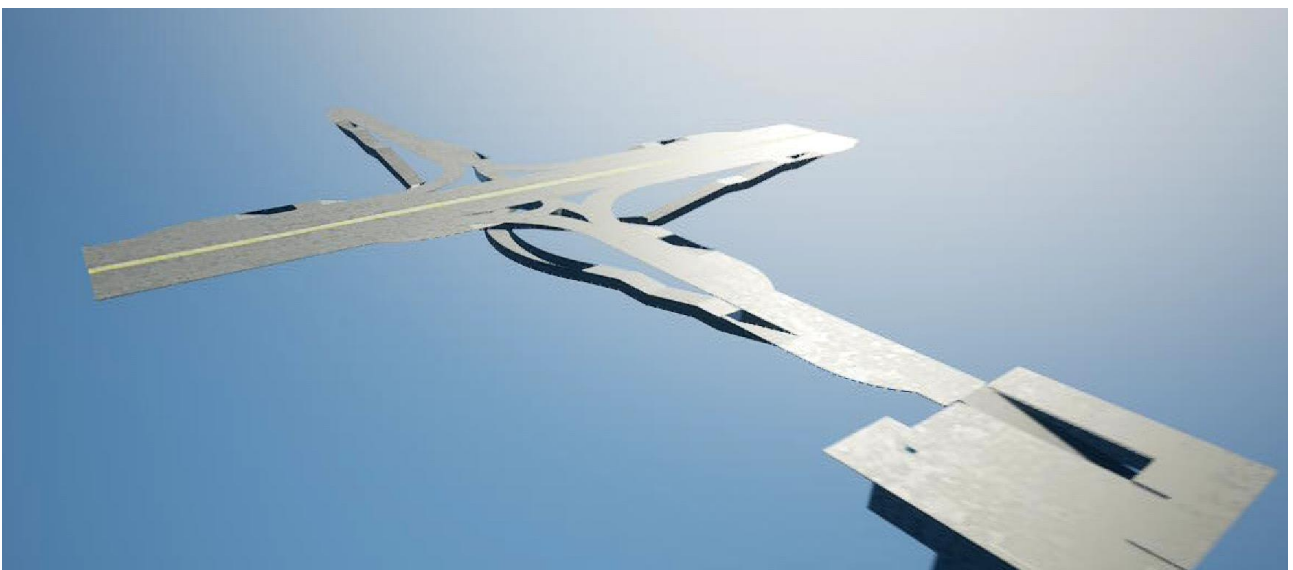


Рисунок 4 – Общий вид портала

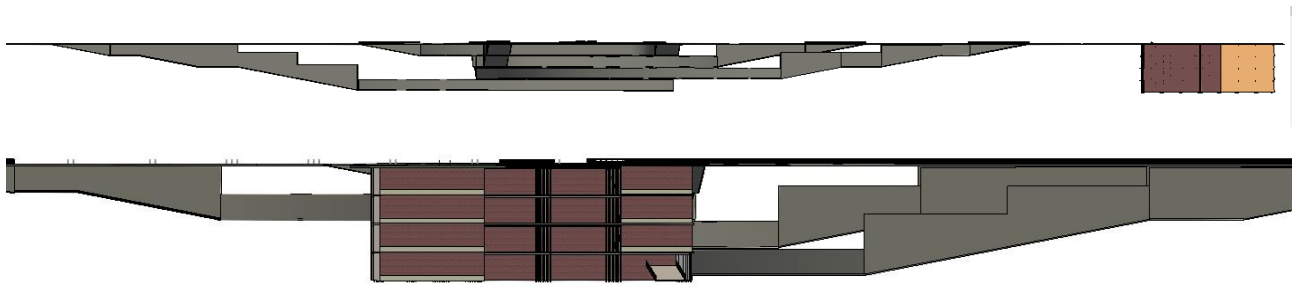


Рисунок 5 – Фасады развязки

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на одном из перекрёстков в городе Могилёв.

ВЕРТИКАЛЬНЫЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ПАРКОВКИ

*Цейко Михаил Геннадьевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В статье рассматривается технология вертикальных автомобильных парковок.

Рассвет эпохи авто пришелся на 1920х года и стал предлогом для всевозможных нововведений. Нарастание численности автомобилей требовало постройки бесчисленных парковок. В это время в городках подумали о многоуровневых парковках с внедрением автолифтов. Концепция автоматической парковочной системы была обоснована двумя причинами: потребностью прирастить численность парковочных пространств и нехваткой свободной земли.

Первое использование автоматической автомобильной системы парковки было в Париже, Франция, в 1905 году, на Garage Rue de Ponthieu. Парижская парковка состояла из новаторской высотной бетонной системы с внутренним лифтом для подъема автомашин на верхние этажи. В 1920х годах известной стали автопарковки, аналогичные колесу обозрения, но только для автомашин.

Эта система занимала пространство всего двух автомашин, но вмещала в себя 8 (Рис.1). В 1957 году были поставлены 74 системы Bowser, Pigeon Hole, некоторые из данных систем остались в эксплуатации до нашего времени.



Рисунок 1 – Вертикальная парковка в Вашингтоне

Подобные системы есть и в Республике Беларусь. Устроены они на Могилевском заводе лифтового машиностроения. Парковка роторная ПР-10 (Рис.2), ПР-12.



Рисунок 2 – Парковка роторная ПР-10

Парковка устроена в виде поддона, в системе двухстороннего радиального оборота. К ее преимуществам можно отнести то, что она не нуждается в персонале для управления. Впрочем, при надобности установки предоставленного оснащения возле торговых центров, допускается управление отдельным оператором. Система рассчитана на парковку небольшого количества машин.

Однако, есть и недостатки системы. Данные конструкции нередко ломаются и требуют обслуживания, они не имеют такой спрос, как обычные парковки. Также, если в данном сооружение ваша машина находится на верхнем ярусе, вам придется некоторое время ждать, пока она спустится к вам, что не рентабельно в нынешних реалиях.

Заключение

Данная статья будет полезна для студентов, обучающихся по специальности «Мосты и тоннели».

Литература:

1. carakoom.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://carakoom.com/blog/potryasayucshie-vertikalnye-avtomobilnye-parkovki-ispolzovavshiesya-v-192050h-godah> – Дата доступа: 12.12.2021.
2. liftmach.by [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://liftmach.by/catalog/parkovka-rotornaya-pr-10-pr-12/> – Дата доступа: 12.12.2021.

ЗАВОД ЖБМК В ФАНИПОЛЕ

*Шарко Евгений Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Завод ЖБМК – завод железобетонных мостовых конструкций. Основной продукцией завода является производство различных конструкций для дорожного строительства. Такие как балки плиты пролетные строения опоры. Также завод производит различные конструкции для промышленного использования: трубы плиты и изделия для пешеходных переходов. Рассмотрим обобщенное производство различных изделий для строительства мостов и путепроводов. Например, балки.

Первое с чего все начинается это резка арматуры различного профиля на определенные длины отрезки. Выполняется это все не вручную, а на определенных станках, которые делают это с легкостью. После резки арматуры рабочие скручивают их в определенный каркас соединяя между собой вязальной проволокой для того чтобы при заливке бетонным раствором арматура не сдвинулась со своего положения. Готовые «скелеты» из арматуры кладут в специальные формы под различные балки (Рис. 1) и уже в формах выравниваются по центру чтобы все напряжения, которое после застывания будет нести балка проходило по всей конструкции. Происходит заливка бетонным раствором и после набирания прочности балка достают из форм и перевозят на склад где они хранятся и набирают прочность в течение 28 суток.



Рисунок 1 – Формы для балок

По такой же схеме производятся и опоры, и балки, и пролетные строения меняется (Рис. 2) лишь «скелет» из арматуры форма для заливки и марка бетона ведь для разных конструкций может потребоваться различная прочность.



Рисунок 2 – Опоры, балки, пролетные строения

Перемещение всех конструкций, бетонной смеси и прочих предметов происходит благодаря кранам, вагонам и машина. Сооружения для подачи песка из хранилища, находится на улице (открытого типа) и сооружение для подачи крупного заполнителя, которое находится в огромных складах (Рис. 3).



Рисунок 3 – Хранилища для заполнителя

Далее наблюдаем сеятель для заполнителя(Рис. 4), который позволяет разделить его на фракции. И уже после сеятеля заполнитель окончательно попадает в смесь. Все компоненты для бетонной смеси подаются с помощью конвейеров, большая часть которых находится под землей.



Рисунок 4 – Сеятель

На фото (Рис.5) показаны балки 33 метра внутри которых находятся 6-12 скрутков толстой металлической проволоки, которая как раз и передает нагрузку равномерно на всю балку. Каждый скруток (жгут) имеет анкера, которые расположены в определенных местах именно они и передают напряжение на всю длину жгута. Скручиваются они на специальной машине в виде цилиндра.



Рисунок 5 – Процесс изготовления анкеров и их использование

Что касается проверки затвердевшего бетона на прочность. Для этого формуют 9 кубиков, которые после испытывают на сжатие разрыв и как вариант на кручение теперь этот процесс почти полностью автоматизирован. Проводятся такие испытания не только для растворов, изготовленных на заводе, но и для любых желающих. Также не маловажной характеристикой является влажность, которая учитывается в проверке на кубах.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ УЛ. СМОЛЕНСКОЙ И ПРОСПЕКТА МОСКОВСКОГО, Г. ВИТЕБСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

*Шевелёв Николай Леонидович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А. А., старший преподаватель)*

В рамках курсового проекта была запроектирована подземная дорожная развязка для разгрузки транспортного потока на перекрёстке, в районе которого часто наблюдаются заторы. (Рис. 1).

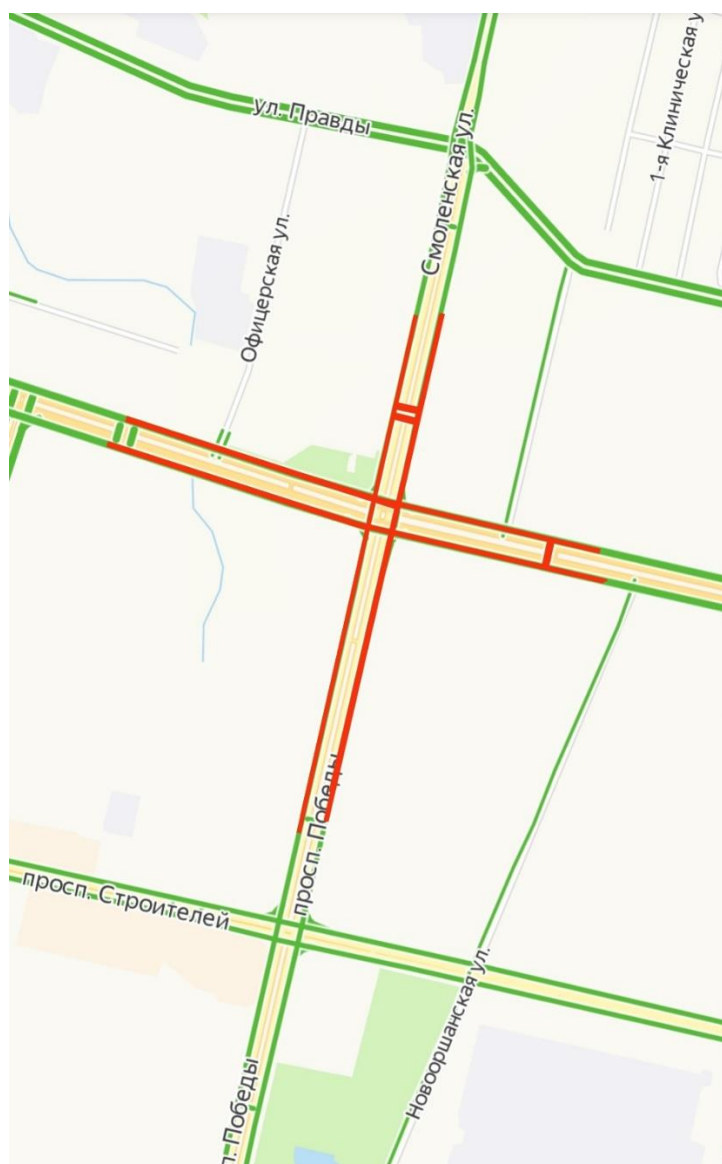
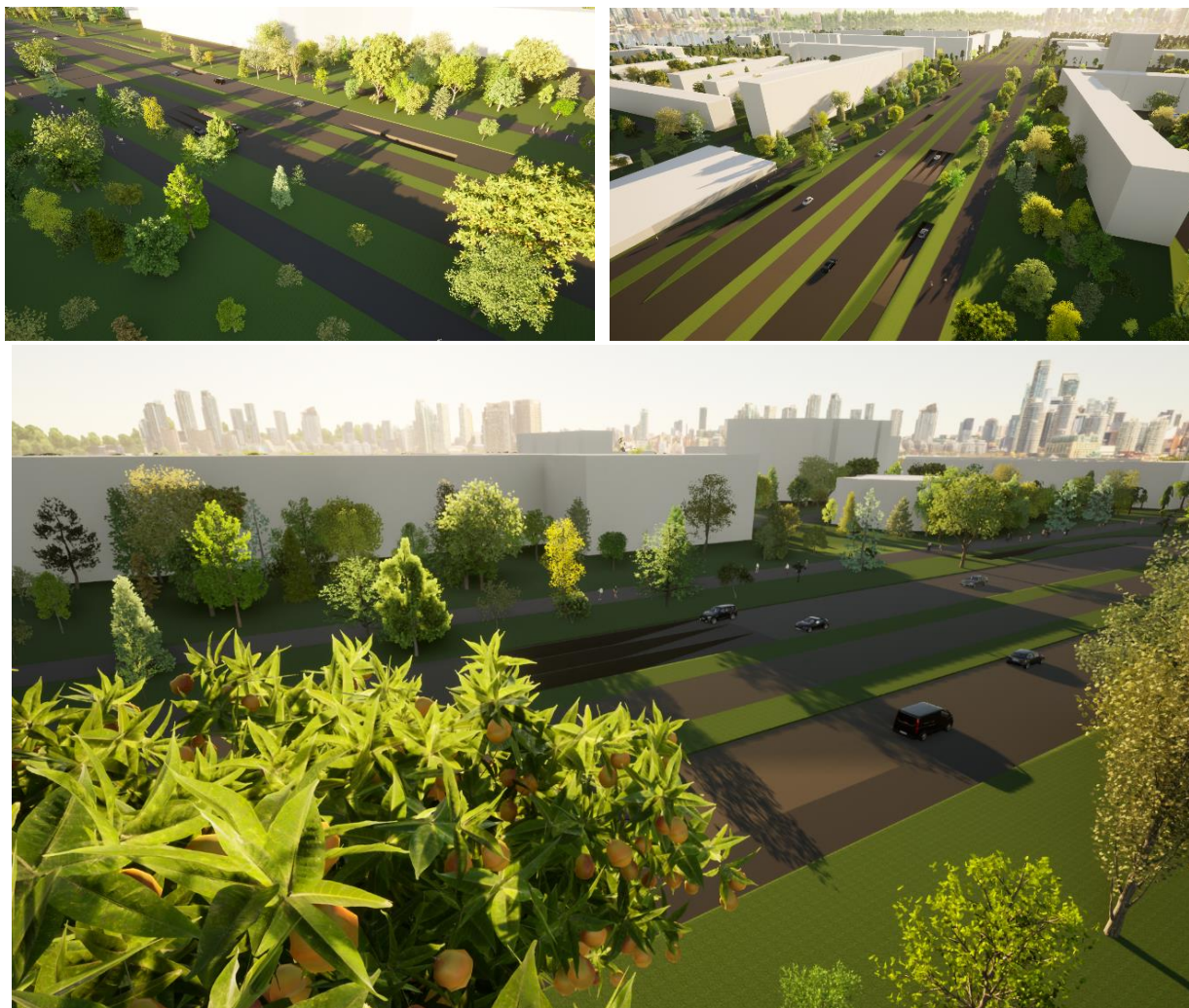


Рисунок 1 – Иллюстрация заторов

Создана модель с применением технологии виртуальной реальности, что позволяет инженерам проработать конструктивное решение. Использование в учебном процессе технологий виртуальной реальности позволяет находиться внутри объекта и оптимизировать работу в реальных условиях пятна застройки. (Рис. 2)



Рисунки 2 – Модели виртуальной реальности

Транспортная развязка имеет четыре уровня, заезды и выезды присутствуют из каждого блока. Под развязкой запроектирован многофункциональный комплекс. (Рис. 3 и 4)

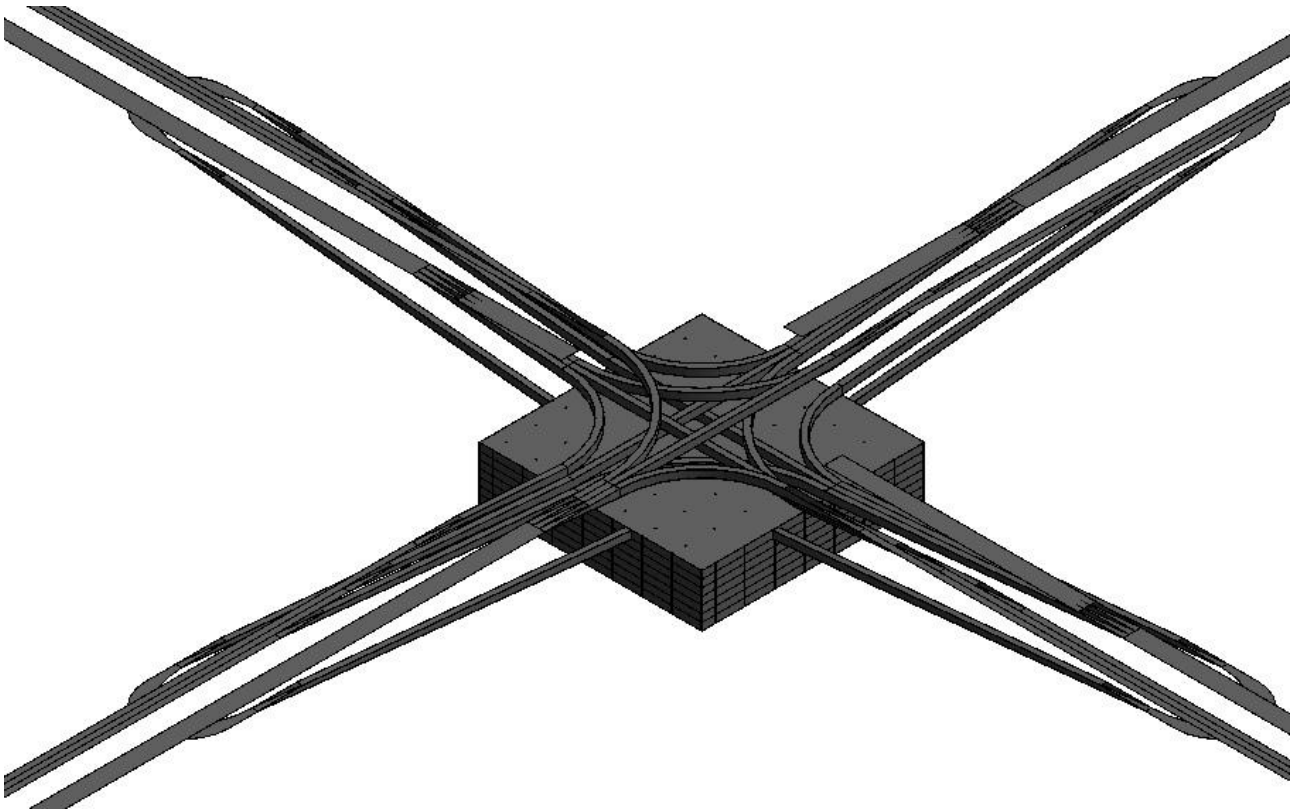


Рисунок 3 – Многоуровневая дорожная развязка

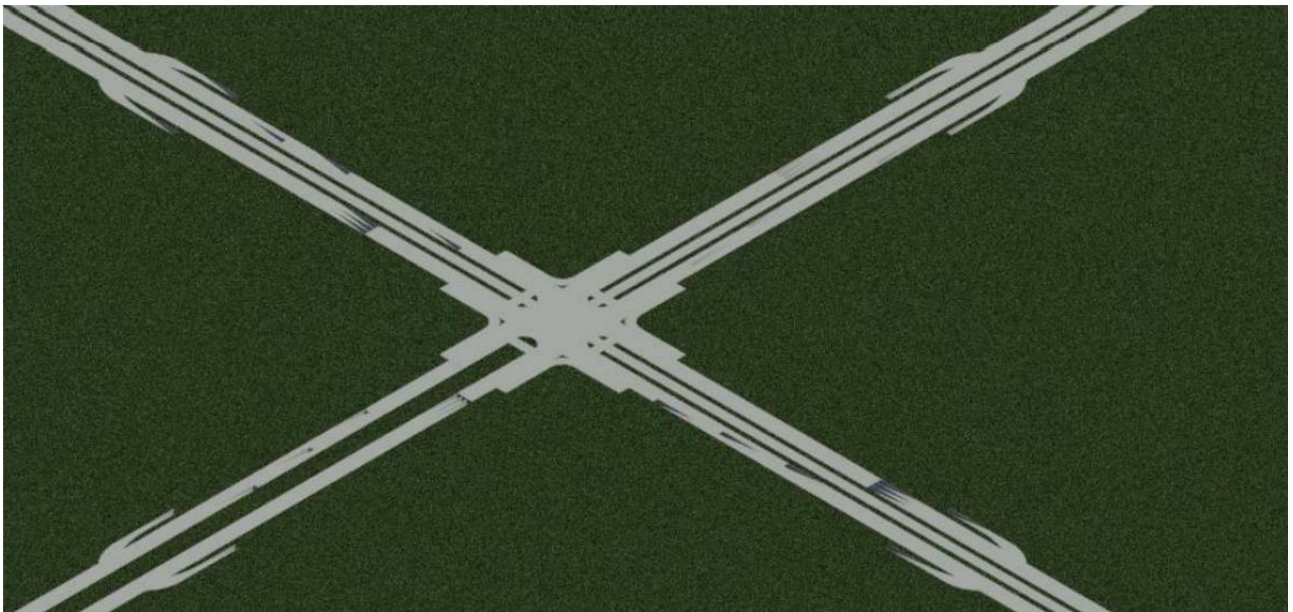


Рисунок 4 – Многоуровневая дорожная развязка, вписанная в ландшафт

Многофункциональный комплекс вмещает в себя множество развлекательных помещений: всевозможные спортивные площадки, ресторан, кинотеатр, бильярдная, бассейн, гипермаркет и тому подобное.

Таким образом данный проект решает проблему транспортного сообщения и вместе с тем предоставляет огромное множество вариантов времяпрепровождения для жителей и туристов данного населённого пункта.

Литература:

1. Храпов В.Г. и др. «Тоннели и метрополитены» М: транспорт, 1989 г.
2. Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г. «Проектирование тоннелей, сооружаемых щитовым способом: пособие к курсовому и дипломному проектированию», Минск: БНТУ, 2009.- 211 с.
3. ТКП 45-3.03-232-2011 «Мосты и трубы. Нормы проектирования»

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСК, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ОРЛОВСКАЯ И ДОЛГИНОВСКИЙ ТРАКТ

*Шельманов Павел Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., ст. преподаватель)*

В рамках научной работы требуется запроектировать подземную развязку в городе Минск, с целью снизить загруженность перекрестка (Рис. 1). Принято решение запроектировать многоуровневую развязку, которая обеспечит беспрепятственное движение транспорта на данном перекрестке дорог (Рис. 3, 4). Стояла задача снизить загруженность данного перекрестка (Рис. 2).

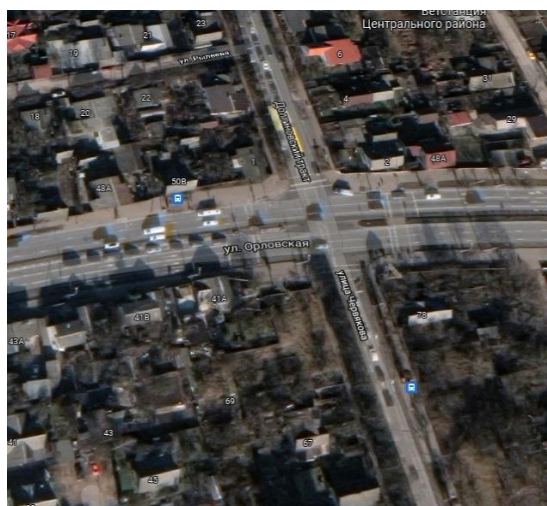


Рисунок 1 – Генеральный план

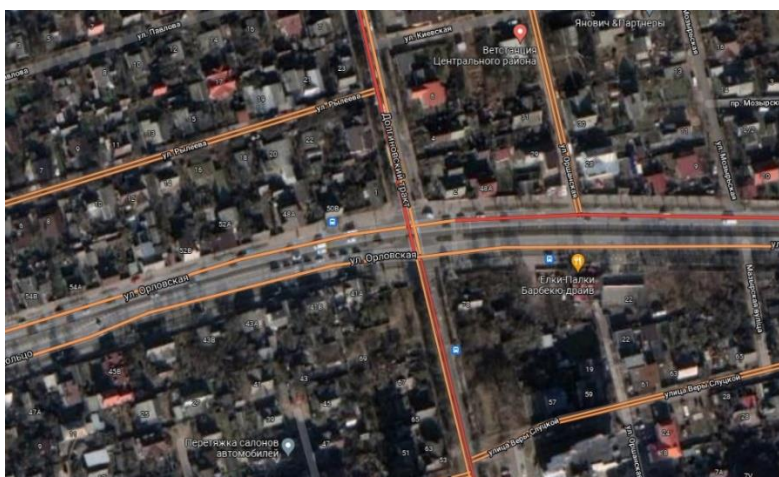
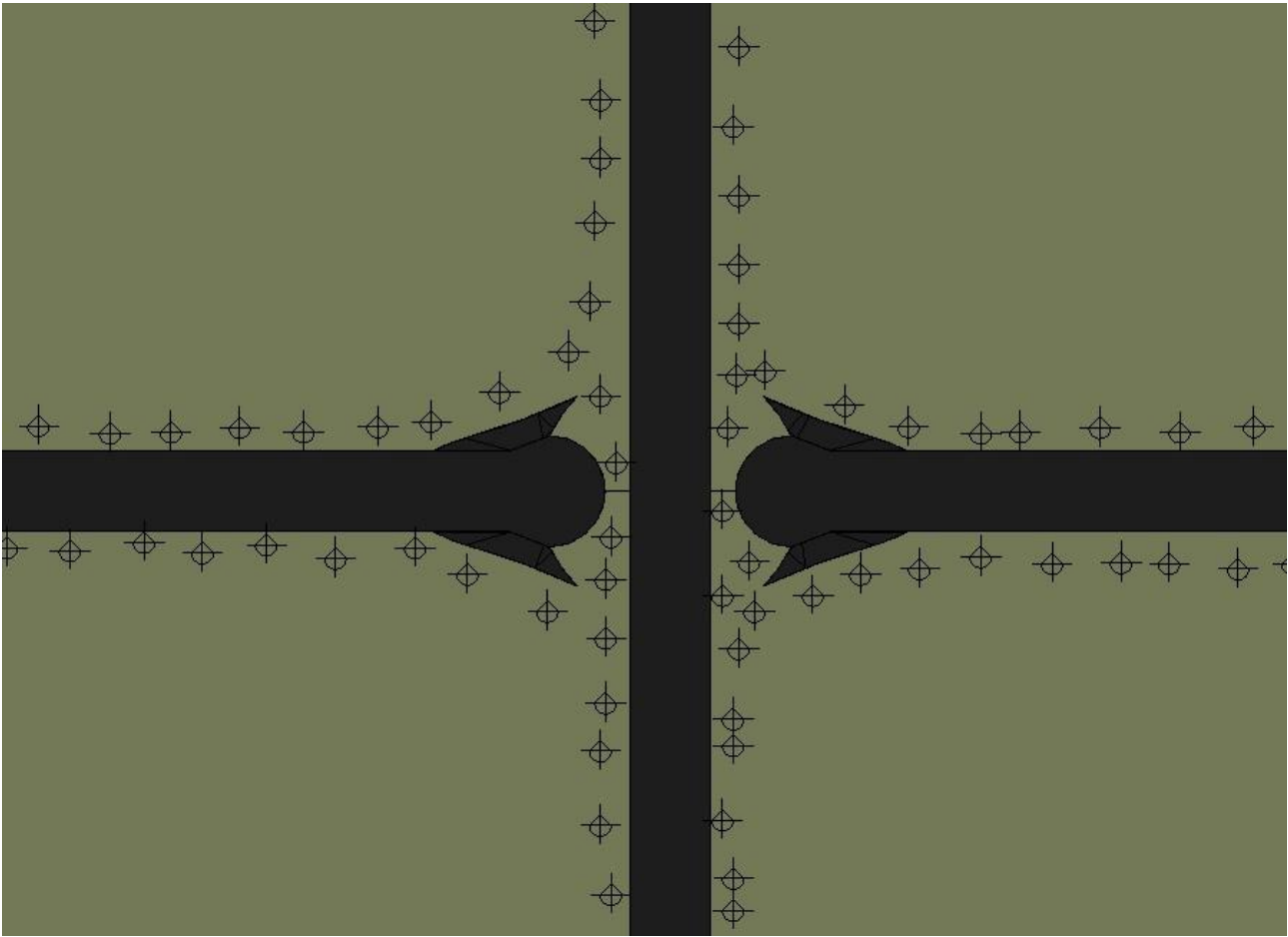
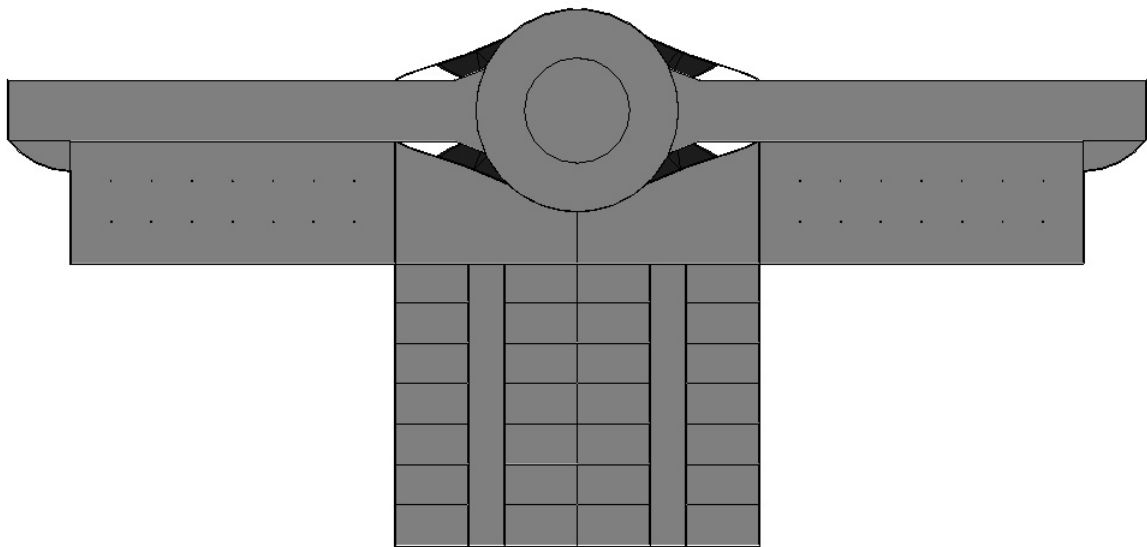


Рисунок 2 – Пробки 9 баллов



А)



Б)

Рисунок 3 – План развязки (А – над поверхностью земли: Б – под поверхностью земли)

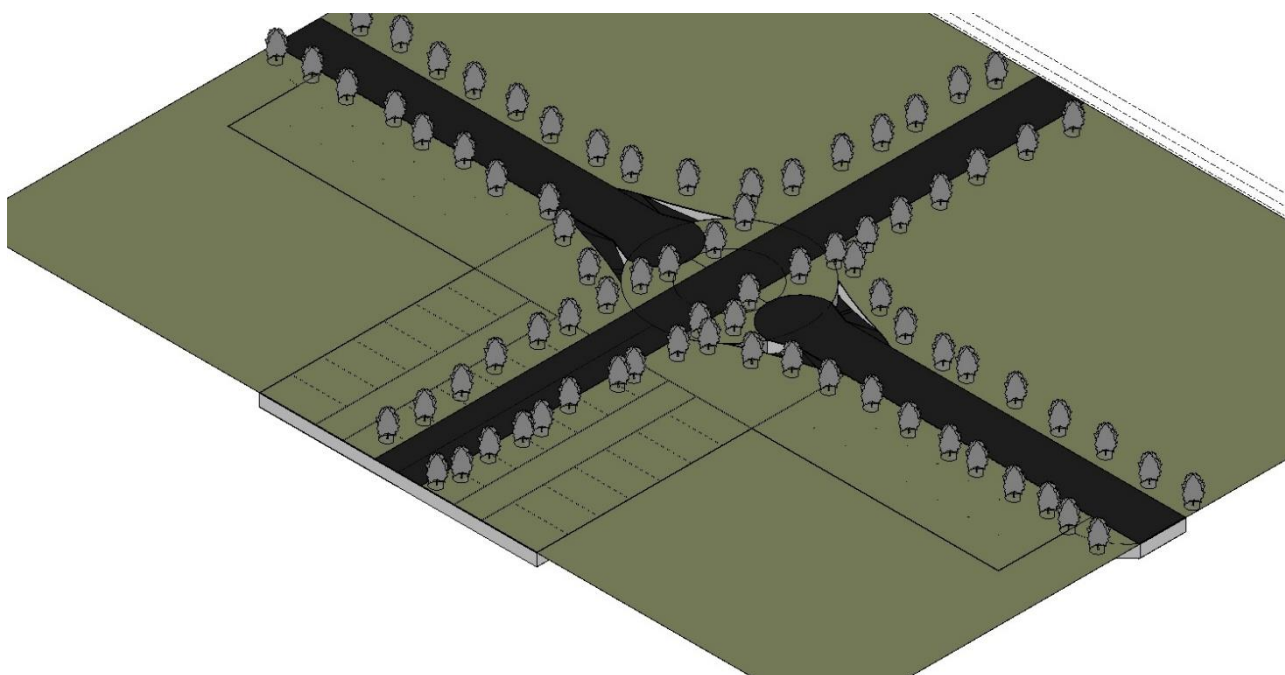


Рисунок 4 – Архитектурно-планировочное решение

Модель создана с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 5). Это позволяет инженерам проработать конструктивные решения сооружения. Кроме того, использование виртуальной реальности позволяет студенту находиться внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях застройки.



