

Министерство образования Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет
Факультет транспортных коммуникаций

ТРАНСПОРТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Материалы
78-й Студенческой научно-технической конференции
апрель – май 2022

Минск
БНТУ
2022

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

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

Редакторы:

старший преподаватель Л.В. Козловская;

старший преподаватель Е.М. Жуковский;

старший преподаватель А.Ю. Будю;

старший преподаватель А.В. Конопацкий;

старший преподаватель А.В. Забавская;

старший преподаватель М.А. Хотомцева

старший преподаватель В.А. Ходяков

Составитель:

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

В сборник включены тезисы докладов, представленных на 78-й студенческой научно-технической конференции БНТУ студентами Факультета транспортных коммуникаций и других белорусских и зарубежных ВУЗов.

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 МОСТЫ И ТОННЕЛИ

| | |
|--|----|
| <i>Августинович Андрей Вячеславович</i> ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ..... | 16 |
| <i>Белобокий Андрей Евгеньевич</i> РАМВАН BRIDGE УНИКАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ..... | 19 |
| <i>Белобокий Андрей Евгеньевич</i> РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БРЕСТ | 21 |
| <i>Бородич Кирилл Дмитриевич</i> ТРЕХМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ, ПОЧЕМУ ПОКА НЕ ПОЛУЧИЛА МАССОВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ | 25 |
| <i>Бородич Кирилл Дмитриевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО..... | 27 |
| <i>Бутримович Денис Андреевич</i> ТОННЕЛЬ В ИНДИИ | 31 |
| <i>Буянов Тимофей Олегович</i> ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЕРЕВЯННОГО МОСТА ИЗ КЛЕЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ | 33 |
| <i>Буянов Тимофей Олегович</i> СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА УРАЙДЖА, САУДОВСКАЯ АРАВИЯ | 35 |
| <i>Буянов Тимофей Олегович</i> ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БРЕСТ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ВАРШАВСКОГО ШОССЕ И БУЛЬВАРА ШЕВЧЕНКО | 40 |
| <i>Васюкевич Никита Юрьевич</i> СТЕКЛОПЛАСТИКОВАЯ АРМАТУРА..... | 43 |
| <i>Васюкевич Никита Юрьевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ОЛИЗЫ ОЖЕШКО И СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ | 45 |

| | |
|--|----|
| <i>Вашкевич Егор Александрович</i> СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЯ И НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА, СОЕДИНЯЮЩЕГО ЧЕВИО И БРИОНЕ В ШВЕЙЦАРИИ | 48 |
| <i>Воронюк Дмитрий Павлович</i> ЗДАНИЕ АЭРОПОРТА СЕНТ-ЭКЗЮПЕРИ | 50 |
| <i>Гинтов Максим Александрович</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ВАЛДАЛЕН И ВОЛЛ (НОРВЕГИЯ) | 52 |
| <i>Головач Анастасия Дмитриевна</i> ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА, СОВМЕЩЁННАЯ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В ГОРОДЕ ГРОДНО | 55 |
| <i>Гомолко Андрей Феодосьевич</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТУННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ МЕЖДУ ШПИРИНГЕН И БИЗИСТАЛЬ | 57 |
| <i>Гурий Елизавета Михайловна, Чиркун Юлия Анатольевна</i> КАТАСТРОФА ПАССАЖИРСКОГО ТЕПЛОХОДА "АЛЕКСАНДР СУВОРОВ" В 1983 Г | 60 |
| <i>Дейко Вадим Витальевич</i> ДЛИННЫЙ ПОДВЕСТНОЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ – SKYBRIDGE В СОЧИ | 63 |
| <i>Дейко Вадим Витальевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТОВ КЛЕЦКОВА И ЯНКИ КУПАЛЫ | 66 |
| <i>Домнич Виктория Леонидовна, Карачун Дарья Ивановна</i> СУДОХОДНЫЙ ТОННЕЛЬ ИЛИ МАСШТАБНЫЙ ПРОЕКТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПЕРВОГО В МИРЕ МОРСКОГО СУДОХОДНОГО ТОНЕЛЯ В НОРВЕГИИ | 70 |
| <i>Дрозд Артур Андреевич</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ВО ФРАНЦИИ (ВАЛЖЕЛОН-ЛА-РОШЕТ — СЕН-РЕМИ-ДЕ-МОРЬЕН) | 73 |
| <i>Ераховец Егор Алексеевич</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ИСЛАНДИИ | 76 |
| <i>Ермаков Глеб Валерьевич</i> ЦЕНТРИФУГИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА | 79 |

| | |
|--|-----|
| <i>Ермаков Глеб Валерьевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ГАГАРИНА И ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНОЙ..... | 81 |
| <i>Жданович Александр Александрович</i> ДЕМОНТАЖ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПОДРЫВА..... | 84 |
| <i>Жильский Павел Дмитриевич</i> ВИДЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ..... | 86 |
| <i>Журавель Полина Александровна</i> ТОННЕЛЬ В ТУРЦИИ | 88 |
| <i>Журавлёв Даниил Дмитриевич</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ЭБЕРШТАЙН - ПЁЛЛИНГ | 90 |
| <i>Засимович Ольга Игоревна</i> ДЕРЕВЯННЫЕ КРЫТЫЕ МОСТЫ | 92 |
| <i>Зенько Артём Александрович</i> ПРОЕКТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА ЗИЛЬЦ-ВАЛЬД (ГЕРМАНИЯ)..... | 97 |
| <i>Зинович Анастасия Александровна</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ ШАРА-ВОЛЛЕЖ..... | 99 |
| <i>Казак Владислав Олегович</i> АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ В США МЕЖДУ УОЛСБЕРГ И ХЕБЕР СИТИ | 101 |
| <i>Казаченко Мария Владимировна</i> ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ВЛАДИМИРСКИЙ СПУСК | 103 |
| <i>Калиберов Андрей Кириллович</i> САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОННЫЕ СМЕСИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ | 106 |
| <i>Калиберов Андрей Кириллович</i> СКОТОПРОГОНЫ. ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И ПРАКТИКА СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ..... | 110 |
| <i>Калиберов Андрей Кириллович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА КОСМОНАВТОВ И УЛИЦЫ МАГИСТРАЛЬНОЙ | 114 |

| | |
|---|-----|
| <i>Карпейко Антон Сергеевич</i> ПРОЕКТ ПОДЗЕМНОГО МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА С ТОННЕЛЕМ, ПОДЗЕМНЫМ ПАРКИНГОМ И ТОРГОВЫМИ ПЛОЩАДКАМИ | 117 |
| <i>Качановский Алексей Михайлович</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ АВСТРИИ (ГАЛЬШТАТ-МАНДЛИНГ) | 120 |
| <i>Кирсанов Руслан Владимирович</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ ЛОМ-ЛЕША (НОРВЕГИЯ) | 123 |
| <i>Коваленя Никита Владимирович</i> ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОНNELЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА НОВЫ ТАРГ (ПОЛЬША) | 126 |
| <i>Ковальчук Ярослав Игоревич</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В РАЙОНЕ СТ. КУРИНСКАЯ И СЕЛО БЕЗЫМЯННОЕ, РОССИЯ | 130 |
| <i>Комович Владислав Леонидович, Монид Анатолий Владимирович</i> ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТАРОГО МОСТА ИМ. БЛОХИНА В ВИТЕБСКЕ И ИХ ПРИЧИНЫ | 132 |
| <i>Корень Александр Сергеевич</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ В КАНАДЕ | 137 |
| <i>Косенчук Никита Викторович</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ ГЕБИ-ГАРИ (ГРУЗИЯ) | 139 |
| <i>Кохановская Виктория Эдуардовна</i> ТОНNELЬ В КАНАДЕ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ПЕНЗ И РЕДЖАЙНА | 141 |
| <i>Краснощекий Александр Сергеевич</i> СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ ЕНИСЕЙ | 143 |
| <i>Кудрявцев Андрей Игоревич</i> АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОНNELЬ В МОНГОЛИИ | 146 |
| <i>Кузьмич Диана Вячеславовна</i> ТОНNELЬ В ЮЖНОЙ КОРЕЕ | 150 |
| <i>Кузьмич Максим Павлович</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОНNELЬ В РОССИИ ТЕБЕРДА-УЧКУЛАН | 152 |
| <i>Кулаго Юлия Владимировна</i> ПОДЗЕМНЫЙ ТОНNELЬ ПОД ФИНСКИМ ЗАЛИВОМ | 154 |

| | |
|--|-----|
| <i>Кулаго Юлия Владимировна, Кохановская Виктория Эдуардовна</i> ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ ВО ФРАНЦИИ..... | 156 |
| <i>Лавор Артём Андреевич</i> TIMBER BRIDGE IN GULOU WATERFRONT | 159 |
| <i>Лахнов Даниил Сергеевич</i> ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ..... | 162 |
| <i>Лихота Савелий Игоревич</i> АВТОМОБИЛЬНЫЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ЗАПАДНУЮ ДВИНУ В ГОРОДЕ ПОЛОЦК | 164 |
| <i>Лахнов Даниил Сергеевич</i> ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ..... | 168 |
| <i>Лозюк Анастасия Николаевна</i> НЕДОСТАТКИ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ. СЛАБАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЩЁЛОЧИ В БЕТОНЕ | 171 |
| <i>Лозюк Анастасия Николаевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС С РАСЧЕТОМ ТОННЕЛЯ, СООРУЖАЕМОГО ЩИТОВЫМ СПОСОБОМ | 174 |
| <i>Лютюев Владимир Алексеевич</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ИСЛАНДИИ (АКЮРЕЙРИ-ХУСАВИК) | 176 |
| <i>Маркевич Кирилл Александрович</i> ТРАНСПОРТНЫЙ ТОННЕЛЬ ГРЕЦИИ (XILIKI И REGKINI) | 180 |
| <i>Матвеевко Александра Сергеевна</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ | 183 |
| <i>Матвеевко Александра Сергеевна</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ТАРИНКОТ-ДЕХРАВУД В АФГАНИСТАНЕ | 187 |
| <i>Миневич Михаил Сергеевич</i> МОСТ ЧЕРЕЗ РЕКУ ИРТЫШ «КРАСНЫЙ ДРАКОН» | 189 |
| <i>Нестерович Любовь Юрьевна</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДВЕСНЫХ МОСТОВ | 191 |

| | |
|---|-----|
| <i>Нестерович Любовь Юрьевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МАШЕРОВА И УЛИЦЫ МАКСИМА БОГДАНОВИЧА | 194 |
| <i>Нестерович Максим Игоревич</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ ХУРЗУК-ТЕРСКОП..... | 198 |
| <i>Новикова Арина Станиславовна</i> ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РОССИИ ХАРТ-ВОРКУТА..... | 200 |
| <i>Мартынюк Владислав Александрович, Осмоловская Наталья Сергеевна</i> СТРОИТЕЛЬСТВО БУГРИНСКОГО МОСТА В НОВОСИБИРСКЕ | 202 |
| <i>Павлов Даниил Сергеевич</i> ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ | 204 |
| <i>Павловский Антон Андреевич</i> ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ МАТРАЙ-ИН-ОСТИРОЛЬ- БРУКБЕРГ | 206 |
| <i>Передерий Андрей Андреевич</i> ТРАНСПОРТНЫЙ ТОННЕЛЬ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В РАЙОНЕ Г.КАНДИЛА И Г. ПАЛАИРОС, ГРЕЦИЯ | 209 |
| <i>Петринчик Даниил Денисович</i> ТОННЕЛЬ В ТАЙВАНЕ, ТАЙБЭЙ-ИЛАН..... | 212 |
| <i>Подберецкий Даниил Андреевич</i> ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ | 214 |
| <i>Приборец Анастасия Евгеньевна</i> ЭКОЛОГИЯ. ДЕМОНТАЖ И УТИЛИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ..... | 216 |
| <i>Приборец Анастасия Евгеньевна</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ВИТЕБСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ФРУНЗЕ И УЛИЦЫ ЛЕНИНА..... | 220 |
| <i>Раловец Виктория Дмитриевна</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ГАРМИШ-ПАРТЕНКИРХЕН-МИТТЕНААЛЬД В ГЕРМАНИИ | 222 |
| <i>Сидорович Александр Михайлович</i> ПРОЕКТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДОВ КРАСНЫЙ КАРАЧАЙ – ТЕБЕРДА (РОССИЯ) | 224 |

| | |
|--|-----|
| Станкевич Никита Александрович КРУГОВОЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В ЛУДЖИАЗИ (КИТАЙ) | 227 |
| Степанюк Никита Евгеньевич АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ ДОМБАЙ-КРАСНЫЙ КАРАЧАЙ | 229 |
| Сурма Михаил Владимирович АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В ЯПОНИИ (ИНА-ФУДЗИМИ) | 231 |
| Терешко Сергей Иванович ПРОЕКТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА ЦЕЛЛА-ФРИДЕБАХ (ГЕРМАНИЯ)..... | 233 |
| Тишевич Вадим Олегович ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ЛАВОРГО И АКВАРОССО | 235 |
| Турляй Игорь Викторович ПОЛОЦКИЙ ЗАВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МОСТА В ПОЛОЦКЕ | 237 |
| Турляй Игорь Викторович МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БРЕСТ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ МОСКОВСКОЙ И ПИОНЕРСКОЙ УЛИЦ..... | 241 |
| Цейко Михаил Геннадьевич ТОННЕЛЬ В НОРВЕГИИ | 243 |
| Шарко Евгений Андреевич ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ГЁШЕНЕН-ХОСПЕНТАЛЬ, ШВЕЙЦАРИЯ | 245 |
| Шевелёв Николай Леонидович ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА: ГАЗОВАЯ, ЛАЗЕРНАЯ, ПЛАЗМЕННАЯ, ГИДРОАБРАЗИВНАЯ..... | 247 |
| Шевелёв Николай Леонидович АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ УЛ. НИКОЛАЯ ОСТРОВСКОГО И ПР-ТА ШМИДТА, Г. МОГИЛЁВ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ..... | 252 |
| Шельманов Павел Сергеевич THE MUSEUM OF TOMORROW | 255 |
| Шибалко Владислав Николаевич АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ В КАНАДЕ (НЭРН - ХАЙ-ФОЛС) | 258 |

| | |
|--|-----|
| <i>Шостко Олег Витальевич</i> КОНТАКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ..... | 263 |
| <i>Шпилевский Никита Алексеевич, Насута Вадим Александрович</i> МОСТ ЧЁРНОГО ЯСТРЕБА. BLACK HAWK BRIDGE | 266 |
| <i>Юрашевич Денис Николаевич</i> ОПОРНЫЕ ЧАСТИ МОСТОВ РАЗНОВИДНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ..... | 268 |
| <i>Исаков Илья Сергеевич</i> ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ | 271 |

Секция 2 АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

| | |
|---|-----|
| <i>Войткевич Антон Александрович</i> ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ..... | 274 |
| <i>Гомолко Андрей Феодосьевич</i> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЧЕТАНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО И СНЕГОЗАЩИТНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ | 277 |
| <i>Домнич Виктория Леонидовна</i> ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ДОРОГ | 281 |
| <i>Дубок Сергей Дмитриевич</i> СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАВЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ | 285 |
| <i>Зеленкевич Евгений Витальевич</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ | 288 |
| <i>Зрилова Анастасия Дмитриевна</i> ОБУСТРОЙСТВО ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ АВТОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ..... | 290 |
| <i>Кулаго Юлия Владимировна</i> ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ | 293 |
| <i>Нуьмонова Дилнозахон Нодиржон кизи</i> ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ | 296 |

| | |
|---|-----|
| <i>Пташиц Егор Олегович</i> АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ БЕЛАРУСИ И СООРУЖЕНИЯ НА НИХ | 298 |
| <i>Толстикова Надежда Александровна</i> ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ..... | 303 |
| <i>Шебеко Максим Русланович, Хомич Денис Витальевич</i> ПРОБЛЕМЫ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ | 307 |
| <i>Шпилевский Никита Алексеевич</i> ВОЗДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АСФАЛЬТОБЕТОН | 309 |

**Секция 3
ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

| | |
|--|-----|
| <i>Кураш Антон Витальевич, Хирьянова Мария Дмитриевна</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В AUTOCAD | 312 |
| <i>Герасимова Маргарита Александровна</i> КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ | 315 |
| <i>Давидовская Анна Игоревна, Игнатенко Кристина Викторовна</i> СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ | 317 |
| <i>Прудников Максим Константинович</i> ОСОБЕННОСТИ ПОРТИРОВАНИЯ НАСТОЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ВЕБ НА ПРИМЕРЕ C++ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ЛИСТА ТОПОКАРТЫ..... | 320 |
| <i>Маъмуржанов Абдулазиз Мансур угли</i> РАЗВИТИЕ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН | 323 |
| <i>Будкевич Карина Сергеевна, Андрейчиков Владислав Владимирович</i> СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА ДЛЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ КАМЕР | 326 |
| <i>Забайка Сергей Іванавіч</i> ГЕАДЭЗІЧНА-МАРКШЭЙДАРСКІЯ РАБОТЫ Ў МЕТРАПАЛІТЭНЕ..... | 330 |

| | |
|--|-----|
| <i>Евстрат Ольга Владимировна, Циханович Диана Олеговна</i> СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ УРАВНИВАНИЯ НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ..... | 334 |
| <i>Миронов Никита Сергеевич, Лоза Максим Геннадьевич</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ | 337 |
| <i>Саранков Дмитрий Александрович, Тунчик Дмитрий Андреевич</i> ПРОЕКТ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ | 341 |
| <i>Степанович Елизавета Владимировна</i> О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ИООО «СЛАВКАЛИЙ» | 344 |
| <i>Штапенко Ирина Андреевна</i> О ТЕХНОЛОГИЯХ СОСТАВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ НА ИННОВАЦИОННОЙ ОСНОВЕ В РУП «БЕЛГЕОДЕЗИЯ» | 345 |

Секция 4
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

| | |
|---|-----|
| <i>Конопацкий Артем Викторович</i> О ПРИМЕНЕНИИ КАБЕЛЬНОГО КРАНА ПРИ СОЗДАНИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСИАНОВКИ..... | 347 |
| <i>Чернышенко А.Ю., Капшуль И.С.</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕЗЖАЕМОСТИ ПО ЛЕСНЫМ ГРУНТОВЫМ ДОРОГАМ..... | 353 |

Секция 5
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

| | |
|--|-----|
| <i>Баранкевич Алина Александровна</i> СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ..... | 356 |
| <i>Бабушкин Прохор Николаевич</i> РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ И ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ..... | 358 |

| | |
|---|-----|
| <i>Арсеньев Виктор Сергеевич, Тимонович Юлия Юрьевна, Данчиков Александр Владимирович</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ | 362 |
| <i>Арсеньев Виктор Сергеевич, Тимонович Юлия Юрьевна, Данчиков Александр Владимирович</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ..... | 366 |
| <i>Ахалли Илья Саидович, Анципарович Владислав Витальевич</i> УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ | 369 |
| <i>Лысенкова Лидия Владимировна, Ковалевич Анастасия Алексеевна</i> ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК НЕОБХОДИМЫЙ АТРИБУТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ | 372 |
| <i>Цеван Иван Александрович</i> МАТЕМАТИКА В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ» | 375 |
| <i>Саранков Дмитрий Александрович, Августиневич Александра Александровна, Тунчик Дмитрий Андреевич, Дубинин Даниил Николаевич</i> ГЕОМЕТРИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ПОСТОЯННОЙ КРИВИЗНЫ..... | 378 |
| <i>Волчек Алёна Эдуардовна, Шаботько Светлана Игоревна, Шут Александр Олегович</i> «ПЕРЕВЕРНУТЫЙ КЛАСС» ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ XXI ВЕКА ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ..... | 383 |
| <i>Пешевич Николай Дмитриевич, Падалец Артём Александрович, Пилинога Алексей Андреевич</i> CALCPLOT3D ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ФУНКЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ» | 386 |
| <i>Домашкевич Никита Александрович, Амвросьев Егор Андреевич, Кирилов Леонид Александрович</i> ВЫЧИСЛЕНИЕ КРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ В СРЕДЕ WOLFRAM ALPHA | 389 |
| <i>Евстрат Ольга Владимировна</i> КАРТОГРАФИЯ И КРИВИЗНА | 393 |

| | |
|---|-----|
| <i>Евстрат Ольга Владимировна, Серафинович Павел Андреевич, Сергиевич Илья Александрович</i> ЛОКСОДРОМИИ НА СФЕРЕ | 396 |
| <i>Савич Матвей Игоревич, Скурко Тимофей Олегович, Лоза Максим Геннадьевич</i> МАЯТНИК ФУКО КАК ДЕМОНСТРАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ | 398 |
| <i>Мохань Дмитрий Михайлович, Нагель Николай Петрович, Павлюковец Александр Евгеньевич</i> ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ «WOLFRAM ALPHA» | 401 |

Секция 1

МОСТЫ И ТОННЕЛИ

ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ

*Августинович Андрей Вячеславович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках заданной работы было выбрано 2 города в Швейцарии – Гриндельвальд и Изельтвальд (Рис.1) Изучив их месторасположение, геологический характер местности, потребности населения в транспортной сети между городами – был сделан вывод, что необходимо разработать тоннель, для сокращения времени и расстояния между городами.

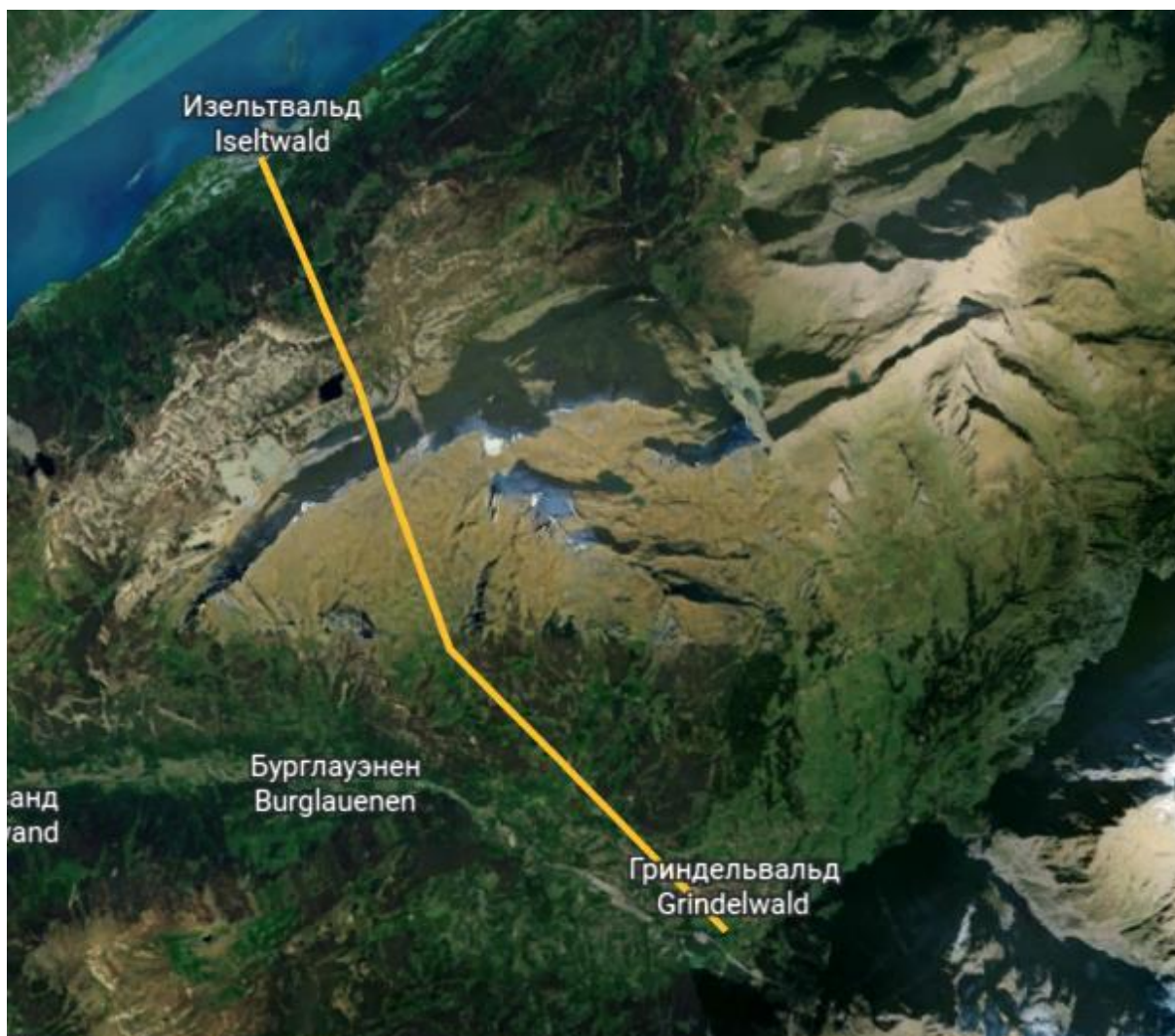


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

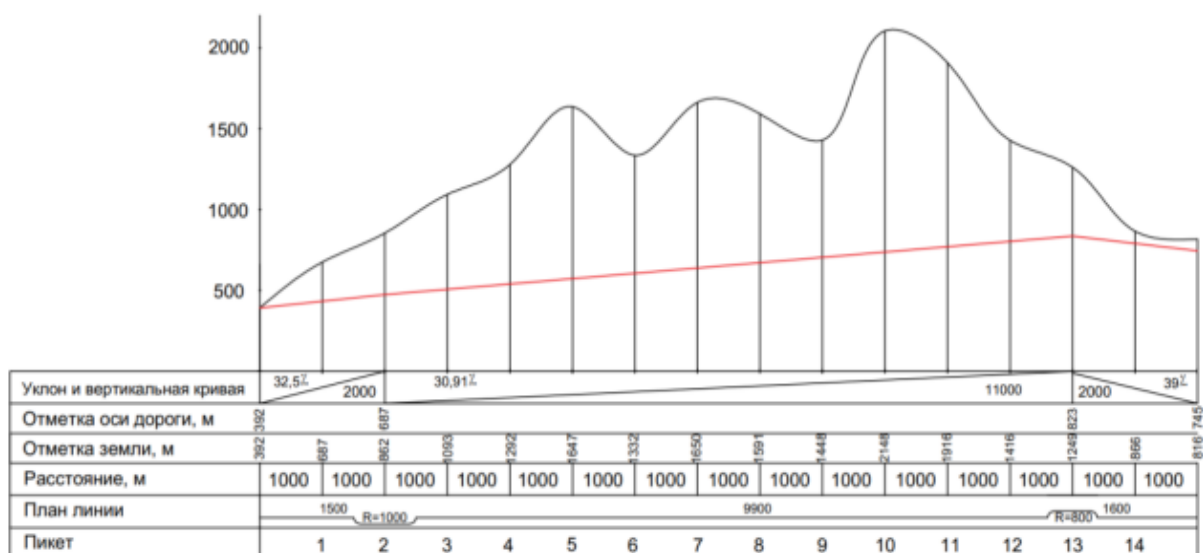


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 11,6 км. Максимальный уклон проезжей части не превышает 30‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения автодорожного транспорта в тоннеле должна составлять 90-110 км/ч.

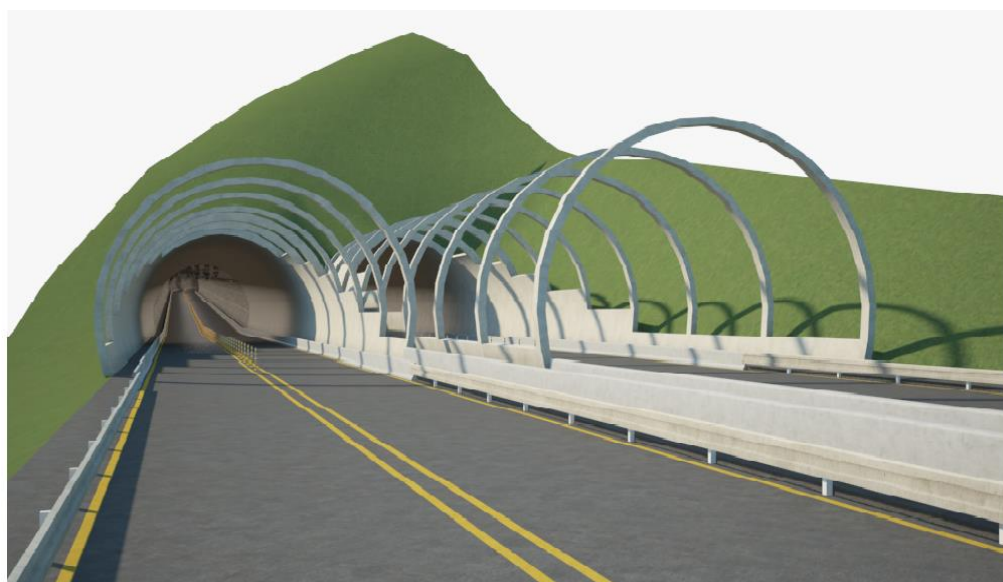


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Тоннель разработан по современным нормам: водоотводные устройства, вентиляция, освещение. Продольный профиль рельефа местности был построен с помощью спутниковых систем с которых мы получили отметки поверхности. Для строительства тоннеля используются материалы, которые отвечают за долговечность, прочность, морозостойкость, стойкость против воздействий внешней и окружающей среды. Разработанная мной концепция предполагаемого строительства туннеля позволит создать кратчайшее расстояние 11,6 км.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей» М., Транспорт, 1993 г.
2. Колокова Н. М., Копац Л. М., Файнштейн И. С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1998 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.
4. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
5. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

РАМБАН BRIDGE УНИКАЛЬНОЕ СООРУЖЕНИЕ

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научные руководители – Ляhevич Г.Д., докт. техн. наук, профессор,
Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Железнодорожный мост Памбан через море - одно из самых замечательных сооружений, построенное около 100 лет назад. Одним из самых удивительных фактов о мосте является то, что он открывается, позволяя свободно передвигаться на лодках и парамах. Вот некоторые из самых интересных особенностей этого столетнего моста, который никогда не перестает вас удивлять.

Мост Памбан длиной около 2,3 километра является первым в истории Индии морским мостом, соединяющим портовый город Рамесварам на острове Памбан с Мандапамом на материковой части Индии в штате Тамилнад.



Рисунок 1 – Подвижный подъемный мост Pamban Bridge

Мост Памбан имеет в общей сложности 143 неподвижных пролета и одну пару навигационных пролетов, на которых находится бетонная железнодорожная эстакада, поддерживающая движение поездов изо дня в день. Расположенный на искусственном рифе, было затрачено почти 5000 тонн цемента, 2600 тонн стали и 98 000 кубических футов камней и щебня, чтобы построить мост. Мост Памбан, расположенный в проливе Палк между странами Индией и Шри-Ланкой, расположен в одной из самых агрессивных сред в мире. Это также место сильных ветров, которые исторический мост выдерживает уже более ста лет. Этот вызывающий коррозию климат, наряду с ветреной погодой, время от времени представляет большую угрозу для конструкции, что делает ее обслуживание слишком сложным.



Рисунок 2 – Pamban Bridge

РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ 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)*

Целью данного проекта являлось разгрузка автодорожного перекрёстка в городе Брест. Местоположение: пересечение проспекта Машерова и улицы Ленина (Рис. 1). В пиковый час затруднения дорожного движения вирируется в пределах 7-9 баллов, для предотвращения данной проблемы были разработаны два подземных тоннеля, с помощью которых можно сократить время ожидания проезда.

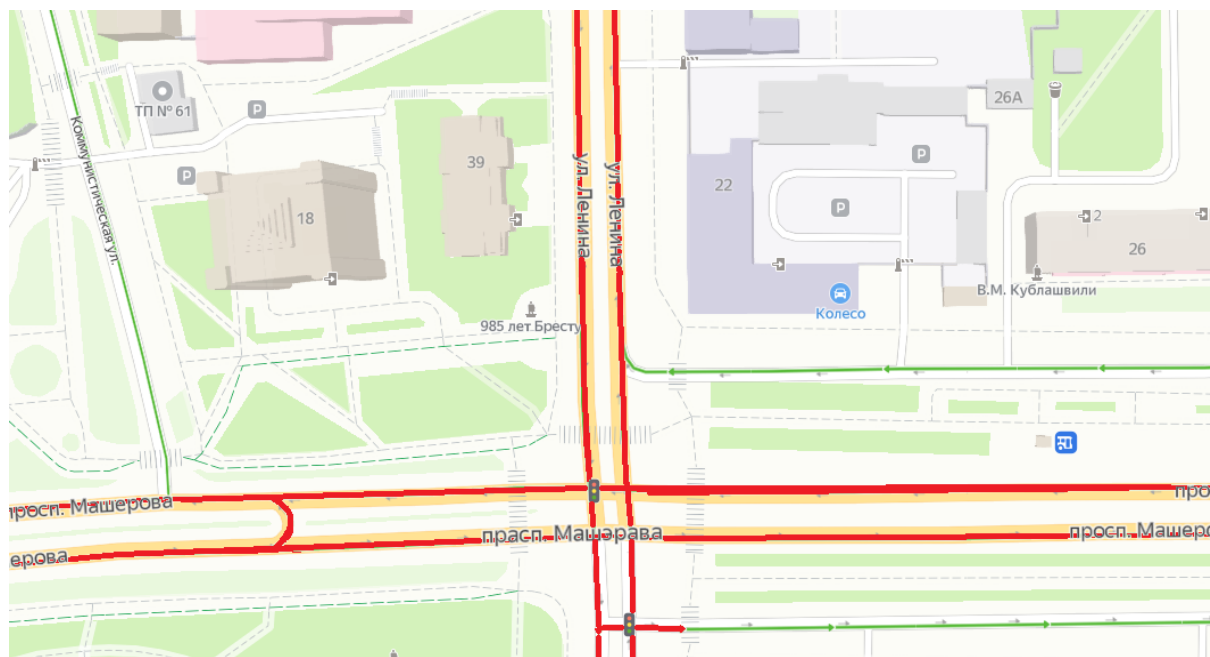


Рисунок 1 – Перекресток между проспектом Машерова и улицей Ленина

Так же помимо тоннелей будет сооружен подземный комплекс, в который можно попасть с помощью тоннелей (Рис. 2). Подземный комплекс будет включать в себя различные арендные помещения, супермаркет, стоянку, что позволит сохранить не нарушать архитектурную застройку на поверхности земли.

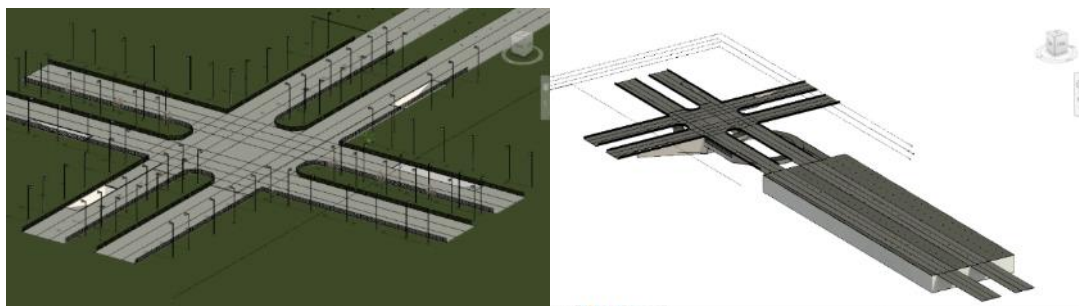


Рисунок 2 – 3D вид сверху

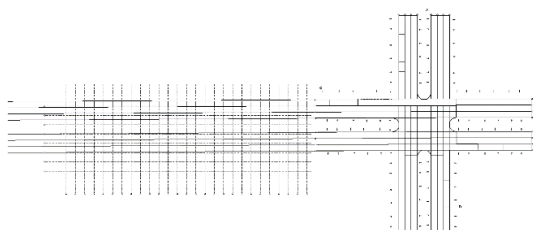


Рисунок 3 – План первого уровня.
Отметка -4м

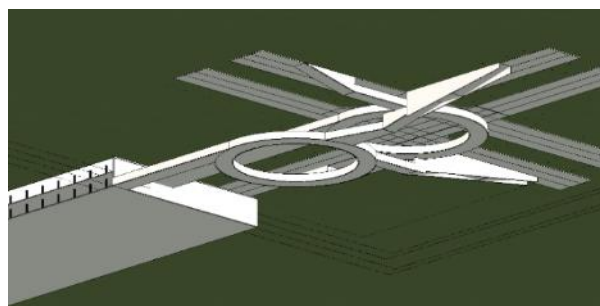


Рисунок 4 – 3D вид снизу

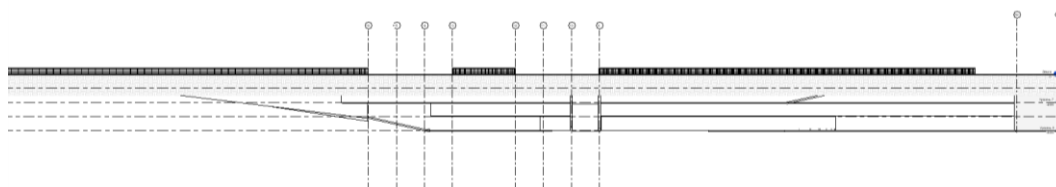


Рисунок 5 – фасад северный.

Данный проект разрабатывался с помощью современных технологий, а именно Revit 2021. Из-за расположения в центральной части города, данный комплекс будет пользоваться спросом среди жителей города.

Были произведены расчеты в программе SCAD.

Результаты расчета:

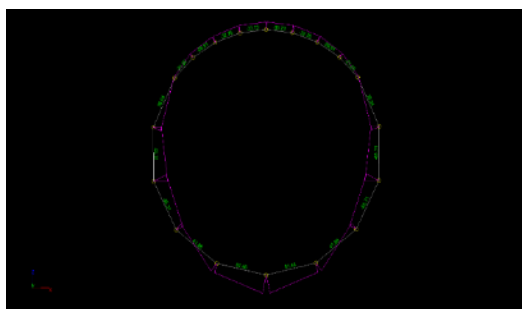


Рисунок 6.1 – Момент горизонтальной и вертикальной нагрузок

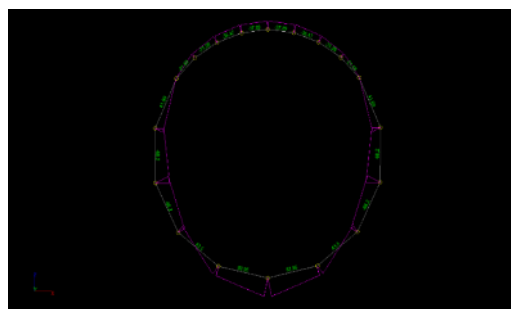


Рисунок 6.2 – Момент от собственного веса, горизонтальной и вертикальной нагрузок

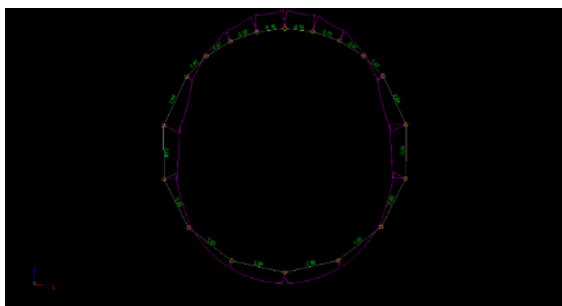


Рисунок 6.3 – Момент от собственного веса

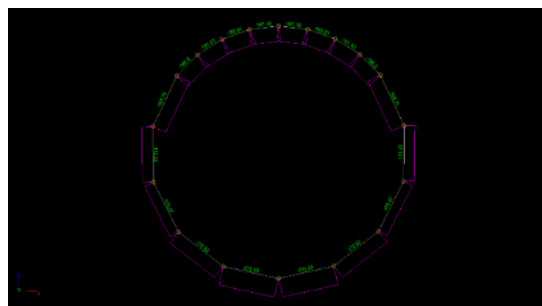


Рисунок 6.4 – Поперечные силы горизонтальной и вертикальной нагрузок

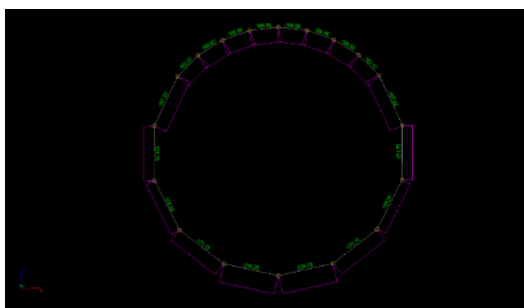


Рисунок 6.5 – Поперечные силы от собственного веса, горизонтальной и вертикальной нагрузок

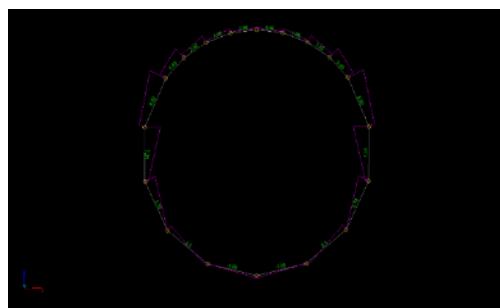


Рисунок 6.6 – Поперечные силы собственный вес

| Величины усилий от комбинаций | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Элемент | Сечение | Комбинация | Значение | | | | | | | |
| | | | N | M _k | M _y | Q _z | M _z | Q _y | r _y | r _z |
| 17 | 2 | 1 | -188,443 | 0 | -33,657 | -8,422 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 3 | 1 | -187,928 | 0 | -36,474 | -9,844 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 1 | 1 | -186,88 | 0 | -36,474 | -0,809 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 2 | 1 | -186,708 | 0 | -36,952 | -2,305 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 3 | 1 | -186,536 | 0 | -37,889 | -3,801 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Величины усилий от комбинаций

Единицы измерения: кН, м

Параметры выборки:

Список узлов/элементов: Все

Список сечений: Все

Список загружений/комбинаций: Все

Список факторов: Все

| Величины усилий от комбинаций | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|---------|------------|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Элемент | Сечение | Комбинация | Значение | | | | | | | |
| | | | N | M _x | M _y | Q _z | M _z | Q _x | Q _y | Q _z |
| 1 | 1 | 1 | -186,536 | 0 | -37,889 | 3,801 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 2 | 1 | -186,708 | 0 | -36,952 | 2,305 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 3 | 1 | -186,88 | 0 | -36,474 | 0,809 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 1 | -187,928 | 0 | -36,474 | 9,844 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 2 | 1 | -188,443 | 0 | -33,657 | 8,422 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 3 | 1 | -188,958 | 0 | -31,279 | 6,999 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 1 | 1 | -188,206 | 0 | -31,279 | 16,862 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 2 | 1 | -189,016 | 0 | -26,283 | 15,587 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 3 | 1 | -189,825 | 0 | -21,679 | 14,312 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 1 | 1 | -181,309 | 0 | -21,679 | 31,722 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 2 | 1 | -182,413 | 0 | -11,971 | 30,667 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4 | 3 | 1 | -183,516 | 0 | -2,592 | 29,613 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 1 | 1 | -161,734 | 0 | -2,592 | 38,431 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 2 | 1 | -164,383 | 0 | 19,912 | 37,205 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5 | 3 | 1 | -167,032 | 0 | 41,687 | 35,979 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 1 | 1 | -125,908 | 0 | -41,687 | -22,252 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 2 | 1 | -128,827 | 0 | -54,935 | -22,277 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 6 | 3 | 1 | -131,745 | 0 | -68,197 | -22,301 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 1 | 1 | -114,297 | 0 | -68,197 | 29,745 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 1 | -116,921 | 0 | -50,826 | 28,445 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 3 | 1 | -119,545 | 0 | -34,231 | 27,146 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 1 | 1 | -170,12 | 0 | -34,231 | 67,28 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 2 | 1 | -171,935 | 0 | 5,323 | 64,974 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 3 | 1 | -173,75 | 0 | 43,499 | 62,669 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 1 | 1 | -235,503 | 0 | 43,499 | 36,876 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 2 | 1 | -236,141 | 0 | 64,572 | 34,031 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9 | 3 | 1 | -236,778 | 0 | 83,955 | 31,186 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | -236,778 | 0 | 83,955 | -31,186 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 2 | 1 | -236,141 | 0 | 64,572 | -34,031 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 3 | 1 | -235,503 | 0 | 43,499 | -36,876 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 1 | -173,75 | 0 | 43,499 | -62,669 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 2 | 1 | -171,935 | 0 | 5,323 | -64,974 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 3 | 1 | -170,12 | 0 | -34,231 | -67,28 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 1 | 1 | -119,545 | 0 | -34,231 | -27,146 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 2 | 1 | -116,921 | 0 | -50,826 | -28,445 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12 | 3 | 1 | -114,297 | 0 | -68,197 | -29,745 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 1 | 1 | -131,745 | 0 | -68,197 | 22,301 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 2 | 1 | -128,827 | 0 | -54,935 | 22,277 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 3 | 1 | -125,908 | 0 | -41,687 | 22,252 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 1 | 1 | -167,032 | 0 | 41,687 | -35,979 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 2 | 1 | -164,383 | 0 | 19,912 | -37,205 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 14 | 3 | 1 | -161,734 | 0 | -2,592 | -38,431 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 1 | 1 | -183,516 | 0 | -2,592 | -29,613 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 2 | 1 | -182,413 | 0 | -11,971 | -30,667 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 3 | 1 | -181,309 | 0 | -21,679 | -31,722 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 1 | 1 | -189,825 | 0 | -21,679 | -14,312 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 2 | 1 | -189,016 | 0 | -26,283 | -15,587 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 16 | 3 | 1 | -188,206 | 0 | -31,279 | -16,862 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 1 | 1 | -188,958 | 0 | -31,279 | -6,999 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ТРЁХМЕРНАЯ ПЕЧАТЬ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ. НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ, ПОЧЕМУ ПОКА НЕ ПОЛУЧИЛА МАССОВОГО РАСПРОСТРАНЕНИЯ

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научные руководители – Ляхевич Г.Д., докт. техн. наук, профессор,
Ходяков В.А., старший преподаватель)*

В чем преимущество 3D-печати в строительстве?

Конструкции 3д-печати представляют собой скорлупу здания, законченного наполовину. При близком рассмотрении вы не обнаружите каких-либо швов или кирпичика. Слои наращиваются один поверх другого — так создается сложная конструкция (рис. 1). Это технология 3D-печати, где роботизированное оборудование автоматически наслаивает и сжимает слои бетона, или пластика, или любого другого материала в фундамент и выстраивают конструкцию.

Подобный метод строительства недостаточно развит — в мире напечатано всего несколько прототипов 3д-домов и офисов. Тем не менее, эта технология представляет собой перспективное решение для перемен в строительстве.



Рисунок 1 – Процесс печати сооружения

Преимущества 3-D печати:

1. высокая скорость строительства
2. автоматизация производственного процесса и минимизация человеческого фактора
3. отсутствие отходов от производственного процесса
4. широкие дизайнерские и архитектурные возможности

Недостатки 3-D печати:

1. требуются смеси с высокой скоростью схватывания и затвердевания
2. образование воздушных полостей, снижающих прочность конструкции
3. не до конца проработанная технология армирования
4. ограниченный ассортимент строительных конструкций доступных для печати
5. возможность печати сооружений небольшой высоты



Рисунок 2 – Пример сооружения, созданного с помощью трехмерной печати

До начала 2000-х годов технология 3-D печати не получила широкого распространения. Во-первых, стоимость и масштабы оборудования: долгое время закупать оборудование для производства трехмерных деталей могли себе позволить только автомобильная и аэрокосмическая отрасли. Во-вторых: первые 3-D модели были ограничены по форме, хрупкие, поэтому долгое время более широкое использование данной технологии было бесперспективно.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ 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)*

В данной работе стояла цель запроектировать подземную развязку в городе Гродно для того, чтобы снизить загруженность на пересечении улиц: Горновых, Советских Пограничников, Победы. (Рис. 1). Было запроектировано несколько тоннелей, которые снизят загруженность на данном участке дороги (Рис. 2), что позволит организовать движение без светофора, а также обеспечат беспрепятственный проезд к многофункциональному подземному комплексу.



Рисунок 1 – Генеральный план

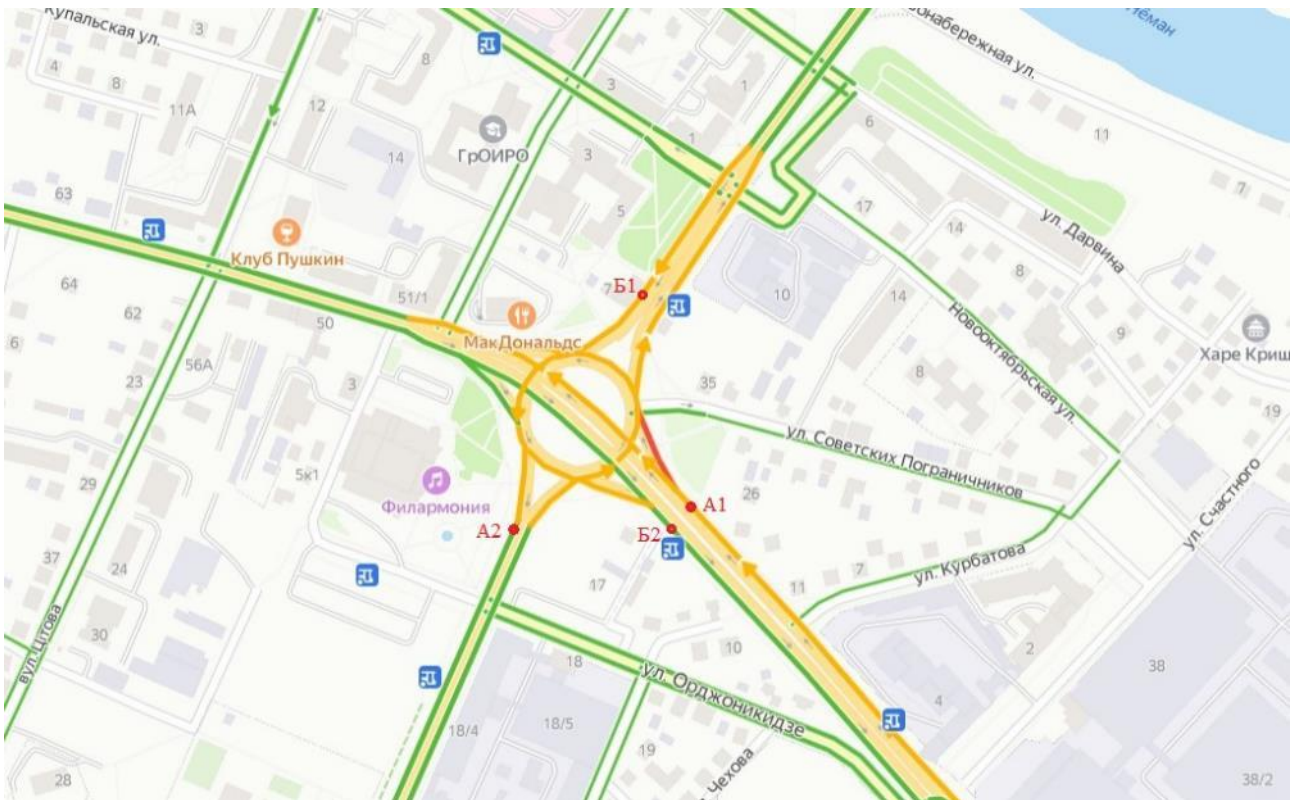


Рисунок 2 – Загруженность на перекрестке

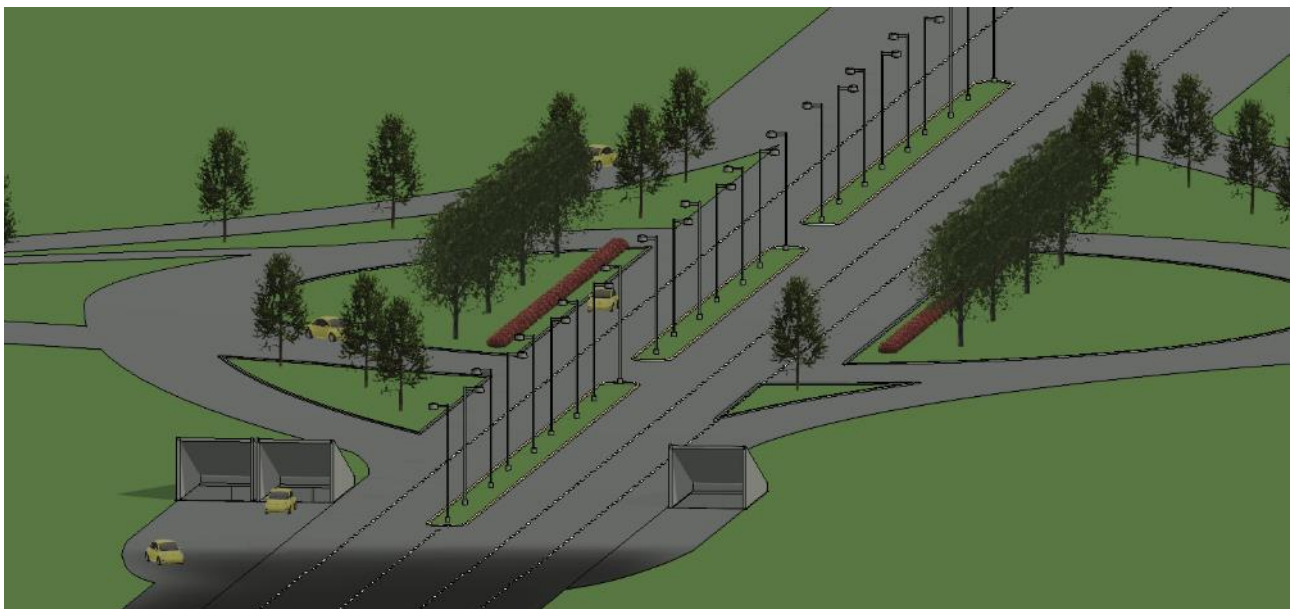


Рисунок 3 – Общий вид развязки



Рисунок 4 – Общий вид развязки

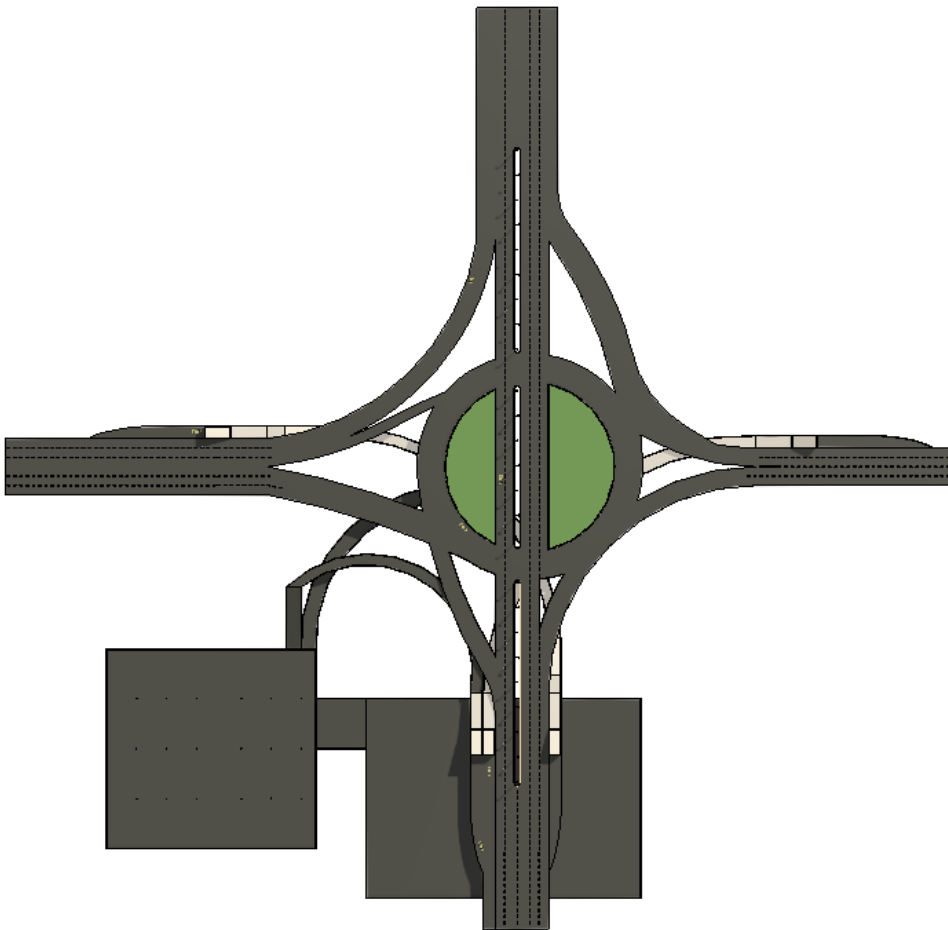


Рисунок 5 – Вид сверху

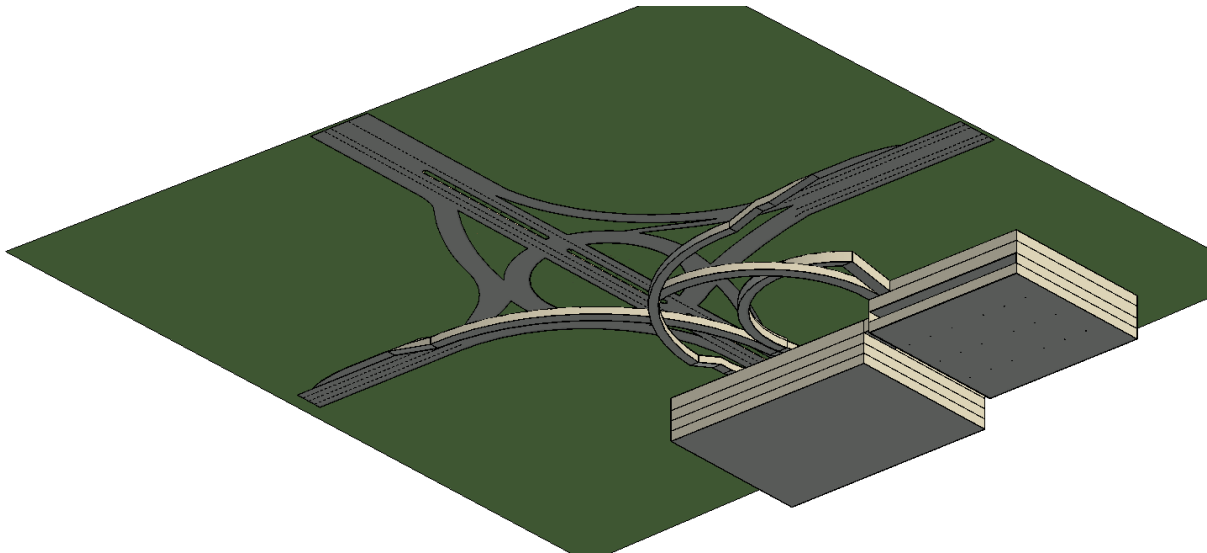


Рисунок 6 – Вид снизу

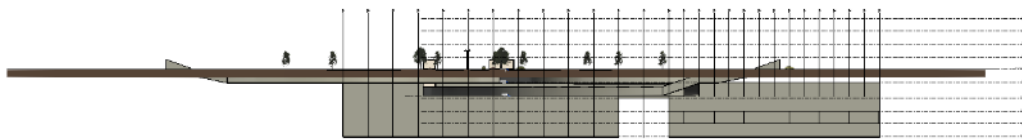


Рисунок 7 – Фасад восточный

Помимо тоннельной развязки был запроектирован многофункциональный подземный комплекс, в который можно попасть только с помощью данных тоннелей. Он представляет собой 2 модуля: подземный многоуровневый паркинг, торгово-развлекательный центр (ТРЦ), совмещенный с аквапарком. ТРЦ и аквапарк разделяет сплошная стеклянная стена. Данный тип сооружений не нарушает архитектурную застройку на поверхности земли и позволяет использовать данное пространство для различных целей.

ТОННЕЛЬ В ИНДИИ

*Бутримович Денис Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы были выбраны город Кара и Тунг, Индия. Тоннель будет иметь длину 19 км. Это автодорожный тоннель.

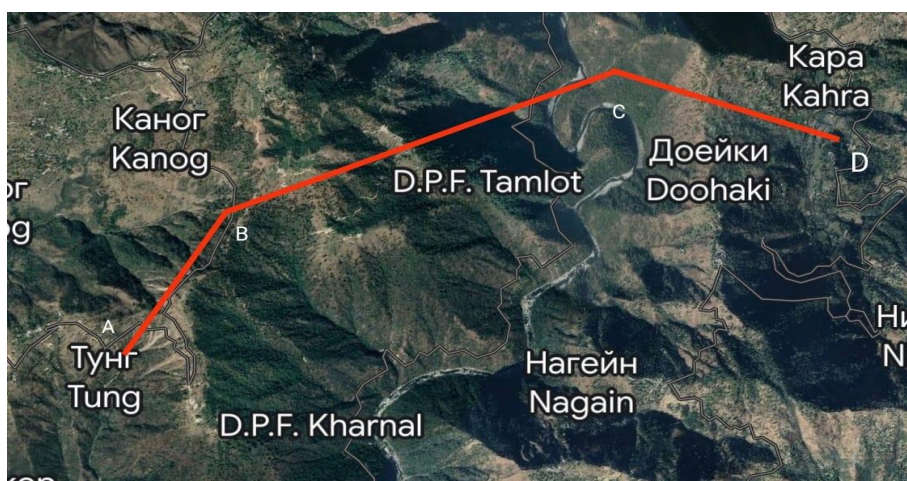


Рисунок 1 – Координаты тоннеля

Тоннель разрабатывался с целью сокращения времени нахождения людей в пути. Он создан по всем проектировочным нормам, имеет вентиляцию и систему отвода лишних вод.

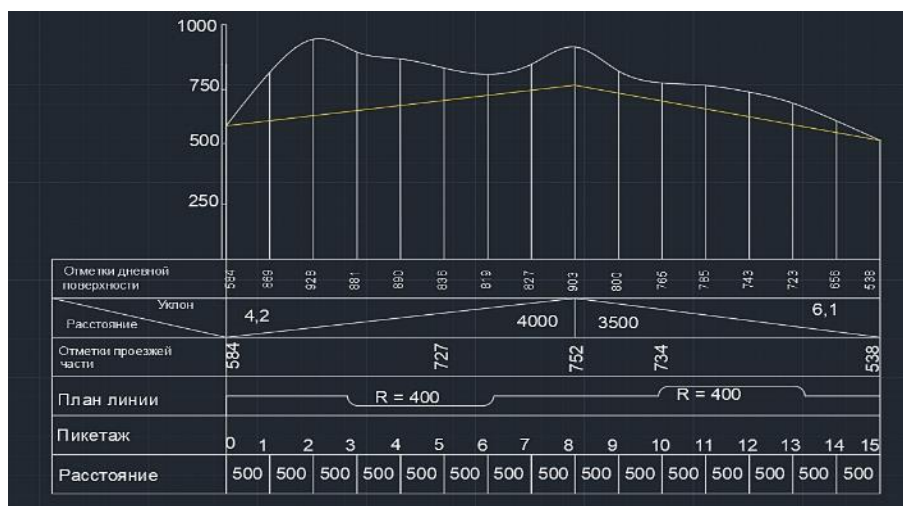


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля



Рисунок 3 – Модель портала

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

ИННОВАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЕРЕВЯННОГО МОСТА ИЗ КЛЕЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

Буянов Тимофей Олегович, студент 4-го курса

кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Ляхевич Г.Д., докт. техн. наук, профессор)

Генеральный директорат общественных работ и управления водными ресурсами Нидерландов выступил с призывом к исследованиям и разработкам «круговых виадуков» в рамках своего стремления стать к 2030 году климатически нейтральной страной и внедрить принципы экономики замкнутого цикла.

Вдохновленные экономикой замкнутого цикла, компания Arup вместе с партнерами Heijmans и Schaffitzel разработала инновационную систему деревянного моста для Голландского дорожного агентства Rijkswaterstaat (RWS).

Данная идея мостов из клееной древесины (перев. Bridges of Laminated Timber (BoLT)) направлена на обезуглероживание и ориентирована на долговечность, модульность, а также повторное использование. Древесно-бетонные материалы все чаще используются в пролетных строениях мостов, однако компания BoLT идет еще дальше и заменяет традиционные бетонные пролетные строения клееной древесиной. Это приводит к тому, что 75% от общего веса надстройки приходится на возобновляемый материал.

BoLT использует высококачественную клееную древесину, соответствующим образом защищенную водонепроницаемой мембраной, для настила моста и блочные клееные балки для главных пролетов. Использование древесины делает всю конструкцию нейтральной по отношению к CO₂, что приводит к снижению показателя экологических затрат на 70% и сокращению использования материалов, оказывающих абиотический фактор, до 90%.

Технологию BoLT можно использовать, как при возведении новых мостовых сооружений, а также при реконструкции настила моста, когда есть необходимость в сохранении существующей подконструкции и фундамента для удержания более легкой деревянной надстройки.



Рисунок 1 – Деревянная надстройка кругового моста в Нидерландах

Конструкция обеспечивает теоретический срок службы не менее 100 лет, поскольку она полностью защищена от дождя и соответствует будущим стандартам Еврокода для деревянных мостов.

Литература:

1. «Arup consortium develops innovative timber bridge design for Dutch highways agency RWS» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.arup.com/news-and-events/arup-consortium-develops-innovative-timber-bridge-design>. – Дата доступа 13.02.2022;
2. «10 most innovative eco projects in Europe» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.construction-europe.com/news/10-most-innovative-eco-projects-in-europe/8015371.article>. – Дата доступа 13.02.2022.

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА МОСТОВОГО СООРУЖЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА УРАЙДЖА, САУДОВСКАЯ АРАВИЯ

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

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

Мониторинг – это систематическое или периодическое слежение (наблюдение) за деформационно-напряжённым состоянием конструкций, обнаруживающее развитие повреждений и дающее характеристику сооружению о пригодности к его дальнейшей эксплуатации. Результаты измерений дают представление об изменениях геометрических свойств материалов и позволяют анализировать состояние конструкции с течением времени.

Железнодорожный мост в Саудовской Аравии обследовался в течение 80 часов для оценки его состояния. Основная цель состояла в том, чтобы получить измерения до, во время и после пересечения моста поездами. Полученные результаты позволили диагностически убедиться в том, что сооружение сохраняет свою целостность в процессе эксплуатации.



Рисунок 1 – Виадук Урайджа в Саудовской Аравии

Аравийскую пустыню пересекают реки, которых на самом деле там нет. Так называемые вади, сухие русла рек, которые наполняются водой только в сезон дождей. Виадук Урайджа является одним из таких мостов, пересекающих вади в Королевстве Саудовская Аравия. Он расположен в центральной части

пустыни Саудовской Аравии в районе Хаил, недалеко от небольшого городка Урайджа, примерно в 565 км к северо-западу от столицы Эр-Рияда.

Виадук состоит из семи пролетов с четырьмя преднапряженными железобетонными балками в поперечном сечении. Мост был построен в 2013 г., а исполнительные чертежи датированы январем 2014 г. В рамках данного исследования был тщательно изучен участок между опорами 4 (P 4) и опорами 5 (P 5).

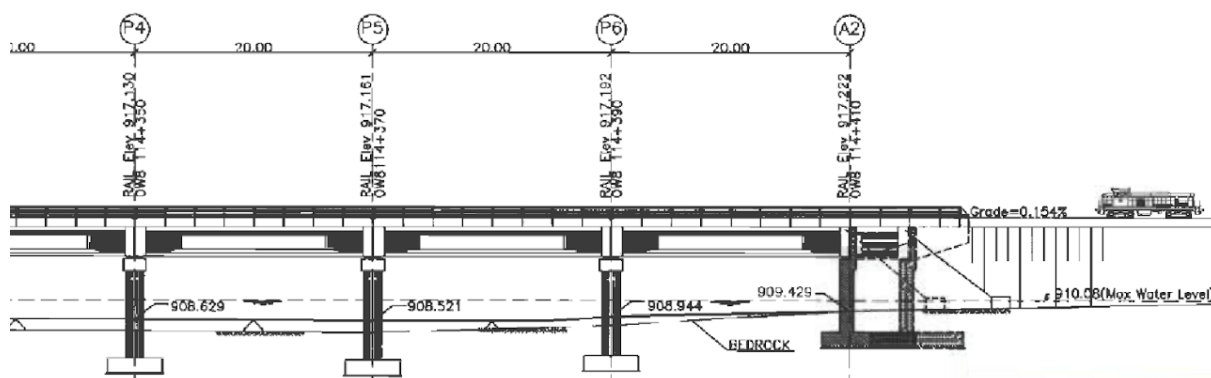


Рисунок 2 – Фасад моста

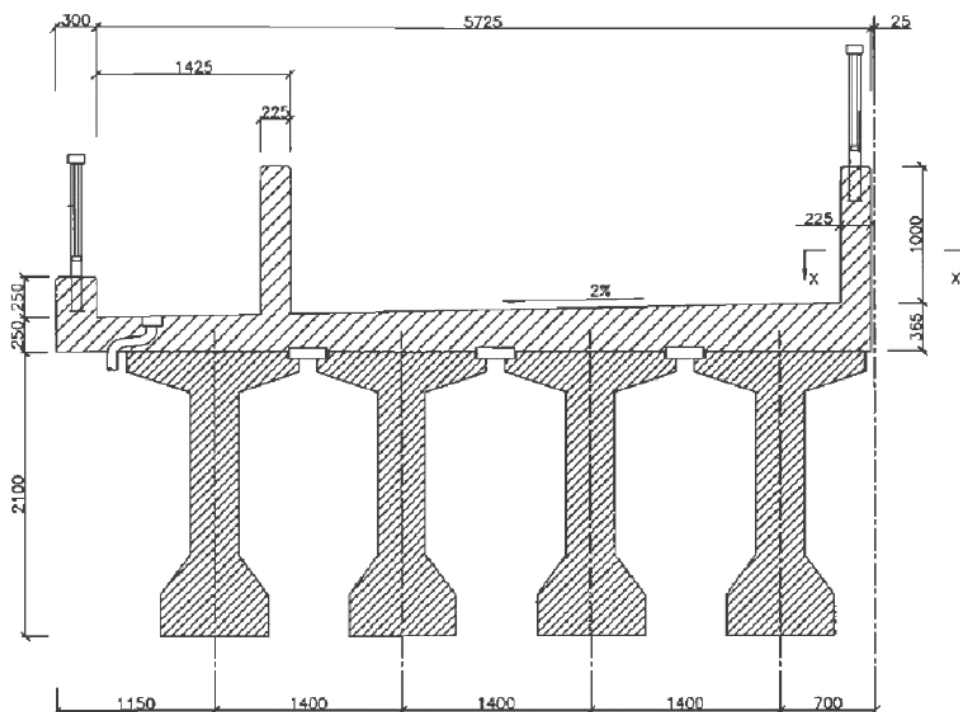


Рисунок 3 – Поперечный разрез моста

В ходе мониторинга были установлены акселерометры MEMS, проводящие измерение вибрации и ударных ускорений (внезапное возбуждение структуры, создающее резонанс). Данные акселерометры характеризуются чрезвычайно низким уровнем шума, что необходимо для измерения малых

вибраций. Для качественного проведения обследования важно обнаруживать даже небольшие изменения частоты вибрации.



Рисунок 4 – Акселерометр, установленный на балках моста

Также устанавливались наклонометры для измерения углов крена относительно осей X и Y, при этом ось Z расположена вертикально. Наклон по двум осям измеряется 2-осевым MEMS-датчиком наклона внутри устройства. Аналого-цифровое преобразование выполняется внутри устройства, устраняя любые помехи, возникающие в аналоговых кабелях.



Рисунок 5 – Наклономер, установленный на балке моста

Деформации измерялись с помощью тензометрического датчика с болтами для крепления к низу балок пролетного строения.

Все устройства мониторинга были последовательно соединены одним кабелем САТ6. Этот единственный кабель обеспечивает питание, данные и синхронизацию устройств для сбора данных. Данные передаются на встроенный компьютер для регистрации их, на котором установлено программное обеспечение DewesoftX. Программное обеспечение может отображать записи в режиме реального времени, сохранять данные и анализировать файлы данных.