Рисунок 5 – Визуализация проекта в виртуальной реальности

Особенностью данного проекта является многофункциональный комплекс (Рис. 6).

Данный комплекс соответствует международным стандартам. Присутствуют полосы разгона и торможения. Помимо магазинов в данном проекте предусмотрены и другие социально значимые объекты. Отдельного упоминания заслуживают обучающие центры для людей всех возрастов.

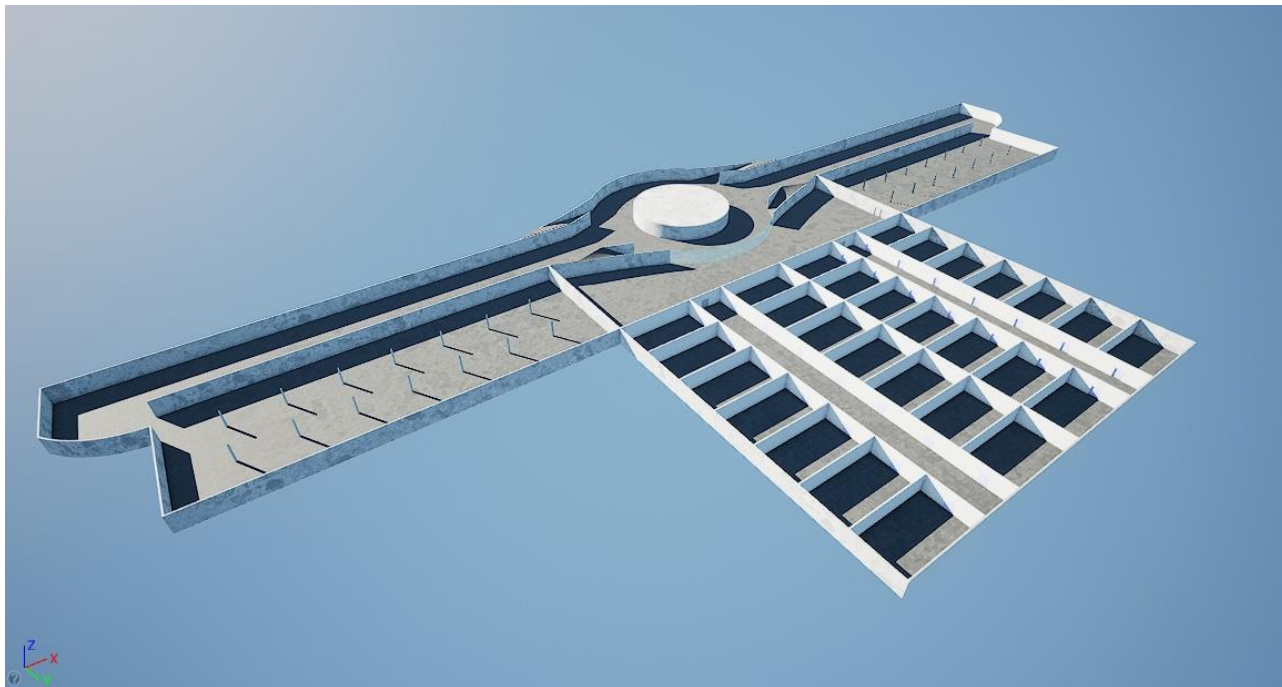


Рисунок 6 – Торгово-развлекательные помещения

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

ДЕРЕВЯННЫЕ АРКИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Шибалко Владислав Николаевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В последние несколько лет своё распространение получила технология деревянных арок, причем длина такой арки может составлять более 100 метров, а её вес свыше 100 т. Эта технология нашла широкое применение в строительстве деревянных мостов, а также её используют для строительства сложных конструкций, таких как возведение строительных сооружений и торговых площадей. Сложность состоит в том, что массивная конструкция арок требует дополнительных расчётов для её установки, а также применение крупногабаритной техники. В качестве примера был выбран Ледовый дворец «Кузбасс». Объект уникален своими огромными деревянными арками. Сложность работ состояла непосредственно в габаритных характеристиках монтируемых элементах и в высотах на которых выполнялись работы. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Ледовый дворец «Кузбасс».

Основная сборка несущих арок была выполнена на площадке. Согласно расчётам, для возможности монтажа и, в то же время обеспечения пространственной жесткости - арка была разделена на 2 полуарки. Каждая полуарка состояла из пяти элементов, которые были доставлены на строительную площадку длинномерными негабаритными тралями. Сборка конструкций выполнялась на стапелях. Стыки элементов полуарки выполнялись в том числе с использованием полимерных бетонов. В сечении балка

представляет собой клеенные брусья, длина балок составляет не более 20 метров. На месте части балок соединяют в одну длиной 50 метров с помощью металлических пластин и тросов весом не более 50 тон. После чего поднимают обе половинки в зону монтажа и соединяют последний стык. Так как арки имеют естественный прогиб, а также прогиб от воздействия ветровых и снеговых нагрузок, длина пролета переменчива. Для решения этой проблемы было принято следующее решение: арка крепится к устою на шарнирное соединение, а фундаменты противоположных устоев стянуты под землей металлическими тросами, что позволяет сохранить устойчивость здания.

Монтаж полуарки выполнялся четырьмя тяжелыми автомобильными кранами с расстановкой. Сложность монтажных работ заключалась в обеспечении синхронной одновременной работы четырех кранов при кантовке, подъеме и стыковке конструкций. Так же весьма непростой момент — стыковка полуарок на верхних отметках. Стыковка конструкций выполнялась на высоте около 36 метров. Одним из ответственных моментов является крепление первой арки, не имеющей пространственной жесткости. Полный монтаж всех несущих конструкций комплекса выполнен за 8,5 месяцев, что позволило накрыть весь комплекс кровлей.

За относительную отметку 0,000 в проекте была принята отметка чистого пола первого этажа. Кровля здания фальцевая – имеет достаточно малый вес, который снижает нагрузку, не изменяя свою прочность. Также к плюсам данной кровли можно отнести её пожаростойкость и жёсткость. Кровля утеплена по профнастилу, с негорючим утеплителем. Основные несущие конструкции покрытия — большепролетные деревянные арки. Арки покрытия 2х-шарнирные решетчатые, переменной высоты, со смыканием поясов к опоре в сплошное сечение. Пролет арок — 99,9 м. Шаг арок — 12 м. Высота арки в середине пролета 5,05 м, высота арки на опоре 2,42 м. Материал арок — клееная древесина 2-го сорта. Толщина ламелей для склеивания — 30 мм. Сечение поясов составное, нижнего пояса — 420x1500 мм, верхнего пояса — 560x1500 мм. Решетка арки, стальная из гнутосварного замкнутого квадратного профиля, с декорированием клееной древесиной. Высота опорного шарнира 6,10-14,38 м, высота до низа несущих в коньке 18,61-26,89 м. Опоры арок шарнирно-неподвижные, со стальным башмаком, закрепленным на арке. Арки опираются на железобетонные опоры через цилиндрические шарнирные опоры. Ответные детали под шарниры крепятся на железобетонных опорах с помощью закладных анкерных болтов. Прогоны покрытия криволинейные, шириной 140, 180 и 280 мм. Часть прогонов выполняет функцию распорок и входит в состав вертикальных связей. Шаг прогонов основной — 3,0 м, в опорной зоне арок — 2,55-2,8 м. Для обеспечения устойчивости и геометрической неизменяемости

несущих конструкций запроектирована система горизонтальных и вертикальных связей. Горизонтальные связи стальные крестовые из круглого проката. Вертикальные связи деревянные криволинейные, расположены в каждом шаге арок. Шаг вертикальных связей по длине арок 6,0-5,1 м. Для исключения косоугольного изгиба прогонов применены растянутые противоскатные связи по верхним граням прогонов.

В заключение добавлю, что деревянные арки помогают нам сохранить необходимую прочность конструкции, а также снизить её вес и стоимость. Поэтому для стадионов, больших торговых площадей используют в основном деревянные арки в конструкции, а также балки. Они выполняют такие же функции, но в какой-то степени ускоряют процесс работы. Дорогу деревянным аркам. ♥

Литература:

1. Алисард Групп [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://alisard.group/projects/cuzbass/> . Дата доступа: 13.12.2021.
2. Строй Кузбасс [Электронный ресурс], - Режим доступа: <https://minstroykuzbass.ru/hodstroitel-stva/ledovuj-dvorec-kuzbass-gkemerovo/aprel-g/> . Дата доступа: 13.12.2021.
3. Яндекс Дзен [Электронный ресурс], - Режим доступа: https://zen.yandex.ru/media/stroim_vmeste_i_legko/dereviannye-arki-dlinoiu-bolee-100-m-v-rossii-osvaivaiut-novye-tehnologii-5f9e46d53910530e0dc08561. Дата доступа: 13.12.2021.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСКА ПЕРЕСЕЧЕНИЕ УЛИЦЫ МАКАЁНКА И ПРОСПЕКТА НЕЗАВИСИМОСТИ

*Шостко Олег Витальевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Яковлев А.А., старший преподаватель)*

Для строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Минск, Беларусь. Население Минска составляет 1,975 миллиона (2017 г.) человек. Плотность 5700 чел./км². Российская компания оценила загруженность дорог Минска по 10-балльной шкале. Один балл — улицы свободны, десять баллов — город намертво стоит в пробках. По данным специалистов, обычно в часы пик загруженность составляет 4 - 5 баллов. Но во время осадков ситуация значительно ухудшается. Мной было выбрано пересечение оживленных улиц Макаёнка и пр-та Независимости. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц. Проект предусматривает сооружение подземной развязки. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Проектом строительства предусмотрено несколько тоннелей с несколькими полосами движения. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2).

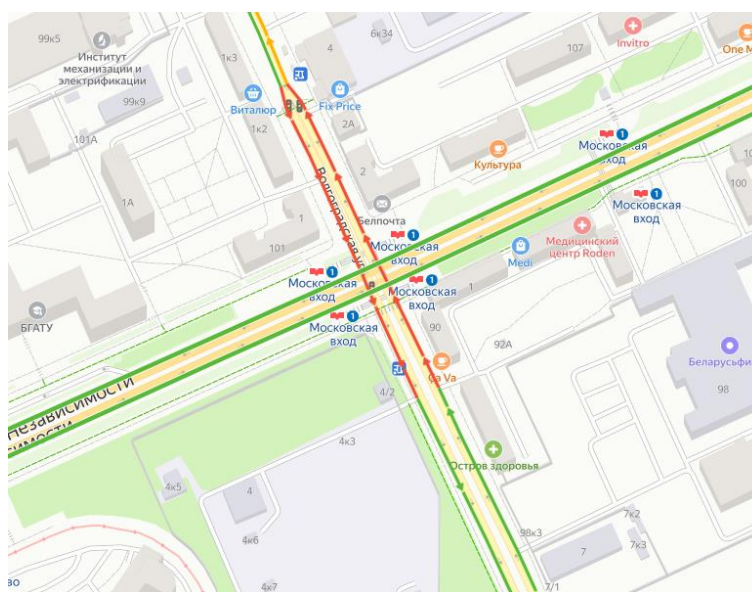


Рисунок 1 – План местности

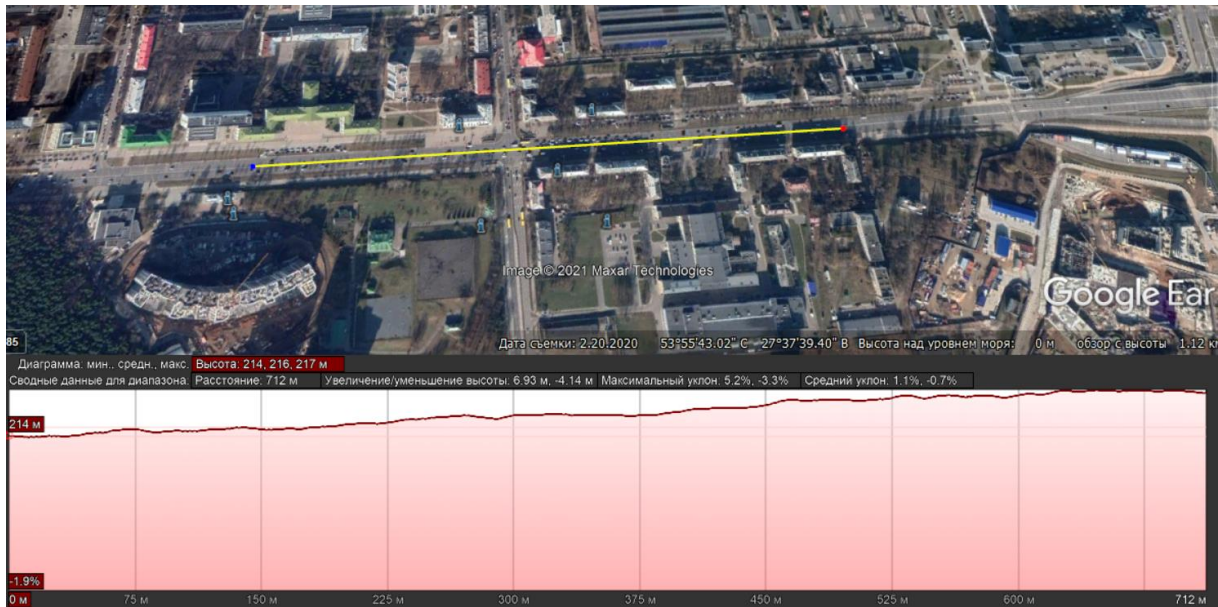


Рисунок 2 – Продольный профиль местности

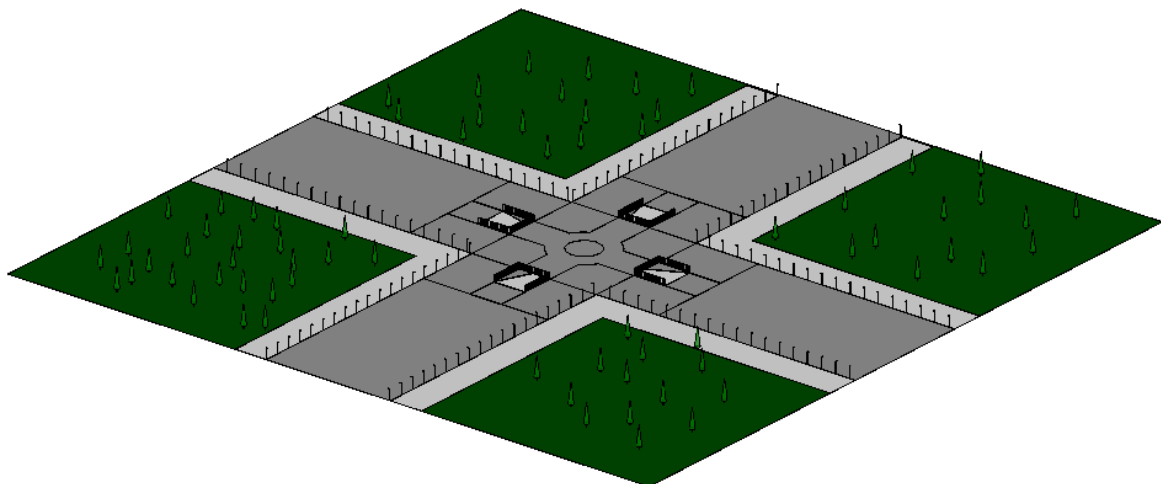


Рисунок 3 – Многофункциональная развязка

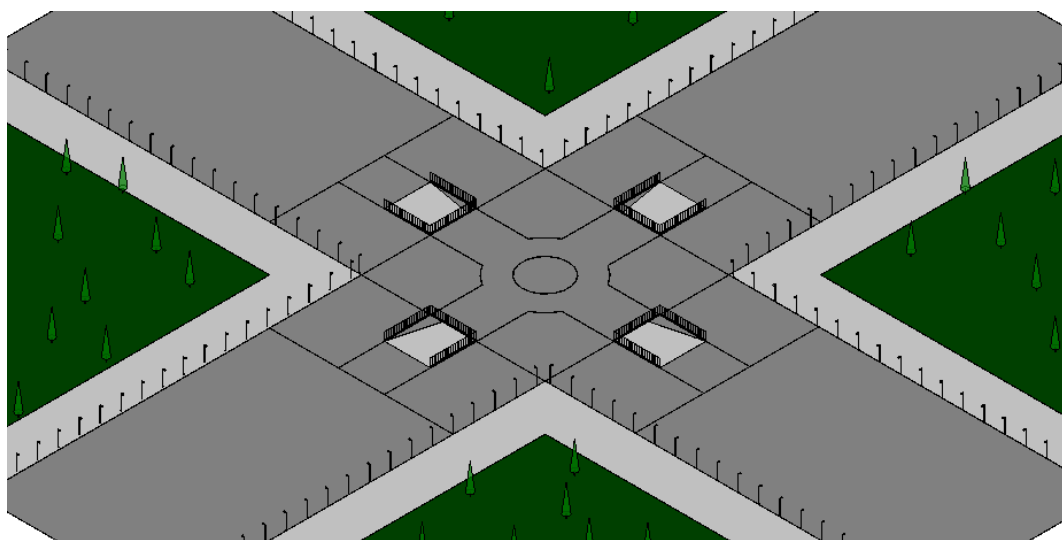


Рисунок 4 – Общий вид портала

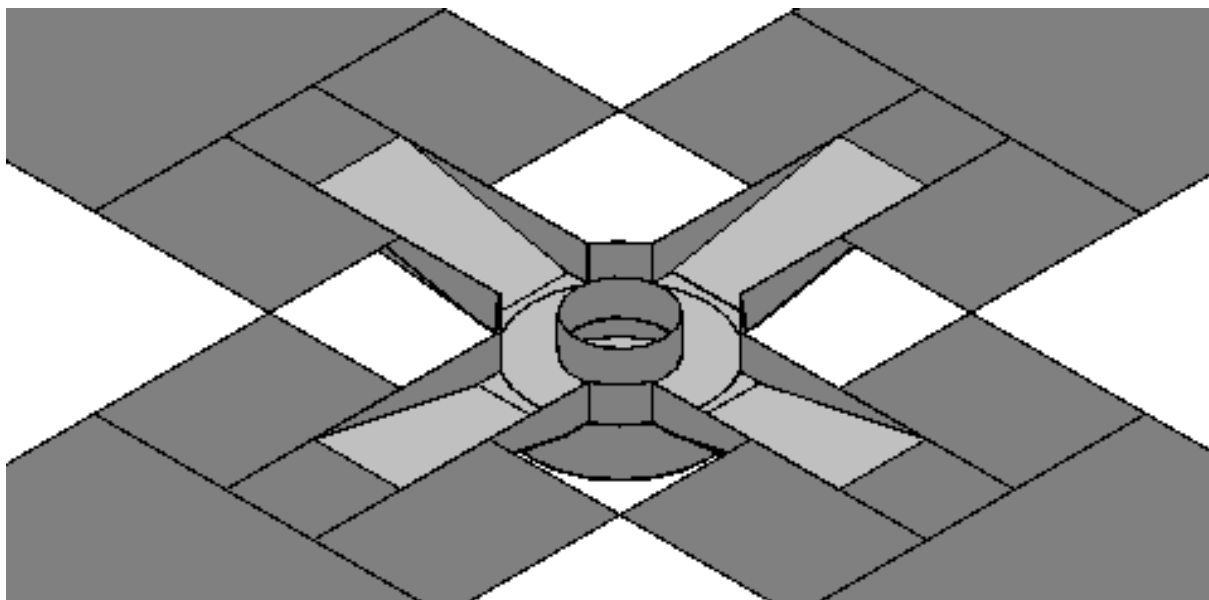


Рисунок 5 – Схема движения в развязке

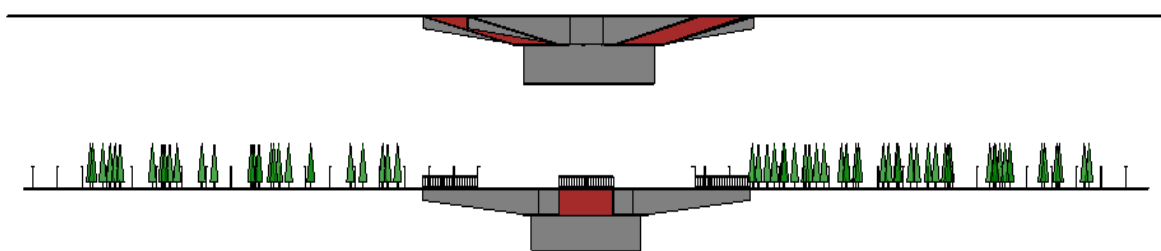


Рисунок 6 – Фасады развязки

Таким образом данный проект решает проблему автомобильных пробок на загруженном перекрестке города Минска.

Секция 2
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ СЕТИ ПЛАТНЫХ ДОРОГ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

Баходиров Хасан Зариф Угли, студент 3-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Шишко Н.И., старший преподаватель)

Автомобильные дороги важная составляющая транспортной инфраструктуры страны. От их качества и протяжённости зависит скорость перемещения грузов, как на внутреннем рынке, так и на трансконтинентальных маршрутах, соединяющих Европу и Азию.

На сегодняшний день, укрупнённо, протяженность автомобильных дорог Республики Узбекистан составляет 184 тыс. км, в том числе:

42 654 км – общего пользования;

67 274 км – сельских дорог;

61 664 км – городские улицы;

5462 км – собственность предприятий;

6631 км – принадлежащие ведомствам.

По территории страны (Рис.1) проходят международные автотранспортные коридоры [1]:

Узбекистан – Афганистан – Пакистан;

E40 (Европейское направление): Франция – Бельгия – Германия – Польша – Украина – Россия – Казахстан – Узбекистан – Туркменистан – Кыргызстан – Казахстан;

E60 (Европейское направление): Франция – Швейцария – Австрия – Германия – Венгрия – Румыния – Грузия – Азербайджан – Туркменистан – Узбекистан – Таджикистан – Кыргызстан – Китай;

E123 (Европейское направление): Россия – Казахстан – Узбекистан – Таджикистан;

E003 (Европейское направления): Узбекистан – Туркменистан;

E004 (Европейское направление): Казахстан – Узбекистан;

E005 (Европейское направления): Узбекистан (Гузар – Самарканд);

E006 (Европейское направление): Таджикистан (Айни) – Узбекистан (Коканд);

E007 (Европейское направления): Узбекистан (Ташкент- Коканд – Андижан) – Кыргызстан (Ош – Иркештом);

уменьшение доли транспортных издержек в себестоимости продукции. В ходе достижения целей необходимо решить следующие задачи:

привлечение в отрасль частных инвестиций на принципах государственно-частного партнёрства; – создание транспортных коридоров, соединяющих экономически развитые регионы и таможенные терминалы в стратегически важных направлениях;

строительство скоростных магистралей в обход населённых пунктов; внедрения и развитие сети платных автомагистралей.

Создание сети платных автомобильных дорог в Узбекистане сегодня рассматривается как перспективный путь решения имеющихся проблем в сфере дорожной инфраструктуры. Законопроект разработан Государственным комитетом Республики Узбекистан по автомобильным дорогам.

Платная дорога – автомобильная дорога, за проезд по которой с водителей взимается определённая плата. Данная форма оплаты вводится с целью покрытия расходов на строительство и содержание дороги. Часто платными являются скоростные дороги, мосты и туннели. Платные дороги в том или ином виде существовали с давних времён. Пошлина взималась с путешественников, следовавших как на повозке или верхом, так и пешим образом.

Согласно проекту документа, владельцам платных автомобильных дорог могут быть государственные органы, физические или юридические лица, владеющие платными автомобильными дорогами на праве собственности или других вещных правах в соответствии с законодательством Республики Узбекистан. При этом обязательства по организации дорожного движения и обеспечению беспрепятственного проезда транспортных средств пользователей по платной автомобильной дороге и полномочия по управлению работой системы взимания платы за проезд по платным автомобильным дорогам будут возложены на оператора [2].

Пользователями платных автомобильных дорог будут считаться физические и юридические лица, использующие платные автомобильные дороги в качестве участников дорожного движения. В свою очередь платной автомобильной дорогой будет считаться имущественный комплекс, предназначенный для непрерывного и безопасного движения транспортных средств с предусмотренными законодательством скоростями, нагрузками и габаритами использование которой осуществляется на платной основе. Отмечается, что платные автомобильные дороги могут находиться только государственной собственности, если иное не предусмотрено соглашением о государственно-частном партнёрстве и законом «О государственно-частном партнёрстве» [2].

Решение об эксплуатации автомобильной дороги на платной основе принимается:

в отношении автомобильной дороги общего пользования – Кабинетом Министров;

в отношении улиц городов и иных населенных пунктов – органами государственной власти на местах.

Объективно предусмотрено, что решение об эксплуатации автомобильной дороги на платной основе будет приниматься при условии обеспечения альтернативного бесплатного проезда по существующей сети автомобильных дорог общего пользования между населенными пунктами, соединяемыми предполагаемой к эксплуатации на платной основе автомобильной дорогой либо при условии обеспечения альтернативного бесплатного проезда до ввода в эксплуатацию строящейся (реконструируемой) платной автомобильной дороги. Размер платы за проезд по платной автомобильной дороге будет устанавливаться оператором [2].

Методика расчета платы за проезд транспортного средства по платным автомобильным дорогам и максимальный размер такой платы утверждаются Кабинетом Министров. При этом размер платы за проезд транспортных средств по платной автомобильной дороге устанавливается равным для всех пользователей платной автомобильной дороги в отношении транспортных средств одной категории [2].

Отмечается, что размер платы за проезд по платной автомобильной дороге может быть дифференцированным для различных категорий транспортных средств в зависимости от времени суток, дня недели или месяца года. От платы за проезд транспортных средств по платным автомобильным дорогам и платным участкам автомобильных дорог освобождаются [2]:

транспорт общего пользования (за исключением такси, в том числе маршрутного такси, а также автобусов, осуществляющих перевозки в междугородном и международном сообщении);

специальные транспортные средства, оборудованные устройствами для подачи специальных световых и звуковых сигналов и используемые для осуществления деятельности пожарной охраны, общественной безопасности, медицинской скорой помощи, аварийно-спасательных служб, военной и таможенной служб;

транспортные средства государственных организаций почтовой связи, осуществляющие перевозки почтовых отправлений и денежных средств, а также сопровождающих почтовые отправления и денежные средства работников таких организаций;

иные категории пользователей платными автомобильными дорогами, определенные законодательными актами Республики Узбекистан.

По предварительным расчётам стоимость реализации введения платной дороги в эксплуатацию Ташкент – Андижан (340 км) будет стоить 2 млрд долларов США, дороги Ташкент – Самарканд (300 км) – 1,5 млрд долларов США, период строительства в течение 5 – 8 лет [2].

Согласно приблизительным расчётам, для легковых машин, стоимость платы за проезд может составить [3]:

Ташкент – Андижан – около 5 долларов США;

Ташкент – Ангрен – 1,7 долларов США;

Ташкент – Коканд – 1–2 доллара США.

Для грузовых автомобилей установлены более высокие тарифы – Ташкент – Андижан – 20 долларов США.

В соответствии с законопроектом, платные автомобильные дороги могут создаваться за счет средств республиканского бюджета и бюджетов органов власти на местах, средств, привлеченных специально уполномоченным государственным органом в области платных автомобильных дорог, собственных и (или) заемных средств физических и юридических лиц или на основе соглашений о государственно-частном партнерстве.

Проект строительства и эксплуатации платной автодороги Ташкент – Андижан изучается Министерством транспорта и Всемирным банком. Исходя из целесообразности реализации проекта на основе ГЧП, планируется объявить тендер во втором квартале 2021 года и определить победителя тендера во втором квартале 2022 года. При этом предполагаемый период строительства составляет 24 месяца [3].

План также включает в себя проекты модернизации авиационной инфраструктуры. Отмечается, что Всемирный банк провел исследование возможностей модернизации региональных аэропортов в Узбекистане через механизм ГЧП. На эту работу Глобальный инфраструктурный фонд (GIF) выделил грант в размере 350 тыс. долларов [3].

Пилотная программа по строительству и модернизации аэропортов включает в себя аэропорты Андижанской, Кашкадарьинской, Хорезмской областей и Республики Каракалпакстан [3].

Помимо этого, в сотрудничестве с Азиатским банком развития (АБР) разрабатывается стратегия развития автомобильных дорог в Узбекистане до 2030 года, а со Всемирным банком – мастер-план транспортного сектора [3].

Литература:

1. Министерство инвестиций и внешней торговли Республики Узбекистана [Электронный ресурс]. – <https://www.mift.uz> Дата доступа: 21.11.2021
4. Агентство по привлечению иностранных инвестиций при министерстве инвестиций и внешней торговли Республики Узбекистана [Электронный ресурс]. – <https://invest.gov.uz> Дата доступа: 21.11.2021
5. Портал обсуждения проектов нормативно – правовых актов Узбекистана [Электронный ресурс]. – <https://regulation.gov.uz> Дата доступа: 21.11.2021
6. Государственный комитет Республики Узбекистан по автомобильным дорогам [Электронный ресурс]. – <https://www.uzavtoyul.uz/ru/> Дата доступа: 21.11.2021

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Борисенко Елена Александровна, Викин Евгений Николаевич,
студенты 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Козловская Л.В., старший преподаватель)*

Современные автомобильные дороги являются местом повседневной работы множества автовладельцев. Традиционно, из года в год растет автомобильный трафик, что показывает повышение уровня автомобилизации по регионам и странам в целом. Это сказывается на качестве автомобильных дорог. Состояние дорог стремительно ухудшается в связи с увеличением нагрузок на них, так же на это сказывается не только автомобилизация личных автомобилей, но и количество пассажирских автобусов и автомобильных поездов. Для совершенствования транспортно-дорожной инфраструктуры необходимо внедрять новые системы качества и инновационные технологии строительства и ремонта автомобильных дорог. Для решения данной проблемы изобретают новые технологии строительства и обслуживания дорог.

Холодный ресайклинг (от англ. recycling - "повторное использование") – эта технология позволяет перерабатывать существующие слои как асфальтобетонного покрытия, так и основания. Специальные машины – ресайклеры (марок Caterpillar, Wirtgen) измельчают старое покрытие, в процессе вводя укрепляющие добавки (цемент или битум) и специальные добавки – стабилизаторы, призванные улучшить качество получаемого дорожного основания. Данная технология выделяется среди других тем, что она экономичнее и экологичнее. Достигается это тем, что старое дорожное полотно используется как строительный ресурс для новой дороги, а также не требуется подвоз дополнительных материалов. Прочность у ресайклированных покрытий будет несколько выше, чем у асфальтобетона, но по морозостойкости свойства будут хуже. Поэтому необходимо делать верхний защитный слой из нового асфальтобетона или эмульсионно-минеральных смесей на основе органических вяжущих. По сравнению с традиционными методами у холодного ресайклинга минимальные сроки ремонта и быстрый ввод дороги в эксплуатацию, а именно до нескольких суток после ремонта. Возможно проводить работы в ночное время.