Рисунок 6 – Тензометрические датчики, установленные внизу балки пролетного строения



Рисунок 7 – Блок сбора данных в корпусе IP67 с программным обеспечением DewesoftX

Программное обеспечение для мониторинга необходимо, чтобы:

1. получать сигналы от всех датчиков,
2. выполнять визуализацию в реальном времени,
3. сигнализировать об аномальных стадиях,
4. хранить данные,
5. конвертировать/сохранять данные на сервер базы данных для дальнейшей обработки.

Датчики устанавливаются не только во время плановых обследований, но и в момент ввода сооружения в эксплуатацию для наблюдения на протяжении всего срока работы мостовой конструкции.

Таким образом основные задачи систем мониторинга заключаются в:

1) снижении затрат при эксплуатации мостовых конструкций, т.к. после установки системы мониторинга не требуется проведения периодических обследований;

2) повышении условий безопасного движения по мосту, вследствие непрерывного мониторинга и возможности мгновенного оповещения сотрудников службы эксплуатации моста и служб быстрого реагирования о возможном возникновении потенциально опасной ситуации.

Литература:

1. «Мониторинг состояния железнодорожного виадука» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dewesoft.com/case-studies/structural-health-monitoring-of-the-railway-viaduct>. – Дата доступа 13.04.2022;
2. «Мониторинг мостов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://smis-expert.com/blog/monitoring-mostov>. – Дата доступа 13.04.2022.

ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БРЕСТ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ВАРШАВСКОГО ШОССЕ И БУЛЬВАРА ШЕВЧЕНКО

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

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

На сегодняшний день вопрос, касающийся обеспечения беспрепятственного движения транспорта, стоит остро. Автолюбителям необходимо быстро пересекать перекрестки в нужном им направлении и тем самым исключать образование заторов. Зачастую трудности вызывает поворот налево без дополнительной секции светофора, в следствие необходимости пропуска автомобильного транспорта, движущегося в главном направлении.

Решение вопроса следует искать в строительстве современных многофункциональных подземных транспортных развязок.

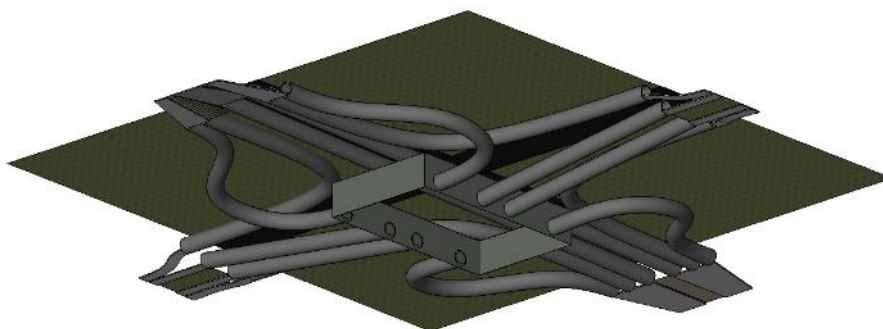


Рисунок 1 – Подземная транспортная сеть

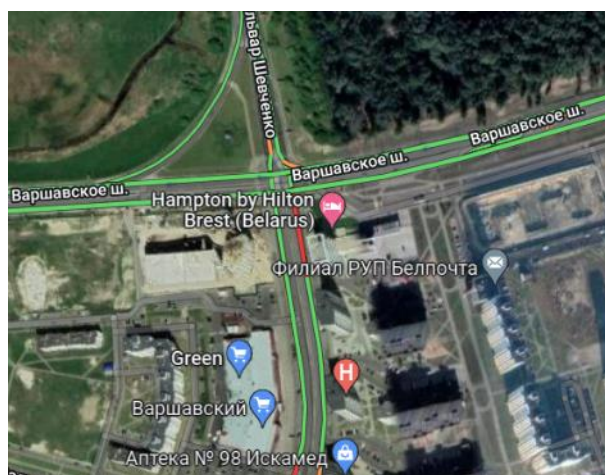


Рисунок 2 – Место расположения Google Maps

Задача разработанного мной проекта заключается в разгрузке перекрестка в городе Брест на пересечении Варшавского шоссе и бульвара Шевченко. Автомобилист будет в праве выбирать необходимое ему движение с возможностью проезда в любом направлении, как с заездом в многофункциональный подземный комплекс, так и без него.

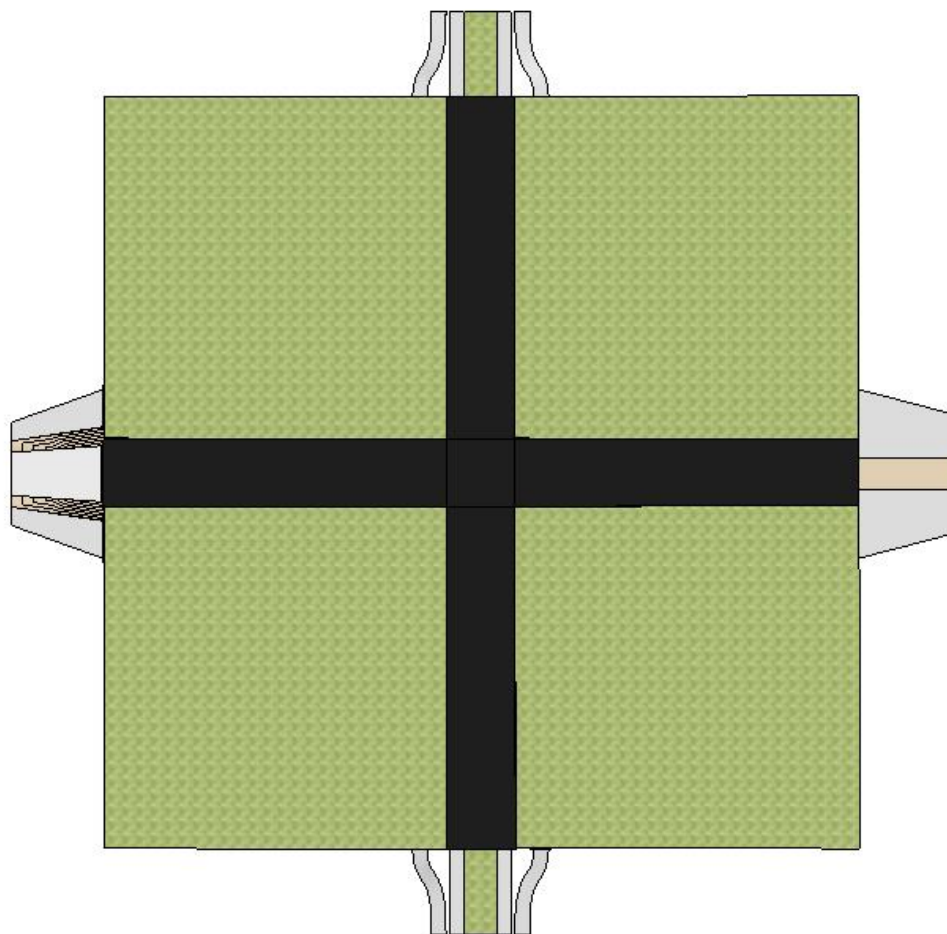


Рисунок 3 – План подземной транспортной развязки на отметке 3.000 м

На практике строительство подобного вида сооружений не только ускорит транспортное сообщение в городской черте, но и освободит наземную часть города для строительства парковых зон и более значимых социальных объектов. Также в качестве плюсов стоит отметить сохранение исторической части города, которая нередко страдает в следствие строительства, затрагивающего наземную поверхность.

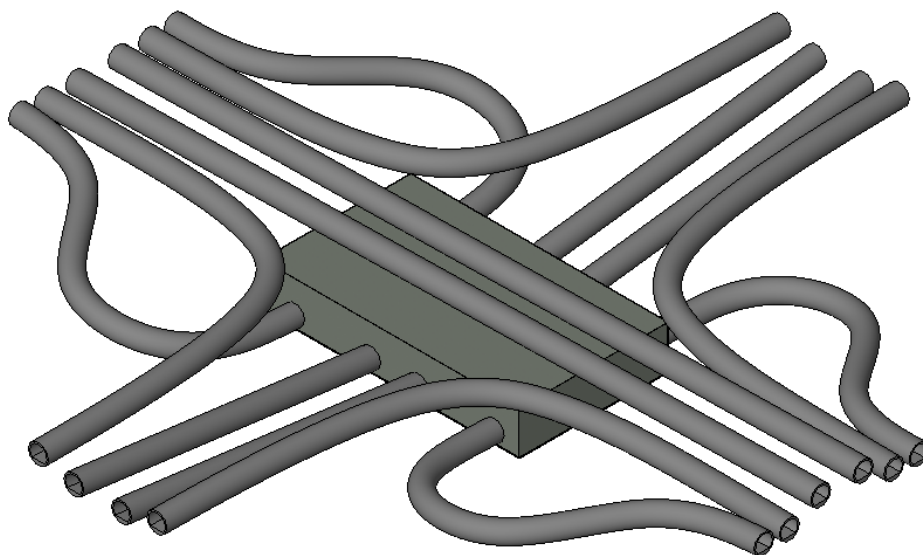


Рисунок 4 – Общий вид подземного сооружения

Строительство транспортной развязки совмещено с возведением многофункционального подземного комплекса, оборудованного торговыми площадками, развлекательными и спортивными зонами, фудкортами и соответственно многоуровневой парковкой для личного транспорта.

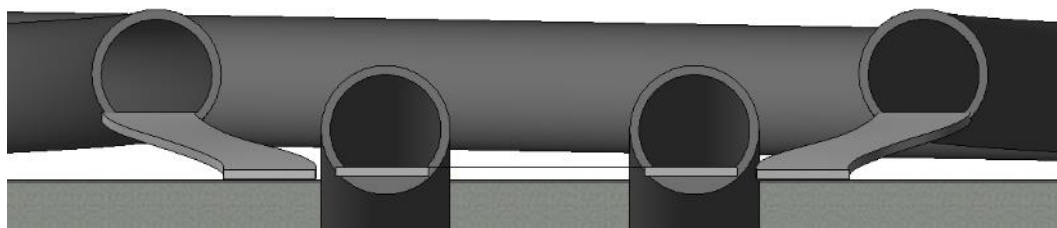


Рисунок 5 – Разрез 1-1

Подобного рода проекты вносят значительный вклад в развитие подземного строительства и способствуют улучшению инфраструктуры городов, снижают уровень заторов на дорогах, что благоприятно влияет на скорость транспортного сообщения.

Литература:

1. «Interchanges [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roads.org.uk/interchanges>. – Дата доступа 01.05.2022.

СТЕКЛОПЛАСТИКОВАЯ АРМАТУРА

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научные руководители – Лякевич Г.Д., докт. техн. наук, профессор,
Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Востребованная на рынке стеклопластиковая арматура хорошо справляется с заменой стальных аналогов, ее стоимость снижается за счет недорогого используемого в производстве материала или вторичного стекла. Спрос на данный вид материала растет в строительстве, а также хозяйстве. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Неметаллическая арматура

Арматура из стеклопластика имеет ряд достоинств: безшовная укладка; срок службы – 50-80 лет; дешевизна; большой диапазон температур; большая коррозионная стойкость...

Также есть и недостатки, такие как: невозможность самостоятельно согнуть и создать твердого и жесткого каркаса; низкая термостойкость; прочность ухудшается со временем, а модуль упругости уступает металлическим предшественникам.

Арматура используется как в дорожном строительстве(для создания бетонных монолитных оснований, укрепления слабых оснований и насыпей,армирование дорожного полотна). Также с помощью данной арматуры армируют дренажные колодцы, фундаменты стены и различные бетонные конструкции.

Частные лица находят более приземленное применение.(Рис.2)



Рисунок 2 – Каркас самодельного парника

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ОЛИЗЫ ОЖЕШКО И СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ

*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 проектирования и реализации строительства данной многофункциональной подземной развязки был выбран город Гродно, Беларусь. 356 000 человек живут в Гродно. Плотность составляет около 2400 чел./км². В городе преимущественно большая плотность застройки и достаточно узенькие улочки. Выбор упал на перекресток улицы Олизы Ожешко и Социалистической. В данном проекте решалась задача по разгрузке перекрестка данных улиц. (Рис. 3) Данный проект включает в себя сооружение развязки под землей.

Расчетная скорость движения потока авто в тоннеле должна составлять примерно 80-100км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2). Данная развязка приведет к подъему качества системы передвижения на транспортных средствах в городе. Проект включает в себя пару тоннелей с несколькими полосами дорожного движения. Выезды и заезды из блоков движения а также социализированные объекты. Также удобный паркинг над развязкой для удобства водителей и отдыха.

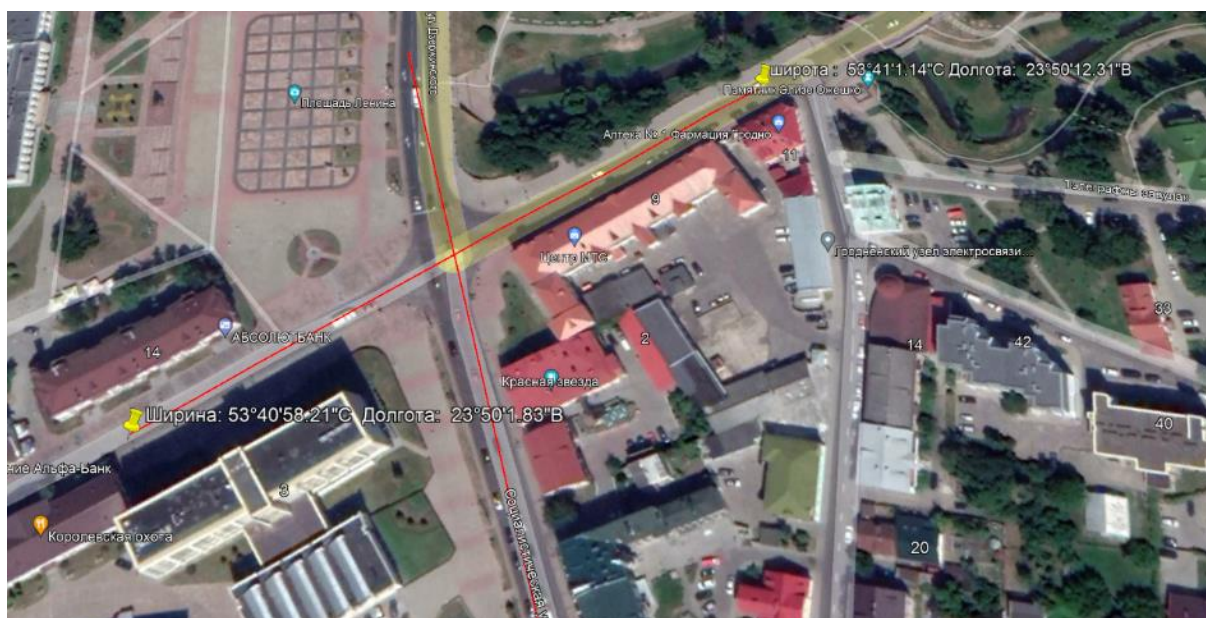


Рисунок 1 – План местности

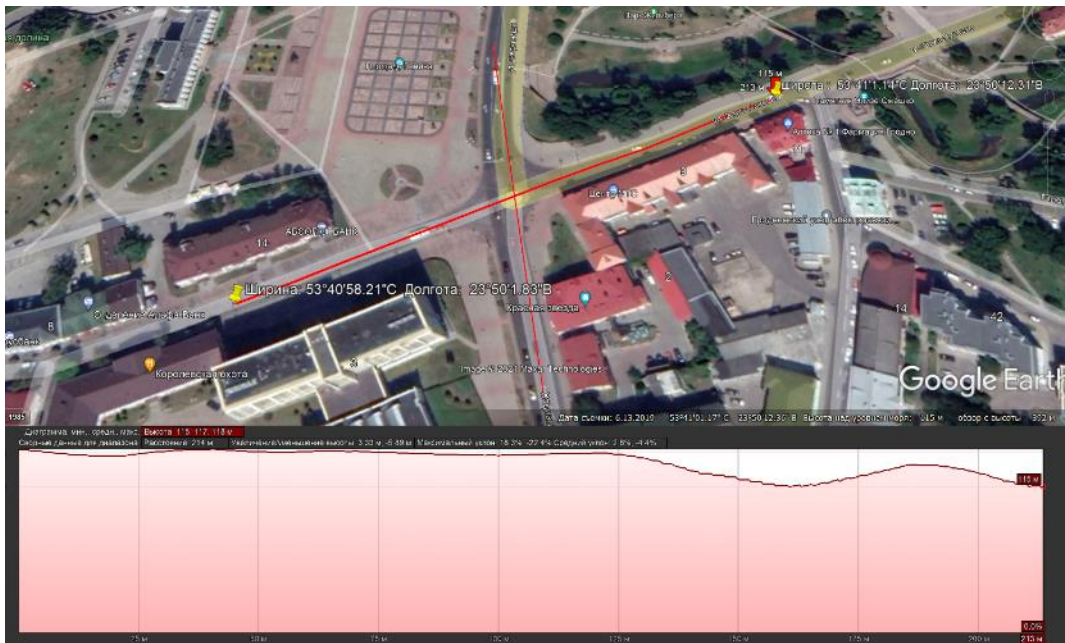


Рисунок 2 – Продольный профиль местности

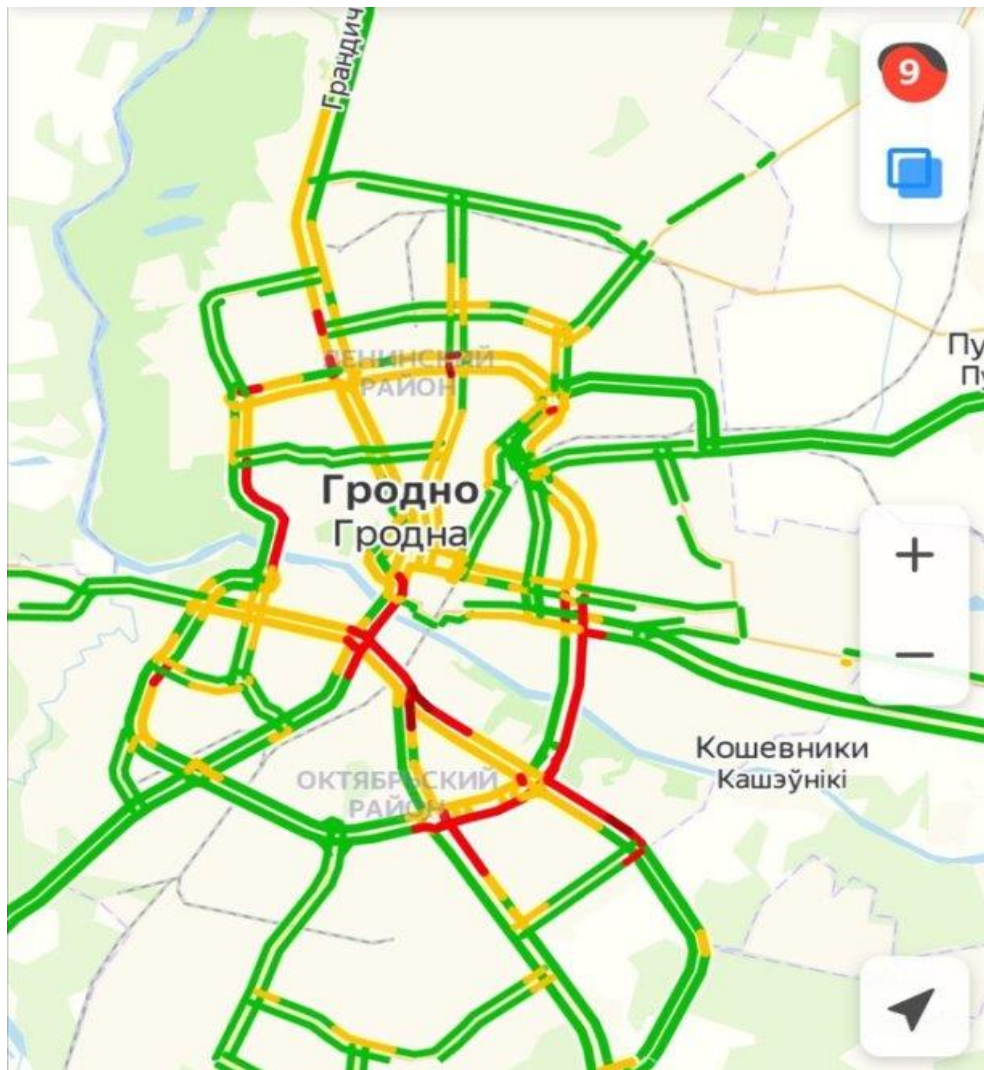


Рисунок 3 – Пробки 9 баллов

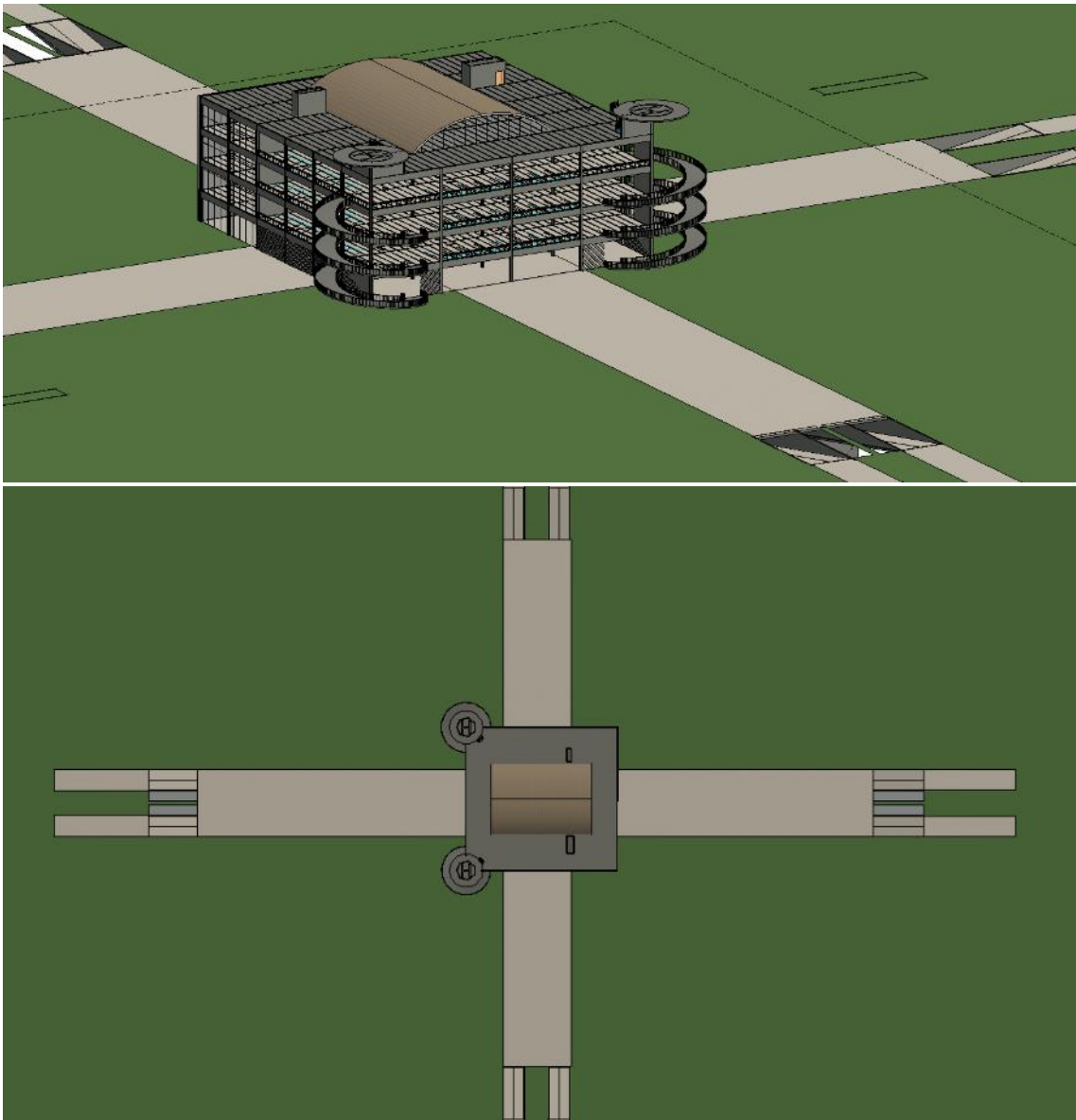


Рисунок 4 – Общий вид портала

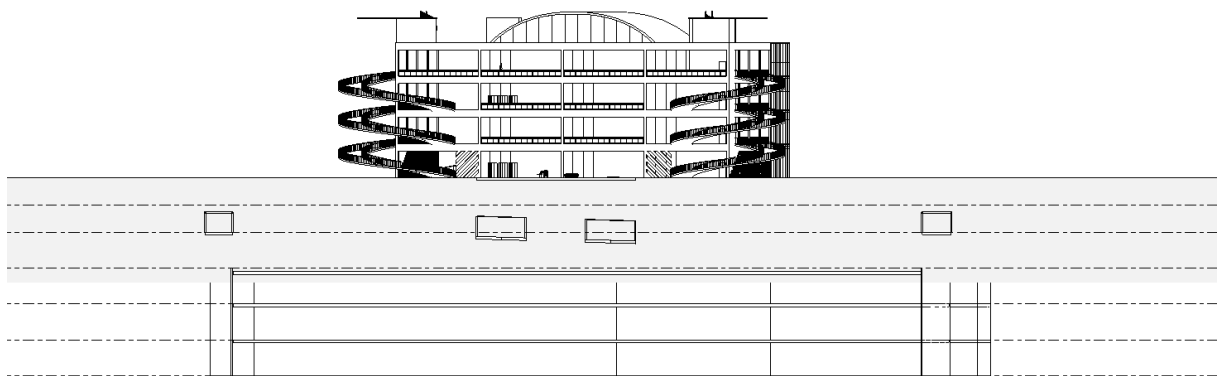


Рисунок 5 – Фасады развязки

Вывод: Это решит проблему как пробок так и повысит удобство передвижения по городу.

СТРОИТЕЛЬСТВО ТОННЕЛЯ И НАЗЕМНОГО КОМПЛЕКСА, СОЕДИНЯЮЩЕГО ЧЕВИО И БРИОНЕ В ШВЕЙЦАРИИ

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

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

Для данной научной работы были выбраны два города в Швейцарии – Чевио и Брионе. Из-за больших горных массивов между городами, было рекомендовано разработать концепцию тоннеля, для улучшения транспортного сообщения между городами. В наземном комплексе, на входе и выходе из тоннеля (Рис. 1) был спроектирован паркинг, концертное помещение, офисный комплекс.

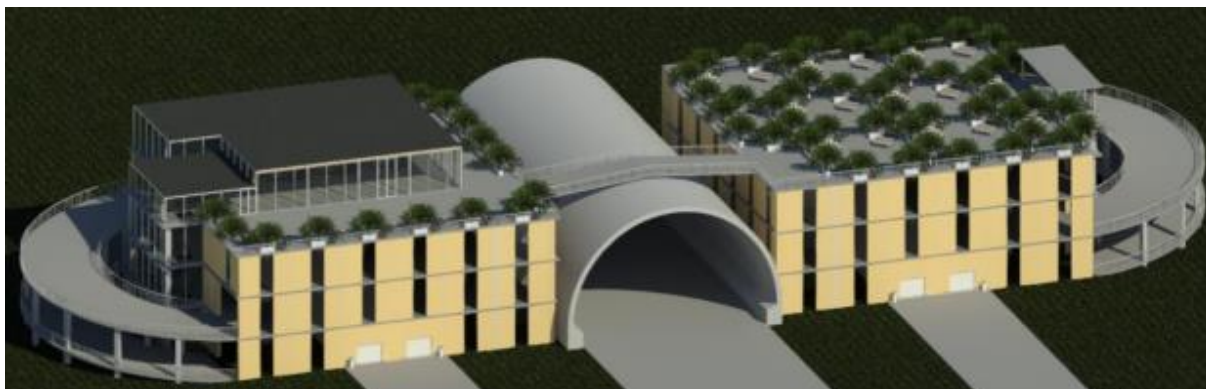


Рисунок 1 – Многофункциональный наземный комплекс



Рисунок 2 – Визуальное изображение портала тоннеля

С помощью спутниковых технологий были получены данные рельефа местности, результате которых был построен продольный профиль тоннеля между городами.



Рисунок 3 – План местности

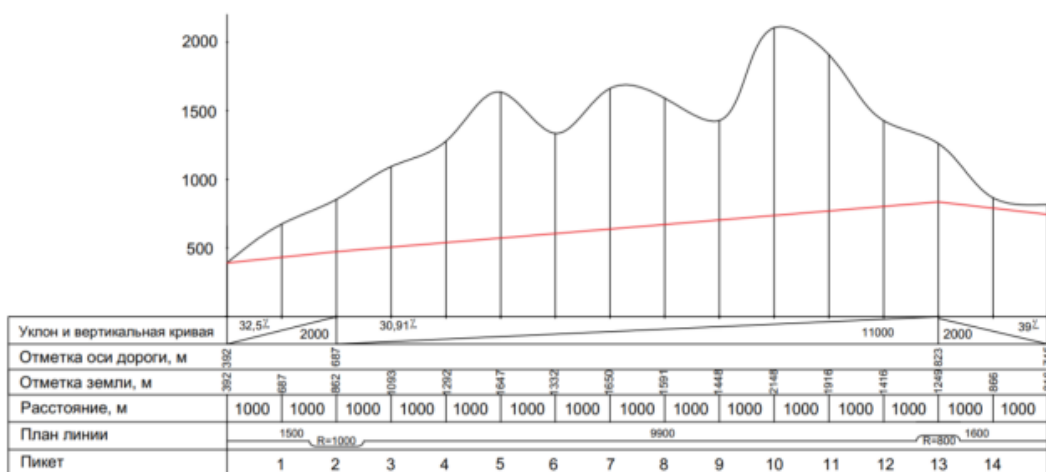


Рисунок 4 – Продольный профиль тоннеля

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 15 км. Максимальный уклон проезжей части не превышает 30% (Рис. 4). Расчетная скорость движения автотранспортного транспорта в тоннеле должна составлять 90-110 км/ч.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автотрасс и городских тоннелей» М., Транспорт, 1993 г.
2. Колокова Н. М., Копац Л. М., Файнштейн И. С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1998 г.

ЗДАНИЕ АЭРОПОРТА СЕНТ-ЭКЗЮПЕРИ

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

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

Аэропорт Лион–Сент-Экзюпери или же аэропорт Лион Сатолас считается международным аэропортом Лиона, третьего по величине города Франции и важным транспортным средством для всего региона. Он находится в Коломбье-Сонье, в 15 км к юго-востоку от центра Лиона.

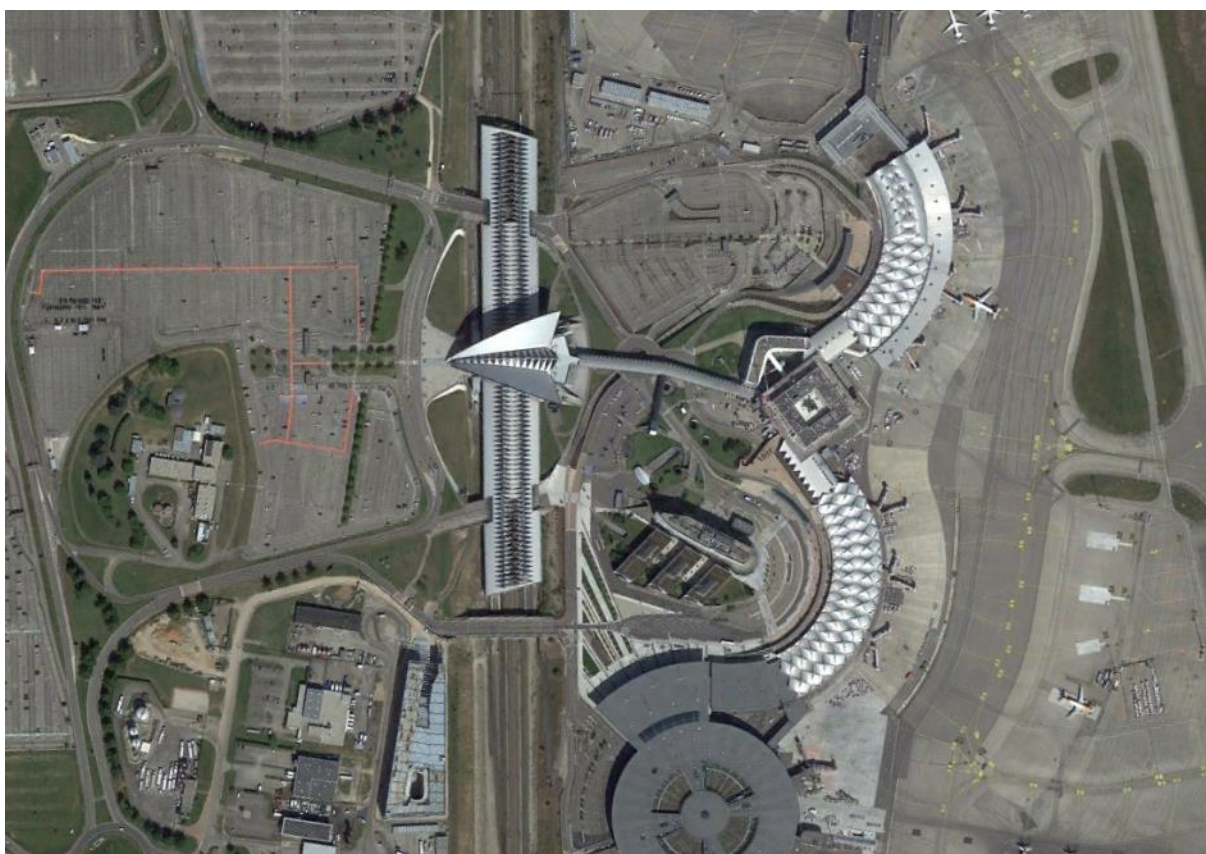


Рисунок 1 – План местности

Аэропорт Лион-Сент-Экзюпери, известный как Лионский аэропорт Сатолас, расположен в городе Лион. Аэропорт был назван в честь летчика и французского писателя Антуана де Сент-Экзюпери в 2000 году. Имя аэропорту присвоено в связи с празднованием его 100-летия. Он расположен в Коломбье-Сонье, примерно в 20 км к юго-востоку от города Лион. Есть две основные взлетно-посадочные полосы. Весь регион Рона-Альпы обслуживается через

аэропорт Лиона. Открытие было проведено президентом Валери Жискард д'Эстеном 12 апреля 1975 года и открыто для пассажиров через неделю после открытия. Старый аэропорт Лион-Брон был заменен новым аэропортом Лиона. Причина замены в том, что старый аэропорт нельзя было расширить. В 1994 году в Лион была проложена высокоскоростная железнодорожная ветка, которая обеспечивает прямые поезда в Марсель и Париж.



Рисунок 2 – Внешний вид

Аэропорт Сент-Экзюпери с 2016 включен в группу VINCI Airports. Она опирается на цифровые технологии и инновации, чтобы пассажиры чувствовали себя более комфортно во время путешествий.

Были запроектированы порталы. (Рис. 3,4). Возле выезда находится большой многофункциональный торговый центр, совмещённый с паркингом. (Рис. 5).

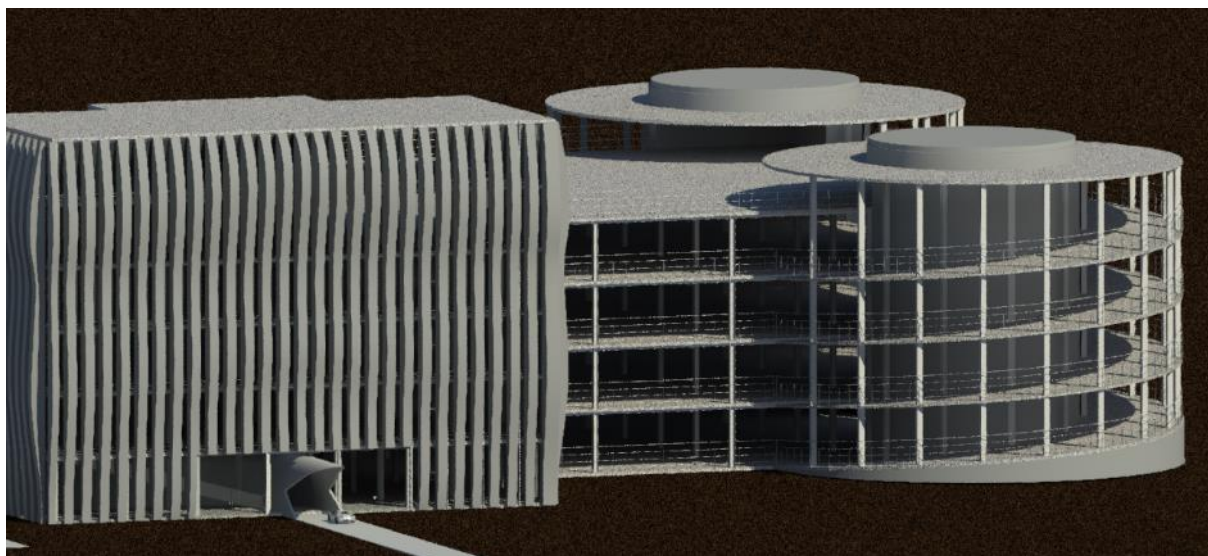


Рисунок 3 – Подземно-наземный комплекс



Рисунок 4 – Портал тоннеля

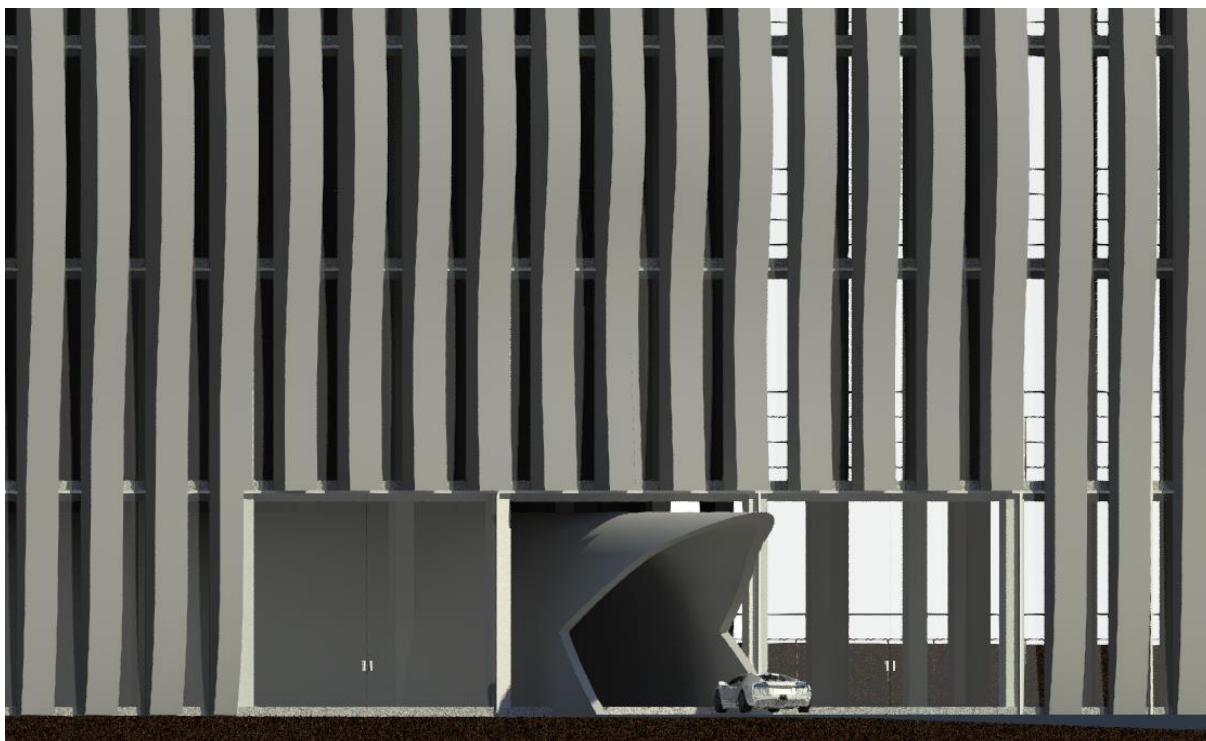


Рисунок 5 – Портал тоннеля

Технология трехступенчатой комплементарной круговой выемки. Ступенчатый метод имеет много преимуществ в удобстве строительства. Улучшая трехступенчатый дополнительный круговой метод земляных работ, он может не только снизить стоимость, но и ускорить время строительства и сдачи конструкции. Так называемый комплементарный циклический метод земляных работ характеризуется дополнительными преимуществами обратной засыпки замкового анкера и арочной опоры и альтернативным циклом обратной засыпки шлака на различных этапах земляных работ.

ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА, СОВМЕЩЁННАЯ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В ГОРОДЕ ГРОДНО

*Головач Анастасия Дмитриевна, 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 по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения» в городе Гродно была запроектирована транспортная развязка, совмещённая с многофункциональным комплексом, оборудованным торговыми площадками, развлекательными и спортивными зонами, фудкортами и, конечно, многоуровневой парковкой для личного транспорта (Рис.2).

Место расположения строительства пересечение оживлённых улиц Курчатова и Дзержинского (Рис.1). Данное сооружение поспособствует снижению загруженности дорог, что позволит организовать движение без светофора на выбранном пересечении улиц. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80-100 км/ч.



Рисунок 1 – Место расположения GoogleMaps

На практике строительство подобного вида сооружений не только ускорит транспортное сообщение в городской черте, но и освободит наземную часть города для строительства парковых зон и более значимых социальных объектов. Также в качестве плюсов стоит отметить сохранение исторической части города,

которая нередко страдает в следствие строительства, затрагивающего наземную поверхность

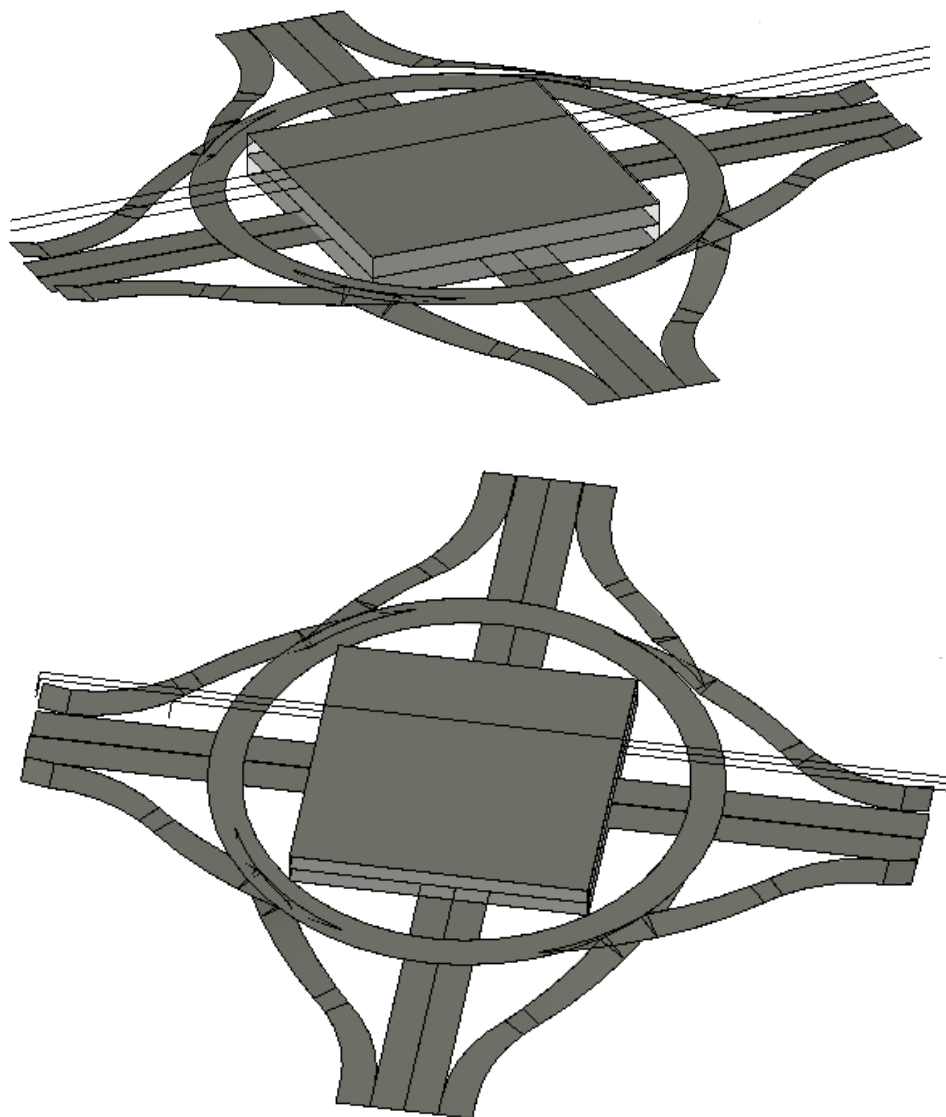


Рисунок 2 – Общий вид 3D модель

Подобного рода проекты вносят значительный вклад в развитие подземного строительства и способствуют улучшению инфраструктуры городов, снижают уровень заторов на дорогах, что благоприятно влияет на скорость транспортного сообщения.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТУННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ МЕЖДУ ШПИРИНГЕН И БИЗИСТАЛЬ

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

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

Разработанная мной концепция предполагаемого строительства туннеля позволит создать кратчайшее расстояние 10,5 км по доставке пассажиров и грузов железнодорожным сообщением между городами в Швейцарии Шпиринген и Бизисталь, также туннель позволит миновать долговременное нахождение в пути. В учебной цели проработаны несколько этапов «ВІМ» проектирования (Рис.1).

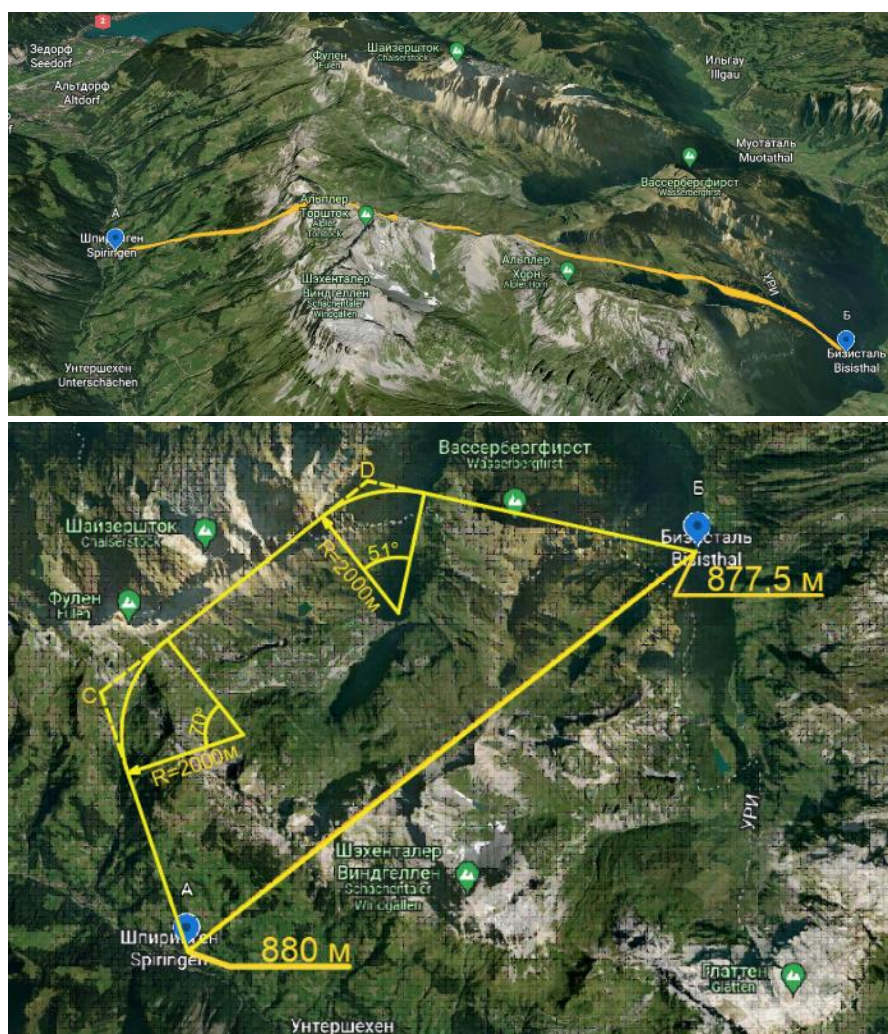


Рисунок 1 – Генплан туннеля

При получении отметок дневной поверхности использовались современные технологии - гугл «Планета Земля» в реальном времени по полученным точкам создана модель горной поверхности (Рис.2) и выполнена привязка к фактическим отметкам на местности.

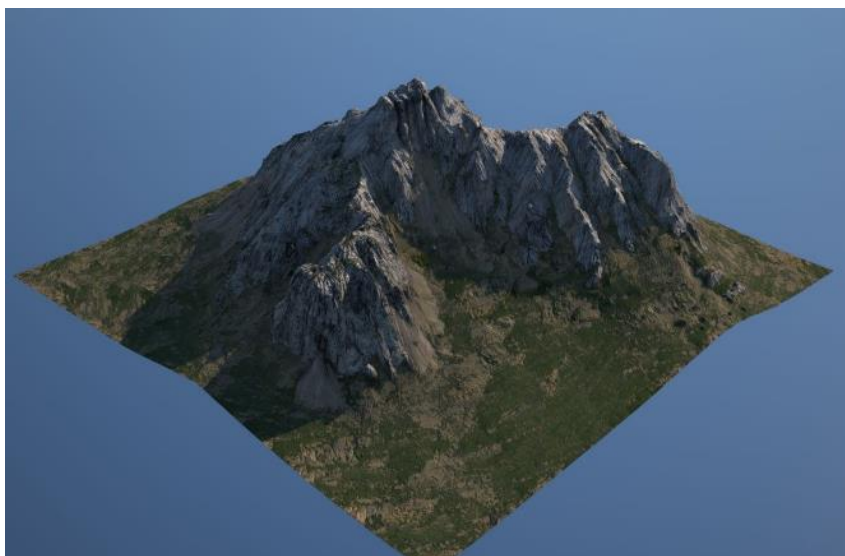


Рисунок 2 – Модель горной поверхности

По генплану создан продольный профиль двускатного железнодорожного туннеля с заложенными уклонами, в соответствии с нормами ТНПА. (Рис.3).

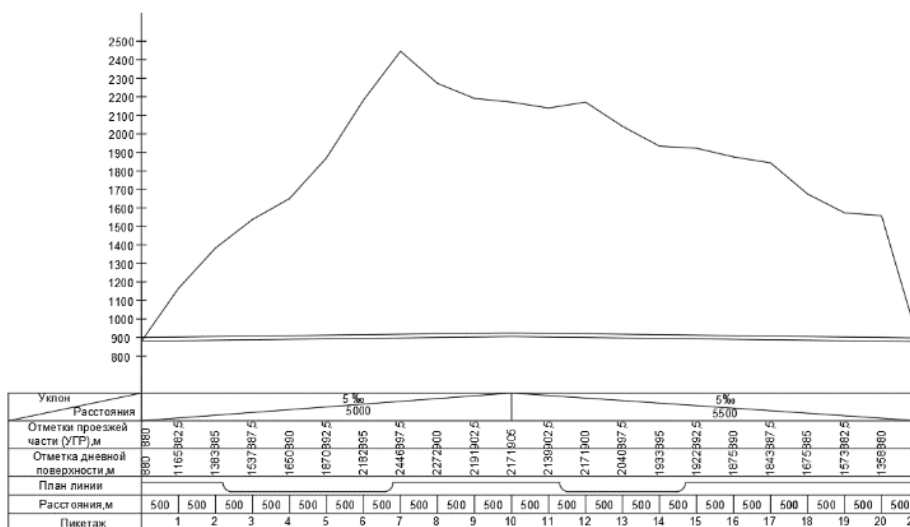


Рисунок 3 – Продольный профиль участка линии туннеля

В процессе разработки модели были получены различные варианты сечения туннеля. Для оптимизации конструктивных решений отдельных элементов туннеля созданы визуализационные модели в виртуальной реальности с использованием программного комплекса, визуализирован участок

прокладываемого туннеля. Такого рода модели уже на стадии проектирования, при запуске различных сценариев работы сооружения, выявляют различные недостатки и ошибки конструктивных решений и позволяют на строительной площадке минимизировать эти проблемы.



Рисунок 4 – Промежуточная визуализация туннеля

Туннель является актуальным в данной локации, его экономически выгодно строить в данном месте, так как вблизи находится используемая канатная дорога для горнолыжного отдыха, создание остановочной станции перед входом в туннель повысит количество туристов и повысит доход горнолыжного курорта, также доставка грузов будет осуществляться в меньшие сроки и с меньшими логистическими затратами.

КАТАСТРОФА ПАССАЖИРСКОГО ТЕПЛОХОДА "АЛЕКСАНДР СУВОРОВ" В 1983 Г

*Гурий Елизавета Михайловна, Чиркун Юлия Анатольевна,
студентки 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Пятого июня 1983 года пассажирский теплоход "Александр Суворов" врезался в железнодорожный мост через Волгу. В результате погибло не менее 176 человек.

Речной пассажирский теплоход "Александр Суворов" был построен в 1981 в Чехословакии (ныне Словакия) по типовому проекту "Валерьян Куйбышев". Был предназначен для перевозки пассажиров и мог развивать скорость до 26 км/ч.

Вечером 5 июня 1983 года пассажирский теплоход «Александр Суворов» был уже в Ульяновске. Сам же теплоход шел по маршруту Ростов-на-Дону — Москва.

Ночью в 22:45 пассажирский теплоход на полном зашел под несудоходный мост, который проходил через Волгу. В результате этого была полностью снесена рубка, отсек с кинозалом и дымовые трубы.



Рисунок 1 – Фотография теплохода "Александр Суворов" после катастрофы

В результате столкновения пролет железнодорожного моста и железнодорожные пути сместились. В это время по мосту шел грузовой поезд со значительной массой в несколько тысяч тонн со скоростью 70 километров в час, 11 из 53 вагонов поезда, в которых находились зерно, уголь и бревна, сошли с рельсов, часть груза упала на судно.



Рисунок 2 – Фотография восьмого пролета моста через Волгу после катастрофы

Ликвидаторы аварии работали пять дней подряд, разбирая грузовые вагоны. В составе также находился бензобак, который пришлось извлечь из-под завалов, чтобы предотвратить возгорание. Искалеченное судно отбуксировали на левый берег Волги.

Власти сделали все, чтобы помочь выжившим. Немедленно прибыла правительственная комиссия, вместе с которой работали психологи, воинские части, водолазы и мостовики.

В ликвидации последствий аварии помогали крупные предприятия Ульяновска, правоохранительные органы, были сформированы специальные отряды из студентов, задействованы все городские управления – пожарные, медицинские, дорожные, коммунальные.

Капитан корабля Владимир Клейменов выжил, его нашли возле опоры моста на дамбе. По одной из версий, он был отброшен туда после удара.

По результатам расследования ответственность за трагедию возложена на капитана и команду теплохода. Официальное расследование проводилось Генеральным прокурором СССР, показало, что ответственность за происшествие несут покойный рулевой Уваров и дежуривший в то время старший заместитель капитана Митенков. Следствие пришло к выводу, что капитан Клейменов отстранился от спасательной операции, и так как он не мог соблюдать дисциплину на корабле, суд приговорил его к десяти годам лишения свободы.

Клейменов провел в тюрьме шесть лет, после чего был освобожден по состоянию здоровья. Умер он в 1990 году от сердечного приступа.

В 1999 году по инициативе сотрудников Ульяновского филиала ФГУ «Ведомственная охрана железнодорожного транспорта Российской Федерации» на Куйбышевской железной дороге был установлен крест в память о погибших на «Александре Суворове». В 2006 году пролет, пострадавший от корабля, был заменен вместе с остальными пролетами. Фрагмент этого пролета был установлен в охранной зоне Волжского моста в память о трагедии.

ДЛИННЫЙ ПОДВЕСНОЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ – SKYBRIDGE В СОЧИ

Дейко Вадим Витальевич, студент 4-го курса

Кафедры «Мосты и тоннели»

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

SKYBRIDGE — длинный подвесной пешеходный мост. Его протяженность составляет 439 метров.

Skybridge находится в красивом месте Ахштырского ущелья над рекой Мзымта на высоте 207 метров над землей. С одной стороны моста покрытые снегом вершины Кавказские гор, с другой — берег Черного моря. Грандиозный проект моста был разработан совместными усилиями русских и новозеландских проектировщиков.

Skybridge является частью проекта Skypark «AJ Hackett Sochi». Эй Джей Хаккетт (AJ Hackett) – это новозеландский предприниматель, которому пришла идея банджи джампинга в 1988 году. Он поставил несколько рекордов, прыгая с разных высот.



Рисунок 1 – Skypark AJ Hackett Soch

Сама конструкция моста находится над ущельем благодаря 8 металлическим тросам диаметром 10 см и весом около 700 тонн. Возведением

такой конструкции занимались непосредственно российские специалисты. После ряда проблем со строительством и разрешениями, 5 лет планирования и 2 года активного монтажа, комплекс Skypark «AJ Hackett Sochi» с самым длинным подвесным пешеходным мостом в мире (на то время) открылся в 2014 году. Теперь это одна из визитных карточек Сочи и популярное место для людей всех возрастов.

Skybridge рассчитан по всем нормам безопасности с большим запасом: он способен выдержать 9-балльное землетрясение, ураганный ветер, дождь, снег и обледенение одновременно.

Skybridge предназначен как для посещения туристов с целью пеших прогулок и наслаждения панорамными видами, так и для экстремальных развлечений – банджи-джампинга. Со специальной оборудованной стартовой площадки можно совершить прыжок с эластичным канатом (тарзанкой) вниз на 69 метров – такое развлечение называется «Bungy 69». На мосту расположены две обзорные смотровые площадки. Одна из них — на середине сооружения. Именно здесь для любителей острых ощущений находятся основные аттракционы Skypark – «BUNGY 69», «BUNGY 207», «SochiSwing 170», «MegaTroll 150 км/ч». Каждый посетитель парка с моста сможет понаблюдать за прыжками и полетами над ущельем. А может, и сам решится на прыжок.

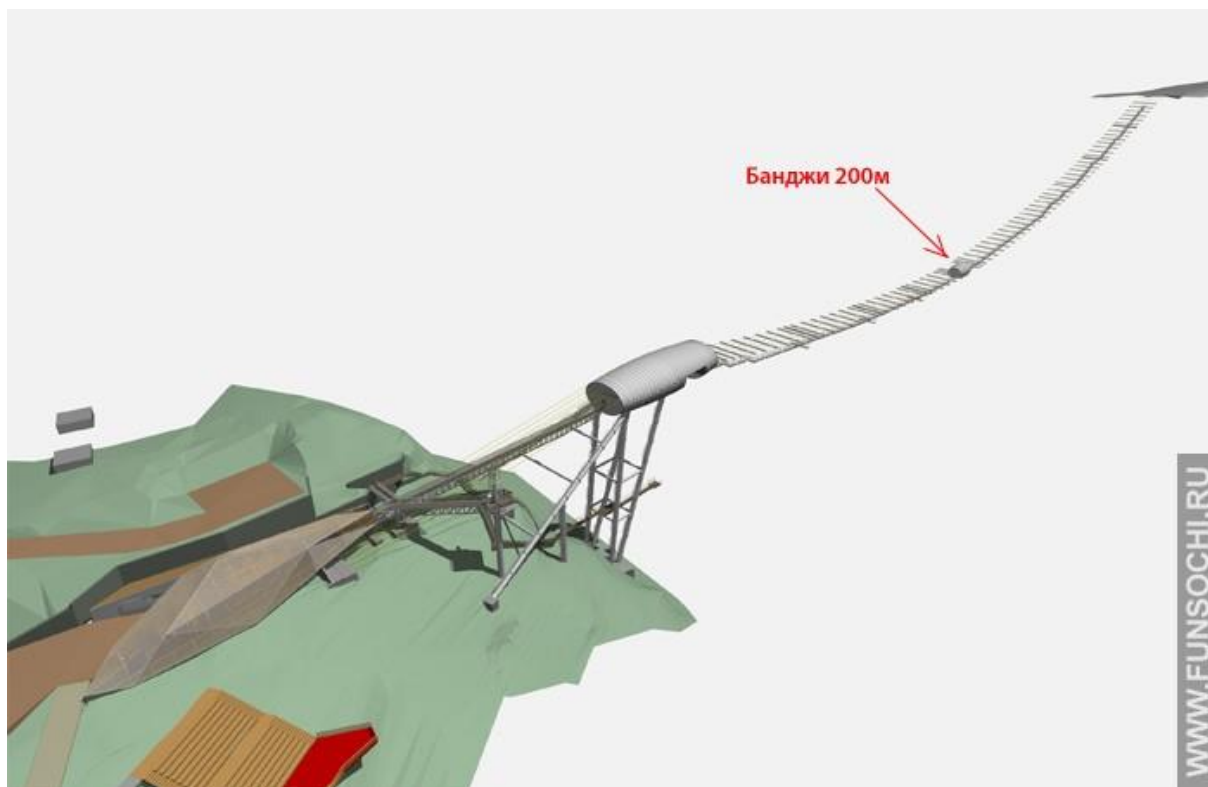


Рисунок 2 – BUNGY 207



Рисунок 3 – Чертежи моста

В скором будущем, планируется расширение ассортимента удовольствий, а также запуск прыжков в тандеме, на лыжах, велосипеде, сноуборде и даже в инвалидной коляске.

Литература:

1. Designverse [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://masterok.livejournal.com/1975663.html>. – Дата доступа: 16.04.2022.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТОВ КЛЕЦКОВА И ЯНКИ КУПАЛЫ

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

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

Под проект строительства многофункциональной подземной развязки был выбран город Беларуси, Гродно. Площадь города — третья по величине среди всех городов Беларуси, составляет примерно 150 км². Население Гродно составляет почти 400 000 человека. Плотность 2600 чел./км². Гродно — один из самых древних городов Беларуси. Поэтому в городе большое количество узких улиц и плотная застройка.

Мной было выбрано пересечение оживленных улиц: проспект Клецкова и проспект Янки Купалы. Моей задачей было распределить транспортный поток на пересечение этих улиц. Проект предусматривает сооружение подземной многофункциональной развязки и крупного торгового центра.

Парковка — одна из проблем крупных европейских городов, соответственно требуется решить данную проблему. Исходя из этой проблемы мной был запроектирован торговый центр на 4 этажа под будущей развязкой, 2 этажа из которого будут выделены под паркинг. Строительство торгового центра будет осуществляться открытым способом. Другие два этажа уйдут под магазины, развлекательные центры, галерею, кинотеатр, фудкорты и т.д.

В свою очередь строительство тоннелей будет строиться щитовым способом. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе, разгрузит улицы и проспекты. Развязка будет представлять собой 8 тоннелей с несколькими полосами движения. Расчетная скорость движения автомобильного потока в тоннеле должна составлять примерно 80 км/ч (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2). Сам проект, его фасады и виды комплекса представлены на (Рис. 3 – 7).

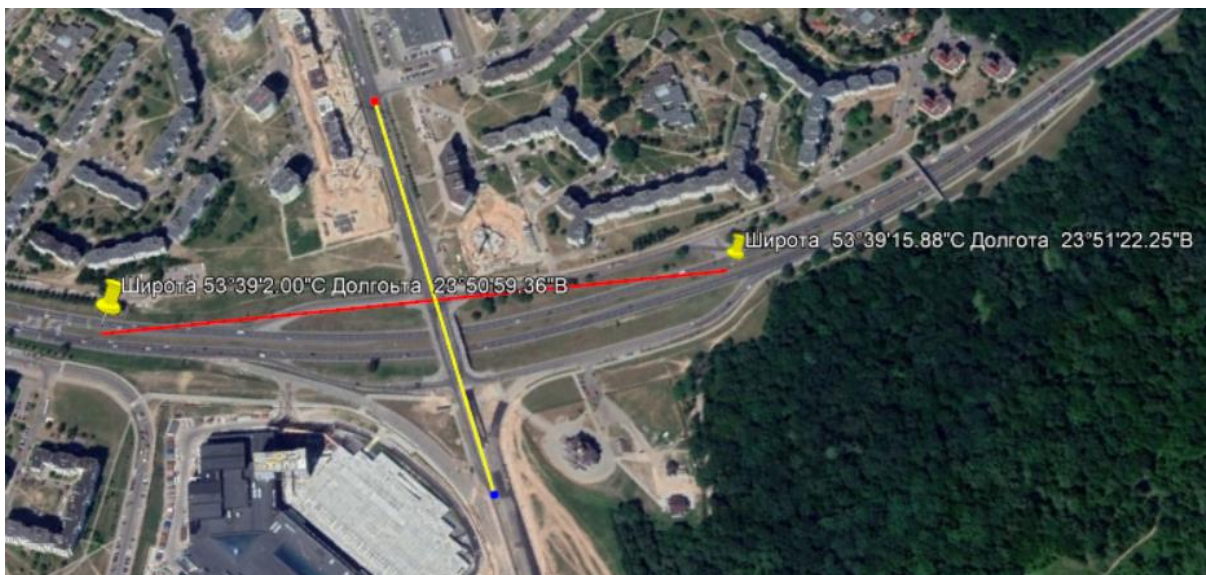


Рисунок 1 – План местности проспектов Клецкова и Янки Купалы



Рисунок 2 – Продольный профиль местности при помощи Google Earth

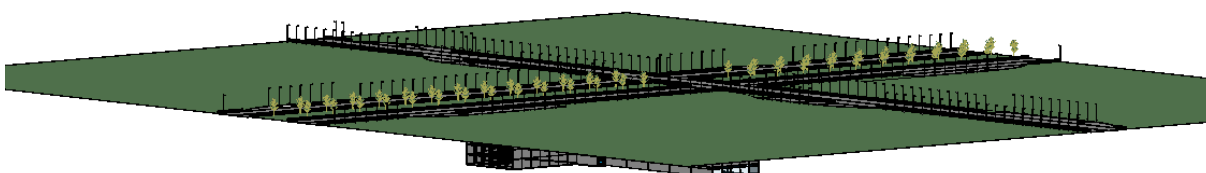


Рисунок 3 – Многофункциональная развязка

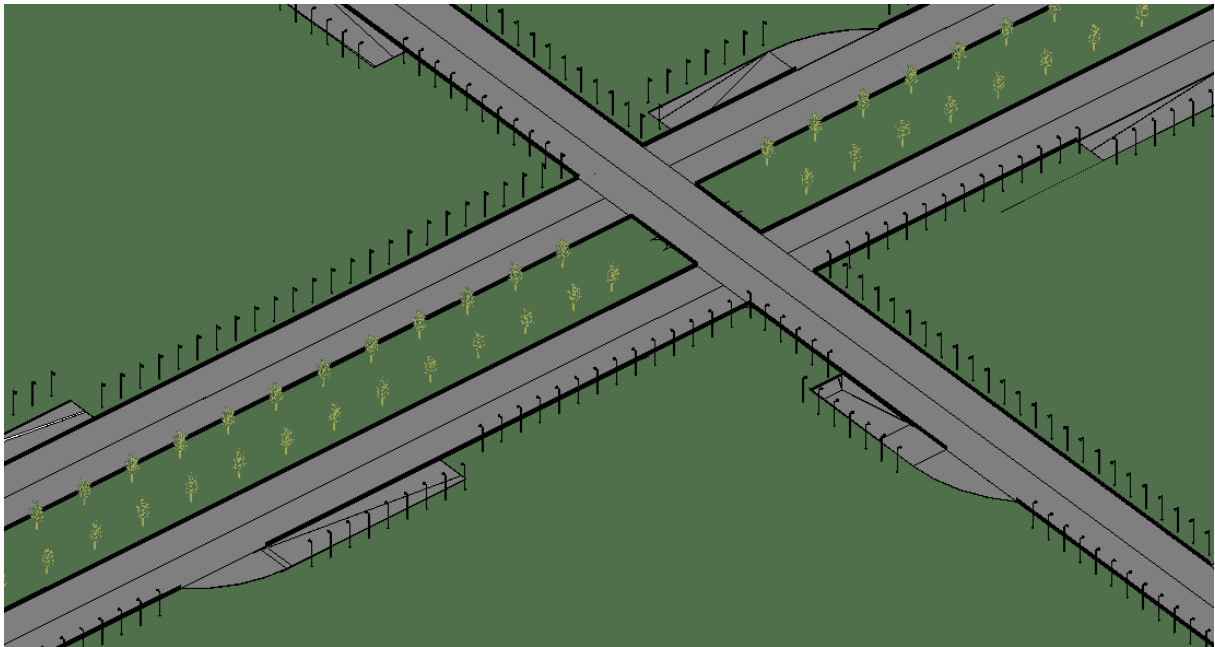


Рисунок 4 – Общий вид порталов

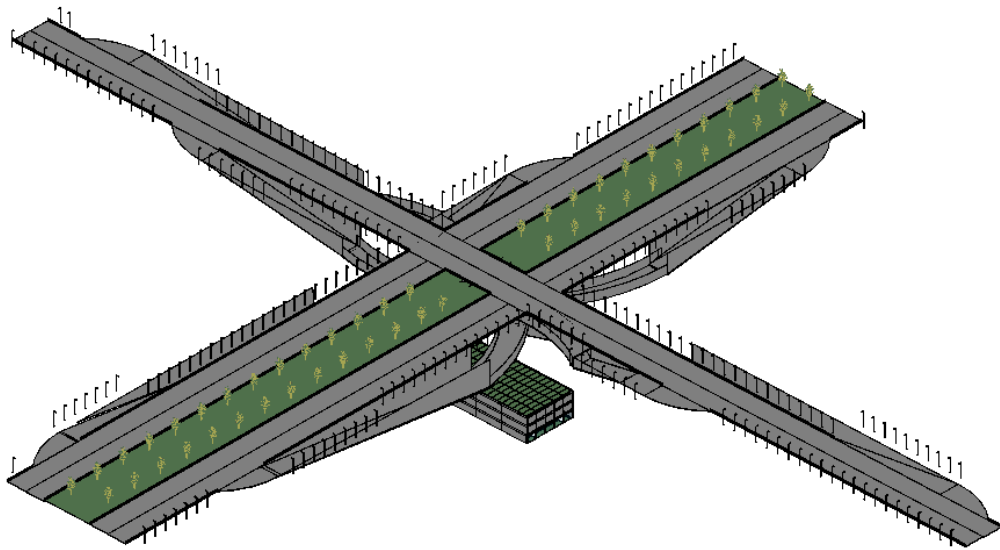


Рисунок 5 – Схема движения в развязке и многофункциональный комплекс

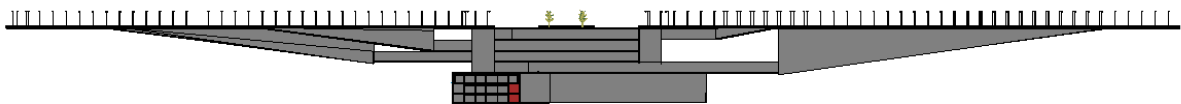


Рисунок 6 – Северный фасад многофункционального комплекса

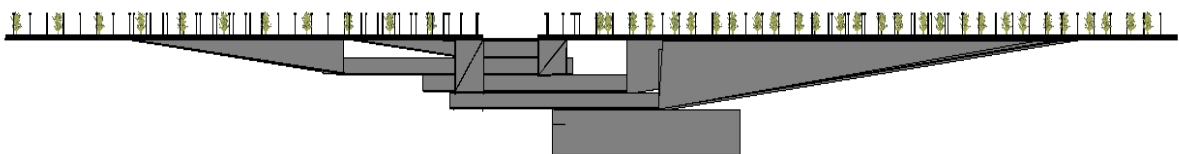


Рисунок 7 – Западный фасад многофункционального комплекса

Таким образом данный проект решает сразу же несколько проблем:

Проблема автомобильных пробок на одном из главных перекрестков города Гродно;

Увеличивает количество парковочных мест;

Также торговый центр выполняет развлекательную и общественную функцию.