Рисунок 1 – Ресайклер

Холодный ресайклинг применяется для строительства оснований и окончательных покрытий дорог V категории, местных, сельских, временных и подъездных дорог, площадок под склады, а также при капитальных ремонтах, реконструкциях автомобильных дорог, новом строительстве земляного полотна и оснований дорожных одежд дорог I-V категорий. Универсальность метода холодного ресайклинга позволяет удовлетворить различные требования заказчика по ремонту дорожных одежд, обеспечивая повышенные транспортно-эксплуатационные показатели восстановленных и укрепленных объектов на протяжении длительного времени. Максимальная толщина всех фрезерованных слоев может достигать 25-30 см. В зависимости от категории автомобильной дороги регенерированные смеси могут укладываться в верхние слои основания, нижний или верхний слой дорожного покрытия. Однако этот метод требует дорогостоящего оборудования - ресайклеров и современных цементораспределителей, которые с точностью дозируют цемент.

Эта технология применяется практически во всем мире, у нас в стране - пока только в Минске. Она показывает высокую эффективность там, где необходимо повышение несущей способности дороги и есть достаточное количество старого асфальта. В целом же одним из главных преимуществ технологии является то, что все работы производятся на месте, ограниченным количеством машин без подвоза дополнительных строительных материалов, что позволяет максимально уменьшить использование новых материалов, а также количество производимых отходов.

Superpave (от англ. Superior Performing Asphalt Pavements) – это передовой метод разработки составов асфальтобетонов с высокой эксплуатационной надежностью. Система была разработана в США при участии специалистов из разных стран. Главное достоинство таких асфальтобетонов – повышенный межремонтный срок эксплуатации. Он характеризуется увеличением стойкости дорожного полотна к остаточной деформации, механическим повреждениям, а также к низкотемпературным трещинообразованиям. Существенным плюсом системы «Суперпейв» является внедрение местных материалов и ресайклинг. Благодаря этому мы экономим на повторном использовании регенерированных покрытий и сокращении затрат на транспортировку материалов издалека.

Любая асфальтобетонная смесь состоит из минеральных материалов: битума, песка, щебня и гравия. Долговечность итоговой смеси во многом зависит от качества связывающего битума. Технология Superpave предполагает точный подбор битума не по морально устаревшим нормам, а по специально созданной шкале PG Grade. Классификация PG позволяет определить битумное вяжущее, подходящее для конкретного участка дороги. Выбор битума по шкале PG Grade основан на анализе характеристик в данном районе строительства: особенности природных условий; интенсивность нагрузок при автомобильном движении; максимально высокие показатели летней и зимней температуры за последние 20 лет.

Таблица 1 - Шкала PG Grade для определения марки вяжущего

Марки по высокой температуре, °C	Марки по низкой температуре, °C						
PG 46	-34	-40	-46				
PG 52	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
PG 58	-16	-22	-28	-34	-40		
PG 64	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
PG 70	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
PG 76	-10	-16	-22	-28	-34		
PG 82	-10	-16	-22	-28	-34		

При строительстве дороги методом Superpave существуют критерии подбора и испытания каменного материала. При испытаниях по методу Superpave, необходимо обратить внимание на использование более узких фракций гранулометрического состава каменного материала и применение сит с квадратными ячейками. Это позволяет достигнуть более плотного расположения минеральных материалов в составе асфальтобетонной смеси. И, как следствие, получить материал с максимальной плотностью и каркасностью, то есть который сможет одинаково эффективно сопротивляться пластическим деформациям и усталостным разрушениям.

Таблица 2 – Зависимость расчетной нагрузки от параметров гранулометрического состава асфальтобетонной смеси

Число Проездов осей с расчетной нагрузкой 80 кН по одной полосе	Процент крупных зерен с отколотой гранью, не менее		Пористость неуплотненного мелкого каменного материала, % не менее		Песчаный эквивалент, % не менее	Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, % не более
	При глубине слоя менее 10 см	При глубине слоя более 10 см	При глубине слоя менее 10 см	При глубине слоя более 10 см		
<0,3	55/-	-/-	-	-	40	-
0,3-3	74/-	50/-	40	40	40	10
3-10	85/80	60/-	45	40	45	10
10-30	95-90	80/75	45	40	45	10
>30	100/100	100/100	45	45	50	10

Завершающая стадия проектирования по данной системе – это поиск «идеального» содержания битума и каменного материала по двум параметрам: остаточной пористости и пористости минеральной части. Далее проверяют механические свойства спроектированного объекта при кратковременных нагрузках. В лаборатории смесь максимально уплотняют, используя специальный прибор – гиратор-компактор. В результате приходят к рабочей формуле смеси, которая выдерживает оптимальные нагрузки. (ESALs – суммарное приведенное к расчетной нагрузке число проездов осей с нагрузкой 80 кН.)

В итоге мы получаем покрытие, которое используется 10-12 лет. Оно изначально создается с расчетом длительной эксплуатации, поэтому состав тщательно разрабатывается, а затем тестируется в лаборатории. Итоговый асфальтобетон не нуждается в частом ремонте, что увеличивает экономическую эффективность материала на 30-50%.

Волокна, проводящие электричество. Ученые из Голландии предлагают при строительстве, замене или ремонте ввести в состав предназначенного для укладки асфальтобетона проводящие электричество волокна в конфигурации замкнутых контуров. При образовании трещин или при интервальном обслуживании, через волокна-наполнители вокруг трещины пропускается электрический ток, в результате чего создается тепло такой температуры, что вяжущее вещество начинает плавиться и заполнять трещины.

Таблица 3 – Требования к параметрам уплотнения в зависимости от транспортной нагрузки

Интенсивность движения ESALs, млн	Количество оборотов прибора			Стандартные условия движения
	N	N	N	
<0,3	6	50	75	Использование на дорогах с очень низкой интенсивностью движения.
0,3-3	7	74	115	Применение на жилых улицах и среднезагруженных природных дорогах.
3-30	8	100	160	Возможно внедрение на государственных трассах и скоростных автомагистралях.
>30	9	125	205	Использование на межрегиональных дорогах в городской и сельской местности.



Рисунок 2 – Процесс строительства дороги по методу Superpave

Диатомит. Возможно, в ближайшем будущем заменит традиционный асфальтобетон. Российский ученый из Тюменского университета предложил использовать диатомит - природный материал, который обладает водоотталкивающими свойствами и устойчив к низким температурам. Это означает, что на построенных из него дорог будет отсутствовать сам факт наличия трещин. Также если учесть, что диатомит - природный материал, то залежи его просто огромны и находятся практически на поверхности земли, добыча диатомита обходится недорого. Уже существует несколько экспериментальных участков дорог на основе диатомита. Их эксплуатация

определил дальнейшие перспективы использования этого материала в дорожном строительстве.

Использование предложенных инновационных технологий для автомобильных дорог позволит снизить себестоимость дорожной инфраструктуры, скорость ремонта и строительства, а также повысить качество самих дорог.

Литература:

1. https://cemdor.ru/recycling_dorog/recycling_dorogi.html
2. https://roadconcrete.ru/about_technology/tekhnologiya-kholodnyy-resaykling/
3. <https://www.rusalmix.ru/superpave/>
4. <https://cemdor.ru/lab/superpave.html>
5. <https://proteh.org/articles/11102019-innovacionnye-tehnologii-v-dorozhnom-stroitelstve-i-remonte/>

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ – СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И РАЗВИТИЕ

*Ветров Арсений Николаевич, Ливенцев Константин Евгеньевич,
студенты 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Козловская Л.В., старший преподаватель)*

Автомобильная дорога – это комплексное сооружение, предназначенное для движения с установленными скоростями, нагрузками и габаритами автомобилей и иных наземных транспортных средств, а также земельные участки, предоставленные для размещения объектов, входящих в его состав этого сооружения.

Наиболее древние дороги относятся к IV тысячелетию до н. э. К началу данного тысячелетия относится дорога, найденная рядом с городом Ур в Месопотамии, и дорога, найденная около английского города Гластонбери. Одна из наиболее древних дорог в Европе, названная Свит-Трек, обнаружена на острове Великобритания. Дорога, которая сооружена в XXXIX веке до н. э., состоит из наложенных друг на друга перекладин из молодых ясеня, дуба, липы и дубового настила поверх них. К древнейшим мощёным дорогам относят дороги, найденные на острове Крит. Критские дороги покрыты известняковыми плитами толщиной до 15 сантиметров и датируются III тысячелетием до н. э. Кирпич для мощения дорог впервые был использован в древней Индии около 3000 лет до н. э.

В XX веке ситуация в дорожном хозяйстве сильно изменилась в связи с появлением автомобильного транспорта. Использование автомобилей выдвинуло новые требования к дорожному покрытию. Ещё в XIX веке на городских улицах пытались внедрить новый тип покрытия — беспыльное покрытие из трамбованного асфальта (разогретого в котлах щебня из природных известняков или песчаников, пропитанных битумом, который уплотнялся на каменном основании). В 1902—1914 годах на дороге из Ниццы в Монте-Карло швейцарским врачом Э. Гуглильминетти была проведена поливка каменноугольным дёгтем и засыпка песком. В дальнейшем дорожное покрытие связано с применением вяжущих материалов, самым удачным из которых стал новый тип покрытия — асфальтобетон.

Протяженность сети автомобильных дорог общего пользования в Республике Беларусь (Рис.1) составляет 87 002 километра, в том числе

республиканских дорог – 15 926 километров, местных – 71 076 километров. Из общей протяженности дорог твердое покрытие имеют 75 567 километров (или 86,9%), в том числе усовершенствованное покрытие (асфальтобетонное и цементобетонное) – 49 041 километр (или 56,4%). В составе сети автомобильных дорог общего пользования имеется 5298 мостов и путепроводов общей протяженностью 187 тысяч погонных метров.

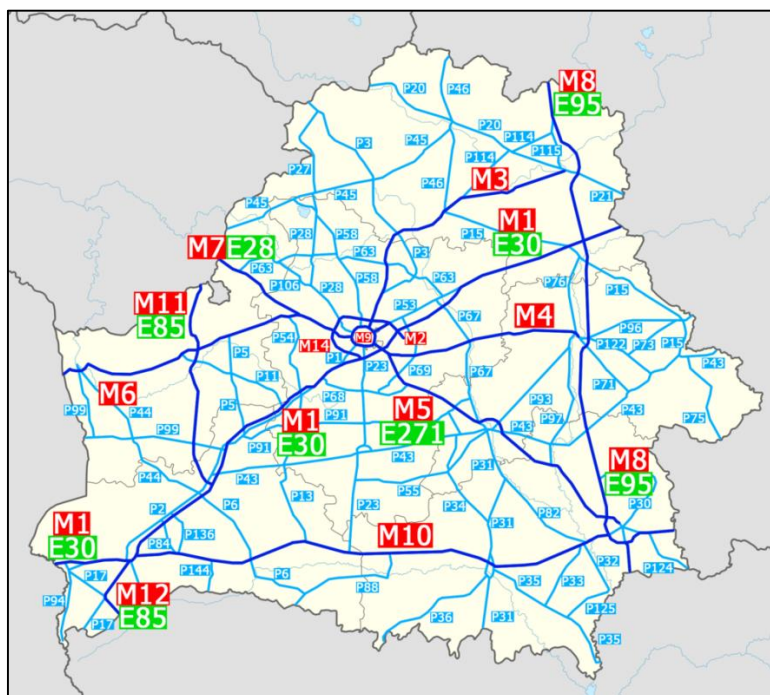


Рисунок 1 – Основные автомобильные дороги РБ

В 2019 году в собственности организаций находилось 262,5 тысячи грузовых автомобилей, 135,4 тысяч легковых автомобилей, 32 тысячи автобусов, 1425 троллейбусов, 286 трамвайных вагонов, 361 вагон метрополитена. В личной собственности граждан находилось 149,2 тысячи грузовых автомобилей, 3095 тысяч легковых автомобилей и 12 тысяч автобусов

В странах Европы дороги и дорожное строительство было аналогичным древнеримскому.

Дороги вынуждены были улучшаться в связи с меняющимися условиями хозяйствования. Первые попытки улучшения дороги были опубликованы в Лондоне в 1607 году. Автор предлагал вырыть канавы по обе стороны дороги, вынутую землю распределить по ширине, причем в середине дороги выше, чем по краям. При слабых грунтах предлагалось устраивать «одежду» из гравия, шлака, железной руды, обрубков дерева. Сверху это засыпалось слоем гравия, крупного песка или щебня.

Существовали и другие конструкции дорожных «одежд». Технология строительства менялась с каждым поколением с накопленным опытом и меняющимися требованиями.

К концу XVIII века при проложении трасс стали применять некоторые геодезические инструменты.

Современные дороги состоят из двух слоев:

- дорожной одежды;
- земляного полотна.

Дорожная одежда в свою очередь состоит еще из двух составляющих:

- покрытие;
- основание.

Покрытие – прочная, влагостойкая, устойчивая и шероховатая самая верхняя часть дороги.

Основание – несущая часть дороги, которая состоит из многослойного специально обработанного вяжущими веществами грунта или каменных материалов.

Типовая конструкция дорожного полотна (Рисунок 2) состоит из:

- нескольких слоев асфальтобетона;
- щебеночного слоя из щебня различных фракций;
- геосетки;
- песчаного слоя;
- геотекстиля;
- земляного полотна.

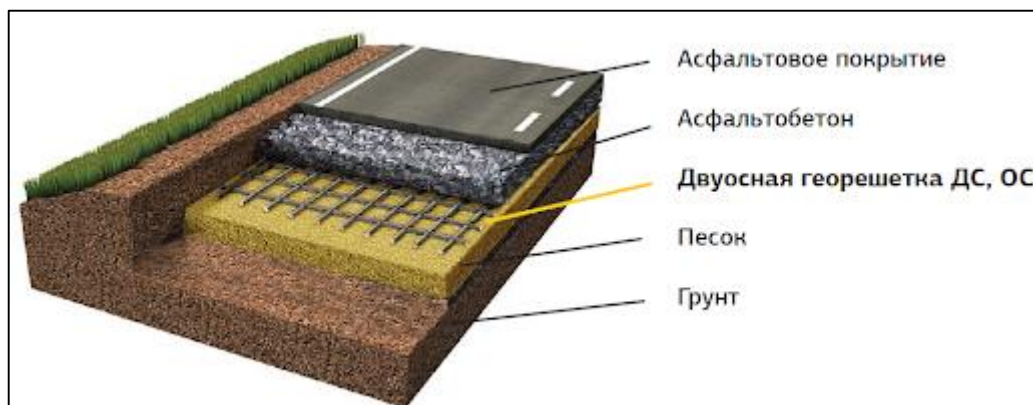


Рисунок 2 – Типовая конструкция дорожного полотна

Между слоями асфальта и щебня осуществляется проливка битумными эмульсиями.

Перед началом строительства дороги грунтовое основание должно быть правильно подготовлено.

В горных районах значительный объем земляных работ выполняют в скальных грунтах. Земляное полотно на крутых склонах строят с подпорными стенами. Также необходимы специальные меры защиты сооружений от размыва и разрушения.

В современном мире большое внимание уделяется качеству автомобильных дорог.

Главная особенность при строительстве дорог в Германии – большая подушка, которая может быть два метра высотой и состоять из нескольких слоев. После подготовки дорога покрывается сверхпрочным бетоном или асфальтом. Пока сверхпрочный бетон застывает, дорогу накрывают специальной пленкой, чтобы её не повредило солнце или осадки.

Финляндия входит в тройку стран с наилучшими дорогами. Как и в Германии финны уделяют большое внимание подушке, она может состоять из нескольких слоев. Но при строительстве дорог в Финляндии есть свои особенности – страна расположена на твердой породе – это хорошая основа для строительства дорог, но местность богата холмами, озерами и выходом скальных грунтов на поверхность, поэтому при проектировании дорожного полотна особое внимание уделяется армированию рыхлых торфяных участков железобетонными плитами, листовой сталью, полистиролом, пенобетоном, геосетками, геотекстилем, химической стабилизации, глубокому дренажу и отведению влаги за пределы проезжей части, противодействию разрушительным морозам. Это достигается с помощью химических добавок в асфальтобетон.

В США дороги построены из бетона. При строительстве дорог большое внимание уделяется подготовительным работам. Для трасс, по которым предполагается большое движение большегрузов, роют яму глубиной 1 метр, в нее укладывают слоями гравий, песок и глину, обильно поливая каждый материал водой и известковым раствором, который после перемешивания слоев и трамбовки, помогает удерживать влагу, что не дает подушке проседать. Затем укладывают слой асфальта, который исключает попадание влаги на подушку и делает поверхность абсолютно ровной для укладки бетона. Затем укладывается сварная сетка из арматуры диаметром 16 мм для достижения наилучшего результата. Далее приступают к заливке бетона. За один раз необходимо полностью заполнить участок от одного до другого температурного шва, т.к. дороги должны быть без стыков. При заливке очередного участка формируют специальные тестовые цилиндры, на которых проводят в дальнейшем опыты. Если результаты неудовлетворительные, то бетон меняют на всем участке.

Гарантийный срок службы такого покрытия составляет 25 лет.

Опыт американских строителей перенимают такие страны как Китай и Япония.

В Бразилии разработали новую технологию строительства основания автодороги на основе металлических шлаков, суглинка и известковых отходов производства. Этот состав соответствует всем требованиям первоклассных строительных материалов и призван заменить традиционные прослойки из песка и щебня.

В ряде стран мира – Канада, Индия, Великобритания, ЮАР - широкую популярность приобретает использование пластиковых отходов в качестве модифицирующей добавки в битум и асфальтового вяжущего. Дороги с пластиковым покрытием более устойчивы к износу, они не поглощают влагу. Они более гибкие, что делает их более стойкими и упругими, они менее подвержены образованию колеиности и трещин.

Разветвленная сеть автомобильных дорог во всем мире позволяет доставлять людей и грузы даже в самые труднодоступные уголки. Поэтому качество дорожного покрытия должно обеспечивать безопасность движения. Качественные дороги способствуют развитию экономики и бизнеса.

Литература:

1. СН 3.03.04-2019 Автомобильные дороги / Н. В. Кречетников, Е. А. Хотько, Ж. Р. Петровская // утв. приказом Министерства архитектуры и строительства РБ от 26 декабря 2019 г. №74 – с. 3
2. <http://tbau.ru>
3. <https://asfalt-kachestvo.ru>
4. <https://fastmb-ru>
5. <https://dortec-ru>
6. <https://www.semiestrel.ru>

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ: ПРИМЕНЕНИЕ ГИС И САПР

*Воробьева Екатерина Александровна, магистрант
кафедры «Агропромышленное и гражданское строительство»
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный
университет имени Н.В. Парахина», г. Орел
(Научный руководитель – Глухова Л.Р., старший преподаватель)*

Проектирование автомобильных дорог – серьезная и сложная деятельность, направленная на повышение уровня безопасности и комфорта водителей. Процесс проектирования является важным во всем жизненном цикле строительства дороги. Сегодня проектирование дорог значительно упрощается с использованием автоматизированных систем проектирования. Системы автоматического проектирования (САПР) позволяют быстро и точно рассчитать необходимые параметры, исключая человеческий фактор, т.е. ошибки, которые из-за невнимательности или низкого профессионального уровня может совершить человек.

Повышение уровня безопасности и качества строительства дорог возможно только с применением системного подхода, который сегодня реализуется с помощью:

А) геоинформационных систем (ГИС), которые позволяют повысить точность сбора информации о местности. С применением ГИС повышается качество производственных изысканий [1; 2];

Б) систем автоматического проектирования (САПР), которые позволяют проектировщикам ускорить процесс проектирования дорог, решать такие сложные задачи проектирования, как трассировка, создание цифровой модели, проектирование продольных и поперечных профилей дороги, необходимое оборудование.

В комплексе ГИС и САПР способны решить даже самые сложные задачи, поскольку эти системы дополняют друг друга. Так, например, ГИС могут собирать информацию о местности и импортировать их в САПР, тем самым позволяя наиболее точно рассчитать необходимые при дорожном строительстве параметры, основываясь на полученной информации о местности. Тем не менее, САПР имеют свои недостатки. Например, в расчете дорожных одежд в качестве параметра механических свойств грунтов используется модуль упругости только

в статике, не позволяя более полно оценить прочность и ресурс многослойных структур на этапе проектировки [3; 4].

ГИС использует в работе такие примитивные формы, как прямоугольники, квадраты, линии, точки, позволяя тем самым искать смежные зоны, объекты в конкретной зоне, пересечение и разности зон и прочие пространственные функции. Сегодня некоторые ГИС имеют возможность использования дополненной реальности, тем самым делая процесс проектирования более простым и наглядным. ГИС имеет особую методику хранения данных, которая позволяет пользователю быстро выводить на экран необходимые объекты. С помощью ГИС, и тем более с применением дополненной реальности, проектировщики могут более полно представить цифровую модель дорог, изучать дорожную сеть в малых масштабах, а также выбирать наиболее оптимальные проектные решения.

Все вышеперечисленные функции ГИС могут интегрироваться в САПР, поскольку в САПР нет такого полного функционала, но есть другие необходимые проектировщикам инструменты. Таким образом, комплексное использование ГИС и САПР позволит ускорить и улучшить процесс проектирования автомобильных дорог, увеличить точность полученных данных и выбрать наиболее оптимальные проектные решения.

Литература:

1. Икрамова, Ф. Х. Место геоинформационных систем в проектировании автомобильных дорог / Ф. Х. Икрамова // Научный журнал. – 2019. – № 6(40). – С. 23-24.
2. Баранник, С. В. ГИС в жизненном цикле автомобильных дорог на этапе их эксплуатации / С. В. Баранник, Е. Г. Кузовлев // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2017. – № 2(9). – С. 4-9. – DOI 10.17273/CADGIS.2017.2.1.
3. Оденбах, И. А. Использование автоматизированных программ при проектировании автомобильных дорог / И. А. Оденбах, Е. Б. Таурит // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 283-285.
4. Оденбах, И. А. Использование автоматизированных программ при проектировании автомобильных дорог / И. А. Оденбах, Е. Б. Таурит // Инновации и инвестиции. – 2021. – № 3. – С. 283-285.

СОСТОЯНИЕ СЕТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ СТРАНЫ

Засимович Ольга Игоревна, студент 4-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель - Шохалевич Т.М., старший преподаватель)

Транспортный комплекс республики имеет существенное влияние в жизнеобеспечении многоотраслевой экономики и реализации социальной политики государства. «Дорога – это главное. Есть дорога, есть экономика – есть жизнь», – подчеркнул А.Г. Лукашенко во время встречи с представителями украинских СМИ в сентябре 2019 года.

Сеть автомобильных дорог является важнейшей частью транспортной системы, которая определяет экономическое, социальное и культурное развитие государства, активизирует торговлю и содействует ее интеграции в международное экономическое сообщество. На долю автомобильного транспорта приходится 2,9 % создаваемого ВВП, 1,8% от стоимости важнейших производственных фондов, занято 2,6% от всех работающих. Транспортная система (прежде всего автомобильные дороги) должна следовать за развитием национальной экономики, а по возможности опережать и стимулировать ее.

В 2021 году протяженность автомобильных дорог общего пользования в Республике Беларусь составляет 87002 километров, в т.ч. республиканских – 15926 километров, местных – 71076. Из общей протяженности твердым покрытием обладают 75567 километров (86,9%), в т.ч. усовершенствованным (асфальтобетонным и цементобетонным) – 49 041 километр (56,4%). В составе сети имеется 5298 мостов и путепроводов (протяженность – 187 тыс. погонных метров).

Состояние сети дорог обуславливается качеством и актуальностью работ по содержанию, текущему и капитальному ремонту, реконструкции дорог и зависит от объемов финансирования и стратегии распределения денежных ресурсов.

Увеличение плотности сети автомобильных дорог, кроме воздействия на экономический рост, способствует росту уровня образования населения, урожая сельскохозяйственных культур и плодотворности сельского хозяйства, рентабельности частного сектора народного хозяйства, улучшения здравоохранения. Плотность дорожной сети в странах с высоким развитием

экономики выше, чем в странах со средним и низким уровнем развития. С уровнем экономического развития связано и техническое состояние дорог: чем выше уровень развития, тем выше плотность сети дорог, находящихся в хорошем состоянии.

Социально-экономический эффект перевозок зависит от качества дорог. Дороги должны обеспечивать высокую скорость движения и пропускную способность. Строительство новых автомобильных дорог и реконструкция изношенного покрытия позволяет увеличить занятость населения в сфере строительства и проектирования. Реализация мероприятий, устремленных на развитие и совершенствование сети автомобильных дорог, будет способствовать повышению деловой активности и созданию новых рабочих мест в дорожном секторе. Также новые рабочие места могут быть выделены и в организациях смежных отраслей экономики: испытании строительных компонентов и материалов, производстве материалов, дорожно-транспортного машиностроения, транспорта и ряда других отраслей, обеспечивающих поставку и транспортировку продукции для осуществления дорожно-строительных работ. Это приводит к увеличению доходов населения, в дальнейшем это приводит и к росту национального дохода. (Рис. 1)

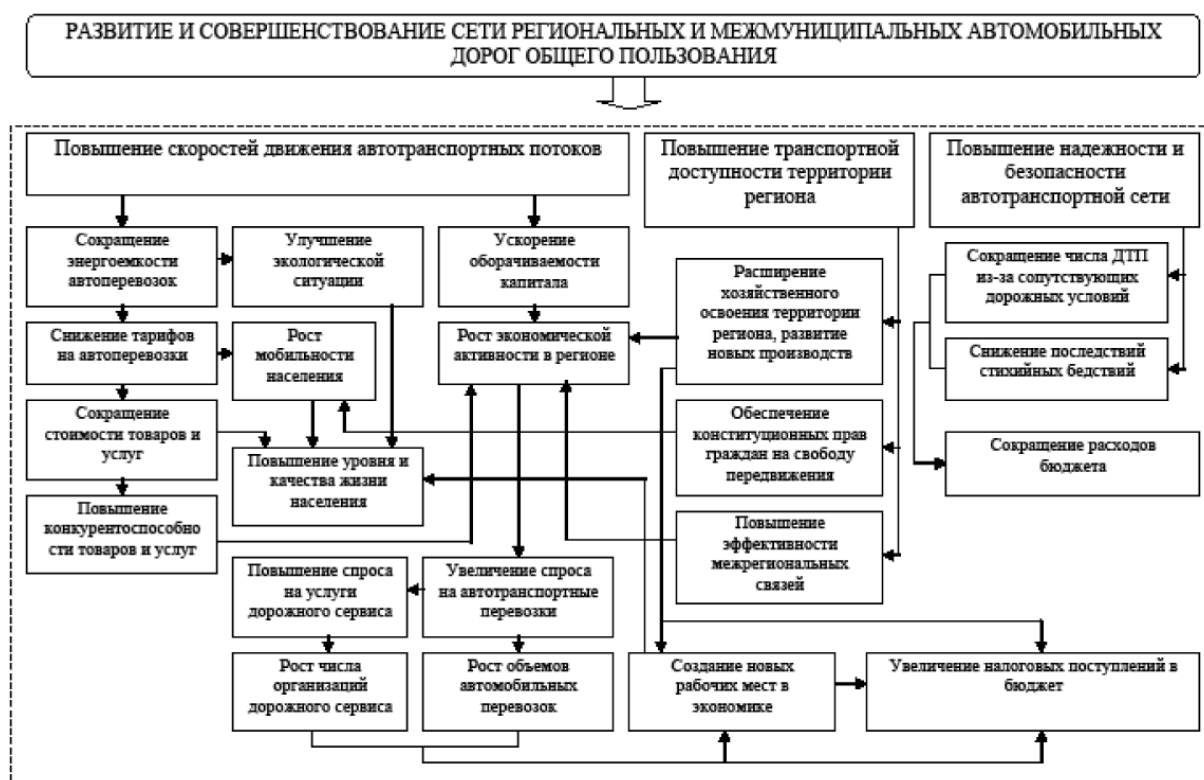


Рисунок 1 – Влияние развития сети автомобильных дорог на экономику и социальную сферу

Вкладывая деньги в транспортный комплекс, государство совершенствует транспортную доступность для большинства граждан. Таким образом,

происходит развитие контактов между бизнес-партнерами и иностранными коллегами, культурных, рабочих и личных отношений между жителями отдаленных регионов страны. Люди получают возможность лично посещать разные уголки страны (за минимальные траты), освобождаться от предвзятости и предрассудков.

Также усовершенствование сети автомобильных дорог позволяет увеличивать количество маршрутов для общественного транспорта. Общественный транспорт выполняет важнейшую социальную функцию, обеспечивая спрос на перевозки пассажиров по низким тарифам и предоставляя льготы для отдельных категорий граждан. Также государство отмечает важность развитие инфраструктуры для велосипедистов, организовывается строительство велосипедных дорожек с покрытием и разметкой, соответствующим требованиям. Это влияет на уровень спортивного развития населения, в том числе на оздоровление, поддержку здорового образа жизни. Также использование велосипедного транспорта благоприятно влияет на экологию.

Любое денежное вложение в дорожное хозяйство, в частности, в строительство и реконструкцию автомобильных дорог, приносит доход народному хозяйству в размере 170 %.

Это происходит за счет уменьшения эксплуатационных затрат транспортных средств и увеличения срока службы, улучшения транспортных услуг населению, и в связи с этим, повышения его социального и культурного уровня, сокращения числа пострадавших в ДТП, развития аграрного хозяйства, и благодаря обеспечению связей сельских населенных пунктов дорогами с твердым покрытием.

Капиталовложения в дорожную отрасль – это драйвер социально-экономического развития городов, регионов и стран, проверенный мировым опытом. И дело не только в увеличении уровня комфорта жителей страны, что, бесспорно, важно. Наибольшую ценность имеет повышение качества автомобильных дорог из-за того что это способствует появлению новых маршрутов, оптимальному размещению производственных мощностей, эффективному употреблению природных и географических ресурсов.

Литература:

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://pravo.by>. – Дата доступа:01.12.2021.
2. Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://mintrans.gov.by>. – Дата доступа:01.12.2021.

3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Экономика производства» для специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги». - Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Автомобильные дороги» ; сост.: М. Г. Солодка, Т. М. Шохалевич. – Минск: БНТУ, 2021 – 244с.
4. Государственная программа «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы. – Постановление Совета Министров Республики Беларусь № 165, 2021.
5. «Транспорт в интересах устойчивого развития» – Организация Объединенных Наций, 2015 – 289с.

ТРАНСПОРТНЫЕ ИНОВАЦИИ БУДУЩЕГО

Камченбеков Киличбек, Суяров Аброр, Рахмонов Шерзод,

студенты 3-го курса гр.11403519 СОП ТГТУ-БНТУ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Соболевская С.Н., старший преподаватель)

«Наши гражданский долг сделать всё возможное, чтобы наши дети и будущие поколения приняли от нас этот край, эту священную землю ещё более богатой, сильной и могущественной, чтобы они испытывали такие же чувства признательности и благодарности к нам, как мы испытываем по отношению к нашим великим предкам».

И.А.Каримов, первый президент Республики Узбекистан

В последние годы часто используется термин «инновация». Большинство общепринятых толкований данного понятия, рассматриваемых, как в отечественной, так и в зарубежной литературе, включают финансово-экономическое регулирование, управление и социальное новшество. Но есть более емкое определение «инновации» – это коммерчески воплощенная идея, способная создать новые потребности или удовлетворить имеющиеся новым, более эффективным способом; принести эффект (экономический, экологический, информационный или другой) производителю и потребителю при оптимальном сочетании затрат и результатов внедрения.

Мы же рассмотрим транспортные инновации. Современные разработки уже сейчас позволяют ездить очень быстро, комфортно и экономно. Сложно представить, какие еще изменения в сфере транспорта можно придумать. Однако ученые ухитряются удивлять все более необычными и эффектными разработками, которые вскоре снова изменят нашу жизнь и представление о привычных средствах передвижения и поездках. Примером является Компания Euroasian Rail Skyway Systems Holding Ltd (RSW systems) которая владеет инновационной технологией транспорта нового поколения «SkyWay», имеющего неоспоримые преимущества над существующими видами транспорта. Сегодня уровень развития технологий достиг того, что передача информации в любую точку мира занимает считанные секунды, транспортировка же людей или грузов занимает значительно больше времени. Потребность человека именно в скоростных перевозках возрастает с каждым днем.

Транспорт на основе технологий СкайВэй может заменить собой весь городской, пригородный, междугородний и грузовой транспорт, а также объединить весь мир в одну высокоскоростную транспортную сеть.