СУДОХОДНЫЙ ТОННЕЛЬ ИЛИ МАСШТАБНЫЙ ПРОЕКТ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ ПЕРВОГО В МИРЕ МОРСКОГО СУДОХОДНОГО ТОННЕЛЯ В НОРВЕГИИ

*Домнич Виктория Леонидовна, Карачун Дарья Ивановна,
студентки 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Судоходный тоннель – это идеальное решение для пересечения различных водоёмов, где по поверхности это сделать невозможно или очень сложно из-за, например, тех же самых погодных условий.

Так как у судов большие габариты, судоходные тоннели могут проектироваться как в одном, так и в двух направлениях. Но при проектировании тоннеля в двух направлениях устраивают местное уширение, в пределах которого происходит пропуск встречных судов. [1] (Рис. 1).

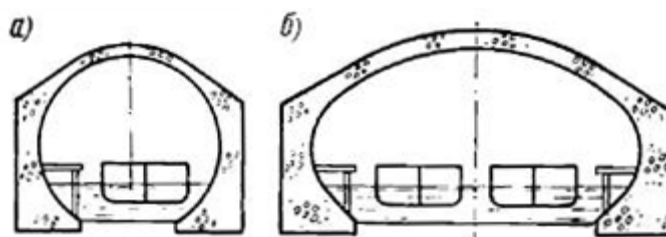


Рисунок 1 – Схема конструкций судоходных тоннелей.

а — для одностороннего движения; б — для двустороннего движения

Судно сможет двигаться по судоходному тоннелю без вентиляции. Благодаря специальным механическим тягам это сделать возможно.

Бечевая тяга – механическая тяга, состоящая из троса и тягача, который движется по боковой дорожке. Её расположение может быть по одной или по двум сторонам движения. Туэрная тяга – механическая тяга, подразумевающая собой перемещение судна через судоходный тоннель с помощью туэтного судна. Движение происходит с цепью. Цепь проходит через зубчатый барабан, установленный на судне и вращающийся от двигателя [2].

Морской судоходный тоннель планируют построить в Норвегии через море Стадхавет. Море Стадхавет принято считать одним из самых опасных. Причина этому являются погодные условия, а именно многочисленные штормы и сильное течение. Поэтому построить судоходный тоннель будет лучшим

решением. Тоннель свяжет два фьорда. Безусловно, это поможет судам избежать трудностей, которые могут появляться на пути. [2] (Рис. 2), (Рис. 3).



Рисунок 2 – Жёлтой чертой на карте указан тоннель, а пунктиром обозначены пути, которыми пользуются суда в данный момент



Рисунок 3 – Красная черта на карте – морской судоходный тоннель

Построение тоннеля ещё не началось, хотя было запланировано ещё в 2019 году [2]. «Проект пока не финансируется правительством Норвегии, – пояснили SeaNews в NCA. – Но мы надеемся получить финансирование из госбюджета уже в 2021 году [2]. В этом году проводятся подготовительные работы, в том числе по приобретению земли и археологические раскопки».

Основные характеристики по данным источника [2] (Рис. 4):

1. общая протяженность – около 1,7 км;
2. высота – 37 м;
3. ширина – 27 м;
4. разрешенная осадка судов – до 12 метров;
5. расчетная пропускная способность – около 100 судов в сутки [2].

Название морского судоходного тоннеля Stad Ship Tunnel.

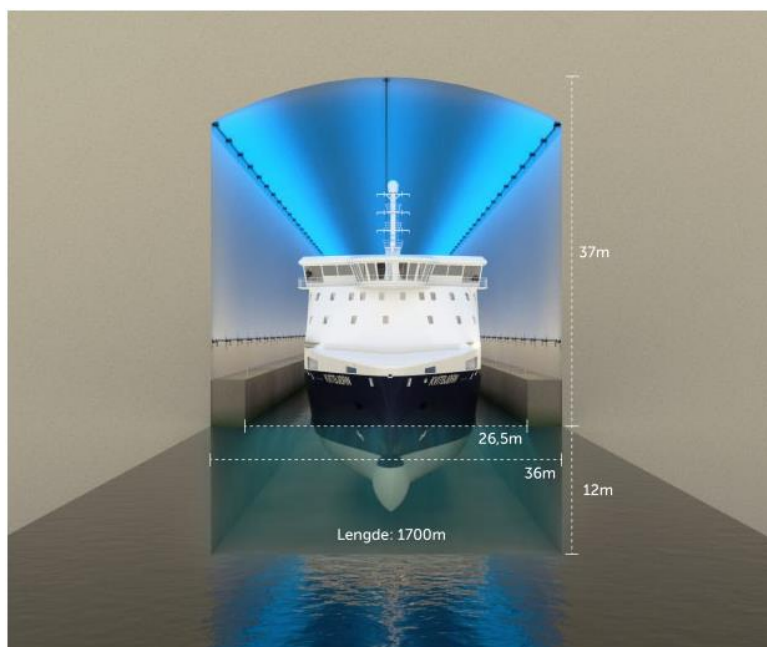


Рисунок 4 – Основные характеристики морского судоходного тоннеля

Всё строительство морского судоходного тоннеля займет около четырех лет, учитывая все факторы, влияющие на строительство, а именно: финансы, материальные ресурсы, рабочая сила и др. Движение в тоннеле будет одностороннее, направление движения будет меняться каждый час, а специальный центр движения судов обеспечит оптимальный трафик в этом районе [2].

Хотим подчеркнуть, что проект по построению морского судоходного тоннеля разработан только для обеспечения безопасного пути судов. Так же как построение проекта рассматривается как дополнительный фактор привлечения туристов. Будут расположены не верхней палубе места для гостей. Да, это не первый в мире судоходный тоннель. Но, все судоходные тоннели речные, а Stad Ship Tunnel первый в мире Морской судоходный тоннель.

Литература:

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: офис.рф/hrarov/p158.html. – Дата доступа: 2011 год.
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seanews.ru/2020/08/12/ru-pervyj-v-mire-morskoj-tonnel-dlja-sudov/>. – Дата доступа: 12.08.2020.

АВТОДОРЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ВО ФРАНЦИИ (ВАЛЖЕЛОН-ЛА-РОШЕТ — СЕН-РЕМИ-ДЕ-МОРЬЕН)

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

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

Для улучшения транспортного сообщения между городами Валжелон-Ла-Рошет и Сен-Реми-де-Морьен, был запроектирован автомобильный двускатный тоннель. (Рис. 1)

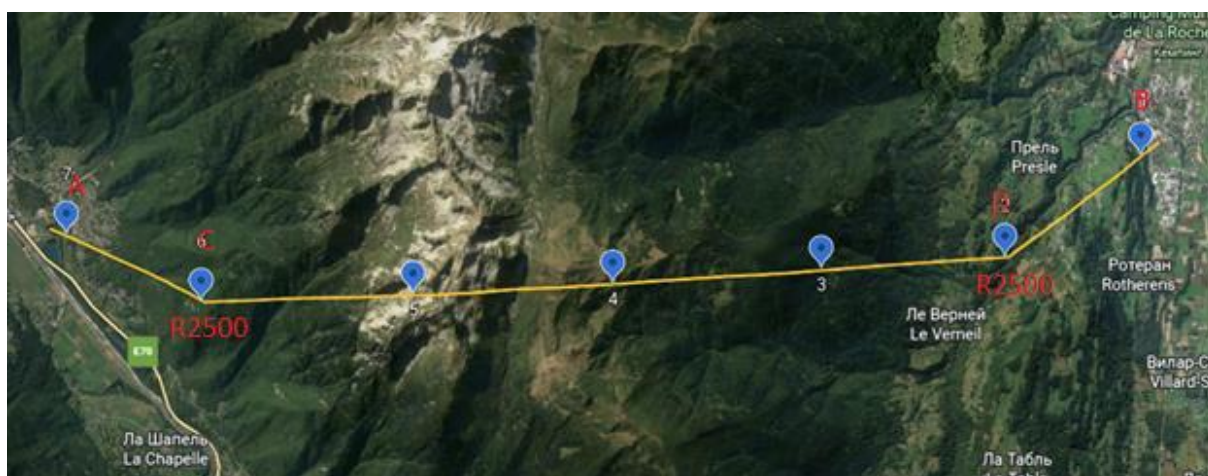


Рисунок 1 – План местности

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 15км с двумя поворотами радиусами 2500 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает 15‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения в тоннеле должна составлять 90-110км/ч.

На входе и выходе из тоннеля были запроектированы порталы. Портал представляет конструктивно-архитектурное решение (Рис. 3)

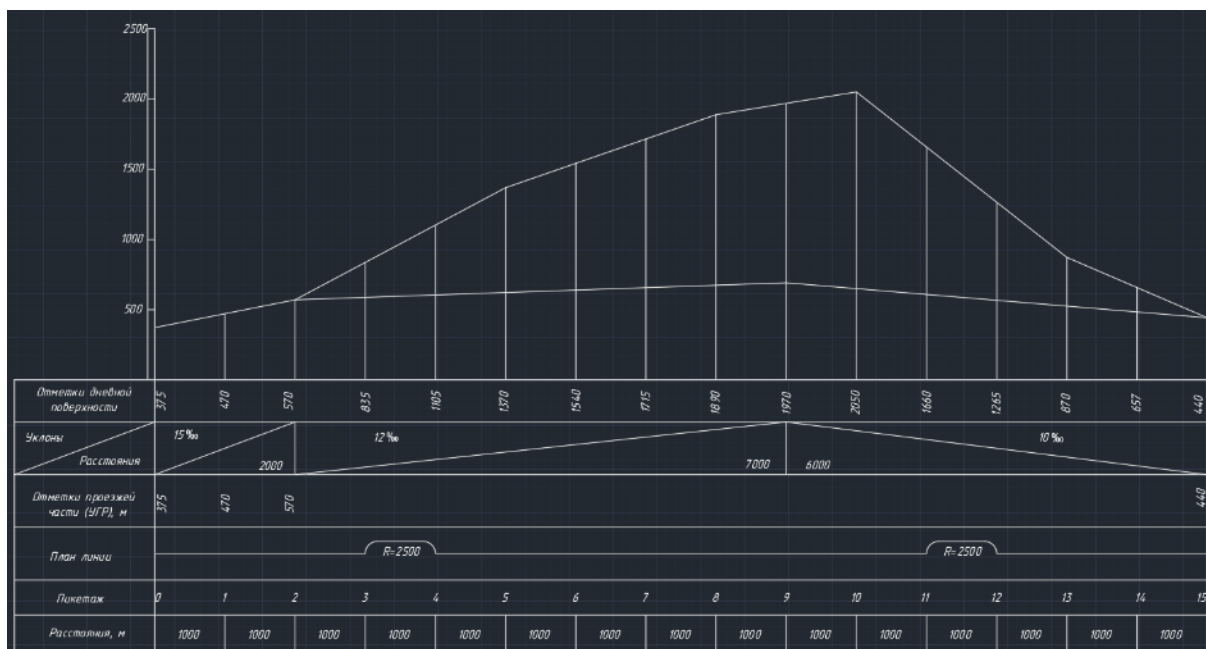


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

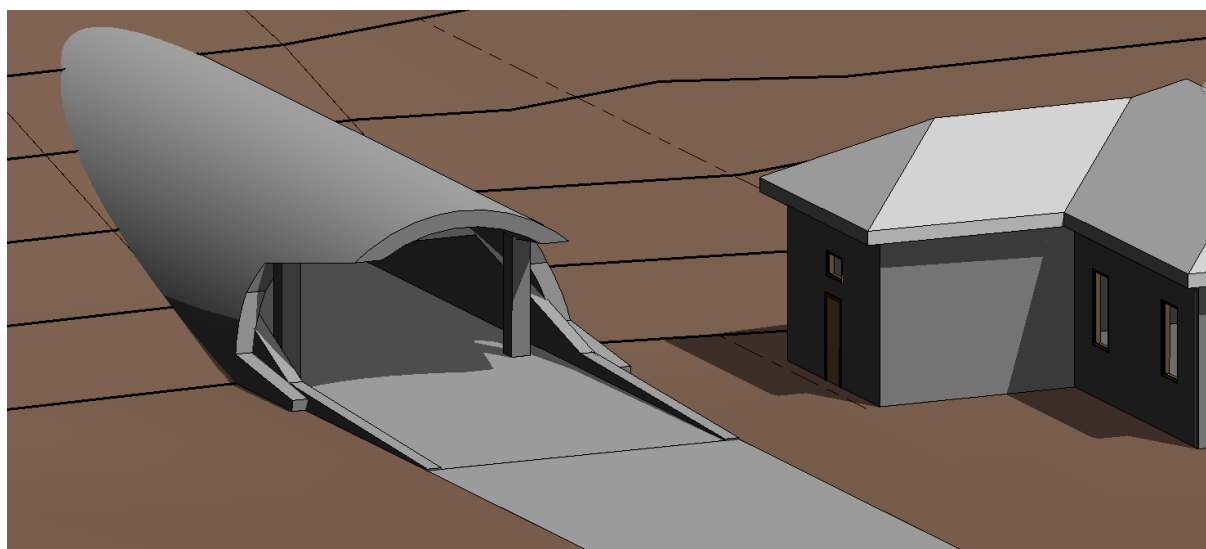


Рисунок 3 – Общий вид портала

Автомобильный тоннель спроектирован в один ярус. Имеет две полосы движения в противоположных направлениях.

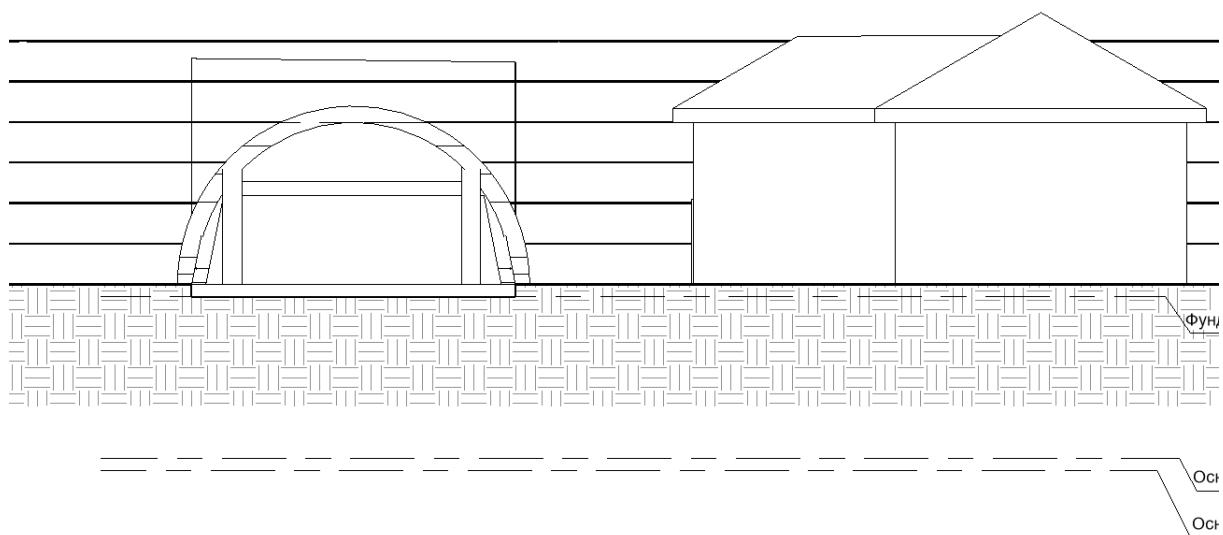


Рисунок 4 – Южный фасад

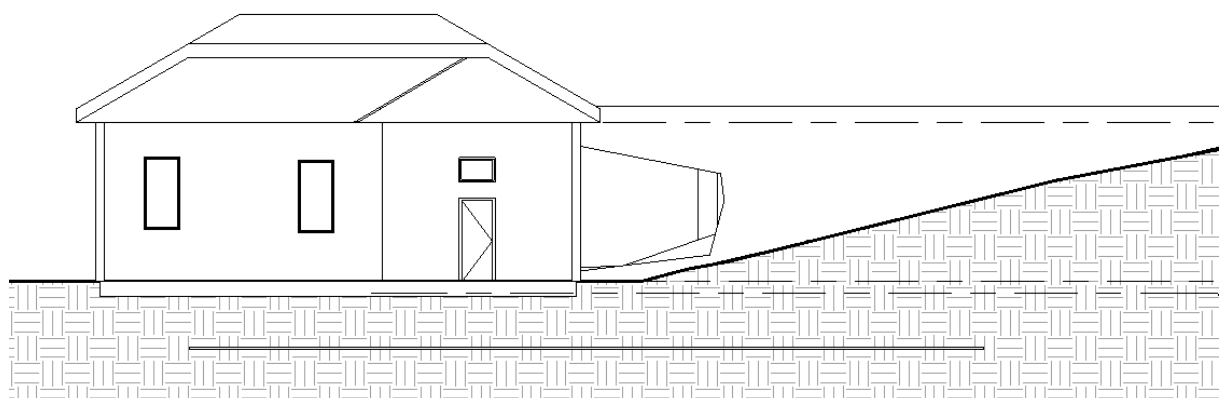


Рисунок 5 – Восточный фасад

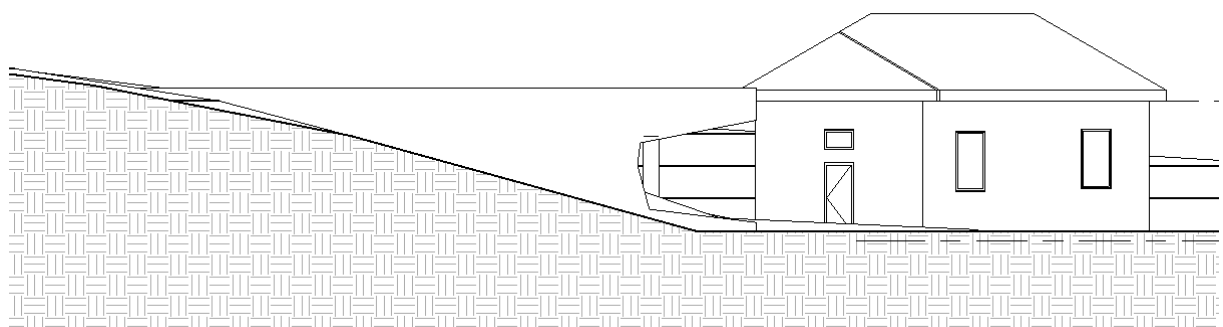


Рисунок 6 – Западный фасад

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ИСЛАНДИИ

*Ераховец Егор Алексеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках заданной работы было выбрано 2 города в Исландии. Изучив их месторасположение, геологический характер местности, потребности населения в транспортной сети между городами – был сделан вывод, что необходимо разработать тоннель, для сокращения времени и расстояния между городами.

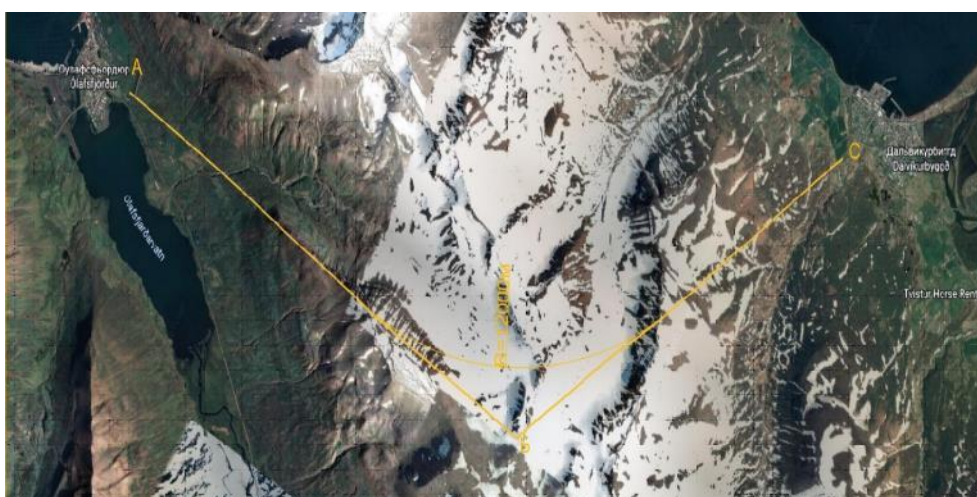


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

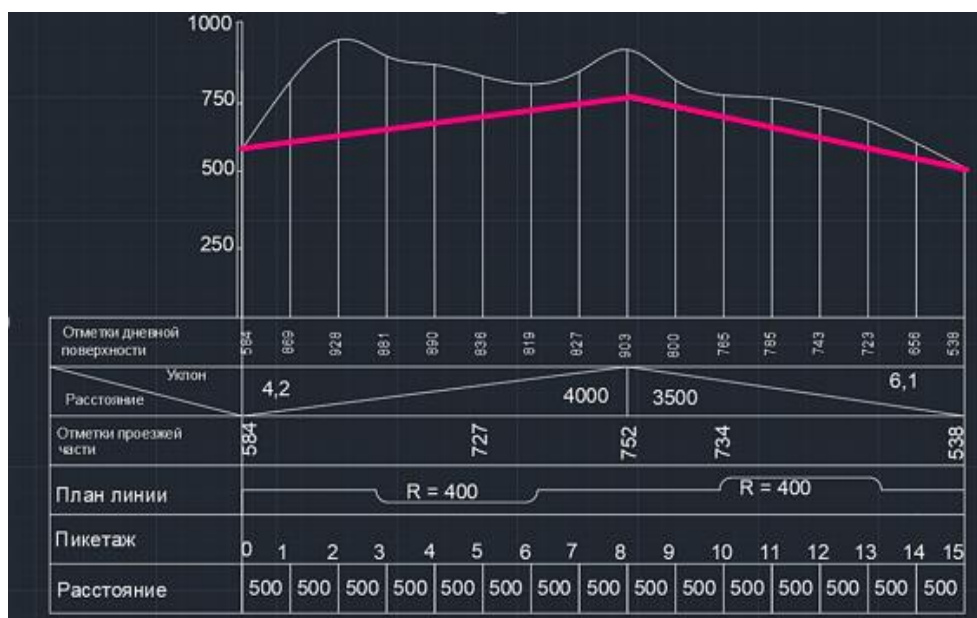


Рисунок 2 – Продольный профиль участка линии

Проектирование тоннеля началось с изучения рельефа местности (рис.2), а также геологических особенностей почвы и горных пород. Для определения свойств грунтов вокруг проектируемого тоннеля использовались различные георадары и детектирующие устройства мониторинга во время разработки тоннеля и на стадии обследования.



Рисунок 3 – Промежуточная визуализация тоннеля

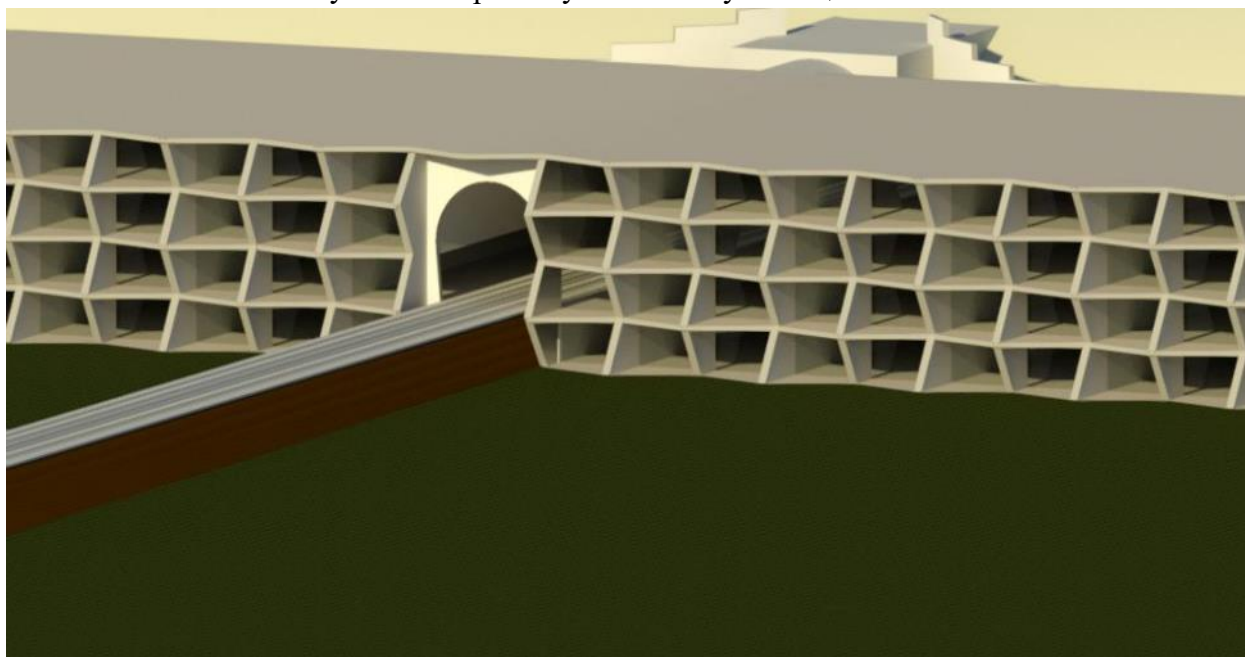


Рисунок 4 – Промежуточная визуализация портала

Железнодорожный тоннель спроектирован в один ярус, для возможности передвижения поездов. Протяженность тоннеля составляет 13 километров. Тоннель спроектирован по всем правилам современного мира: обязательное

отопление тоннеля, вентиляция, освещение, собственные генераторы. Тоннель позволит максимально быстро и комфортно преодолевать расстояние между городами. Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней среды, несгораемости. Портал тоннеля обеспечит благоприятный внешний вид, а также функциональность тоннеля.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.

ЦЕНТРИФУГИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО БЕТОНА

Ермаков Глеб Валерьевич, студент 4-го курса

кафедры «Мосты и тоннели»

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

Центрифугирование представляет собой процесс создания железобетонных конструкций при помощи центробежных сил. Суть метода заключается в том, что бетонная смесь загружается во вращающуюся форму и под действием центробежных сил равномерно распределяется по её стенкам. Центрифугирования применяется для создания конструкция с округлыми пустотами и с различной фигурой очертания – цилиндрической, призматической или многогранной. Главным достоинством данного метода является высокая степень уплотнения бетонной смеси. Также к достоинству можно отнести возможность максимальной механизации процессов создания арматурных каркасов и формирования изделия.

Степень уплотнения бетона зависит от величины центробежной силы, которая пропорционально массе частиц бетонной смеси. Более тяжёлые частицы стремятся к стенкам конструкции, а вода, как самый лёгкий компонент смеси, отжимается из неё. В результате этого процесса может отжиматься до 20-30% воды.

Время создания железобетонного изделия центрифугированием зависит от толщины конструкции. Принято считать на каждые 10 см центрифугирования уходит 1 – 1,5 минуты.

При изготовлении конструкции центробежная сила должна быть больше силы тяжести. Нарушение этого условия влечёт обрушению бетона. Чтобы этого не происходило нужно применять бетон с большой жёсткостью.

Основным оборудованием при центрифугированном способе создания железобетонных конструкций является центрифуги, металлические формы и специальные питатели. По виду установки центрифуги бывают: роликовые, барабанные, гироскопические (ременные), осевые. Наиболее широкое применение получили гироскопические (ременные) центрифуги. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Гирскопические (ременные) центрифуги

Основным недостатком создание железобетонных конструкций центрифугированием является недостаточное уплотнение и шероховатость внутренней поверхности. Вследствие этого рекомендуется применять комбинированный способ – центрифугирование одновременно с вибрированием или с последующим прессованием внутренней поверхности.

Литература:

1. Батыновская Э. И. Технология производства железобетонных изделий //—2018 С.304.
2. Ахвердов И. Н. Железобетонные напорные центрифугированные трубы. – М.: Стройиздат, 1967. – 167с.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ГОМЕЛЬ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ ГАГАРИНА И ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНОЙ

*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 данной научной работе нужно спроектировать многоуровневую подземную транспортную развязку в городе Гомель. Мной был выбран перекрёсток на пересечении улиц Гагарина и Интернациональной, из-за высокой интенсивности движения транспорта. (Рис. 1, 2). Для обеспечения беспрепятственного движения и увеличения пропускной способности принято решение запроектировать многоуровневую развязку. (Рис. 3, 4). Расчётная скорость движения автомобильного потока должна составить 80 км/ч.



Рисунок 1 – План местности

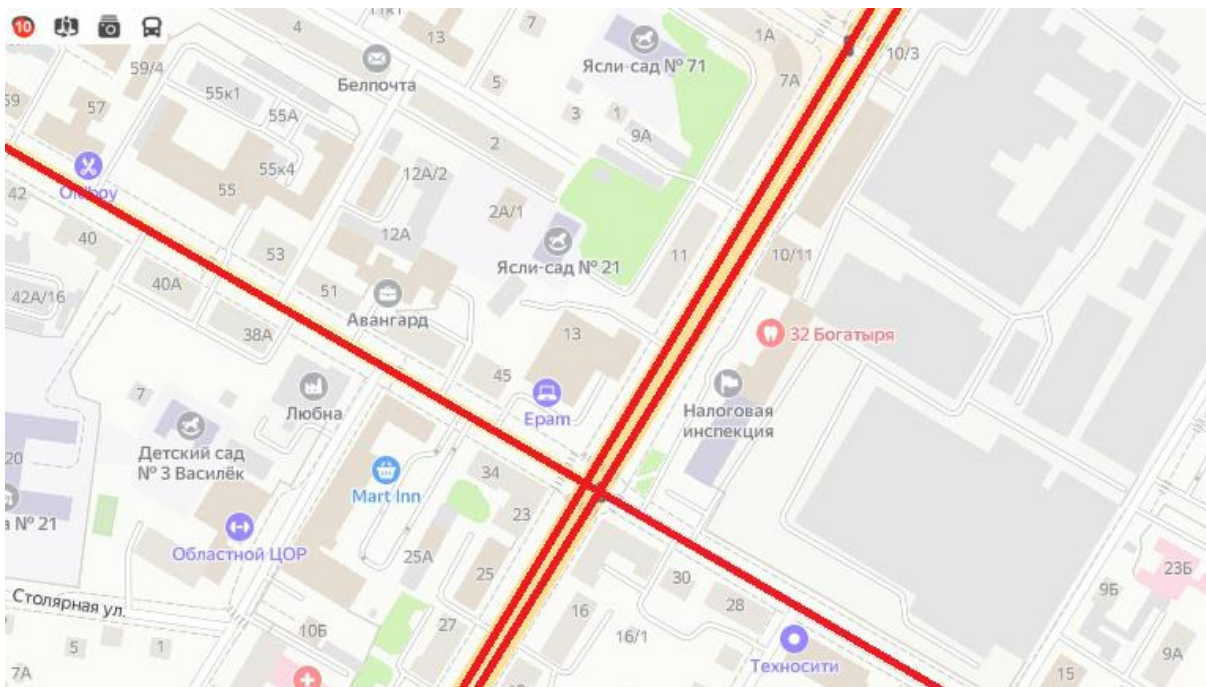


Рисунок 2 – Пробки на перекрёстке

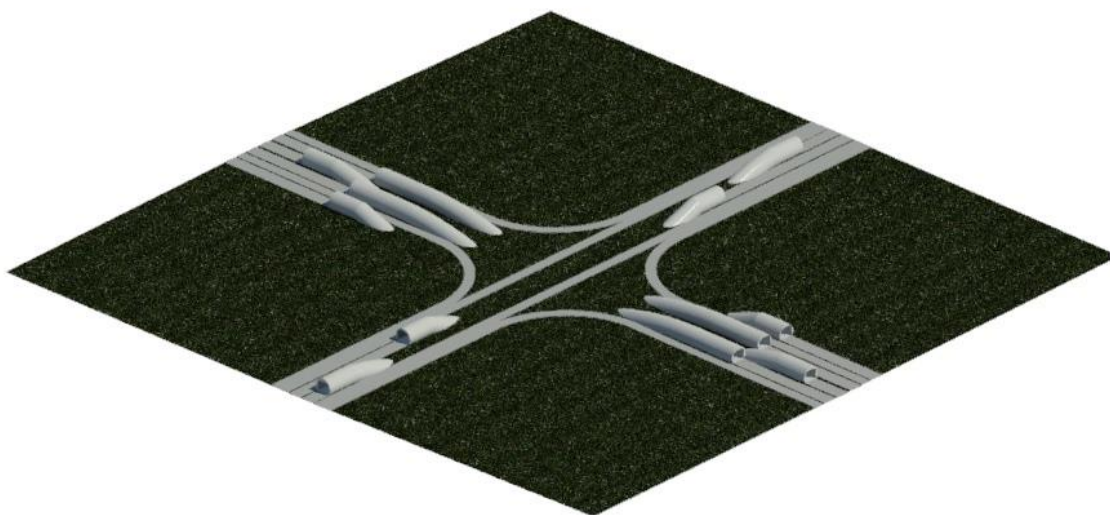


Рисунок 3 – Общий вид

В данном проекте под многоуровневой транспортной развязкой присутствует шестиэтажный подземный многофункциональный комплекс. В состав многофункционального комплекса входит паркинг, находящийся на двух верхних этажах, а также, магазины, кинозалы, библиотеки, спортзалы и другие социально значимые объекты, расположенные на четырёх нижних этажах. Для перемещения по этажам предусмотрены лестницы, эскалаторы и лифты.

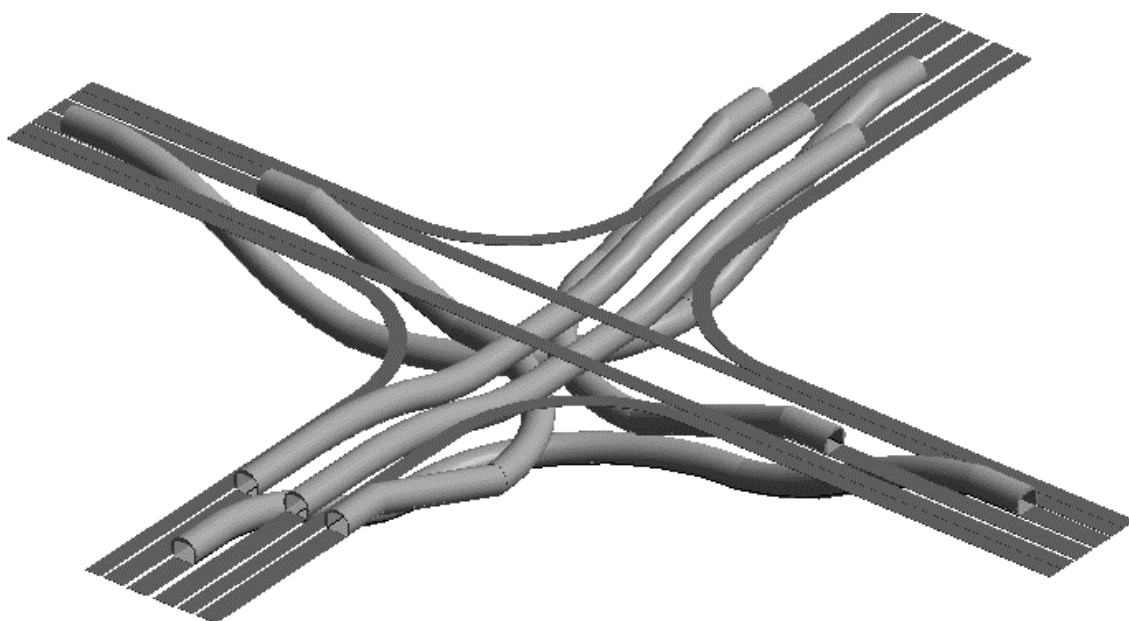


Рисунок 4 – Аксонометрия развязки

Расчёт подземных сооружений производился при помощи вычислительного комплекса SCAD Office. Данный комплекс позволяет ускорить и автоматизировать процесс вычисления объекта в целом.

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

Литература:

1. Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г. Проектирование тоннелей, сооружаемых щитовым способом //—2009 С.186.
2. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки. Основы проектирования //—2019 С. 149

ДЕМОНТАЖ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТОДОМ ПОДРЫВА

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

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

Содержание и ремонт мостов требует больших затрат и ресурсов. Большинство мостов требует реконструкции по сроку службы и состоянию. Причем стоимость работ для каждого из них индивидуальна. В общей сумме до 30% от общей стоимости приходится на демонтаж старого пролетного сооружения.

Кроме того, при замене пролетных строений неизбежны ограничения движения. Тем самым увеличивается стоимость демонтажа. Демонтаж мостов традиционными методами длится достаточно длительный промежуток времени. На участках автомобильных или железных дорог, где движение наиболее интенсивно, выгодно использовать взрывной метод демонтажа мостовых сооружений. Использование этого метода сокращает сроки демонтажа и уменьшает стоимость проведенных работ.



Рисунок 1 – сооружение после демонтажа



Рисунок 2 – установка зарядов

Взрывной метод демонтажа мостовых сооружений универсален. Его можно применить ко всем существующим пролетным строениям мостов, независимо от их типа и характеристик.

Основное достоинство демонтажа взрывом – применение «метода микровзрывов». Этот метод использует заряды, производящие локализованные

в радиусе 2 м взрывы, при этом не нанося никакого вреда близлежащим зданиям и сооружениям.

Для производства взрывных работ используют обычные промышленные заряды. Для правильного и безопасного разрушения необходимо правильно расположить заряды. С этой целью проводится тщательное обследование пролета, при котором выявляются все дефекты, присутствующие на сооружении.

На основании полученных результатов определяют оптимальное количество зарядов и место для их установки.

Таким образом, «правильно» взорвать мост не так просто. Необходим точный математический расчет, тщательная подготовка пролетного строения, моделирование всех процессов.

Для того чтобы снизить воздействия ударной волны используют чаще всего мешки с песком или иные защитные сооружения.

Для человека безопасным расстоянием по воздействию взрывной волны является расстояние не менее чем 50 м, для зданий и сооружений не менее чем 100 м.

Таким образом – технология демонтажа мостовых сооружений методом направленной энергии взрыва актуальна, эффективна, дешева и безопасна.

ВИДЫ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ

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

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

Деформационные швы на мостовых сооружениях принято классифицировать по способу перекрытия зазора между концами пролётного строения или концом пролётного строения и опорой.

Деформационные швы по способу перекрытия зазора подразделяются на следующие типы:

- открытый – шов остаётся открытым и в пространство между торцами пролётных строений могут попадать посторонние предметы, грязь и вода. (не распространён, так как ежедневно нуждается в чистке);

- закрытый – зазор деформационного шва закрыт сверху на уровне дорожной одежды или покрытия. Покрытие не имеет разрыва над деформационным швом. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Деформационный шов закрытого типа

- перекрытый – зазор между пролётными строениями перекрыт листом металла или плитой, которая изменяет своё положение при перемещениях пролётных строений относительно друг – друга, без открытия зазора.

- заполненный – все слои дорожной одежды и покрытие над зазором деформационного шва имеют разрыв, который заполнен эластичным элементом (мастика, резина). Заполнитель внутри зазора деформируется и компенсирует перемещения пролётных строений. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Деформационный шов заполненного типа

- шов откатного типа - элементы конструкций имеют специальные плиты на опорных частях и входят при перемещениях в пространство между пролетными строениями.

ТОННЕЛЬ В ТУРЦИИ

*Журавель Полина Александровна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Для выполнения проектной работы по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения» мною было выбрано два города в Турции – Маниса и Измир. Фактически, именно близость Измира добавляет особое измерение ко всем аспектам ритма жизни в Манисе, в виде плотного движения ежедневных пассажиров между двумя городами, разделенными получасовой поездкой, обслуживаемой шестиполосным шоссе, которое требует постоянного внимания из-за его изгибов и достаточно быстрого подъема.

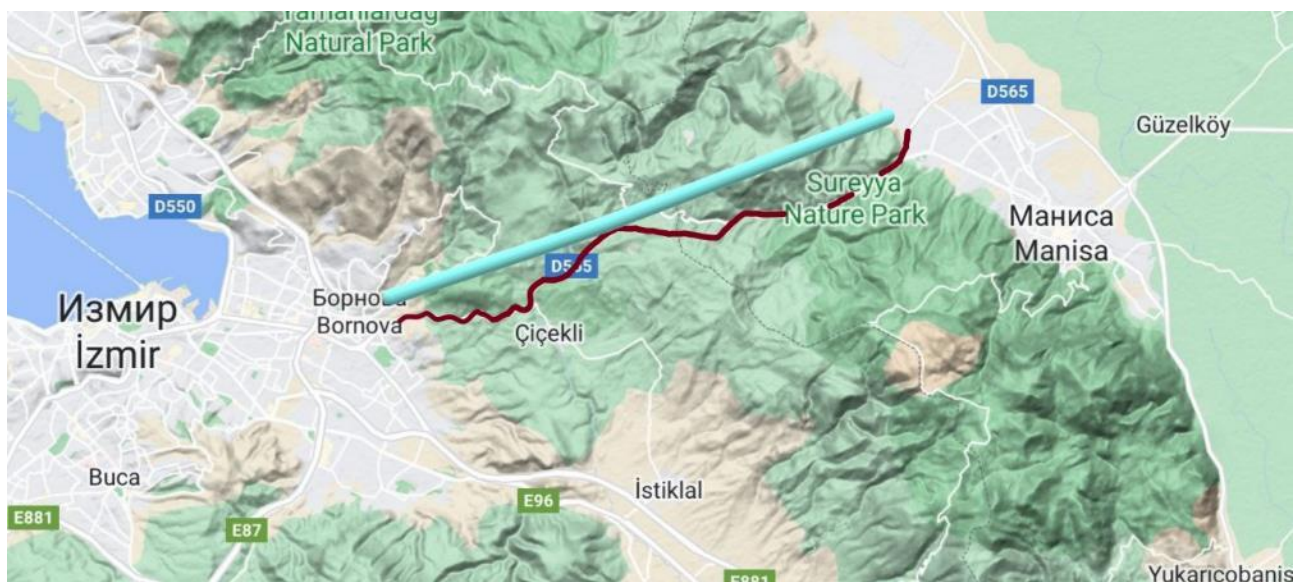


Рисунок 1 – План трассы

Основной задачей данного тоннеля будет являться сокращение времени передвижения, а также облегчение самого пути. Жители обоих городов смогут передвигаться между ними более комфортным образом.

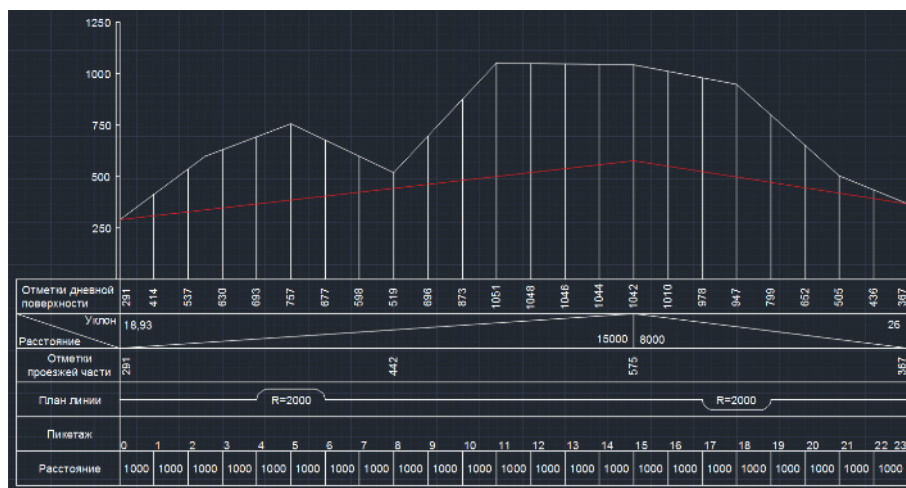


Рисунок 2 – Рельеф местности

Проектирование тоннеля начинается с изучения рельефа местности (рис.2), а также геологических особенностей.

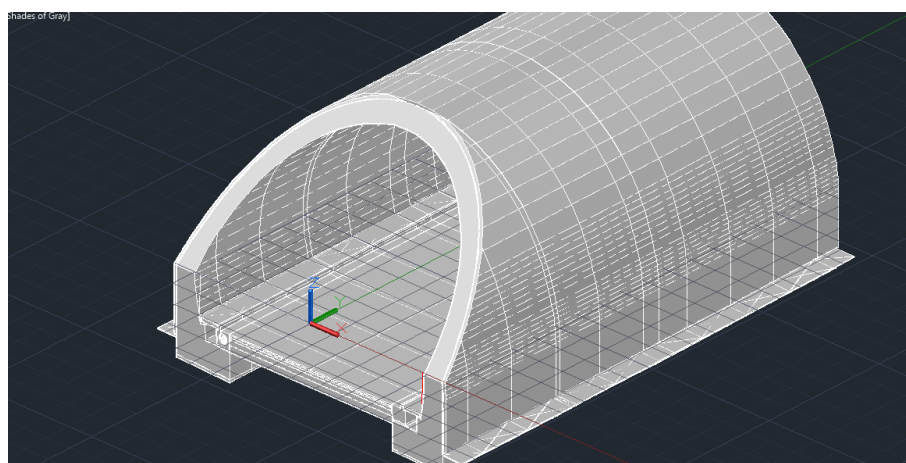


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Тоннель разработан по современным нормам: обязательное отопление, вентиляция, освещение, водоотводные устройства. Материалы, используемые при строительстве, будут отвечать всем необходимым требованиям, таким как: прочность, долговечность, огнестойкость, морозостойкость.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
2. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г.Пастушков, Минск 2005г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ЭБЕРШТАЙН - ПЁЛЛИНГ

*Журавлёв Даниил Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках моей работы, была рассмотрена страна Австрия. Было принято решение проложить тоннель между двумя городами Эберштайн и Пёллинг (Рис.1).



Рисунок 1 – Генеральный план тоннеля (красная линия – линия нулевых работ; жёлтая линия – принятая трасса)

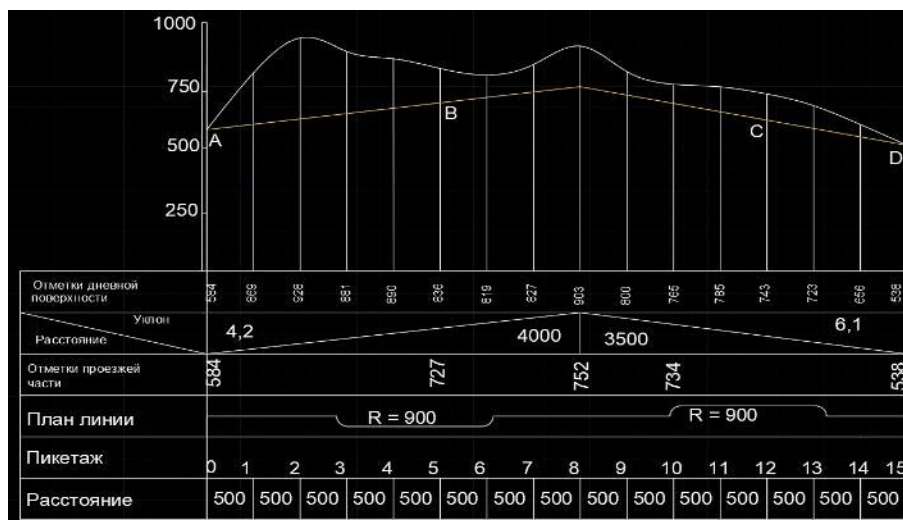


Рисунок 2 – Продольный профиль

Протяжённость тоннеля составляет около 7.5 километров с двумя углами поворота, радиусом 900 метров каждый. Наивысшая точка тоннеля составляет 752 метра. Наибольший уклон проезжей части составляет около 6‰. Расчётная скорость движения в тоннеле будет составлять 60-80 км/ч (в зависимости от типа транспорта)

Целью тоннеля является: сокращения времени на перемещение и увеличение транспортного потока между городами.

На въезде и выезде был запроектирован портал, который имеет уникальные подпорные стенки ступенчатой формы(Рис.3).

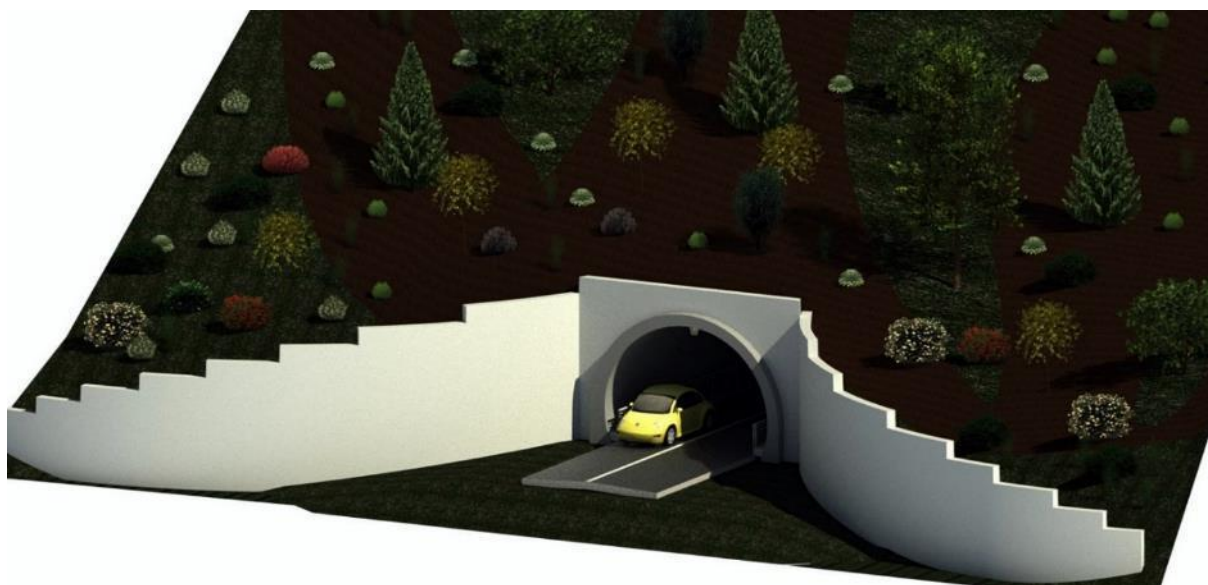


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Материалы при строительстве должны соответствовать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий, огнестойкости. Также тоннель должен соблюдать современные нормы отопления, вентиляции, освещения, водоснабжения, пожарной безопасности.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.

ДЕРЕВЯННЫЕ КРЫТЫЕ МОСТЫ

*Засимович Ольга Игоревна, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Во многих штатах и городах Америки можно встретить крытые мосты – ветхие и новые, древние и усовершенствованные, уникальные и типовые, используемые в наше время или ставшие памятниками истории и архитектуры. (Рис. 1)



Рисунок 1 – Мост Хампбэк (Humpback Covered Bridge), Вирджиния, 1857 год

В Соединенных Штатах в 19 веке с появлением и развитием инженерных школ, начали проводиться эксперименты по грузоподъемности конструкций и материалов, и изучаться данные нескольких предыдущих поколений мастеров и строителей в данном вопросе. Конструкторы ферм вносили улучшения в предложения друг друга. Инженеры изучали такие эффекты, как прогиб, выпуклость и вогнутость, усадка и износ древесины, улучшали конструкцию деревянной фермы.

Крытый деревянный мост - это деревянный ферменный мост, который имеет настил, крышу и облицовку стен, также обычно они полностью ограждены. Покрытие и крыша созданы для защиты моста от осадков и продления срока его службы. Мосты из дерева служат приблизительно двадцать лет и в дальнейшем начинают гнить и разрушаться, в то время как крытые служат людям около столетия и только тогда начинают проявлять признаки необходимости в ремонте. Большинство из них предназначено для автомобильного транспорта, а некоторые для движения поездов. Деревянные крытые мостовые сооружения укреплены тяжелыми брёвнами и двойными решётками. Основная часть имеет один пролёт и рассчитана на одну полосу движения. Но есть и двухполостные крытые мосты, у которых имеется центральная ферма, предназначенная для удержания платформ и увеличения прочности. Некоторые из этих мостов ранее могли использоваться автомобилями или фургонами, но со временем их прочность уменьшилась и теперь доступна только для пешеходов. (Рис. 2)



Рисунок 2 – Конструкция крытого деревянного моста изнутри

Первым известным мостом с крышей, построенным в США в 1805 году, был Постоянный мост в Филадельфии через реку Шуйкилл. Архитектором предполагалось, что он прослужит не более 40 лет, но абсолютно целым его сняли в 1850 году для строительства моста, подходящего для железнодорожных путей. Основная часть таких конструкций была возведена между 1820 и 1900

годами, а самое интенсивное строительство велось между 1825 и 1875 годами. Наиболее протяженным деревянным мостом с крышей в США был мост через реку Саскуэханна, построенный в 1814 году. Его длина составляла 5960 футов (1,817 км), но ему не удалось пережить наводнение в 1832 году. Всего в США было построено более 12 000 крытых мостов, но последний подсчет в 2018 году, показал, что на данный момент их осталось менее тысячи. (Рис. 3)



Рисунок 3 – Постоянный мост в Филадельфии, 1805 год

В начале 19 века почти все сооружалось из дерева. Этот материал, как и любой другой имеет свои преимущества и недостатки. Древесина легче камня и дешевле железа или стали, но все же очень прочная. Однако и древесина быстрее портится, под воздействием дождя, снега, наводнений начинается процесс гниения материала. Начиная с 1850 года, производство недорогого кованого железа и чугуна привело к использованию ферм и балок из металла. Металлические конструкции из-за высокой прочности не нужно было покрывать. Многие мосты перестали быть актуальными, т.к. были однополосными, имели маленькую ширину и высоту и не смогли бы выдержать увеличение трафика и нагрузки.

Крытые мосты строились не только в Соединенных Штатах. Канада, Англия широко использовала данный вид конструкции. Европейские страны строили мосты из деревянных материалов и защищали их прочность крышей, ведь гораздо проще сменить деревянную крышу, чем менять весь мост.

Например, старинный крытый мост в Швейцарии является одной из главных достопримечательностей и в наши дни. Мост через реку Ройс в городе Люцерн был построен в 1333 году длиной 204 метра. Является самым старинным мостом из дерева в Европе. Достопримечательность страны сегодня используется в качестве музея - внутри его выставлена серия картин 17 века. (Рис. 4)



Рисунок 4 – Часовенный мост (Chapel Bridge), Швейцария

Люди могут полагать, что сегодняшние крытые мосты являются хрупкими и ветхими и лучше ими издалека восхищаться, а не использовать. Увлекательно, что некоторые такие мосты находятся в гораздо лучшем состоянии, когда их используют. Подобно мышцам, многие из них существуют по принципу «используй или потеряешь». В деревянных мостах сжатие, растяжение и изгиб, возникающие в результате использования, на самом деле не дают дереву стать жестким и ломким, бывший в употреблении крытый мост остается гибким и безопасным. На сегодняшний день крытые мосты, построенные сотню и более лет назад, используются по своему прямому назначению, реставрируются и восстанавливаются. При восстановлении крытых мостов по возможности используются местные и оригинальные деревянные конструкции, чтобы помочь мосту сохранить свою аутентичность. Дерево при обеспечении прочности хорошо справляется с усилиями и ударными нагрузками. Высокая прочность может быть обеспечена при комбинировании материалов. В деревянно-бетонных конструкциях бетонная плита работает в сжатой зоне, что отлично влияет на ее долговечность. Стальные элементы заменяются в случае износа. Основная

конструкция из клееной древесины защищена и работает в подходящих условиях. Исходя из этого, можно считать, что у древесины как у материала и компонента большое будущее в строительстве мостовых конструкций. Некоторые крытые мосты уходят в историю и освобождают место для более инновационных и безопасных конструкций. Особенно ценные же становятся памятниками архитектуры, вокруг них обустривают парки и экологически чистые зоны. (Рис. 5)



Рисунок 5 – Мост Кэмпбеллс, г. Гоуенсвилл, Южная Каролина, 1909 год

Американский мост Кэмпбеллс, сооруженный из сосновых досок, выкрашенных в красный цвет. Сегодня вокруг него локализовался парк для активного отдыха, с местами для купания, прогулок и пикника.

ПРОЕКТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА ЗИЛЬЦ-ВАЛЬД (ГЕРМАНИЯ)

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

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

В моём проекте, был запроектирован автомобильный тоннель в районе городов Зильц-Вальд (Германия). Подземное сооружение позволит сократить транспортные расходы компаний, откроет новый туристический маршрут и разгрузит наиболее загруженные участки автомобильных дорог.

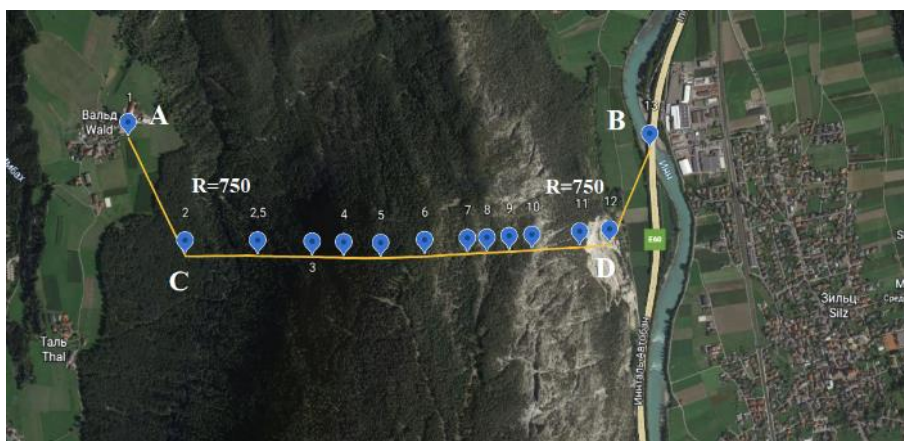


Рисунок 1 – План трассы

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 3,25 км с двумя углами поворота радиусом по 750 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает до 15‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения автомобильного транспорта в тоннеле будет составлять 100-120 км/ч.

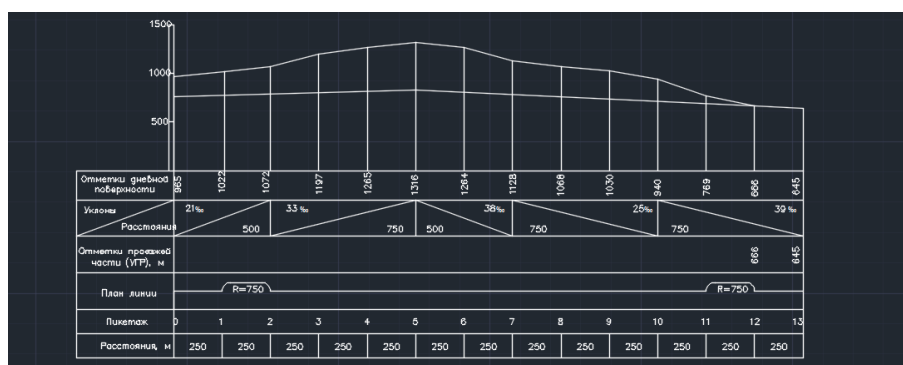


Рисунок 2 – Продольный профиль трассы

На входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3,4,5). Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, рядом с которым будут размещаться необходимые для полного функционирования подземной магистрали системы, расположенные в соседнем сооружении.

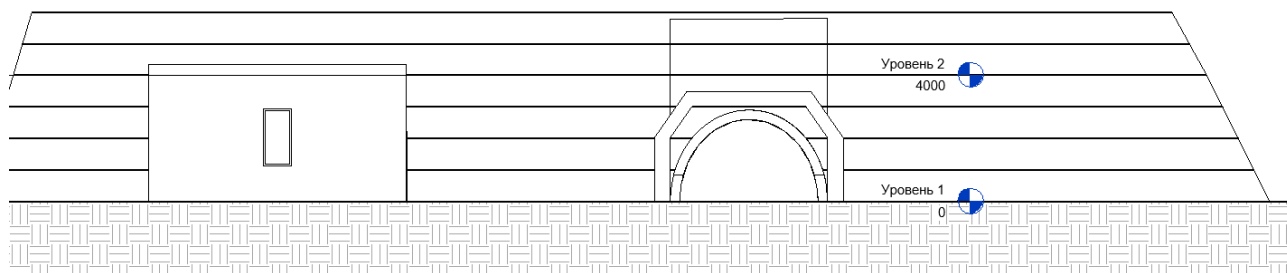


Рисунок 3 – Южный фасад

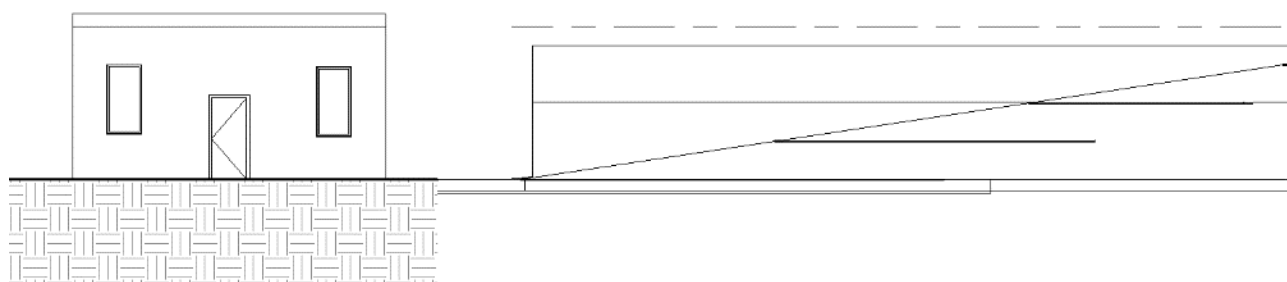


Рисунок 4 – Восточный фасад

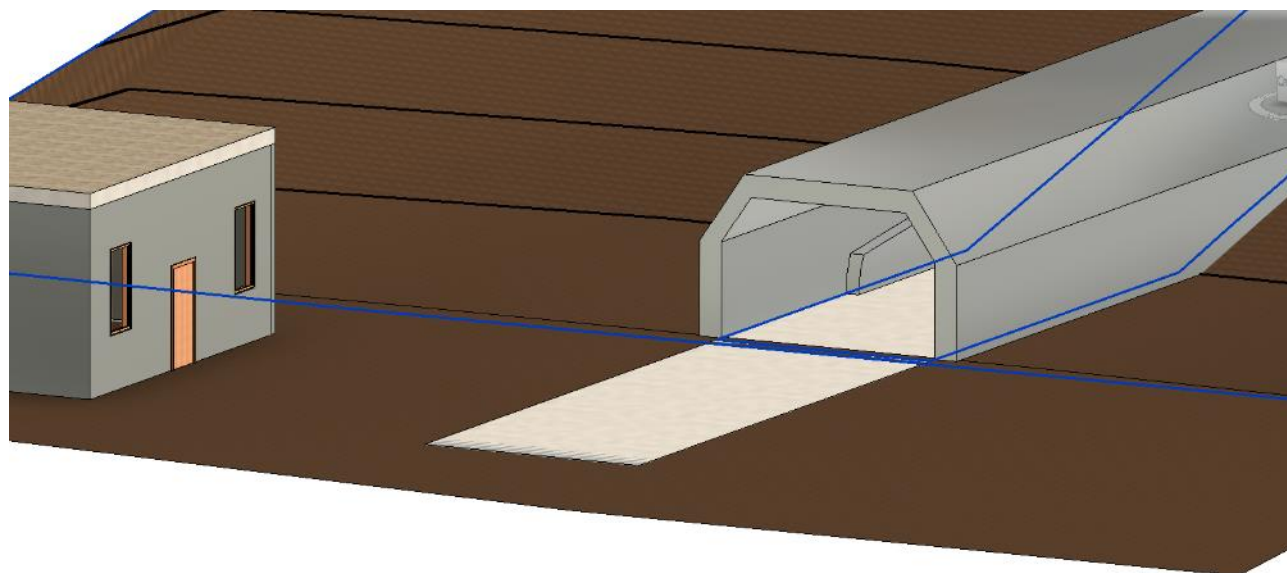


Рисунок 5 – Общий вид портала

Большая часть здания будет предоставляться арендаторам, которые смогут разместить внутри объекты социального и логистического назначения.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ ШАРА-ВОЛЛЕЖ

*Зинович Анастасия Александровна, студентка 3 курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках моей работы, было выбрано два города в Швейцарии – Шара и Воллеж, изучив на карте их месторасположение, геологический характер местности, потребности населения в транспортной сети между городами - было принято решение разработать железнодорожный тоннель.

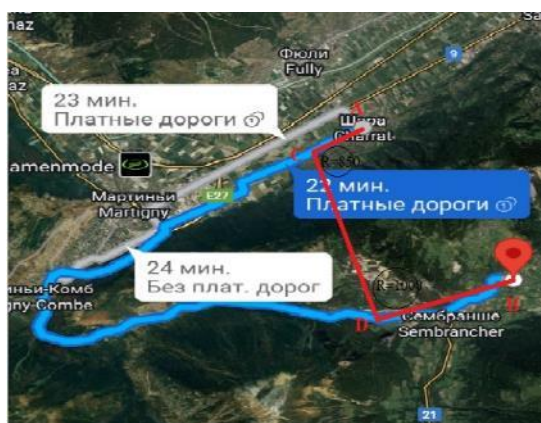


Рисунок 1 – Генеральный план

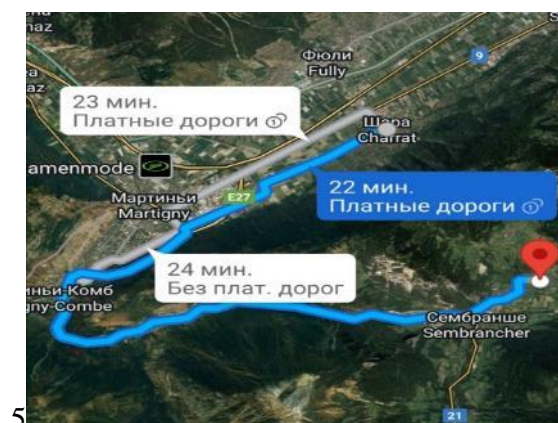


Рисунок 2 – Карта дорог и запроектированный тоннель

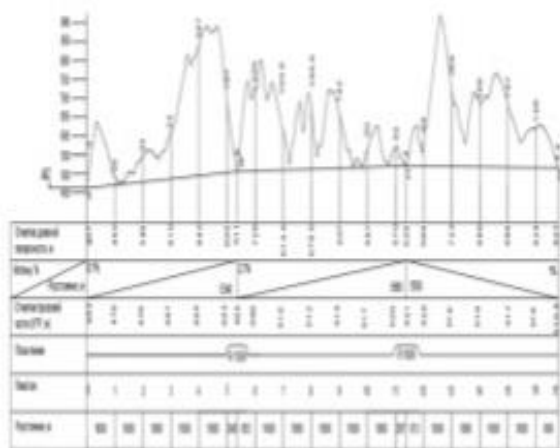


Рисунок 3 – Продольный профиль

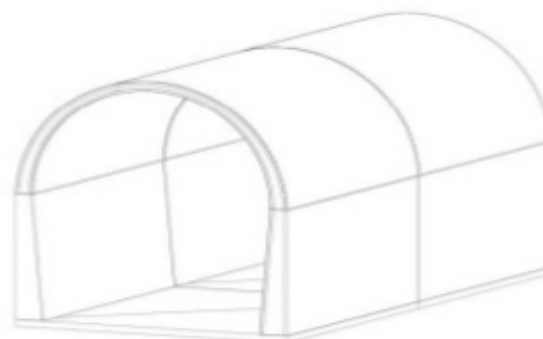


Рисунок 4 – Профиль тоннеля

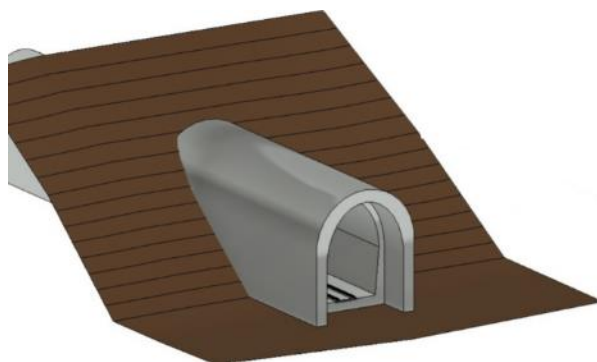


Рисунок 5 – Модель портала

Модель данного портала была разработана в программе Revit.

Железнодорожный тоннель позволит сократить время переезда с Шара до Воллежа и разгрузит объездные дороги. Одна из главных задач любого тоннеля, при его эксплуатации, заключается в обеспечении безопасной транспортировки людей и грузов. Аварии, поломки поездов и другие нештатные ситуации особо опасны в тоннелях. В связи с этим необходима установка различных систем, которые контролируют движение и скорость поездов. Так же не менее важным является и мгновенное обнаружение аварийных ситуаций в тоннелях, с последующим принятием действий, для безопасного решения возникшей задачи. При эксплуатации тоннеля, его необходимо обеспечить системой водоснабжения и отопления. В связи с этим необходима установка водопроводных систем.

При строительстве тоннелей чаще всего используют монолитный бетон. Так как у этого материала имеется ряд достоинств: легкость создания обделки тоннеля, простота доставки материала, отсутствие швов в обделке, что в свою очередь повышает водонепроницаемость.

Однако имеются так же недостатки: малая прочность при работе на растяжение (порядка 10% от прочности на сжатие), долгое достижение проектной прочности бетона.

Литература:

1. Колокова Н.М., Копац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.
4. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
5. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
6. Реферат - Тоннели - Введение.doc <http://studmed.ru>

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ В США МЕЖДУ УОЛСБЕРГ И ХЕБЕР СИТИ

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

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

В данной работе, выбрали два города в США – Хебер сити и Уолсберг (Рис.1). Передвижение между двумя населенными пунктами усложнено горным рельефом. Одним из вариантов сократить время передвижения между этими городами является прокладка тоннеля между ними.

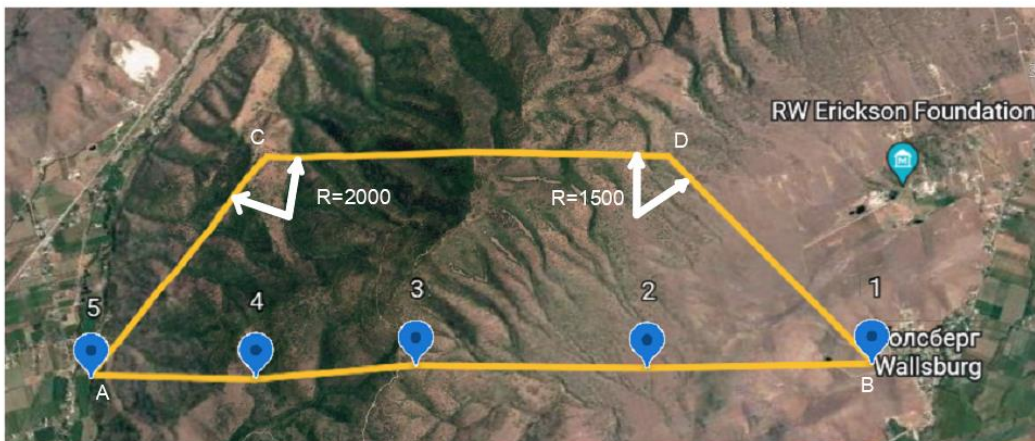


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

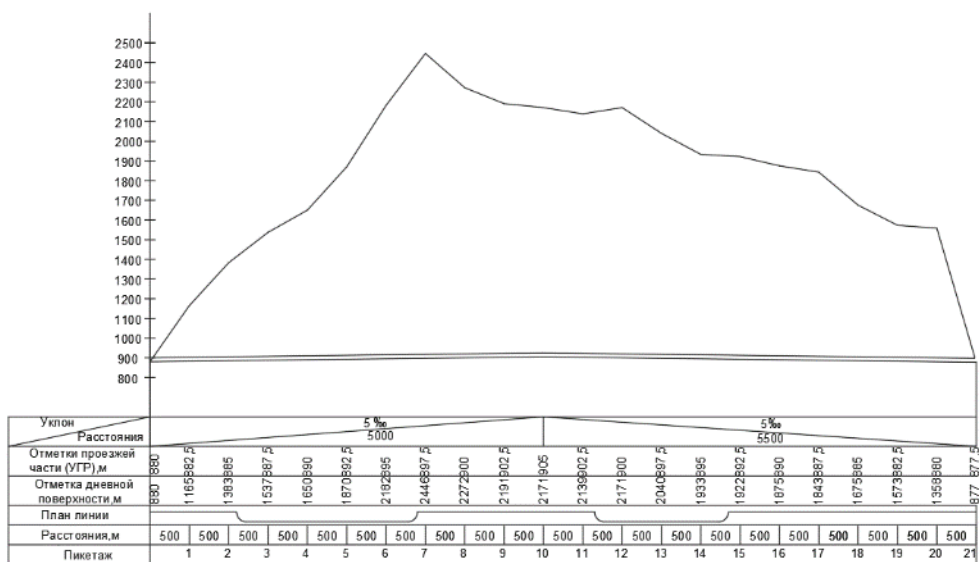


Рисунок 2 – Рельеф местности



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Автомобильный тоннель спроектирован в один ярус. Тоннель разработан по современным нормам: водоотводные устройства, вентиляция, освещение. Продольный профиль рельефа местности был построен с помощью спутниковых систем с которых мы получили отметки поверхности. Для строительства тоннеля используются материалы, которые отвечают за долговечность, прочность, морозостойкость, стойкость против воздействий внешней и окружающей среды. Разработанная мной концепция предполагаемого строительства туннеля позволит создать кратчайшее расстояние 10,5 км.

ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ВЛАДИМИРСКИЙ СПУСК

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

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

Пешеходный мост через Владимирский спуск, построен в центре города Киев. Открытие, приуроченное ко дню города, состоялось 26 мая 2019 года. Идея велосипедно-пешеходного моста зародилась еще в советском союзе и заключалась в строительстве сооружения для соединения парка «Владимирская горка» и Крещатого парка.

Велосипедно-пешеходный мост через Владимирский спуск балочный металлический с тремя пролетами. Его длина составляет 216 метров, максимальная длина пролета достигает 76 метров. Перильные ограждения выполнены из металлических и стеклянных материалов. Для облицовки железобетонных опор использовались зеркальные панели.



Рисунок 1 – Пешеходной мост через Владимирский спуск

Пролетное строение выполнено из металлической сварной балки, объединенной по верхнему поясу ортотропной плитой. Ширина ортотропной плиты варьируется в пределах 6 - 13,8 метров. Расчетная длина сварной неразрезной плети – 216 метров. Высота пролетного строения составляет 2,4 метра, а ширина – 3,2 метра. Величина поперечного уклона составляет 20%. Используемый класс металлопроката при строительстве пешеходного моста – сталь С390.

Промежуточные опоры коробчатого сечения 2,2 x 2,8 м высотой до 29,8 метров. Выполнены из железобетона с использованием бетона класса В35 F300 W6, В40 F300 W6, арматуры класса А240С А400С. При строительстве реализовано два устоя и две промежуточные опоры, высота первой опоры составляет 24,4 метра, высота второй опоры – 29,8 метров.

Конструкция подферменника выполнена с использованием бетона класса В40 F300 W8 и арматуры класса А400С диаметром 12 мм.

Конструкция фундамента опор реализована благодаря ростверку, выполненного из монолитного железобетона В30 F200 W6 и арматуры АШ (25Г2С). Конструктивное решение при строительстве фундамента устоев выполнено на буровых сваях с использованием бетона и арматуры АШ (класс А 400С). Длина свай достигает 28 метров, диаметр переменный от 1,2 до 1,5 метров. Для удержания устоев используются анкерные сваи длиной 14 метров и диаметром 1,5 метра. Фундаменты промежуточных опор на сваях диаметром 1,5 метра с уширением длиной до 33 метров.

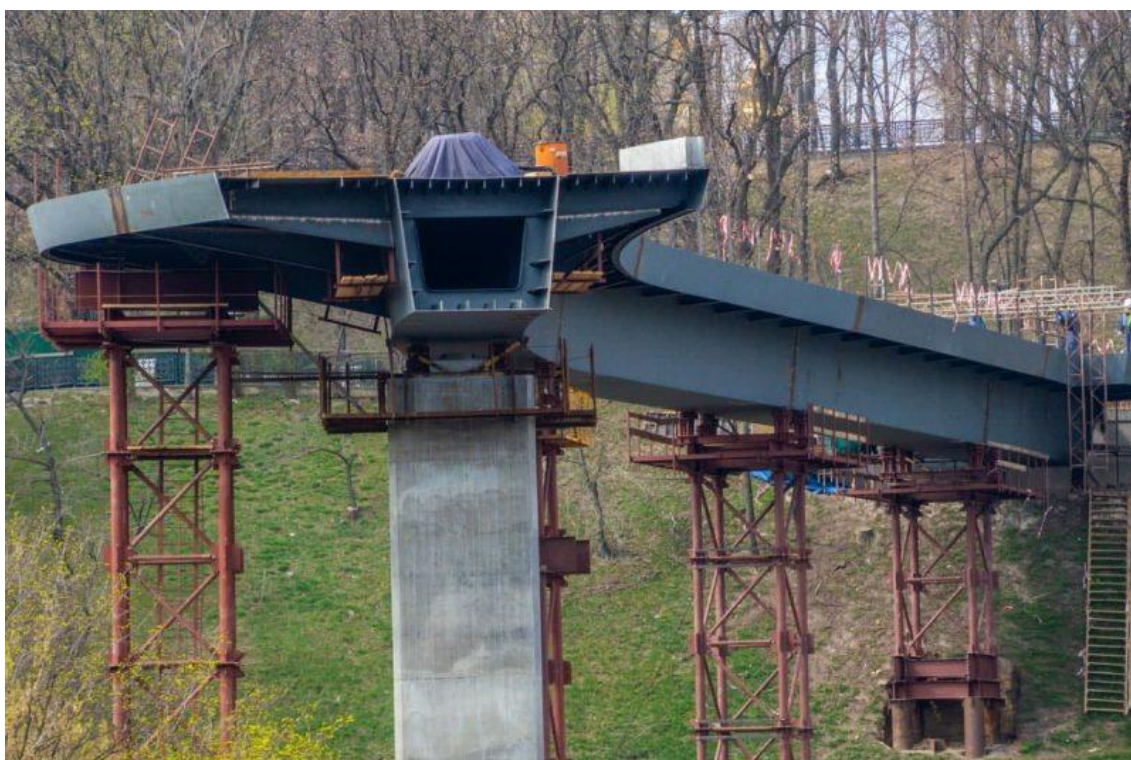


Рисунок 2 – Пролетное строение пешеходного моста через Владимирский спуск

Литература:

1. Пешеходно-велосипедный мост через Владимирский спуск или мост Кличко. История- <https://kyivpastfuture.com.ua/ru/peshehodno-velosipednyj-most-cherez-vladimirskij-spusk-ili-most-klichko-istoriya/> Дата доступа 18.04.2022
2. Пешеходный мост через Владимирский спуск – <https://stroyone.com/bridge/pedestrian-bridge/peshexodnoj-most-cherez-vladimirskij-spusk.html> Дата доступа 18.04.2022

САМОУПЛОТНЯЮЩИЕСЯ БЕТОННЫЕ СМЕСИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гречухин В.А., канд. техн. наук., доцент)*

Одной из главных проблем при бетонировании конструкций является обеспечение качества укладываемой смеси. Традиционные методы бетонирования иногда не подходят для заливки конструкций с густым армированием или большой высотой заливаемого массива. Для решения этой проблемы были разработаны самоуплотняющиеся бетоны. Такой бетон отличается от обычного как составом, так и некоторыми свойствами. Основное отличие заключается в использовании специальных добавок минерального и химического происхождения, которые позволяют смеси свободно растекаться по поверхности, а также улучшать прочностные качества готового изделия.

Самоуплотняющиеся бетоны завоевывают все большее распространение в отечественном строительстве, в том числе за счет появления амбициозных проектов, характеризующихся большой высотой строения и сложностью конструктивных решений. В зарубежной практике такие смеси применяются достаточно давно, к примеру, в странах ЕС на долю СУБ приходится 15-20% объема производства бетона. У нас же такие составы только получают широкое распространение.

В процессе заливки конструкций в бетоне содержится порядка 3-4% воздуха, поэтому смесь следует обязательно вибрировать. Эта процедура позволяет избавиться от пузырей воздуха, а значит добиться большей плотности смеси и ее прочности. Благодаря высокочастотным колебаниям воздух уходит из бетона, но при этом происходит повышение текучести, за счет которой смесь равномернее заполняет мельчайшие поры и каверны. Нарушения при укладке или вибрировании смеси ведут к образованию дефектов железобетонных конструкций, таких как:

1. Раковины. Обычно образуются под влиянием недостаточного уплотнения смеси, сбрасывание бетона с большой высоты или из-за густоты армирования, а значит большим числом труднодоступных мест;
2. Расслаивание смеси. Возникает из-за больших перерывов при укладке бетона в опалубку или скидывания его с большой высоты;

3. Каверны. Образуются под влиянием недостаточного или чрезмерного вибрирования.

Самоуплотняющиеся бетоны позволяют избежать большинства из этих дефектов. Особенность смеси заключается в способности уплотняться под действием собственного веса, что позволяет ей заполнять опалубку даже с самым густым армированием. Первые образцы самоуплотняющегося бетона появились в начале 70-х годов прошлого века и вскоре получили широкое распространение под влиянием массового строительства амбициозных проектов, таких как протяженные подвесные мосты в Китае, нефтедобывающие платформы и гидротехнические сооружения. Самоуплотняющиеся смеси позволяли сократить время укладки бетона примерно в 1,5- 2 раза по сравнению с традиционным способом, что не могло не повлиять на улучшение качества готовых изделий, а заодно и их прочности.

Для достижения высоких эксплуатационных качеств, к самоуплотняющимся бетонам предъявляются жесткие критерии к составляющим материалам. Фракция мелкого заполнителя должна быть не более 0,120мм, с долей частиц с размером 0,063мм не более 70%. Размер гранул крупного заполнителя варьируется от 10 до 20мм. Для увеличения водоудерживающей способности смеси добавляют молотый асбест или бентонит.

Оптимальный состав самоуплотняющегося бетона:

1. портландцемент (20%);
2. песок (32%);
3. щебень (30%);
4. вода (7%);
5. пластифицирующие добавки (1%).

Прочность СУБ превосходит традиционные бетоны и составляет 100Мпа. Повысить прочность и трещиностойкость самоуплотняющегося бетона можно путем добавления кремнезема, 20кг этого минерала заменяют 60кг цемента. За счет своей плотной структуры бетоны хорошо годятся для применения в опорах мостов, подверженных воздействию агрессивных компонентов, содержащихся в морской воде.

Среди многочисленных достоинств СУБ можно выделить некоторые недостатки. В частности, в процессе протекания реакции гидратации, происходит выделение тепла. Поэтому при единоразовой заливке десятков, а то и тысяч кубов бетона, в структуре конструкции могут возникнуть термические напряжения, что негативно скажется на прочности готового изделия. Для минимизации такого рода воздействий, в составе самоуплотняющихся бетонов

используются вяжущие вещества с низким тепловыделением и малым содержанием щелочей

Характеристики СУБ:

1. низкое водоцементное соотношение (0,36–0,4);
2. высокий показатель удобоукладываемости (до 70%);
3. прочность на сжатие В60–В80, но может достигать и до 100МПа;
4. отсутствие в структуре крупных пор и капилляров;
5. подвижность П5 (Рис. 1);
6. содержание пузырьков воздуха не более 6 %;
7. морозостойкость F400;
8. водонепроницаемость W62 и выше.



Рисунок 1 – Растекание конуса СУБ в 70см

На территории Республики Беларусь самоуплотняющиеся бетоны только получают широкое распространение. Наиболее ярким примером использования самоуплотняющегося бетона является обустройство фундаментной плиты под штаб-квартиру Газпрома на улице Филимонова. Объем бетона составлял чуть больше 9100м³, бетонирование проводилось непрерывно на протяжении 62 часов. (Рис. 2).

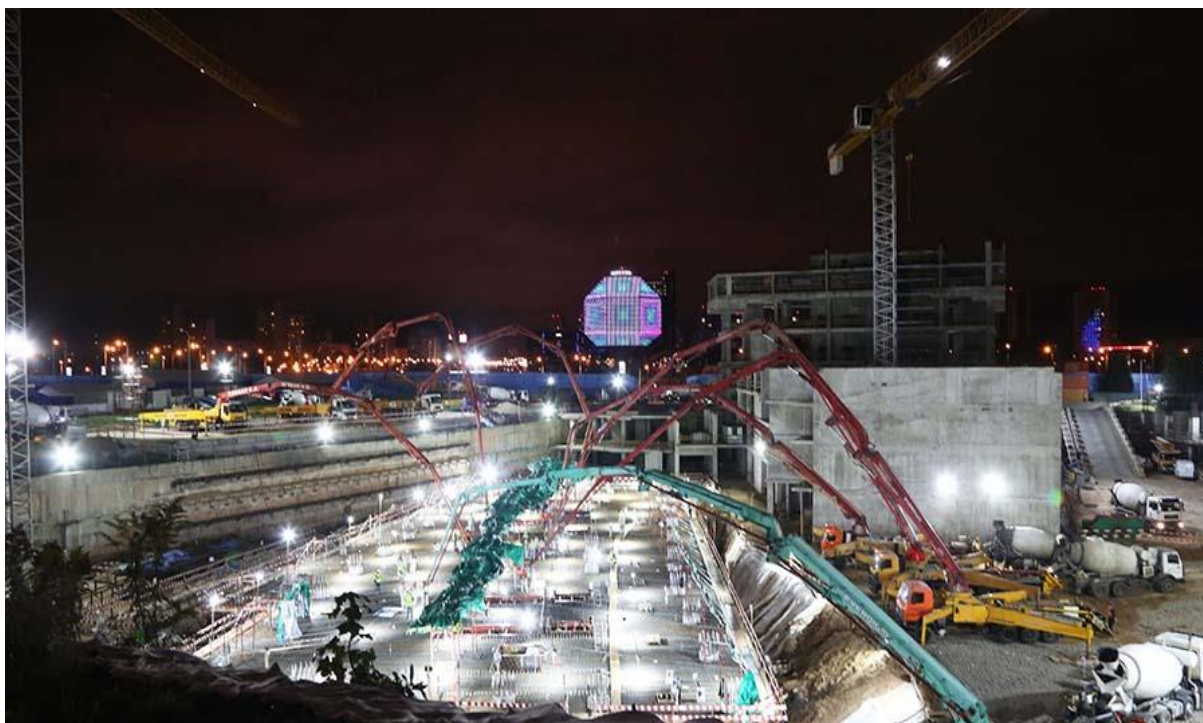


Рисунок 2 – Процесс заливки фундаментной плиты Газпром центра

Традиционные смеси не дали бы строителям выполнить столь ответственную работу без нареканий. Поэтому ниша использования таких бетонов будет расти с каждым годом. Все-таки Минск растет не только вширь, но и ввысь, а значит с каждым годом перед инженерами будут ставиться все более и более сложные задачи, преодолеть которые без использования современных строительных материалов и технологий невозможно.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https:// gazprom-spravilsya-s-fundamentom-gazprom-tsentra](https://gazprom-spravilsya-s-fundamentom-gazprom-tsentra).
2. Самоуплотняющийся бетон и технология бетонирования фундаментного массива с использованием 9000 кубических метров бетона / Э. И. Батыновский [и др.] // Наука и техника. 2021. Т. 20, № 4. С. 329–337. <https://doi.org/10.21122/2227-1031-2021-20-4-329-337>.
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http:// defekty-poverkhnosti-betona](http://defekty-poverkhnosti-betona).

СКОТОПРОГОНЫ. ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И ПРАКТИКА СТРОИТЕЛЬСТВА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

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

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

Быстрый рост городов и увеличение грузового и пассажирского транспорта на дорогах, неминуемо ведут к расширению сети транспортных сооружений. Принося огромную пользу для человека, они не всегда положительно влияют на растительный и животный мир. Многочисленные исследования показали, что транспортные коммуникации могут привести к огромным изменениям в экосистеме. Влияние инженерных сооружений на животный и растительный мир даже больше, чем от автомобильного транспорта. Хотя дороги и не создают непроходимый барьер, но тем не менее этого хватает для оказания значительного влияния на развитие популяции в целом. Такого рода препятствия удлиняет пути миграции, а значит уменьшают время отдыха диких животных и неблагоприятно влияет на кормовые базы. Еще одной проблемой являются участившиеся дорожной транспортные происшествия с участием лесных обитателей и многочисленными человеческими жертвами. Каждый год в стране насчитывается порядка 2 сотен таких происшествий, многие из которых заканчиваются смертельным исходом. Поэтому последнее время широкое распространение получили экодукы. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Экодук трубного типа с сетчатым направляющим ограждением

Учёные из Северной Америки установили, что интенсивность движения более 5000 автомобилей в сутки создаёт непреодолимой барьер для диких животных. В тех местах, где транспортные магистрали пересекают пути миграции лесных обитателей, следует обустраивать специальные проходы для перемещения животных. Скотопрогоны обеспечивают свободное перемещение особей и их скрещивания в естественных условиях, а самое главное – в разы снижает количества ДТП с участием дикий животных. В странах зарубежья такие сооружения могут составлять до 100м в ширину и порядка 500м в длину: там возможна посадка деревьев и различных кустов, которые обеспечивают достаточную шумозащиту от трассы.

Скотопрогоны – специальные сооружения для прохода диких животных под магистралями. Выделяют два типа экодуков: тоннельного типа (скотопрогоны и водопропускные трубы) и в виде мостов. Впервые такого рода сооружения появились во Франции и конце 50-х. Вскоре идея переняли Нидерланды, Германия и Швейцария.

Среди плюсов экодуков выделяют:

1. Уменьшение количества ДТП с участием животных;
2. Значительно смягчают воздействие транспортных магистралей на экосистему;
3. Способствуют увеличению популяции.

Рекордсменом по числу экодуков является Национальный парк Банф в Канаде, где такого рода сооружений насчитывается более 60 штук. За прошедшие 20 лет через них прошли порядка 180 тысяч земноводных.

Первый скотопрогон в Беларуси появился на трассе Минск – Гродно и представлял собой сплюснутую трубы из гофрированной стали толщиной 7мм, порядка 5м высотой и 40м в ширину. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Тоннель для животных на участке трассы М6 Минск-Гродно

Примечательно, что тоннели для прохода лесных обитателей в Республике Беларусь строились и ранее. Например, один из таких экземпляров располагается на территории Березинского биосферного заповедника и был построен в 2006 году. Внешне экодук напоминает трубу диаметром 20-30см по обе стороны которой стоят направляющие бордюры. Задумывался он для прохода земноводных. В последствии скотопрогоны должны появиться на реконструированной трассе М7 (Минск-Ошмяны-граница с Литовской Республикой). Как и первый скотопрогон они будут построены из гофрированной стали и замковым или болтовым соединением сегментов. (Рис. 3).



Рисунок 3 – Конструкция скотопрогона

В 2013 году нами была подписана Бернская конвенция, заключающаяся в создании единой экологической сети на всей территории Беларуси. Наша страна стала одной из стран-участниц реализации программы «Изумрудная сеть» — единой экологической сети природоохранных территорий, а это значит, что строительство экодучек продолжится и с каждым годом число животных, погибающих под колесами автомобилей, будет неумолимо сокращаться.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://bahna.land/ru/flora-i-fauna/ekoduki-kak-obustroit-bezopasnye-perekhody-dlya-dikikh-zhivotnykh>.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://31tv.ru/program/stil-zhizni>. «Экодуки как безопасный переход для диких животных».
3. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.cms.int/saiga/sites/default/files/publication/cms-cami_pub_linear-infrastructure_wcs_russian.compressed.pdf «Конвенция по сохранению мигрирующих видов диких животных».

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС В ГРОДНО НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА КОСМОНАВТОВ И УЛИЦЫ МАГИСТРАЛЬНОЙ

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

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

Индустриализация городов ведет к быстрому увеличению численности населения, которое в свою очередь требует высокой мобильности в условиях мегаполиса. Чтобы улучшить связность между улицами, а также побороть пробки, мною было предложено строительство многофункционального подземного комплекса под одним из перекрёстков города Гродно. Местом строительства объекта был выбран перекрёсток проспекта Космонавтов и улицы Магистральной. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Место строительства

Это место было выбрано неспроста: неподалеку находится большой гипермаркет, а также два больших микрорайона. Также в перспективе большая стройка развернется на месте усадебной застройки, что значительно повысит нагрузку на итак загруженный перекресток. Кроме того, на круговом

перекрестке наблюдается повышенное количество мелких ДТП, по причине несоблюдения водителями дорожной разметки и игнорирования знаков. Это приводит к частым заторам, а то и полной остановке движения на данном участке улично-дорожной сети. (Рис. 2).

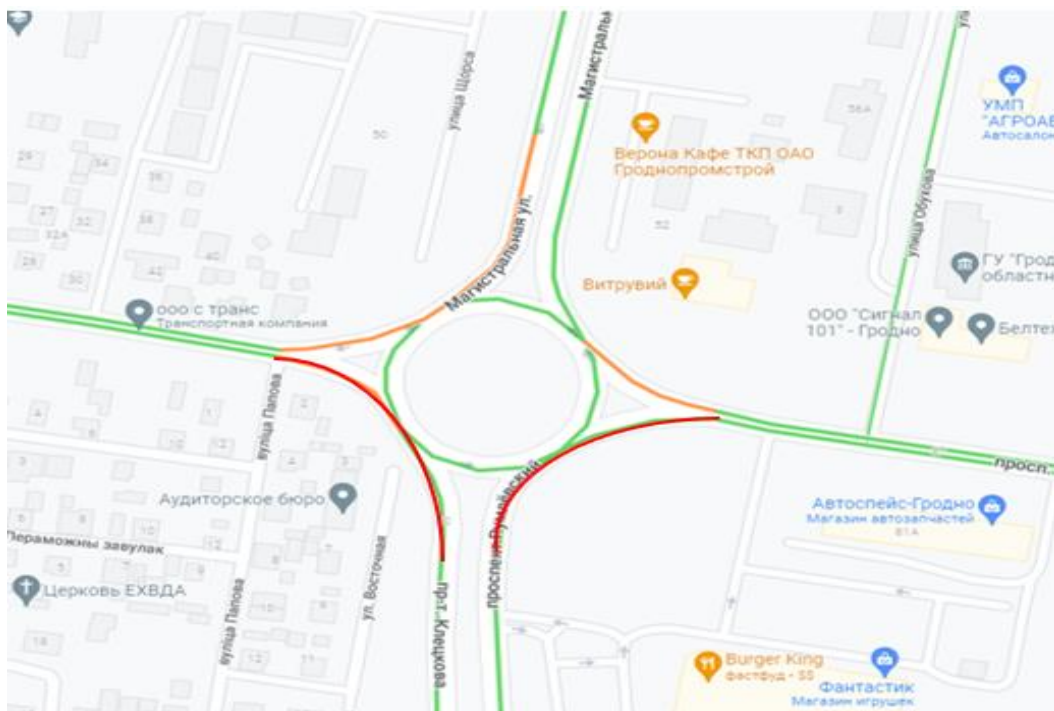


Рисунок 2 – Заторы на перекрестке

Многофункциональный комплекс состоит из 4 уровней и торгового центра на промежуточном втором уровне. (Рис. 3).

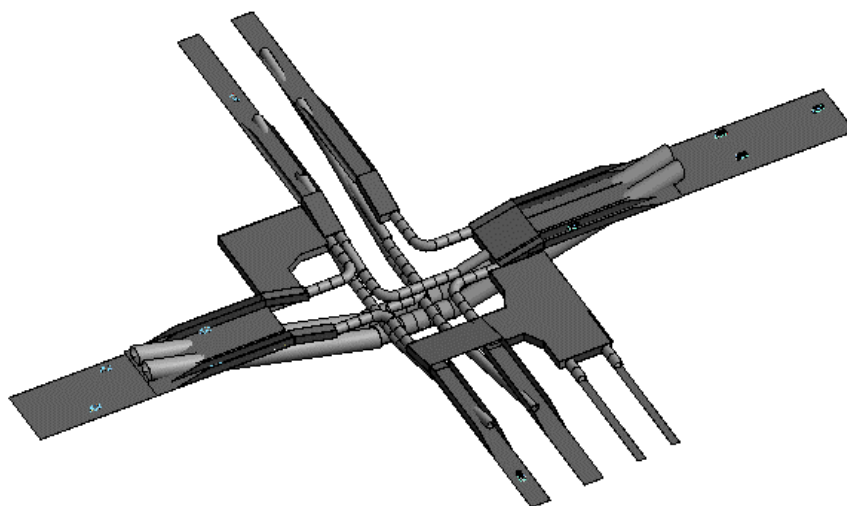


Рисунок 3 – Общий вид сооружения

Для обеспечения удобного доступа посетителей, в состав торгового центра была включена подземная гараж-стоянка с автоматической системой парковки. Предполагается, что она позволит увеличить число парковочных мест в 1,5 раза и значительно сократить время парковки, минимизировав количество мелких ДТП. Чтобы обеспечить удобную связность торгового центра с подземной развязкой и выходами на поверхность, в состав торгового центра были включены шесть грузопассажирских лифтов и несколько эскалаторов. Изюминкой торгового центра станет панорамный лифт и большой атриум с аэродинамической трубой для всех желающих.

Предполагается, что многофункциональный комплекс будет востребован среди жителей и гостей города и станет изюминкой Гродно, а также привлечёт много инвестиций и мировых брендов.

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: autogrodno.by/22-news/probki-9-ballov.

являются частые заторы. Светофорное регулирование ещё больше затрудняет движение, тормозя транзитный трафик. Улица Карповича имеет местное значение, выполняя по большей части функции подъездной дороги.

Для облегчения движения транзитного трафика на данном перекрёстке был разработан проект подземного комплекса с тоннелем, подземным паркингом и торговыми площадками (рис. 2).

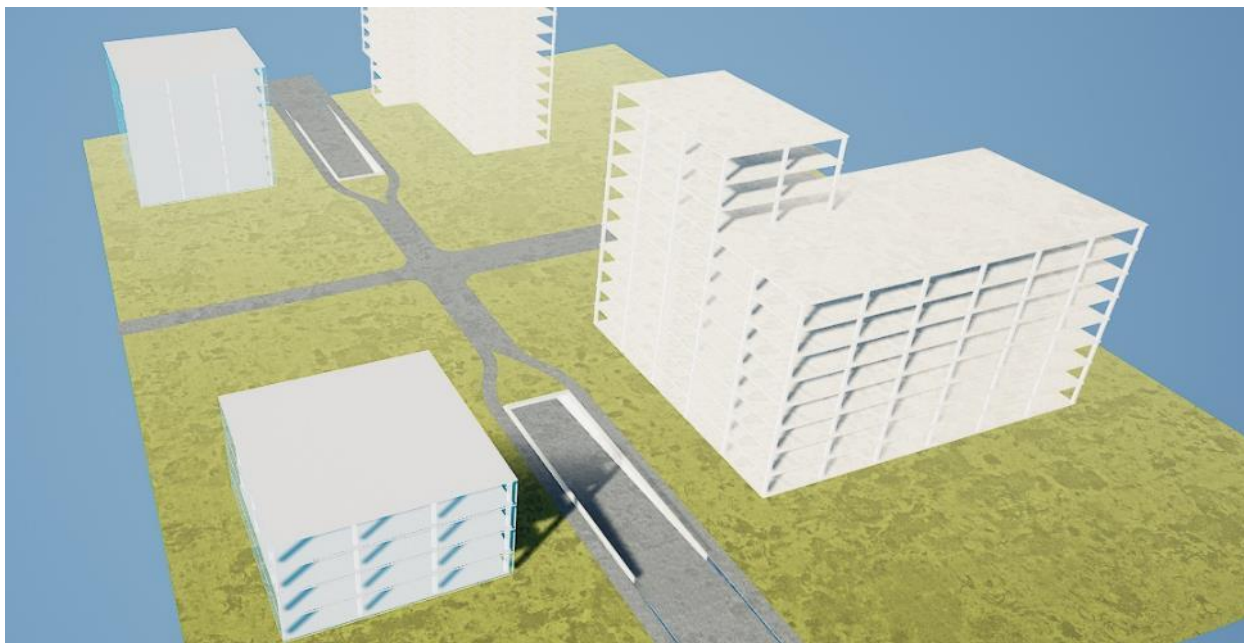


Рисунок 2 – Въезд в подземный комплекс

Проработка модели в виртуальной реальности позволила визуализировать и проработать все конструктивные решения ещё на этапе проектирования

На сооружение данного комплекса потребуются значительные финансовые затраты. Покрывать расходы планируется путём создания платных парковочных мест в подземной части комплекса, что даст весьма ощутимые финансовые выгоды, т.к. комплекс располагается в центре оживлённого города, где всегда ощущается дефицит парковочных мест. Заезд на парковку будет осуществляться из подземного тоннеля. Удобство данной конструкции заключается в совмещении подземной части, включающей тоннель и паркинг, и четырёх надземных зданий, отведённых под торговые площадки, развлекательные центры, офисы, кинотеатры и рестораны. Совмещение подземных и надземных частей будет осуществляться с помощью эскалаторов, лифтов и лестниц.

В комплексе запроектированы заезды и выезды в подземную часть с любой из пересекающихся улиц. Также присутствуют полосы торможения и разгона, повышающие транзитные возможности комплекса (рис. 3).

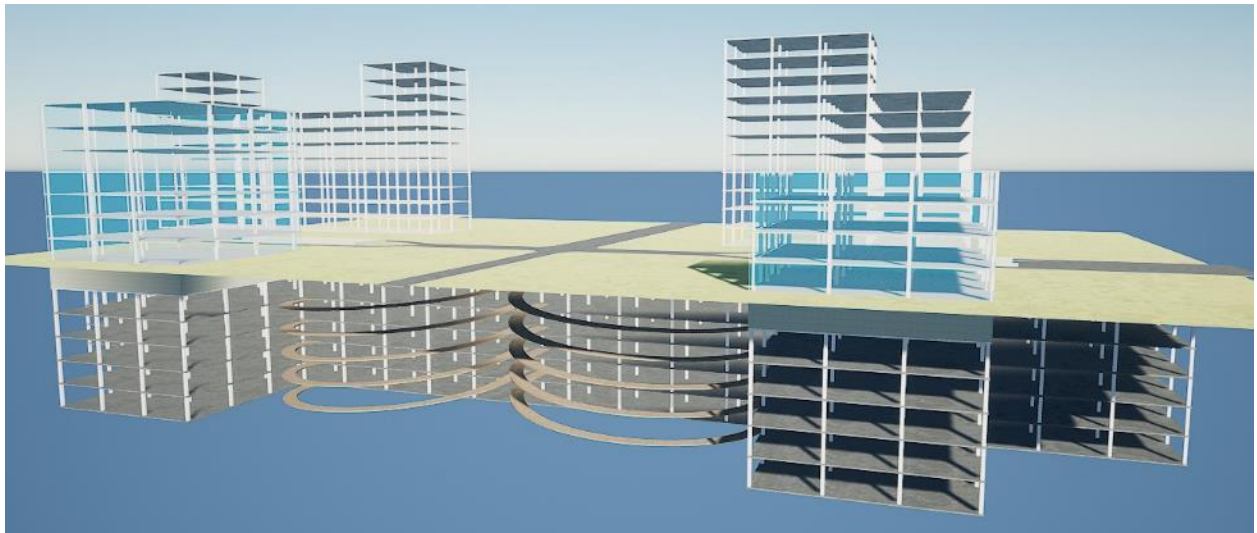


Рисунок 3 – Общий вид сооружения

Осуществление данного масштабного проекта позволит областному центру повысить пропускные возможности центра города. Местный бюджет получит весьма ощутимые финансовые поступления, а широкие торговые площади придаст стимул развитию местного бизнеса. Центр города получит большое количество охраняемых парковочных мест, а местные жители получат комфортные места для отдыха и времяпрепровождения

Применение технологий виртуальной реальности в процессе обучения позволяет обучающемуся заранее проработать и продумать все конструктивные решения и получить визуализацию будущего проекта, что значительно увеличивает скорость и качество разработки подобного рода проектов.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ АВСТРИИ (ГАЛЬШТАТ-МАНДЛИНГ)

*Качановский Алексей Михайлович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы, было выбрано два города в Австрии – Гальштат и Мандлинг (Рис.1). Горный рельеф местности усложняет передвижение между двумя населенными пунктами. Проложив тоннель и оборудовав его порталом можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.



Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

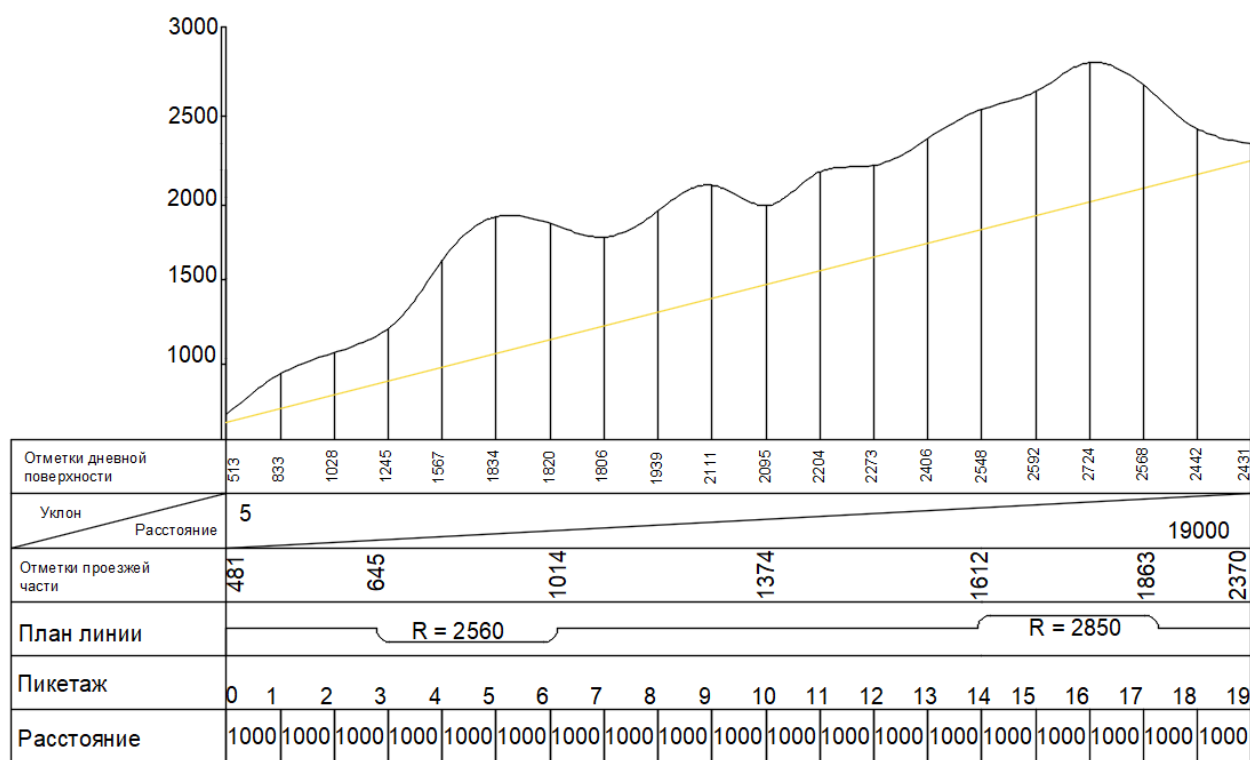


Рисунок 2 – Продольный профиль участка линии

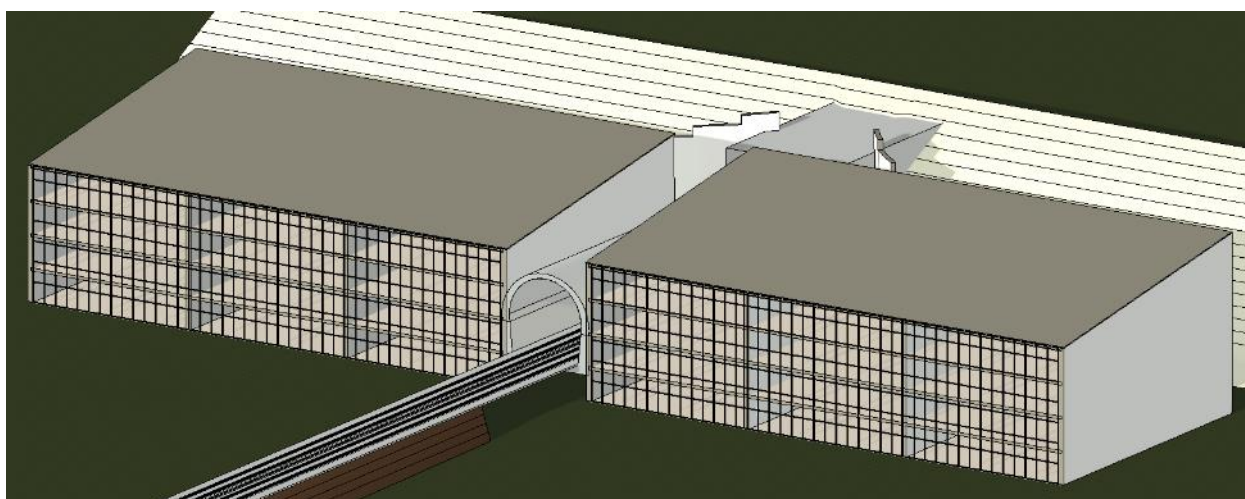


Рисунок 3 – Промежуточная визуализация портала

Железнодорожный тоннель спроектирован в один ярус, для возможности передвижения поездов. Длина тоннеля составляет 19 км. Тоннель разработан по современным нормам: обязательное отопление, вентиляция, освещение, водоотводные устройства. С помощью спутниковых систем получены отметки дневной поверхности и построен продольный профиль (Рис. 2). Пространственная модель портала и тоннеля сделана в программном комплексе Revit (Рис. 3). Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности и прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости.

Литература:

1. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
2. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
3. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
4. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ЛОМ-ЛЕША (НОРВЕГИЯ)

*Кирсанов Руслан Владимирович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В объеме данной работы, было выбрано два населенных пункта в Норвегии – Лом и Леша (Рис.1). Рельеф местности усложняет передвижение из пункта А в пункт Б. Проложив тоннель можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.

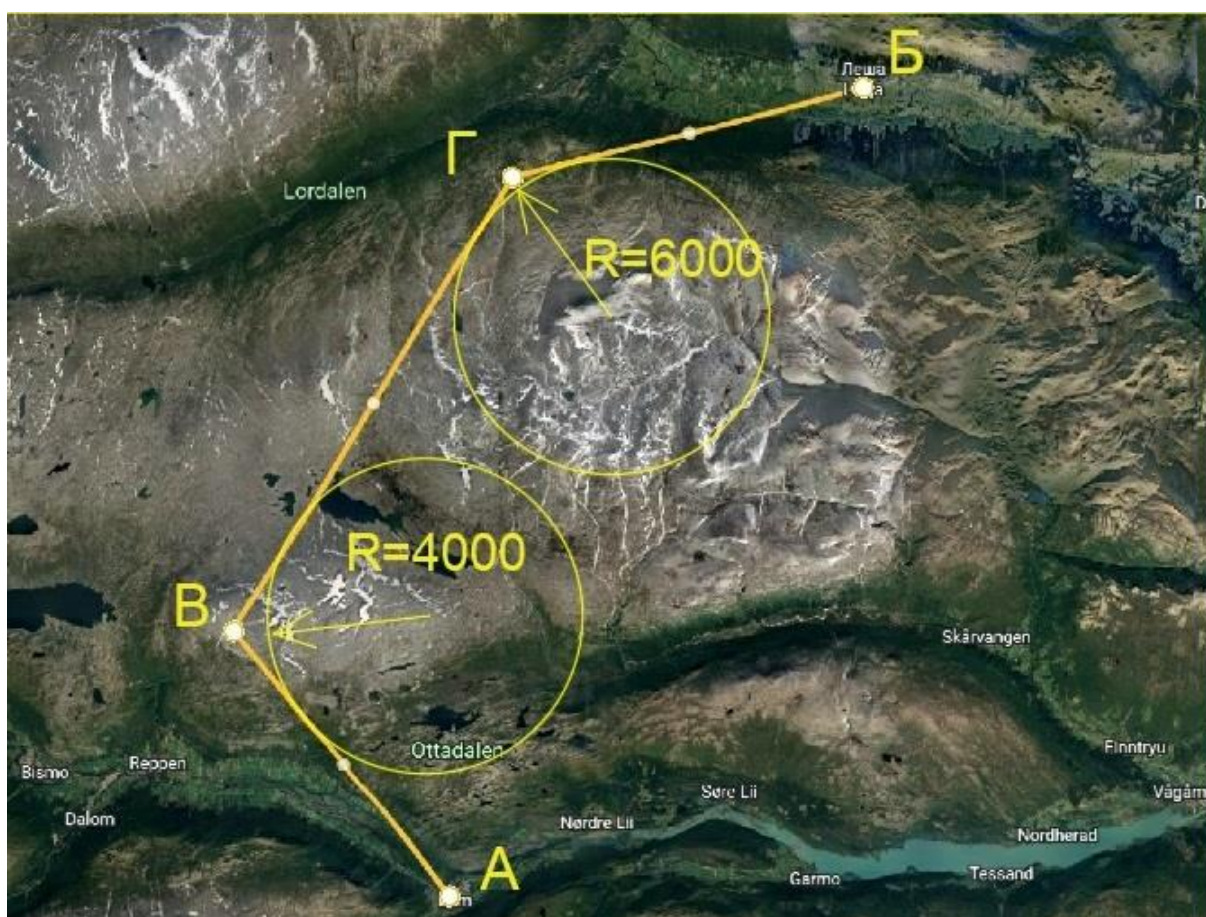


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

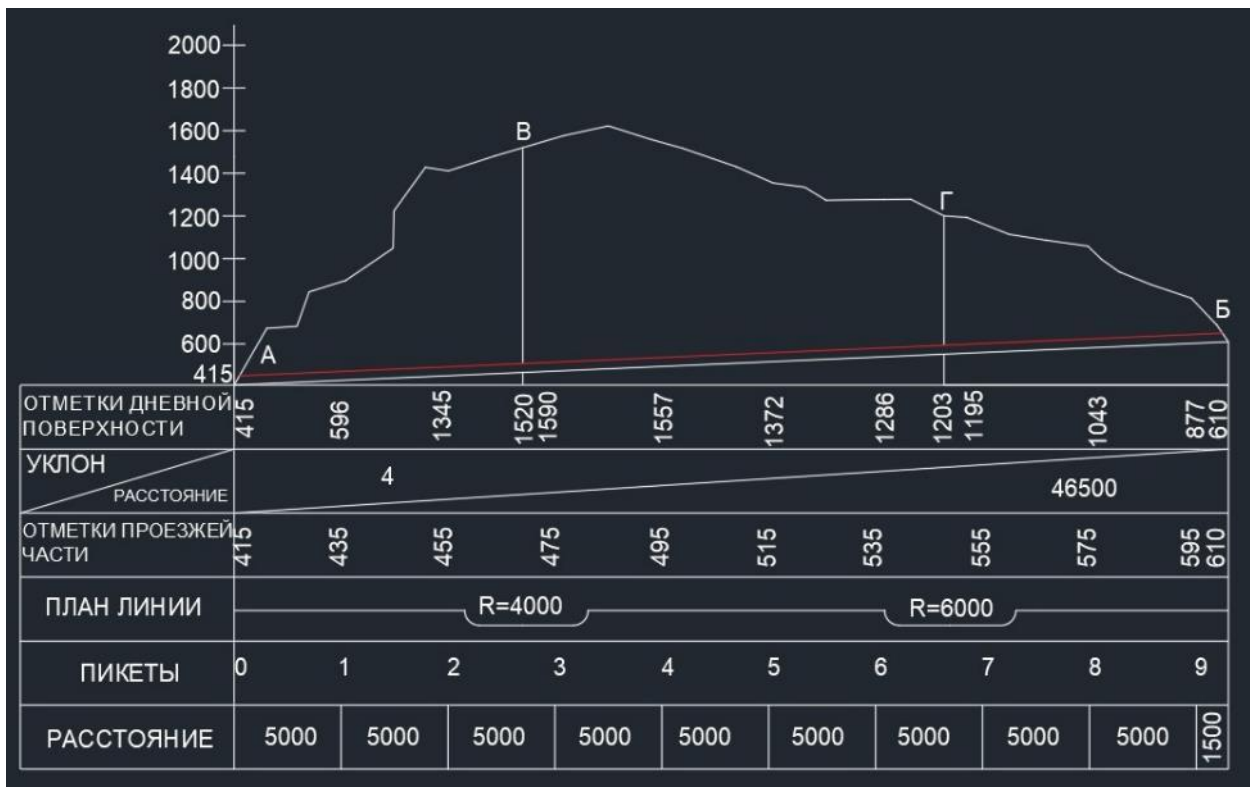


Рисунок 2 – Продольный профиль

На входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3,4,5) Портал представляет архитектурное решение, рядом с которым будут размещаться системы, необходимые для полного функционирования тоннеля. В зданиях будут находиться объекты логистического социального назначения (рестораны быстрого питания, фудкорт, логистический центр, парковка).

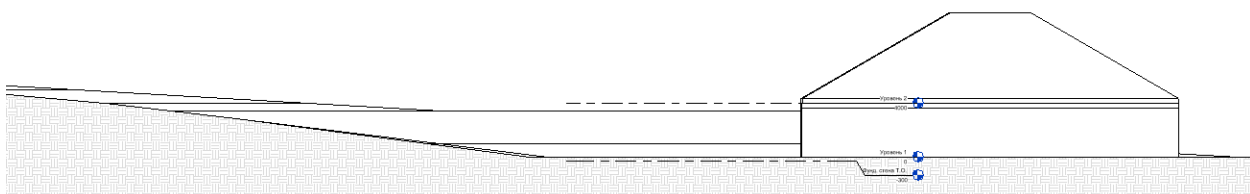


Рисунок 3 – Восточный фасад

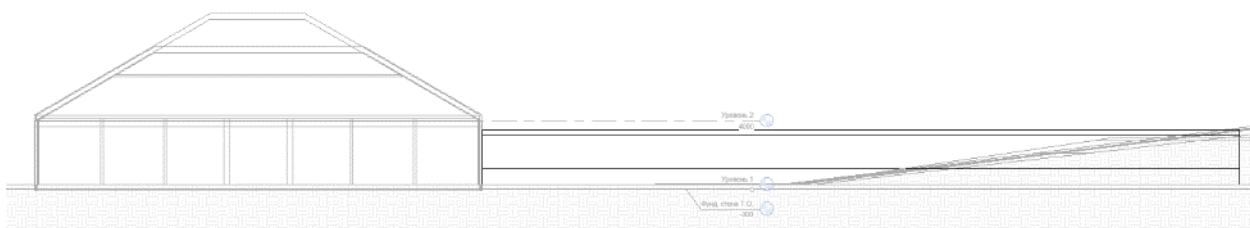


Рисунок 4 – Западный фасад

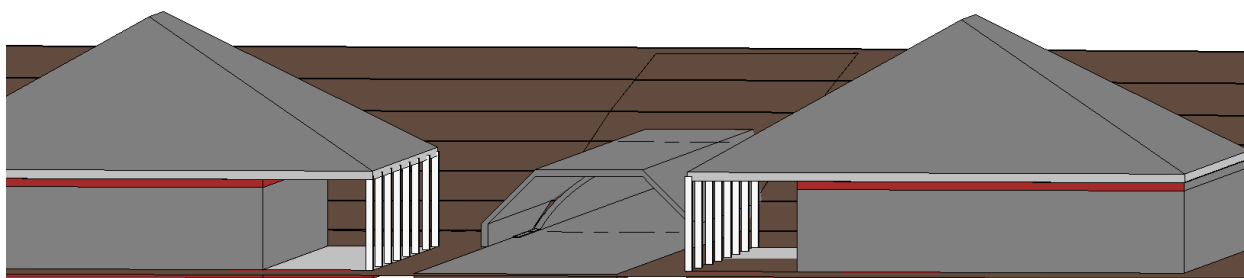


Рисунок 5 – Общий вид портала

Длина тоннеля составляет около 46,5 км. Это сооружение отвечает современным нормам: отопление, вентиляция, освещение, водоснабжение. Данные об отметках дневной поверхности получены со спутника (Рис. 2). Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, огнестойкости.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА НОВЫ ТАРГ (ПОЛЬША)

*Коваленя Никита Владимирович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Для совершенствования транспортного пути в районе города Новы Тарг (Польша) был запроектирован автодорожный тоннель. Проект предусматривает сооружение транспортного тоннеля (Рис.1). Новая подземная транспортная траншея поспособствует привлечению большого числа денежных средств в регион, т.к. компания эксплуатирующая тоннель сможет предложить перевозчикам и туристам более выгодный маршрут.

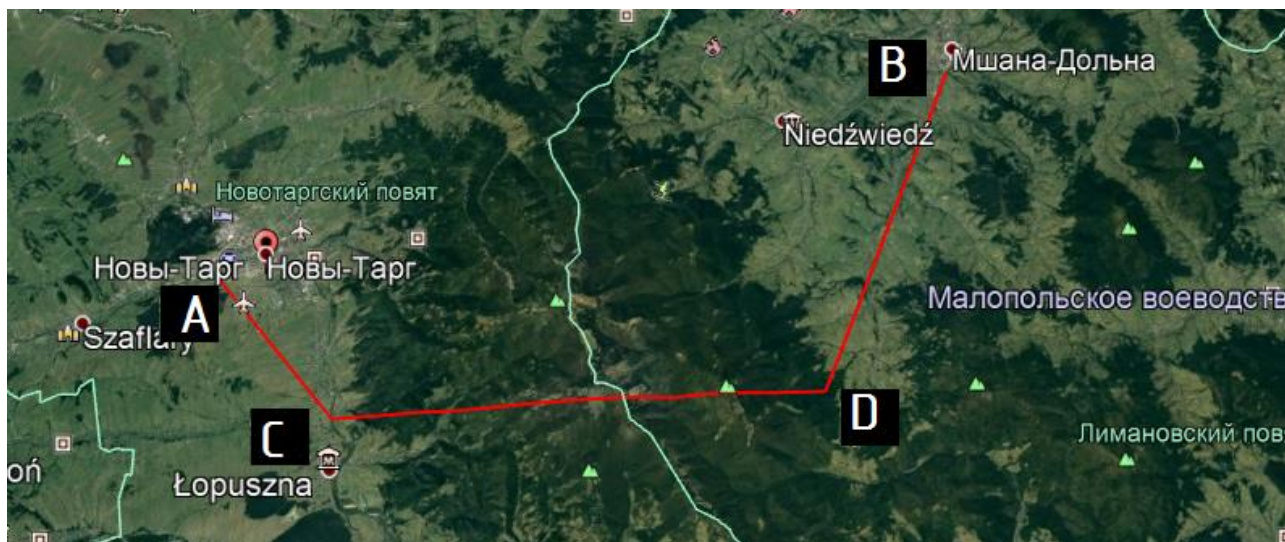


Рисунок 1 – Трасса тоннеля

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 31,8 км с двумя углами поворота. Максимальный уклон проезжей части не превышает 4‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения автомобильного транспорта в тоннеле должна составлять 100-120 км/ч, что соответствует автомобильной дороге второй категории.

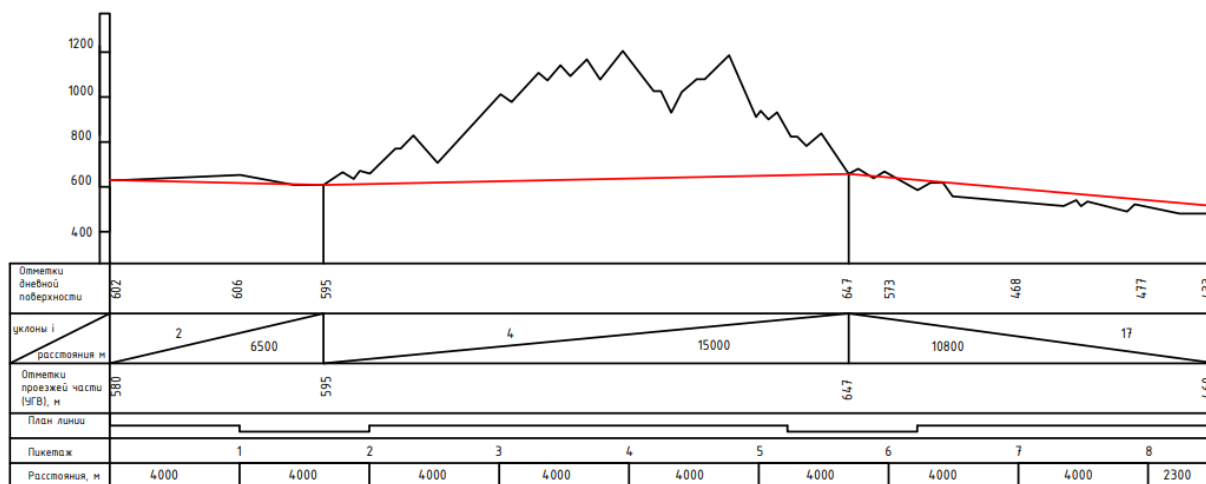


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

Для предотвращения осыпания грунта на входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3,4,5).

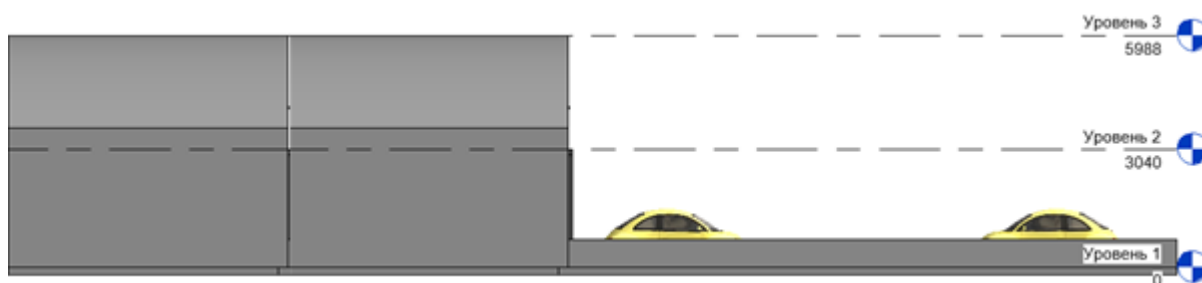


Рисунок 3 – Западный фасад

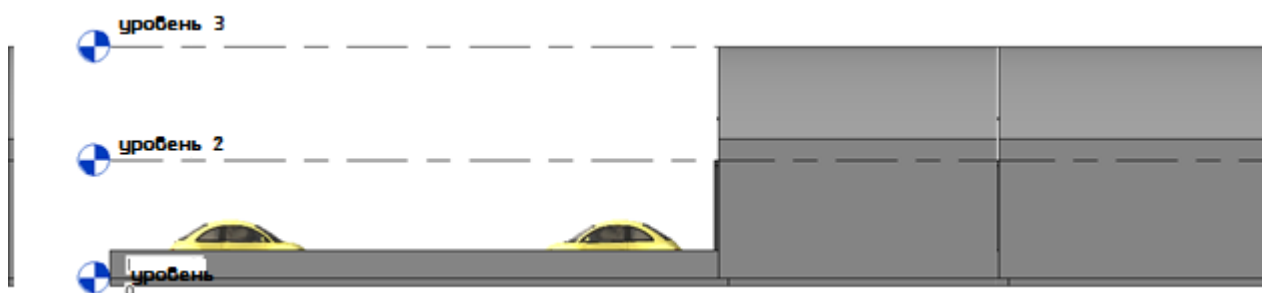


Рисунок 4 – Восточный фасад



Рисунок 5 – Общий вид портала

Сверхвысокопрочный бетон (УНРС) позволяет возводить исключительно легкие, прочные и долговечные конструкции с более низким использованием бетона. Одно из ключевых приложений для УНРС предназначено для критически важной инфраструктуры, где желателен длительный срок службы во все более жестких условиях. Благодаря превосходным свойствам материала при сжатии и изгибе, потребность в пассивном армировании может быть устранена или значительно уменьшена (в зависимости от применения). Он также легко формуется и с высокой точностью копирует материалы форм, что позволяет использовать тонкие сложные формы, изгибы и индивидуальные текстуры, что

невозможно при использовании традиционного железобетона. УНРС может принести зданиям и конструкциям еще более высокий уровень долговечности, а также может называться самоизлечивающимся бетоном из-за огромного количества цементного порошка в смеси и очень низкого соотношения вода / цемент, которое используется. Негидратированный цементный порошок гидратируется при попадании влаги в трещину.

Литература:

1. Колокова Н.М., Копац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
3. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В РАЙОНЕ СТ. КУРИНСКАЯ И СЕЛО БЕЗЫМЯННОЕ, РОССИЯ

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

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

В рамках моей работы, в качестве местности для прокладки тоннеля был выбран ландшафт вблизи п.г.Джугба, Россия, а именно - между станцией Куринская и село Безымянное. Задачей проектирования плана продольного профиля является соединения заданных точек пути сообщения, линией наименьшей длины с уклонами, не превышающими допустимых и возможно меньшей длины тоннеля. Трассирование я выполнял с помощью программы GoogleEarth, где я узнал абсолютные отметки, длины участков и их координаты с продольным профилем.

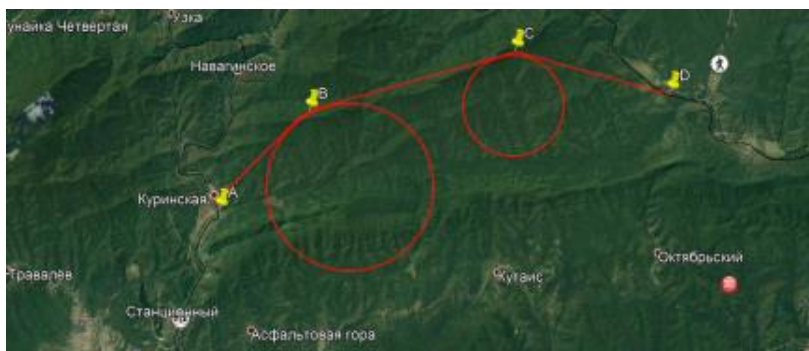


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля. Рельеф местности

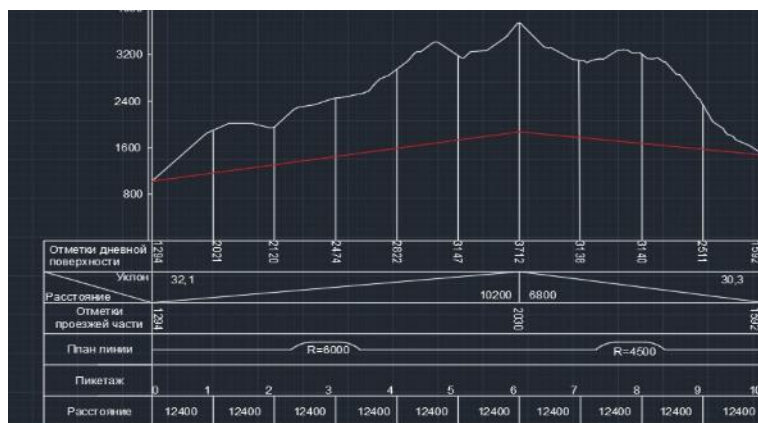


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

Для обеспечения нормальной и долговечной эксплуатации тоннелей необходима их защита от подземных вод, в качестве защиты были использованы водоотводные лотки.

В нынешнее время Россия сталкивается с проблемами безопасности. Было установлено, что множество тоннелей не отвечают современным требованиям безопасности. Ниши, камеры и другие устройства безопасности – обязательны для устройства в автодорожных и железнодорожных тоннелях. Их устраивают на определенном расстоянии в шахматном порядке и с каждой стороны. В слабоустойчивых и трещиноватых скальных, а так же мягких грунтах для закрепления боковых откосов применяют подпорные стены, которые могут выполняться массивными из бетона или натурального камня. (Рис.3).

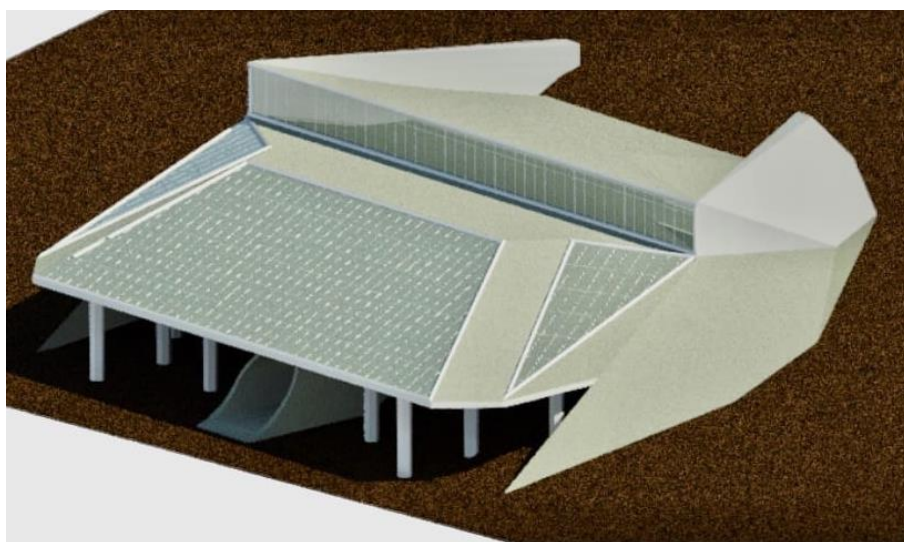


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Планирование строительных работ в различные сезоны года и организация строительства в целом в значительной степени определяются климатическими условиями района размещения объекта.

ПОВРЕЖДЕНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ СТАРОГО МОСТА ИМ. БЛОХИНА В ВИТЕБСКЕ И ИХ ПРИЧИНЫ

*Комович Владислав Леонидович, Мониц Анатолий Владимирович,
студенты 5-го курса кафедры «Мосты и тоннели»*

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Мойсейчик Е.А., докт. техн. наук, профессор)

Введение. Идея построить второй мост в Витебске под пешеходную, автомобильную и трамвайную нагрузки была впервые реализована в 1934г. Мост имел длину 326 метров, ширину проезжей части – 11 метров. Пролётное строение было устроено в виде металлической клёпаной неразрезной фермы 2х63 метра, высотой 6,5 м с параллельными поясами и железобетонным мостовым полотном. Опорные реакции фермы воспринимали бутобетонные опоры. В 1941 г. часть несущих конструкций пойменной части моста были взорваны (рис.1) и позже восстановлены немецко-фашистскими оккупантами. При отступлении врага в 1944 г. мост был заминирован. От разрушения его спасли саперы под командованием старшего сержанта Ф.Т. Блохина.



Рисунок 1 – Фрагмент моста 1941г

После войны мост был восстановлен. Позже деревянную проезжую часть заменили на железобетонную. В 1968 г. металлические пролетные строения были реконструированы в сталежелезобетонные. Состояние несущих конструкций моста периодически проверялось специализированными организациями (1953-54, 1954, 1964, 1968, 1980 г.г.). За предыдущие годы в несущих конструкциях моста накопились повреждения и дефекты, сохранились

военные «шрамы». Поэтому в конце 1980-х годов было принято решение о строительстве нового моста. В течение 1988-92 г.г. был выполнен полный цикл работ по проектированию и строительству нового моста (рис.2).

В дальнейшем рассмотрим повреждения моста по состоянию на 1980г.



Рисунок 2 – Современный вид моста им. Ф.Т.Блохина

Несущие конструкции моста в 1980 г.(рис.3). Русло Западной Двины перекрыто сталежелезобетонным ферменным пролетным строением 63x2 м . Стальные фермы запроектированы и изготовлены по нормам 1930-х годов под нагрузку Н-10, Т-11.5. В 1968г. произведено объединение железобетонной плиты проезжей части с верхними поясами ферм и предварительное напряжение нижних поясов ферм пучками арматурной проволоки. Опорные сжатые раскосы были усилены бетоном. Частично снижен вес проезжей части моста. Поперечная жесткость пролетных строений была повышена установкой дополнительных связей. Это дало возможность поднять класс моста по грузоподъемности до Н-18, НК-80.

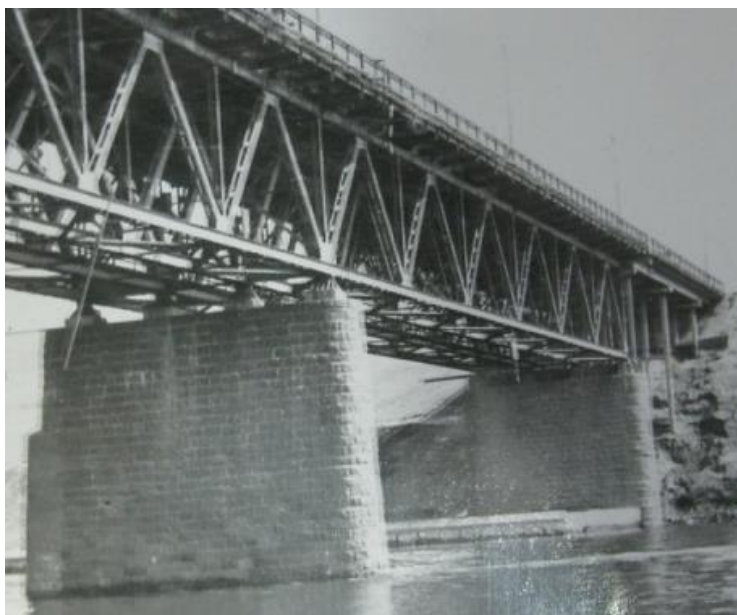
Главные фермы моста выполнены с параллельными поясами, треугольной решеткой с дополнительными стойками. Высота ферм 6.5 м, длина панели 5.25м. В поперечном сечении расположено 4 главных фермы с шагом поперек моста 3.6 м. Железобетонная плита проезжей части опирается на поперечные стальные двутавры №32, уложенные с шагом 1.75 м и опертые через центрирующие прокладки на верхние пояса главных ферм. Часть таких двутавров имеют консоли, на которые опираются тротуары. Верхний пояс ферм имеет П-образное сечение с верхним горизонтальным листом и планками понизу. Нижние пояса ферм имеют открытое составное сечение из швеллеров, соединенных планками. С шагом 1.75 м по обоим поясам установлены поперечные диафрагмы, повышающие жесткость поясов на кручение.

Решетка главных ферм состоит из раскосов и стоек. Раскосы выполнены из двух ветвей швеллерного сечения, соединенных планками. У средней опоры они имеют более мощное Н-образное сечение. Стойки скомпонованы двутавровыми из 4-х уголков. Средняя стойка дополнительно усилена листами. Соединения стержней в узлах фермы устроено на фасонках с заклепочными креплениями.

Диагональные и горизонтальные связи выполнены крестового сечения. Распорки верхних связей между основными узлами ферм и на опорах – двутаврового сечения из уголков и листов. Остальные распорки имеют тавровое сечение из 2-х уголков. Связи имеют узловое крепление на фасонках и заклёпках.

Левобережная и правобережная эстакады устроены из сборных балочных железобетонных пролетных строений.

Железобетонные пролетные балки опираются на металлические опорные части тангенциального типа. Опорные части русловых пролетов выполнены стальными литыми, подвижные – каткового типа.



а)



б)

Рисунок 3 – Русловые конструкции моста (а), опора железобетонной эстакады (б)

Повреждения несущих конструкций и их причины.

1. Дефекты, влияющие на долговечность конструкций. К таким дефектам можно отнести расстройство кладки опор и выпадение отдельных камней. В некоторых местах отсутствуют опорные части. Это ведет к сколам под соответствующими опорами железобетонных балок. Гидроизоляция пролетных строений выполнена некачественно. Вследствие этого наблюдаются подтеки, фильтрация воды через бетон, зоны выщелачивания, повреждения защитного слоя, понижение морозостойкости бетона, коррозия арматуры. Толщина защитного железобетонного слоя в ряде конструкций меньше требуемой

нормами, что ускорило коррозию рабочей арматуры и снизило долговечность несущих конструкций. Значительная фильтрация воды около водоотводных трубок привела к замачиванию плиты проезжей части и крайних балок пролетных конструкций эстакады. Коррозионные разрушения металла водоотводных трубок, их заглушка асфальтобетоном вызвали загрязнение верхнего пояса стальных ферм и ускорение коррозии металла стержней верхнего пояса, нарушение работы деформационных швов. Сильная фильтрация воды в тротуарных консолях эстакады ускорила разрушение защитного слоя и его разрушение в отдельных зонах.

Долговечность стальных конструкций речных пролетов снижена из-за отсутствия сплошного антикоррозионного покрытия (окраски).

2. Дефекты, влияющие на прочность, жесткость и устойчивость конструкций. Прежде всего, к снижению прочности и жесткости опор эстакадной части моста приводят многочисленные трещины в элементах рамных опор. К снижению несущей способности опор и пролетных строений привело и коррозионное ослабление сечения рабочей арматуры на участках с отсутствующим защитным слоем. Трещины с раскрытием до 0.5 мм в элементах балочной клетки проезжей части моста снижают прочность соответствующих конструкций. Ряд поперечных и косых трещин в плите проезжей части ослабили сопротивление плиты возникающим усилиям и ускорили возникновение проломов в плите. Снижение прочности и жесткости железобетонных балок пролетных строений обеспечили многочисленные поперечные и косые трещины в наиболее нагруженных зонах балок. Плита сталежелезобетонной части речных пролетов моста из-за длительного замачивания, ухудшения свойств бетона и коррозионного повреждения арматуры находится в предаварийном состоянии с возникновением трещин с раскрытием до 0.8 мм. Коррозия рабочей арматуры в тротуарных консолях рамной железобетонной части моста снизила их сопротивление расчетным нагрузкам, вызвало недопустимое раскрытие трещин (до 4 мм) и могло привести к разрушению соответствующих участков консолей.

Сечения несущих элементов стальных ферм поражены коррозией до 0.8 мм. Искривления связевых распорок (стрела выгиба – до 1.5 см) пролетных строений снижает их устойчивость.

Укладка новых слоев (без удаления старых) привела к возрастанию толщины асфальтобетонного покрытия до 15-21 см и соответствующему увеличению нагрузок на несущие конструкции моста, не предусмотренные проектом. Расстройство рельсового трамвайного пути (вследствие расслабления стыков рельсов) вызывает ударные воздействия на железобетонную плиту проезжей части и разрушение бетона, оголение арматуры.

Выводы.

1. Большинство дефектов, влияющих на долговечность несущих конструкций моста, являются следствием невысокой культуры технического обслуживания моста в стадии эксплуатации.

2. Неконтролируемое повышение нагрузок и воздействий на несущие конструкции моста в процессе эксплуатации, уменьшение рабочих сечений стальных элементов конструкций вследствие коррозии привело к снижению прочности, жесткости пролетных строений моста и опор, а начальный изгиб сжатых стержней – к снижению критической силы. Эти же причины вызвали образование многочисленных трещин в железобетонных конструкциях моста.

3. Решение о строительстве нового моста в течение 1988-92 годов представляется технически обоснованным.

4. Повышение культуры эксплуатации несущих и др. конструкций моста могло бы значительно увеличить срок службы моста.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В КАНАДЕ

*Корень Александр Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках заданной работы было выбрано 2 населенных пункта в Соединенных Штатах Америки. Сделав вывод их месторасположение, геологический характер местности, Проложив тоннель и оборудовав его порталом можно улучшить движение между городами и сократить время передвижения.