В Беларуси под руководством Юницкого Анатолия Эдуардовича, ученого и изобретателя построены четыре тестовых трассы струнного транспорта Unitsky String Technologies, Inc., уже сертифицированы несколько моделей подвижного состава. Внешне они напоминают монорельс или канатную дорогу, но в действительности принципиально отличны от всего, что было создано в этой отрасли до настоящего момента, превосходят аналоги по скорости (до 500 км/ч), экономичности, комфорту, безопасности. С технической точки зрения транспорт Unitsky String Technologies, Inc. — это системы грузопассажирских перевозок, представляющие собой неразрезные предварительно напряженные растяжением рельсо-струнные эстакады для движения рельсовых электромобилей на стальных колесах, обладающих высокими аэродинамическими характеристиками, оснащенных противосходной системой, а также интеллектуальными системами безопасности, управления, энергообеспечения и связи.

Сейчас уже разработан полный комплект рабочей документации.

Реальность документации внедряется на собственной производственной площадке в Беларуси, на сертификационной-демонстрационной площадке Эко Технопарк технологий SkyWay, где создается несколько типов эстакадных транспортных систем SkyWay 4-го поколения:



Рисунок 1 – Инновационный транспорт

Городская монорельсовая SkyWay трасса: лёгкая рельсо-струнная транспортная эстакада (для подвешного монорельсового транспорта), включающая в себя два разворотных кольца, участок полужесткой трассы длиной 800 м с пролетами 50 м и провисающий участок 800 м с пролетами 400, 200 и 200 м (Рис.2).



Рисунок 2 – Городская монорельсовая трасса

Грузовой SkyWay комплекс для сыпучих грузов: двухуровневая рельсо-струнная транспортная эстакада протяженностью 150 м (для конвейерной ленты и для подвешного грузового транспорта), с двумя разворотными кольцами и двумя разгрузочно-погрузочными терминалами (Рис. 3).



Рисунок 3 – Грузовой комплекс

Высокоскоростная бирельсовая SkyWay трасса: двухуровневая высокоскоростная рельсо-струнная транспортная эстакада протяженностью 1 км (для навесного высокоскоростного транспорта и для подвешного городского транспорта) (Рис. 4).



Рисунок 4 – Высокоскоростная безрельсовая

Эко Технопарк SkyWay включает в себя три типа эстакадных транспортных систем (с учётом путевой и вокзальной инфраструктуры, грузового и пассажирского городского надземного транспорта) и производственные помещения (Рис. 5 – Эко технопарк).



Рисунок 5 – Эко технопарк

На сегодняшний день изготовлены транспортные средства SkyWay: 18-местный и 6-местный «Юоникар», 48-местный и 14-местный «Юонибус», 14-местный «Юонибус» в тропическом исполнении (для ОАЭ), 2-местный «Юонибайк», 2-местный «Юонивинд», грузовой «Юонитрак» и 6-местный высокоскоростной «Юонибус». Такие подвижные составы как 2-местный «Юонибайк», 6-местный «Юоникар», 14-местный и 48-местный «Юонибус» уже прошли все испытания на подвесных трассах в Эко Технопарке SkyWay и процедуру сертификации.

Кроме того, в рамках создания Инновационного Центра SkyWay в Объединенных Арабских Эмиратах, в данный момент ведется строительство струнных транспортных систем SkyWay в городе Шарджа.

Говоря об инвестициях и инновациях в развитии экономики Узбекистана 28 ноября 2021 г. Президент Республики Узбекистан Шавкат Мирзиёев принял участие на 15 саммите ОЭС, где были рассмотрены темы разработки межрегиональных транспортных коридоров, потребление потенциала стран организации в сфере торговли и инвестиций, мобилизация и обеспечение «зелёного развития».

На основе принятой программы «Перспективы организации экономического сотрудничества – 2025» важно дальнейшее продвижение торгово-экономических и инвестиционных взаимодействий между странами и достижение за счёт этого более значительных практических результатов.

Для расширения взаимной торговли и конкурентоспособности на международной арене было предложено сформировать Центр торговли, инвестиций и инноваций пределах ЮНИДО и СПЕКА и расположить штаб-квартиру этого центра в Ташкенте.

На данный момент рассматриваются проблемы экологии и изменения климата, которые требуют немедленного вмешательства: это эффективное использование передового опыта, накопленного в различных странах, общее развитие «зелёной экономики», широкое введение ресурсосберегающих технологий в промышленных сферах.

Национальный аспект устойчивого развития для Республики Узбекистан определяется, прежде всего, становлением ее как суверенного государства, необходимостью быстрее выхода из социально-экономических трудностей и экологической напряженности, повышением уровня жизни населения, вхождением в мировое сообщество, сохранением добрососедских отношений с другими странами мира и взаимовыгодным сотрудничеством. В настоящее время, осуществляемая государственная научная и техническая политика страны направлена на концентрацию усилий, доступных ее научно-техническому

потенциалу для решения социально-экономических проблем в условиях постепенного перехода в социально ориентированную рыночную экономику.

Для справки: по официальным данным, Узбекистан занимает четвертое место в мире по запасам золота и является торговыми воротами среднеазиатского региона.

Примечательно, что всего за пару лет партнерской работы между Беларусью и Узбекистаном были достигнуты значительные успехи. Новые приоритеты, отмеченные лидерами наших государств, таковы: наращивание товарооборота и усиление кооперации на местном уровне, чему был посвящён прошедший в Минске I Форум регионов Беларуси и Узбекистана, на котором стороны подписали 26 новых договоренностей.

В рамках развития сотрудничества состоялось посещение компании-разработчика технологии SkyWay, ЗАО «Струнные технологии», делегацией «нефритовой республики» во главе с первым заместителем Хокима (губернатора) Наманганской области Узбекистана Аюбхоном Арибджановичем Камаловым. Гости ознакомились с ЭкоТехноПарком SkyWay, технологией Струнного транспорта Юницкого, проявив большой интерес, в частности, к его экологическому дружелюбию, в том числе к разрабатываемым компанией методам восстановлению плодородия почв. Визит был не просто ознакомительным – его можно рассматривать как первый конкретный шаг на пути к государственно-частному партнёрству в инновационной сфере, которое наметилось в Ферганской долине – исторической родине Тамерлана, имеющей самую высокую плотность населения в Средней Азии и, соответственно, как экономические перспективы, так и транспортные проблемы.

В заключении хотим отметить, что это очень перспективное направление, которое может стать в дальнейшем основой большого транспортного проекта в Узбекистане. Это возможность воплотить в жизнь с социальной, экономической и экологической точек зрения, новые стандарты мобильности и как начальный шаг в реализации программы кардинальной трансформации техносферы и технологической основы формирования нового цивилизационного уклада, в котором человечество сможет гармонично сосуществовать с природой.

Литература:

1. <https://investlife.org/skyway/>
2. <https://cis.minsk.by/news/11665/v-minske-prosel-pervyj-forum-regionov-belarusi-i-uzbekistana>

ПРИМЕНЕНИЕ ИЗВЕСТИ ПРИ УКРЕПЛЕНИЕ МЕСТНЫХ ГРУНТОВЫХ ДОРОГ

*Комаров Никита Александрович,
студент 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Савуха А.В., старший преподаватель)*

Разберем для начала, понятие местные дороги. Местными являются дороги административных центров, городов районного подчинения, курортных, городских и поселков рабочего типа, сельских населённых пунктов с административными центрами районов, на территории которых они размещены.



Рисунок 1 – Пример местных дорог Республики Беларусь

При строительстве местных дорог часто применяются различные грунты и строительные материалы. Грунты широко используются в качестве местных строительных материалов при сооружении дорог, аэродромов, оснований под фундаменты и т. д. Известно, что основная часть поверхности представлена дисперсными, в большинстве своём глинистыми грунтами. Дисперсные грунты отличаются своей непостоянностью и большой изменчивостью свойств в зависимости от воздействия внешних сил и среды, а также: влаги, температуры, т. д. Проблема укрепления дисперсных грунтов, превращения их в полноценный

строительный материал имеет большое теоретическое значение. На данный момент разработано много методов укрепления грунтов для дорожного и гражданского строительства. Ниже представлены основные методы укрепления дорог. Каждый из методов, указанный ниже, имеет свои плюсы и недостатки, как по эффективности воздействия на грунт, так и по условиям технологии работ.

Таблица 1 – Основные методы укрепления местных дорог

Метод	Применяемые материалы и способы воздействия
Укрепление гранулометрическими добавками	Щебень, гравий, песок, шлаки, глины, суглинки
Укрепление органическими вяжущими	Битумы твёрдые и жидкие, дёгти, битумные и дегтевые эмульсии и пасты, синтетические смолы, древесные пески и др.
Укрепление минеральными вяжущими материалами	Цемент, известь, силикат натрия (жидкое стекло)
Термическая обработка	Местное топливо (дрова, уголь, электрический ток, газ)
Укрепление соевыми растворами	Хлористый кальций, хлористый натрий и др.
Электрохимические обработки	Электрический постоянный ток (с применением электролитов)
Комплексные методы	Органические и минеральные вяжущие с гранулометрическими добавками, органические вяжущие с активными добавками и т. д.

Подробно изучим метод укрепления минеральными вяжущими материалами. Для этого мы проведем ряд испытаний с добавлением в грунт гашеной извести в количестве 3%, 5%, 7% от общей массы грунта. Мы сделали пару образцов с разным содержанием гашеной извести и проверили их характеристики. По данным наших опытных значений, грунты с добавлением гашеной извести обеспечило во всех опытных участках более высокие показатели прочности образцов на сжатие в водонасыщенном состоянии, чем при укреплении цементом. Если сравнивать образцы по физическим свойствам. Самый лучший результат показал образец с 5% содержанием гашеной извести. Однако и тут есть свои минусы. Известкованные грунты имеют низкую морозостойкость, поэтому их надо применять главным образом в основаниях дорожной одежды, иначе возможно разрушение дорожной одежды. Под влиянием внешних факторов. Если подводить итог, то грунты с добавлением гашеной извести, отличный вариант для укрепления местных дорог, но для соблюдения морозостойкости следует использовать гашенную известь в основании дорожной одежды. Лучшие физические показатели показал образец с 5% добавлением извести.

Литература:

1. <https://remontsupers.ru/kak-ukrepit-dorogu-tsementom/>
2. http://www.newchemistry.ru/blog.php?category=item&id_company=61&n_id=4936&page=61

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ УМЕРЕННОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА

*Кудласевич Анжелика Владимировна,
Войтехович Анастасия Владимировна, студенты 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шохалевич Т.М., старший преподаватель)*

Цементобетонное покрытие обеспечивает высокий уровень устойчивости движения и требует гораздо меньших временных и финансовых затрат, а также трудозатрат на обслуживание и ремонт. Данные факторы помогают уменьшить количество аварий и пробок.

Сегодня эти преимущества легко получить, поскольку больше нет необходимости увеличивать начальные затраты на строительство; напротив, можно сэкономить до 30% средств, потраченных на устройство цементобетонного покрытия.

Как показывает мировая практика, при объективном экономическом подходе к оценке конкурентоспособности различных видов покрытий решающим критерием выбора является приведенная (или общая) стоимость, в которую входят затраты на строительство и обслуживание, а также потребительские затраты, которые рассчитаны на проектный срок службы покрытия.

Расчеты показывают, что устройство дорожных одежд с цементобетонными и асфальтобетонными покрытиями практически равноценно по материалоемкости. Толщина конструктивных слоев составляет: для асфальтобетона - 37–44 см, для цементобетона - 38–42 см.

В Республике Беларусь в экономических расчетах для нежестких покрытий предполагается срок службы 8-12 лет, для жестких – в среднем 20-30 лет. За рубежом для нежестких покрытий - до 20 лет, для жестких - до 40 лет. По данным США, средний срок службы цементобетонного покрытия до ремонта в 1,5-2 раза больше, чем у асфальтобетонного покрытия, а с учетом затрат на строительство и обслуживание цементобетонные покрытия всегда экономичнее, чем асфальтобетонные покрытия в период эксплуатации. Так, по расчетам на примере второй Минской кольцевой автомобильной дороги, сметная стоимость строительства 1 км четырехполосной дорожной одежды при устройстве

цементобетонного покрытия всего на 5,5% дороже асфальтобетона. При этом сравнительный анализ показывает, что при незначительном увеличении затрат на устройство бетонного покрытия общие затраты на 25 лет эксплуатации такой дороги меньше ориентировочно на 1,4%.

Если сравнить анализ затрат на протяжении всего жизненного цикла асфальтобетонного и цементобетонного покрытия, преимущества использования цементобетона очевидны, поскольку такое покрытие обеспечивает высокоэффективные решения с момента реализации проекта до конца его срока службы.

Этот анализ показывает, что общая стоимость асфальтобетона со сроком службы 40 лет будет почти в 2,5 раза выше, чем у жестких покрытий. Это связано с тем, что если нежесткие покрытия требуют ремонта через 10 лет после строительства, то жесткие - не раньше 15. При этом ремонт цементобетонного покрытия может быть незначительным и, следовательно, менее затратным.

Если нежесткое покрытие после 25 лет эксплуатации требует многократного ремонта поверхности и полной замены не менее 30% покрытия, то цементобетонное покрытие потребует ремонт поверхности и 10% замену покрытия. Если в случае нежесткого покрытия после 40 лет эксплуатации требуется его полная утилизация, то в случае цементобетонного покрытия - повторный ремонт поверхности и 20% замена покрытия. Затем цементобетонное покрытие готово к полноценной эксплуатации в течение следующих 10, 20 и более лет.

Литература:

1. Форум проектировщиков и строителей (Электронный ресурс). – Режим доступа: http://proekt.by/generalniiy_plan_i_transport-b131.0/ustroiystvo_monolitnih_cementobetonnih_pokritiyy_ulic_i_dorog-t52603.0.html
2. Новостной портал (Электронный ресурс). – Режим доступа: <https://www.belta.by/economics/view/tsementobeton-tselesoobrazno-ispolzovat-pri-rekonstruktsii-i-kapremonte-dorog-kgk-182965-2016>

АЭРОДРОМНЫЕ ПОКРЫТИЯ

Кудласевич Анжелика Владимировна,
Войтехович Анастасия Владимировна, студент 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)

Аэродром - обеспечивающий взлет, посадку, руление, размещение и обслуживание воздушных судов земельный или водный участок с воздушным пространством, оборудованием и сооружениями.

Основным элементом территории аэродрома является летное поле, представляющее собой участок земли, специально оборудованный для взлета и посадок самолетов.

На летном поле располагаются: летные полосы, места стоянок самолетов, рулежные дорожки, площадки специального назначения и перроны.

Аэродромные покрытия – конструкции, которые воспринимают воздействия и нагрузки от воздушных судов, природных и эксплуатационных факторов. Покрытия включают в себя верхние слои – покрытие, непосредственно воспринимающее нагрузки от колес, воздействия природных факторов и нижние слои – искусственное основание, которое совместно с покрытием передает нагрузки на грунтовое основание и выполняет дренажные, противозаиливающие, термоизолирующие и другие функции.

Тип и конструкцию покрытий аэродромов назначают с учетом класса аэродрома, его назначения, а также величины нормативной нагрузки. Категории нормативной нагрузки приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Категории нормативных нагрузок

Категория нормативной нагрузки	Величина нормативной нагрузки на опору, кН	Давление в пневматических шинах, МПа	Тип основной опоры
в/к	850	1,0	Четырехколесная
I	700	1,0	
II	550	1,0	
III	400	1,0	
IV	300	1,0	
V	80	0,6	Одноколесная

При проектировании аэродромных конструкций руководствуются СНиП 32-03-96 «Аэродромы». Настоящие нормы и правила распространяются на новое строительство, расширение и реконструкцию аэродромов.

Инструктивным материалом по геометрическому проектированию взлетно-посадочных полос и аэродромных элементов (боковые полосы безопасности, летные полосы, концевые зоны безопасности и др.) является настоящая часть «Руководства по проектированию аэродромов».

Подразделяются покрытия по характеру сопротивления нагрузкам на жесткие (бетонные, армобетонные, железобетонные и асфальтобетонные на цементобетонном основании) и нежесткие (асфальтобетонные, из прочных каменных материалов подобранного состава обработанных органическими вяжущими, из щебеночных и гравийных материалов, грунтов и местных материалов, обработанных вяжущими, сборных металлических, резиновых или пластмассовых элементов). По степени капитальности подразделяются на капитальные (жесткое и асфальтобетонное покрытия) и облегченные (нежесткие покрытия, кроме асфальтобетона).

Для искусственных оснований следует применять тяжелый, мелкозернистый и легкий бетон; жесткие бетонные смеси; плотный, пористый и высокопористый асфальтобетон; щебеночные, гравийные и песчаные материалы, обработанные или необработанные органическими и неорганическими вяжущими; щебень, гравий, песок и другие местные материалы. Все материалы должны обладать морозостойкостью, соответствующей климатическим условиям района строительства.

Аэродромные покрытия жесткого типа бывают монолитные и сборные. Покрытия жесткого типа могут усиливаться всеми типами жестких покрытий, а также асфальтобетоном в соответствии с наиболее эффективным использованием несущей способности существующего покрытия с учетом конкретных условий. Следует отметить, что для снижения вероятности образования отраженных трещин над деформационными швами необходимо предусматривать армирование асфальтобетона геосинтетическими материалами, а также нарезку деформационных швов.

Покрытия нежесткого типа могут быть асфальтобетонные, черные щебеночные, гравийные, а также грунтовые, которые укреплены вяжущими материалами. Асфальтобетонные покрытия необходимо устраивать из асфальтобетонных или полимер-асфальтобетонных смесей. Такие покрытия устраивают многослойными, а требуемая толщина слоев обосновывается расчетом. Верхние слои устраиваются из плотных смесей, нижние – из плотных и пористых. Однако на основаниях, представляющих собой водоупорный слой, не допускается применение пористых смесей. При соответствующем технико-

экономическом обосновании допускается применять холодные асфальтобетонные смеси только на рулежных дорожках, местах стоянки, а также перронах. Под нагрузки четвертой категории и выше следует устраивать покрытия на искусственных основаниях, укрепленных вяжущими. Усиление покрытий нежесткого типа может быть выполнено как нежесткими, так и жесткими покрытиями всех типов. Пример нежесткого покрытия представлен на рисунке 1.

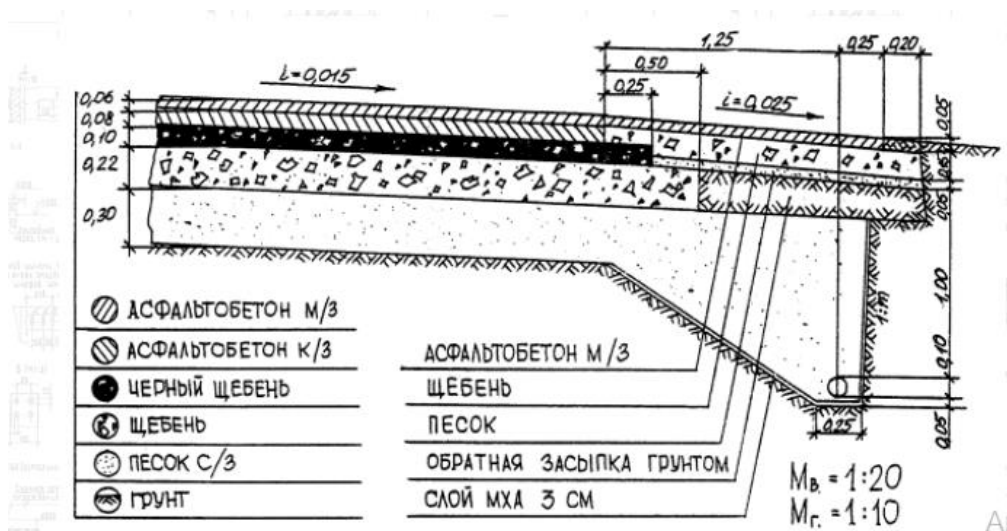


Рисунок 1 – Конструкция нежесткого аэродромного покрытия

Вообще слои усиления покрытий следует проектировать в случаях, когда несущая способность недостаточна для восприятия нагрузок от воздушного судна и когда несущая способность достаточна, но поверхность покрытия находится в том состоянии, когда замена отдельных плит или участков, а также ремонт оставшихся плит экономически менее выгодны, чем просто укладка нового слоя.

Решение о назначении слоев усиления покрытий рекомендуется основывать на данных визуальных и инструментальных исследований. В свою очередь инструментальные обследования включают в себя испытания покрытий пробной нагрузкой, то есть прокатка расчетным типом воздушного судна, а также отбор образцов-кернов из слоев существующего покрытия, что представляет собой замер кернов и лабораторные испытания прочностных характеристик.

Если рассматривать расчет аэродромных покрытий, то в зависимости от характера их работы под воздействием самолетной нагрузки для жестких и нежестких покрытий он производится отдельно.

Расчет жесткого и нежесткого типов ведут по методу предельных состояний.

Предельным называется состояние конструкции, при наступлении которого она больше не может сопротивляться внешним воздействиям или же получает недопустимые деформации и повреждения. Предполагается, что такое состояние наступает под действием предельной нагрузки при наименьшей несущей способности.

Для бетонных и армобетонных сечений расчетным предельным состоянием является предельное состояние по прочности, для армированных ненапрягаемой арматурой сечений – предельное состояние по прочности и раскрытию трещин, для предварительно напряженных сечений – предельное состояние по образованию трещин.

Для нежестких покрытий расчетным предельным состоянием является предельное состояние по деформациям.

Предельные состояния и схемы приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Предельные состояния и расчетные схемы

№ схемы	Расчетные схемы аэродромных покрытий	Конструкция покрытия	Предельное состояние
1		Железобетонные покрытия	1. По прочности $m_d \leq m_u$ 2. По ширине раскрытия трещин $a_{crc} \leq 0,3 \text{ мм}$
2		Предварительно напряженные железобетонные монолитные и сборные покрытия	Для сечений, армированных напрягаемой арматурой по образованию трещин $m_d \leq m_u$
3		Бетонные и армобетонные покрытия	По прочности $m_d \leq m_u$

Расчет и конструирование аэродромных покрытий состоит в определении толщин конструктивных слоев, удовлетворяющих условиям прочности, а для

железобетонных монолитных покрытий еще и в определении коэффициента армирования расчетного сечения плиты.

Задача расчета состоит в обеспечении гарантии от наступления в покрытии предельного состояния в период эксплуатации. Но исходя из экономических соображений эти гарантии не должны быть излишними, то есть возникающие в плитах усилия должны быть близкими к допускаемым.

Если рассматривать расчет аэродромных покрытий на скальных основаниях, то его особенностью является определение эквивалентного коэффициента постели (коэффициент жесткости грунта) или модуля упругости системы «прослойка грунта на скальном основании». Расчет выполняется по схеме слоя конечной мощности.

Так же расчет покрытий производится по предельно допустимому давлению на грунт и по методу FAA (Федерального авиационного управления) США.

Расчет по методу FAA выполняется по программе FAARFIELD. Она содержит две подпрограммы: LEAF и NIKE3D FAA. Методы, реализованные в данной программе, позволяют учесть особенности воздействия нагрузок от новых крупногабаритных воздушных судов.

Для расчета прочности предназначена программа ARAP, которая состоит из выполняющих различных типов расчёты покрытий модулей и базы данных, включающей расчетные коэффициенты, характеристики материалов и грунтов, параметры воздушных судов и другие данные. Модули данной программы выполняют определение параметров конструкций элементов аэродромов, определение несущей способности, расчёт числа приложений нагрузок от воздушного судна за проектный срок службы, определение допустимых нагрузок на основания, а также поиск в базе данных и предоставление информации о воздушном судне, использующейся при расчете.

Проверка конструкций аэродромных покрытий производится на морозоустойчивость, по предельному состоянию сдвига в грунтовом основании.

В соответствии с руководящими документами Международной организации гражданской авиации ИКАО аэродромы классифицируются по кодовому обозначению. Данное обозначение состоит из двух элементов – номера, основанного на длине летной полосы и буквы, соответствующей размаху крыла самолета и расстоянию между внешними колесами основного шасси. Кодовые обозначения приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Классификация аэродромов по кодовому обозначению

Первый кодовый элемент		Второй кодовый элемент		
Номер	Длина летной полосы	Буква	Размах крыла	Расстояние между внешними колесами основного шасси
1	< 800 м	A	< 15 м	< 4,5 м
2	800 – 1200 м (< 1200 м)	B	15 – 24 м (< 24 м)	4,5 – 6 м (< 6 м)
3	1200 – 1800 м (< 1800 м)	C	24 – 36 м (< 36 м)	6 – 9 м (< 9 м)
4	≥ 1800 м	D	36 – 52 м (< 52 м)	9 – 14 м (< 14 м)
		E	52 – 65 м (< 65 м)	9 – 14 м (< 14 м)
		F	65 – 80 м (< 80 м)	14 – 16 м (< 16 м)

Аэродромные покрытия должны отвечать требованиям безопасности и регулярности выполнения взлетно-посадочных операций, прочности, надежности и долговечности конструкции, ровности и шероховатости, охраны окружающей среды.

Таким образом можно сделать вывод, что с течением времени строительство аэропортов и аэродромов стремительно развивается и с каждым годом все больше удовлетворяет потребностям человечества.

Литература:

1. СНБ 3.03.03-97 «Аэродромы» – 88 с.
2. Руководство по проектированию аэродромов. Часть 1. Взлетно-посадочные полосы. Издание третье: Международная организация гражданской авиации, 2006. – 84 с.
3. СНиП 32-03-96 «Аэродромы» – 34 с.
4. Сабуренкова В.А. Методы расчета конструкций аэродромных покрытий: учебное пособие / В.А. Сабуренкова, А.П. Степушин. – М.: МАДИ, 2015. – 128 с.
5. Методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Основы проектирования, технологии и организации строительства аэродромов» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» / В.В. Лукша [и др.]. – Брест: УО «БрГТУ», 2007. – 72 с.
6. Пособие по проектированию аэродромных покрытий – Москва: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2020. – 122 с.

ТЕХНОЛОГИИ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА В БОЛЬШИХ ГОРОДАХ

Кулаго Юлия Владимировна,

студент 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Мытько Л.Р. – канд. техн. наук, профессор)

Сегодня в современном мире разработаны различные утилизации снега. Раньше снег вывозился за город на полигоны, но сейчас подходы к его утилизации изменились.

Рассмотри примеры утилизации снега в больших городах на примерах разных стран.

Начнём с Исландии. Здесь используют термальные источники. Воду источников используют следующим образом: ее пускают по трубам для отопления домов, трубы же расположены непосредственно под дорогами вдоль улиц, что и позволяет снегу таять. Дома обеспечиваются энергией и происходит уборка снега, что является экологически чистым природным способом.

Япония. В крупных городах Японии проезжая часть дорог, а также тротуары подогреваются специальными батареями, установленными под дорожным покрытием. Стоит заметить, что в тех городах, где нет данной системы, люди передвигаются по гололёду: в стране запрещено использование реагентов. Соли, хлориды натрия, разрешены только на скоростных автотрассах, с целью избежать аварий, ведь шипованная резина запрещена в Японии.

Скандинавские страны. Здесь коммунальные службы не счищают снег до асфальта, они оставляют слой в пару сантиметров. Его укатывают с помощью техники, затем посыпают гранитной крошкой либо гравием. Это не избавит от гололёда, но улучшит сцепление колес с дорогой. Материалы используются не один раз: весной гранит и гравий собирается специальными пылесосами, промывается и отвозится на склад, в котором они лежат до следующего года.

В Финляндии во время сильнейших снегопадов, когда снегоуборочные службы не могут справиться сами, к расчистке городов привлекают жителей. Их обучают, выдают оборудование, после чего они сами чистят небольшие участки городской территории (рис.1).



Рисунок 1 – Житель Финляндии помогает в уборке территории города

На севере США во многих городах действует система из 3 уровней: государственные коммунальные службы чистят основные улицы, а также крупные магистрали, дороги и улицы поменьше убирают частные компании, а пространство у частных домов должны почистить сами жители. Если они не расчистят свою территорию в течение суток, то получают штраф. Такая система делает уборку более оперативной, ведь, обычно, в течении 3 часов все дороги уже чисты от снега.

Заключение

Были рассмотрены технологии очистки снега крупных городов Исландии, Японии, Скандинавии, Финляндии и США.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dostavka-sheben.ru/3054-2/>. – Дата доступа: 24.11.2021.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://strelkamag.com/ru/article/snow>. – Дата доступа: 24.11.2021.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Лосев Иван Владимирович, магистрант
кафедры «Агропромышленное и гражданское строительство»
ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет
имени Н.В. Парахина», г. Орел
(Научный руководитель – Глухова Л.Р., старший преподаватель)*

Дорожное строительство сегодня является отдельной и весьма серьезной отраслью строительства в целом. Грамотный подход к проектированию дорог обеспечивает комфортное и безопасное передвижение водителей автотранспорта на далекие расстояния. В настоящее время процесс проектирования дорог в основном направлен на безопасность движения. Также проектирование дорог в теории происходит с учетом постоянной скорости движения, однако, на деле с учетом различных дорожных факторов скорость движения всегда разная. В связи с этим, в современных нормах проектирования нет требования к плавному изменению пространственной линии трассы дороги.

Также современные нормы проектирования не предусматривают зрительной плавности дороги, особенно в тех местах, где скорость автомобилей постоянно меняется. На практике такая ситуация не гарантирует безопасность и комфортность таких дорог.

Изменение каких-либо параметров дорог в реальной ситуации не всегда возможно. Спрямление трассы также не является гарантом безопасности дорог. Одним из факторов является разница в опыте вождения у водителей, особенно на фоне того, что за рулем все чаще встречаются молодые водители. Также на безопасность движения влияют технические характеристики автомобиля: постоянно происходит внедрение всё новых видов автомобилей с различными техническими возможностями, что сильно различает их с другими автомобилями.

Как правило, при проектировании дорог закладываются необходимые минимальные требования, которые затем внедряются в ландшафт, зачастую без учета его особенностей [1]. Это происходит даже с дорогами высокого класса или платными дорогами.

Осложняет ситуацию модернизации процесса проектирования то, что концепция проектирования сильно упрощена и узаконена на юридическом уровне, в то время как методы модернизации четко в нормативных актах не

обозначены. Использование автоматизированных технологий проектирования не всегда входит в рамки нормативных документов, хотя цель и методы использования автоматизированных технологий могут быть оправданы в реальных условиях [2]. Это мешает проектированию качественных и безопасных дорог.

Мировой опыт проектирования показывает, что автомобильные дороги на всем протяжении имеют непрерывно криволинейную линию. Как правило, такая криволинейность обусловлена особенностями ландшафта. Тем не менее, часто криволинейная линия дороги используется там, где ландшафтных ограничений нет. Это негативно влияет на зрительное восприятие водителем дороги, влияет на его психологическое состояние. В связи с вышесказанным, проектирование дорог должно включать в себя способы улучшения зрительной плавности для обеспечения безопасности, а также иметь первостепенное значение.

Основным элементом повышения плавности дорог могут являться переходные кривые. Их использование сделает дорогу зрительно более плавной, позволит водителям управлять автомобилем без резких скачков скорости, как это заложено в первоначальных нормах проектирования. Хотя сегодня переходные кривые используются в дорожном строительстве, они играют не первостепенную роль.

В сложных дорожных условиях водители не всегда могут визуально верно определить закругленность кривой. Это происходит из-за неудачного сочетания дороги с окружающей средой (ландшафтом). В связи с этим, следует увеличивать радиусы закругления кривых. Сегодня нормы проектирования, напротив, рекомендуют их уменьшать.

Факторами, влияющими на дорожные происшествия, являются техническая и психологическая безопасность. Техническая безопасность относится к состоянию аварийно-опасных участков, особенно таких, как тоннели и мосты. Они должны обеспечивать устойчивость автомобиля путем грамотного подбора радиуса кривых.

Психологическая безопасность зависит от того, как водитель воспринимает дорожную ситуацию. Водитель должен чувствовать себя на дороге комфортно и безопасно. Изменение дорожных условий не должны быть для него неожиданностью, поскольку иногда неправильное восприятие дороги может спровоцировать водителя на неверные решения.

Говоря о психологической безопасности водителя, мы вновь возвращаемся к вопросу об увеличении параметров геометрических элементов дороги: в несколько раз больше, чем это заложено существующими на сегодняшний день нормами. В условиях уменьшения радиуса кривых водитель начинает

нервничать и снижать скорость до безопасных для него показателей [3]. Такого быть не должно на протяжении всей дороги.

Таким образом, увеличение комфорта и безопасности дороги основывается на улучшении зрительного восприятия водителем дорожной обстановки, а также увеличением радиуса кривых. Данные изменения в первую очередь должны происходить на нормативном уровне, что говорит о необходимости пересмотра нормативно-правовых актов в области проектирования автомобильных дорог. Дорога – это не то место, где водитель должен предугадывать дальнейшие дорожные условия. Он должен чувствовать себя комфортно и безопасно, ведь от его психоэмоционального состояния зависит жизнь и здоровье окружающих его водителей.