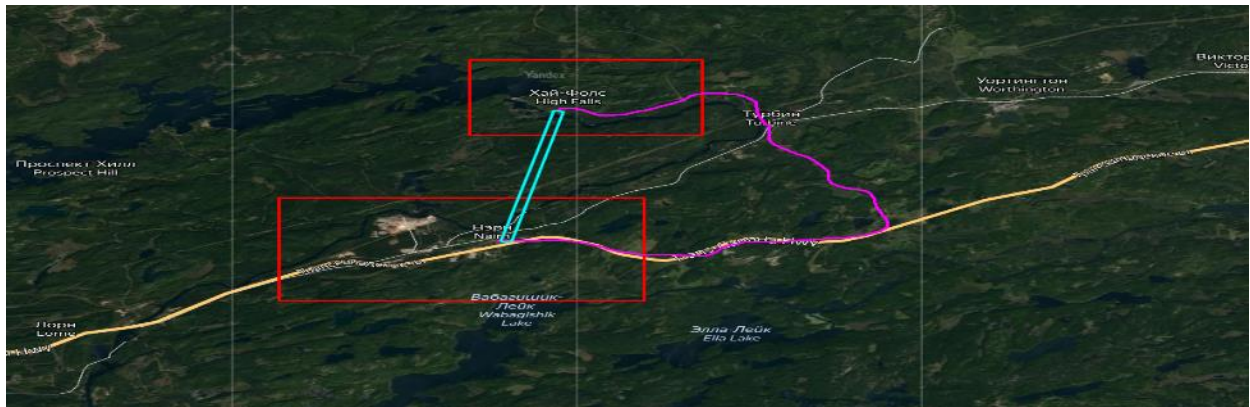


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

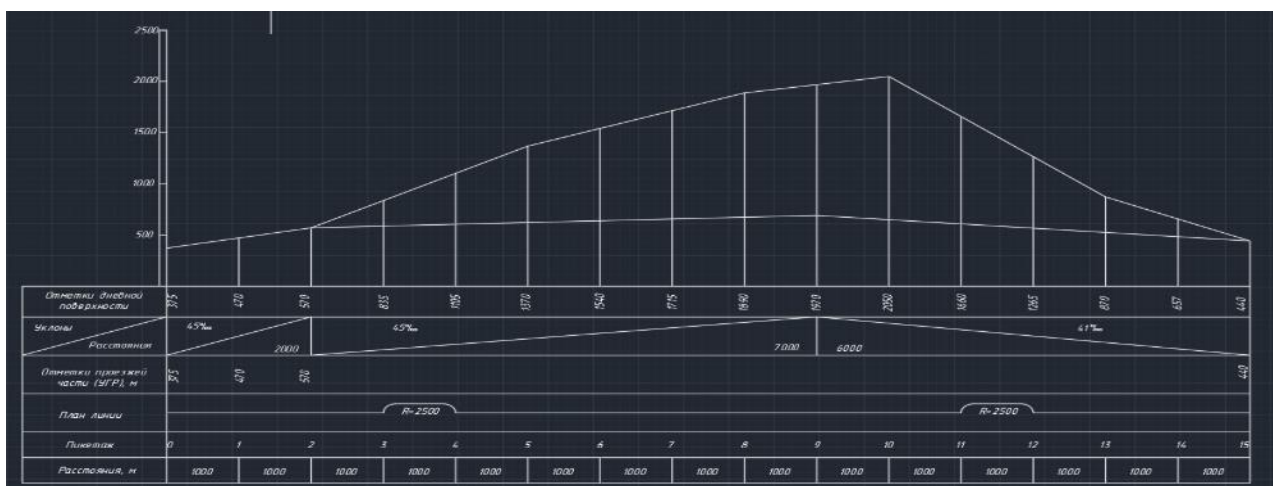


Рисунок 2 – Профиль участка линии

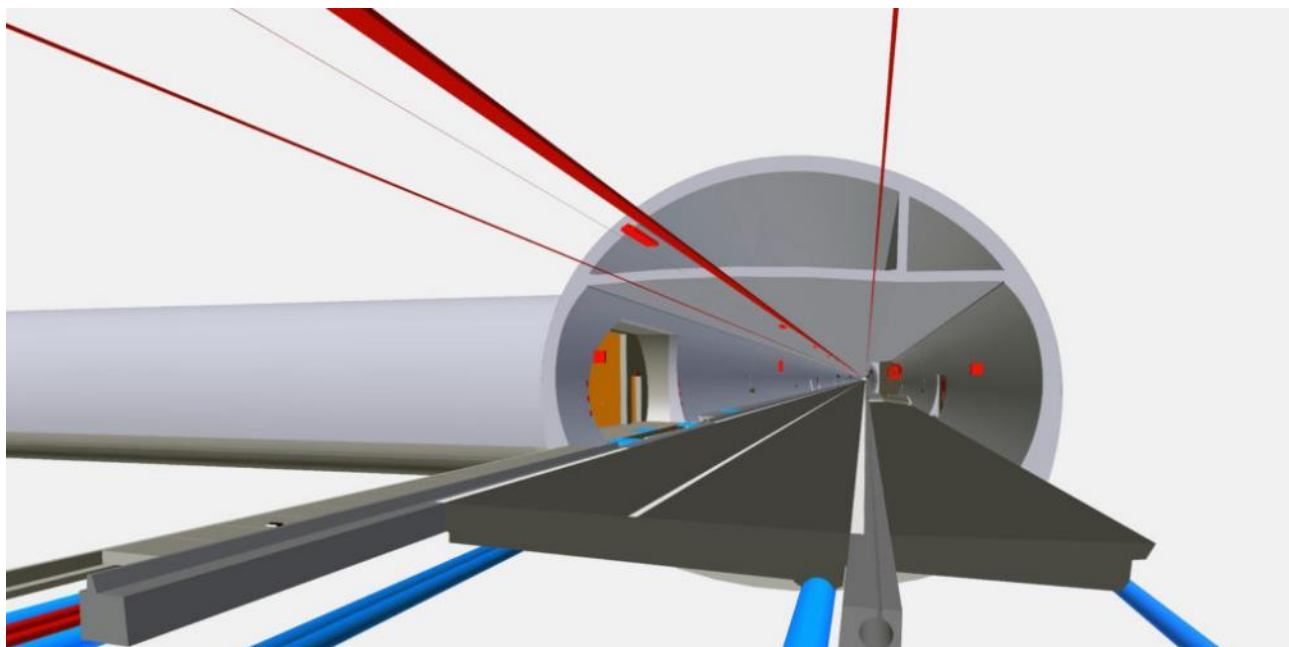


Рисунок 3 – Модель портала

Длина тоннеля будет составлять 15 км. Проектирование тоннеля началось с изучения рельефа местности, а также геологических особенностей почвы и горных пород.

Он создан по всем проектировочным нормам, имеет вентиляцию и систему отвода лишних вод.

Тоннель не имеет значительных недостатков и прост в сооружении.

Целью тоннеля является: сокращения времени и расстояния между городами. Также одной из главных целей данного тоннеля является разгрузка от транспортного потока соседних развязок и городов.

Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
2. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.
3. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ГЕБИ-ГАРИ (ГРУЗИЯ)

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

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

В объеме данной работы, было выбрано два населенных пункта в Грузии Геби-Гари(Рис.1). Рельеф местности усложняет передвижение из пункта А в пункт Б. Проложив тоннель можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.

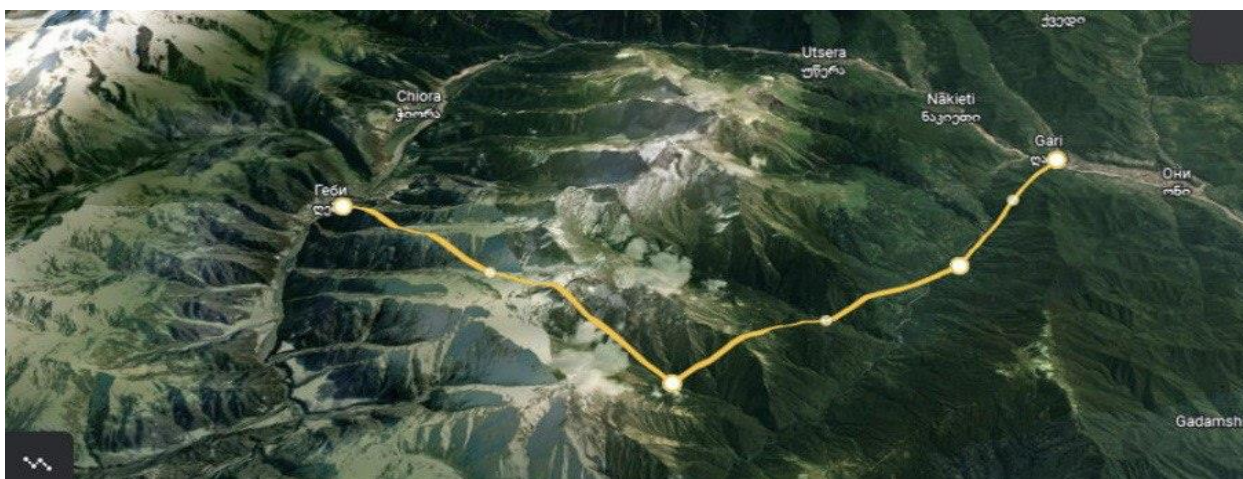


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

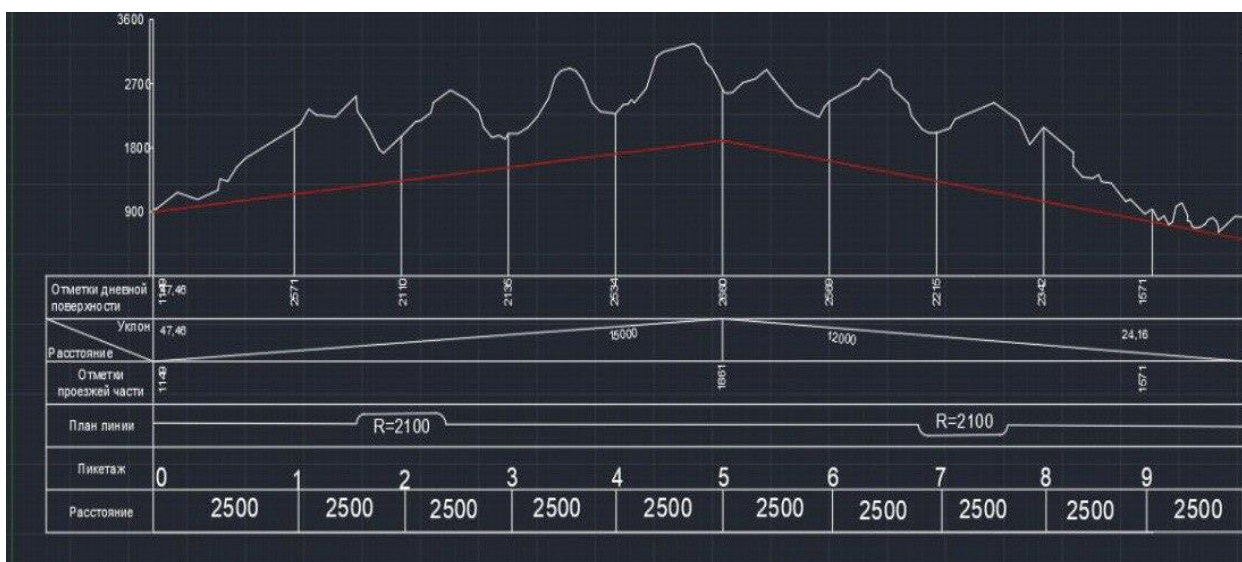


Рисунок 2 – Продольный профиль

На входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3) Портал представляет архитектурное решение, рядом с которым будут размещаться системы, необходимые для полного функционирования тоннеля. В зданиях будут находиться объекты логистического социального назначения (рестораны быстрого питания, фудкорт, логистический центр, парковка).

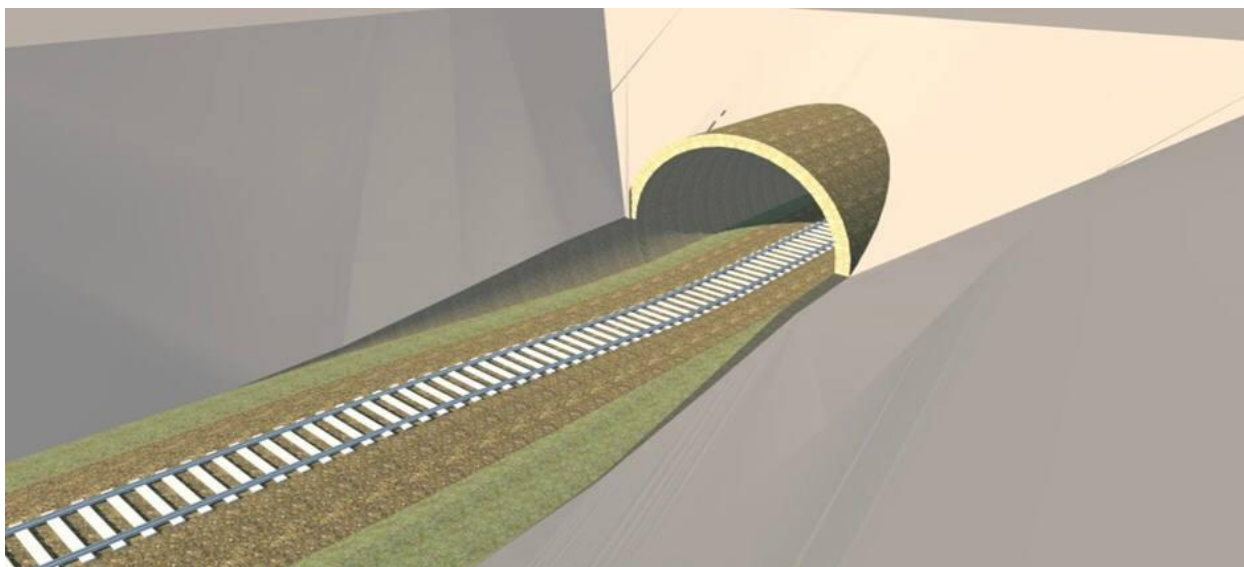


Рисунок 3 – Общий вид портала

Длина тоннеля составляет около 25 км. Это сооружение отвечает современным нормам: отопление, вентиляция, освещение, водоснабжение. Благодаря тому что железнодорожный тоннель двускатный ему не грозят потопаы и затопления. Данные об отметках дневной поверхности получены со спутника (Рис. 2). Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, огнестойкости.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

ТОННЕЛЬ В КАНАДЕ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ПЕНЗ И РЕДЖАЙНА

*Кохановская Виктория Эдуардовна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы были выбраны два города в Канаде – Пенз и Реджайна. Тоннель автодорожный, его протяженность составит 29 километров.

Цель разработки данного тоннеля – уменьшение затрат времени нахождения людей в пути между городами.

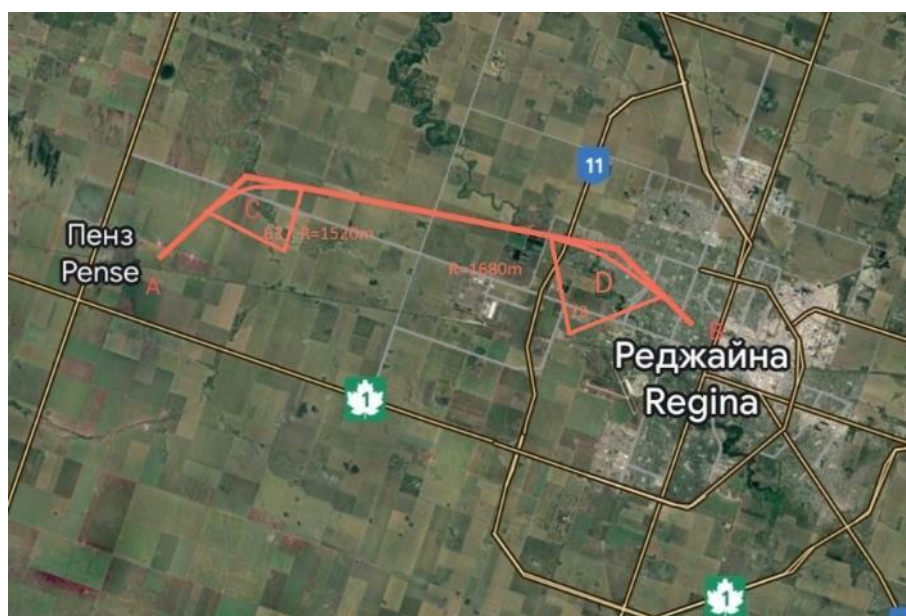


Рисунок 1 – Координаты тоннеля

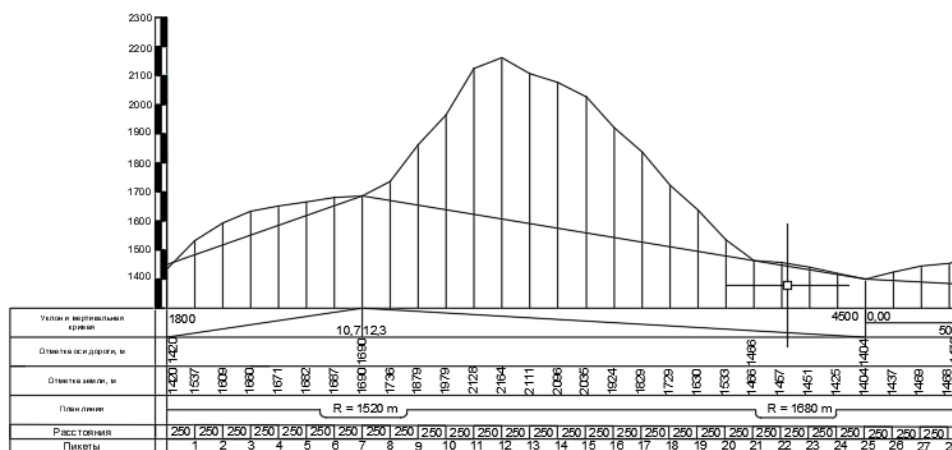


Рисунок 2 – Продольный профиль дороги

С помощью спутниковых систем были получены отметки поверхности земли и построен продольный профиль дороги. Тоннель разработан по всем нормам: он имеет вентиляцию, освещение, оно выполнено в готическом стиле, устройство по отводу вод и комплекс по предотвращению аварийных ситуаций.

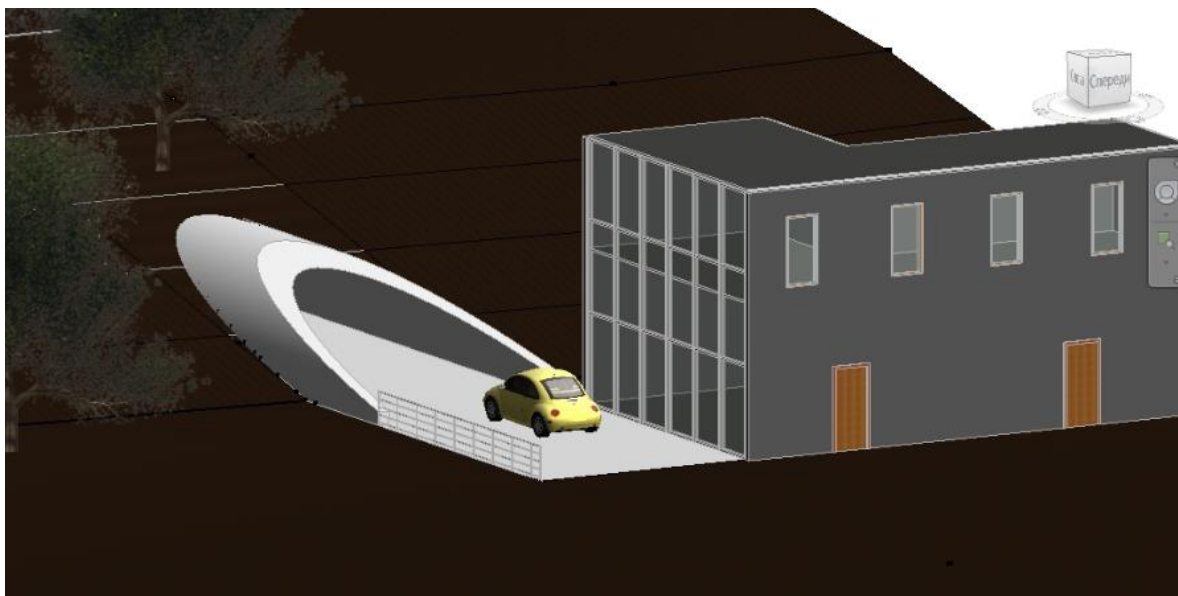


Рисунок 3 – Модель портала

Автомобильный тоннель спроектирован в один ярус. Имеет две полосы движения в противоположных направлениях.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автомобильных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРВОГО ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ ЕНИСЕЙ

*Краснощечкий Александр Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Далекий 1895 год... Сибирь... Необъятные глазом воды Енисея-батюшки, самой многоводной реки Российской империи. Именно в этом году на этой реке началось строительство «царского» моста, первого железнодорожного моста через Енисей.

«Царский» мост – детище профессора Императорского технического училища Лавра Проскурякова, именно он четыре месяца вынашивал свой грандиозный, даже по нынешним меркам, проект.

Всего лишь три года работы, более десяти тысяч человек, русские строители, мастера из Италии, а над всем этим зоркий глаз второго отца «царского» моста через Енисей Евгения Кнорре, инженера-техника, выпускника Берлинской технической школы и Цюрихского политехнического техникума.

Первый мост через Енисей поражал своим величием. Он был действительно уникален. Инженер Кнорре не первый раз занимался строительством мостов, но именно здесь, в Сибири, он придумал несколько интересных методов инженерии.

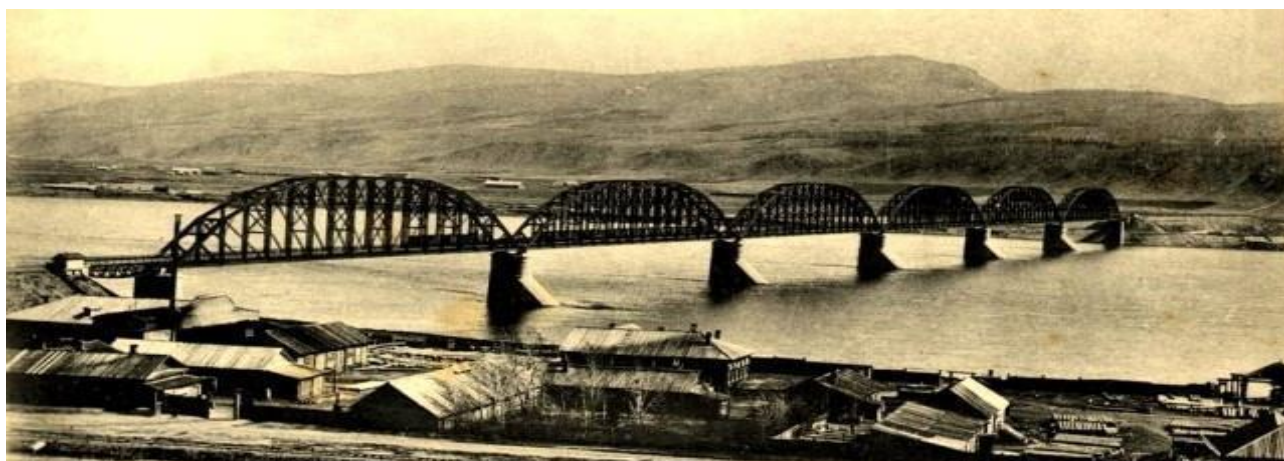
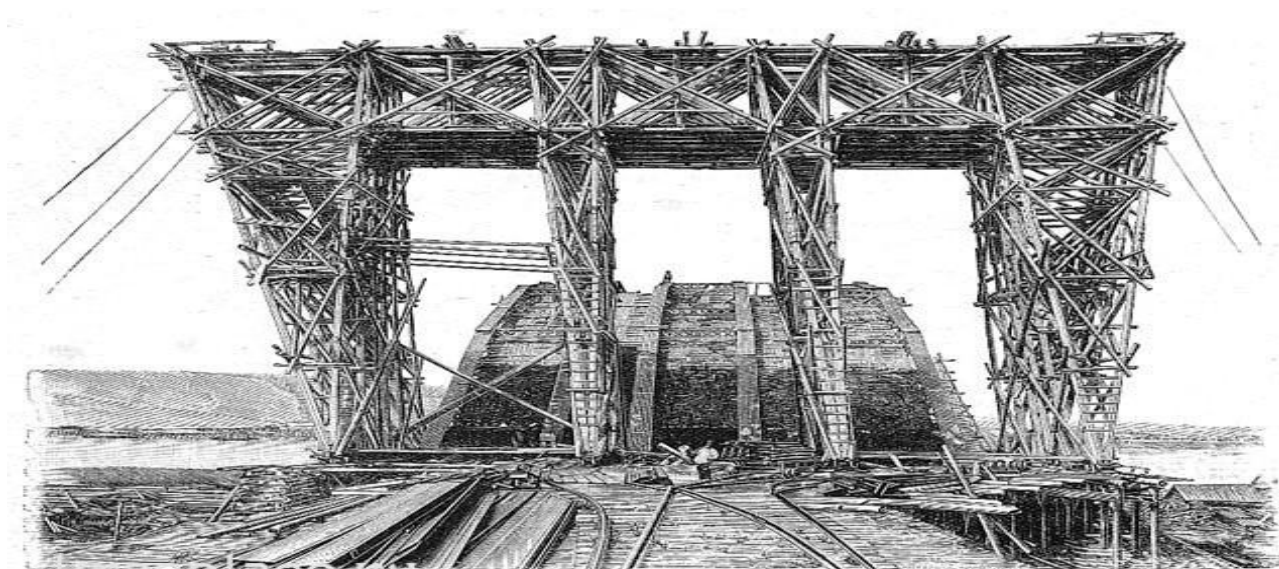


Рисунок 1 – Первый мост через Енисей

Работы проводились зимой, река была скована льдом, как строить мост? На берегу собирались многотонные конструкции-фермы из железа, и уже только после сборки они продольно надвигались на опоры в реке.

Там же, на берегу, находились шалаши-кузницы, в которых опытные мастера ковали железные заклепки. Они нужны были для соединения металлических пролетов моста, ведь в работе не использовался ни один болт. В этом еще одна уникальность «царского» моста.



Постройка моста через р. Енисей на Сибирской жел. дор. Деревянный подвижной крань.

Рисунок 2 – Сборка железных пролетов

Для облицовки опор моста использовали гранит, добываемый на берегах Бирюсы. Приглашенные из Италии мастера-каменотёсы занимались обтёсыванием.

Енисей – полноводная река, имеющая многометровую глубину. Как соорудить опоры моста там, на глубине? Железо для изготовления свай с Урала приходило с опозданием... И тут опять помогла смекалка Евгения Кнорре. Сваи для опоры моста под водой стали сооружать из дерева! Причем, своей прочностью они ничуть не уступали металлическим!

Март 1899 года... Детище Проскурякова и Кнорре готово. Длина первого моста через Енисей один километр, ширина пролетов больше 140 метров, высота металлических ферм-конструкций 20 метров – поражающие в то время цифры! Для тогдашней России такие показатели были запредельно-нереальными. Появились скептики: проект стали называть опасным, «царскому» мосту предвещали скорую гибель, мол, пролеты и фермы не выдержат первого серьезного ветра, а нет, так сломаются под весом самого моста...

Провели испытания моста. Вначале на него загнали два поезда, каждый из четырех паровозов и шести вагонов которых нагружены рельсами. Затем по

мосту с огромной скоростью прошли два паровоза с 23 платформами с рельсами. Мост выдержал испытания.

Торжественное открытие первого железнодорожного моста через реку Енисей состоялось 28 марта 1899 года.

«Царский» мост простоял больше века и, вопреки прогнозам скептиков, выдерживал нагрузки поездов разных времен, разных весовых категорий. В середине 1970-х гг., когда страна стала гигантской строительной площадкой, по нему проходило до 120 пар поездов в сутки. Оправдались слова Кнорре о заложенной в мост прочности.

Величайшее достижение строительной мысли того времени, выдающийся памятник инженерного мастерства, первый железнодорожный мост через Енисей прекратил свое существование в начале 21 века, но до сих пор в определенных научных кругах вспоминают это грандиозное строение.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ В МОНГОЛИИ

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

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

Задачей данной работы является проектирование автомобильного тоннеля между двумя городами. Целью строительства является значительное сокращение времени в пути. Для решения данной задачи были выбраны 2 города в Монголии – это город Цээл и Жаргалант. Объездная дорога составляет 78 км, что при безопасной скорости движения составит около 1ч 31 минуты поездки за рулем, за это время можно посмотреть футбольный матч. Предлагаем проект автомобильного тоннеля позволяет сократить расстояние до 42 км, а также время в пути до 28 минут.

На рис.1 видно расположение городов. Проложив тоннель напрямую и оборудовав его порталом, можно в разы сократить время передвижения между двумя городами. Грамотный портал тоннеля станет новой достопримечательностью как одного города, так и другого.

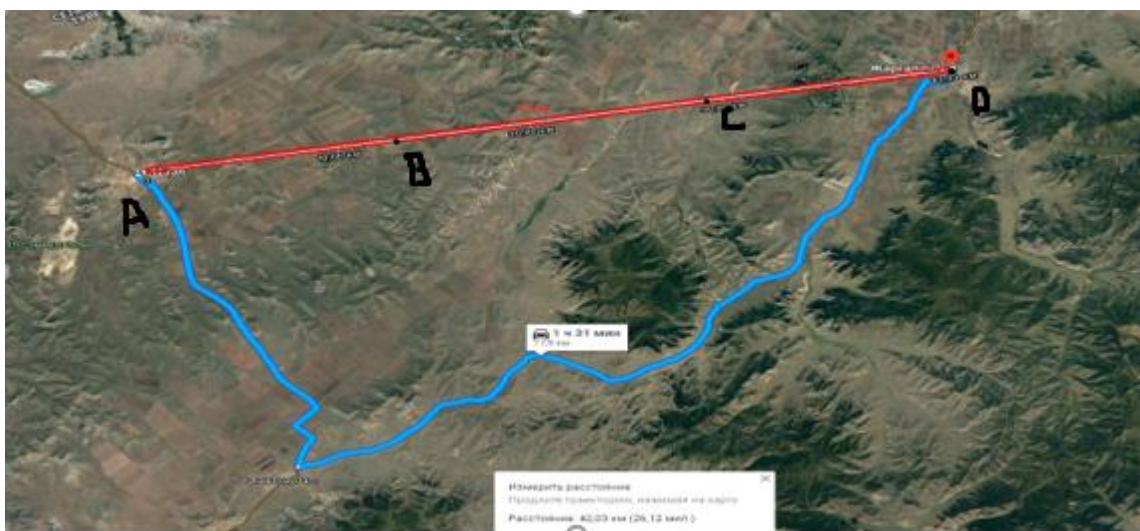


Рисунок 1 – Предполагаемый путь тоннеля (красная линия – принятая трасса, синяя линия - объездной путь). Рельеф местности

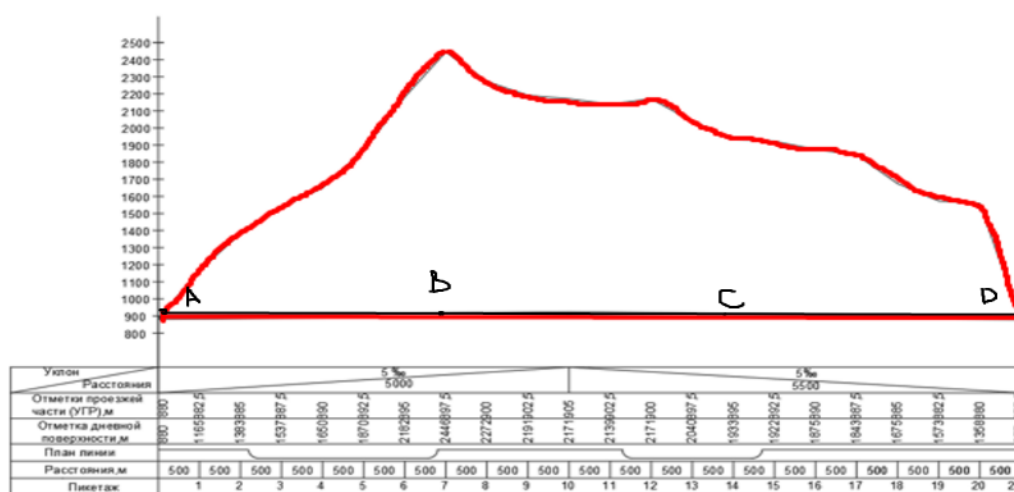


Рисунок 2 – Трассировка и продольный профиль местности

Проектирование тоннеля началось с изучения рельефа местности рис.1, а также геологических особенностей почвы и горных пород. Длина тоннеля будет составлять 42 км. Что на безопасной скорости в 90 км/ч позволит автолюбителям добраться до соседнего населенного пункта всего за 28 мин. Что сокращает время объездного пути в 3 раза. Рельеф местности горный, породы очень крепкие и прочные, нет болотистой местности. Что обеспечивает максимальную устойчивость тоннеля. Климат с недостаточной влажностью, предотвращает сильное возникновение сырости бетона, сохраняя его долговечность. За счет особенностей рельефа тоннель дважды будет выходить из горы, что в то же время сокращает средства для строительства данного участка автомобильной дороги. В проекте тоннеля присутствует вентиляция, также свет, работающий от солнечных панелей, карманы для аварийной остановки автомобилей.



Рисунок 3 – Предполагаемый вид тоннеля. Выполнен в программе Revit

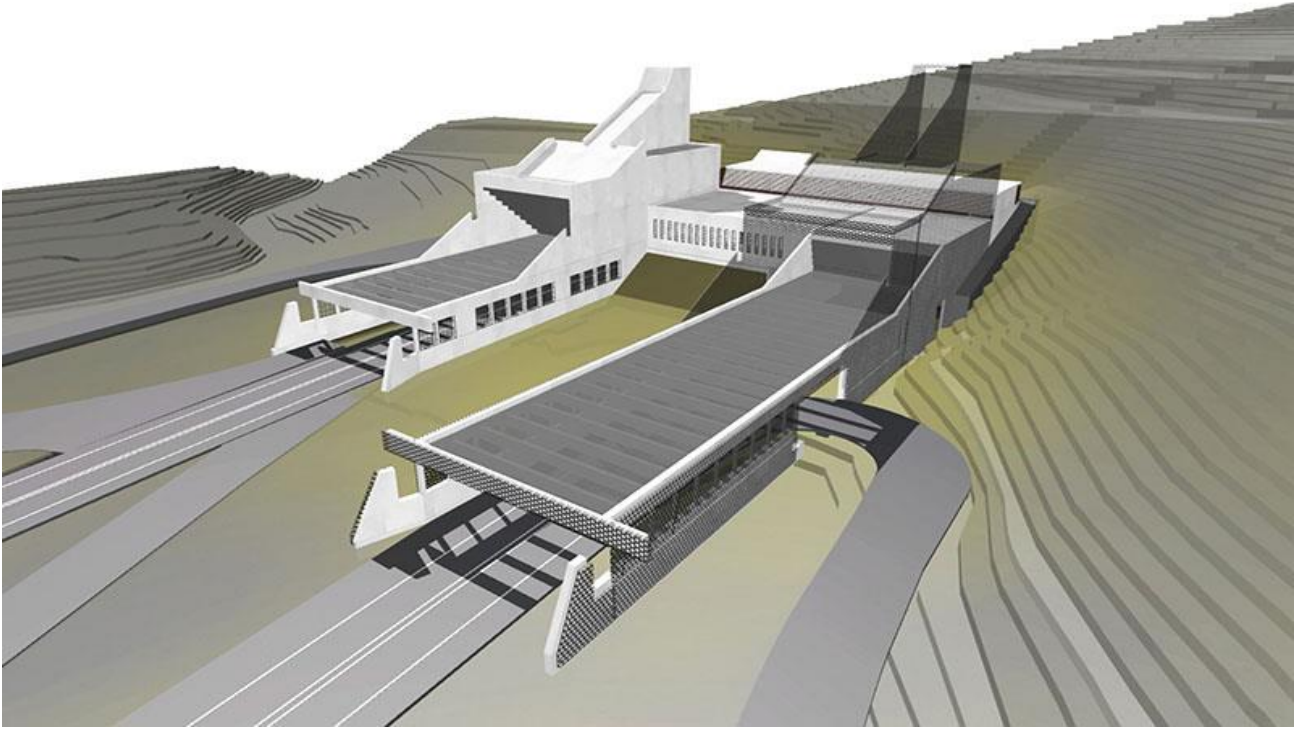


Рисунок 4 – Портал тоннеля

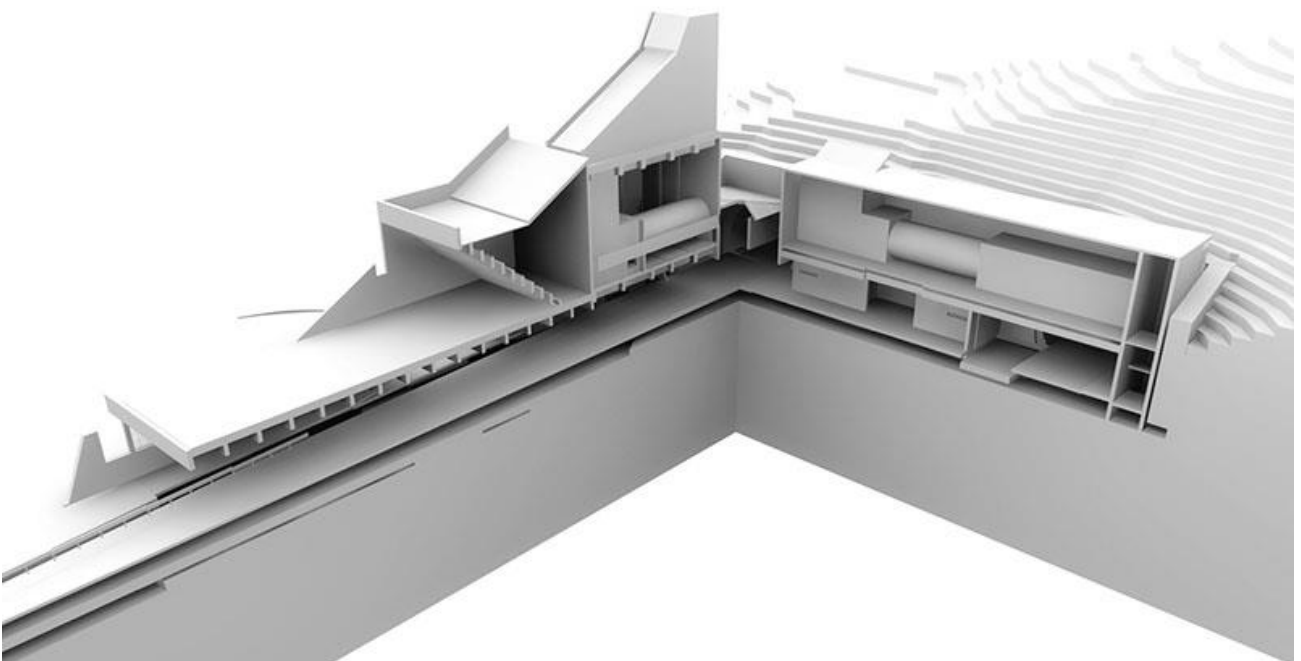


Рисунок 5 – Разрез портала

Портал тоннеля обеспечит благоприятный внешний вид, а также функциональность тоннеля. Рядом с порталом присутствует кафе, биотуалет, парковочная зона. Которая способствует получению дохода на обслуживание тоннеля, а также делает тоннель особенным. Ведь такие хот-доги только тут...

Тоннель не имеет значительных недостатков и прост в сооружении. Исходя из условий рельефа – это идеальный вариант сооружения транспортной дороги.

Литература:

1. Колокова Н.М., Копац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
4. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
5. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

ТОННЕЛЬ В ЮЖНОЙ КОРЕЕ

*Кузьмич Диана Вячеславовна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение железнодорожного тоннеля выбрано в Корее. Тоннель пролегает между горами в провинции Сунчхон (Рис. 1).

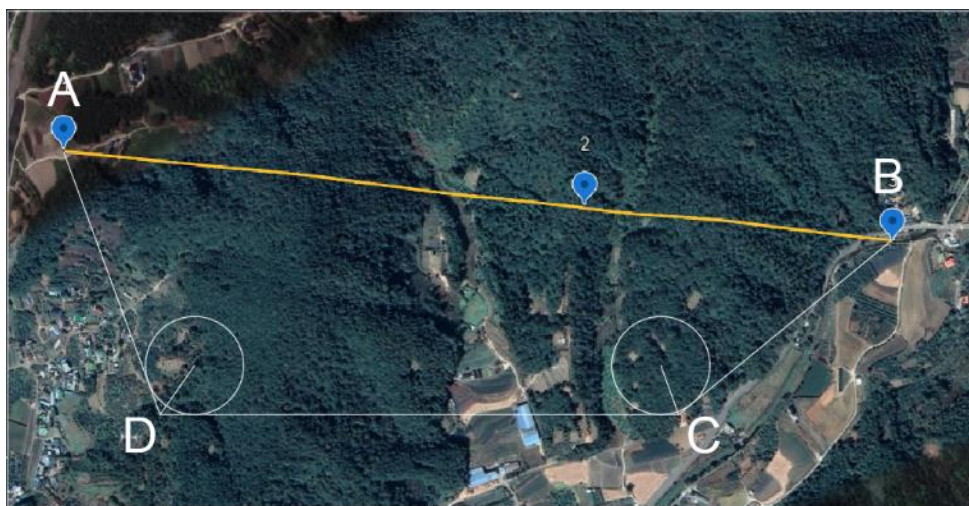


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

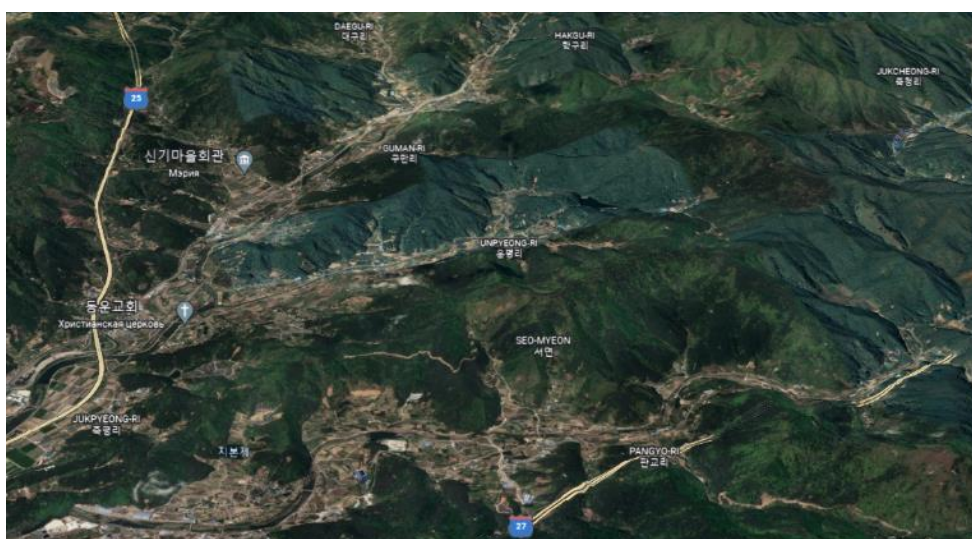


Рисунок 2 – Рельеф местности



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Южная Корея сталкивается с серьезной проблемой в развитии транспортной инфраструктуры между своими быстро растущими городами.

Поскольку 70% ее суши классифицируется как пересеченная местность, неудивительно, что метод "straight line" был преимущественно принят в Южной Корее для создания туннелей и мостов, используемых для автомобильного и железнодорожного строительства. Учитывая доминирующее присутствие гранитной и известняковой породы, бурение и взрыв, естественно, стали предпочтительным методом продвижения туннеля.

Однако в последние годы такие методы получили широкое развитие, о чем свидетельствует строительство железнодорожной линии Кен-Чун, которая обеспечивает полную двухпутную связь между южнокорейским городом Чхунхон и столицей Сеула.

Есть несколько хороших показателей того, где электронные взрывные системы могут принести пользу проходческим бригадам в Южной Корее в будущем. Измерения проводились в производственных условиях. Это значит, что не было никакого специального контроля за точностью бурения.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ ТЕБЕРДА-УЧКУЛАН

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в России. Тоннель пролегает между городами Теберда и Учкулан (Рис. 1).



Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

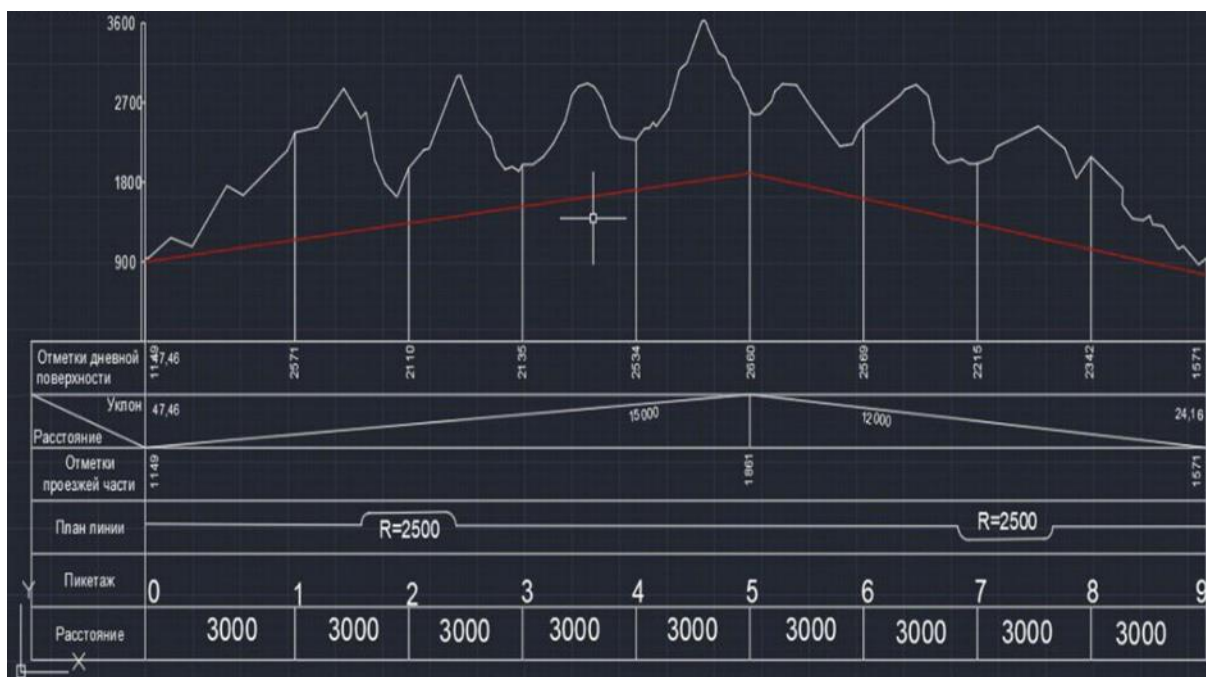


Рисунок 2 – Рельеф местности



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Ряд автомобильных туннелей в России сталкивается с проблемами безопасности. Было установлено, что множество туннелей не отвечают современным требованиям безопасности.

Необходима модернизация этих туннелей таким образом, чтобы они отвечали требованиям безопасности, сейчас это необходимо рассмотреть надзорным органом, правительство должно расставить приоритеты в работах по безопасности.

Программа благоустройства автомобильных туннелей уже ведется, но работы по модернизации займут несколько лет.

Sovik подчеркивает, что тяжелые транспортные средства особенно выделяются в российской статистике пожаров, особенно для туннелей высокого класса. Было установлено, что технические неисправности в тяжелых транспортных средствах являются причиной пожаров более чем в два раза чаще, чем в легких транспортных средствах. Кроме того, 40% всех пожаров в туннелях в стране происходят в туннелях с уклоном более 5 процентов.

ПОДЗЕМНЫЙ ТОННЕЛЬ ПОД ФИНСКИМ ЗАЛИВОМ

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гречухин В.А., канд. техн. наук, доцент)*

Аннотация:

В статье будет рассмотрен подземный автодорожный тоннель, расположенный в акватории Финского залива (Рис. 1).



Рисунок 1 – Тоннель

Подводный автодорожный тоннель находится под судопропускным сооружением С-1, который является составной частью Комплекса защиты Санкт-Петербурга от наводнений. Насыпная дамба КЗС длиной 25,4 км расположена в акватории Финского залива. Дамба обеспечивает защиту города от наводнений, а также является участком Кольцевой Автомобильной Дороги вокруг Санкт-Петербурга (КАД).

Тоннель имеет длину 1961 метр, он включает участок под землей, имеющий длину 1189 метров и два рамповых участка длиной по 386 метра каждый, при этом самая низкая точка его расположена на отметке 28 метров.

Поперечное сечение тоннеля представляет собой пятипролетную раму, ширина которой достигает 42 метра, а высота до 10 метров. Габариты поперечного сечения тоннеля обеспечивают пропуск 6 полос движения

автотранспорта в 2 направлениях по 3 полосы в каждом, разделяющиеся между собой средним служебно-эвакуационной. Ширина транспортного отсека равна 15,25 метра. Транзитные коммуникации проходят по 2 кабельным отсекам.

Его строительство началось в 1988 году, но с 1993 по 2003 года было приостановлено. Открыт тоннель был 12 августа 2011 года.

Литература:

1. TRANSPORT.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.transmost.ru/projects/tonneli/tonnel_c1_kzs/ – Дата доступа: 07.05.2022.
2. Информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://coralreef-aqua.ru/tonnel-kronshtadt-pod-vodoy-glubina/>. – Дата доступа: 07.05.2022.

ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ ВО ФРАНЦИИ

*Кулаго Юлия Владимировна, Кохановская Виктория Эдуардовна,
студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы были выбраны два города во Франции – Париж и Версаль.

Сделав анализ их месторасположение, а также геологический характер местности, было принято решение разработать одноярусный автодорожный тоннель.



Рисунок 1 – План автодорог Париж-Версаль

Расстояние между городами составляет 21 километр.

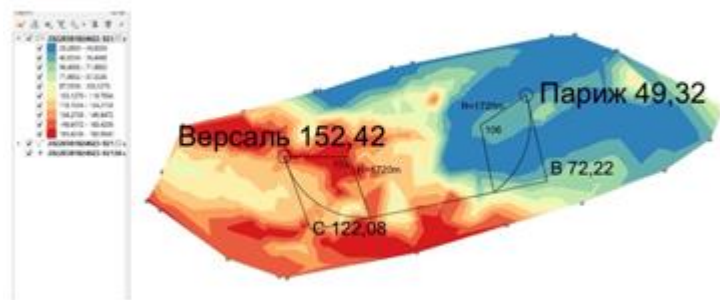


Рисунок 2 – Запроектированный тоннель

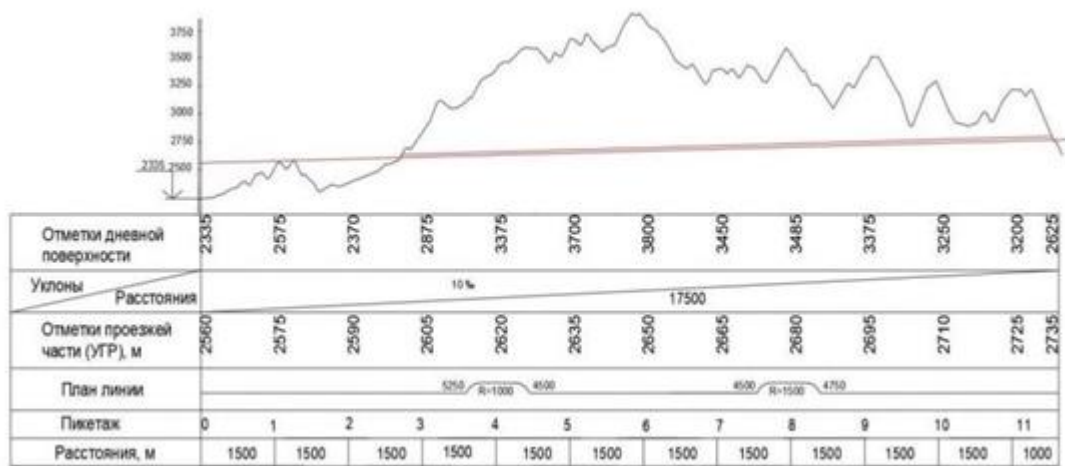


Рисунок 3 – Продольный профиль дороги



Рисунок 4 – Модель портала

В случае нашего тоннеля, он является достаточно протяженным, для устранения аварий, вынужденной остановки, когда транспортное средство

неисправно либо в случае ЧС, при которых подвергаются опасности человеческие жизни, применяют технологию установления специальных камер. Размеры этих камер должны соответствовать размеру автомобиля, с целью возможности разместить в ней автомобиль. Они также могут использоваться автомобилем для совершения маневра в случае необходимости, для укрытия людей, а также для размещения в них необходимого оборудования.

Литература:

1. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
2. Гринкевич, И. В. Проект автодорожного тоннеля в Греции [Электронный ресурс]: материалы 76-й студенческой научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2020.

TIMBER BRIDGE IN GULOU WATERFRONT

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

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

Luo Studio завершила сложный проект деревянного моста, который в значительной степени вдохновлен традиционным китайским архитектурным стилем, но также имеет некоторые современные решения (Рис.1). Проект одновременно служит крытым переходом и смотровой площадкой в сельской местности Китая.



Рисунок 1 – Деревянный мост в набережной Гулоу

Деревянный мост на набережной Гулоу расположен на культурном курорте в городе Цзянмэнь, провинция Гуандун. Его длина составляет 25 м (82 фута), а его внутренняя площадь составляет 166 кв. м (1786 кв. Футов). Строительство по проекту началось в марте 2021 года и было завершено в январе 2022 года.

Хотя стиль сооружения отсылает к прошлому, его современные решения являются отличным дополнением и включают в себя стеклянные окна в крыше для максимального проникания дневного света внутрь (есть также освещение, установленное для темного времени суток), а также алюминиевые пластины снаружи, которые расположены под углом для защиты интерьера от солнца и дождя, при этом обеспечивая естественную вентиляцию (Рис. 2).

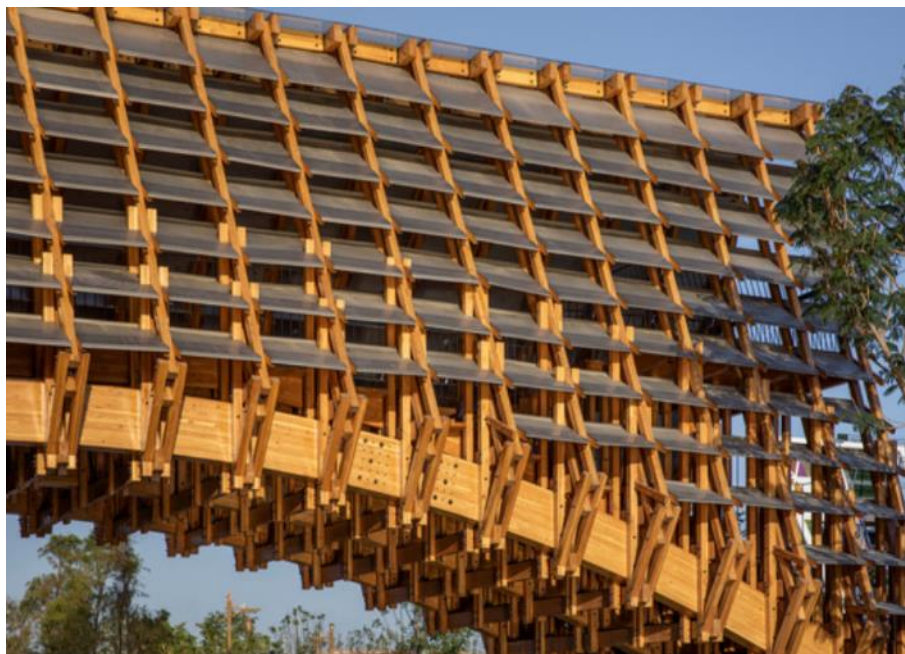


Рисунок 2 – Алюминиевые пластины

Внутри самого моста посетители могут воспользоваться лестницами, ведущих на смотровые площадки (Рис.3). Кроме того, мост имеет арочную форму для обеспечения прохода рыбацких лодок.

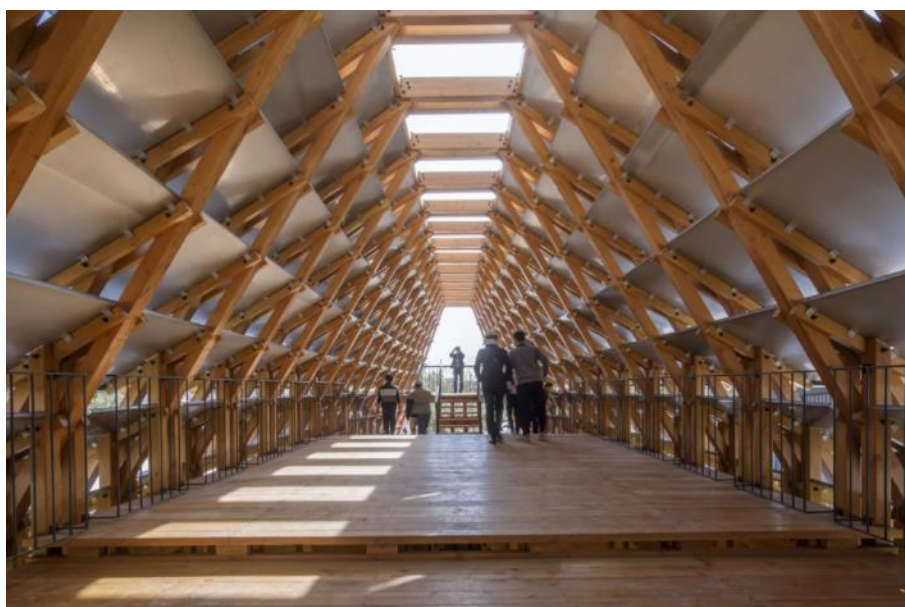


Рисунок 3 – Смотровая площадка

Конструктивно мост поддерживается тремя несущими деревянными арочными балками. Основным строительным материалом, используемым во всей конструкции, является сосна.

Строительство крытого коридора на мостах было старой традицией, отсылающая нас к эпохе Сражающихся царств. «Первоначальный замысел состоял в том, чтобы укрепить конструкцию моста, противостоять дождю и влаге, сохранить древесину сухой и предотвратить ее коррозию. Крытый коридор повышает общую устойчивость конструкции и защищает арочные деревянные конструкции внизу от воздействия солнца и дождя.

Деревянный мост на набережной Гулоу был создан в рамках инициативы правительства по оживлению этого района. Оно стремится смягчить эффект быстрой урбанизации страны, оживляя небольшие деревни, в результате чего многие инновационные и смелые проекты реализуются в сельской местности.

Литература:

1. New Atlas. Beautiful timber bridge puts modern spin on traditional Chinese design [<https://newatlas.com/architecture/timber-bridge-gulou-waterfront/>]: SumProject. — «электрон. дан. — Опубликовано 28.02.2022.

ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ

*Лахнов Даниил Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Швейцарии. Тоннель располагается между городами Лекко и Морбеньо (Рис.1).

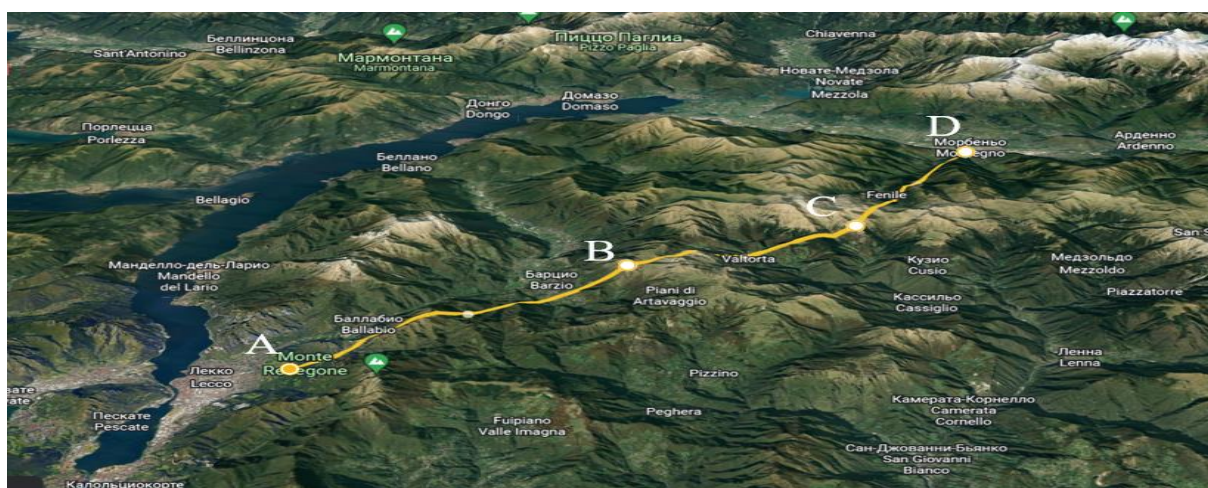


Рисунок 1 – Трассировка тоннеля и рельеф местности

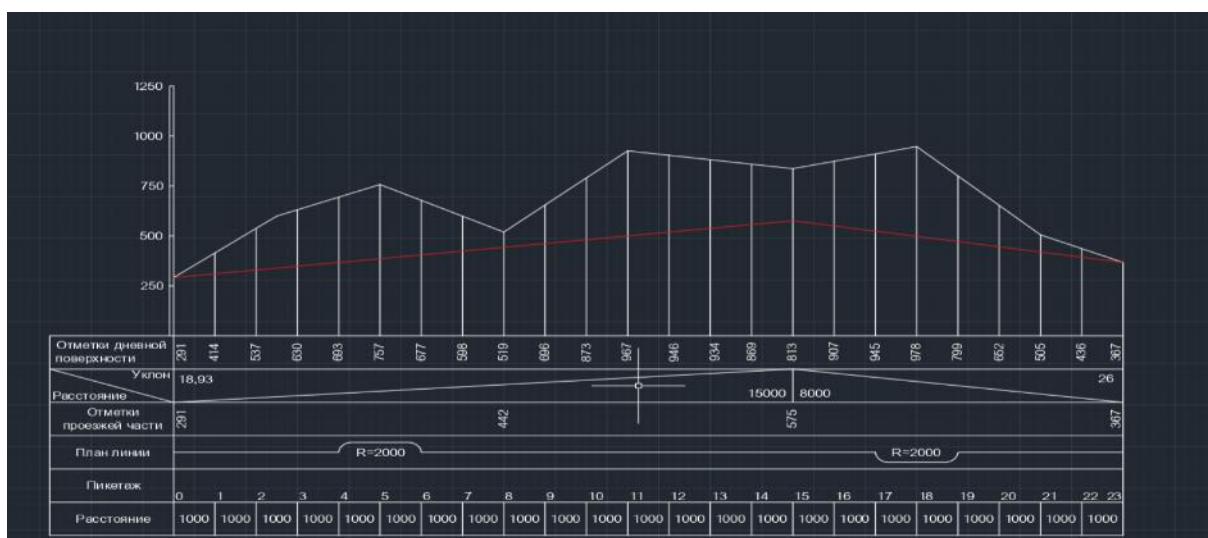


Рисунок 2 – Продольный профиль

Представлен проект автомобильного тоннеля в Швейцарии. Длина тоннеля составила 23 км.

Тоннель разработан в соответствии со всеми современными нормами: водоотводные и, вентиляция, электроосвещение, электроснабжение, электрооборудование, дренажные устройства автоматика, сигнализация, связь.

С помощью специальной программы Google Earth было получено изображение рельефа местности, где можно увидеть и трассировку тоннеля (рис. 1). Также построен продольный профиль тоннеля, где указан план линии, уклоны, отметки проезжей части, отметки дневной поверхности, пикетаж и т.д. (рис. 2).

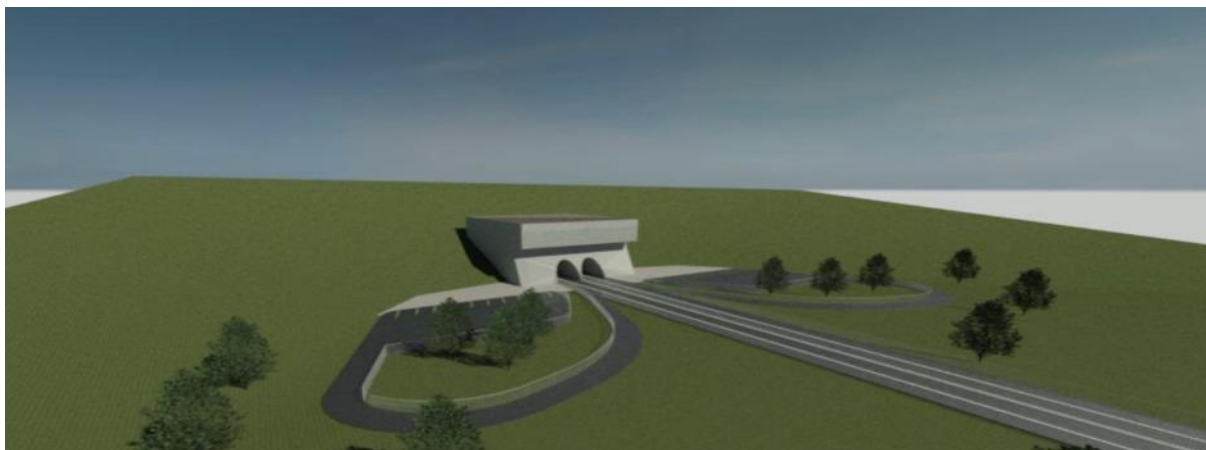


Рисунок 3 – Общий вид

На входах-выходах из тоннеля были запроектированы порталы. Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, предусматривающее возведения зданий, рядом с наземной частью тоннеля, в которых размещается всё необходимое для полного функционирования подземной магистрали. (Рис. 3)

Материалы, используемые при строительстве должны отвечать требованиям огнестойкости, долговечности, прочности и устойчивости воздействия микроорганизмов и химической агрессивности грунтовых вод.

Литература:

1. Проектирование тоннеля, сооружаемого горным способом - https://knowledge.allbest.ru/construction/3c0a65635b3ac78b4c43a89421206c26_0.html;

АВТОМОБИЛЬНЫЙ МОСТ ЧЕРЕЗ ЗАПАДНУЮ ДВИНУ В ГОРОДЕ ПОЛОЦК

*Лихота Савелий Игоревич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Автомобильный мост на улице Юбилейной в городе Полоцк был построен 30-х годах XX века. Помимо основной функции – соединение двух частей города через р. Западная Двина, в военные годы мост мог бы выполнять и ещё одну немаловажную задачу. В случае разрушения основного железнодорожного моста, по автомобильному прокладывают железную дорогу для пропуска эшелонов по нему. Этому способствовала его конструкция, состоящая из металлических ферменных пролётов, которые имели большую прочность, и массивных опор. Мост имел важное стратегическое значение и был нужен целым как советским, так и немецким войскам. Однако, вечером 15 июля 1941 года, в ходе отвода советских войск из города, сапёры взорвали несколько пролётов моста и оставили немцев ни с чем.

После войны мост был восстановлен и снова стал соединять две части Полоцка. Разрушенные ферменные пролёты были заменены на железобетонные.



Рисунок 1 – Мост через Западную Двину в Полоцке, 2014 г

После долгих лет эксплуатации было принято решение провести ремонт: 8-ми метровая проезжая часть стала обретать колеи, а ферменный пролёт, хоть и имел высокий запас прочности, не подходил ещё по одному критерию. Его высота не соответствовала высоте большинства грузовых автомобилей. Местные жители не раз наблюдали, как грузовики цепляли козырьком арку фермы.

В октябре 2019 года мост был закрыт. Запланированный капитальный ремонт моста после детального осмотра основных узлов перерос в полноценную реконструкцию. Стоимость работ изменилась с 12 млн.руб. до 35 млн.руб. Корректировка проекта велась сотрудниками ООО «Экомост» по ходу строительства. Генеральным подрядчиком выступило крупнейшее специализированное строительное предприятие - ОАО «Мостострой».

В ходе работ мост расширили за счёт изменения количества балок в пролёте, что позволило устроить проезжую часть шириной 9 метров. По одной стороне моста проложили тротуар шириной 1.5 метра, а по другой вместили ещё и велодорожку. Было уложено 27 новых пролётных балок: 9 по 22 метра и остальные по 33. Масса их составляет от 20 до 60 тонн. Своеобразный «позвоночник» длиной 256 метров на одном из пролётов переходит в ферму. Этот пролёт так же заменили на новый. За счет уширения проезжей части масса пролёта так же возросла и составила 540 тонн. Завершающая стадия монтажа фермы представлена на фото.



Рисунок 2 – Монтаж ферменного пролёта

Мост украшен ажурным перильным ограждением, на котором размещены золотистые медальоны с гербом Полоцка и годом первого упоминания в летописи – 862.



Рисунок 3 – Перильное ограждение

При въезде на мост из центра города на пересечении улиц Юбилейной, Успенской и проспекта Франциска Скорины было принято решение построить кольцевую развязку.

6 ноября 2020 года мост был открыт для движения.



Рисунок 4 – Мост до реконструкции

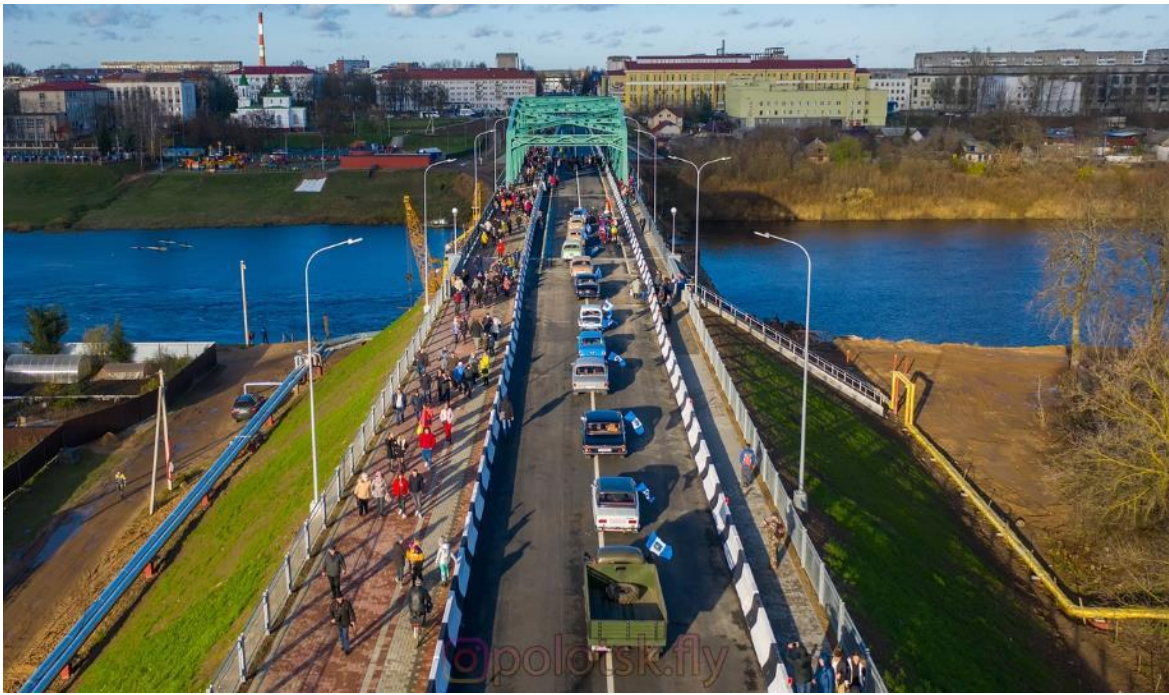


Рисунок 5 – Мост после реконструкции

Литература:

1. Новостной портал belta.by
2. Новостной портал novaya.by

ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ

*Лакнов Даниил Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Швейцарии. Тоннель располагается между городами Лекко и Морбеньо (Рис.1).