Литература:

1. Ефименко, С. В. Некоторые вопросы совершенствования норм проектирования дорожных одежд автомобильных дорог / С. В. Ефименко, В. Н. Ефименко, М. В. Багина // Дороги и мосты. – 2013. – № 1(29). – С. 081-091.
2. Ивасик, Д. В. Вопросы совершенствования проектирования автомобильных дорог / Д. В. Ивасик, А. А. Васильченко // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 2(49). – С. 137.
3. Николаева, Р. В. Предложения по проектированию автомобильных дорог с учетом восприятия водителем дорожных условий / Р. В. Николаева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2016. – № 2(36). – С. 252-258.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОДНО-ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА ДОРОГ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

*Одилова Ёркиной Дониёр кизи, студентка 3-го курса
кафедры «Изыскания и проектирование автомобильных дорог».
Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент
(Научный руководитель – Махмудова Д.А. PhD., доцент)*

По данным Комитета автомобильных дорог Узбекистана общую сеть автомобильных дорог протяженностью 209496 км составляют автомобильные дороги общего пользования -42869 км, внутрихозяйственные дороги – 141882 км, 24745 км ведомственные дороги. Протяженность дорог с цементобетонным покрытием – 342 км, с асфальтобетонным – 22276 км, с чёрным щебнем - 17420 км, гравийные – 1677 км и грунтовые дороги – 1154 км. Из выше приведенных данных видно, что протяжённость дорог с усовершенствованно – капитальными покрытиями на много меньше, чем протяженность дорог с облегченными, переходными и низшими покрытиями. Следовательно, важную роль играют инфильтрационное увлажнение грунта земляного полотна, потому что, на дорогах с облегченными и переходными покрытиями инфильтрация воды протекает легко, а также по мере старения асфальтобетонных и цементобетонных покрытий она возрастает.

Исследователи Тулаев А.Я. [1], Корсунский М.Б. [2], Пузаков И.А. [3], Рувинский В.И. [4] отмечают важную роль атмосферных осадков в процессе влагонакопления в грунтах земляного полотна. По данным проф. А. Я. Тулаева и В. И. Рувинского, все покрытия, в том числе капитального типа, после нескольких лет службы становятся водопроницаемыми. Вновь построенных дорогах с асфальтобетонным или цементобетонным покрытием инфильтрация воды незначительна, но по мере старения покрытия она возрастает [4]. Анализ и выводы исследований учёных Н. З. Ильясова [5], А. Д. Каюмова [6] и О. А. Сяпича [7] показывают, что при увлажнении земляного полотна в орошаемых территориях Узбекистана помимо атмосферных осадков большую роль играют капиллярные и диффузионные увлажнения. В связи с этим были попытки разработки теоретических выражений, позволяющие определить расчетные влажности грунтов при диффузно-инфильтрационном и капиллярно-инфильтрационном типе водно-теплового режима.

Известно, что грунты земляного полотна и материалы дорожной одежды воздухо- и паропроницаемы [1] и относятся к капиллярно-пористым системам, к

ним может быть применена теория переноса тепла и массы, разработанная А.В.Лыковым [2] для капиллярно-пористых систем. На основе этой теории проф. В.М.Сиденко разработал математическую модель для описания физических процессов, протекающих в многослойных дорожных конструкциях под воздействием окружающей среды [1], аналитическое выражение которой имеет вид:

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} + \varepsilon \frac{\partial W}{\partial T}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial W}{\partial t} = \mp \alpha_1 \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} + \alpha_1 \varepsilon_1 \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad (2)$$

где T, W – температура, влажность на глубине z , в момент времени t , град, доли единицы; α, α_1 – соответственно коэффициенты тепло- и влагопроводности грунта, м²/сутки; $\varepsilon, \varepsilon_1$ – коэффициенты, характеризующие теплообмен при фазовых превращениях и термомиграции влаги, град, 1/ч.

Рассмотрим математическую модель диффузно-инфильтрационного типа водно-теплового режима, представленную системой дифференциальных уравнений (1-2), как автомодельную задачу. В этом случае начальные и граничные условия, полученные на основе экспериментальных исследований, можно записать следующим образом:

$$W(Z;0) = W_H, \quad W(0,Tt) = W_H(1+m_1t), \quad W(\infty,T) = W_H \quad (3)$$

$$t(Z;0) = T_H, \quad T(0,t) = T_H(1-m_2t), \quad t(\infty,t) = T_H \quad (4)$$

где W_H, T_H - начальное распределение влажности и температуры по глубине; m_1, m_2 – коэффициенты, характеризующие интенсивность изменения влажности и температуры во времени. Здесь $[m_1] = 1/\text{ч}$ и $[m_2] = \text{град}/\text{ч}$.

$$m_1 = \frac{W_K - W_H}{W_H T}, \quad m_2 = \frac{T_H - T_K}{T_H t}, \quad (5)$$

где T_K, W_K -значения температуры и влажности в конце влагонакопления при глубине $Z=0$; t – время влагонакопления, сутки.

После некоторых математических преобразований уравнений (1) и (2) при начальных и граничных условиях (3) и (4) примет следующий вид:

Для изменения влажности:

$$W(\eta) = R(\eta) + F(\eta) + C_1 \int_0^\eta \exp\left(\frac{\eta^2}{4\alpha^*}\right) d\eta + W_K \quad (6)$$

При $t \rightarrow 0$ $\eta \rightarrow \infty$ и $W(\infty) = W|_{t=0} = W_H \prec \infty$ поэтому $C_w^* = 0$.

где $R(\eta) = \int_0^\eta \exp\left(-\frac{S^2}{4\alpha^*}\right) \left\{ \int_0^S F(\xi) \left[\left(\frac{\xi}{2\alpha^*} + \frac{\xi^2}{4\alpha_*^2}\right) \exp\left(\frac{\xi^2}{4\alpha^*}\right) \right] d\xi \right\} d\eta \quad (7)$

Для изменения температуры в земляном полотне дороги с учетом тепломассообмена при диффузионно-инфильтрационном типе водно-теплового режима:

$$T(\eta) = [T_H - T_K + (A - \epsilon)W_K] \sqrt{\frac{\pi}{2}} \operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2}\right) - (A - \epsilon)[R(\eta) + F(\eta)] + \sqrt{\frac{\pi\alpha_*}{2}} C_1 \operatorname{erf}\left(\frac{\eta}{2\sqrt{\alpha_*}}\right) \sqrt{\frac{\pi}{2}} - (A - \epsilon)W_K + T_K.$$

где $C_1 = \sqrt{\frac{\alpha^*}{\pi} [W_K - W_H + T_H - T_K + (W_H - W_K)(A - \epsilon) + I_\infty]}$, $A = \frac{\alpha_1 + \epsilon\epsilon_1\alpha_1 - \alpha \pm \sqrt{D}}{2\alpha_1\epsilon_1}$,

D - дискриминант квадратного уравнения.

Из условия $C_w^* = 0$ находим:

$$W_K = \frac{T_K - T_H}{\sqrt{\frac{\pi}{2} + \epsilon - A}} - \frac{A - \epsilon}{\sqrt{\frac{\pi}{2} + \epsilon - A}} W_H$$

Также, из условия $T(0, Z) = T_K$ определим T_K .

Численные величины параметров получены на основе экспериментальных исследований, приведенных в лабораторных и полевых условиях, а также с использованием литературных источников [1, 2, 3].

В результате анализа и некоторых математических преобразований окончательное выражение для определения температуры и влажности полотна имеет вид:

$$W_1(\hat{Z}, t) = W_H(1 - \hat{Z}) + W_{п.в.} \hat{Z} + (W_{п.в.} - W_H) \left(1 - \hat{Z}\right) \left[1 - \frac{\int_0^{\hat{Z}} \exp\left(-\frac{\xi^2}{4}\right) d\xi}{\int_0^\infty \exp\left(-\frac{\xi^2}{4}\right) d\xi} \right], \quad (15)$$

где $\xi = \frac{Z}{\sqrt{\tau}}$ - автомодельная переменная.

Анализ результатов расчёта влажности в грунтах полотна по глубине и во времени показывает, что изменение влажности на поверхности полотна во

времени происходит по линейному закону, как и было, задано граничными условиями и всецело определяется инфильтрационной составляющей.

Литература:

1. Тулаев А.Я. Конструкция и расчет дренажных устройств. Транспорт. -М.: 1980. – 192 с.
2. Корсунский М.Б. Научные основы комплексного проектирования земляного полотна и дорожной одежды. Транспорт. – М.: 1976. -172 с.
3. Золотарь И.А., Пузаков Н.А., Сиденко В.М., Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. Транспорт. – М.: 1981. -415с.
4. Рувинский В.И. Оптимальные конструкции земляного полотна. Транспорт. М. 1982 г. 166 стр.
5. Сиденко В.Н., Ильясов Н. Проектирование, строительство и организация возведения земляного полотна в засушливых районах. Ташкент. Ўқитувчи. 1983 г. -284 стр.
6. Каюмов А.Д. Уплотнение и расчетные характеристики лессовых грунтов. -Ташкент. Фан. 2004. – 119 с.
7. Махмудова Д.А. Исследование водно-теплого режима земляного полотна автомобильных дорог // Научный журнал Universum: Технические науки. №5 (86), 84-86 (2021).

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОДОЛЬНОГО ПРОФИЛЯ В ПРОГРАММЕ CREDO-ДОРОГИ

*Осмоловская Наталья Сергеевна, Вершило Павел Казимирович,
студенты 4-го курса, кафедра «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шохалевич Т.М., старший преподаватель)*

Создание проектного профиля в программе CREDO-Дороги можно выполнить несколькими способами. Первый - это *интерактивное проектирование*. Интерактивное проектирование-это создание продольного профиля при помощи простых элементов, таких как: прямая, окружность, парабола, сплайн. При интерактивном проектировании создание проектного профиля ведётся с непосредственным участием проектировщика, от начала до конца проектирования.

Другой метод - *метод сплайн-оптимизации*. Суть этого метода в том, что программа сама выполняет расчёт и создание проектного профиля с заданными ограничениями.

В программе CREDO существует два метода оптимизации: экспресс-оптимизация и сплайн-оптимизация.

Самым важным плюсом метода Экспресс-Оптимизация является скорость, с которой система определяет положение проектной линии с минимальным отклонением от эскиза и с учетом всех требований. В итоге работы этого метода создается продольный профиль в виде непрерывной цепочки отрезков прямых и параболических кривых с *гладкостью сопряжения G^1* (гладкость G^1 подразумевает наличие общих касательных в точках стыковки сопрягаемых элементов)

Гладкость G^1 обеспечивает непрерывность изменения только уклонов проектной линии продольного профиля. При этом кривизна элементов в точках их сопряжения изменяется неравномерно.

Для уменьшения числа таких точек служит параметр $\pm\Delta G^1$ в окне параметров команды Экспресс-Оптимизации. Параметр $\pm\Delta G^1$ позволяет применять более длинные прямые или квадратичные кривые в тех случаях, когда это не ведет к существенным отклонениям от решения с наилучшим приближением проектного профиля к эскизной линии.

Экспресс-оптимизацию рекомендуется использовать для решения следующих задач:

предварительное определение рационального положения проектного профиля

контроль возможности выполнить все установленные ограничения, предварительный анализ и оценка объемов работ, необходимых для ремонта или строительства дороги.

Несовершенствами данного метода является нарушение условий к длинам вертикальных кривых и вдобавок геометрическая плавность проектной линии.

Сплайн-оптимизация заключается в проектировании продольного профиля при помощи G^2 -гладкоспряженных **V_Spline**.

V_Spline-плоская параметрическая бикубическая G^2 -гладкая кривая. При сопряжении кубических сплайнов в точке обеспечивается плавное сопряжение уклонов и радиусов кривизны. Кривые, при построении методом экспресс-оптимизации, обеспечивают плавность уклонов, однако, этого недостаточно для плавного движения автомобиля на высокой скорости.

Во время движения на автомобиль действует центробежная сила ($F_{цб}=m*\omega^2*R$). В квадратных сплайнах при их сопряжении радиусы кривизны остаются разными. Из-за резкого изменения радиуса, центробежная сила меняется скачкообразно, что приводит к ощущению толчков при движении автомобиля. В кривых постоянного радиуса на реальной дороге присутствует зона ограниченной обзорности. В кубических сплайнах эта зона гораздо меньше и наблюдаются в области максимального радиуса кривой. Также при проезде автомобиля по плоскости, очерченной кубическим сплайном, уменьшается объем затраченного топлива из-за эффективного использования кинетической энергии.

Плавность трассы зависит от характера изменения кривизны. В квадратных сплайнах используется линейное изменение кривизны, что приводит к резкому изменению радиуса (в том числе и его знака), в отличие от кубических сплайнов, где радиус меняется нелинейно, что создаёт более плавный характер изменения кривизны.

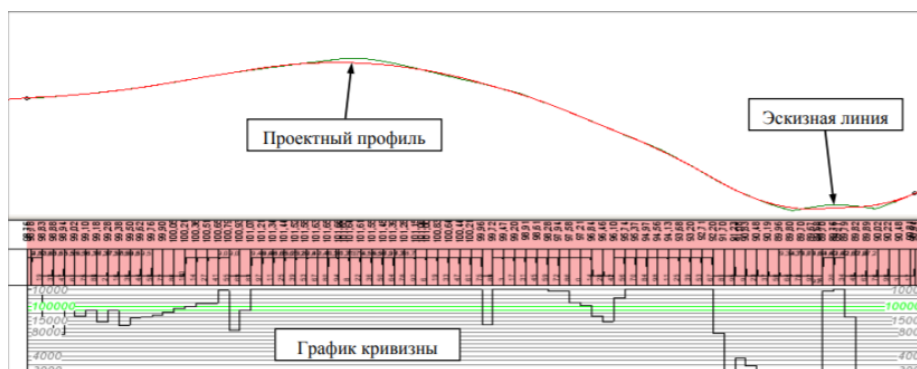


Рисунок 1 – Проектный профиль получен методом Экспресс-Оптимизации

Несомненный плюс кубических сплайнов в том, что присутствует возможность менять расположение профиля в зависимости от заданных параметров, что позволяет выбрать наиболее подходящий вариант расположения профиля, зависящие от задачи и условий проектирования.

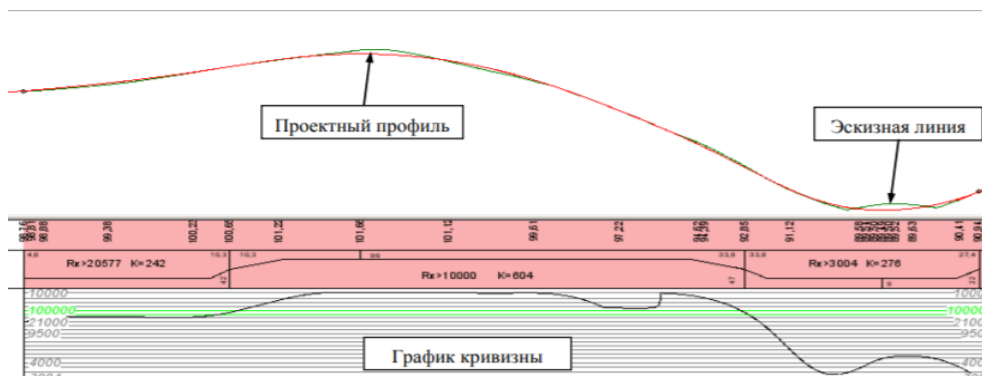


Рисунок 2 – Проектный профиль получен методом Сплайн-Оптимизации

Профиль поверхности земли в естественном виде ближе к кривым с переменным радиусом. При создании проектной линии кубическими парабололами удаётся достигнуть большего приближения к рельефу местности, уменьшая при этом объем земляных работ.

Для расчёта кубического сплайна используют более общее уравнение параболы, в котором аргументом x является расстояние от начала элемента до точки на элементе, а функцией - отметка $H(x)$ этой точки:

$$H(x) = H_0 + I_0 x + C x^2 + D x^3.$$

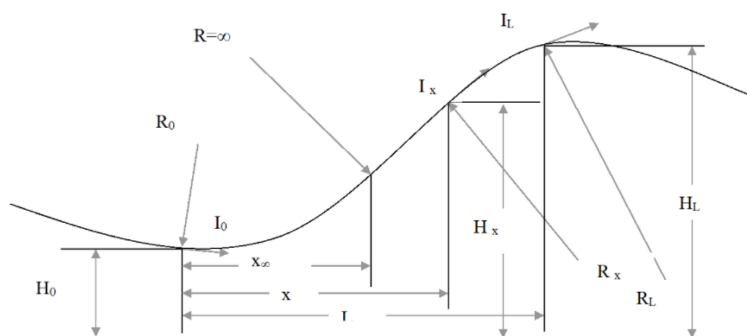


Рисунок 3 – Сегмент кубического сплайна

Коэффициенты H_0 , I_0 , C , D в уравнении определяются следующим образом:

H_0 – отметка проектной линии в начале элемента;

I_0 – уклон касательной к проектной линии в начале элемента;

C – параметр, обратно пропорциональный радиусу R_0 проектной линии в начале элемента (прямо пропорциональный кривизне K_0);

D – параметр, прямо пропорциональный изменению кривизны проектной линии в пределах этого элемента.

Проектируя продольный профиль кубическим сплайном, можно, что очень удобно, тем же уравнением описать любой элемент проектной линии, так как, частными случаями приведенного уравнения являются:

традиционно используемая в проектировании дорог квадратичная парабола (очень близкая к круговой кривой) с постоянной кривизной элемента ($D = 0$),

прямая с нулевой кривизной элемента ($C = 0, D = 0$).

Уклон i в точке x вычисляют как первую производную, а радиус кривизны r в той же точке находят из известной зависимости через первую и вторую производные.

Для построения проектного профиля методом оптимизации требуется наличие: линии руководящих отметок или эскизной линии, контрольных точек.

Линия руководящих отметок - это линия которая определяется по рабочим отметкам от черного профиля, которые рассчитываются на заданных поперечниках по условиям нового строительства или ремонта.

В условиях нового строительства максимальная рабочая отметка определяется по снегонезаносимости, по возвышению покрытия над расчетным уровнем грунтовых вод или длительного стоящих поверхностных вод в случае на участках, где определен II или III тип местности по увлажнению, возвышению покрытия над расчетным горизонтом воды у водоемов и искусственных водопропускных сооружений и на подходах к ним.

В условиях ремонта рабочие отметки для ЛРО рассчитываются исходя из минимизации объемов выравнивающих материалов.

Участок оптимизации определяется двумя контрольными точками. Длина участка должна быть не менее 100 м (фактически, это минимальное расстояние между КТ).

Для расчета требуемой плавности проектного профиля следует задать условный критерий плавности. Он отвечает за скорость изменения радиуса кубической кривой. В программе CREDO это задается буквами S, M, L, XL, 2XL...8XL, что соответствует низкой, средней, большой и т.д. плавности. По мере расчета можно контролировать показатель комфортной скорости движения, который позволяет понять соответствие заданной категории дороги и необходимость повышения плавности.

В методе Сплайн-Оптимизация есть параметр *Количество сплайнов*. Этот параметр определяет число сплайнов на линии проектного профиля. Минимальное значение сплайнов равняется 3, а максимальное задает сам

проектировщик. Количество сплайнов влияет на гладкость линии (чем больше сплайнов, тем более плавная линия). Следует учесть, что большое количество сплайнов требует более долгого расчета.

Процесс создания проектной линии запускается при помощи команды Сплайн-Оптимизация. Последовательность действий:

1. В графах *Оптимизация* профиля уточняем дополнительные параметры, которые влияют на результат оптимизации.

2. Затем команда *Сплайн-Оптимизация* (уточняем настройки в окне параметров).

3. Запускаем расчет кнопкой *Выполнить оптимизацию*.

О завершении расчета можно судить из графика «Тренд объемов».

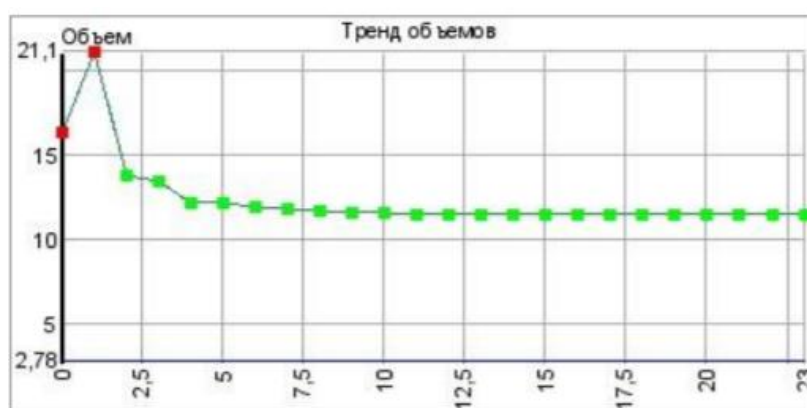


Рисунок 4 – График «Тренд объемов»

Он показывает площадь объема между проектной линии и эскизной линией.

По окончании оптимизации для сравнения и выбора лучшего варианта, можно задать свойства полученному профилю и сохранить в предварительно назначенном слое проектную линию, созданную ранее.

Литература:

1. https://credo-dialogue.ru/media/downloads/exchange_of_experience/road_design/Proektirovanie_prodolnogo_profila_metodom_optimizacii.pdf
2. Проектирование продольного профиля в CREDO кубическими сплайнами, д.т.н., профессор В.В.Филиппов, ХАДИ, к.т.н. Г.В.Величко, НПО «Кредо-Диалог»
3. Применение составных сплайн-кривых при автоматизированном проектировании автомобильных дорог, Г.В. Величко, к.т.н., академик ТАУ, НПО «Кредо-Диалог», г.Минск, В.В.ФИЛИПPOB, д.т.н., профессор ХГАДТУ, г.Харьков

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПРОЦЕССЫ РАЗРУШЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НЕЖЁСТКОГО ТИПА.

*Печенина Виктория Игоревна, студент 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»,
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель: Зленко Л.В. – старший преподаватель)*

Автомобильная дорога является сложной инженерной конструкцией, главными элементами которой являются земляное полотно и дорожная одежда.

Земляное полотно служит основанием для размещения дорожной одежды и технических средств организации дорожного движения. Дорожная одежда представляет собой многослойное сооружение, каждый слой которого выполнен из дорожно-строительного материала различной прочности. В процессе эксплуатации автомобильной дороги и под воздействием различных факторов происходит образование дефектов на асфальтобетонных покрытиях автомобильных дорог. Основными недостатками транспортного и эксплуатационного состояния дорожной сети являются неровности и дефекты покрытия, его низкие сцепные качества, отсутствие зимнего ухода, сужение проезжей части и неудовлетворительное состояние разделительной полосы, неисправности технических средств организации движения.

Все факторы влияющие на процесс образования поврежденных асфальтобетонного покрытия условно можно разделить на внутренние и внешние. Внутренние факторы могут быть связаны с первым этапом проектирования. автомобильных дорог. Ошибки при проектировании автомобильной дороги могут вызвать просадку грунтового основания, вымывания и снижение стабильности подстилающего слоя основания, быстрый износ дорожного покрытия и другие дефекты. На этапах строительства и эксплуатации дороги, могут иметь место устаревшие технологии и некачественные материалы, которые могут стать причиной быстрого износа и разрушения дорожного покрытия, что может проявляется в виде трещин, сколов, ям и выбоин.

Несоблюдение нормативных требований и правил при проектировании, проведении строительства и эксплуатации автомобильных дорог, является тем фактором, который неизбежно окажет влияние на процесс разрушения дорожного всей дорожной конструкции.

Внешние факторы оказывают влияние на автомобильную дорогу в процессе ее эксплуатации, к ним могут относиться: погоднo-климатические условия, действие транспортной нагрузки и грунтово-гидрологические условия.

Под воздействием нагрузки от транспортных средств и неблагоприятных климатических условий ухудшаются основные эксплуатационные показатели дороги. Такие как: водонепроницаемость, прочность, ровность и сцепные свойства покрытия автомобильной дороги, что в свою очередь приводит к ухудшению транспортно-эксплуатационных параметров дороги и к понижению несущей способности конструктивных элементов дороги, что проявляется в виде образования выбоин, просадок, проломов, трещин, волн, сдвигов и колеяности на поверхности покрытия. Возникающие на поверхности покрытия выбоины приводят к снижению скоростных режимов транспортных средств, увеличивают динамические нагрузки на автомобили и влияют на безопасность дорожного движения.

Наиболее интенсивно образование дефектов на асфальтобетонном дорожном покрытии происходит весной и осенью, когда проникающая влага в дорожные слои и температура окружающего воздуха оказывают снижение прочностных характеристик дорожно-строительных материалов, что способствует образованию повреждений в виде выбоин. Высокая степень влажности в конструктивных слоях автомобильной дороги и понижение температуры окружающего воздуха ниже 0°С, приводит к разрушению структуры асфальтобетона и разуплотнению земляного полотна, песчаного и щебеночного основания, увеличивается объем влаги, в процессе ее перехода из жидкого в твердое состояние при замерзании. Следующим негативным фактором является увеличение грузоподъемности транспортных средств, в результате чего повышается осевая нагрузка на дорожные покрытия. При движении автомобилей на автомобильную дорогу действуют горизонтальные и вертикальные усилия. Следствием этого появляются колеяности, сдвиги и трещины, что приводит к снижению скоростного режима на участке дороги. Возникшие в результате транспортных нагрузок повреждения (трещины, ямы, сколы, выбоины и др.) снижают водонепроницаемость, прочность, ровность и сцепные свойства покрытия.

За счёт процессов старения и износа асфальтобетонных покрытий, накопления остаточных деформаций в процессе эксплуатации автомобильных дорог и усталостного разрушения происходит разрушение дорожных покрытий нежёсткого типа автомобильных дорог. Интенсивное накопление остаточных деформаций в покрытиях дорожных одежд нежёсткого типа происходит с повышением грузоподъемности транспортных средств и интенсивности

движения. К усталостному разрушению материала и снижению трещи- ностойкости асфальтобетона приводит изменение свойств вяжущего в процессе эксплуатации дороги.

Разрушения и пластические деформации автомобильных дорог можно разделить на две категории — это дефекты покрытия, и повреждения всей дорожной конструкции в целом. К наиболее распространенным повреждениям конструкции дорожной конструкции можно отнести:

- **просадка** это искажение профиля дороги в форме впадин с пологими краями;

- **колея** является деформацией поперечного профиля дорожного полотна вдоль линии наката;

- **проломы** это более сильное разрушение конструктивных слоев покрытия с резкой деформацией поперечного профиля;

- **выкрашивание** — нарушение покрытия за счет выпадения частей минерального материала;

- **разрушения кромок** — обрушение наружного среза дорожных покрытий в местах сопряжений с обочинами;

- **раскрытые трещины** это линейные необработанные повреждения с шириной разрыва 3 мм и более.

К дефектам поверхности покрытия можно отнести :

- *сдвиги* — смещение конструктивных слоев, обычно на крутых спусках или в местах торможения;

- *волны* — чередование на поверхности возвышений и впадин в продольном направлении относительно центральной оси дороги;

- *шелушение* — последовательное разрушение поверхности в результате отслаивания тонких чешуек материала;

- *выбоины* это дефекты в форме углублений с резко обозначенными краями (глубина 3 см и более);

- *трещины (одиночные, сетка)* это продольные, пересекающиеся, поперечные разрывы, хаотично расположенные на поверхности без какой-либо закономерности.

Следовательно, к появлению дефектов на покрытии дороги приводит комплексное воздействие на автомобильную дорогу.

Причины образования дефектов на поверхности покрытия нежесткого типа известны. Разработаны методы и рекомендации по их снижению или предотвращению. Методы постоянно совершенствуются.

Литература:

1. Зубков А.Ф. Технология ремонта дорожных покрытий автомобильных дорог с применением горячих асфальтобетонных смесей, 2014.
2. Веренько В.А. Проект дорожной одежды нежесткого типа, М., 2019.

ОСОБЕННОСТИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЦВЕТНЫХ ПОКРЫТИЙ

*Цухло Анастасия Анатольевна, Махнач Александра Михайловна,
студенты 5-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)*

Применение цветных материалов для устройства верхних слоев площадей, тротуаров, велосипедных дорожек и т. д. в настоящее время становится все более актуальным.

Цветной асфальт – это искусственный материал, для строительства дорог, композитного состава, который состоит из минерального наполнителя, вещества органического вяжущего (светлого, тёмного, бесцветного) и, важным компонентом для него, окрашивающей составляющей. Отличием цветного асфальта от обычного серого, является лишь множество разных оттенков.

Состав цветного асфальтобетона значительно идентичен с составом привычного нам асфальта, посредством чего эксплуатационные свойства покрытий различных цветов фактически не отличаются характеристикам сероватого либо темного дорожного полотна.

На данный момент существуют 3 основных отличия в составах цветного и обычного асфальта – это тип наполнителя, вяжущее вещество и окрашивающий пигмент.

Вариантов происхождения окрашивающих пигментов два: органического либо неорганического. Предпочтительнее у заказчиков неорганические пигменты, поскольку они отличаются более долгим сроком службы и более низкой ценой.

От желаемого результата цветного асфальта зависит и выбор окрашивающего элемента. Если взять такой пигмент как диоксид титана, получится белый цвет, свинцовый крон – желтый, с оранжевым кроном мы получим оранжевый, а оксиды железа и хрома дают нам возможность получения темных вариантов красного и зеленого соответственно. В г. Перми подошли с новой стороны к этому моменту, используя пыль системы газоочистки электропечи ДСП – 60 завода «Камасталь». Химический состав пыли, отходящей от печи содержит в себе оксид кремния, магний, алюминий и другие вещества. Пыль представляет собой тонкодисперсный порошок светлого цвета с высокой удельной поверхностью (1,2-2,5 тыс. см²/г) и объемной массой 3,7-4,2 г/см³. Цвет

порошка темно-коричневый, таким образом добавка пыли системы газоочистки повлияла на цвет асфальтобетона.

С использованием, привычного нам, черного нефтяного битума, как основного вяжущего, проблематично окрасить асфальтобетонные консистенции в яркие цвета. А вот нефтеполимерная и термопластичная смолы, осветленное вяжущее на основе битума, органические светлые или вовсе специальные бесцветные вяжущие отлично подходят для выполнения этой задачи.

В лаборатории изготовили органобетон красного цвета типа Г на основе пластифицированной смолы нефтяного происхождения. Смола имела следующие свойства: глубина проникания иглы при 25 С – 171*0,1 мм, температура размягчения – 38 С, растяжимость при 25 С - >100 см, сцепление со стеклом при 85 С – 62%, температура хрупкости – минус 18 С, светопропускание равно 99 %. В производственных условиях вяжущее по свойствам отличается от лабораторных: у него ниже пенетрация, выше температура размягчения. Это может быть следствием того, что приготовленное вяжущее смешалось с остатками вяжущего в техническом оборудовании, которое невозможно было полностью удалить. Важным моментом является то, что цвет полученного вяжущего на производстве получился темнее, чем в лаборатории.

Из производителей бесцветного вяжущего наиболее известны такие как: вяжущее испанского производства «Рекофал», которое все чаще используется в последнее время, имеет гранулированную форму, темную либо светлую окраску, или вовсе может быть прозрачным; вяжущее марки Sealoflex® Color — материал, изготовленный из масел, полимеров и технологических добавок, оно не наносит ущерба окружающей среде и не угрожает здоровью людей; продукт STARCOLOR®M-S – это уже окрашенное или прозрачное термопластичное вяжущее, которое используется вместо битума в асфальтобетонной смеси. Все вышеуказанные марки работают с пигментами желаемого цвета для получения цветного покрытия.

Минеральный наполнитель в цветном асфальте обязан иметь оттенок, который не помешает колоризации консистенции. Вероятные варианты минерального наполнителя: гравий, щебень кварцитовый, кирпичный щебень, щебень керамический, минеральный порошок, песок, мраморная крошка.

И при всем этом стоит учесть, что цвет наполнителя обязан находиться в одной цветовой палитре с окрашивающим пигментом, если стоит цель достигнуть наибольшей однородности. Когда минеральный наполнитель и цветной асфальт будут схожего цвета, то даже при стирании верхний слоев полотна, однородность материала останется такой же.

Покрытие цветным щебнем и покраска шоссе термопластиком или холодным пластиком, специальной краской – варианты с наиболее низкой

стоимостью, они, как правило, не практичны и не долговечны, так как краске свойственно стираться, а щебень при интенсивном использовании изнашивается. Срок эксплуатации дорожного полотна, покрытого специальной краской, сокращается в двое, при воздействии естественных условий, так как краска держится не более 3-х лет. В последнее время в производстве дорожных красок в качестве полимеров используются термопластичные акриловые сополимеры с небольшим содержанием элементарных звеньев на основе акриловой либо метакриловой кислоты (Degalan, NeoCryl и т.д.) Высокая атмосферостойкость и долговечность акриловых покрытий позволяют сократить количество ремонтных окрасок и приблизить срок эксплуатации лакокрасочных покрытий к сроку эксплуатации изделий.

Более высококачественными являются такие покрытия для дорог, как мощение дороги цветными элементами, например, тротуарной плиткой и цветное асфальтирование. Первый вариант не подходит для магистралей, зато популярен для мощения небольших территорий – тротуар, пешеходные зоны в парках, площади, скверы. А уже для таких масштабных объектов как автомагистраль, наиболее качественным и долговечным вариантом является цветной асфальтобетон.

Имеется статистика, которая говорит о уменьшении аварийных ситуаций на дорогах с цветным покрытием, исходя из этого такой вариант строительства дорог получил большую популярность в странах запада. При насыщенном потоке автомобилей, броский цвет дороги или элементов дорожной разметки помогает ориентироваться как водителям, так и пешеходам.

Использовать цветное асфальтобетонное покрытие возможно при разметке «зебр», остановок для общественного транспорта, велосипедных трекков. Обеспечения сцепления на пешеходных переходах осуществляется путем применения пластичных материалов, поверхность линии посыпается специальными фрикционными материалами. Повышение коэффициента сцепления можно увеличить за счет создания структурированной поверхности. К таким поверхностям и относятся цветные тонкослойные покрытия противоскольжения. Применение таких материалов делает разметку не только менее скользкой при мокром покрытии, но и обеспечивает лучшую видимость разметки в отраженном свете фар транспортных средств в темное время суток. Еще как дополнительный источник света в тоннелях используется белый асфальт в целях обеспечения большей безопасности движения. Цветное асфальтовое покрытие применяется для разметки территорий аэропортов, вокзалов, грузовых терминалов, портов.

В Беларуси укладкой цветного асфальтобетона занимается ОДО «Автодорремонт». На данный момент в России и Беларуси такое дорожное

покрытие относится к декоративным продуктам, производство происходит по индивидуальному заказу и в небольших объемах, так как у него сложная технология приготовления и высокая стоимость.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА РАСТЯЖЕНИЕ СОВМЕЩЁННЫМИ МЕТОДАМИ ИССЛЕДОВАНИЯ

*Белоусов Андрей Владимирович, студент 2-го курса
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк
(Научные руководители – Боровкова Е.С. старший преподаватель
кафедры физики, Шабанов Д.Н. канд. техн. наук, доцент)*

Summary. Experimental studies in assessing the elastic properties of asphalt concrete samples according to the "Brazilian test" scheme. The relationship between the strength and acoustic emission (AE) characteristics of samples under uniaxial loading is determined, models created in ANSYS

Асфальтобетон является одним из наиболее используемых в дорожном покрытии. С каждым годом количество автомобилей на дорогах увеличивается, следовательно, и интенсивность движения. Для того, чтобы сохранить дорожное полотно в целостности, стоит не только регулярно следить за дорожным покрытием, но и заранее определить, будет ли пригодна асфальтобетонная смесь для данного участка дороги.

В данной работе «Бразильский тест» подходит для определения прочности на растяжении. Одним из важнейших параметров асфальтобетона является прочность на растяжение, так как при интенсивном движении автотранспорта нагрузка идёт не только на сжатие. Измерения проводились при помощи специальной акустико-эмиссионной аппаратуры. В данной работе был проведен ряд экспериментальных исследований при заданной скорости нарастания нагрузки по испытанию цилиндрических образцов. Суть самого метода заключалась в том, что происходила регистрация и анализ акустических волн, которые возникали в процессе пластической деформации и разрушения (роста трещин) контролируемого объекта. Это позволяет организовать адекватную систему классификации дефектов и критерии оценки состояния асфальтобетона, основанные на реальном влиянии дефекта на объект [1]. Испытывая образцы, одновременно запускаются две программы: одна для регистрации параметров и полных сигналов АЭ и вторая - для регистрации механических величин. Для испытаний были использованы установка для нагружения - пресс гидравлический (скорость нагружения 0.2 МПа/с), пьезодатчик для регистрации АЭ, осциллограф и компьютер.

В ходе эксперимента были исследованы лабораторные образцы из асфальтобетона цилиндрической формы диаметром 150 мм и высотой 45 мм, состав образцов соответствует ГОСТ 58406.1-2020 [2]. Результаты эксперимента представлены на рисунке 1.

Информационные технологии в моделировании. Образец в модели был помещён между двух параллельных штампов в форме плоско-параллельных пластин из конструкционной стали (стандартный материал пакета ANSYS, модуль Юнга равен 210 ГПа [3]). В свою очередь, использование программного пакета ANSYS Mechanical, для определения прочности асфальтобетонных образцов на растяжение по схеме «бразильского теста», позволит упростить оценку прочностных свойств строительных материалов, что послужит дальнейшей работой в этой области.

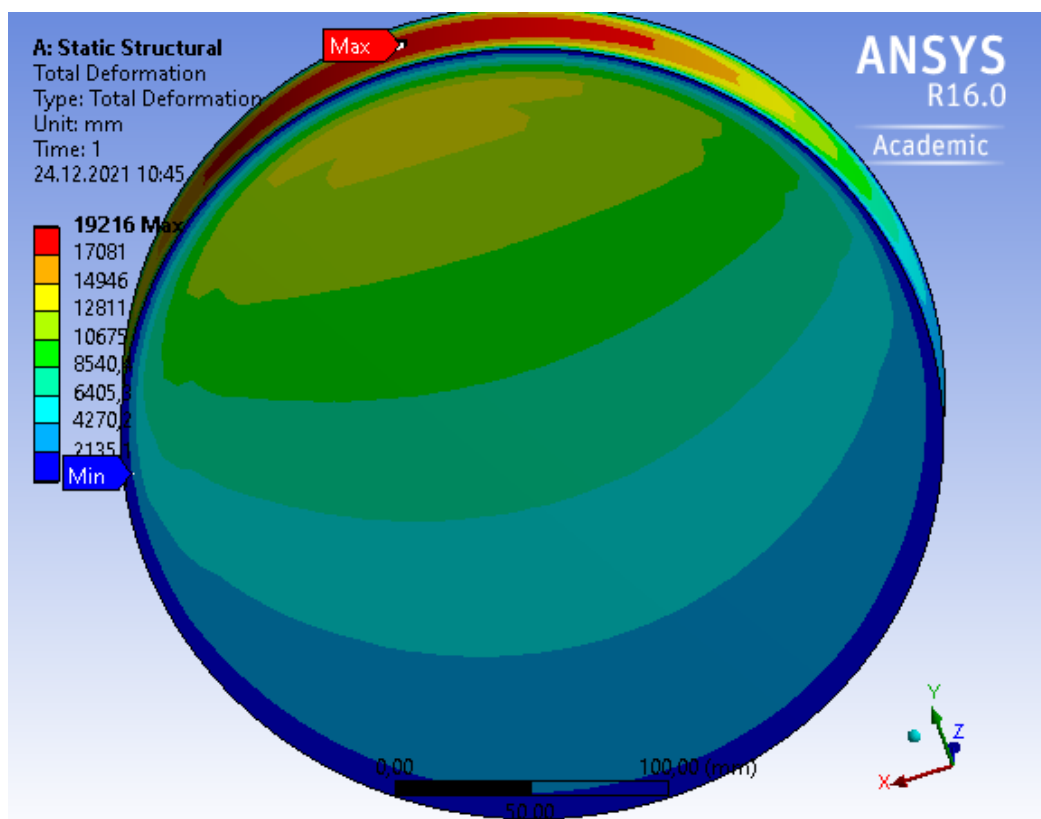


Рисунок 2 – Изоповерхности компоненты напряжения

Таким образом, выполняя ряд научных исследований, были рассмотрены и проанализированы различные способы определения прочности на растяжение асфальтобетона. Доказали, что «Бразильский» тест, несмотря на его многолетнюю историю, до сих пор не утратил свою актуальность, так же он подходит для исследования асфальтобетона.

Сформулированы выводы о том, что с помощью метода акустической эмиссии можно продуктивно исследовать образцы без их физического

разрушения с затратой меньшего количества времени и сил, а используя метод компьютерного моделирования можно создавать достаточно точные модели микроструктуры образцов на различных этапах твердения в электронном варианте и предугадывать их физические-механические свойства.

Используя полученные данные экспериментальным и теоретическим путём, планируется проведение компьютерного моделирования асфальтобетона и развитию в ней трещин с целью получения более широкой картины происходящих изменений внутри образцов.

Литература

1. Бехер С. А. Основы неразрушающего контроля методом акустической эмиссии: учеб. пособие / С. А. Бехер, А. Л. Бобров. — Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2013. — 145 с.
2. Смеси щебёночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия: ГОСТ 58406.1-2020. – Введ. 15.05.2020 - Москва: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии - 2020 – 35 с.
3. Brazilian Test [Electronic resource] / Geotechdata — Mode of access: <https://www.geotesting.org/geotest/brazilian-test> — Date of access: 15.09.2021.

Секция 3
ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ

МЕТОДЫ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ НАЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПРОКЛАДКЕ ТОННЕЛЕЙ

*Лимонт Александр Витальевич, Салтанов Иван Игоревич,
Святохо Ольга Викторовна, студенты 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е. Ю., старший преподаватель)*

При строительстве тоннелей всех назначений имеют место осадки земной поверхности, вызываемые горными работами. Величины осадок зависят от глубины залегания тоннелей, геологических условий, размеров горных выработок, скорости и способов ведения горных работ, своевременности заполнения пустот за обделкой сооружения и ряда других факторов.

В целях выявления величин осадок необходимо постоянно наблюдать за поверхностными сооружениями в зоне возможной деформации. Наблюдения состоят в периодическом нивелировании установленных на сооружениях деформационных реперов.

Ширина возможной зоны деформации устанавливается от полуторной до двойной глубины залегания тоннеля (по каждую сторону от него), в зависимости от геологических и гидрогеологических условий.

Проект расположения деформационных реперов составляется на имеющихся планах поверхности, на которых показаны проектируемые подземные сооружения.

Деформационные реперы намечаются на зданиях вблизи основных углов, а на больших зданиях - на расстояниях 20 - 25 м друг от друга.

После составления проекта расположения реперов производится рекогносцировка в натуре. Места закладки реперов отмечаются масляной краской, на стенах подписываются их порядковые номера. Возрастание номеров дается сообразно возрастанию пикетажа трассы.

На зданиях с облицовкой из гранита или мрамора реперами могут служить цоколи указанных облицовок. Места постановки нивелирной рейки окрашиваются краской, при этом выполняются зарисовка и линейные привязки мест, служащих реперами, к ближайшим характерным элементам ситуации - углам домов, аркам, пилястрам и т.д. (рис. 1). [1]

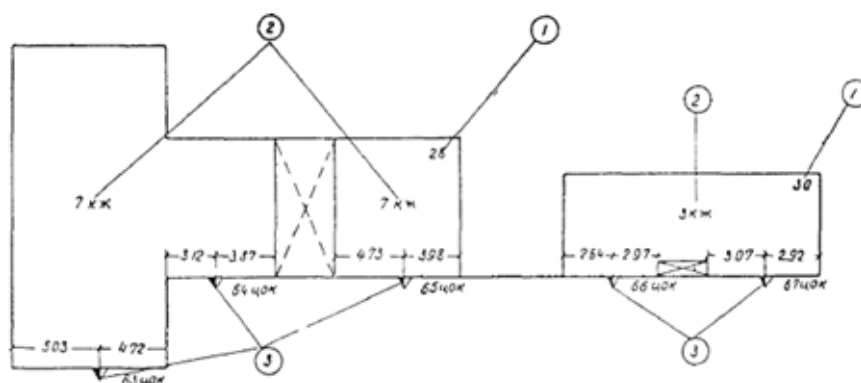


Рисунок 1 – План расположения деформационных реперов на цоколях зданий (1- номера домов; 2 - характеристики зданий; 3 - деформационные реперы. Размеры указаны в метрах)

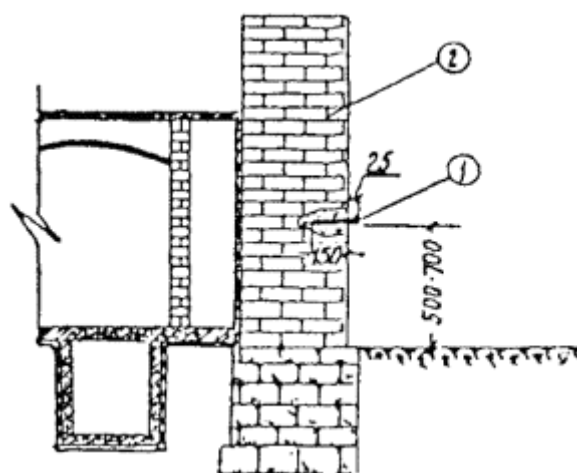


Рисунок 2 – Стенной деформационный репер (1- деформационный репер; 2 - цоколь здания. Размеры указаны в миллиметрах)

Одновременно с рекогносцировкой производится обследование основной застройки, уточняются характеристики и адреса зданий. Все изменения и дополнения наносятся на планы поверхности.

В качестве реперов применяются костыли, изготовленные из арматурного железа, толщиной не менее 15 мм или готовые железнодорожные. Реперы закладываются в цоколи зданий на цементном растворе. [2]

При строительстве внегородских тоннелей наблюдения за деформацией поверхности производится в случаях:

- а) наличия на трассе наземных сооружений;
- б) расположения тоннеля в неустойчивых (оползневых) породах.

Первичное нивелирование

До производства горнопроходческих работ сеть исходных реперов в районе трассы сгущается. Сгущение производится прокладкой опорных ходов III класса. Дополнительными реперами могут служить удаленные от трассы

нивелирные реперы, ранее не вошедшие в опорные ходы III класса, деформационные костыли и характерные точки наземных сооружений.

Для получения первичных отметок деформационных реперов между реперами II класса и реперами опорных ходов III класса прокладываются ходы III класса.

При выверке нивелира особое внимание уделяется соблюдению условия параллельности осей трубы и уровня.

Первичное нивелирование деформационных реперов производится по черной и красной сторонам реек дважды, желательно разными исполнителями и инструментами.

Максимальное расстояние от нивелира до реек не должно превышать 50 м.

Длины ходов между узловыми точками не должны быть более 400 м. Висячие ходы более трех станций не допускаются.

Для первичного и повторного нивелирования по деформационным реперам установлены следующие допуски:

а) расхождения в превышениях, определенных по черной и красной сторонам реек, не должны превышать ± 3 мм;

б) невязки в полигонах и замкнутых ходах не должны превышать где n - число станций.

При величинах невязок в ходах, превышающих указанный допуск, производится уточнение отметок исходных реперов путем контрольного нивелирования опорными ходами III класса.

Расхождения в отметках деформационных реперов, получаемые из двух начальных нивелирований, не должны превышать 5 мм.

Повторное нивелирование

По мере производства горнопроходческих работ периодически ведется нивелирование деформационных реперов, по результатам которого выявляются величины осадок.

Отсчеты на связующие точки ходов производятся по черной и красной сторонам реек, на промежуточные - только по черной.

Периодичность повторных нивелирований определяется степенью интенсивности осадок, но не реже одного раза в 1,5 месяца.

Повторное нивелирование продолжается до полного затухания осадок и в любом случае - не менее 3 месяцев после окончания горнопроходческих работ.

Для выявления деформации исходных реперов в районах производства горностроительных работ производится контрольное нивелирование этих реперов опорными ходами III класса. Периодичность его зависит от интенсивности осадок, но не должна быть реже двух раз в год.

Следует иметь в виду, что при большом притоке воды в подземных выработках зона осадок поверхности может достигать пятикратной глубины сооружения (по каждую сторону от него). Это обстоятельство может потребовать значительного расширения зоны контрольного нивелирования. [3]

Оформление материалов

На все реперы II класса и реперы опорных ходов III класса, расположенные в районе наблюдения за деформацией, составляется каталог исходных отметок по форме.

Первичные значения отметок, а также описание деформационных реперов заносятся в специальную книгу-каталог. Первичные отметки выписываются красной тушью. В эту же книгу-каталог записываются величины осадок деформационных реперов по форме. Помимо записей в каталогах, деформация отражается графически на планах штриховкой в условных знаках

По результатам повторных нивелирований ежемесячно составляется сводная ведомость осадок по форме.

В особых случаях, когда осадки достигают значительных размеров, составляются промежуточные сводки непосредственно после получения полевых данных.

Литература:

1. Грунты. Методы измерения деформаций оснований зданий и сооружений. Стандартиформ, Межгосударственный стандарт : ГОСТ 24846, 2012. - Введ. 07.09.2012г. - Москва. - 36 с.
2. Основания и фундаменты зданий и сооружений : СНБ 5.01.01-9, 1999. - Введ. 03.06.1999г. - Минск : Министерство архитектуры и строительства РБ - 1999.-34 с
3. Руководство по наблюдениям за деформациями оснований зданий и сооружений. - Москва : Научно-исследовательский институт оснований и подземных сооружений имени Н.М. Герсеванова, 1975 - 110 с

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ НАЗЕМНОГО ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТОННЕЛЕЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

*Антонович Антон Сергеевич, Гринкевич Илья Вадимович,
Мартиневич Илья Сергеевич, студенты 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е.Ю., старший преподаватель)*

Согласно общепринятому определению, Геодезические спутники искусственные спутники Земли, запускаемые в качестве объектов наблюдения для решения задач спутниковой геодезии. Материалами для решения таких задач служат измеренные в результате наблюдений направления на тот или иной спутник (позиционные наблюдения) и расстояния до него.

Геодезические связи между пунктами Земли, удалёнными друг от друга до нескольких тыс. км (например при межконтинентальной космической триангуляции) устанавливаются путём позиционных фотографических наблюдений спутника движущегося на высоте 4-6 тыс. км одновременно из двух или более пунктов. Для обеспечения таких наблюдений спутниковыми фотокамерами средних размеров запускаются надувные Г. с. - баллоны диаметром до 30-40 м из алюминированной пластмассовой плёнки. В динамической спутниковой геодезии используют более массивные спутники движение которых в меньшей мере зависит от неоднородностей атмосферы, а определяется в основном особенностями гравитационного поля Земли; такие Г. с. запускают на высоты до 3 тыс. км.

Для повышения точности одновременных позиционных наблюдений и измерения расстояний до спутников на Г. с. устанавливается специальное оборудование. Мощные импульсные источники света, работа которых контролируется бортовыми кварцевыми часами и управляется с Земли, облегчают позиционные наблюдения и позволяют синхронизовать их с высокой точностью при одновременном участии в работе нескольких станций. Приёмопередатчики, ретранслирующие радиосигналы, посылаемые на Г. с. наземными станциями, позволяют путём измерения сдвига фазы принятого на станции сигнала относительно посланного определять расстояния до спутника. Расстояния до Г. с. определяются также на основе анализа изменений частоты

сигналов установленных на Г с. радиопередатчиков вследствие Доплера эффекта.[1.]

Наилучшее решение задачи достигается, когда используются наблюдения или данные о движении спутников с орбитами разных наклонов и высот, а также данные наземной гравиметрической съёмки. Для исследования или исключения таких возмущений, как, например, сопротивление атмосферы Земли, используют т. н. геодезические спутники, орбиты которых выбирают для этой цели особо. В настоящее время в решении динамических задач С. г. всё большую роль играет применение радиотехнических и лазерных методов наблюдений движения спутников и далёких космических объектов.

Точностные характеристики GPS - методов измерений не только удовлетворяют, но и превышают установленные при строительстве тоннелей требования. Спутниковые методы измерений отличаются не только высокой точностью определения взаимного положения (приращений координат) смежных пунктов, но и высокой производительностью и оперативностью, возможностью производить измерения при любых погодных условиях. При определении координат пунктов сети спутниковыми методами взаимная видимость между пунктами не требуется, поэтому их расположение и плотность устанавливается в основном с учетом дальнейшего использования, в частности, для сгущения геодезической сети. Единственным требованием для приема сигналов со спутников является отсутствие препятствий, закрывающих небо выше 15-20° над горизонтом, расположение зданий и сооружений ближе 15м и телевизионных передатчиков ближе одного км.

Из известных спутниковых методов определения местоположения точек наиболее приемлемыми по точности для построения тоннельных опорных сетей являются дифференциальные (относительные) методы определения положений в статическом, кинематическом и псевдокинематическом режимах. Наибольшая точность определения взаимного положения смежных пунктов достигается при статическом режиме дифференциального метода измерений. При применении современных геодезических GPS - приемников точность характеризуется средней относительной ошибкой порядка $(1^2)10'$.

При создании главной плановой геодезической основы необходимо иметь в качестве исходных не менее трех пунктов государственной или городской триангуляции или полигонометрии высших классов. Чем больше сеть, тем больше требуется исходных пунктов. Для небольших сетей с пятью и менее определяемыми пунктами исходных пунктов может быть два. Возможная схема расположения пунктов главной основы, создаваемой GPS - методом, представлена на рис. 16. Сгущение главной плановой сети для передачи

координат и дирекционного угла в районы строительных площадок может быть также осуществлено дифференциальными методами GPS - измерений.

На рис. 16 показаны две схемы построения сети сгущения в виде отдельных локальных сетей в районе проведения тоннельных работ. Первая схема предусматривает определение трех приствольных пунктов GPS от пунктов главной основы 1 и 3. Вторая - определение ряда точек вдоль тоннеля, образующих базовый ход между исходными пунктами 3 и 7. В том случае, когда расположить станции GPS непосредственно у ствола невозможно из-за неблагоприятных условий на площадке и прилегающей территории, прокладывают ходы подходной полигонометрии.

При создании тоннельного высотного геодезического обоснования спутниковыми методами с использованием приемников GPS необходимо иметь в виду, что высоты, определяемые приёмниками GPS отсчитываются от поверхности эллипсоида, тогда как высоты из нивелирования отсчитываются от поверхности квазигеоида. Для пересчёта из одной системы высот в другую надо знать высоты квазигеоида над эллипсоидом.

В высотной сети, создаваемой GPS - методами, минимум четыре точки должны быть совмещены с марками и реперами государственного нивелирования, имеющими нормальные высоты, отсчитываемые от поверхности квазигеоида. По возможности используют как можно больше реперов, имеющихся в районе создаваемой сети. Учитывая, что при применении GPS - методов точность высотных определений на порядок ниже, чем плановых, предпочтение отдают созданию нивелирных сетей.[2.]

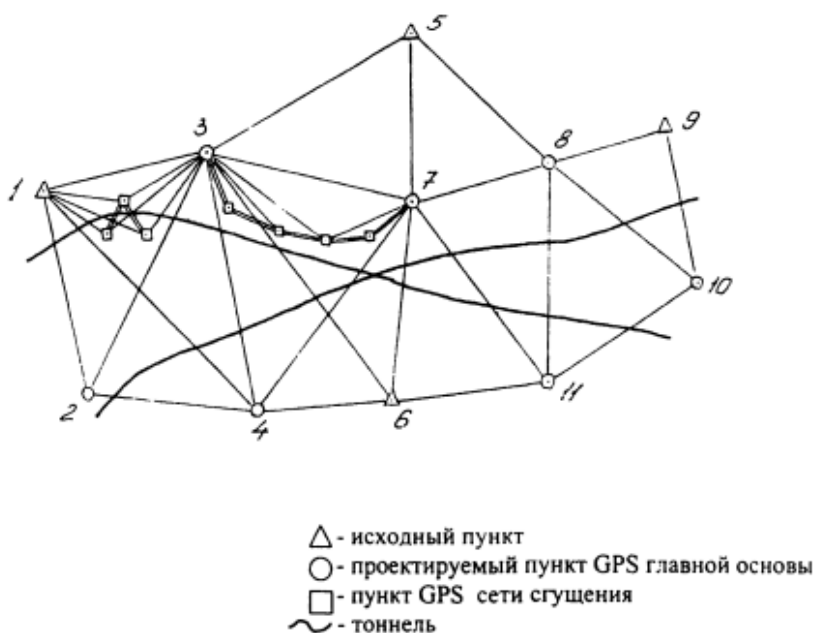


Рисунок 1 – Схема тоннельной геодезической основы, создаваемой спутниковыми методами

Литература:

1. Научный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studwood.ru/1238130/geografiya/ispolzovanie_sputnikovyh_tehnologiy_inzhenernoy_geodezii – Дата доступа: 08.12.2021.
2. Геодезические работы при строительстве тоннелей и подземных сооружений [Электронный ресурс]. <https://cyberpedia.su/14x7691.html> – Дата доступа: 08.12.2021.
3. Библиотека диссертаций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dslib.net> – Дата доступа: 08.12.2021.
4. Национальный правовой Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vlgr.ranepa.ru/about/struktura/podr/biblio/v-pomoshchnauchnoy-rabote/obraztsy-po-gost-7-1-2003.php> – Дата доступа: 13.12.2021.
5. Национальный правовой Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://coalguide.ru/markshejderskie-raboty-pri-stroitelstve-shakht-i-provedenii-gornyx-vyrabotok/623-markshejderskie-raboty-pri-stroitelstve-shakht/> – Дата доступа: 13.12.2021.

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИ ВЕДЕНИИ ТОННЕЛЬНЫХ ЩИТОВ ТПМК

*Мацкевич Илья Олегович, Горбач Илья Витальевич, Головки Кирилл Юрьевич, студенты 5-го курса, «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е. Ю., старший преподаватель)*

Работы, выполненные по геодезическому обеспечению ведения тоннелепроходческого механизированного щита «Алеся», при строительстве 3 ветки Минского метрополитена, показали возможность успешного применения современных геодезических приборов и технологий на практике.

Строительство тоннелей и подземных сооружений требует выполнения большого объема геодезических работ, отличающихся многообразием и специфическими особенностями. По своему составу и разнообразию применяемых методов и технических средств эти работы наиболее полно представлены при строительстве тоннелей метрополитена.

Для тоннелей, сооружаемых встречными забоями с применением щитового способа проходки, весь комплекс работ можно представить следующими основными группами:

построение планового и высотного геодезического обоснования на поверхности;

обновление и составление топографических и специализированных планов на узкую полосу вдоль трассы проектируемого тоннеля;

аналитические расчёты при проектировании тоннеля и геодезическая подготовка проекта для выноса его в натуру.

построение подземного планового и высотного геодезического обоснования;

передача координат, дирекционного угла и отметок с поверхности в подземные выработки;

разбивочные работы по вынесению в натуру осей и конструктивных элементов тоннеля и его сооружений на поверхности и в подземных выработках;

геодезическое обеспечение при ведении тоннельных щитов;

наблюдения за осадками и деформациями обделок тоннелей, наземных зданий и сооружений;

составление исполнительных чертежей тоннельных сооружений;

геодезические работы по укладке рельсовых путей в тоннеле.

Возможность применения современных геодезических приборов и технологий при строительстве линий метрополитена, позволяет существенно сократить как объемы геодезических работ, так и повысить точностные характеристики.

Механизированный тоннелепроходческий щит для строительства минского метрополитена изготовила французская фирма Bessac. Его длина — 90 метров (больше четырех вагонов метро), масса — 550 тонн. Единственный в Минске механизированный щит может сооружать тоннели диаметром в шесть метров.

Геодезическо-маркшейдерское обеспечение при ведении щита заключается в следующем:

геодезическо-маркшейдерское сопровождение при монтаже сегментов щита;

установка маркшейдерского оборудования на проходческом комплексе;
ведение щита по проектной трассе.

До начала проходки щит монтируют в исходное проектное положение в специальной щитовой камере на специальном металлическом ложе. С этой целью разбивают проектную продольную ось щита, закрепляя ее не менее чем тремя знаками. На этой оси щит устанавливают в исходное плановое положение по заданному пикетажу и проектное высотное положение.[1]

После окончания монтажа щита (Рис. 1) производится его исполнительная съемка по определению радиусов в плоскости домкратов, ножа и хвостовой части щита с погрешностью не более ± 2 мм.



Рисунок 1 – Смонтированный ТПМК «Алеся» на ложе

По данным исполнительной съёмки составляется паспорт щита (Рис. 2). В дальнейшем в процессе работы щита по тем же сечениям и точкам ежемесячно производят контрольные измерения, которые записывают в специальном журнале и результаты сравнивают с предыдущими измерениями, что дает информацию о деформациях щита.

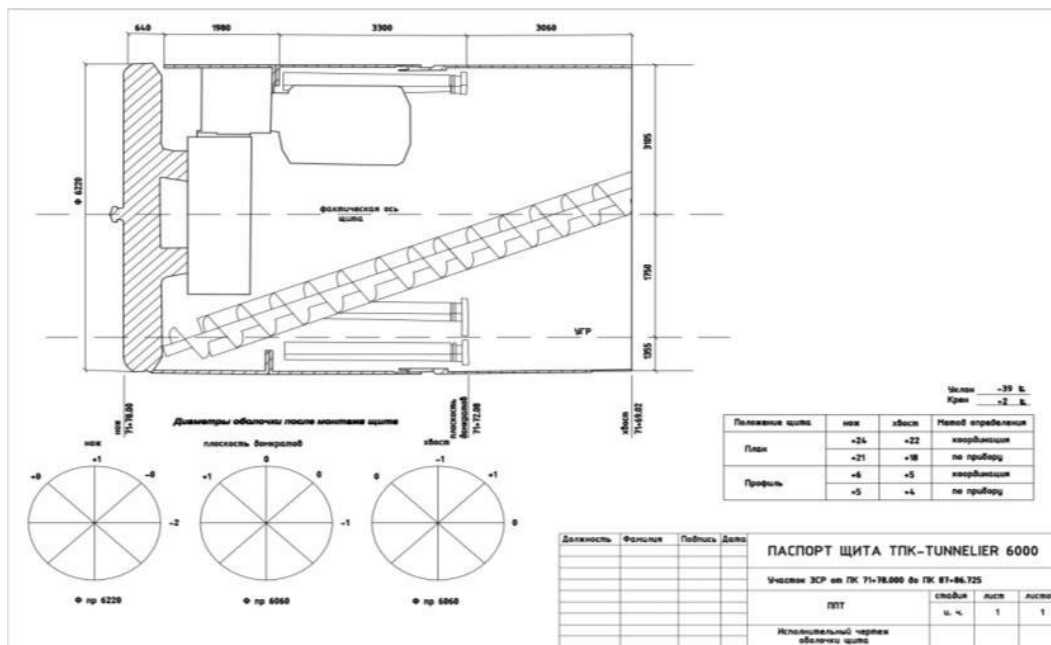


Рисунок 2 – Паспорт щита ТПК

За монтажом сегментов щита следует навеска маркшейдерского оборудования. Оборудование на щите «Алеся» представлено английской компанией ZEDGLOBAL.

Комплект системы ZEDGLOBAL состоит из следующих модулей и прибора:

- комбинированная мишень;
- процессор с дисплеем;
- роботизированный тахеометр TopconDS.

Комбинированная мишень-это преобразователь, который используется для измерения вертикального и горизонтального смещений ТПК относительно опорного лазерного луча. Он также измеряет угол падения лазерного луча по горизонтали и углы крена/наклона машины под действием силы тяжести.[2]

Место для установки комбинированной мишени выбирается таким образом, чтобы лазерный луч постоянно попадал на передний экран.

Приемный модуль обычно устанавливается в направлении свода тоннеля, чтобы минимизировать вероятность прерывания луча людьми, работающими в тоннеле. При использовании сочлененной ТПК комбинированную мишень

устанавливают на передней части машины, в противном случае потребуется дополнительное оборудование для контроля секций, находящихся перед комбинированной мишенью [3].

Если кроме лазерного луча с позиции установки комбинированной мишени (Рис. 3) видны другие источники яркого света, мишень может работать неправильно. Поэтому устройство устанавливается на затемненной части машины, либо прикрывается экраном, для защиты от прямых источников света.

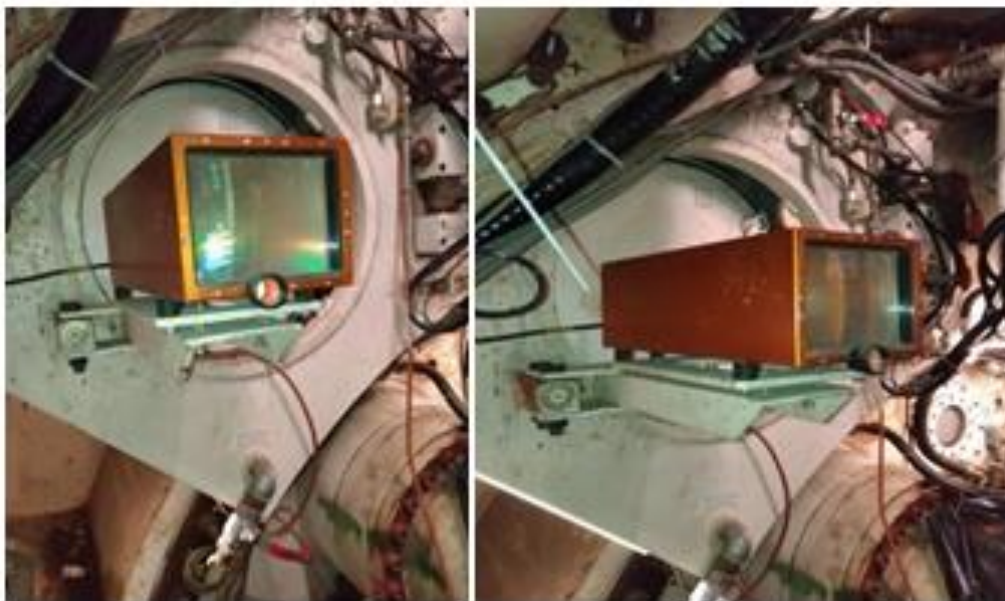


Рисунок 3 – Комбинированная мишень и место установки

После выбора оптимального положения для установки комбинированной мишени ее устанавливают, соблюдая следующие допуски:

крен $+ 0,5^\circ$ относительно вертикальной оси машины;

наклон $+ 0,5^\circ$ относительно главной оси машины;

увод $+ 0,5^\circ$ относительно главной оси машины.