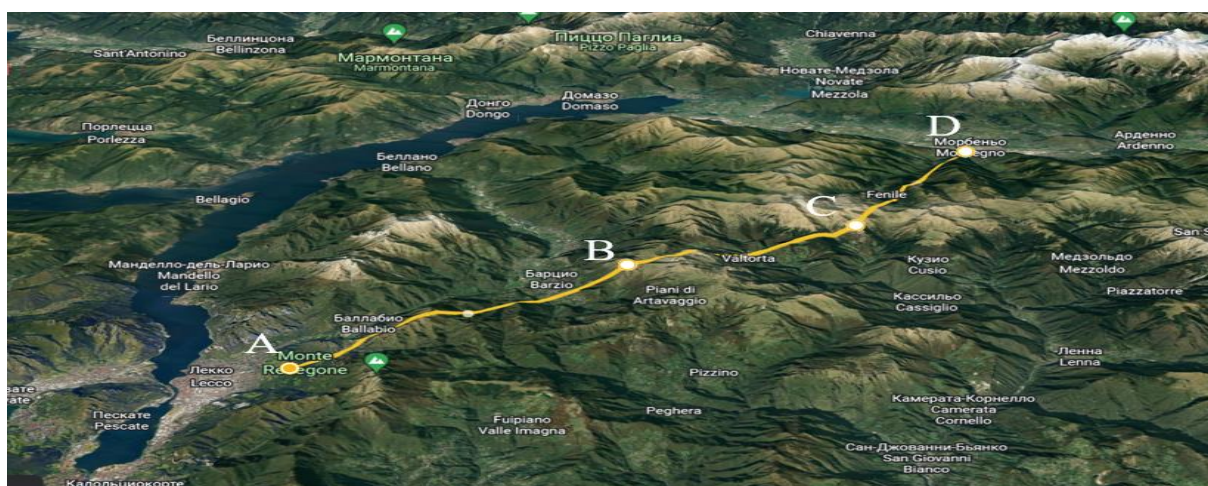


Рисунок 1 – Трассировка тоннеля и рельеф местности

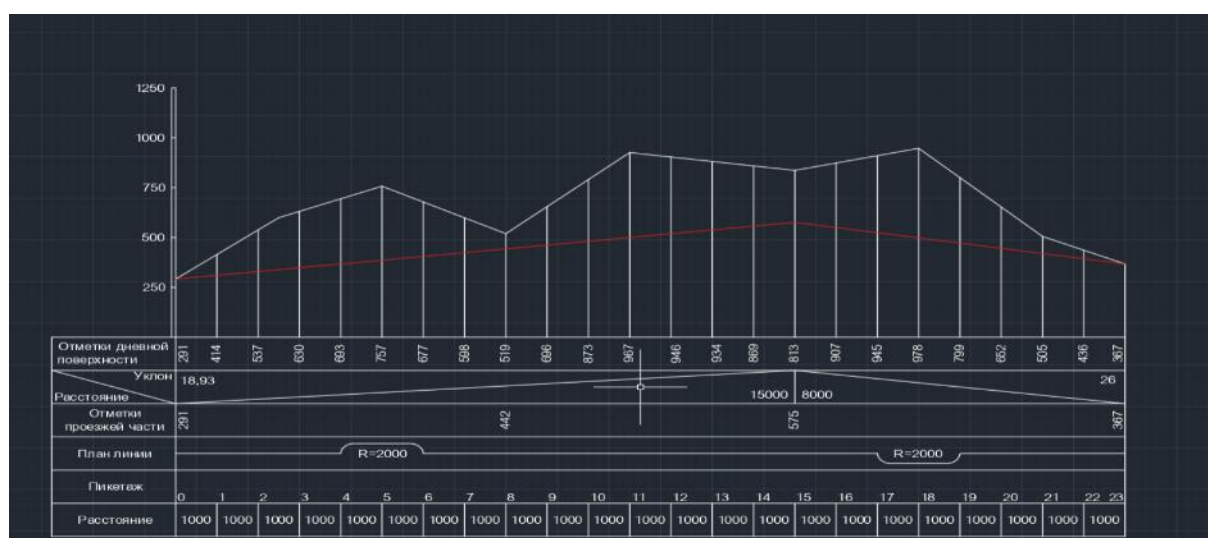


Рисунок 2 – Продольный профиль

Представлен проект автомобильного тоннеля в Швейцарии. Длина тоннеля составила 23 км.

Тоннель разработан в соответствии со всеми современными нормами: водоотводные и, вентиляция, электроосвещение, электроснабжение, электрооборудование, дренажные устройства автоматика, сигнализация, связь.

С помощью специальной программы Google Earth было получено изображение рельефа местности, где можно увидеть и трассировку тоннеля (рис. 1). Также построен продольный профиль тоннеля, где указан план линии, уклоны, отметки проезжей части, отметки дневной поверхности, пикетаж и т.д. (рис. 2).

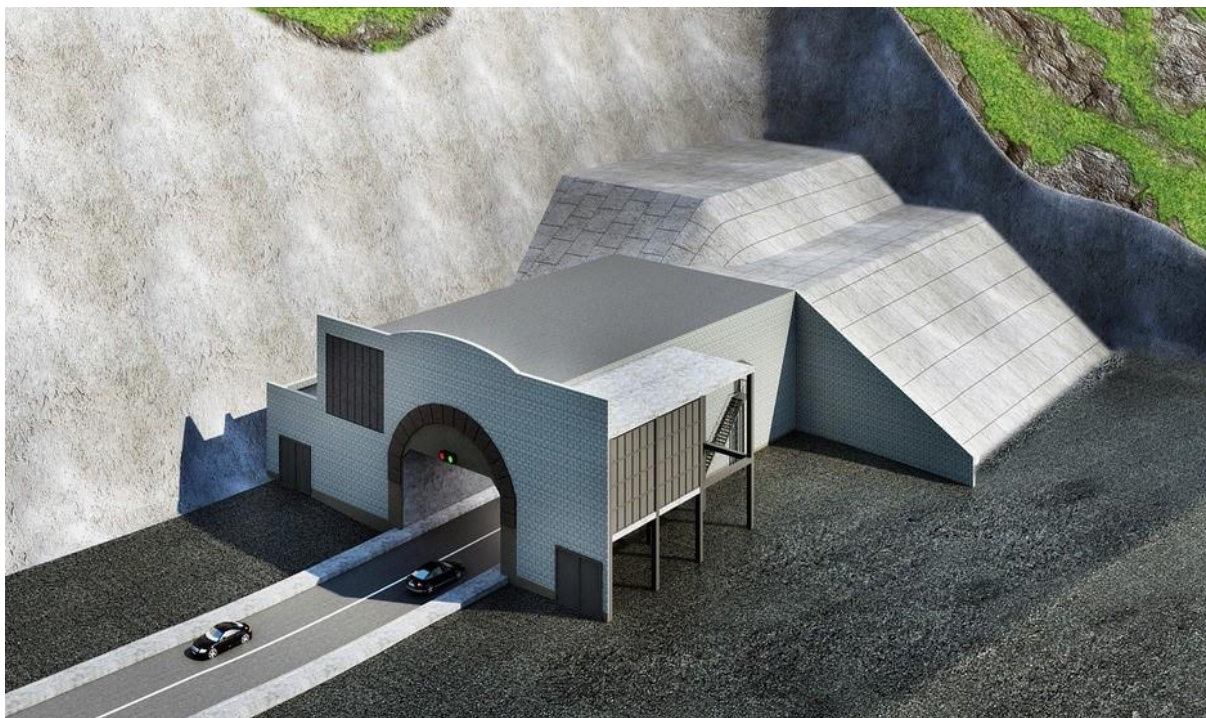


Рисунок 3 – Южный портал



Рисунок 4 – Северный портал

На входах-выходах из тоннеля были запроектированы порталы. Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, предусматривающее возведения зданий, рядом с наземной частью тоннеля, в которых размещается всё необходимое для полного функционирования подземной магистрали. (Рис. 3,4)

Материалы, используемые при строительстве должны отвечать требованиям огнестойкости, долговечности, прочности и устойчивости воздействия микроорганизмов и химической агрессивности грунтовых вод.

Литература:

1. Проектирование тоннеля, сооружаемого горным способом - https://knowledge.allbest.ru/construction/3c0a65635b3ac78b4c43a89421206c26_0.html;

НЕДОСТАТКИ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ. СЛАБАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ К ЩЁЛОЧИ В БЕТОНЕ

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

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

Изобретение композитной арматуры знатоки строительного дела относят к 60-м годам прошлого столетия. В этот период в США и в Советском Союзе были начаты активные исследования ее свойств.



Рисунок 1 – Внешний вид композитной арматуры

Область применения стеклопластиковой арматуры нельзя назвать очень широкой. Ее используют в качестве гибких связей между облицовкой фасада и несущей стеной, а также укладывают в дорожные плиты и опалубку резервуаров. В каркасах, усиливающих ленточные фундаменты и бетонные полы, пластиковую арматуру применяют не так часто. Ставить композитные стержни в плиты перекрытия, перемычки и другие конструкции, работающие на растяжение, не рекомендуется. Причина – повышенная гибкость данного материала.



Рисунок 2 – Композитная арматура в скрученном виде

Недостатки композитной арматуры:

1. Невозможность гибки с малым радиусом в условиях стройки. Гнутый стержень нужно заранее заказывать у производителя.
2. Невозможность сваривать каркас (минус относительный, поскольку даже для стальной арматуры лучший способ соединения – вязка, а не сварка).
3. Низкая термостойкость. При сильном нагреве и пожаре бетонная конструкция, армированная композитными стержнями, разрушается. Стекловолокно не боится высокой температуры, но связующий ее пластик теряет прочность при нагреве выше +200 С.
4. Старение. Общий минус всех полимеров. Неметаллическая арматура не исключение. Ее производители завышают срок эксплуатации до 80-100 лет.

В цементах щелочи взаимодействуют с кремнеземами, компонентами заполнителей. Этот процесс известен как выщелачивание бетона. Провоцирует постепенную рекристаллизацию и разрушение структуры материала. Обуславливает нарушение упругости, целостности зданий, снижение срока эксплуатации. Реакция между щелочами и заполнителями является сложным диффузионным процессом, не всегда протекает с одинаковой скоростью. Выщелачивание в цементе проявляется в виде неравномерного расширения бетонных поверхностей и появления трещин, что приводит к снижению прочности, долговечности стен и других поверхностей. Трещины имеют вид неправильного узора, шире всего в нижней части конструкции, ближе к земле. Достигают 30—40 мм там, где внутреннее расширение особо велико, однако находятся на поверхности, разрушают бетон неглубоко, разветвляясь на микротрещины. Нарушение монолитности материала в щелочной среде чревато

попаданием внутрь влаги. Воздействие воды на бетон усиливается на морозах и при оттаивании, что ускоряет разрушительные процессы.



Рисунок 3 – Следы воздействия щёлочи на бетон

При действии растворов щелочей на глинозем или кремнезем (в последнем случае — в основном на аморфный кремнезем) происходит образование хорошо растворимых алюминатов либо соответственно силикатов натрия (или калия) с одновременным разрушением структурных элементов, обуславливающих прочность материала. В результате этого процесса происходит прогрессирующее снижение прочности материала. Значительно сложнее протекает процесс коррозии в силикатном кирпиче и в бетоне. Можно полагать, что прогрессирующее снижение прочности этих материалов при действии на них растворов щелочей вызывается в первую очередь нарушением сцепления цементного камня с заполнителем, содержащим глинозем или кремнезем в активной форме. При этом образуются щелочные силикаты на поверхности заполнителя под влиянием щелочи, проникшей к этой поверхности по системе капилляров и микротрещин. Большое влияние на щелочестойкость бетонов оказывает их плотность. Для получения плотных бетонов В/Ц не должно превышать 0,5. В качестве заполнителей должны применяться плотные известняки.

Литература:

1. Происхождение композитной арматуры - <https://tpsribor.ru/izdeliya-iz-metalla/dostoinstva-i-nedostatki-kompozitnoy-armatury.html> Дата доступа 16.04.2022
2. Недостатки композитной арматуры – <https://21kompozit.ru/articles/kompozitnaja-armatura> Дата доступа 16.04.2022
3. Устойчивость бетона к щёлочи – <http://www.stroimt.ru/protection/rock/3.html> Дата доступа 16.04.2022

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС С РАСЧЕТОМ ТОННЕЛЯ, СООРУЖАЕМОГО ЩИТОВЫМ СПОСОБОМ

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

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

Задачей данной курсовой работы было запроектировать подземную развязку на пересечении нескольких загруженных улиц и проверить на прочность один из её тоннелей, сооружаемый щитовым способ. Была запроектирована двухуровневая подземная развязка (Рис.1) с двухэтажной надземной частью, которая позволяет значительно снизить поток машин на земле, что решает такую проблему как пробки.

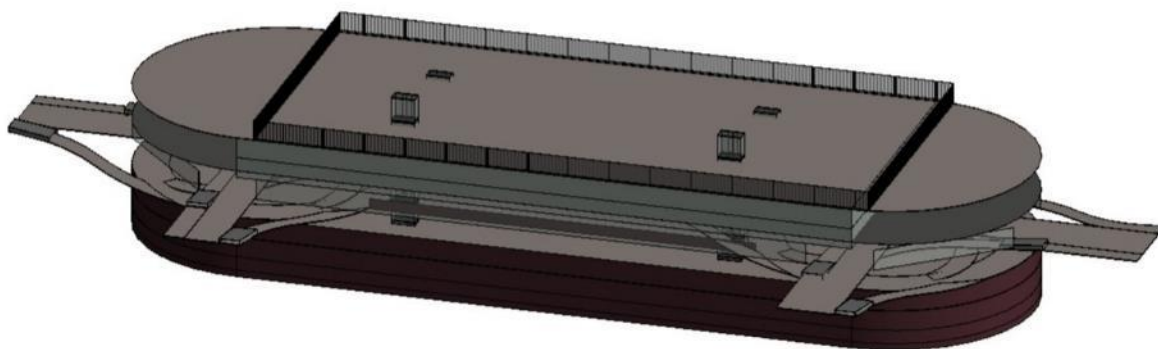


Рисунок 1 – Перспектива комплекса с системой тоннелей

В экономических целях было принято решения строительства многофункционального комплекса под и над развязкой, где могут располагаться торговые и развлекательные точки, бизнес-центры, обзорные площадки.

Для проверки прочности сооружаемых тоннелей статический расчет обделки выполнен с помощью программного комплекса SCAD. В результате статического расчета получены эпюры момента M (Рис. 2) и поперечной силы N (Рис. 3) от действия нагрузок.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ИСЛАНДИИ (АКЮРЕЙРИ-ХУСАВИК)

*Лютнев Владимир Алексеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы, было выбрано два города в Исландии – Акюрейри и Хусавик (Рис.1). Горный рельеф местности усложняет передвижение между двумя населенными пунктами. Проложив тоннель и оборудовав его порталом можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.

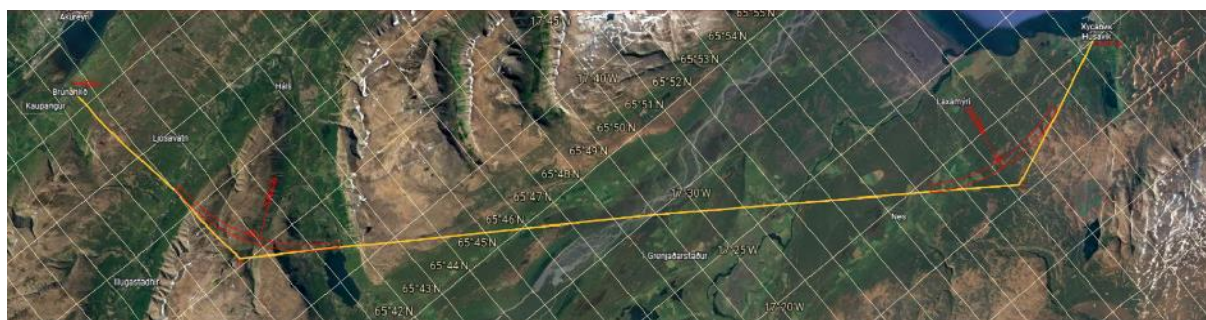


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

При получении отметок дневной поверхности использовались как спутниковые системы, так сканеры, установленные на дронах, полученные точки позволили создать точную модель горной поверхности (Рис.2) и привязать к местным постоянным отметкам. Для определения свойств грунтов вокруг проектируемого тоннеля использовались различные георадары и детектирующие устройства мониторинга во время разработки тоннеля и на стадии обследования.



Рисунок – 2 Модель горной поверхности

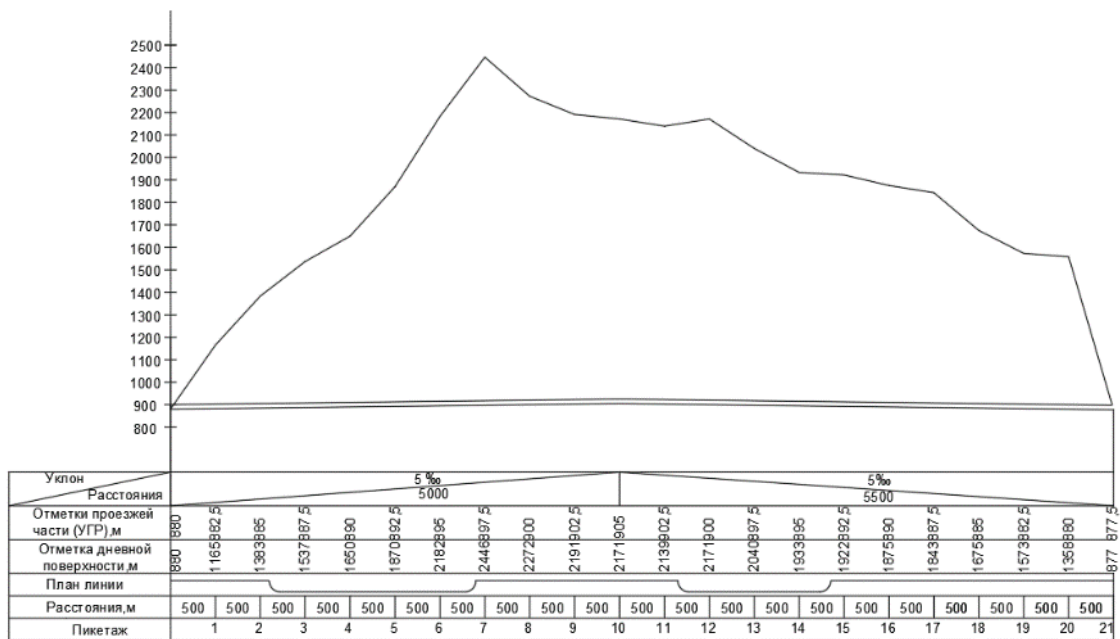


Рисунок 3 – Продольный профиль участка линии



Рисунок 4 – Промежуточная визуализация портала



Рисунок 5 – Промежуточная визуализация туннеля

Железнодорожный тоннель спроектирован в один ярус, для возможности передвижения поездов. Длина тоннеля составляет 49 км. Тоннель разработан по современным нормам: обязательное отопление, вентиляция, освещение, водоотводные устройства. С помощью спутниковых систем получены отметки дневной поверхности и построен продольный профиль (Рис. 3). Пространственная модель портала и тоннеля сделана в программном комплексе Revit (Рис. 4-5). Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.
4. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.

ТРАНСПОРТНЫЙ ТОННЕЛЬ ГРЕЦИИ (XILIKI И REGKINI)

*Маркевич Кирилл Александрович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках моей работы, было выбрано два города в Греции - Xiliki и Regkini, проанализировав их месторасположение, геологический характер местности, Проложив тоннель и оборудовав его порталом можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.

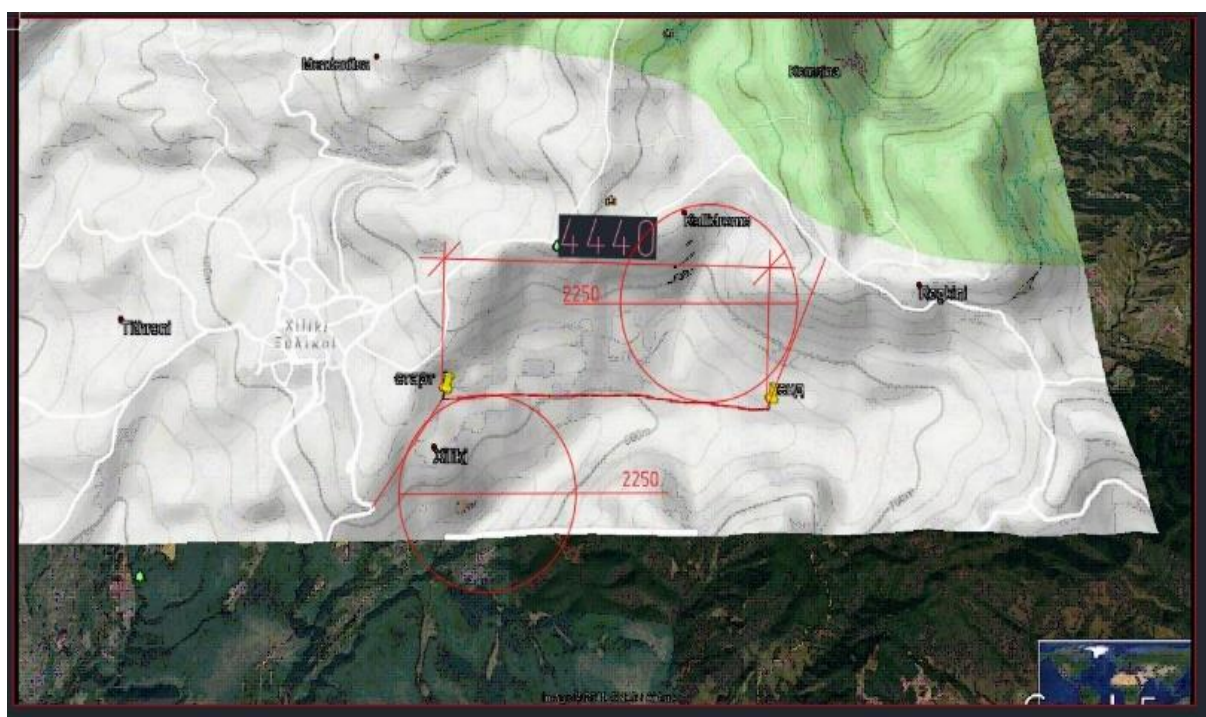


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

При получении отметок дневной поверхности использовались как спутниковые системы, так сканеры, установленные на дронах, полученные точки позволили создать точную модель горной поверхности (Рис.2) и привязать к местным постоянным отметкам. Для определения свойств грунтов вокруг проектируемого тоннеля использовались различные георадары и детектирующие устройства мониторинга во время разработки тоннеля и на стадии обследования.

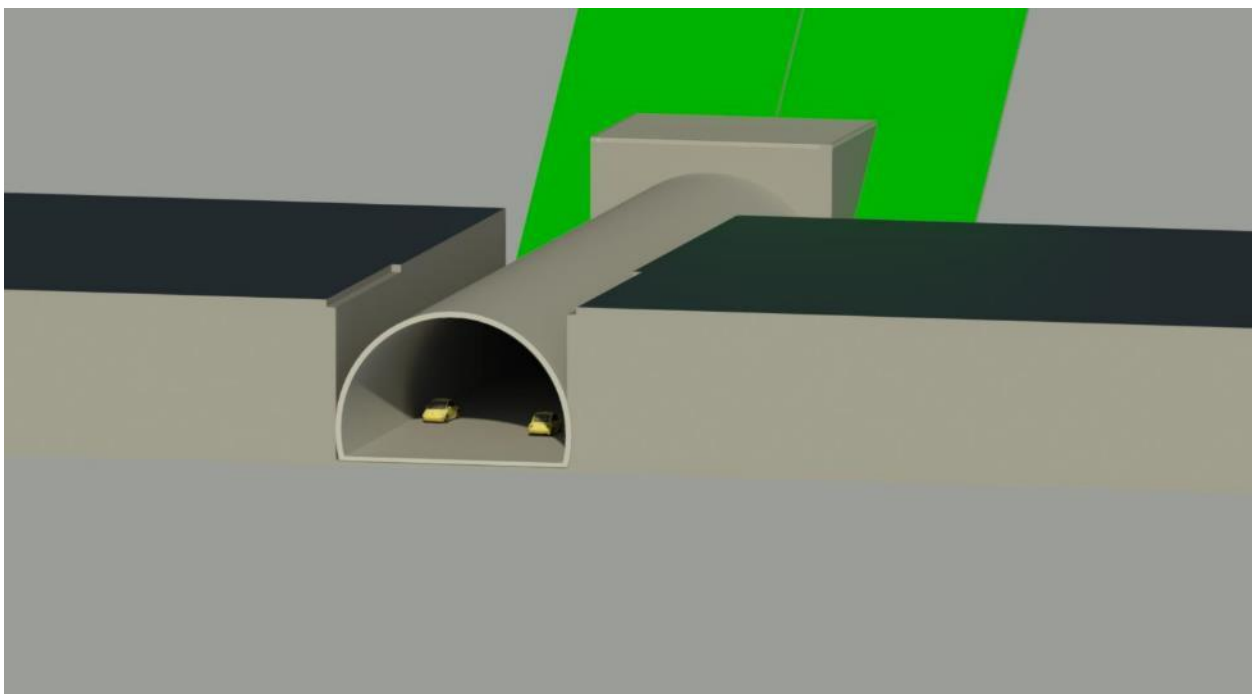


Рисунок 4 – Промежуточная визуализация портала

Одна из главных задач любого тоннеля, при его эксплуатации, заключается в обеспечении безопасной транспортировке людей, грузов. Аварии, поломки авто и другие нештатные ситуации особо опасны в тоннелях. В связи с этим необходима установка различных контролирующих систем, следящих за габаритами автомобилей, их скоростью движения и дистанцией между ними. Важным является и мгновенное обнаружение аварийных ситуаций в тоннелях, с последующим принятием действий, для максимального безопасного решения возникшей задачи.

Также в данном подземном сооружении при строительстве будут использоваться инновационные системы мониторинга.

Литература:

1. Колокова Н.М., Кобац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
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. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Матвеевко Александра Сергеевна, студент 3-го курса

Кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный преподаватель- Гречухин В.А., канд. техн. наук, доцент)

Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью жизни каждого человека. Для поддержания их состояния и экономии денежных средств на ремонт разрабатываются инновационные технологии, повышающие качество и долговечность дорожного покрытия. Рассмотрим некоторые инновационные методы дорожного строительства.

В дорожном строительстве применяют такие современные материалы, как дренирующий асфальтобетон, пористо-мастичные асфальтобетонные смеси, цветной асфальтобетон, полимерно-битумное вяжущее, в состав которого входят термопласты.

При проведении ремонтных работ дорожно-строительные компании применяют метод ресайклинга, то есть вторичного использования материалов старого дорожного покрытия, что является хорошим способом экономии денежных средств. В настоящее время для укладки дорожного полотна применяют способ высокотемпературной запрессовки, различные методы укрепления грунта, например, применение стабилизаторов грунта и геотекстиля.

Чтобы увеличить сцепление колес автомобиля с дорожным покрытием и уменьшить шумовое загрязнение окружающей среды во время проведения строительных работ применяют различные модификаторы. Модификатор фибробетон применяется в укладке верхнего слоя дорожного покрытия, в результате чего покрытие приобретает повышенную прочность, устойчивость к постоянным транспортным нагрузкам, появлению дефектов, таких как ямы и трещины.

Так же в качестве инновационных материалов в дорожном деле используются геотекстильные ткани. С помощью данного материала можно разделять слои грунта с разными физико-механическими показателями, перераспределять напряжение в основании насыпи, улучшать несущую способность основания и улучшать устойчивость откосов. Ускоряется водоотвод, что благоприятно воздействует на работоспособность дренирующих слоев дорожного покрытия, укрепляет влажный грунт, а также препятствует поднятию воды по капиллярам.

При проведении дорожных ремонтных работ используют технологии литых асфальтобетонных смесей, инфракрасного ремонта, нанофобы и метод химической фрезеровки.

Для ремонта дорожной одежды применяют пеностекольный щебень, получаемый из дисперсного стекла. Такой материал имеет повышенную прочность, теплопроводность и влагостойкость, что помогает снизить стоимость строительства.

В Нидерландах используют свето-накопительную маркировку дорожного полотна, что дает возможность сэкономить на освещении дорог.

Все большую популярность приобретают электромобили. Предложена электрическая полоса, с помощью которой можно будет заряжать электромобили не останавливаясь, с помощью электромагнитной индукции.

К новым понятиям относятся Умные дороги, снабженные датчиками движения транспорта и людей, фото- и видеокамеры, модули управления светофорами и освещением, датчики погодных условий, электронные дорожные знаки и электронное табло на остановках, контроллеры интенсивности и скорости движения автомобилей, паркоматы, навигация GPS/ГЛОНАСС.

Американскими инженерами был предложен проект умной дороги из солнечных батарей (Solar Roadways). Он предполагает солнечные панели из специального стекла со встроенными светодиодами и микропроцессорами вдоль дорог. (Рис. 1). По прочностным характеристикам и сцеплению покрытие не уступает стандартному.

Разработчики предполагают следующие преимущества:

1. Выработка электричества, для любого вида деятельности связанного с дорогами, а так же возможность зарядки электрических автомобилей через специальную приемную пластину, помещенную на днище транспортного средства.
2. Растапливание снега и льда
3. Система водоотвода
4. Подсветка животных, внезапно появившихся на дороге
5. датчики давления, предупреждающие о неисправном автомобиле или аварии

Самым большим недостатком является большая стоимость данного проекта.

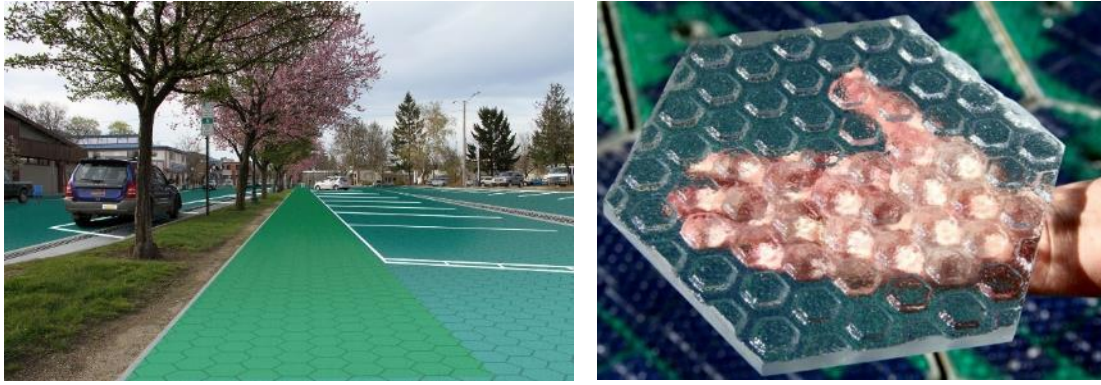


Рисунок 1 – Солнечные панели

Итальянская технология «Lubra» (кинетические дороги) представляет собой применение резинового покрытия (Рис.2), преобразующего кинетическую энергию, полученную от колес транспортных средств, в электрическую.



Рисунок 2 – Резиновое покрытие

Следует уделить внимание пластиковому бетону- при производстве пластик используют в качестве наполнителя.

Преимуществами являются экономия не возобновляемых природных ресурсов и небольшая стоимость, однако может оказать отрицательное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.

С помощью введения биотехнологий в разработку дорожно-строительных материалов английские изобретатели предложили разработку «умных» бетонов на основе цемента (самовосстанавливающиеся дороги). Материал является доступным и экологически чистым. Суть действия заключается в том, что при образовании трещины, разрушаются капсулы с натрий силикатом, в результате чего трещина затягивается.

Необходимо понимать, что для эффективного использования новых технологий необходимо менять нормативную базу и повышать квалификацию проектировщиков, модернизировать учебную программу в высших учебных

заведениях строительного направления, а также комплексного применения вышеперечисленных методов.

Литература:

1. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.adi-madi.ru/madi/article/view/999/pdf_579– Дата доступа: 01.05.2022
2. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tehne.com/event/koncepty/solar-roadways-dorozhnoe-polotno-s-solnechnymi-batareyami-i-svetodiodami> – Дата доступа: 01.05.2022
3. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/330-solnechnaya-doroga-solar-roadways-samyj-uspeshnyj-startap-na-indiegogo-menyaem-asfalt-na-solnechnye-batarei.html>– Дата доступа: 01.05.2022
4. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roadtm.com/umnye-dorogi-v-evrope-i-ssha/>– Дата доступа: 01.05.2022
5. Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nravstvennost.info/umnyj-beton/> – Дата доступа: 01.05.2022

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ТАРИНКОТ-ДЕХРАВУД В АФГАНИСТАНЕ

*Матвеевко Александра Сергеевна, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках данной работы, было выбрано два города в Афганистане – Таринкот и Дехравуд (Рис.1). Горный рельеф местности усложняет передвижение между двумя населенными пунктами. Проложив тоннель и оборудовав его порталом можно улучшить сообщение между городами и сократить время передвижения.

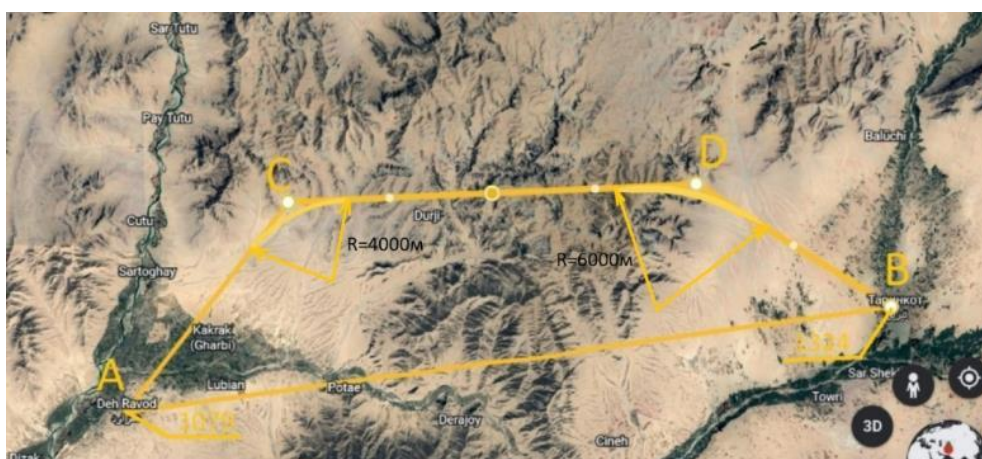


Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

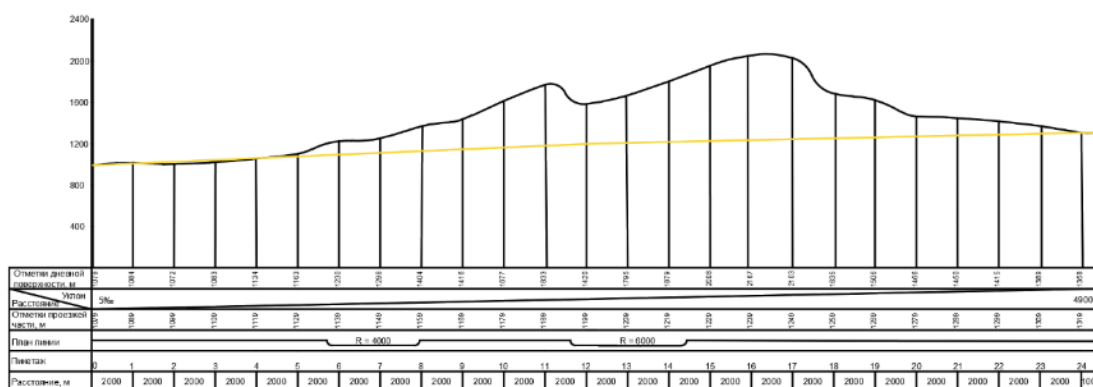


Рисунок 2 – Продольный профиль участка линии



Рисунок 3 – Модель портала

Железнодорожный тоннель спроектирован в один ярус, для возможности передвижения поездов. Длина тоннеля составляет 49 км. Тоннель разработан по современным нормам: обязательное отопление, вентиляция, освещение, водоотводные устройства. С помощью спутниковых систем получены отметки дневной поверхности и построен продольный профиль (Рис. 2). Пространственная модель портала тоннеля сделана в программном комплексе Revit (Рис. 3). Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

МОСТ ЧЕРЕЗ РЕКУ ИРТЫШ «КРАСНЫЙ ДРАКОН»

*Миневич Михаил Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Мост через реку Иртыш «Красный дракон» в Ханты-Мансийске был открыт 20 сентября 2004 года. Данное инженерное сооружение было построено, чтобы сократить путь с запада на восток Югры на 1250 км и стал незаменимым элементом в транспортной системе Пермь - Серов - Ханты-Мансийск - Сургут - Нижневартовск - Томск, известной как Северная широтная магистраль. Мост проектировался организацией ОАО «Трансмост», его строительством занимался подрядчик - ОАО «Мостострой-11», металлоконструкции изготовили на «Курганстальмост».

Во время строительства была реализована одна из невообразимых задумок проектировщиков: три готовых пролета моста перевозились по воде на баржах. Длина главного центрального пролета составляла 316 метров, высота - 50 метров, а вес - почти 4 тысячи тонны (Рис. 1).



Рисунок 1 – Переправа по реке центрального пролетного строения моста «Красный Дракон»

Конструкции перевозились специалистам «Обь-Иртышского речного пароходства» от места, где их монтировали, на уже установленные опоры моста. Дальность транспортировки их по воде составляла полтора километра.

Перевозить пролеты решили на четырех баржах грузоподъемностью 2500 тонн каждая при помощи буксировки их теплоходами, суммарная мощность которых составляла 12800 лошадиных сил.

Мост имеет длину 1315,9 м и состоит из 14 пролетов. Это уникальная стальная конструкция системы типа «арка-ферма балка». Проектировалась она под автомобильную нагрузку А11 и колесную нагрузку НК-80 и имеет габарит Г11,5.

Мост состоит из трех частей – левобережной, русловой и правобережной. Левобережная и правобережная части выполнены в виде эстакад. Русловая-центральная часть моста это комбинированная неразрезная система. Главный пролет длиной 231 м это решетчатая арочная система с ездой понизу с гибкой затяжкой, к ней по обе стороны симметрично сопряжены решетчатые балочные пролетные строения. Крайние пролеты выполнены из сплошнотенчатых балок с ездой поверху (Рис. 2).



Рисунок 2 – Центральная часть моста «Красный дракон»

Сегодня мост «Красный Дракон» один из самых красивых мостов в России. Туристы, приезжающие в Ханте-Мансийск, посещают не только спортивные соревнования по зимним видам спорта, но и с удовольствием посещают это уникальное инженерное сооружение.

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДВЕСНЫХ МОСТОВ

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

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

В настоящее время в северном Мичигане на горнолыжном курорте Бойн Маунтин строится мост, который поднимет на новые высоты планку строительства. После завершения строительства он станет самым длинным подвесным мостом с деревянными башнями в мире. Ожидается, что Скайбридж Мичиган должен быть закончен в сентябре 2022 года и станет популярной достопримечательностью. (Рис. 1, 2). Невероятный дизайнер моста - Тодд Домек.

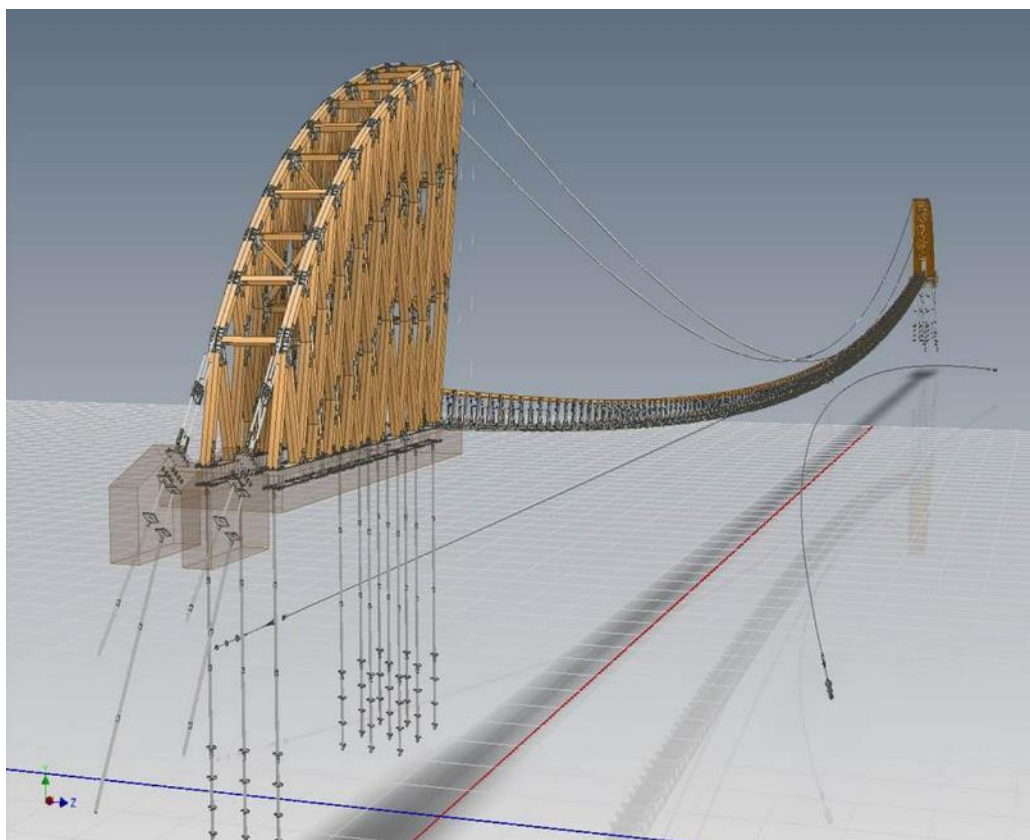


Рисунок 1 – Проект SkyBridge в Мичигане



Рисунок 2 – Внешний вид SkyBridge в Мичигане

Мост будет иметь длину более 366 метров и будет возвышаться на 36 метров над самой низкой местностью. Скайбридж Мичиган будет построен в основном из дерева и подвешен между двумя башнями на вершинах Маклаут и Ридж-Ридж. Высота деревянных башен составляет примерно 16 метров, построены они из деревянных бревен, полученных из древесины местного производства от компании Matelski (клееный брус с внутренним креплением 10x10), основной трос из оцинкованной стали, а прогулочная поверхность представляет собой стальной каркас с пултрузионной решеткой. (Рис. 3, 4).



Рисунок 3 – Клееный брус с внутренним креплением



Рисунок 4 – Монтаж деревянных башен

Мост будет предназначен только для пешеходов, на лыжах на нем нельзя будет кататься. Тем, кто захочет пройти по мосту, придется подняться на вершину горы на горнолыжном подъемнике, чтобы добраться до него. Подвесная прогулочная поверхность имеет ширину 1,5 м. Согласно веб-сайту SkyBridge Michigan, билеты на мост будут платными, цена пока неизвестна, но их можно будет приобрести онлайн заранее. Конструкция моста открывает панорамный вид на окружающую долину, повод полюбоваться видом будет в любое время года, так как мост будет открыт круглый год.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ МИНСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА МАШЕРОВА И УЛИЦЫ МАКСИМА БОГДАНОВИЧА

*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 Минск, Беларусь. Плотность города – 5723 чел./км², что является самой большой плотностью в Беларуси, население – 1 996 553 человек. Город славится плотной застройкой с учетом большого количества новых зданий и сооружений, жители города тратят много времени в пробках. Зачастую трудности вызывает поворот налево без дополнительной секции светофора, в следствие необходимости пропуска автомобильного транспорта, движущегося в главном направлении. Задача проекта – разгрузить самые оживленные перекрестки, применяя тоннельные транспортные сети, что обеспечивает максимально выгодную транспортировку со стороны экономики и высокой пропускной способности. Мной было выбрано пересечение проспекта Машерова и улицы Максима Богдановича. Многофункциональная развязка приведет к улучшению транспортной системы в городе. Предусмотрено шесть тоннелей с двумя-тремя полосами движения. Скорость движения автомобильного потока в тоннеле может составлять примерно 60-80 км/ч из-за отсутствия светофоров и пересечения полос (Рис.1). Продольный профиль местности представлен на (Рис.2, 3).

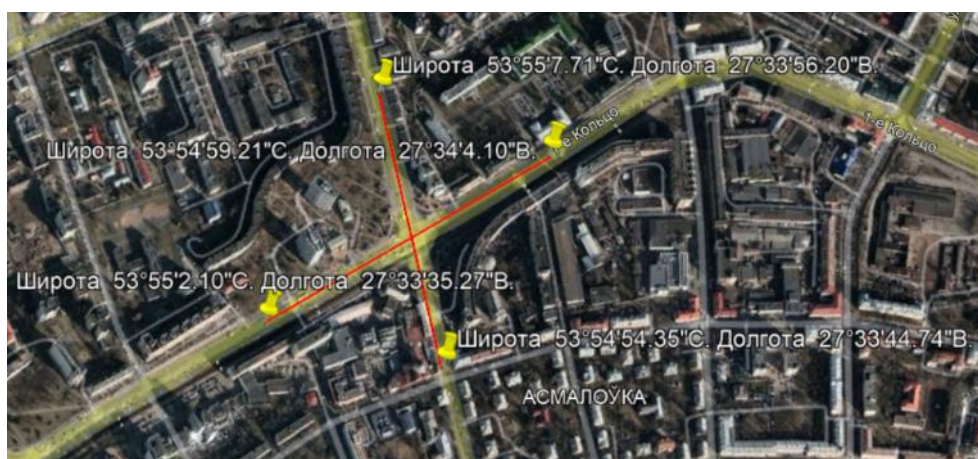


Рисунок 1 – План местности



Рисунок 2 – Продольный профиль местности

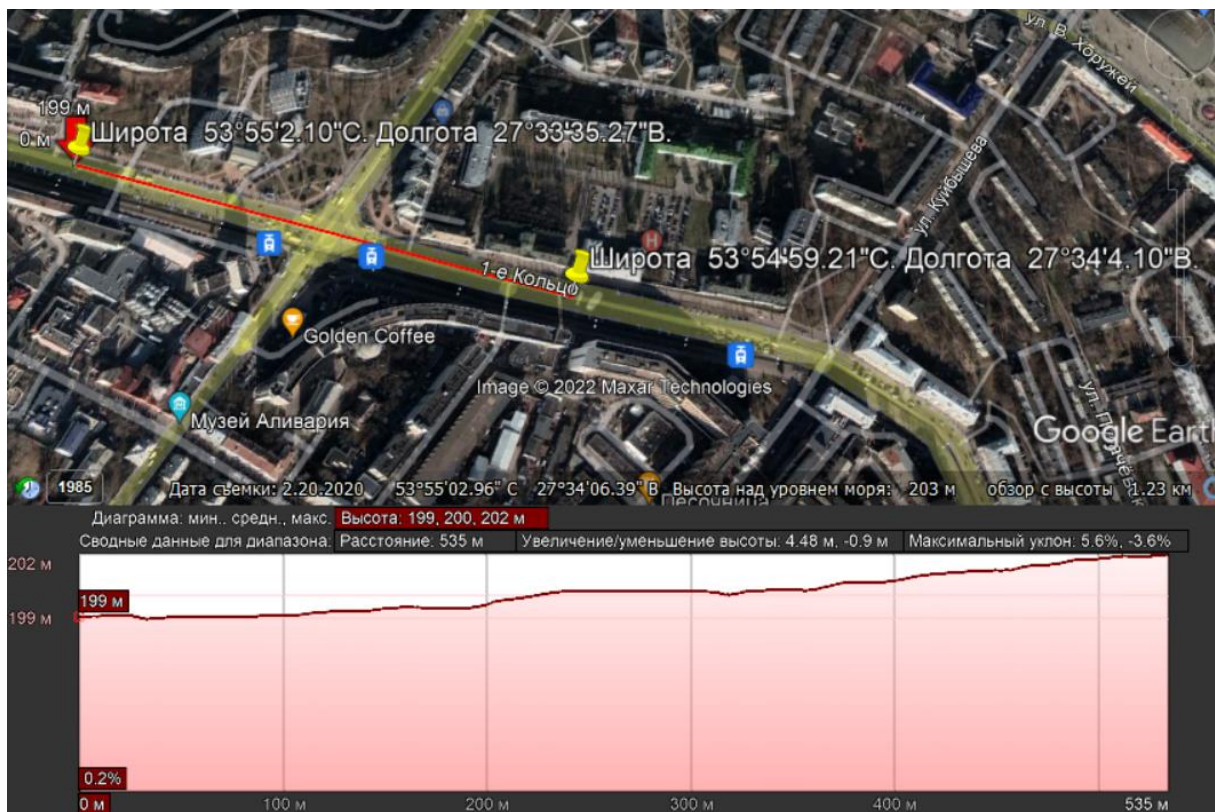


Рисунок 3 – Продольный профиль местности

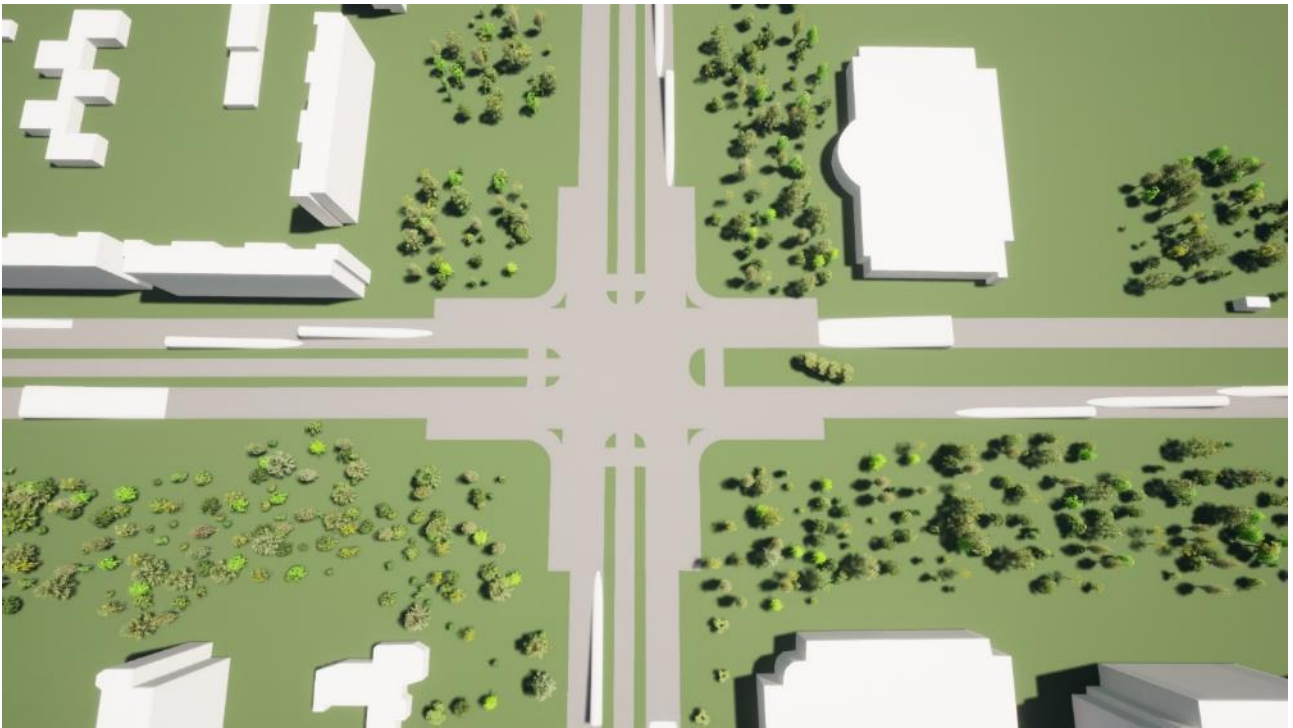


Рисунок 4 – Многофункциональная развязка



Рисунок 5 – Вид наземной части сооружения

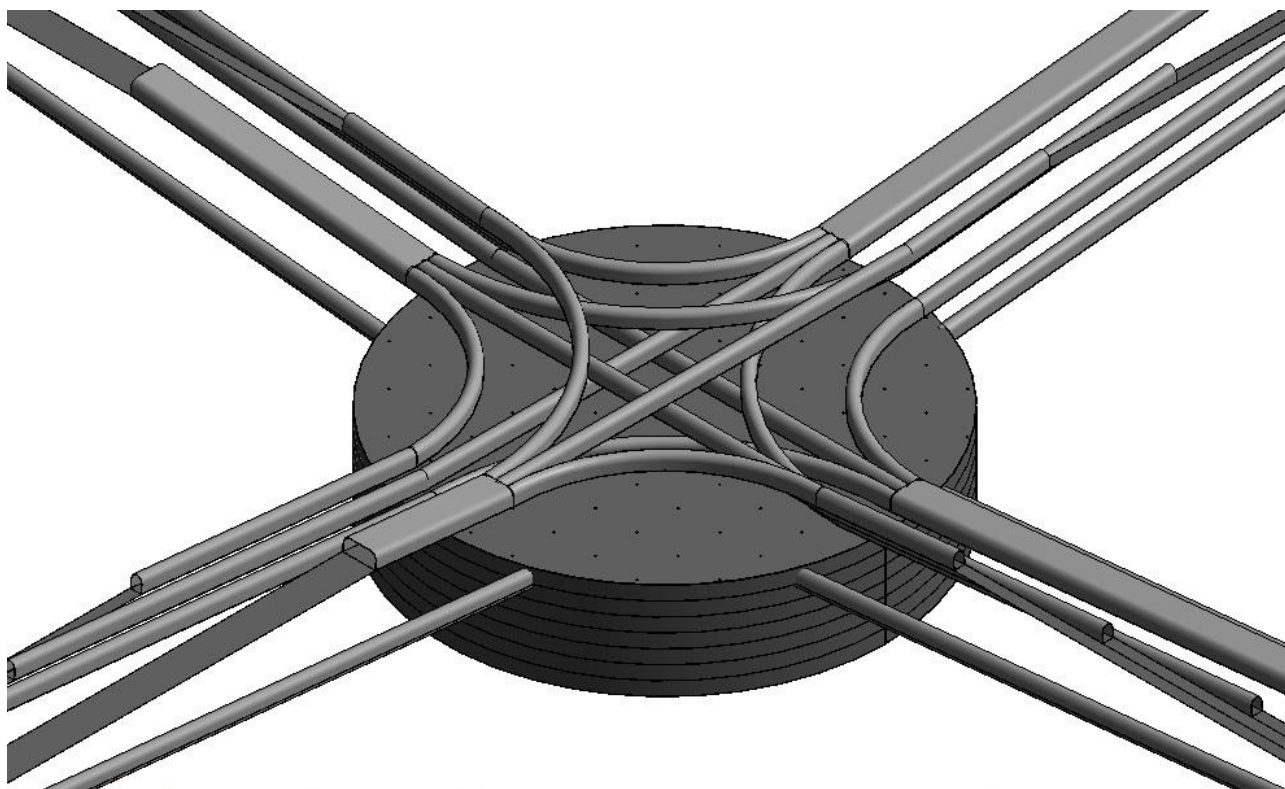


Рисунок 6 – Общий вид подземного сооружения



Рисунок 7 – Разрез 1-1

Строительство такого вида сооружений не только улучшит транспортное движение, но и освободит наземное пространство, где возможно строительство значимых социальных объектов и сооружений. Таким образом, данный проект важен для города и решает проблемы инфраструктуры города Минска.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ ХУРЗУК-ТЕРСКОП

*Нестерович Максим Игоревич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в России. Тоннель пролегает между городами Хурзук и Терскоп (Рис. 1).

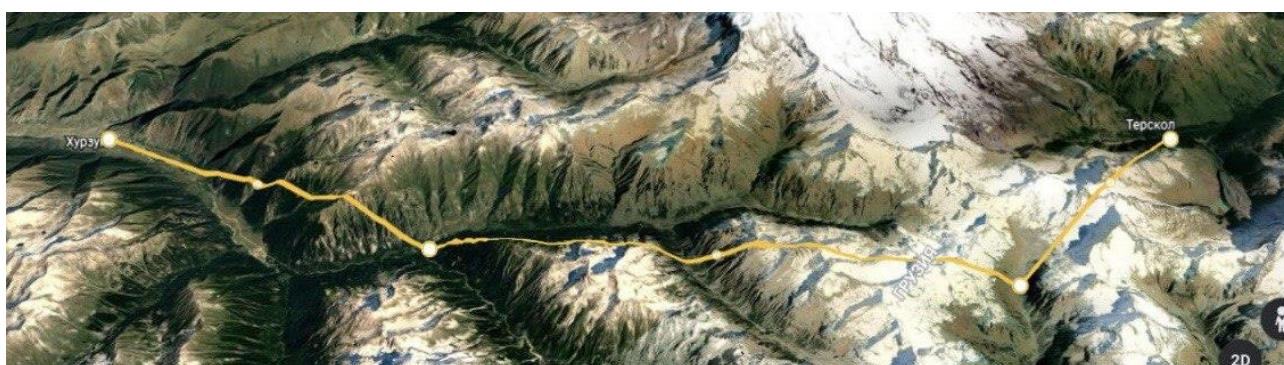


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

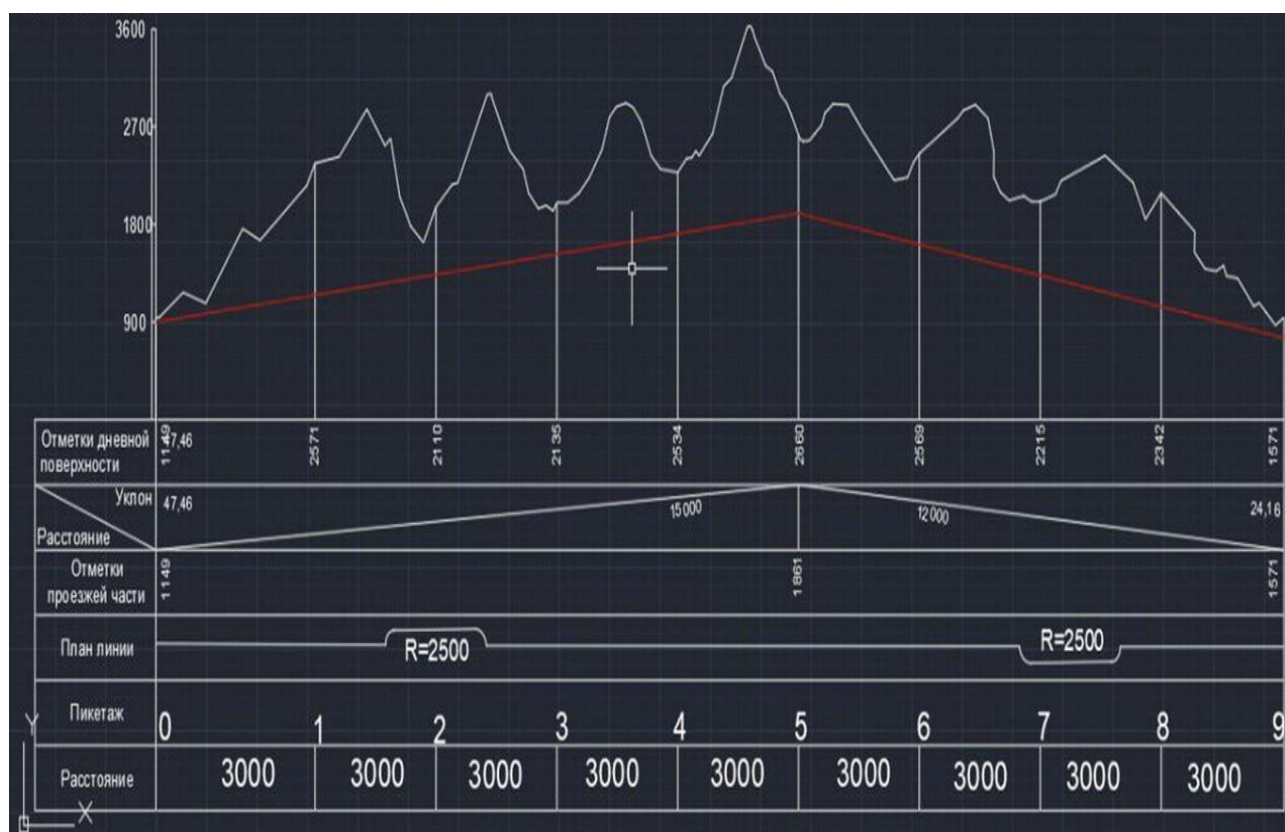


Рисунок 2 – Рельеф местности

Благодаря тому, что тоннель двускатный он будет устойчив к затоплению. Ряд автомобильных туннелей в России сталкивается с проблемами безопасности. Было установлено, что множество туннелей не отвечают современным требованиям безопасности.

Тоннель спроектирован в соответствии с современными нормами:освещение, вентиляция, водоотводное устройство, отопление.

Материалы отвечают всем необходимым требованиям.

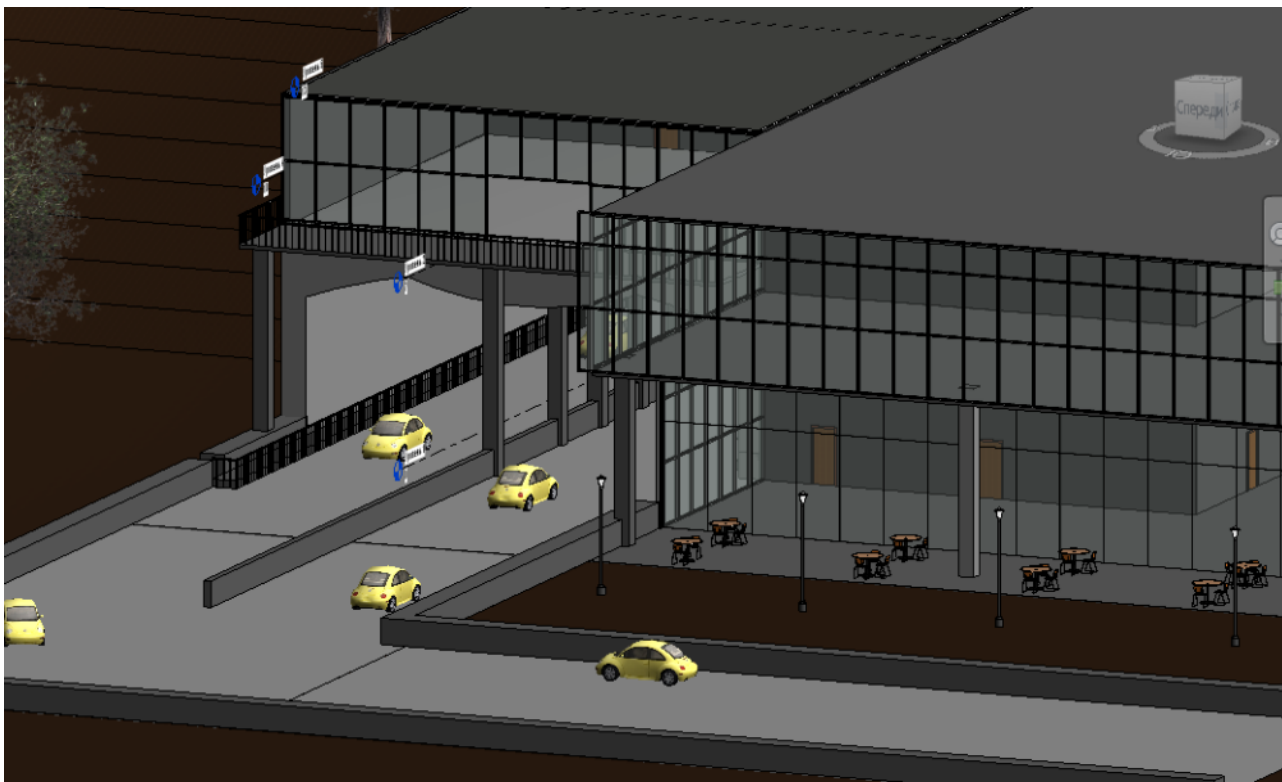


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Тоннель будет полезен тем, что он будет выполнять не только свои прямые обязанности по перемещению из точки А в точку В, а так же и метом развлечения в ТЦ расположенном в портале тоннеля

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.

ПРОЕКТ АВТОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РОССИИ ХАРТ-ВОРКУТА

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

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

В рамках данной работы были выбраны два города в России – Воркута и Харт.

Сделав анализ их месторасположение, было рекомендовано разработать концепцию одноярусного автодорожного тоннеля.

Расстояние между городами напрямую составляет 107 километров.



Рисунок 1 – Запроектированный тоннель

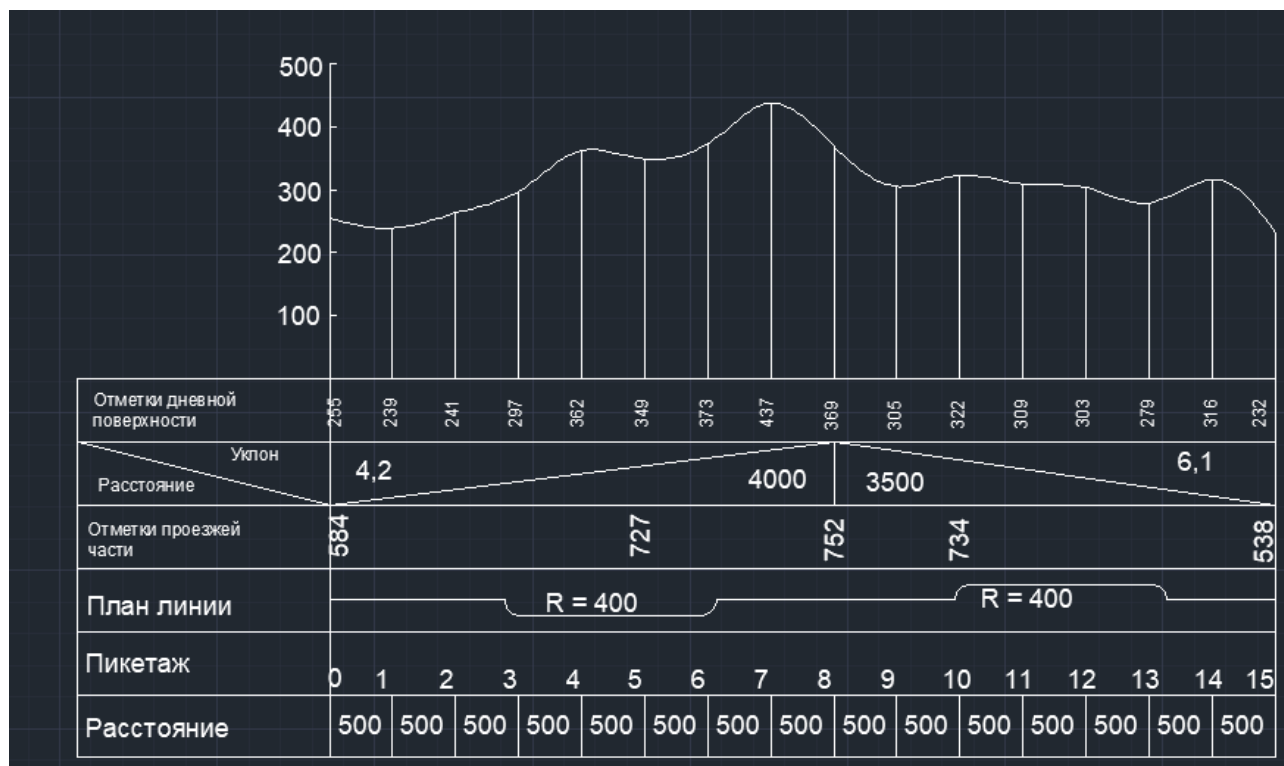


Рисунок 2 – Продольный профиль дороги



Рисунок 3 – Модель портала

Данный тоннель является достаточно протяженным, поэтому для того, чтобы дать водителям возможность отдохнуть от поездки в центре тоннеля должно быть установлено место для отдыха, оборудованное достаточным количеством парковочных мест. Этот тоннель значительно сократит время дороги между данными городами. При строительстве протяженных тоннелей через так называемые строительные подходы, которые устраивают путем вскрытия трассы тоннеля по ее длине в промежуточных точках. Строительство порталов обеспечивает возможность иметь около них хорошо оборудованные зоны отдыха. Однако через порталы значительно возрастает общее время строительства

Автомобильные тоннели из-за их технических сложностей и больших денежных затрат проектируют обычно в два этапа (проект строительства и рабочая документация). В первый этап входит расчет материалов, количество нужной техники и рабочих, составление линейно-календарного графика, расчет сметы. После утверждения проекта начинают проектирование и строительство тоннеля.

Основной задачей этого тоннеля является значительное сокращение расстояния между данными городами и повышение транспортного сообщения между ними.

СТРОИТЕЛЬСТВО БУГРИНСКОГО МОСТА В НОВОСИБИРСКЕ

*Мартынюк Владислав Александрович, Осмоловская Наталья Сергеевна,
студенты 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Бугринский мост- это мост через реку Обь с самым большим арочным пролетом, который открыли 8 октября 2014 года. Это первый мост в Российской Федерации, строительство которого началось с двух берегов одновременно. (Рис. 1). Цель строительства Бугринского моста- создать объездной путь для транзитных транспортов и разгрузить городские дороги.

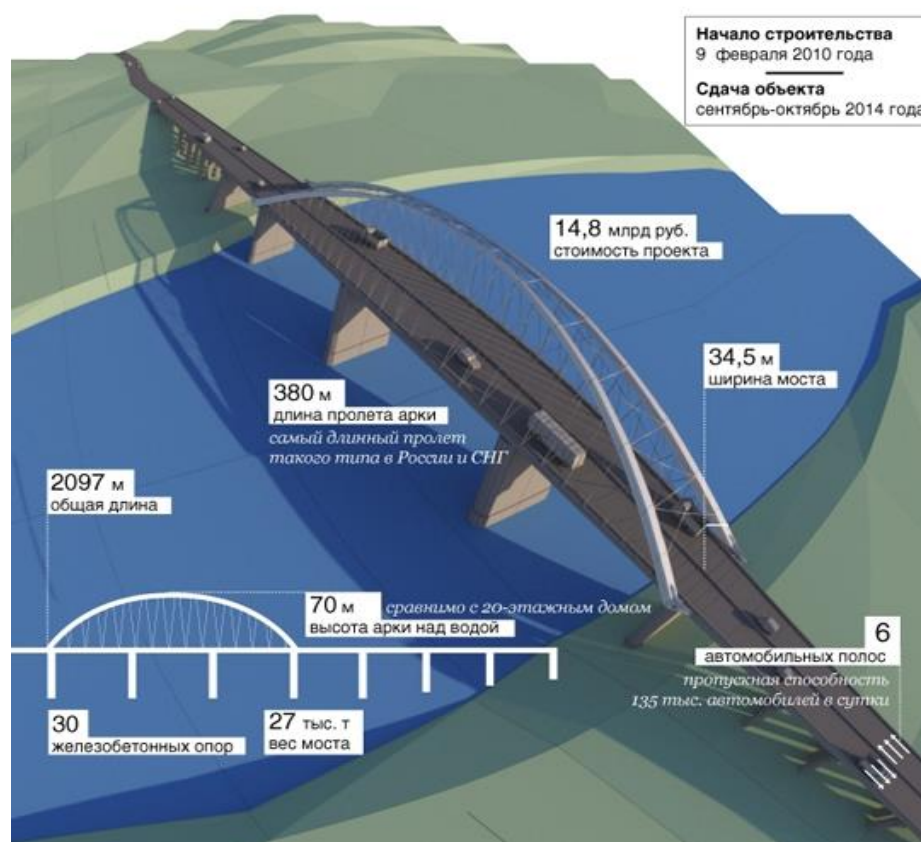


Рисунок 1 – Бугринский мост (характеристики)

В качестве главного пролета моста была выбрана сетчатая арка, а не часто используемые, с вертикальными подвесами. Данный выбор обусловлен тем, что арка с вертикальными подвесами имеет ряд проблем: повышенная чувствительность к неравномерным временным нагрузкам и возникновение довольно существенных изгибающих моментов. Главным плюсом сетчатой арки

является наименьший расход материалов, но однако данная арка имеет и слабое место- это её монтаж. Сборка и монтаж арки производилась на месте строительства. Перед инженерами стояло решение, каким способом производить монтаж арки с учетом расхода на материалы и сроком строительства. По итогу сравнений был выбран способ вертикально-радиальной надвижки (свод арки по контуру под углом 45 градусов), который применялся первый раз в мире. Из-за климатической особенностей мост изменяется в длине на целых 50 сантиметров, поэтому на опорах установлены ролики. После окончания монтажа вантовой системы было уложено покрытие проезжей части из литого асфальтабетона. Испытания на прочность моста проходило с помощью КАЗАЗов с песком весом около 450 тонн. В 2016 году проект получил премию Международной федерации инженеров-консультантов FIDIC – Award of Merit.

Литература:

1. Инновации и технологии, Бугринский мост- новый транспортный узел Новосибирска [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.stpr.ru/upload/iblock/f38/8-13.pdf>

ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ

*Павлов Даниил Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Швейцарии. Тоннель располагается между городами Кирога и О Барко (Рис.1).