Процессор содержит основной дисплей и компьютер, с помощью которых маркшейдер управляет работой. Процессор с дисплеем устанавливают в месте, доступном для оператора и удобном для работы с устройством. Угол зрения не является крайне важным, однако свет, отражаемый от стеклянного экрана дисплея, может затруднить работу с дисплеем.

Необходимо защитить устройство от брызг воды, пыли, грязи и возможных механических повреждений, а также обеспечить простой доступ к разъемам.

Устройство можно установить на панели управления или встроить в панель (Рис. 4), соответствующим образом изменив положение монтажных кронштейнов.



Рисунок 4 – Процессор с дисплеем и место установки

Роботизированный тахеометр TopconDS является высокоточным прибором и передаёт информацию в виде координат в режиме реального времени на дисплей. Тахеометр и призма, которая идет в комплекте с прибором устанавливаются на специальные консоли (Рис. 5). Консоли крепятся непосредственно к обделке тоннеля и между ними должна быть видимость. [4]



Рисунок 5 – Тахеометр и призма на консоли

Перед началом проходки маркшейдер рассчитывает по укладочной схеме трассу будущего тоннеля через 1 метр, получая три координаты X, Y, Z. После все данные сводятся в один файл и переносятся в процессор, установленный на щите (Рис. 6).



Рисунок 6 – Данные перенесенные в процессор

Затем координируют прибор и марку, установленные на щите, от пунктов основной полигонометрии. Основные характеристики подходной полигонометрии:

расхождение значений приведенных направлений в приемах не должны превышать $10''$;

расхождение отсчетов на замыкающее направление в полуприеме не должно превышать $8''$;

угловая невязка хода не должна превышать $8''$, где n – число измеренных углов;

относительная невязка хода не должна превышать 1:20000.

Полученные координаты марки и прибора также вносят в процессор.

После введения всех данных маркшейдер получает положение фактическое положение щита (Рис. 7) относительно рассчитанной трассы.



Рисунок 7 – Фактическое положение щита относительно трассы.

По результатам геодезических измерений положения щита решается вопрос о том, какие домкраты нужно включать при следующем его

передвижении. Если щит отклонился, например, вправо, то включают большее число правых домкратов, если вверх - то верхних.

На мониторе мы видим плановое и высотное положение ножа и хвоста щита. Также можно посмотреть отклонение от проектного уклона и крен щита.

Уклонение щита от проектного направления в плане и по высоте не допускается более ± 50 мм. Все допуски по проходке и полигонометрии взяты из ТКП 45- 1.02-77-2007 (02250).

При дальнейшей проходке щита геодезисты должны делать перевеску прибора и отражателя в поле видимости мишени. И после перевески заново определять планово-высотное положение прибора и отражателя со знаков рабочей полигонометрии, которая создается по мере продвижения щита.

Все данные рабочих наблюдений и результаты вычислений по определению положения щита записывают в щитовой журнал.[5]

Литература:

1. Черемисин М. С., Воробьев А.В. Геодезическо-маркшейдерская разбивочная основа при строительстве подземных сооружений. Недра, 1982, 262с.
2. Кологривко А. А. Маркшейдерское дело в метростроении. Псков, 2002, 168с.
3. Бауман В. И. Курс маркшейдерского искусства. Неаполь, 1995, 105с.
4. Агошков М. И. Маркшейдерия // Горная энциклопедия: В 5 т. / Гл. ред. Е. А. Козловский; редкол.: М. И. Агошков, Н. К. Байбаков, А. С. Болдырев и др. — М.: Советская энциклопедия. Т.3: Кенган — Орт. — 1987. — 592 с. — С. 258.
5. Брокгауз В. Т. Маркшейдерского искусство // Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона : в 86 т. (82 т. и 4 доп.). — СПб., 1890—1907, 95с.

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК С ПОМОЩЬЮ ГИРОКОМПАСА

*Борель Вадим Николаевич, Каткович Семен Валерьевич,
Климовец Алексей Васильевич, студенты 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е. Ю., старший преподаватель)*

Одной из самых важных и сложных задач при строительстве шахт является ориентирование, целью которого является составление геодезических планов поверхности земли и подземных горизонтов выработки в единой координатной системе. Такая соединительная съемка должна обеспечивать ориентировку опорной маркшейдерской сети по отношению к геодезической сети на земле; обеспечить центровку сети маркшейдерской методом точного установления координат серии точек в действующей на поверхности системе координат.

Одним из основных приборов, используемых при ориентировании, является гирокомпас. Работа данного прибора основана по принципу гироскопа, то есть вращающееся колесо (ротор), установленное в кардановом подвесе, который обеспечивает оси ротора свободную ориентацию в пространстве. [2]

Гироскоп, название которого можно перевести как «наблюдатель вращений», был предложен в 1852 году французским ученым Леоном Фуко для изобретенного им прибора, предназначенного для демонстрации вращения Земли вокруг своей оси. Фуко поместил вращающийся маховик в некое устройство, называемое кардановым подвесом, поэтому долгое время слово «гироскоп» использовалось для обозначения быстро закрученного вращающегося симметричного твердого тела.

Развитие гироскопической техники привело к тому, что так стали называть очень широкий класс приборов, и сейчас термин «гироскоп» используется для обозначения устройств, содержащих материальный объект, который совершает быстрые периодические вращения. В наше время ни одни геодезическо-маркшейдерские работы, ни один подвижный объект, будь это рыболовецкое судно или сложный космический корабль, не обходится без гироскопических приборов. Кроме это, гироскопы служат для определения азимута ориентируемого направления и широко используется при проведении маркшейдерских, геодезических, топографических, горных работ, для ориентирования тоннелей, шахт, топографической привязки. В дальнейшем

возникла потребность в совершенствовании и развитии высококачественных цифровых гироскопов, не требующих регулярного определения приборной поправки, с одной стороны и разработке гироскопов технической точности, небольших размеров, отличающихся простотой изготовления и эксплуатации с другой.

Сегодня основными производителями гироскопических приборов являются Германия и Япония. В Японии фирма SOKKIA выпускает гироскопы типа GP1 (Рис. 1), принцип действия которых основан на свойстве подвешенного гироскопа совершать колебания относительно земного меридиана («истинного направления на север»), которые вызываются вращением Земли. Этот принцип называется North Seeking Gyroscope. Определение направления на север производится с СКО=±20'' на широтах до 75°. Масса гироскопа, которая устанавливается сверху на электронный теодолит или тахеометр, составляет всего 3,8 кг. [3]

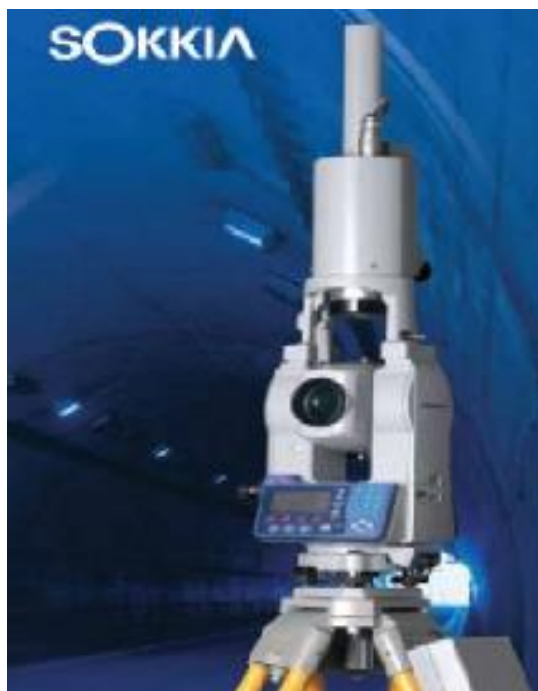


Рисунок 1 – Гироскоп типа GP1

Проанализировав различные виды гироскопической техники, одним из лучших приборов является GYROMAT-2000 немецкой фирмы DMT. Его называют «золотой стандарт» для геодезическо-маркшейдерских измерений при сбойке тоннелей. С помощью этого прибора были выполнены уникальные проходки тоннеля под Ла-Маншем, длина которого достигает 51 км. Благодаря этой системе была осуществлена сбойка встречных тоннелей на глубине 40 метров от дна пролива с погрешностью всего 0,358 метра по горизонтали и 0,058 метра по вертикали. Ни один созданный до этого гироскоп не обеспечивал такой

точности и быстроты измерений. Единственный недостаток этой системы — ее цена.

Позже инженеры компании усовершенствовали этот вариант до GYROMAT-3000 (Рис. 2), он позволяет производить геодезические работы с наиболее высокой точностью и быстротой. [4]



Рисунок 2 – GYROMAT-3000 (полностью автоматический гироскоп для геодезического применения)

Тоннелестроительные работы требуют точности в измерении азимута, ведь сооружение тоннелей часто ведётся на отдельных, не связанных между собой участках. С применением насадки GYROMAX стало возможным выполнять работы без риска нестыковки тоннелей и остановки горнопроходческих работ. Вывод данных на компьютер или КПК происходит через кабель или Bluetooth (IEEE 802.15.1). К существенным преимуществам гироскопа GYROMAX относятся также встроенный телескоп, амортизатор, пульт дистанционного управления, а также то, что прибор адаптирован к теодолитам и тахеометрам всех известных фирм-производителей. [1]

Гироскопическая навигационная система (Gyro Navigation System) жестко монтируется на проходческой машине и по запросу определяет направление на север по отношению к оси машины. При помощи навигации по счислению пути производится счисление актуальной позиции машины. Интегрированный в систему электронный шланговый уровень постоянно передает данные по высоте на установленный в стартовой шахте референц-модуль и на установленный на проходческой машине датчик высоты. Эти данные по высотам не зависят от температуры. Результаты передаются в промышленный компьютер, выводящий их на индикацию. По результатам маркшейдерского контроля вносится поправка за дрейф или так называемый угол сноса машины. Если машина не перемещается

вперед по продольной оси, происходит снос машины. Это явление хорошо известно по ведению в вертикальной плоскости — там оно называется «пропахиванием». Так как гирокомпас определяет ось машины относительно направления на север, но не опознает так называемое «вспахивание» в направлении, то возникает отклонение от актуального положения. Угол сноса определяется с помощью контрольных замеров и вводится в систему как коррекционный параметр для обеспечения оптимальной точности наведения. [5]



Рисунок 3 – Результат измерения азимута

С помощью гирокомпаса возможно выполнять поставленные задачи независимо от времени суток, глубины проходки, на произвольной дистанции от ствола шахты – вполне обоснованно выводит метод гироскопического ориентирования на ведущие позиции среди других способов. При этом нет необходимости останавливать все работы на объекте, что необходимо при использовании иных методов изысканий.

Литература:

1. Ориентирование подземных выработок – Studref [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/537993/geografiya/orientirovanie_podzemnyh_vyработok. – Дата доступа: 14.12.2021
2. Википедия, свободная энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC%D0%BF%D0%B0%D1%81>.
3. Гироскопическое оборудование прошлое и новое [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gfk-leica.ru/files/catfiles/gyro/gyroscope.pdf>. – Дата доступа: 15.12.2021

4. Precision Surveying Gyroscope: GYROMAT | DMT GROUP [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dmt-group.com/products/geo-measuring-systems/gyromat.html>. – Дата доступа: 15.12.2021
5. Мысливчик, Е. Ю. Определение пространственной позиции подземной проходческой машины с помощью гирокомпаса МК 20 на примере строящегося коллектора «Центр» в г. Минске / Е. Ю. Мысливчик // Наука - образованию, производству, экономике : материалы Десятой международной научно-технической конференции : в 4 т. / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: Б. М. Хрусталеv, Ф. А. Романюк, А. С. Калиниченко. – Минск : БНТУ, 2012. – Т. 3. – С. 29.

МАРКШЕЙДЕРСКИЕ РАБОТЫ ПРИ СООРУЖЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

*Гречаник Александр Сергеевич, Федянин Георгий Дмитриевич,
Кожедуб Павел Сергеевич, Андриевич Дмитрий Васильевич,
студенты 5-го курса кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мысливчик Е.Ю., старший преподаватель)*

На всех стадиях строительства маркшейдерская служба производит соответствующие разбивочные работы и контрольные измерения при установке оборудования, принимает решения о проведении рихтовочных работ, обеспечивая тем самым монтаж технологического оборудования с допустимыми отклонениями. [1]

В процессе проходки вертикального ствола шахты маркшейдер проверяет соблюдение проектных размеров, площади сечения ствола, расположение проходческих отвесов, размещение проходческого оборудования, положение временной и постоянной крепи, а также производит измерения для определения объема проходческих работ.

Работы по проходке вертикального шахтного ствола начинают с выравнивания поверхности и установки рамы-шаблона (Рис. 1) с нанесенными на ней точками через 1—2 м по периметру проектного сечения ствола вчерне.

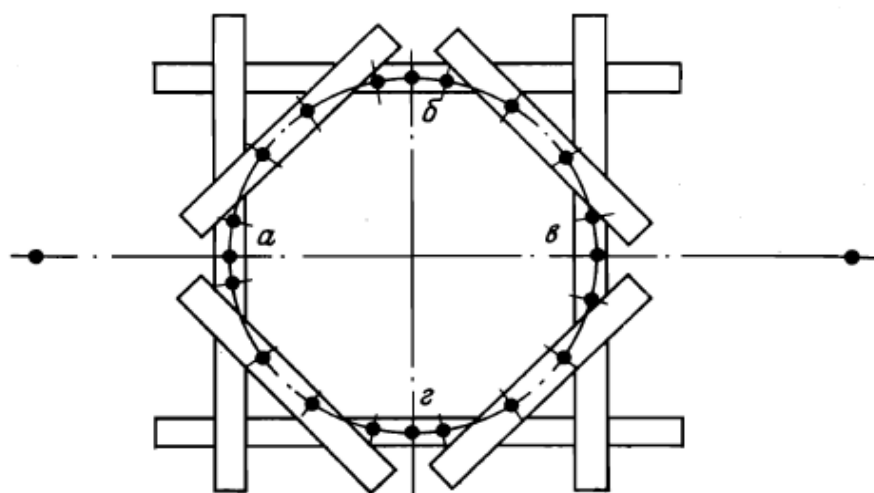


Рисунок 1 – Контроль за установкой рамы-шаблона

Кроме этих контурных точек на раму-шаблон наносят точки а, б, в и г, фиксирующие оси ствола. Ориентирование рамы-шаблона в горизонтальной плоскости осуществляют с помощью легких отвесов, опущенных с проволок, натянутых между ближайшими осевыми пунктами ствола, закрепленными на поверхности. Горизонтальность рамы проверяется нивелированием ее угловых точек. Отклонение рамы от проектного положения в горизонтальной и вертикальной плоскостях не должно превышать ± 2 см.

Контроль за проходкой первого звена ствола осуществляется от временного проходческого центрального отвеса путем промера радиуса и сличением его с проектным. После того как ствол пройден до горизонта первого опорного венца (Рис. 2), маркшейдер проверяет глубину подошвы вруба для венца, затем контролирует правильность установки его опалубки в горизонтальной и вертикальной плоскостях. В шейке ствола бетонируют две пары осевых скоб, на которые оси ствола переносятся с помощью теодолитов, установленных на двух ближайших осевых пунктах поверхности. [2]

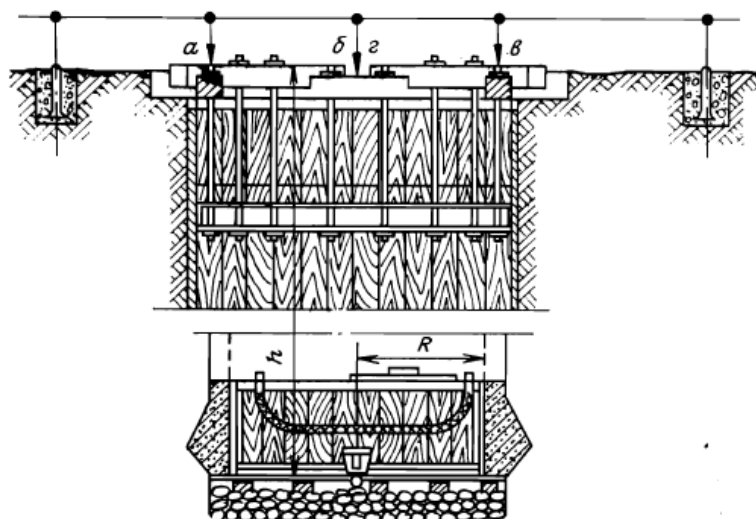


Рисунок 2 – Устройство опорного венца под шейкой ствола

Для контроля за проходкой и ориентированием в стволе следует иметь геометрическую основу в виде системы отвесов. Число этих отвесов и их расположение зависят от формы поперечного сечения ствола и схемы размещения в нем проходческого оборудования. При круглом сечении ствола применяют центральный проходческий отвес и два (реже четыре) осевых отвеса. Для центрального отвеса предусматривают специальное место в основной проходческой раме, которую устанавливают над устьем ствола после возведения постоянной крепи первого звена. При прямоугольном сечении ствола применяют четыре угловых отвеса на расстоянии 20—30 см от стенок ствола. Перед

использованием отвесов необходимо убедиться в отсутствии касания их к стенкам ствола или к проходческому оборудованию путем опускания «почты», т. е. легкого груза по проволоке отвеса, и сличения расстояния между отвесами в устье ствола и в забое. [3]

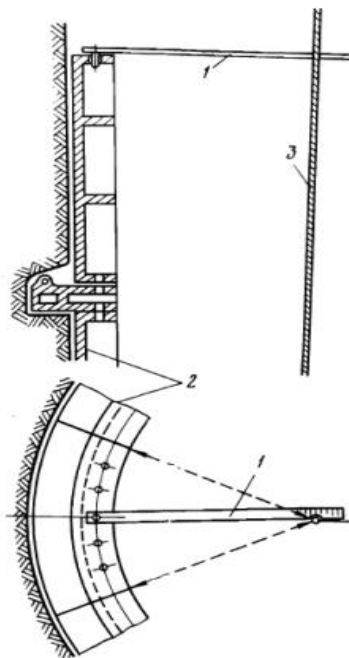


Рисунок 3 – Контроль за правильностью установки в горизонтальной плоскости металлического тубинга

По мере углубления ствола проволоки отвесов удлиняют. В качестве нити отвесов применяют стальной трос нераскручивающейся свивки диаметром 2—5 мм.

Проверка правильности разделки породных стенок ствола шахты и укладки постоянной крепи должна систематически проверяться проходчиками путем измерения расстояний от проходческого отвеса до стенок ствола. При этом погрешность определения положения крепи не должна превышать ± 2 см. Разбивка врубов для опорных венцов и проверка установки опалубки по высоте выполняются от контрольных реперов, закладываемых в стенках вышележащего венца. Особое внимание следует уделять правильной установке опорных венцов по высоте при креплении ствола тубингами. Для контроля за правильностью установки металлической тубинговой крепи в горизонтальной плоскости применяют рейку-шаблон 1 (Рис. 3), при помощи, которой определяют проектное расстояние от тубингового кольца 2 до центрального отвеса 3. [4]

При написании работы мы ознакомились с тонкостями работы маркшейдеров при прокладке вертикальных шахт, изучили основы выполняемых ими работ, чуть глубже погрузились в мир геодезических изысканий.

Литература:

1. Дорожное строительство и его инженерное обеспечение [Электронный ресурс] : материалы Международной научно-технической конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2021. 197-200с
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studopedia.ru> – Дата доступа: 08.12.2021.
3. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberpedia.su/14x7691.html> – Дата доступа: 08.12.2021.
4. Национальный правовой Интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vlgr.ranepa.ru/about/struktura/podr/biblio/v-pomoshchnaichnoy-rabote/obraztsy-po-gost-7-1-2003.php> – Дата доступа: 13.12.2021.

Секция 4
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

АВТОМАТЕЗИРОВАННЫЕ ПАРКОВКИ

*Барышев Даниил Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Автоматизированные парковки – это новый шаг к более эффективному использованию земельной площади. Данная технология пользуется спросом у производителей техники, в густонаселённых городах, в районах с небольшой площадью наземных парковок.

Для производителей автомобилей использование автоматизированной парковки облегчает складирование и погрузку (разгрузку) транспортных средств.



Рисунок 1 – Завод Volkswagen в Вольфсбурге

Рассмотрим на пример парковочной башни завода в Volkswagen в Вольфсбурге. Данная башня оснащена двумя автоматизированными штабелёрами, которые обеспечивают доставку транспортных средств на необходимые этажи. Каждая башня вмещает в себя до 400 транспортных средств, что значительно упрощает их доставку и уменьшает площадь парковки.

В густонаселённых городах есть недостаток парковочных мест и решение этому – вертикальные автоматические парковки.

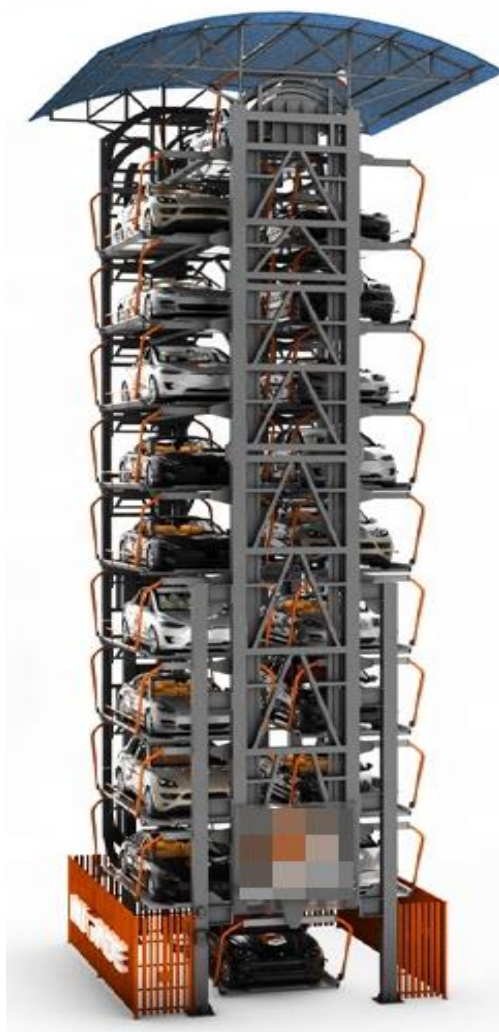


Рисунок 2 – Вертикальная автоматическая парковка

Такое же решение применяется в районах старой постройки, при планировке которых нормы строительства не предполагали большое количество транспортных средств.

Одно из главных преимуществ автоматических парковок над многоэтажными парковками в компактности. Нет необходимости строить дополнительные сооружения для съезда автомобилей, нет необходимости в дополнительной инфраструктуре для человека, т.к. его участи в процессе парковки сведено к минимуму.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://egzostive.com/autostadt-parkhaus/> - Дата доступа: 24.12.2021

РЕТРОСПЕКТИВА ЛИФТОСТРОЕНИЯ

Барышев Даниил Андреевич, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., преподаватель-стажер)

Развитие любой технологической отрасли начинается с возможности оптимизаций, автоматизации, экономии ресурсов и получение более рентабельного продукта. Что касается лифтостроения и развитие данной отрасли – это на прямую связано с архитектурой и возможностью расположить большое количество людей на относительно маленькой площади земельного участка. Такая потребность появилась в связи с развивающейся промышленностью во всём мире, увеличением численности населения в технологических и развитых городах.

Зарождение данной технологии происходит в 6 веке, в качестве подъёмных устройств, которые были установлены в Синайском монастыре Египта, а в 13 веке – их установили во дворцах Франции, в 17 веке во дворцах Англии, в 18 во дворцах России. Все эти конструкции не были технологически необходимыми, а являлись больше предметом роскоши и достоинства стран.

По-настоящему же история лифтостроения на началась в 19-20 веке в связи с большим развитием капитализма в Европе и Северной Америки. К тому времени большое количество людей было сосредоточено в экономически развитых странах и стоял вопрос о более оптимальном проживании в таких регионах. Это сподвигло архитекторов конструировать более высотные здания, а в последствии и инженеров конструировать безопасные и удобные способы доставки людей на необходимые этажи.

Большим событием было изобретение Элайша Грейвс Отис, в 1852 он создал устройство облегчающее процесс подъема пиломатериалов на второй этаж. Именно при работе над этим устройством был изобретен механизм, тормозящий лифт при возникновении ситуации, характеризуемой обрывом троса.

Фирма, в которой работал Отис, вскоре обанкротилась, поэтому он не успел запустить так называемый безопасный лифт. Между тем вера в успех своего изобретения позволила ему основать фирму Elevator, ставшую выпускать лифты. В 1854 году на выставке в Нью-Йорке, где демонстрировались

достижения науки и техники, Отис решил достаточно оригинальным способом прорекламировать свою продукцию.

Для этого в одном из залов выставки, имеющем сверху купол, был смонтирован лифт. Данная конструкция представляла собой подъемную платформу, перемещающуюся между двумя опорами, высота которых составляла 12 метров. Суть предлагаемого эксперимента заключалась в том, что изобретатель, одетый во фрак и цилиндр, становился на платформу, где также был груз в виде тяжелых бочек и сейфов, а затем поднимался на высоту 10 метров. В это время его помощник, находящийся на вершине конструкции, перерубал мечом трос. Платформа начинала двигаться вниз, но через один-два метра останавливалась за счет включения механизма блокировки. Эта успешная демонстрация привела к тому, что газеты раструбили о трюке на выставке, а фирма Elevator стала получать большое количество заказов.

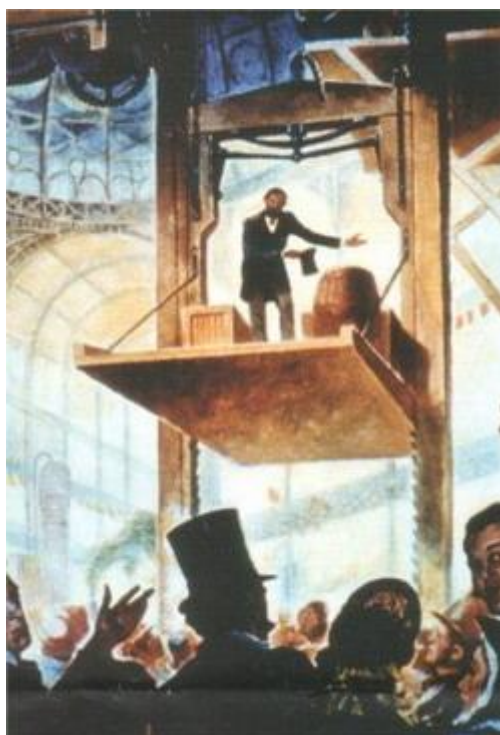


Рисунок 1 – Отис демонстрирует лифт

В 1857 году в магазине на Бродвее установили первый пассажирский лифт компании Elevator, обеспечивающий подъем до 5 человек со скоростью 20 см в минуту. По прошествии нескольких лет такого рода подъемники имелись в большинстве крупных городов США.

В 1878 году произведен монтаж первого пассажирского лифта под брендом компании «Отис», работающего на основе метода гидравлики. В 1889 году появился новый продукт компании, которым стал лифт, оснащенный электрическим приводом.

Патентные права на электрический лифт были зарегистрированы на американца А. Майлса в 1887 году, который создал устройство, работающее с использованием электрического привода и оснащенное системой блокировки дверей, что исключало их открытие, если кабина отсутствовала на этаже. С этого момента современные лифты получили широкое распространение и быстро стали обычными механизмами в большинстве стран мира.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.liftspas.ru/read/2/3-istoriya-razvitiya-liftostroeniya.html> - Дата доступа: 23.12.2021
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://anosle.ru/lift-istoriya-izobreteniya/> - Дата доступа: 23.12.2021

ОСНОВНЫЕ ВИДЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ПАРКОВОК ДЛЯ ОБЩЕГО ПОЛЬЗОВАНИЯ

Барышев Даниил Андреевич, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Автоматизированные парковки – это решение для более эффективного использования земельной площади – расширения парковочных мест. Она может применяться в жилых комплексах, бизнес центрах, в торговых центрах и д.р. местах повышенного или общего пользования.

Автоматизированные парковки бывают различных видов и конструкций, применение того или иного способа обуславливается необходимым количеством парковочных мест и условий их установки.

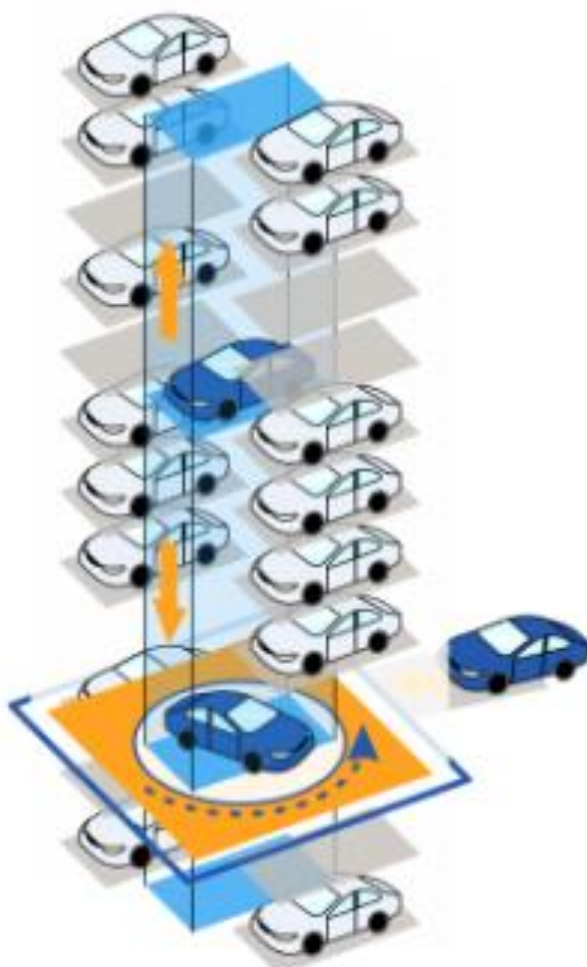


Рисунок 1 – Башенный паркинг с поворотной платформой

Башенные паркинги применяют чаще всего в закрытых помещениях. Транспортировка автомобилей может осуществляться как с помощью двух автоматизированных штабелёров, так и с помощью одной поворотной платформы.

Роторные автоматизированные парковки чаще применяют на открытых площадках, для увеличения парковочных мест возле торговых центров, жилых районов и д.р. местах общего пользования. Занимаемая площадь равна трём парковочным местам, с вместимостью до 16 автомобилей.



Рисунок 2 – Роторная автоматизированная парковка

Кинематическая схема привода парковочной системы представлена на рисунке 3. Крутящий момент с мотор-редуктора 2 передается на промежуточную цепную передачу 4, затем с ведомой звездочки усилие распределяется на шестерни прямозубых цилиндрических передач посредством приводного вала 5. Далее с обеих сторон с колеса момент передается на исполнительную цепную передачу 1, которая обеспечивает частоту вращения 4 об/мин.