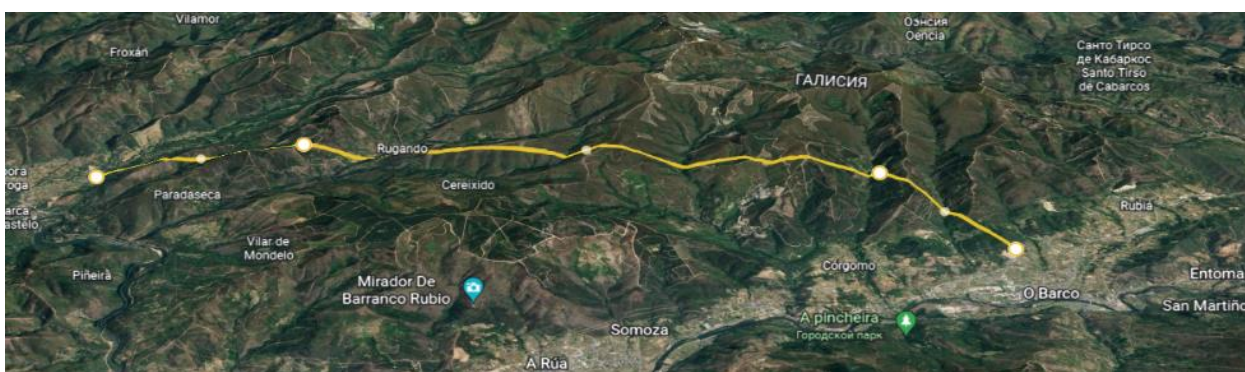


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

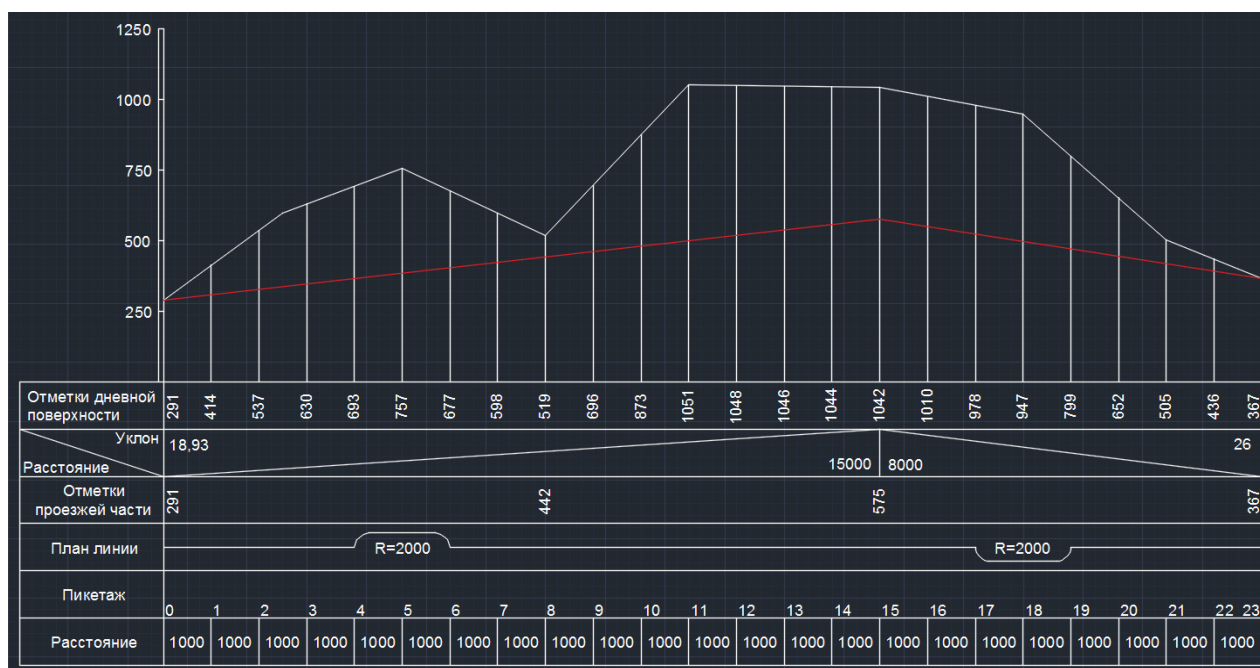


Рисунок 2 – Продольный профиль участка линии

При строительстве тоннеля лучше использовать монолитный бетон, в связи его простоты использования, прочностных характеристик на сжатие.

Протяжённость тоннеля составляет около 23 километров, средняя высота заглубления составляет приблизительно 150 метров от поверхности.

Целью тоннеля является: сокращения времени и расстояния между городами. Также одной из главных целей данного тоннеля является разгрузка от транспортного потока соседних развязок и городов.

Так как тяжёлые транспортные средства представляют одну из основных угроз, было решено сделать тоннель для транспортных средств с фактической массой не более 3.5 тонн.

В связи с резким перепадом высот от нулевого до второго пикета, запроектировано защитное сооружение от обвалов и оползней.



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ МАТРАЙ-ИН-ОСТИРОЛЬ- БРУКБЕРГ

*Павловский Антон Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Австрии. Тоннель располагается между городами Матрай-ин-Острироль и Брукберг (Рис.1).



Рисунок 1 – Трассировка тоннеля и рельеф местности

При получении отметок дневной поверхности использовались как спутниковые системы, так сканеры, установленные на дронах, полученные точки позволили создать точную модель горной поверхности и привязать к местным постоянным отметкам. Для определения свойств грунтов вокруг проектируемого тоннеля использовались различные георадары и детектирующие устройства мониторинга во время разработки тоннеля и на стадии обследования. Из нескольких вариантов трасс выбран оптимальный и для него автоматически по сканированной модели построен продольный профиль, так как туннель является двускатным и предназначен для движения железнодорожного транспорта, то были выдержаны уклоны, оговоренные нормативной документацией.

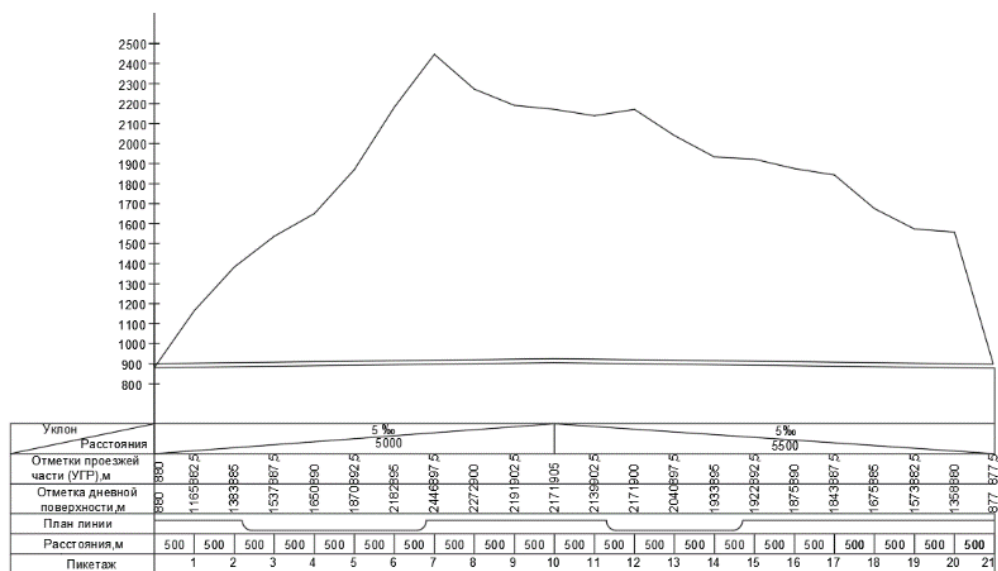


Рисунок 2 – Продольный профиль

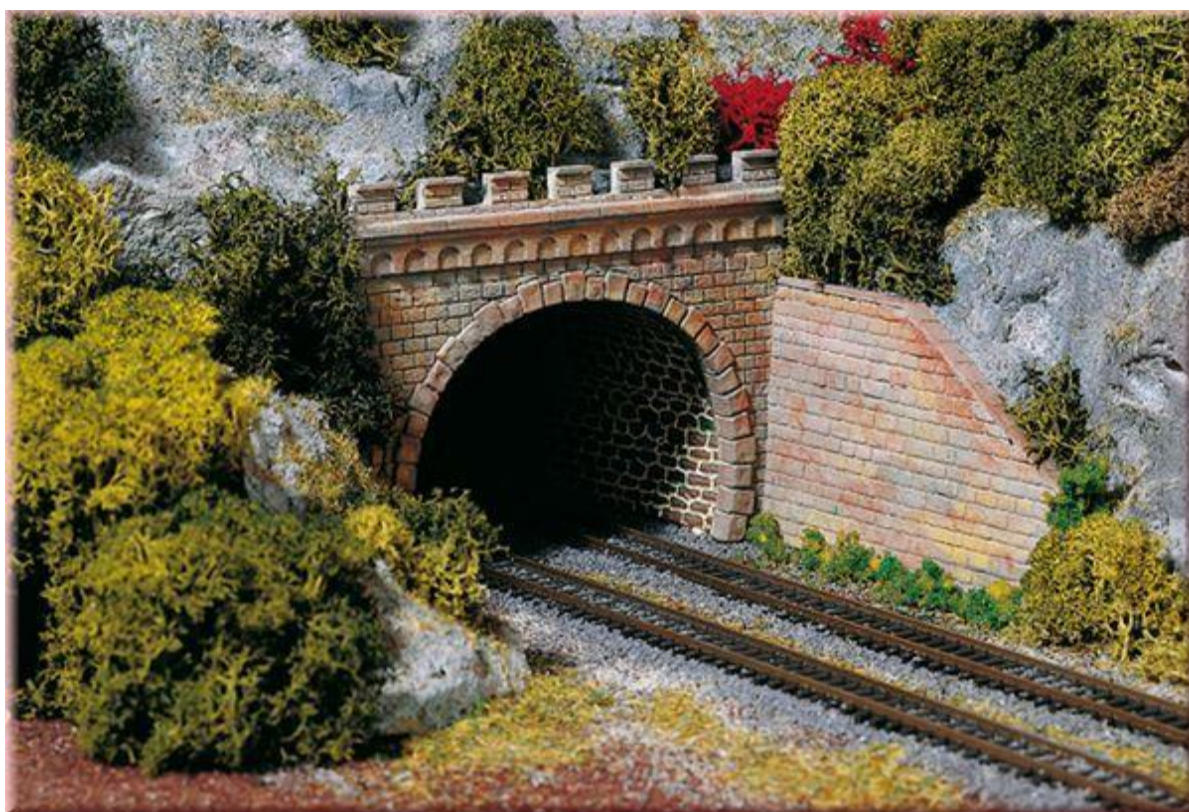


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Представлен проект железнодорожного тоннеля в Австрии. Длина тоннеля составила 21 км.

Тоннель разработан в соответствии со всеми современными нормами: водоотводные и дренажные устройства, вентиляция.

С помощью специальной программы Google Earth было получено изображение рельефа местности, где можно увидеть и трассировку тоннеля (рис. 1). Также построен продольный профиль тоннеля, где указан план линии,

уклоны, отметки проезжей части, отметки дневной поверхности, пикетаж и т.д. (рис. 2).

Материалы, используемые при строительстве должны отвечать требованиям огнестойкости, долговечности, прочности и устойчивости воздействия микроорганизмов и химической агрессивности грунтовых вод.

Литература:

1. Проектирование тоннеля, сооружаемого горным способом - https://knowledge.allbest.ru/construction/3c0a65635b3ac78b4c43a89421206c26_0.html;
2. СНиП 32-04-97 Тоннели железнодорожные и автодорожные - https://znaytovar.ru/gost/2/SNiP_320497_Tonneli_zheleznodo.html;

ТРАНСПОРТНЫЙ ТОННЕЛЬ С МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В РАЙОНЕ Г.КАНДИЛА И Г. ПАЛАИРОС, ГРЕЦИЯ

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

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

В рамках научной работы, было выбрано два города в Греции – Kandila и Palairos, проанализировав их месторасположение, геологический характер местности, потребности населения в транспортной сети между городами, а также перспективы расширения численности населения в дальнейшем - было принято решение разработать транспортный тоннель и спроектировать портал.

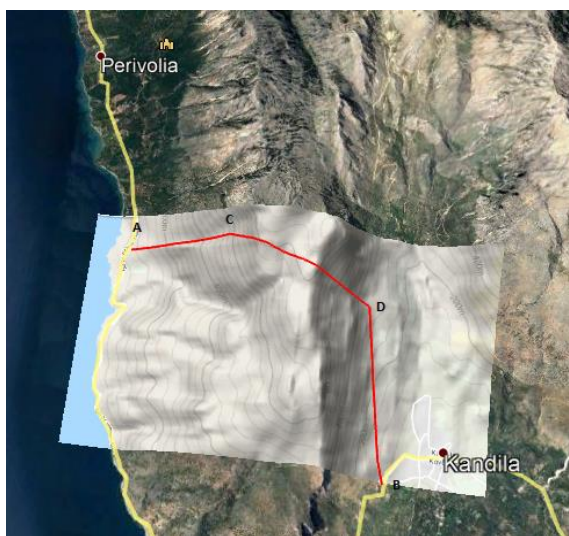


Рисунок 1 – Карта дорог



Рисунок 2 – Генеральный план и запроектированный тоннель

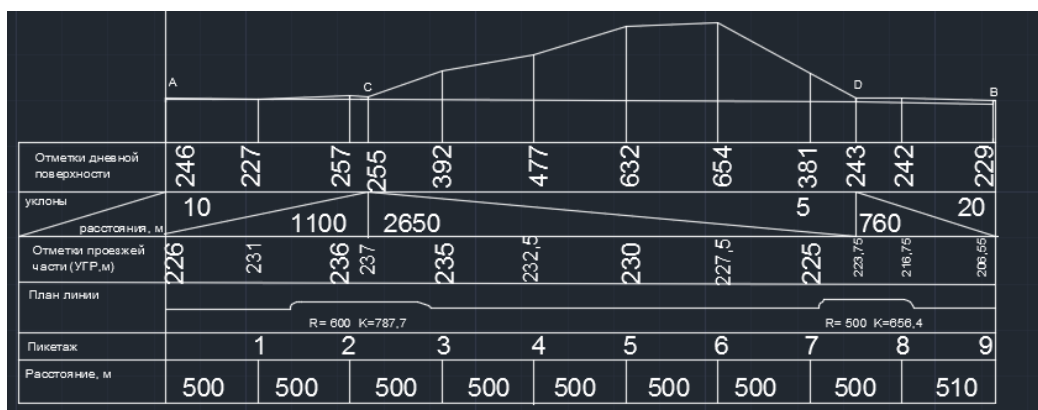


Рисунок 3 – Продольный профиль

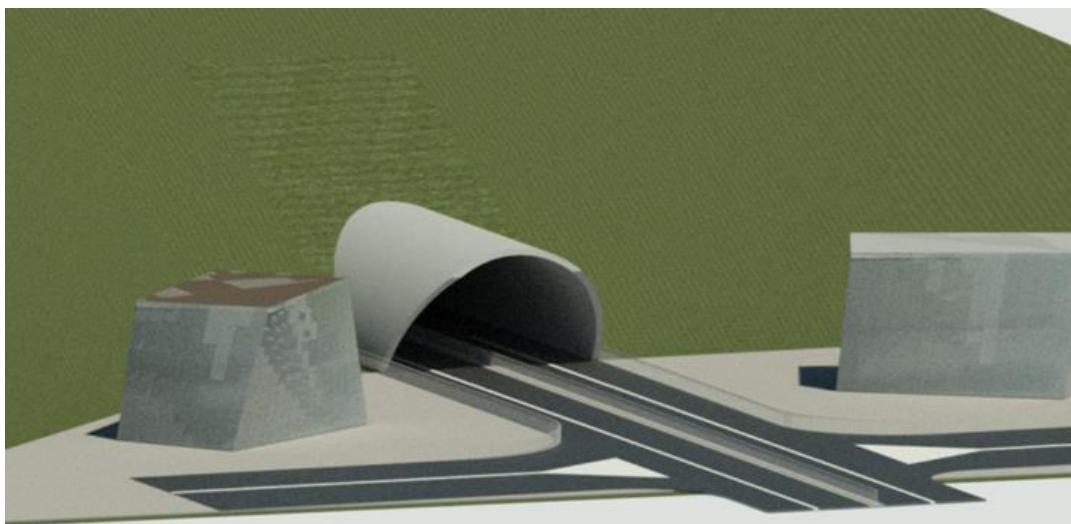


Рисунок 4 – Модель портала

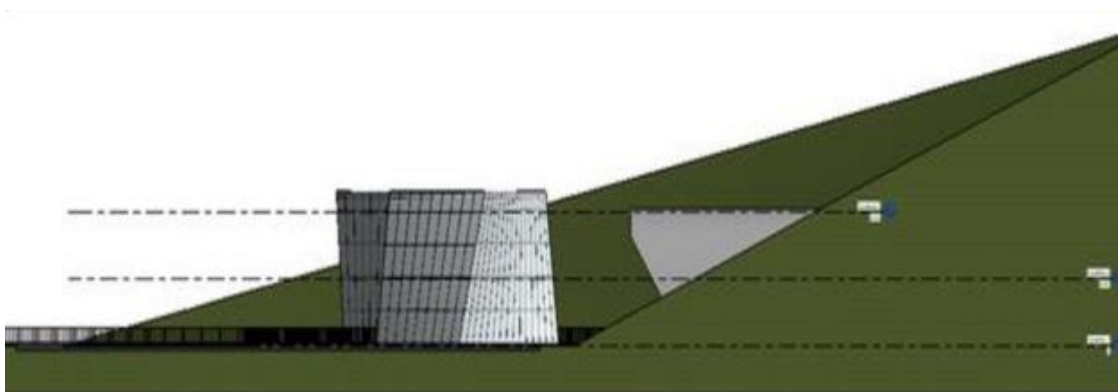


Рисунок 5 – Восточный фасад

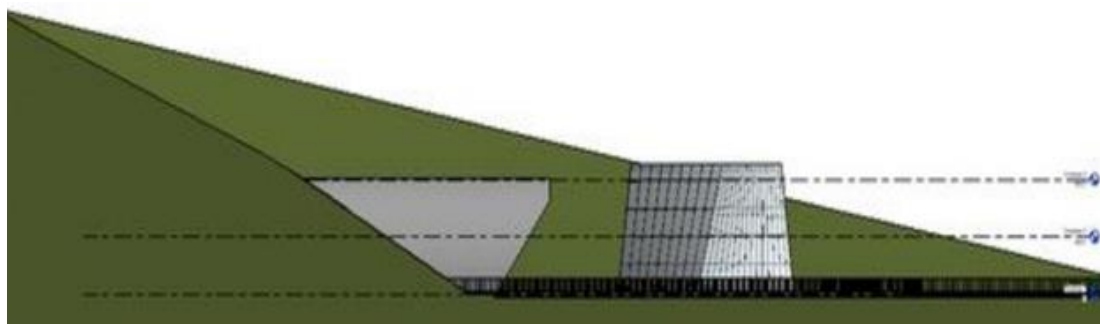


Рисунок 6 – Западный фасад

На входе (выходе) из тоннеля были спроектированы порталы. Портал представляет собой конструктивно-архитектурное решение, рядом с которым будут размещаться необходимые для полного функционирования подземной магистрали системы расположенные в соседнем сооружении. Большая часть здания будет предоставляться арендатором, которые смогут разместить внутри социально важного назначения. При падении температуры ниже нуля, бетон начинает быстро остывать, что не обеспечит стандартных условий его остывания. Но для сохранения нужной температуры бетона используют инфракрасный способ прогрева бетона, который нашел широкое применение в

строительстве. Инфракрасный способ прогрева бетона состоит в передаче тепловой энергии со специальных излучателей в обогреваемую бетонную конструкцию. Инфракрасные лучи направляют как на открытые поверхности бетонной конструкции, так и на закрытые поверхности. Данный способ может обеспечивать прогрев для тонких конструкций.

Литература:

1. Колокова Н.М., Копац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

ТОННЕЛЬ В ТАЙВАНЕ, ТАЙБЭЙ-ИЛАН

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

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

В моём проекте, был запроектирован автомобильный тоннель в районе городов Тайбэй – Илан. Из-за рельефа местности из пункта А в пункт Б добраться было проблематично. Тоннель между этими пунктами поможет исправить данную ситуацию. Этот тоннель назвали Сюэшань. Перевести это можно как «Снежная гора». Открытие этого тоннеля состоялось в 2006 году. Целью сооружения является улучшение транспортной коммуникации между городами.

С помощью спутниковых технологий были получены данные рельефа местности, результате которых был построен продольный профиль тоннеля между городами(Рис.1).

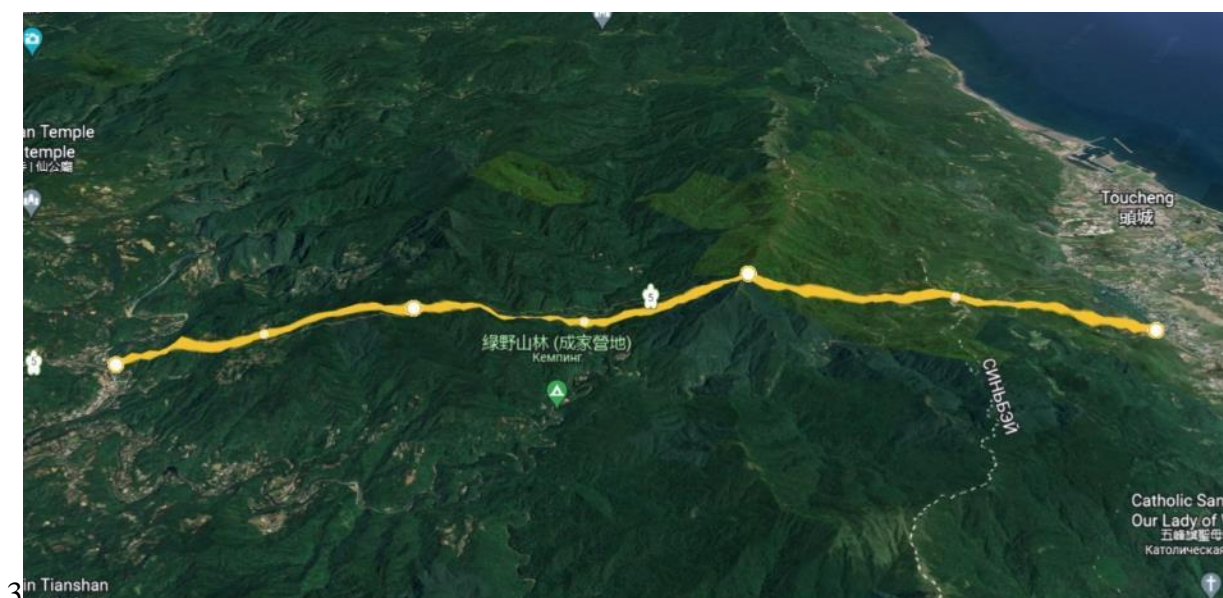


Рисунок 1 – Трассировка тоннеля

На въезде и выезде из тоннеля запроектированы порталы. Внутри тоннель оборудован системами видеонаблюдения, климат-контроля, освещения, контроля влажности, а также пешеходными дорожками. Длина тоннеля Сюэшань составляет около 12 900 км, что позволяет гостям столицы добраться до долины всего за 40 минут, что значительным образом повлияет на сокращение времени затраченного на передвижение между населенными пунктами.

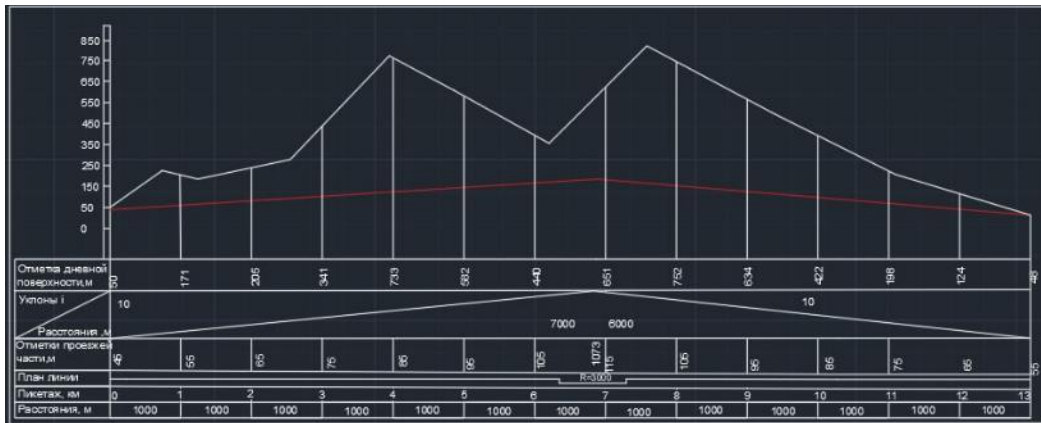


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости. На въезде и выезде из тоннеля запроектированы порталы. Скорость передвижения по тоннелю ограничена показателем 70 км/ч.

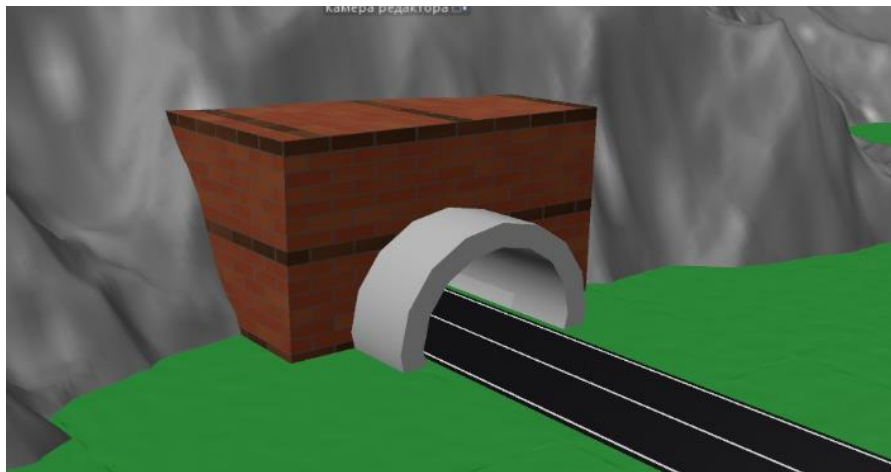


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Из нескольких вариантов трасс выбран оптимальный (Рис.4), так как туннель является двускатным и предназначен для движения автомобилей, то были выдержаны уклоны, оговоренные нормативной документацией.

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.
2. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г.
3. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Испании. Тоннель располагается между городами Кирога и О Барко (Рис.1).

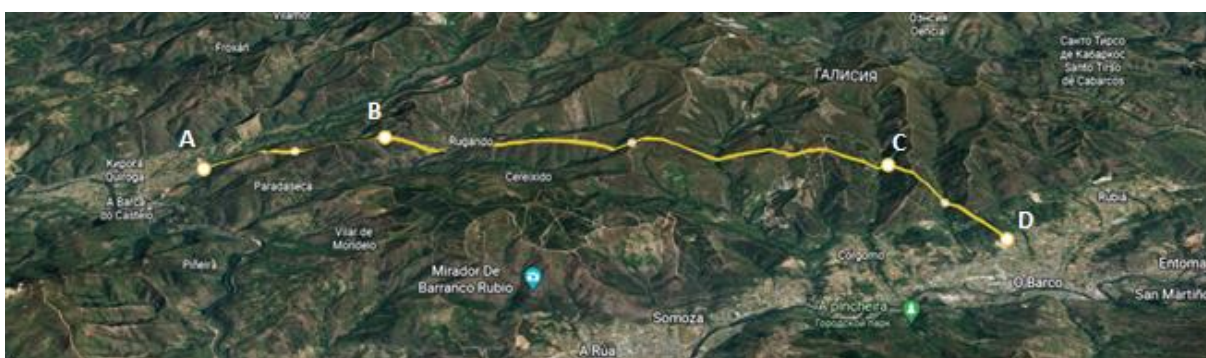


Рисунок 1 – Трассировка тоннеля и рельеф местности

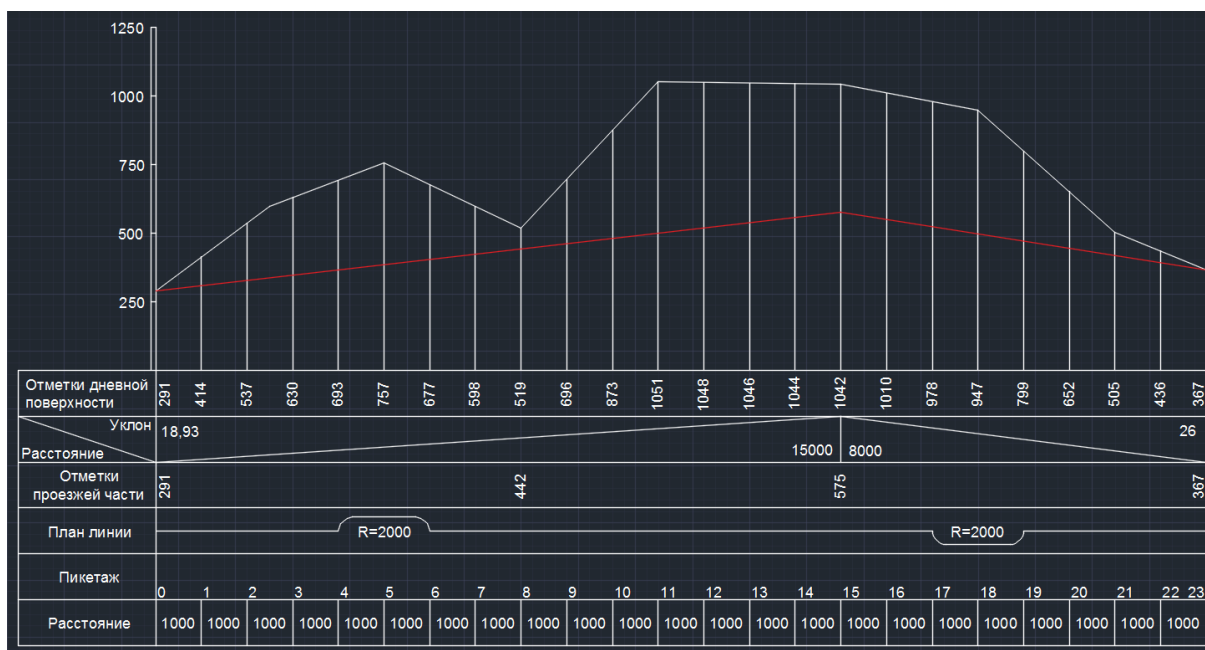


Рисунок 2 – Продольный профиль

Представлен проект автомобильного тоннеля в Испании. Длина тоннеля составила 23 км.

Тоннель разработан в соответствии со всеми современными нормами: водоотводные и дренажные устройства, вентиляция, электроосвещение, электроснабжение, электрооборудование, автоматика, сигнализация, связь. С помощью специальной программы Google Earth было получено изображение рельефа местности, где можно увидеть и трассировку тоннеля (рис. 1). Также построен продольный профиль тоннеля, где указан план линии, уклоны, отметки проезжей части, отметки дневной поверхности, пикетаж и т.д. (рис. 2).

Портал тоннеля был спроектирован в программном комплексе Revit (рис. 3).



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Материалы, используемые при строительстве должны отвечать требованиям огнестойкости, долговечности, прочности и устойчивости воздействия микроорганизмов и химической агрессивности грунтовых вод.

Литература:

1. Проектирование тоннеля, сооружаемого горным способом - https://knowledge.allbest.ru/construction/3c0a65635b3ac78b4c43a89421206c26_0.html;
2. СНиП 32-04-97 Тоннели железнодорожные и автодорожные - https://znaytovar.ru/gost/2/SNiP_320497_Tonneli_zheleznodo.html;

ЭКОЛОГИЯ. ДЕМОНТАЖ И УТИЛИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

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

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

Индустрия демонтажа за последние 40 лет претерпела радикальные преобразования, и в ней используются различные средства для демонтажа и утилизации железобетонных конструкций. Использование отбойных молотков, разрушающих шаров, гидравлического экскаватора и струй воды являются примерами традиционных методов сноса (включая ручной снос, механический снос, взрывной снос и т.д.) (Рис.1).



Рисунок 1 – Демонтаж и переработка бетонных и железобетонных конструкций

Традиционные технологии демонтажа имеют много проблем, таких как громкий шум, загрязнение пылью и очевидная вибрация, которые часто оказывают много негативных последствий на окружающую среду. Это противоречит требованию защиты окружающей среды, особенно в благополучных районах некоторых городов. Поэтому широко используются и развиваются экологически чистые технологии демонтажа железобетонных конструкций. Они заключаются в следующем:

- Способ электрического нагрева
- Метод резонансного разрушения
- Технология разрушения пробуренного керна

1. Способ Электрического Нагрева

Существует две категории методов электрического нагрева:

- 1) метод прямого нагрева;
- 2) метод индукционного нагрева.

Метод прямого нагрева стал основным направлением развития экологически чистых технологий демонтажа. Два конца арматуры подвергаются воздействию методом прямого нагрева и устанавливаются электроды. Низкое напряжение (25 В) и высокий переменный ток применяется для создания сопротивления потере тепла, что приводит к расширению стальной арматуры. Тепловое расширение стальной арматуры и окружающего бетона создает растягивающее напряжение в бетоне, а нагретые стальные стержни разрушают связь между ними и бетоном. Затем бетон вокруг трещины можно легко сбить с помощью зубила или гидравлического молотка. В конечном счете бетонное покрытие может быть удалено путем растрескивания, а расслоение происходит при электрическом нагреве арматурной стали.

Преимущества метода прямого нагрева заключаются в следующем:

- Этот метод использует электрическую энергию, поэтому им легко управлять.
- Шум и вибрация незначительны во время снятия бетонного покрытия.
- Бетон и сталь откалываются блоками, поэтому образующаяся пыль минимальна.
- Опасность для строителей и окружающей среды снижается из-за отсутствия взрывчатых веществ.

Это новый метод обеспечения безопасности и защиты окружающей среды при сносе железобетонных конструкций. Однако недостатком метода прямого нагрева является то, что электроды должны быть прикреплены к стали, поэтому бетонное покрытие разрезается, чтобы обнажить два конца стали для нагрева. Метод индукционного нагрева использует индукционную катушку для воздействия на стальные стержни, заглубленные в бетон, переменным магнитным полем и генерирует блуждающие токи в стальных стержнях. Возникающая в результате потеря сопротивления используется для нагрева стальной арматуры и образования трещин в бетоне. Этот метод был опробован японскими исследователями в 1978 году с использованием С-образных магнитов. Исследователи создали переменное магнитное поле с помощью вихревого плоская катушка тока. Частота составляет 3 Гц, 32 Гц и 200 кГц, а мощность составляет 100 кВт и 200 кВт, которые используются для нагрева образца с бетонным покрытием 100 мм и диаметром стальной арматуры менее 35 мм или 38 мм. При 200 кВт повышение температуры значительно больше, чем при 100 кВт. Результаты испытаний показывают, что существенной разницы между частотами 3 Гц, 32 Гц и 200 кГц.

2. Метод Резонансного Разрушения

Метод резонансного сноса имеет большие преимущества по сравнению с традиционными методами сноса:

- Он не производит пыли или шума, поскольку естественная частота вибрации стены не находится в диапазоне, который может различить человеческий слух.;
- Он экономичен, экологичен и безопасен, и он может в полной мере использовать энергию, выделяемую резонатором, то есть эффективность использования энергии достигает самого высокого уровня.
- Этот метод может уменьшить воздействие вредных газов на окружающую среду.

Метод резонансного сноса способствует восстановлению некоторых ресурсов, что соответствует требованиям стратегии устойчивого развития. До сих пор этот метод все еще находится в экспериментальной стадии разработки. Проблемы отказа систем с неопределенной вибрационной структурой возникали по двум путям. Одним из них является исследование отказов на основе реакций (смещение, напряжение и т.д.) вынужденной вибрации. Другой - исследование отказов на основе соотношения между собственной частотой и вынуждающей частотой вибрационных систем при резонансе и не резонансе. Железобетонная колонна и балка не могут быть удалены методом резонансного сноса, который может устранить лишь небольшое количество негазированных разрушений железобетонных конструкций: Обзор результатов исследований несущая или несущая конструкция.

Таким образом, существует много ограничений при использовании метода резонансного разрушения.

3. Технология разрушения пробуренного керна

Технология разрушения просверленного керна подходит для элементов железобетонной конструкции с относительно плотными стальными стержнями. Сверло для отбора керна позволяет избежать натяжных стержней и просверлить опорные элементы вертикально или горизонтально через зазор между арматурными стержнями. После завершения сверления основные стержни будут отрезаны с помощью режущего станка, и, наконец, секции после резки будут подняты краном.

Этот метод имеет некоторые преимущества:

- Он сочетает в себе характеристики высокой безопасности ручной демонтаж бетонной опоры и быстрое механическое дробление бетонной опоры.
- Он может одновременно работать несколькими сверлами для отбора керна и значительно экономить период строительства.

- Он имеет простую рабочую процедуру, легкий доступ к используемому оборудованию и низкую стоимость.
- Этот метод отличается высокой точностью конструкции, высокой скоростью и отсутствием загрязнения пылью. Бетонная поверхность гладкая, и она в основном применима для сноса железобетонных опорных элементов.
- Вакуумная дисковая дрель может прочно адсорбироваться на плоском здании, нет необходимости в других стационарных устройствах, поэтому поверхность здания вообще не повреждается.

Однако метод бурения керна имеет некоторые недостатки:

- 1) Эффективность строительства этого метода все еще относительно низкая.
- 2) Установка каркаса займет много времени на строительство.

Литература:

1. Проблема утилизации бетонных и железобетонных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: studbooks.net/2324197/nedvizhimost/problema – Дата доступа: 19.04.2022.
2. Проблема утилизации железобетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-utilizatsii-zhelezobetona-i-poisk-effektivnyh-putey-ee-resheniya-1/viewer> – Дата доступа: 19.04.2022.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ ВИТЕБСК НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ФРУНЗЕ И УЛИЦЫ ЛЕНИНА

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

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

Нашей задачей было запроектировать многофункциональную подземную развязку в городе Витебск на пересечении двух наиболее загруженных улиц. Плотность населения составляет 2811,7 чел./км². Было выбрано пересечение проспектов Фрунзе и улицы Ленина, так как пробки на этом перекрестке достигают 9 баллов. Для разгрузки пересечения была создана модель с применением технологии виртуальной реальности, что позволяет инженерам проработать конструктивное решение сооружения. Также присутствуют заезды и выезды из каждого блока. Общий вид многофункциональной развязки и фасады представлены на рисунках 2-3.

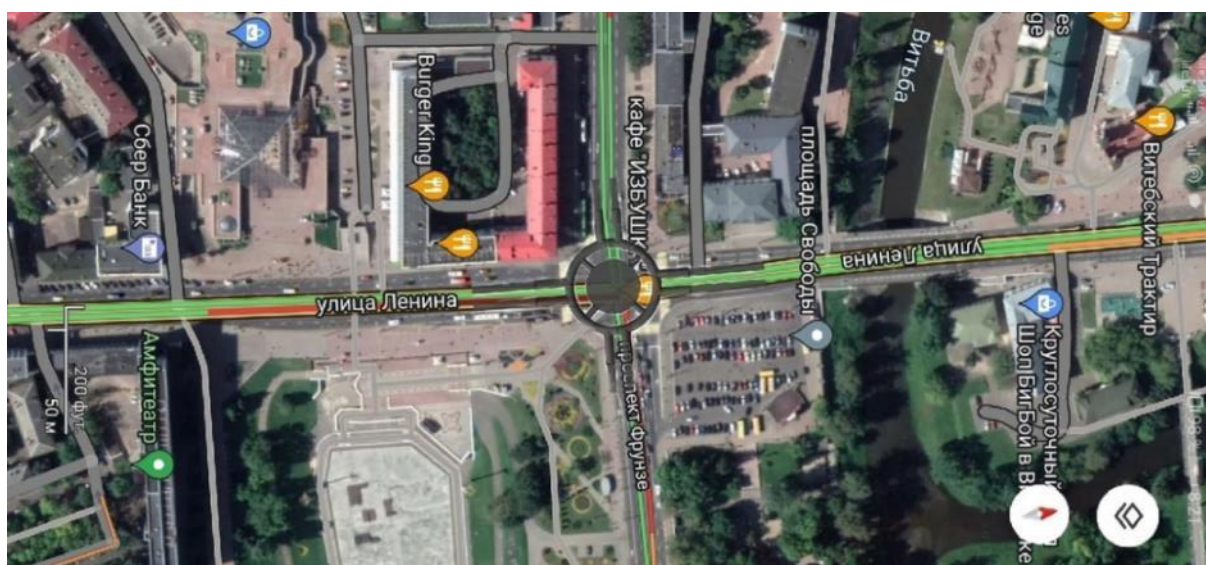


Рисунок 1 – Генплан подземной транспортной развязки

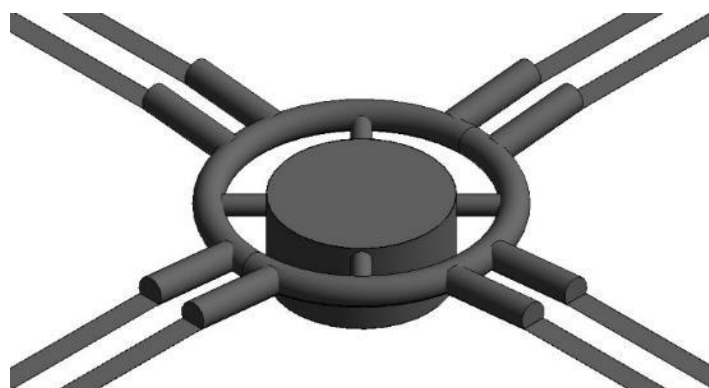


Рисунок 2 – Общий вид подземной транспортной развязки

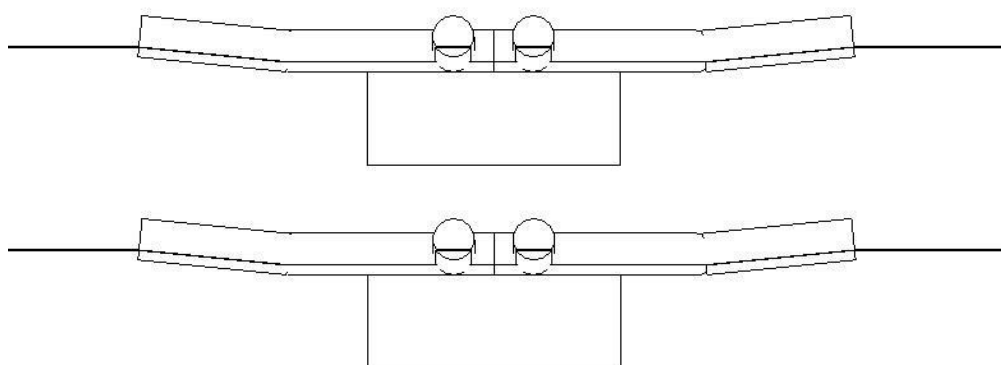


Рисунок 3 – Фасады подземной транспортной развязки

Таким образом использование в учебном процессе технологии виртуальной реальности позволяет студенту находится внутри объекта, что позволяет оптимизировать конструктивные решения в реальных условиях пятна застройки и 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.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ ГАРМИШ-ПАРТЕНКИРХЕН-МИТТЕНААЛЬД В ГЕРМАНИИ

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля находится в Германии. Тоннель располагается между городами Гармиш-Партенкирхен и Миттенаальд (Рис.1).



Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

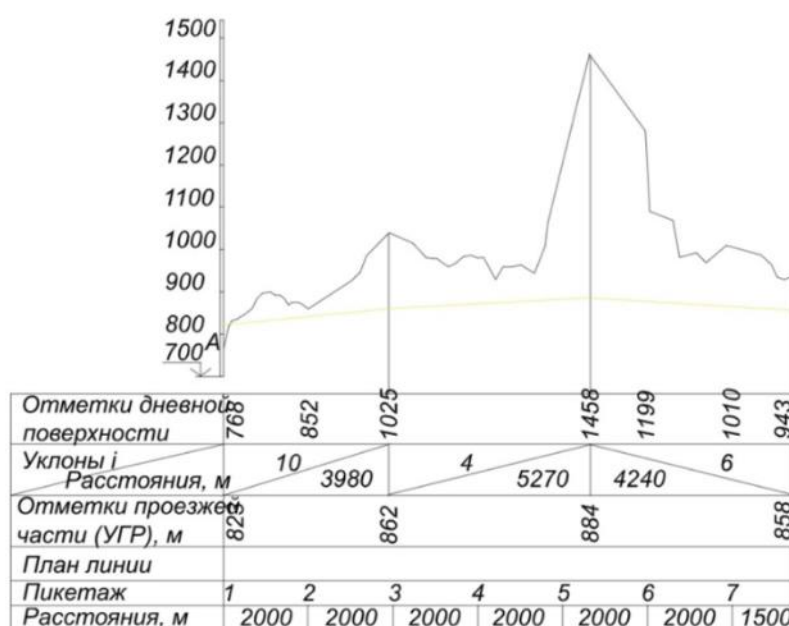


Рисунок 2 – Продольный профиль участка



Рисунок 3 – Портал тоннеля

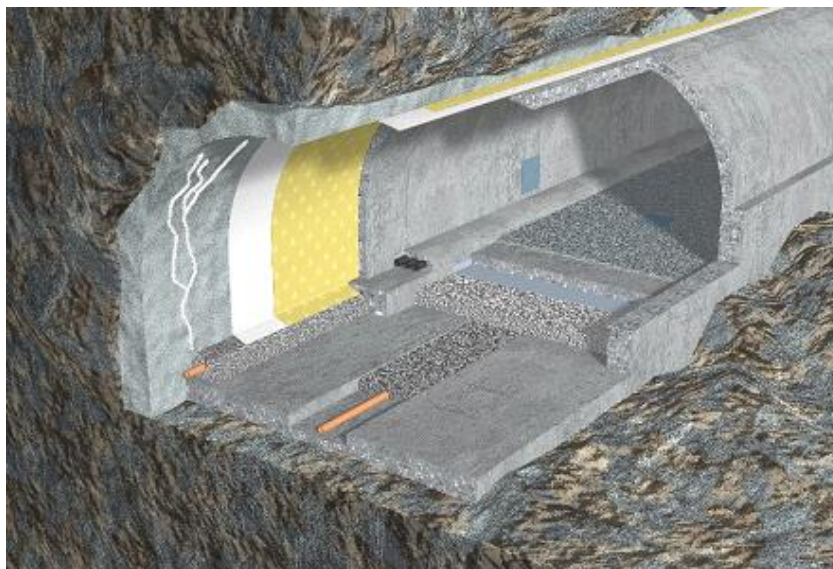


Рисунок 4 – Визуализация тоннеля

Перед строительством туннеля проводятся детальные анализы грунта и пробные бурения. Подземное сооружение способствует улучшению транспортной логистики региона, привлечению большего числа денежных средств в регион, т.к. туннель сможет предложить перевозчикам и туристам более выгодный маршрут. Вентиляция очень важна при строительстве туннеля, чтобы устранить дым от транспортных средств и обеспечить лучшую циркуляцию воздуха внутри туннеля. Строительство туннелей в большинстве случаев дорого, но экономит время и обеспечивает комфорт. Для строительства туннеля необходимы большие выемки грунта или камня и т. д.

Расчетная скорость движения автомобильного транспорта в туннеле должна составлять 90-110 км/ч.

ПРОЕКТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДОВ КРАСНЫЙ КАРАЧАЙ – ТЕБЕРДА (РОССИЯ)

*Сидорович Александр Михайлович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение железнодорожного тоннеля выбрано в России. Тоннель пролегает между городами Красный Карачай и Теберда (Рис. 1).

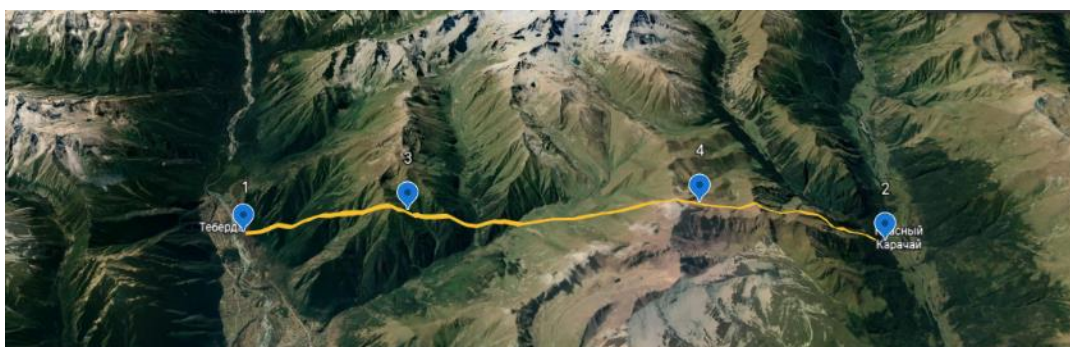


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

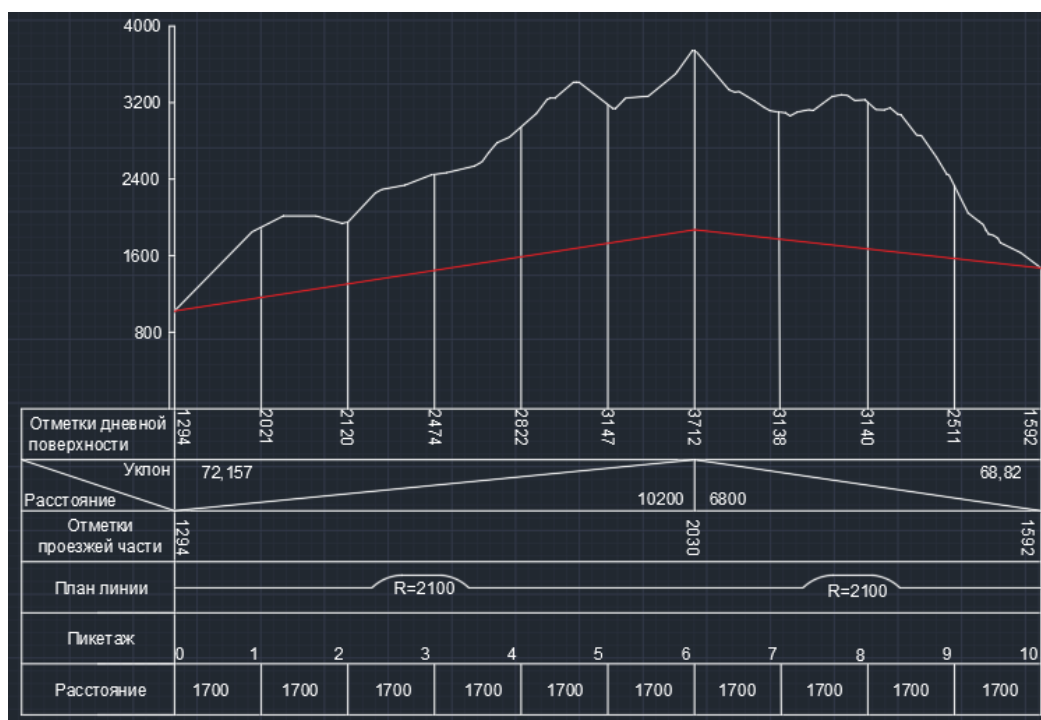


Рисунок 2 – Продольный профиль

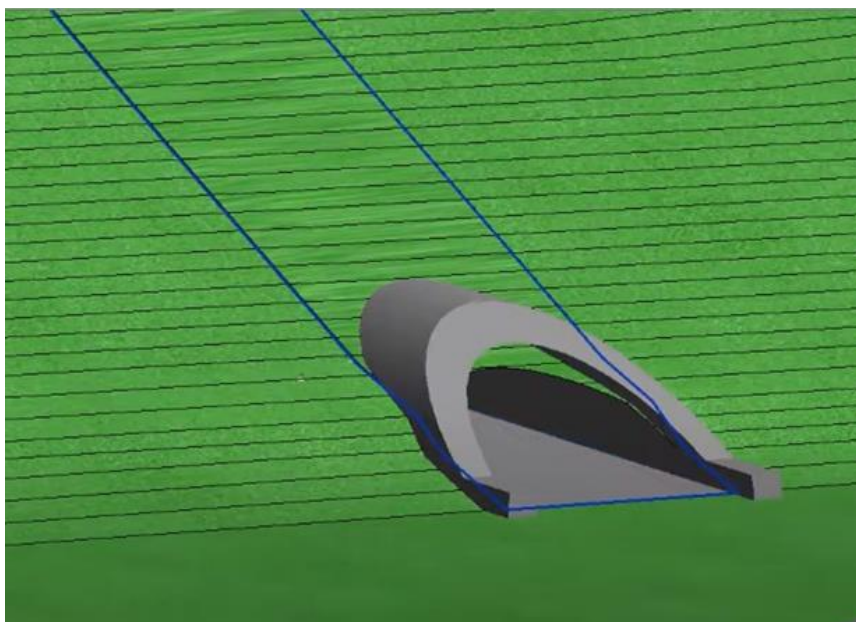


Рисунок 3 – Портал Тоннеля

Большинство железнодорожных туннелей в России встречается с проблемами безопасности. Было установлено, что большее количество туннелей, являющихся долей европейской путевой системы, не отвечают нынешним европейским условиям безопасности.

Требуется модернизация данных туннелей таким образом, чтобы они отвечали условиям безопасности, сейчас это необходимо проанализировать надзорным органом Европейской ассоциации свободной торговли ЕСА. По мнению ЕСА, российское правительство обязано расставить приоритеты в работах по безопасности.

Программа благоустройства автомобильных туннелей уже ведется, но работы по модернизации займут несколько лет.

Множество проливных дождей было на границе с Грузией, вследствие чего множество туннелей были моментально затоплены.

Именно из-за этого было принято решение построить туннели в горной местности, дабы избежать в будущем повторения вышеуказанной проблемы. Тоннель проходит на высоте в среднем 500 метров, что должно помочь избежать затопления.

Железнодорожный туннель спроектирован в один ярус, для возможности передвижения поездов. Длина туннеля составляет 17 км. Тоннель разработан по современным нормам: обязательное отопление, вентиляция, освещение, водоотводные устройства.

С помощью спутниковых систем получены отметки дневной поверхности и построен продольный профиль. Пространственная модель туннеля сделана в программном комплексе Revit.

Материалы при строительстве должны отвечать требованиям долговечности, прочности, морозостойкости, стойкости против агрессивных воздействий внешней и внутренней среды, несгораемости.

Литература:

1. Учебно-методическое пособие для студентов специальности «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» - Проектирование тоннелей, сооружаемые горным способом, Г.П. Пастушков, В.А. Кузьмицкий, В.Г. Пастушков, Минск 2005г
2. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.
3. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
4. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007.

КРУГОВОЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В ЛУДЖИАЗИ (КИТАЙ)

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

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

Ещё с древности Китай славился своей обособленной и необычной архитектурой. Сейчас же страна является одной из наиболее технологичных в сфере строительства. Одним из примеров сочетания технологичности и эстетики является пешеходный мост в изысканном финансовом районе Луджиази города Шанхая (Рис.1). Своё название мост получил благодаря его достаточно необычной форме. Он выполнен в форме кольца, что позволяет избежать проблем с трафиком в час пик.



Рисунок 1 – Общий вид кругового моста

Строительство моста началось в 2011 году и уже в 2012 он был сдан в эксплуатацию. Он сразу же стал достопримечательностью для туристов и пользуется большим спросом до сих пор. Помимо организации движения улиц, он соединяет финансовые центры с торговыми центрами, ресторанами и кафе.

Благодаря ширине его пешеходной части на нём одновременно может идти до 15 человек в ряд.

Мост возвышается почти на 5.5 метров (16 футов) над улицей, с многочисленными входами и выходами, оборудованными эскалаторами. Очень современный дизайн и длинные пролеты между опорами очень органично вписываются в местную архитектуру и придаёт улице уникальности. Ночью же мост подвечивается большим количеством LED ламп, установленных вдоль пролетного строения.

Литература:

1. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.amusingplanet.com/2012/12/circular-pedestrian-bridge-in-lujiazui>. – Дата доступа: 01.12.2012
2. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.knstrct.com/architecture-blog/2012/10/21/lujiazui-circular-pedestrian-bridge-china>. – Дата доступа: 21.10.2012
3. Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://whenonearth.net/lujiazui-circular-pedestrian-bridge-shanghai-china/>. – Дата доступа: 22.10.2012

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РОССИИ ДОМБАЙ-КРАСНЫЙ КАРАЧАЙ

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в России. Тоннель пролегает между городами Домбай и Красный Карачай (Рис. 1).

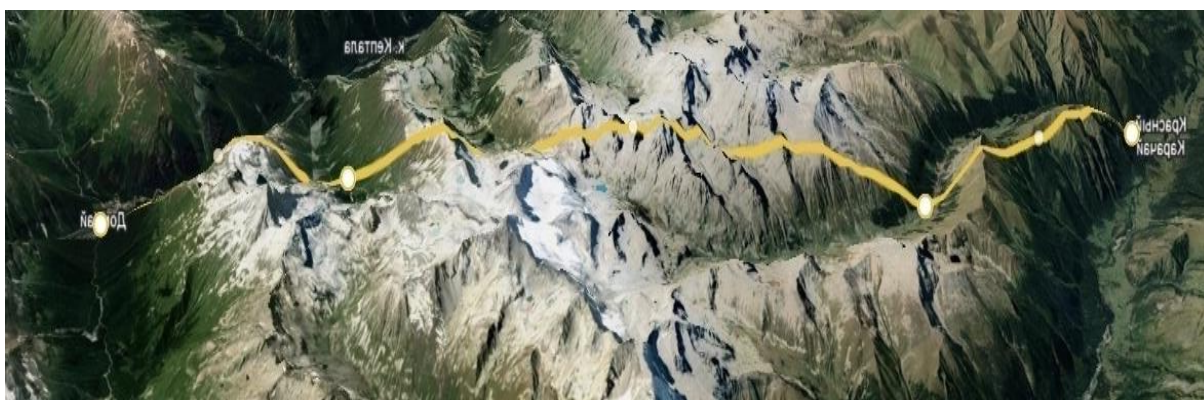


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

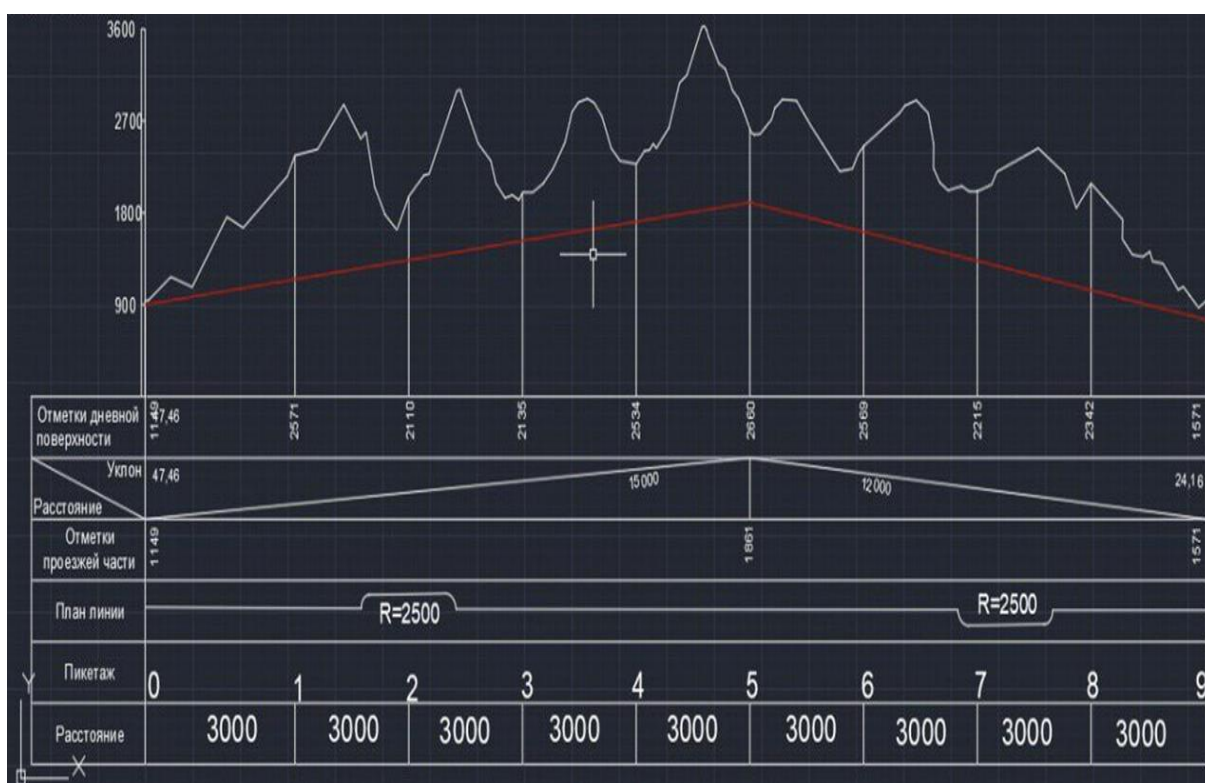


Рисунок 2 – Рельеф местности

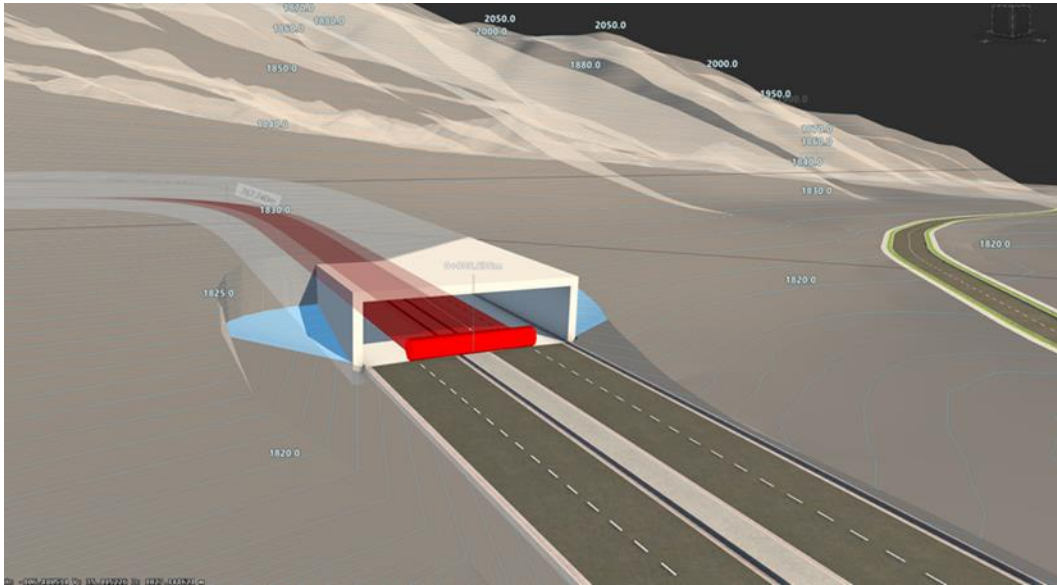


Рисунок 3 – Портал тоннеля

Ряд автомобильных туннелей в России сталкивается с проблемами безопасности. Было установлено, что множество туннелей не отвечают современным требованиям безопасности.

Необходима модернизация этих туннелей таким образом, чтобы они отвечали требованиям безопасности, сейчас это необходимо рассмотреть надзорным органом, правительство должно расставить приоритеты в работах по безопасности.

Программа благоустройства автомобильных туннелей уже ведется, но работы по модернизации займут несколько лет.

Sovik подчеркивает, что тяжелые транспортные средства особенно выделяются в российской статистике пожаров, особенно для туннелей высокого класса. Было установлено, что технические неисправности в тяжелых транспортных средствах являются причиной пожаров более чем в два раза чаще, чем в легких транспортных средствах. Кроме того, 40% всех пожаров в туннелях в стране происходят в туннелях с уклоном более 5 процентов.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В ЯПОНИИ (ИНА-ФУДЗИМИ)

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

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

Для улучшения транспортного сообщения в районе города Ина и Фудзими, в рамках проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения», был запроектирован автодорожный тоннель. (Рис. 1)

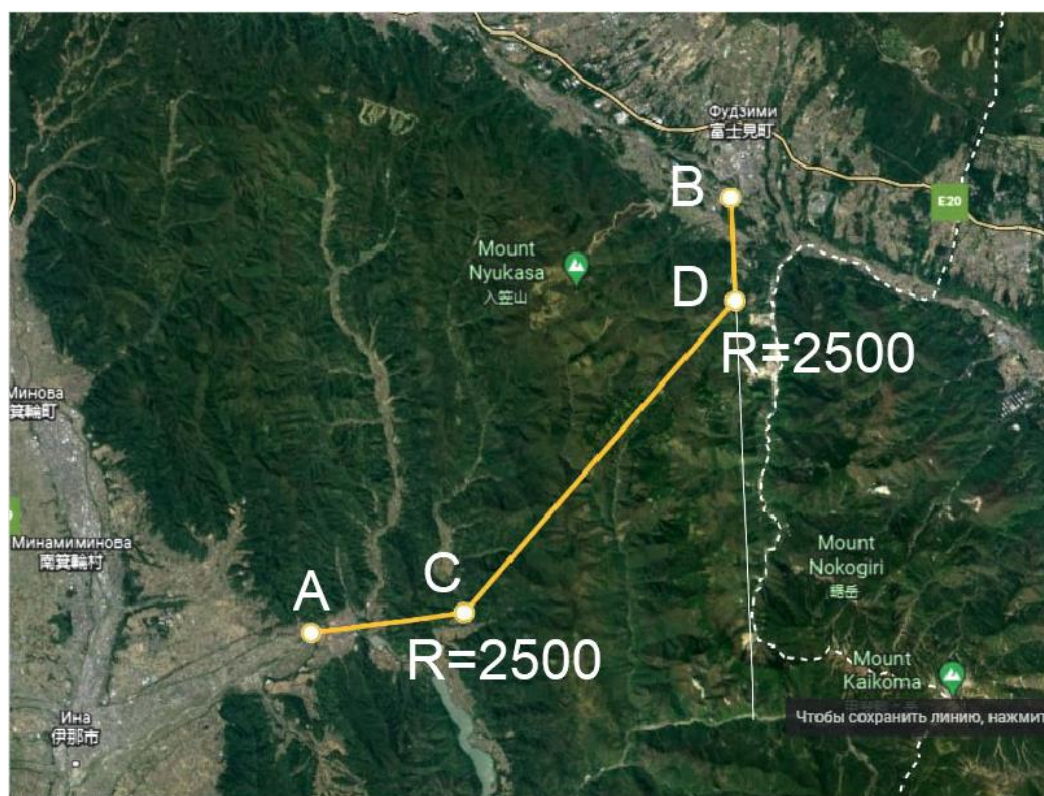


Рисунок 1 – План местности

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 15км с двумя углами поворота радиусом 2500 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает 45‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения в тоннеле должна составлять 90-110км/ч.

Снизить аварийность в автодорожном тоннеле можно путем использования тросовых ограждений, ведь они способны выдерживать большую статическую нагрузку на разрыв. Это даёт возможность остановить автомобиль даже на высоких скоростях, повреждённые тросы при этом легко заменяются.

Конструкции имеют цинковое покрытие, что даёт защиту от коррозии. Это позволит конструкции не терять прочностных свойств в течении долгих лет, что в свою очередь убирает необходимость частой замены её элементов. На данный момент производству дорожных ограждений из тросов уделяется всё больше внимания, ведь они намного безопаснее, надёжнее и дешевле стандартных барьеров.

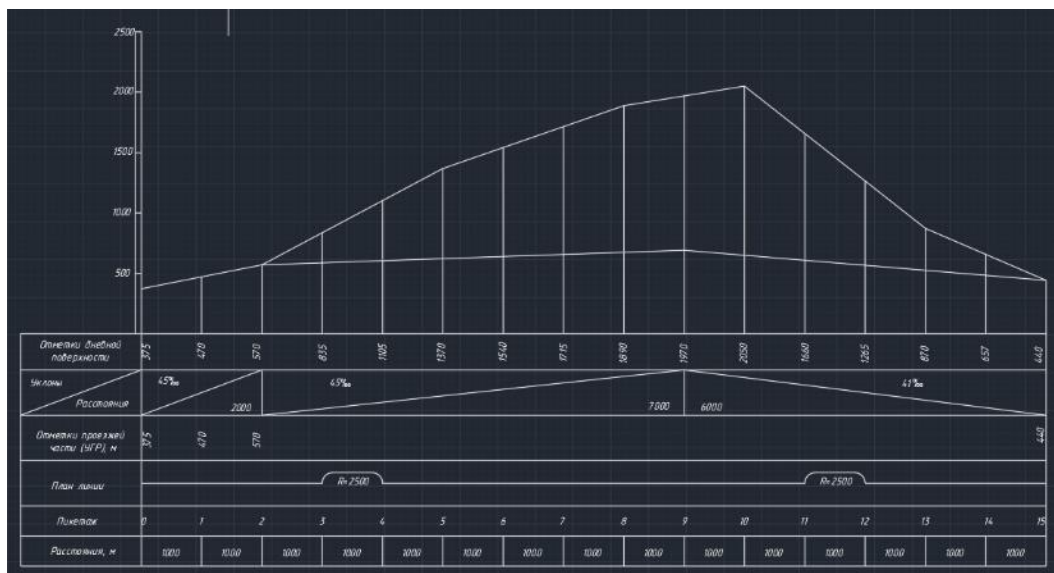


Рисунок 2 – Продольный профиль тоннеля

На входах-выходах из тоннеля были запроектированы порталы. Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, предусматривающее возведения зданий, рядом с наземной частью тоннеля, в которых размещается всё необходимое для полного функционирования подземной магистрали. (Рис. 3)

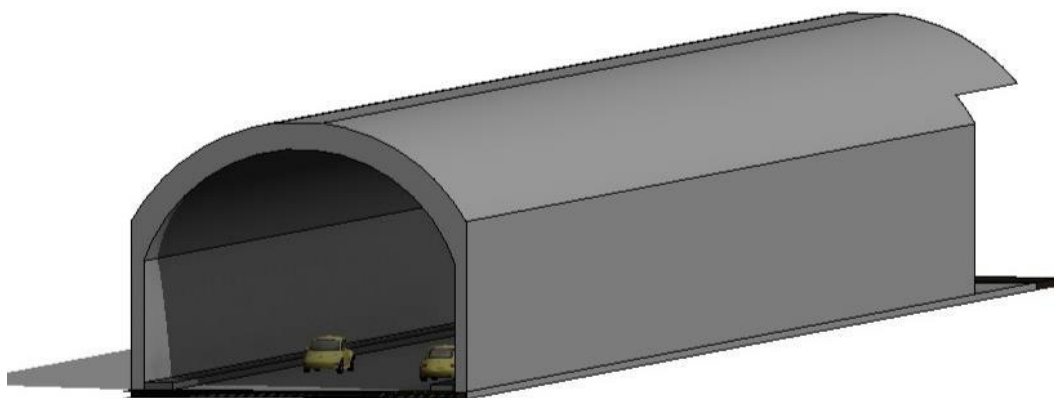


Рисунок 3 – Разрез

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.

ПРОЕКТ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОННЕЛЯ В РАЙОНЕ ГОРОДА ЦЕЛЛА-ФРИДЕБАХ (ГЕРМАНИЯ)

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

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

В моём проекте, был запроектирован автомобильный тоннель в районе городов Целла-Фридебах (Германия). Из-за рельефа из пункта А в пункт Б добраться проблематично. Тоннель между этими пунктами поможет исправить данную ситуацию.



Рисунок 1 – План трассы

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 3,68 км с двумя поворота радиусом по 700 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает до 5‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения автомобильного транспорта в тоннеле будет составлять 100-120 км/ч.