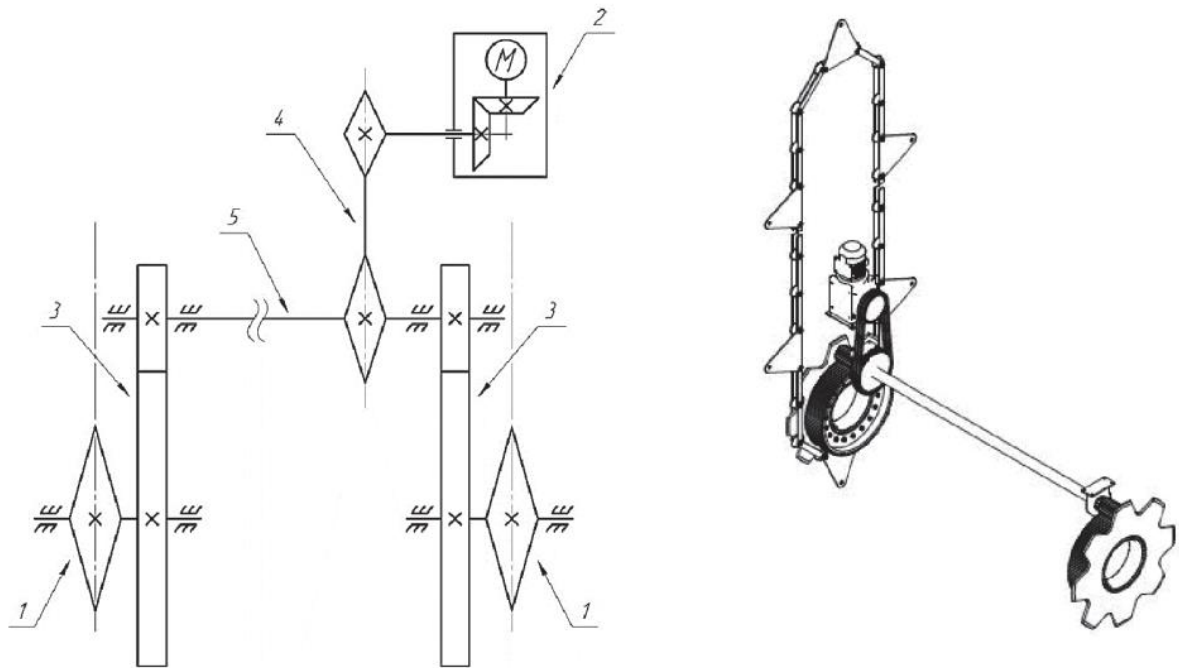


Рисунок 3 – Кинематическая / реалистичная схема привода роторной автоматизированной парковки:

1 – исполнительная цепная передача; 2 – мотор-редуктор; 3 – цилиндрическая прямозубая передача; 4 – промежуточная цепная передача; 5 – приводной вал

Данный вид парковки является очень компактным, потребляет мало электроэнергии, и проста в обслуживании.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mac-m.ru/> - Дата доступа: 25.12.2021
2. Крапивина А.О., Лукашук О.А., Устройство парковочных комплексов роторного типа и их применение в условиях плотной застройки – Уральский федеральный университет, Екатеринбург, 2020.

Секция 5
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ РАЗВИТИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ, ПЕРСПЕКТИВНЫХ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗА РУБЕЖОМ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

*Сражаддинова Назира Бахадыровна, магистрант 1-го курса
кафедры «Инженерия железных дорог»*

*Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент
(Научный руководитель – Умаров Х.К., канд. техн. наук, доцент)*

По данным Международного Союза железных дорог (UIC) на 1 сентября 2020 года протяженность высокоскоростных железнодорожных магистралей (ВСМ) в мире составляет 52 228 км [1-2]. Сооружается в настоящее время порядка 11 944 км ВСМ, запланировано построить еще 42046 км высокоскоростных линий на перспективу. До 2035 года планируют запуск высокоскоростных железнодорожных поездов со скоростями движения до 350 км/ч и страны, не имеющие на сегодняшний день ВСМ - Польша, Португалия, Россия, Швеция, Индия, Саудовская Аравия, Марокко, Бразилия и США. Данные сведения по континентам представлены в (Табл. 1).

Таблица 1 – Сведения о протяженности высокоскоростных железных дорог

№ п/п	Название континента	Протяженность высокоскоростных железных дорог, км		
		эксплуатируется	на стадии строительства	на стадии проекта
1	Африка	195	-	4719
2	Азия	39734	6020	16255
3	Европа	10549	2110	10783
4	Средняя Азия	1011	3034	7191
5	Латинская Америка	-	-	511
6	Северная Америка	739	780	2587
Всего		52228	11944	42046

Наибольшую протяженность высокоскоростных железнодорожных магистралей имеет Китайская Народная Республика. Общая длина ВСМ в Китае достигает 35 388 км или 67% от общей мировой сети, выводя тем самым Азиатский регион на лидирующие позиции – 76% от общей мировой сети.

Европейская сеть ВСМ составляет 10 549 км или 20% от общей мировой сети. Из них наибольшую протяженность имеют ВСМ Испании – 3 330 км, Франции – 2 734 км и Германии – 1 571 км. Оставшиеся 1 519 км или 4% приходятся на Северную Америку, Среднюю Азию и Африку.

Сеть ВСМ в КНР занимает особое место не только по исключительной протяженности. За 20-летний период зарождения, становления и совершенствования системы высокоскоростного движения, Китай проделал путь от приемника ключевых технологий и устройств до крупного поставщика скоростного подвижного состава и оборудования в страны Юго-Восточной Азии и Ближнего Востока [1], а также главного инициатора строительства трансконтинентальных высокоскоростных железнодорожных магистралей [2].

Некоторые технические параметры ВСМ в Китае не имеют мировых аналогов. ВСМ «Харбин – Далянь», протяженностью 921 км, является первой в мире высокоскоростной железнодорожной магистралью, построенной в суровых климатических условиях. Высокоскоростные поезда CRH 380В способны передвигаться при низких температурах воздуха (до минус 40°) с максимальной скоростью 350 км/ч [1-2]. ВСМ «Пекин – Шанхай», протяженностью 1 320 км и проектной скоростью 380 км/ч, является самой длинной и самой быстрой высокоскоростной железнодорожной магистралью в мире.

Основой современной транспортной политики Европейского союза является создание единой Трансъевропейской транспортной сети (TEN-T), соединяющей континент с Севера на Юг и с Запада на Восток посредством девяти базовых транспортных коридоров и включающей в себя Трансъевропейскую высокоскоростную железнодорожную сеть (TEN-R). К настоящему времени высокоскоростное пассажирское движение организовано в Австрии (254 км), Бельгии (209 км), Чехии (64 км), Дании (56 км), Финляндии (1 120 км), Франции, Германии, Италии (921 км), Польше (224 км), Испании, Швейцарии (144 км), Голландии (90 км) и Великобритании (113 км) [1].

В 2015 году ОАО «РЖД» утвердило «Программу организации скоростного и высокоскоростного железнодорожного сообщения в Российской Федерации», согласно которой предусмотрена реализация 20 проектов скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения общей протяженностью более 7000 км. Системообразующими проектами являются ВСМ «Москва – Санкт Петербург», ВСМ «Москва – Казань – Екатеринбург», ВСМ «Москва – Адлер». Сроки введения в эксплуатацию «Москва – Санкт Петербург» и участка «Москва – Нижний Новгород» запланированы на 2024 год, «Москва – Адлер» – на 2021-2028 годы, а участка «Нижний – Новгород – Екатеринбург» – до 2030 года.

Узбекские железные дороги большое внимание уделяют развитию пассажирского железнодорожного транспорта, повышению уровня

обслуживания пассажиров. Как известно, Республика Узбекистан славится своими древними памятниками архитектуры, которые вызывают большой интерес у туристов всего мира. В связи с этим узбекскими железными дорогами в 2010-2011 гг. был построен двухпутный высокоскоростной электрифицированный участок железнодорожной линии Янгийер - Джизак протяженностью 150 км. В 2011 году организовано высокоскоростное пассажирское движение по маршруту Ташкент – Самарканд. Кроме того, организовано скоростное движение (до 160 км/час) фирменных поездов повышенной комфортности «Регистан» по маршруту Ташкент – Самарканд, «Шарк» по маршруту Ташкент – Бухара и «Насаф» по маршруту Ташкент – Карши.

К 2022 году предусмотрена электрификация, реконструкция и модернизация постоянных устройств, сооружений и объектов инфраструктуры участка существующей железнодорожной линии Пап- Коканд - Андижан протяженностью 186 км, позволяющее организовать высокоскоростное движение пассажирских поездов на линии протяженностью 423 км, между Ташкентом и самым крупным, густонаселенным регионом страны Ферганской долиной, с населением более 12 миллионов человек, по маршруту Ташкент – Пап – Коканд - Андижан [3-4].

В проектах создания зимней курортной зоны вблизи города Ташкента в предгорьях Тянь-Шана, предусмотрена организация высокоскоростного движения пассажирских поездов на линиях Ташкент – Чинар протяженностью 86 км. Перспектива развитие сети высокоскоростного движения пассажирских поездов Республики Узбекистан представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Перспектива развитие сети высокоскоростного движения пассажирских поездов Республики Узбекистан

№	Год	Направление	Протяженность, км
1	2022	Карши – Термез	329
2	2022	Ташкент – Пап – Каканд – Андижан	423
3	2024	Бухара – Мискин – Ургенч	396
4	2025	Ташкент – Чинар	86

Литература:

1. Шкурников С.В. Морозова О.С. Опыт совмещенного высокоскоростного пассажирского и грузового движения в странах Европейского союза /Бюллетень результатов научных исследований. – 2017. – № 4. – С. 32-40.
2. Миненко, Д.О. Оценка перспектив организации скоростного и высокоскоростного движения поездов в России / Д.О. Миненко / Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; – Режим доступа: www.science-education.ru/121-18016;

3. Djabbarov S.T., Mirakhmedov M. Features of the organization movements of high-speed passenger train on Tashkent-Andijan line // VIII Conference International “Transport Problems” 24-26 juin 2015. -Katowice: Silesian university of technology publication, 2013. P.355-360.
4. Djabbarov S.T. Prospects for raising passenger train speed on the reconstructed section of the railway UZBEKISTAN // Transport Problems. Katowice: Silesian university of technology publication. 2016. Volume 11, Issue 4, p.p.103-110.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦ И ОПРЕДЕЛИТЕЛЕЙ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ИНЖЕНЕРА-СТРОИТЕЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Батуро Максим Юрьевич, студент 1-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Забавская А.В., старший преподаватель)*

Деятельность инженера-строителя неразрывно связана с различными вычислениями и измерениями. Поэтому мы изучаем фундаментальную дисциплину в техническом вузе под названием математика. В этом докладе мы рассмотрим некоторые аспекты этой науки, а именно использование матриц и определителей при решении профессионально ориентированных задач.

Как известно, матрицей размера $m \times n$, где m -число строк, n -число столбцов, называется таблица чисел, расположенных в определенном порядке. Эти числа называются элементами матрицы. Место каждого элемента определяется номером строки и столбца, на пересечении которых он находится. Элементы матрицы обозначаются a_{ij} , где i - номер строки, а j - номер столбца.

В качестве примера использования матриц и определителей в деятельности инженера-строителя дорог мы рассмотрим задачу, при расчете которой мы будем использовать программу Microsoft Excel.

Задача. Производственное предприятие асфальтовых смесей выпускает три вида продукции P1, P2, P3, на производство которых затрачивают четыре вида сырья S1, S2, S3, S4. Определить план выпуска продукции, при котором расходуется полностью всё сырьё.

Нормы расхода сырья и его запасы представлены в таблице (Табл. 1).

Таблица 1 – Расходы и запасы сырья

Продукция Сырье	P1	P2	P3	Запасы сырья
S1	1	1	2	190
S2	2	0	2	180
S3	2	1	0	160
S4	1	2	2	250

Решение. Пусть три вида продукции выпускаются в количестве X_1, X_2, X_3 . Тогда по условию задачи мы представим следующую систему уравнений в среде Microsoft Excel (Рис. 1).

$1x_1 + 1x_2 + 2x_3 = 190$
$2x_1 + 2x_3 = 180$
$2x_1 + 1x_2 = 160$
$1x_1 + 2x_2 + 2x_3 = 250$

Рисунок 1 – Система уравнений

Запишем расширенную матрицу и решим её (Рис. 2).

	A	B	C	D	E
12		1	1	2	190
13		2	0	2	180
14		2	1	0	160
15		1	2	2	250

Рисунок 2 – расширенная матрица

Приведём матрицу к ступенчатому виду. Найдем коэффициенты второй, третьей и четвертой строки. Для этого введём формулы в программу Excel: Например, для получения коэффициента 2-ой строки необходимо значение ячейки B13 разделить на значение ячейки B12 и ответ взять с противоположным знаком (Рис. 3 и 4).

коэффициент		
$k = -B13/B12$		-2
$k = -B14/B12$		-2
$k = -B15/B12$		-1

Рисунок 3 – Формулы

	A	B	C	D	E	F	G
12		1	1	2	190	коэффициент	
13		2	0	2	180	$k = -2$	
14		2	1	0	160	$k = -2$	
15		1	2	2	250	$k = -1$	

Рисунок 4 – Матрица

Затем подставляем коэффициенты в матрицу. Для этого введём формулы в программу Excel: Например, для подставления коэффициента в первый элемент второй строки необходимо элемент ячейки B12 умножить на элемент ячейки G13 (этот элемент нужно закрепить в формуле для этого на клавиатуре нужно нажать

F4) и прибавить элемент ячейки B13. После этого нужно растянуть эту формулу на всю матрицу кроме 1-ой строки. (Рис. 5).

	A	B	C	D	E
17		=B12	=C12	=D12	=E12
18		=B12*\$G\$13+B13	=C12*\$G\$13+C13	=D12*\$G\$13+D13	=E12*\$G\$13+E13
19		=B12*\$G\$14+B14	=C12*\$G\$14+C14	=D12*\$G\$14+D14	=E12*\$G\$14+E14
20		=B12*\$G\$15+B15	=C12*\$G\$15+C15	=D12*\$G\$15+D15	=E12*\$G\$15+E15

Рисунок 5 – Формулы

Получаем следующую матрицу. Находим коэффициенты для 3-ей и 4-ой строки, подставляем их в матрицу (Рис. 6, 7, 8 и 9).

	A	B	C	D	E
17		1	1	2	190
18		0	-2	-2	-200
19		0	-1	-4	-220
20		0	1	0	60

Рисунок 6 – Матрица

коэффициент		
	к=	=-C19/C18
	к=	=-C20/C18
		-0,5
		0,5

Рисунок 7 – Формулы

	A	B	C	D	E	F	G
17		1	1	2	190		
18		0	-2	-2	-200	коэффициент	
19		0	-1	-4	-220	к=	-0,5
20		0	1	0	60	к=	0,5

Рисунок 8 – Матрица

	A	B	C	D	E
22		=B17	=C17	=D17	=E17
23		=B18	=C18	=D18	=E18
24		0	=C18*\$G\$19+C19	=D18*\$G\$19+D19	=E18*\$G\$19+E19
25		0	=C18*\$G\$20+C20	=D18*\$G\$20+D20	=E18*\$G\$20+E20

Рисунок 9 – Формулы

В полученной матрице находим коэффициент 3-ей строки и подставляем его (Рис. 10, 11,12 и 13).

	A	B	C	D	E
22		1	1	2	190
23		0	-2	-2	-200
24		0	0	-3	-120
25		0	0	-1	-40

Рисунок 10 – Матрица

коэффициент		
	$k = -D25/D24$	-0,33333

Рисунок 11 – Формула

	A	B	C	D	E	F	G
22		1	1	2	190		
23		0	-2	-2	-200		
24		0	0	-3	-120	коэффициент	
25		0	0	-1	-40	$k = -0,33333$	

Рисунок 12 – Матрица

	A	B	C	D	E
27		=B22	=C22	=D22	=E22
28		=B23	=C23	=D23	=E23
29		=B24	=C24	=D24	=E24
30		0	0	=D24*\$G\$25+D25	=E24*\$G\$25+E25

Рисунок 13 – Формулы

В конечном результате получаем матрицу (Рис. 14 и 15).

	A	B	C	D	E
27		1	1	2	190
28		0	-2	-2	-200
29		0	0	-3	-120
30		0	0	0	0

Рисунок 14 – Матрица

	A	B	C	D	E
32		1	1	2	190
33		0	-2	-2	-200
34		0	0	-3	-120

Рисунок 15 – Матрица

Необходимо узнать, имеет ли система решение или нет. Для этого надо исследовать систему линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) на совместность. Система линейных алгебраических уравнений совместна тогда и только тогда, когда ранг матрицы системы равен рангу расширенной матрицы системы. В нашем случае $Rang(A) = Rang(A/B) = 3$ система совместна и имеет 1 решение. Теперь можно перейти к подсчету X (Рис 16).

$X_3=$	$E34/D34$
$X_2=$	$(E33-D33*C36)/C33$
$X_1=$	$(E32-D32*C36-C32*C37)/B32$

Рисунок 16 – Формулы

Получаем окончательный результат (Рис. 17):

	A	B
36	$X_3=$	40
37	$X_2=$	60
38	$X_1=$	50

Рисунок 17 – Результат

Таким образом, благодаря использованию системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ) мы смогли рассчитать план выпуска продукции, при котором расходуется полностью всё сырьё. Как видим, математика очень эффективно решает большинство строительных задач, связанные с разметкой, обмером, расчетом затрат и т.д. Математика и строительство автомобильных дорог всегда будут рядом друг с другом ради прекрасной цели – создание современных, высокотехнологичных, долговечных дорожных покрытий.

ВЛИЯНИЕ РАЗРАБОТКИ ГЛУБОКИХ КОТЛОВАНОВ ВБЛИЗИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ НА ИХ СОСТОЯНИЕ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

*Жидкова Дарья Александровна, студент 5-го курса
кафедры «Путь и Путьевое хозяйство»*

*Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва
(Научный руководитель – Зайцев Андрей Александрович, канд. тех. наук,
доцент к-ры Путь и путьевое хозяйство)*

В Москве как мегаполисе значительно развита и продолжает развиваться сеть железнодорожных путей, проложенных на территории города, и увеличиваются объемы строительства высотных зданий, расположенных вблизи путей. Для таких зданий производится разработка глубоких котлованов. При строительстве объекта необходимо учитывать оценку технического состояния железнодорожного пути, оценивать влияние строительства [1,2].

Вблизи одного из участков Московского центрального диаметра (МЦД1) Лобня – Одинцово планируется строительство высотного здания и разработка глубокого котлована (Рис 1). На этом примере и будет рассмотрено влияние разработки глубокого котлована на близлежащий железнодорожный путь.

На первом этапе строительства проведено обследование и анализ по определению текущего состояния конструкций верхнего строения железнодорожных путей, земляного полотна и его обустройств в условиях обращения подвижного состава.

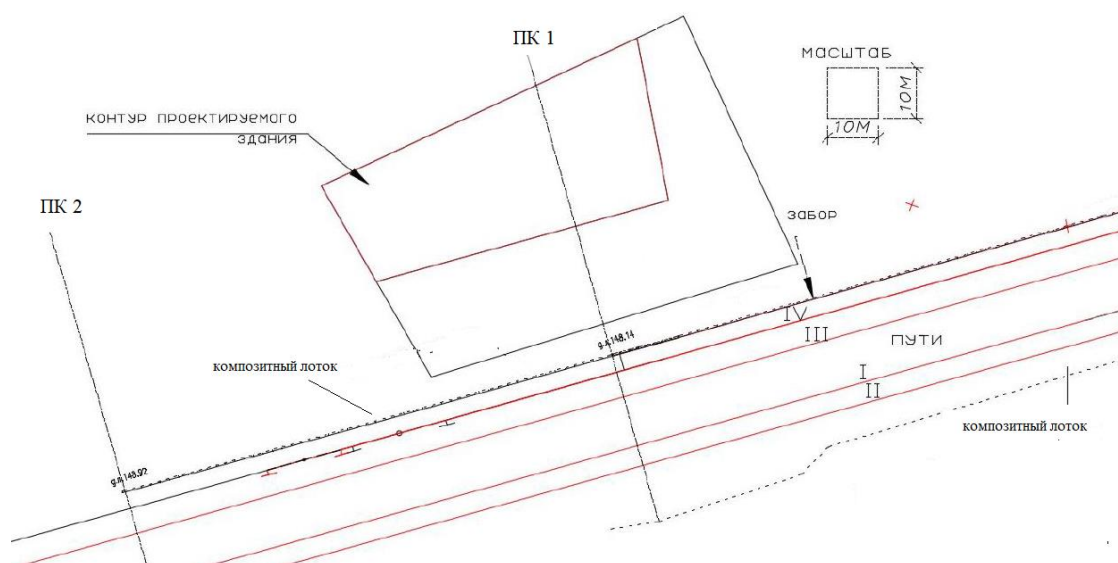


Рисунок 1 – Разработка глубокого котлована вблизи железнодорожных путей

Так же должны проводиться работы по инженерно-геологическим изысканиям на участке проектируемого объекта: проведение геофизических исследований грунтов массива; лабораторные испытания по отобранным образцам грунта и полевые испытания прессиометром; проведены опытные откачки воды из скважин; проведен анализ данных архивных выработок

Инженерно-геологические изыскания условий участка строительства показали, что в разрезе присутствуют (по глубине разреза): насыпные грунты: суглинок, полутвердый, прослоями тугопластичный, опесчаненный; песок мелкий водонасыщенный; песок пылеватый водонасыщенный, с включениями фосфорита, суглинка и песка; глина черная полутвердая слабонабухающая, слюдистая; известняк средней прочности доломовитовый, в кровле разрушенный до суглинка известнякового; песок средней крупности водонасыщенный с включениями до 10% дресвы и гравия.

По данным инженерно-геологических изысканий грунты в зоне разработки котлована имеют схожие характеристики с грунтами в зоне железнодорожных путей, что позволяет провести расчетную оценку влияния разработки глубокого котлована на железнодорожный путь.

Для определения влияния от разработки котлована и воздействия проектируемого сооружения на безопасную эксплуатацию железнодорожных путей выполнены расчеты методом конечных элементов путем математического моделирования напряженно- деформированного состояния грунтового массива [1,2]. Расчеты учитывают этапность разработки котлована и воздействия проектируемого сооружения. Показатели физико-механических характеристик грунтов принимались такие же, как и при разработке котлована.

Расчет влияния выполнялся численным методом на следующие здания: металлический забор; железнодорожные пути 1-4 с южной стороны от котлована. При этом учитывалось усиление конструкции и технология устройства котлована в виде ограждающей системы из буросекущих свай, устраиваемых со стороны железнодорожного пути диаметром с 4-мя ярусами распорной системы и укреплением основания. По результатам расчетов рекомендовано проведение мониторинга инфраструктуры железнодорожных путей.

Литература:

1. Zaytsev A.A., Gorbulya Ju.N., Kondeyko I.A. parameters of the reliability and technical level of the railway infrastructure at the mcd-1 railway project // Predictive nature of scientific research and practice of its implementation in the context of the global crisis in the economy and society. сборник научных статей по итогам международной научно-практической конференции. 2020. С. 15-19.
2. Зайцев А.А., Фроловский Ю.К., Горлов А.В. Расчетное и макетное обоснование усиления земляного полотна армогрунтовыми поддерживающими сооружениями с применением нагельных конструкций // Политранспортные Системы. Материалы VIII Международной научно-технической конференции в рамках года науки Россия - ЕС "Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке". 2015. С. 226-232.

ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ С УЧЕТОМ МАЛОЙ СТЕПЕНИ ЕЕ ПОЛОГОСТИ

*Анципорович Владислав Витальевич, Ахалли Илья Саидович,
студенты 1-го курса*

*кафедры «Математические методы в строительстве»
(Научный руководитель – Акимов В.А., канд. техн. наук, доцент)*

Введение. Переходная кривая в дорожном строительстве служит для плавного соединения участков дорог разной кривизны. Под плавным соединением подразумевается такой переход, при котором (когда машина будет проезжать этот участок) она не почувствует толчка [1].

Предположим, что в соответствии с (Рис. 1), кривизна переходной кривой равномерно изменяется от нуля до $\frac{1}{R}$. Следовательно $\frac{1}{r} = ks$, где r - текущий радиус кривизны переходной кривой; k - коэффициент пропорциональности; s - длина дуги от начала переходной кривой $O(0;0)$ до текущей точки $M(x; y)$.

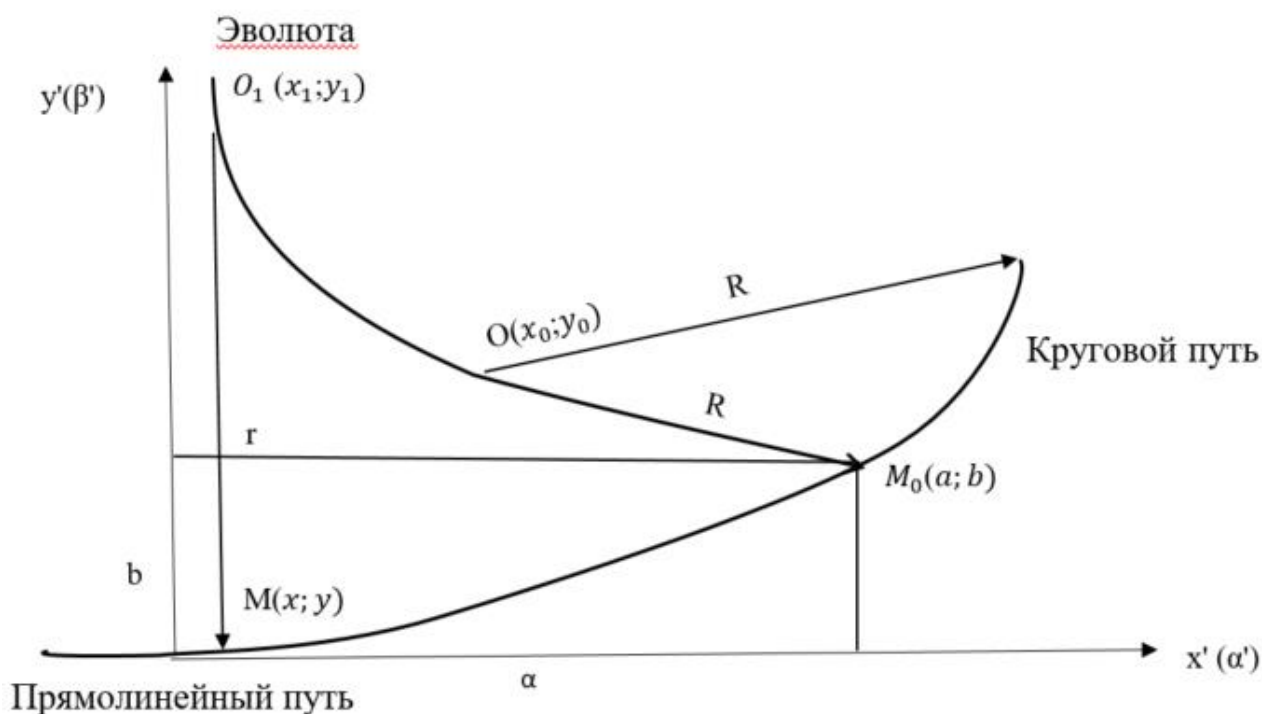


Рисунок 1 – кривизна переходной кривой

Коэффициент пропорциональности k определяется из условия $\frac{1}{r} = \frac{1}{R}$ при $s = l$. При этом точка центров кривизны переходной линии двигаясь по эволюте попадает в точку O и далее там будет находиться все время, так как далее точка будет двигаться по окружности, у которой радиус кривизны и центр кривизны – постоянны.

Тогда получим:
$$\frac{1}{r} = \frac{s}{Rl} \quad (1)$$

Введем коэффициент пологости (выпуклости) данной кривой соотношением вида: $l = \mu a$, где a - абсцисса конца переходной кривой и начала кругового пути. Будем считать величину μ близкой к единице (мы вскоре уточним ее значение). Тогда угловой коэффициент касательной $\frac{dy}{dx}$ будет мал, и поэтому в дифференциальной формуле кривизны

$$\frac{1}{r} = \frac{y''}{(1+(y')^2)^{3/2}} \quad (2)$$

величиной $(y')^2$ можно пренебречь. Таким образом, полагаем:

$$s = \mu x \quad \text{и} \quad \frac{1}{r} = y'' \quad (3)$$

На основании формул (1) и (3) дифференциальное уравнение переходной кривой примет вид:

$$y'' = \frac{\mu x}{Rl} \quad (4)$$

Общее решение этого уравнения:
$$y = \frac{\mu x^3}{6Rl} + c_1 x + c_2$$

Начальные условия: $y = 0$ и $y' = 0$ при $x = 0$, откуда $c_1 = 0$, $c_2 = 0$.

Подставляя эти значения в общее решение, находим искомое уравнение переходной кривой

$$y = \frac{\mu x^3}{6Rl} \quad (5)$$

На основании полученной формулы (5) определим значение коэффициента пологости μ .

В нашем случае $y' = \frac{\mu x^2}{2Rl}$. Тогда выражение для длины дуги принимает вид:

$$l = \int_0^a \sqrt{1+(y')^2} dx = \int_0^a \sqrt{1 + \frac{\mu^2 x^4}{4R^2 l^2}} dx \leq \int_0^a \sqrt{1 + \frac{l^2}{4R^2 \mu^2}} dx = \sqrt{1 + \frac{l^2}{4R^2 \mu^2}} a$$

С учетом $\frac{l}{a} = \mu > 1$ неравенство вида: $1 + \frac{b^2}{\mu^2} \geq \mu^2$ где обозначено $b = \frac{l}{2R}$.

В результате получим:

$$\mu \geq \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 + 4b^2}}{2}}$$

Если, например, положить $R = 2l$, то получим $\mu \geq \frac{\sqrt{2 + \sqrt{5}}}{2} = 1.03$

Даже если заложить крутой поворот $R = l$, что подчас характерно для автомобильных дорог, то получим $\mu > 1.1$, т.е. эта гипотеза достаточно хорошо работает. Поэтому в дальнейшем, при данном подходе будем полагать:

$$y = \frac{x^3}{6Rl} \quad (6)$$

Теперь в качестве параметра возьмем переменную x и запишем уравнение эволюты в параметрической форме для случая $R = 2l$. Тогда $(y')^2 = 0.0625$, что существенно меньше единицы и мы будем пренебрегать ею.

$$\alpha = x - y' \frac{1 + (y')^2}{y''} \approx \frac{x}{2} \quad \beta = y + \frac{1 + (y')^2}{y''} \approx \frac{2l^2}{x}$$

Исключая параметр x , получим параболу (рис. 1) вида: $\beta = \frac{l^2}{\alpha}$ (7)

Таким образом в соответствии с полученной формулой нетрудно установить, что асимптотой эволюты является ось Oy , а сама эволюта является частью гиперболы, идущей вдоль Oy оси из ∞ в точку $o(x_0; y_0)$. Теперь исследуем как между собой связаны между собой только что определенная точка $o(x_0; y_0)$ и точка $M_0(a; b)$, являющаяся концом переходной кривой и началом окружности кругового пути. А также нам предстоит определить условия сопряжения переходной кривой и окружности в этой точке.

Из рисунка видно, что $(a - x_0)^2 + (y_0 - b)^2 = R^2$ (8)

Это соотношение можно получить из теоремы Пифагора или из уравнения окружности. Теперь запишем уравнение окружности $(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 = R^2$ и по правилу нахождения производной неявно заданной функции, запишем

$$2(x - x_0) + 2(y - y_0) \cdot y' = 0 \quad (9)$$

Откуда находим: $y'_{M_0} = \frac{a - x_0}{y_0 - b}$ (10)

Если подставить полученное выражение (10) в уравнение нормали, восстановленной к окружности в точке M_0

$$(y - y_0)|_{y=b} = -\frac{1}{y'}(x - x_0)|_{x=a},$$

то получим тождество что еще раз доказывает правильность выведенной формулы (10).

Если выражение (8) продифференцировать по x еще раз, то получим:

$$1 + (y'_{M_0})^2 + (y - y_0)|_{y=b} \cdot y''_{M_0} = 0$$

И тогда определяем

$$y''_{M_0} = \frac{1 + (y'_{M_0})^2}{y_0 - b} .$$

Подставляя в эту формулу соотношение (10), и используя формулу (8), окончательно получим:

$$y''_{M_0} = \frac{R^2}{(y_0 - b)^2} \quad (11)$$

Отметим тот факт, что формулу (11) можно также вывести из формулы кривизны (2) с использованием уравнения (8), что в очередной раз подтверждает правильность выведенных выше формул.

А теперь вычислим первую и вторую производные в точке M_0 , используя переходную кривую. Для этого случая определяем:

$$y'_{M_0} = \frac{a^2}{2Rl} \quad \text{и} \quad y''_{M_0} = \frac{x_0}{Rl} \quad (12)$$

Вывод. Очевидно, что посчитываемые по формулам (10), (11), (12) значения первых и вторых производных не совпадают и поэтому в той точке сопряжение в точке M_0 , не является плавным, а значит по законам механике в ней из-за появления инерционных сил будет наблюдаться толчок. Считая эту работу своего рода заданием, мы планируем продолжить изучать эту проблему [2], и в следующей работе хотим предложить свой метод плавного сопряжения в точке M_0 .

Литература:

1. Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Транспорт, Москва, 1987. Ч.1-368 стр.; ч2-415 стр.
2. ЭУМК по учебной дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог». Для специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги». Составители Гатальский Р.К., Зеленко Л.В., Адашкевич В.И. Минск, БНТУ, 2021. 125 стр.