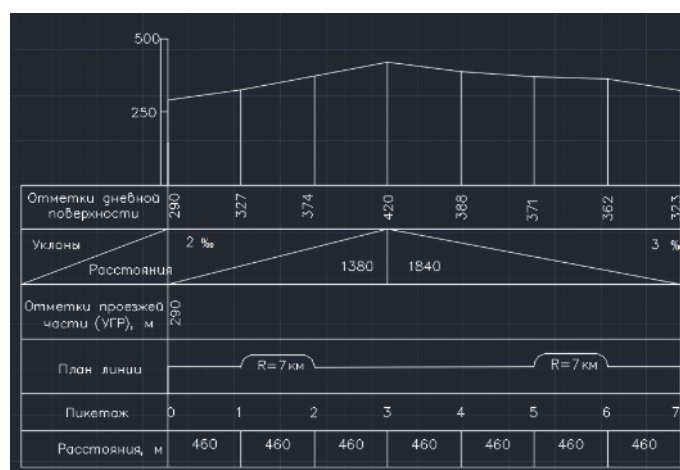


Рисунок 2 – Продольный профиль трассы

На входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3,4). Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, рядом с которым будут размещаться необходимые для полного функционирования подземной магистрали системы, расположенные в соседнем сооружении. Большая часть здания будет предоставляться арендаторам, которые смогут разместить внутри объекты социального и логистического назначения.

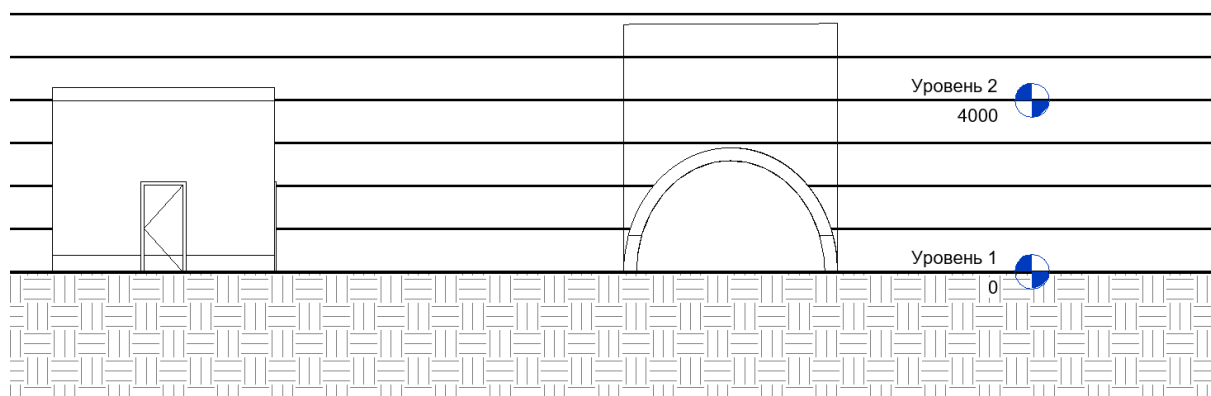


Рисунок 3 – Южный фасад

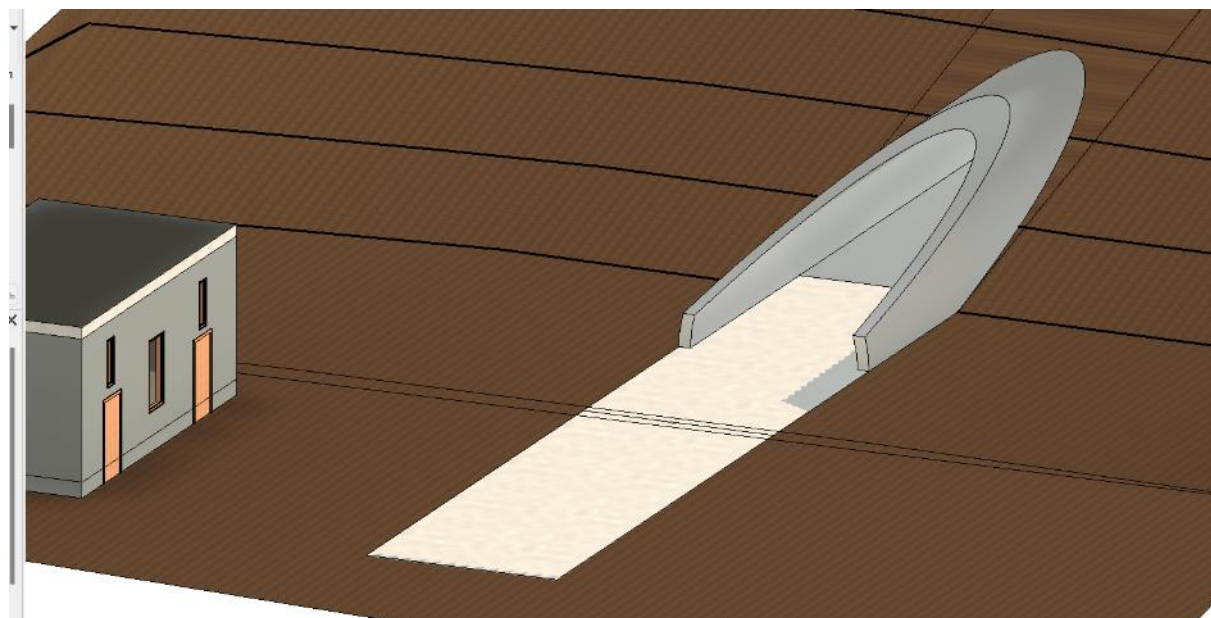


Рисунок 4 – Общий вид портала

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.
2. Демьянушко И.В. Тросовые ограждения – новое в обеспечении безопасности на автомобильных дорогах // Для всех, кому дороги дороги. – 2012. - №19 – С. 28-29

ТОННЕЛЬ В ШВЕЙЦАРИИ МЕЖДУ ГОРОДАМИ ЛАВОРГО И АКВАРОССО

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Швейцарии. Тоннель располагается между городами Лаворго и Акваросса (Рис.1).

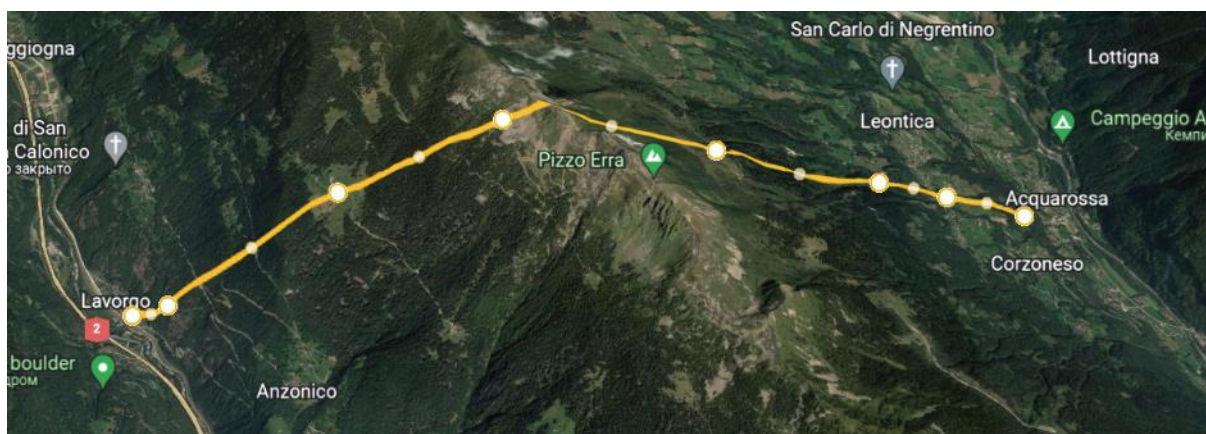


Рисунок 1 – Трассировка тоннеля

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 7200м. Максимальный уклон проезжей части не превышает 25%. Расчетная скорость движения в тоннеле должна составлять 90-110км/ч.

Снизить аварийность в автодорожном тоннеле можно путем использования тросовых ограждений. способность тросового дорожного ограждения выдерживать высокую статическую нагрузку на разрыв. Это позволяет остановить автомобиль, если он движется на большой скорости. При повреждении троса его легко заменить. Конструкции снабжаются цинковым покрытием, поэтому они будут надежно защищены от коррозии. Это позволит не терять прочность в течение многих лет, поэтому менять элементы часто не потребуется. Производству дорожных ограждений с использованием тросов уделяется все больше внимания. По многим параметрам такое решение надежнее и безопаснее традиционных барьеров, к тому же более выгодно экономически.

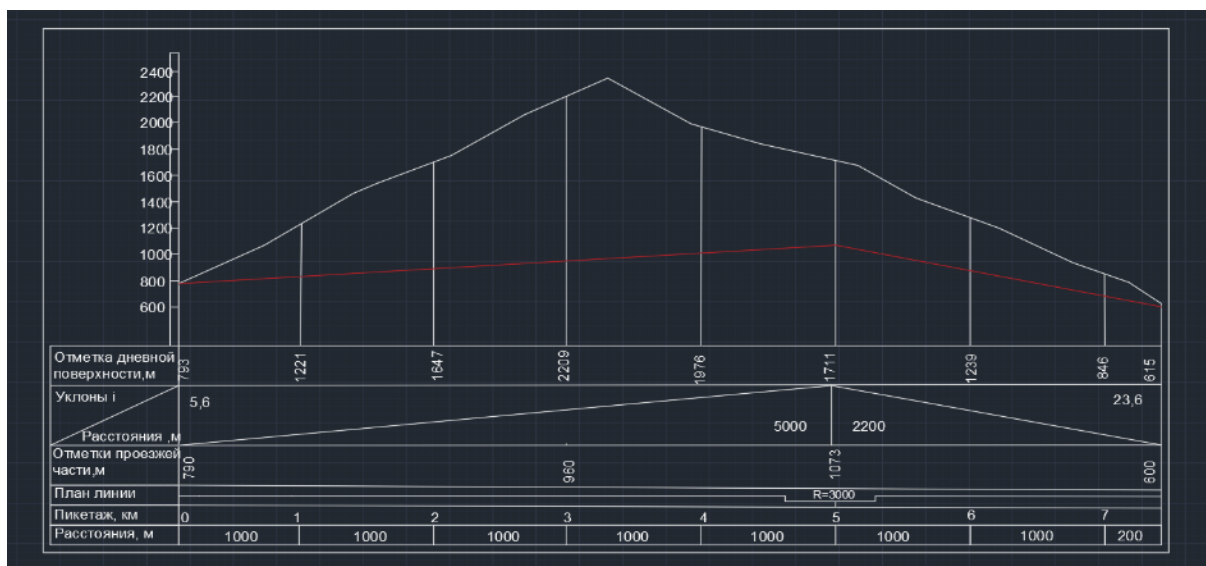


Рисунок 2 – Продольный профиль туннеля



Рисунок 3 – Портал туннеля

Из нескольких вариантов трасс выбран оптимальный (Рис.3), так как туннель является двускатным и предназначен для движения автомобилей, то были выдержаны уклоны, оговоренные нормативной документацией.

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.

ПОЛОЦКИЙ ЗАВОД ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МОСТА В ПОЛОЦКЕ

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

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

Завод основан в 2011 году. Развитие завода связано с реализацией инвестиционного проекта по реконструкции бывшего комбината сельского домостроения и созданием на его основе производства металлоконструкций. С 2012 по 2014 поделана колоссальная работа и создано совершенно новое производство. В 2014 году была выпущена первая продукция. На момент 2022 года выпущено более 35000 тонн металлоконструкций.



Рисунок 1 – Цех металлоконструкции

Услуги и продукция:

1. Разработка КМД и 3D моделирование в Tekla Structures
2. Металлоконструкции для гражданского и промышленного строительства
3. Сварной решетчатый настил
4. Реализация металлопроката

Этапы производства:

1. Получение КМ и оценка стоимости заказа
2. Назначение менеджера проекта
3. Разработка КМД
4. Закупка материалов
5. Подготовка производства
6. Производство заготовки
7. Сборка и сварка
8. Аттестованная сварочная лаборатория
9. Контроль качества на всех этапах
10. Нанесение АКЗ
11. Упаковка и отгрузка
12. Шеф-монтаж и сопровождение



Рисунок 2 – Общий вид сборочной линии

Завод создавался ориентированным на объекты энергетического сектора экономики, где предъявляются высокие требования к квалификации поставщика и качеству продукции. Чтобы соответствовать этим требованиям, предприятие с самого своего основания встало на путь инновационного развития и современных технологий.

СООО «НЗТМ» является резидентом СЭЗ «Витебск», что позволяет предприятию пользоваться особым режимом предпринимательской деятельности, предусматривающим льготы при реализации инвестиционных проектов.

Пока в Полоцке в очередной раз приводят в порядок мост на улице Юбилейной, посмотрим, как выглядел старый мост в городе около ста лет назад – в начале своего существования.

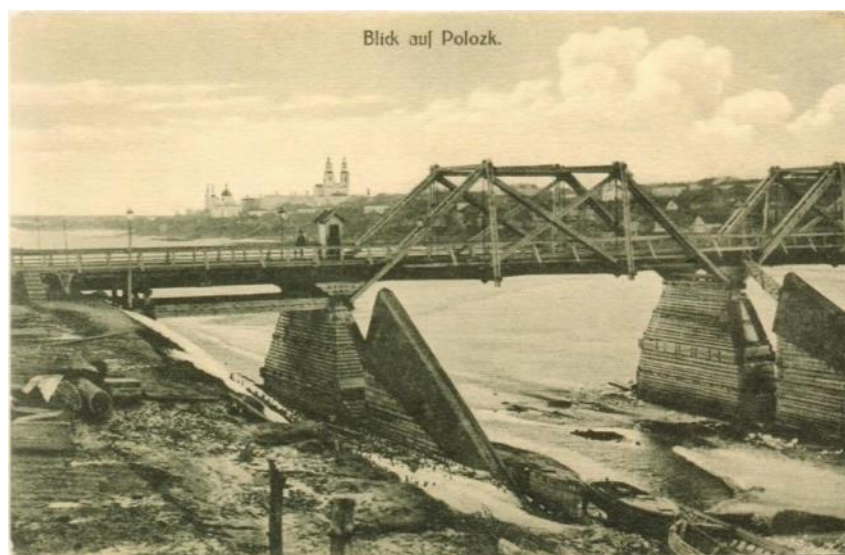


Рисунок 3 – Первоначальный вид моста в Полоцке

На момент 2019 года мосту требовался ремонт, и областными властями было принято решение о полной реконструкции моста.



Рисунок 4 – Внешний вид моста до реконструкции

На реконструкцию моста в Полоцке потребовалось более года работы, было задействовано много спецтехники. Специально для этого моста на заводе технологических конструкций было изготовлено две фермы, во многом благодаря которым мост обрёл новый вид, а также не просто восстановил былую прочность, а сильно ее увеличил.



Рисунок 5 – Внешний вид моста после реконструкции

Литература:

1. Полоцкий завод технологических конструкций - <https://nztm.by/about-us> Дата доступа: 16.04.2022
2. Первоначальный вид моста - <https://www.go214.by/news/1716453/kak-vygladel-staryj-most-v-polocke-100-let-nazad-retro-fotografii> Дата доступа 18.04.2022
3. Реконструкция моста - <https://gorod214.by/new/6032> Дата доступа 18.04.2022

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БРЕСТ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ МОСКОВСКОЙ И ПИОНЕРСКОЙ УЛИЦ

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

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

В данном курсовом проекте требуется решить проблему загруженности одного из перекрёстков одного из областных центров Беларуси. В данном проекте могут быть применены различные виды услуг для населения города: развлекательные или торговые центры, спортивные комплексы, торговые или офисные помещения. Исходя из варианта для проектирования и дальнейшего строительства был выбран город Брест, Беларусь. Население Бреста составляет 354 300 человек. Плотность населения 2399 чел./км². Брест — город, находящийся на юго-западной части Белоруссии, является административным центром Брестской области и Брестского района. На 1 января 2020 года население города составило 340 318 человек. Расположен в юго-западной части области, при впадении реки Мухавец в Западный Буг, у государственной границы с Польшей. Город обладает крупным железнодорожным узлом, имеет речной порт и большой транзитный поток. Планируемая скорость потока в тоннеле составляет 80-100 км\ч.



Рисунок 1 – План местности

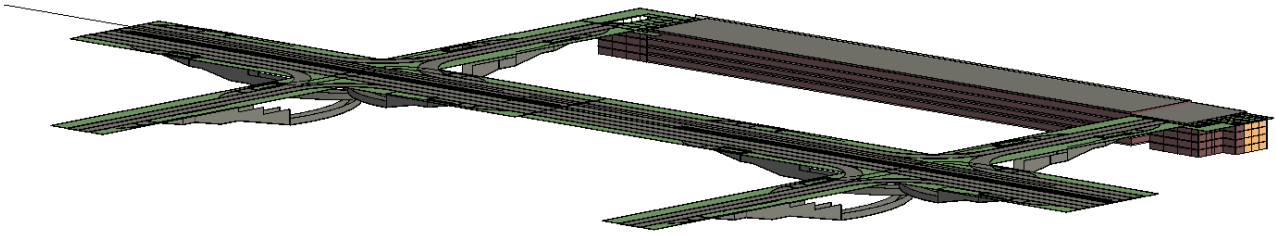


Рисунок 2 – Многофункциональная развязка

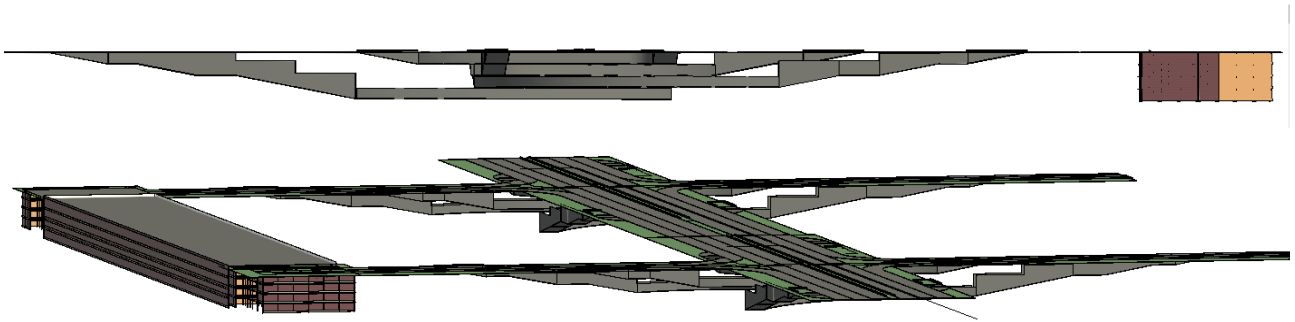


Рисунок 3 – Фасады развязки

Таким образом данная развязка увеличит пропускную способность данного перекрестка, а многофункциональный подземный комплекс добавит количество парковочных мест в этом районе города, количество мест для развлечений и мест для получения различных видов услуг, а также обеспечит рабочими местами большое количество населения.

ТОННЕЛЬ В НОРВЕГИИ

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

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Норвегии. Тоннель пролегает между городами Сторли и Гжора (Рис. 1).



Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

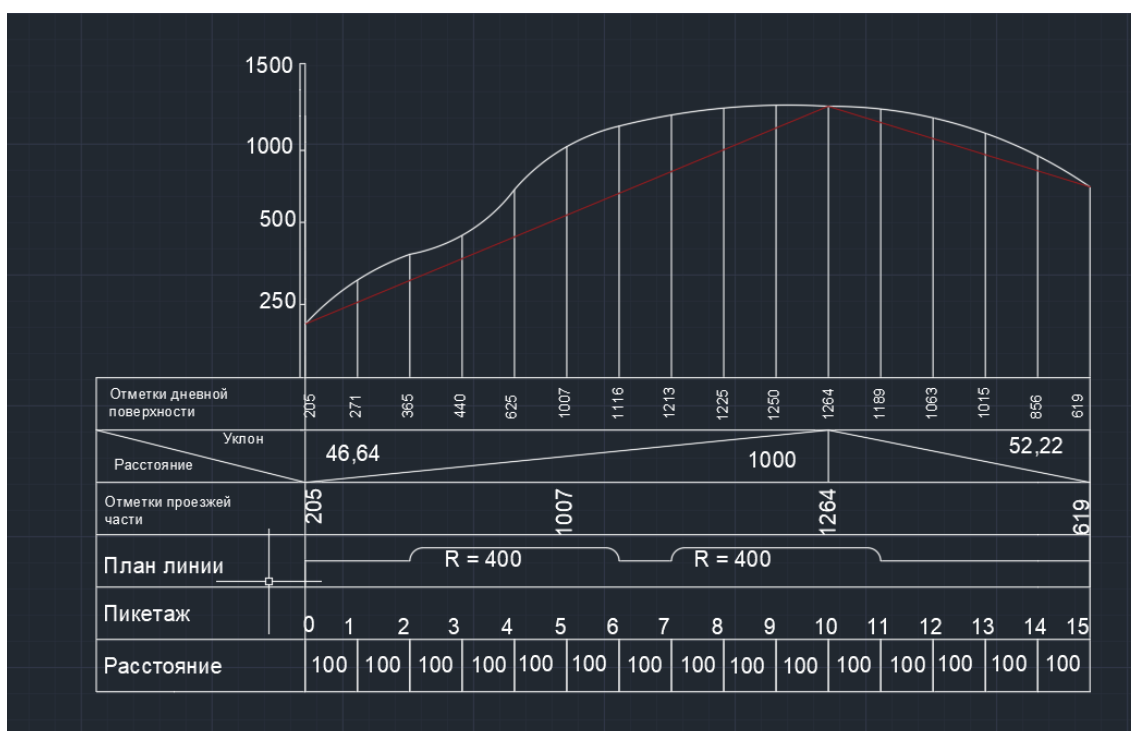


Рисунок 2 – Рельеф местности



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Ряд автомобильных туннелей в Норвегии сталкивается с проблемами безопасности. Было установлено, что 68 туннелей, являющихся частью европейской дорожной системы, не отвечают современным европейским требованиям безопасности.

Необходима модернизация этих туннелей таким образом, чтобы они отвечали требованиям безопасности, сейчас это необходимо рассмотреть надзорным органом Европейской ассоциации свободной торговли ЕСА. По мнению ЕСА, норвежское правительство должно расставить приоритеты в работах по безопасности.

Программа благоустройства автомобильных туннелей уже ведется, но работы по модернизации займут несколько лет.

Sovik подчеркивает, что тяжелые транспортные средства особенно выделяются в норвежской статистике пожаров, особенно для туннелей высокого класса. Было установлено, что технические неисправности в тяжелых транспортных средствах являются причиной пожаров более чем в два раза чаще, чем в легких транспортных средствах. Кроме того, 40% всех пожаров в туннелях в стране происходят в туннелях с уклоном более 5 процентов.

В Норвегии существует закон, ограничивающий уклон в неводных автодорожных туннелях до 5% (Buvik 2012).

Однако из-за уникальной норвежской топографии с очень глубокими фьордами, принято, что в Норвегии могут быть другие правила в отношении максимального уклона в туннелях. Как следствие, в норвежском положении о туннелях ранее указывалось, что уклон может составлять более 5%, когда другие решения географически невозможны



Рисунок 3 – Архитектурно-планировочное решение

В данном тоннеле применена инновация Метод интересен тем, что позволяет производить работы в слабых грунтах с разработкой на полное сечение без осадок дневной поверхности. Это достигается путем предварительного укрепления массива грунта экраном из труб, что намного снижает вероятность вывала массива грунта и повышает безопасность проведения работ в тоннеле.

В портале применено архитектурно-конструктивное решение в виде одноэтажного здания. Предназначенный в северной части для размещения системы вентиляции тоннеля, а также для работников, обслуживающих данный тоннель, а в южной расположен аквариум с экзотическими обитателями, торговое заведение и картинная галерея. На крыше обустроена смотровая площадка для наблюдения за редкими птицами местной фауны.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА: ГАЗОВАЯ, ЛАЗЕРНАЯ, ПЛАЗМЕННАЯ, ГИДРОАБРАЗИВНАЯ

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

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

Существуют разные методы промышленного разрезания металла. Традиционными являются механические (ножницами, резцами и пилами) и ударные способы (посредством гильотины), термические (газокислородная, плазменная и лазерная резка) и холодный гидроабразивный метод.

Газорезка. Реализуется операция путем сгорания материала в газовой струе. Главным элементом инструмента является специальный резак, с помощью которого вычисляется дозировка при смешивании кислорода и газов. Ещё резак отвечает за подачу необходимой доли кислорода и дальнейшее воспламенение смеси.

Особенность газовой резки металла в допуске максимально производительной работы с металлическими изделиями разной толщины. Газоплазменная обработка возможна даже при отсутствии электричества, так как проводится в полностью автономном режиме, что даёт возможность выполнять все работы даже в полевых условиях. Возможно использование практически всех металлов, кроме латуни, меди, нержавеющей стали и алюминия.

Преимущества метода: рез различного уровня сложности, проведение работ с металлами почти любой толщины, возможность поверхностной резки, хорошее соотношение качества и цены, универсальность, высокая скорость работ.

Недостатки метода: требовательность к навыкам и опыту, низкая степень безопасности, невысокая точность работ.

Металлообработка данным методом используется часто благодаря своей дешевизне.

Видов резки могут отличаться между собой применяемым газом. Каждый из них подбирается под определенные задачи.

Довольно распространены такие методы газорезки как воздушно-дуговая, пропановая, кислородно-копьевая, кислородно-флюсовая.

Некоторые варианты потребуют большой объем, так как расход газа зависит от применяемого вида.

Лазерная резка. Для быстрой и точной обработки листового материала применяется лазерная резка, преимущество которой в возможности изготовления сложных деталей отличного качества.

Она по схожа на обычную традиционную резку, но вместо инструмента используется лазерный луч постоянных длины и частоты, из-за чего этот луч легко фокусируется на различных поверхностях.

Особенность метода заключается в тепловом воздействии луча на материал. Изделие нагревается до нужной температуры, после чего начинает испаряться. Такой вариант обработки используется для тонких изделий. Нагревание и плавление лучом происходит стремительно, чему способствуют многие факторы, например, теплопроводность стали.

Сама же резка выполняется испарением или плавлением. Первый метод требует мощного оборудования и больших энергозатрат, из-за чего им пользуются для нетолстых деталей.

Метод плавления более распространён за счёт значительного снижения энергозатрат и возможности работать с разными материалами. Это не только лазерная резка, так как в процессе используется газ, поэтому её можно назвать газолазерной. Газ не только упрощает процесс резки, но и окисляет металл, повышает мощность в зоне реза, выдувает маленькие частицы в области реза.

Срез при лазерной резке получается очень тонкий, отсутствуют отходы. К преимуществам можно отнести обработку хрупких материалов, универсальность, работу с металлом разной толщины, высокую скорость работы, обработку заготовок разной конфигурации, высокую точность резки, экономичный расход стальной полосы.

Недостатки метода – немалая цена на оборудование и высокое потребление энергии.

Есть много вариантов оборудования: газовое, твердотопливное, полупроводниковое оборудование. Общими для всех лазерных установок являются элементы для передачи излучения и газа, излучатель с зеркалами резонатора, системы управления, узлы для перемещения луча/изделия.

Плазменная резка. Плазма - это электропроводящее ионизированное газообразное вещество, что означает отсутствие электронов и наличие плавающих свободных электронов.

Подвергнув газ интенсивному нагреву, из него можно получить плазму. По этой причине плазму часто называют ионизированным газом. Одновременно с этим она подобна жидкостям из-за её способности течь под воздействием электрического и магнитного полей.

Для плавления металла используется тепло, а не механическая сила. В плазменных резаках используется сжатый воздух или другие газы, например, азот. Ионизация этих газов происходит с образованием плазмы.

Сжатые газы контактируют с электродом, после чего ионизируются для создания большего давления, затем давление идёт на увеличение, поток плазмы направляется к режущей головке.

Режущим наконечником поток сужается, создавая поток плазмы, после чего он наносится на заготовку. Поскольку плазма электропроводна, заготовка соединяется с землей через стол для резки. Когда плазменная дуга контактирует с металлом, его высокая температура плавит его. В то же время высокоскоростные газы выдувают расплавленный металл.

Этот метод использует искру высоких напряжения и частоты. При соприкосновении плазменной горелки с металлом возникает искра, которая, в свою очередь, создает плазму.

Другой вариант - метод пилотной дуги. Искра создается внутри горелки цепью высокого напряжения и низкого тока. Искра создает вспомогательную дугу, которая представляет собой небольшое количество плазмы.

Режущая дуга возникает, когда вспомогательная дуга входит в контакт с заготовкой. Теперь оператор может начать процесс резки.

Третий способ - использование подпружиненной головки плазмотрона. Если прижать резак к заготовке, возникает короткое замыкание, в результате чего начинает течь ток.

При снятии давления образуется вспомогательная дуга. Следующее такое же, как и в предыдущем методе. Это приводит к контакту дуги с заготовкой.

Плазменная резка металла представляет собой процесс проплавления и удаления расплава за счет теплоты, получаемой от плазменной дуги. Скорость и качество резки определяются плазмообразующей средой. Также, плазмообразующая среда влияет на глубину газонасыщенного слоя и характер физико-химических процессов на кромках среза. При обработке алюминия, меди и сплавов, изготовленных на их основе, используются следующие плазмообразующие газы: сжатый воздух, кислород, азотно-кислородная смесь, азота, аргоно-водородная смесь.

Преимущества плазменной резки: может резать все токопроводящие материалы, хорошее качество для толщины до 50 мм, максимальная толщина до 150 мм, может резать в воде, также снижает уровень шума, меньший пропил по сравнению с газовой резкой, более высокая скорость резки, чем при резке кислородом.

Недостатки: большая ЗТВ по сравнению с лазерной резкой, качество с более тонкими листами и пластинами хуже, допуски не такие точные, меньшая

толщина в сравнении с гидроабразивной или газовой, оставляет ЗТВ, в отличие от гидроабразивной струи, более широкий пропил в сравнении с лазерной резкой, сам процесс довольно сложный и требует высокой квалификации оператора, заготовку необходимо располагать строго перпендикулярно, во время резки металла в воздух выбрасывается большое количество вредных газов.

Гидроабразивная резка. Особенностью данного вида является использование струи воды под высоким давлением в качестве режущего инструмента. Вода при надобности может смешиваться с абразивным материалом и обеспечивать более точный результат.

Суть технологии обработки металла данным способом сводится к принципу эрозионного воздействия воды на металл.

Физический смысл этого процесса заключается в воздействии скоростного потока твердофазных частиц, благодаря чему осуществляется отрыв частиц металла из реза.

Этот метод обеспечивает очень качественный результат реза, эффективность обеспечена подбором параметров резки металла – расхода воды, давления, скоростей перехода частиц абразивного вещества и движения струи.

Эта технология применяется для работы с самыми разными материалами, а именно: черными металлами и сплавами, цветными металлами и сплавами, легированными сталями, композиционными материалами, стеклом, бетоном, железобетоном, плиткой, природным и искусственным камнем.

Технология гидроабразивной резки применяется повсеместно, так как имеет множество таких преимуществ как не горячая струя воды, что делает возможным исключить порчу материала; малые потери материала при резке; применение технология как для тонких листов, так и для толстых; сохранение в металле примесей под действием воды, из-за чего технология очень хороша для работы с легированной сталью; наличие широкого спектра обрабатываемых материалов; очень ровный и качественный шов реза; отсутствие вредных примесей при работе, что положительно влияет на окружающую среду; абсолютная безопасность процесса с точки зрения пожаров и взрывов.

Недостатки метода – скорость реза невелика при работе с тонкими листами стали, а абразивный материал довольно дорогой, при работе с некоторыми незащищенными металлами возникает риск коррозии.

Принцип работы оборудования для гидроабразивной резки сводится к подаче воды специальным насосом высокого давления, затем подача её в смесительную камеру через сопло с малым диаметром, где добавляется абразивный материал, после чего смесь проходит через более широкое сопло и воздействует на материал.

Литература:

1. Современные технологии резки металла в промышленности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/258/16637.htm> – Дата доступа: 17.04.2022.
2. Газовая резка металла – виды и особенности процесса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://oporamet.ru/articles/gazovaya_rezka_metalla_vidy_i_osobennosti_processa – Дата доступа: 17.04.2022.
3. Технология лазерной резки металла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metalcity.by/tehnologiya-lazernoj-rezki-metalla/> – Дата доступа: 17.04.2022.
4. Плазменная резка: преимущества и недостатки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.stankoff.ru/blog/post/286> – Дата доступа: 17.04.2022.
5. Технология гидроабразивной резки металла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/tehnologiya-gidroabrazivnoy-rezki-metalla/> – Дата доступа: 17.04.2022.

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ НА ПЕРЕКРЁСТКЕ УЛ. НИКОЛАЯ ОСТРОВСКОГО И ПР-ТА ШМИДТА, Г. МОГИЛЁВ, 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 научной работы была спроектирована подземная дорожная развязка для разгрузки транспортного потока на пересечении улиц с частыми заторами. (Рис. 1).

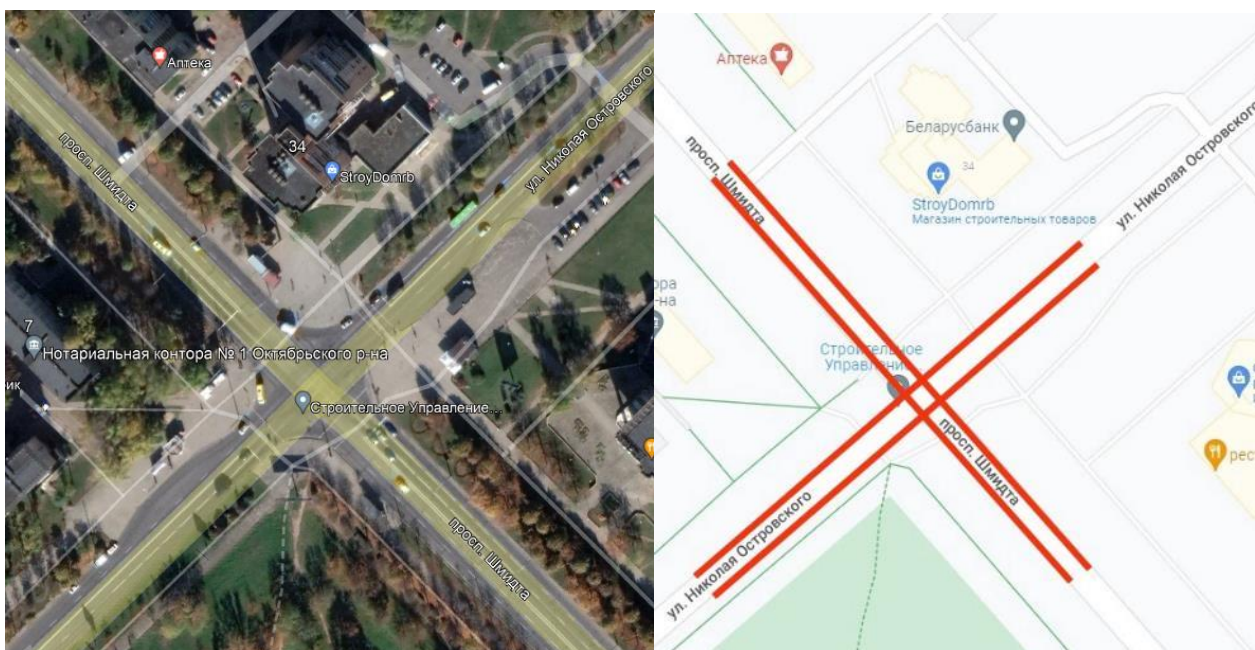


Рисунок 1 – План местности и заторы

С использованием технологий виртуальной реальности создана 3D-модель (Рис. 4), что даёт возможность инженерам прорабатывать конструктивные решения. В учебном процессе применение технологии виртуальной реальности допускает осмотр конструкции внутри объекта и оптимизацию работы в реальном времени.

Транспортная развязка выполнена четырёхуровневой (Рис. 3), из каждого уровня присутствуют заезды и выезды (Рис. 2). Под развязкой запроектирован многофункциональный комплекс.

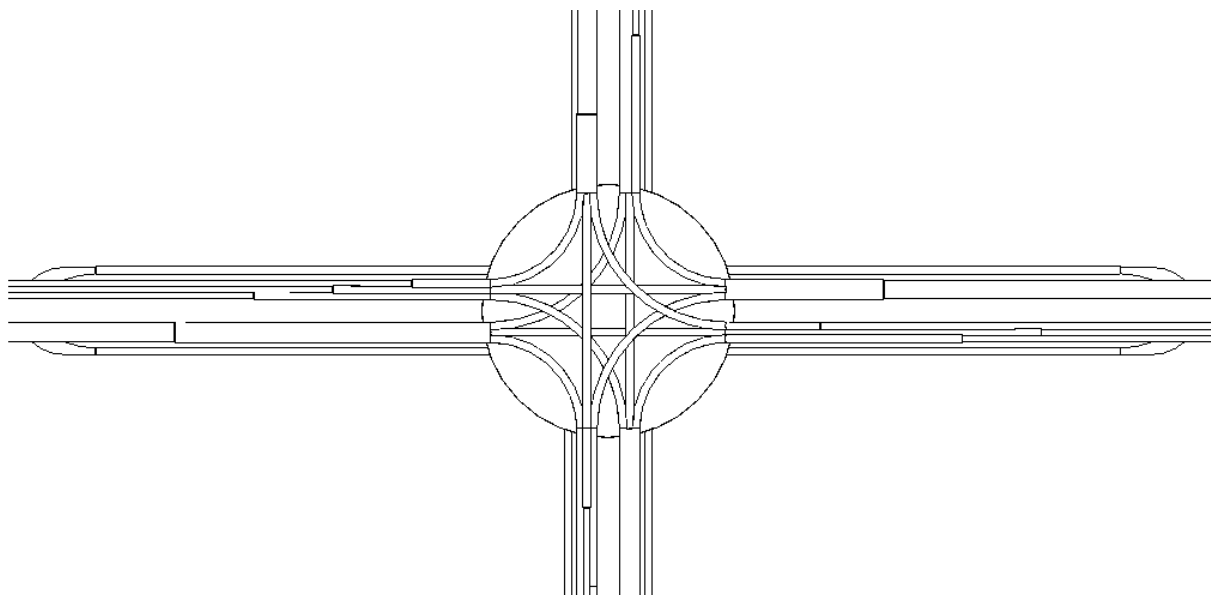


Рисунок 2 – План дорожной развязки

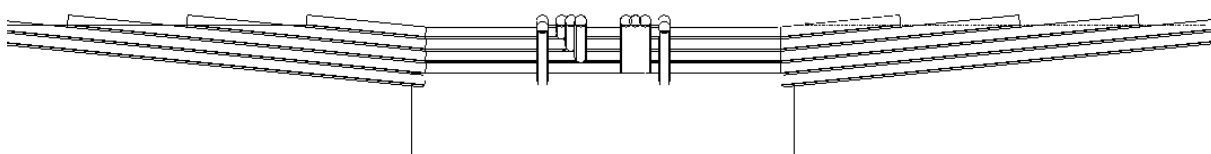


Рисунок 3 – Разрез дорожной развязки

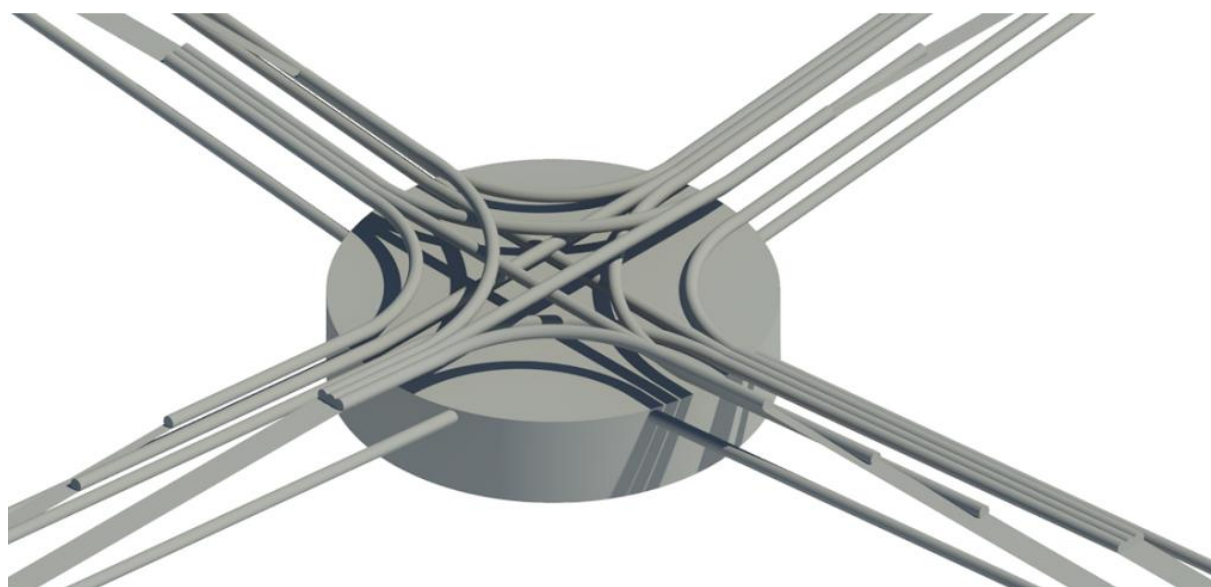


Рисунок 4 – Многоуровневая дорожная развязка

В многофункциональном комплексе расположены различные развлекательные помещения: рестораны, гипермаркеты, спортивные площадки, бильярдные, бассейны, кинотеатры и так далее.

Данный проект решает проблему транспортного сообщения и покрывает все потребности 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»

THE MUSEUM OF TOMORROW

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

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

Museu do Amanhã (Музей завтрашнего дня) – инновационное культурное сооружение, посвященное будущему планеты, спроектированное архитектором, инженером и художником Сантьяго Калатравой. Завершено в конце 2015 года в бурно развивающемся районе Пуэрто-Маравилья в Рио-де-Жанейро, Бразилия. Более 25 000 людей посетили новый музей в первые дни открытия.



Рисунок 1 – Музей завтрашнего дня

Дизайн музея вдохновлен культурой Кариока и через свою архитектуру исследует отношения между городом и окружающей средой. Музей включает в себя 5000 м² временных и постоянных выставочных площадей, а также территорию площадью 7600 м², которая охватывает само здание музея и простирается вдоль берега. Здание имеет большие консольные выступы длиной

75 метров со стороны, обращенной к площади, и 45 метров со стороны, обращенной к морю. Постоянная экспозиция находится на верхней части здания и имеет 10-метровую крышу с панорамным видом на залив Гуанабара. Общая высота здания ограничена 18 метрами, что защищает вид с бухты на монастырь Сан-Бенту, который является объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО.

Консольная часть крыши с подвижными элементами и конструкция фасада простираются почти на всю длину пирса из-за чего ширина здания минимизирована. Бассейны вокруг здания используются для фильтрации воды, которая выкачивается из залива и сбрасывается обратно с конца пирса, а также создает у посетителей впечатление, что музей парит из-за отражения здания в водах бассейна.



Рисунок 2 – Задняя консольная часть

Парковая дорожка по периметру пирса позволит посетителям обойти музей, любясь панорамным видом на монастырь Сан-Бенту и залив Гуанабара. Нижний уровень содержит функциональные и технические помещения, такие как административные помещения музея, учебные помещения, исследовательское пространство, зрительный зал, музейный магазин, ресторан, вестибюль, архивы, склад и зону доставки.

Здание имеет отличительный дизайн с использованием природных источников энергии и света. Вода из залива используется для регулирования температуры внутри здания; этот источник также снабжает водой окружающие музей бассейны. В музее используются фотоэлектрические солнечные панели, которые можно регулировать для оптимизации угла падения солнечных лучей в течение дня и выработки солнечной энергии для снабжения здания.



Рисунок 3 – Регулировка солнечных панелей

Музей сосредоточен на ответах на пять ключевых вопросов: откуда мы пришли? Кто мы? Где мы? Куда мы идем? И как мы хотим жить в завтрашнем дне?

Экспонаты музея посвящены таким вопросам, как рост населения и увеличение продолжительности жизни, модели потребления, изменение климата, генная инженерия и биоэтика, распределение богатства, технологические достижения и изменения в биоразнообразии.

Помимо основной выставочной площади, в музее есть помещения для временных выставок, зрительный зал на 400 мест, кафе, ресторан и сувенирный магазин. В музее также разместится Исследовательская лаборатория завтрашнего дня, пространство для образовательных мероприятий и образцов проектов и прототипов. Обсерватория завтрашнего дня предоставит пространство для технологических и научных исследований, которые могут быть интегрированы в экспозиции музея.

Литература:

1. <https://www.architectmagazine.com/project-gallery/the-museum-of-tomorrow>. THE JOURNAL OF THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS. The museum of tomorrow by Santiago Calatrava. Дата доступа 20.04.2022.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Museum_of_Tomorrow. From Wikipedia, the free encyclopedia. Дата доступа 20.04.2022.
3. <https://museudoamanha.org.br/en>. Official website. Дата доступа 20.04.2022.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТОННЕЛЬ В КАНАДЕ (НЭРН - ХАЙ-ФОЛС)

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

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

В рамках заданной работы было выбрано 2 населенных пункта в Канаде. Изучив их месторасположение, геологический характер местности, потребности населения в транспортной сети между городами – был сделан вывод, что необходимо разработать тоннель, для более скоростного передвижения между двумя населенными пунктами.

На рис.1 мы можем видеть расположение городов. Проблема состоит в одной важной особенности, дороги связаны между собой проселочной дорогой, что сильно усложняет передвижение между двумя населенными пунктами. Проложив тоннель напрямую и оборудовав его порталом, можно в разы сократить время передвижения между двумя городами, а также повысить зону комфорта и увеличить шансы прибытия туристов, так как это место станет просто незабываемо волшебным.

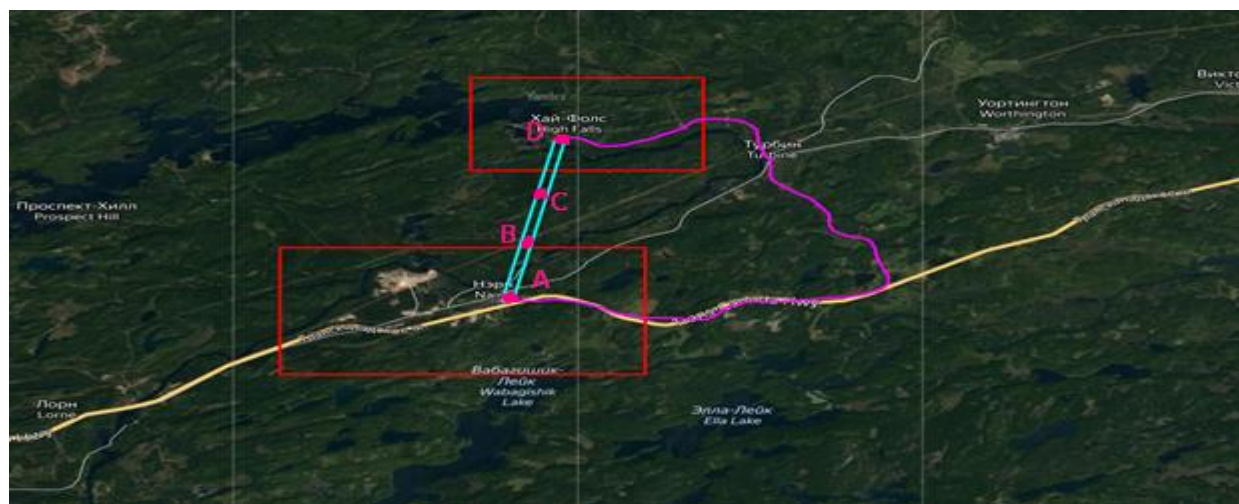


Рисунок 1 – Рельеф местности (голубая линия – принятая трасса). Принятый путь тоннеля

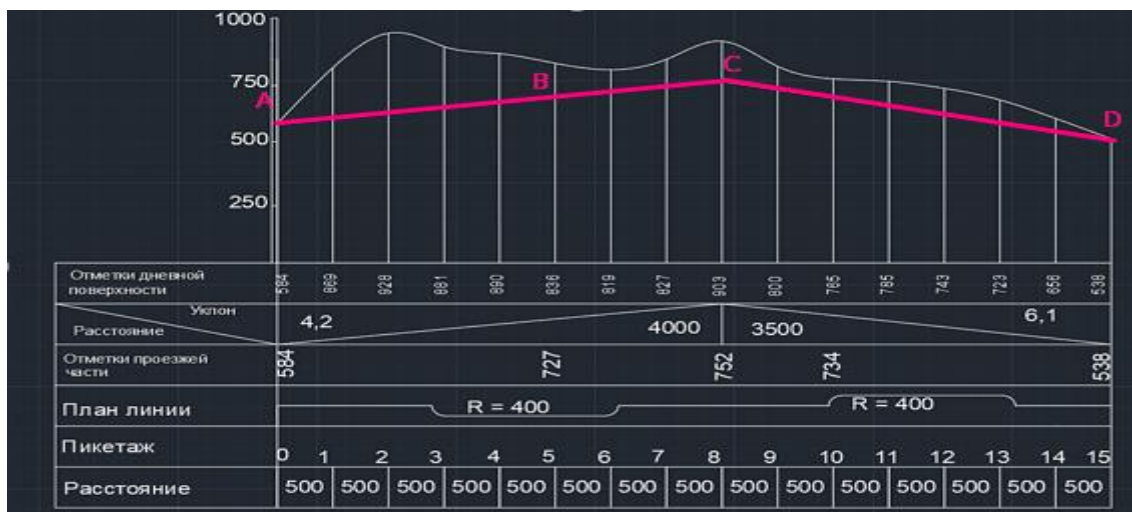


Рисунок 2 – Трассировка и продольный профиль местности

Проектирование тоннеля началось с изучения рельефа местности рис.1, а также геологических особенностей почвы и горных пород. Длина тоннеля будет составлять 5130 метров. Это поездка будет в разы быстрее, чем объезжать проселочными дорогами, убивая подвеску своего автомобиля. Тоннель спроектирован по всем правилам современного мира: обязательное отопление тоннеля, вентиляция, освещение, собственные генераторы. Тоннель позволит максимально быстро и комфортно преодолевать расстояние между городами. Геологический состав холма состоит из поверхностного слоя алевролитов до пластичной глины, который затем переходит в слой сильно выветрелых мергелей. Под последним находится менее выветрелая порода, которая постепенно переходит в свежий невыветрелый мергель.

Система тоннелей включает в себя двухпутную тоннельную трубу, приводную станцию, аварийный ствол, который соединит тоннель примерно по центру с поверхностью, и резервуар с водой для пожаротушения.



Рисунок 3 – Портал тоннеля. Выполнен в программе Revit



Рисунок 4 – Визуализация портала тоннеля. Портал тоннеля разработан в программе Revit

Литература:

1. Колокова Н.М., Копац Л.М., Файнштейн И.С. «Искусственные сооружения». М., Транспорт, 1988 г.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.
3. Омелянчук А.Г. «Системы безопасности автодорожных тоннелей». Журнал «Технология защиты» №4 2007 г. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
4. Маренный Я.И. «Тоннели с обделкой из монолитно-прессованного бетона». М., Транспорт, 1985 г.
5. Волков В.П. «Тоннели». 3-е изд., М., Транспорт, 1970 г.

КОНТАКТНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

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

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

В данном научном тезисе целью является ознакомление с видами контактной сварки, а так же с её преимуществами и недостатками.

В контактной сварке соединение деталей происходит не только путём разогрева, но и через механическое сжатие: детали, которые нужно скрепить, в первую очередь нагреваются электрическим током, а после сжимаются.

Непосредственно сварочные конструкции состоят из трех частей: механической, сжимающей, и электрической — той, которая подаёт ток и тем самым разогревает деталь.

Контактная сварка делится на четыре типа:

- **точечная**, в данном случае детали устанавливаются между двумя электродами, по которым передаётся ток одновременно с активацией нажимного механизма. Механизм сдавливает электроды, и детали сплавляются в точечном месте. Диаметр точки сварки равняется диаметру электродов, то есть, может быть очень небольшим.

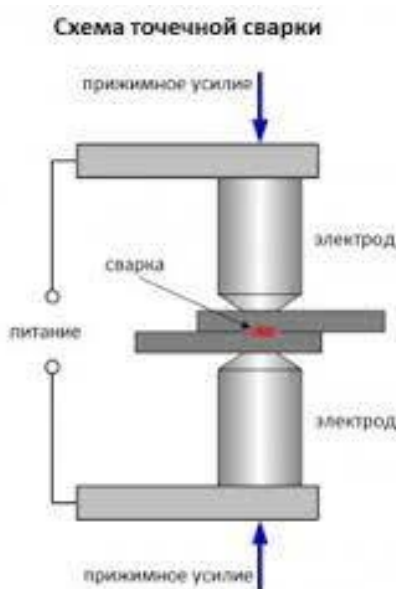


Рисунок 1 – Схема точечной контактной сварки

- **стыковая** сварка происходит при скреплении деталей по всей площади касания. Бывает двух видов: сопротивлением и оплавлением.

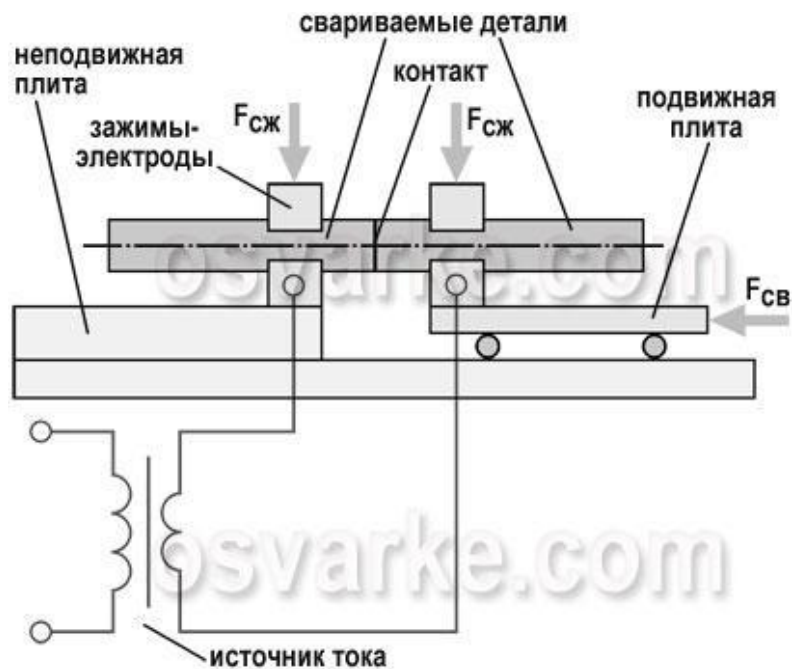


Рисунок 2 – Схема стыковой контактной сварки

- **рельефная**, в данном типе детали прихватываются в одной или нескольких точках, в соответствии с расположением специальных рельефов-выступов. Большинство специалистов относят эту разновидность к точечной, потому что принцип действия у неё схож, но есть различия: контакт определяется не формой электродов, а формой поверхности деталей в месте стыкования.

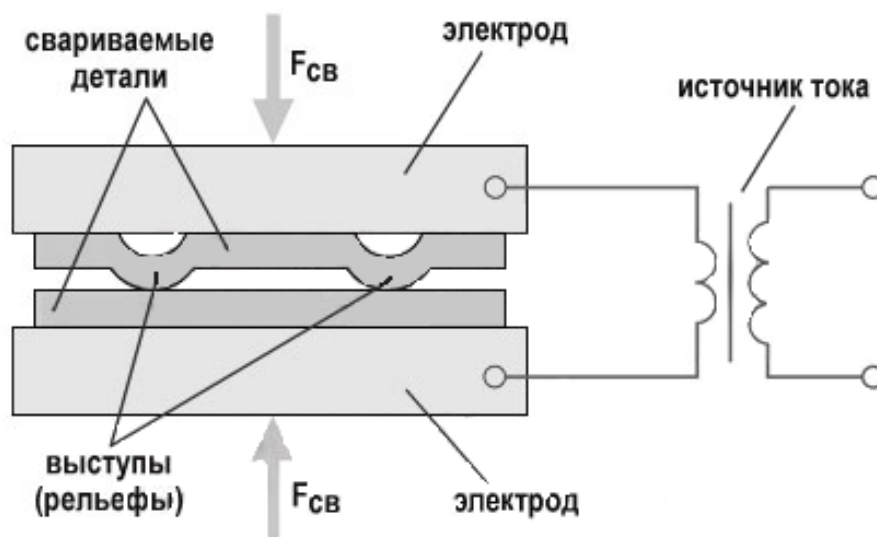


Рисунок 3 – Схема рельефной контактной сварки

- **шовная**, в данном случае детали скрепляются вращающимися роликами с подведённым к ним током. Это не стационарная сварная установка, ролики оснащаются механическим приводом. Специфика установки примерно такая же, как и у точечной сварки.

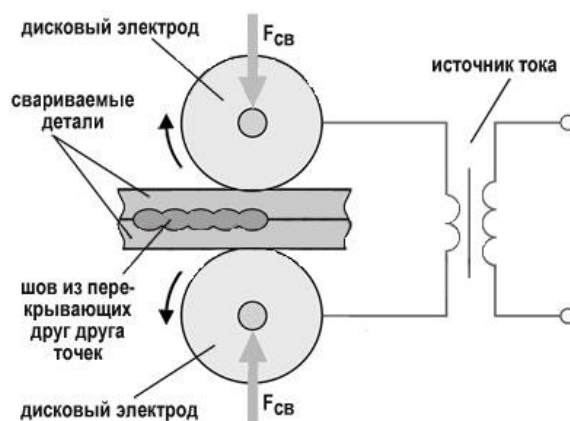


Рисунок 4 – Шовная контактная сварка

Для такого типа как точечная сварка, электроды изготавливаются из бронзы или меди, а для рельефной сварки — из материалов, схожими или такими же как свариваемые металлы.

Точечный метод – это самый распространенный способ контактной сварки, он выполняет 80% всех соединений, производимых контактной сваркой.

К рельефной сварки прибегают при изготовлении арматуры железобетона, сеток, решёток, соединений крепёжных деталей и штуцеров, шипов с листами, тормозных колодок автомобилей, сепараторов шарикоподшипников и др.

В преимуществах контактной сварки можно отметить достаточную безопасность работы.

Её работа быстра, а так же не нуждается в расходных материалах. Одним «контактом» можно производить работу за одну десятую доли секунды, а в минуту сварочный аппарат может создавать порядка 600 соединений. Электроды очень долговечны и не требуют постоянной замены, что сказывается на экономичности данного типа сварки.

Говоря о минусах, можно отметить высокую стоимость оборудования и не малых затрат на электричество, так как используются ток большой силы.

Литература:

1. Использование графена из старых покрышек - <https://instanko.ru/elektroinstrument/kontaktnaya-svarka-opredelenie.html> - Дата доступа: 19.04.2022

МОСТ ЧЁРНОГО ЯСТРЕБА. BLACK HAWK BRIDGE

*Шпилевский Никита Алексеевич, Насута Вадим Александрович,
студенты 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научные руководители – Ходяков В.А., старший преподаватель,
Жуковский Е.М., старший преподаватель)*

Этот необычный мост WI-82 «Black Hawk» что переводится как «Чёрный Ястреб» находится в Соединённых Штатах Америки, в штате Айова. Мост пересекает реку Миссисипи. Имеет в своей конструкции такой элемент, который можно встретить очень редко. У моста располагается секция по середине в виде фермы, которая поддерживается двумя консольными стальными фермами.

Мост получил такое название в честь вождя племени Сауков по имени Чёрный Ястреб, или же его полное имя Макатавимешекака. Это великое племя получило свою известность восстанием в попытке вернуть свои земли в 1832 году. Племя попало в хитрую ловушку вдоль реки, после чего Чёрный Ястреб попытался сдаться. Армейские войска, встретив отряд посланников мира Сауков состоящий из пяти человек, не поняли жеста посланников и убили их. На протяжении следующей недели Сауки столкнулись в крупном сражении, в котором понесли большие потери. Некоторые Сауки дезертировали через реку Миссисипи. С тех пор битва стала известна как Резня Плохого Топора.



Рисунок 1 – Мост Чёрного ястреба - конструктивная схема

Мост Чёрного Ястреба состоит из трёхпролётной консольной сквозной фермы длиной 345 метров и одного подвесного пролёта 90 метров. Каждый консольный элемент состоит из анкерного плеча длиной 70 метров с консолью 55 метров. Две консоли и подвесной пролёт обеспечивают пересечение канала длиной 200 метров. Консольные элементы поддерживаются бетонными опорами, поддерживаемыми фундаментными сваями. Проезжая часть длиной 7 метров.

Таблица 1 — Технические характеристики

| <u>Наименование</u> | <u>Характеристики</u> |
|---|---|
| Высота над водой | 21 м |
| Количество полос движения | 2 |
| Пропускная способность | 2300 авт/ч |
| Максимальное разрешенное количество автомобилей | 30 |
| Максимальная скорость | 40 км/ч |
| Тип моста | Металлическая консольная сквозная ферма |

Данный мост Чёрного Ястреба хорошо служил на протяжении 90 лет. Должностные лица DOT из Айовы и Висконсина пришли к выводу, что мост не подлежит дальнейшей эксплуатации. Сотрудниками DOT, была рассмотрена возможность закрытия этого моста, что привело бы к разрыву между штатами Айовы и Висконсина.

Таким образом, мост Чёрного Ястреба имеет рейтинг достаточности 40 процентов, говорящий нам, что мост устарел. Департамент транспорта принял решение снести мост Чёрного ястреба из-за неспособности обслуживания данного моста. Чиновник DOT рассказывает, что в 1931 году у них не было 18-колёсных транспортных средств с 53-футовыми прицепами. Исходя из этого мы понимаем, что технические характеристики моста не соответствуют нынешним требованиям.

Департамент транспорта Айовы ввёл план по началу строительства нового моста на замену в 2024 году. 15 июня 2021 года была проведена встреча, на которой говорилось о том, что конструкция нового моста будет очень похожа на конструкцию Чёрного Ястреба.

Литература:

1. История жизни Чёрного Ястреба, рассказанная им самим. Автор: Блэк Хок "Чёрный Ястреб". Проверено 27.04.2022
2. ГОСТ 20213-2015 «Межгосударственный стандарт. Фермы железобетонные»
3. СТБ 1396-2003 «Фермы стропильные стальные»

ОПОРНЫЕ ЧАСТИ МОСТОВ РАЗНОВИДНОСТИ, ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ

*Юрашевич Денис Николаевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В данном научном тезисе целью является ознакомление с видами опорных частей, а также с их преимуществами и недостатками.

Главной функциями опорных частей является передача сосредоточенных опорных давлений пролетных давлений пролетных строений на опоры моста. Также они должны распределять опорное давление пролетных строений и подвижные нагрузки на требуемую площадь подферменной плиты и передавать на опоры горизонтальные усилия.

Чтобы соответствовать поставленным задачам, существует несколько типов опорных частей: плоские, однокатковые и многокатковые, секторные, скольжения, валковые и др. Все эти виды подразделяются на две основные категории: подвижные и неподвижные. Подвижные позволяют горизонтально перемещаться, а неподвижные — исключают перемещения.

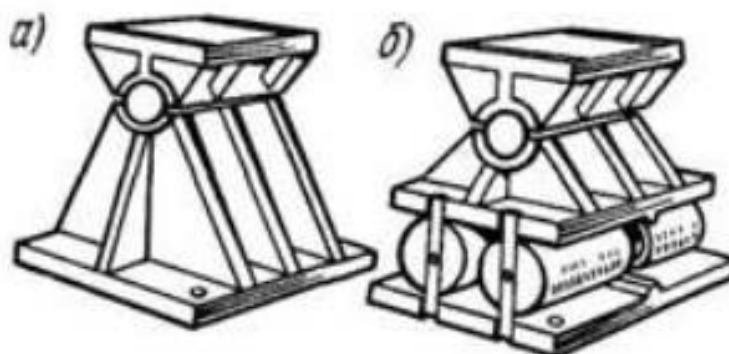


Рисунок 1 – Опорные части мостов: а — неподвижная, б — подвижная

Располагаются опорные части под пролетным строением строго по проекту. Для балочных мостов с разрезным пролетным строением чаще всего используют самую простую схему размещения пролетных частей. Для этого на одной стороне пролетного строения устанавливаются продольно-подвижные опорные части, а на другой — неподвижная. В таком случае, из-за подвижности одного конца, появляется необходимость устройства деформационных швов.

Для неразрезных мостов возможны различные варианты расположения опорных частей. Самым распространенным является размещение неподвижной опоры на одной из центральных опор, а уже на всех остальных устанавливаются подвижные. Иногда с целью уменьшения количества деформационных швов, неподвижные опорные части устанавливают только на одной из опор.

Опорные части скольжения являются самыми простыми. Однако их можно только для мостов с малыми пролетами (до 15 м), горизонтальное перемещение от температуры которых являются незначительными. Их конструкция состоит из двух металлических подушек, которые прикреплены к пролетному строению и опоре. Главным их недостатком является то, что их нельзя использовать для пролетов большой длины из-за дополнительных усилий, которые возникают в больших опорных давлениях. Однако это не распространяется на опорные части тангенциальных, катковых, секторных и плоских, если к ним применяются полимерные материалы с низким коэффициентом трения.



Рисунок 2 – Тангенциальная скользящая опорная часть

Опорная часть с одним катком является простейшей конструкцией катковой опорной части. Она позволяет выполнять угловые деформации и продольные перемещения. Однако она также имеет недостатки. Она требует для больших пролетов большие диаметры катка, а также на в месте контакта с нижней плитой возникают большие усилия, что приводит к необходимости значительно увеличивать толщину плиты. Все эти недостатки приводят к перерасходу металла.

Для экономии металла в опорной части, катки можно делать срезанными. В таком случае толщина плиты не меняется, она остается такой же большой. Эту проблему позволяет решить многокатковые опорные части со срезанными катками. В такой конструкции давление веса и подвижные нагрузки распространяются на несколько катков, что позволяет значительно уменьшить

их диаметр. В таком случае давление на плиту передается не по одной, а уже по нескольким площадкам касания, что позволяет уменьшить толщину плиты. Такая конструкция значительно позволяет сэкономить металл, однако значительно усложняется конструкция.

Литература:

1. Файловый архив студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/5616022/page:31/> - Дата доступа: 19.04.2022
2. Главная – железная дороги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lokomotiv.ru/zheleznodorozhnyy-put/opornye-chasti-mosta.html/> - Дата доступа: 19.04.2022

ТОННЕЛЬ В ИСПАНИИ

*Исаков Илья Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Местоположение автомобильного тоннеля выбрано в Боливии. Тоннель располагается между городами Потоген и Бетанос(Рис.1). Целью тоннеля является: сокращения времени и расстояния между городами. Также одной из главных целей данного тоннеля является разгрузка от транспортного потока соседних развязок и городов.

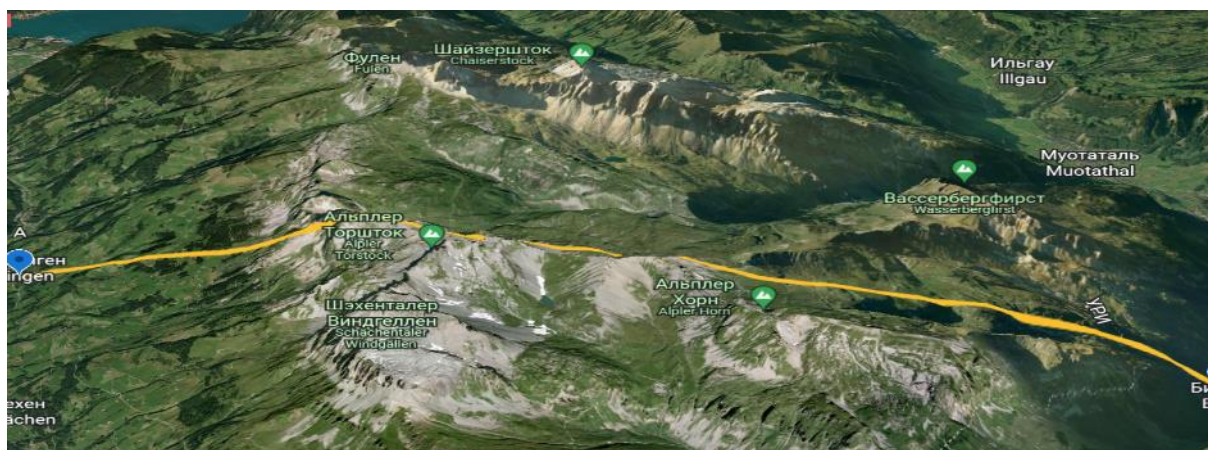


Рисунок 1 – Трассировка и продольный профиль тоннеля

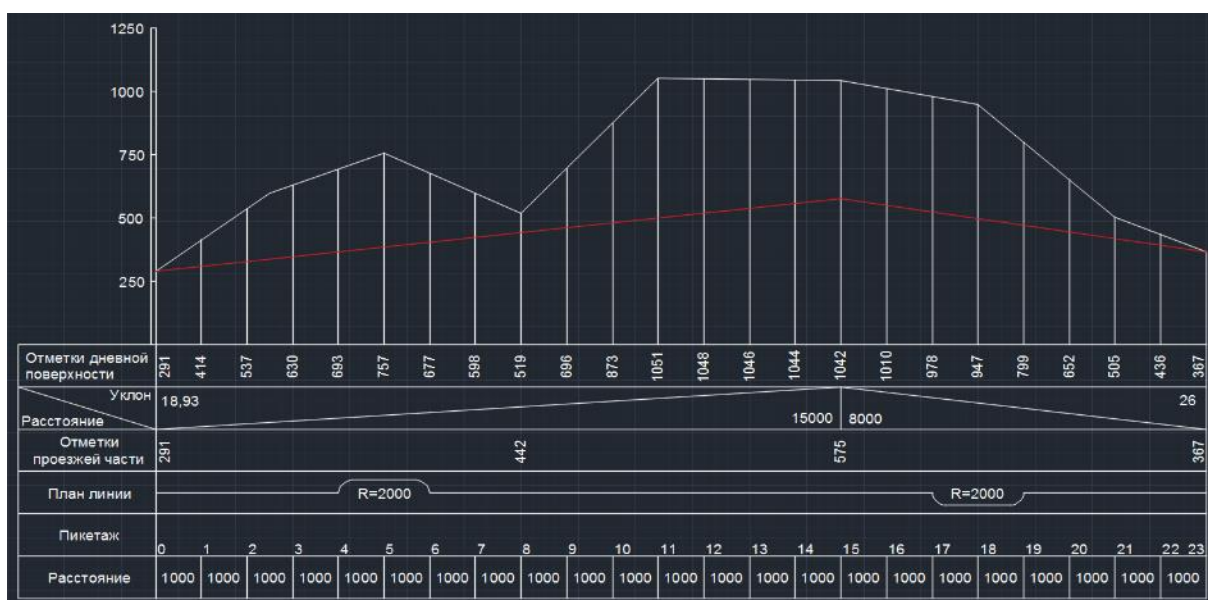


Рисунок 2 – Рельеф местности

С помощью спутниковых технологий были получены данные рельефа местности, результате которых был построен продольный профиль тоннеля между городами.

При возведении тоннеля применяется передвижной щит с механизмами для разработки грунта. Оборудование выполняет функцию рабочих подмостей и двигающейся крепи. Механизм представляет собою цилиндрический корпус, под защитой которого ведутся работы. Форма щита соответствует будущему поперечному сечению тоннеля.

Схемы движения и разработки передаются на бортовой компьютер спецтехники, где оператор лишь контролирует работу строительной техники. Все мероприятия по вентиляции, проводке коммуникаций, пожарной безопасности выполнены в специализированных программных комплексах. Все расчеты также выполнены в программах

В связи с резким перепадом высот от нулевого до второго пикета, запроектировано защитное сооружение от обвалов и оползней.



Рисунок 3 – Портал тоннеля

Литература:

1. Демьянушко И. В., Общев А. Г., Сторожев С. А. Важная роль тросовых ограждений // Автомобильные дороги. -2012. -№3. – С.74-80.
2. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

Секция 2

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ ПОЛИГОН ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

*Войткевич Антон Александрович, студент 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)*

Одним из основных этапов создания автомобиля являются испытания, позволяющие определить эксплуатационные характеристики, оценить безопасность и надежность узлов и агрегатов конструкции автомобиля.

В целях проведения таких оценочных действий используют испытательные полигоны. Испытательные полигоны представляют собой комплекс сооружений, позволяющих определить характеристики транспортных средств в разных режимах движения и эксплуатации транспорта. Кроме скоростного участка на испытательных полигонах присутствуют участки дороги, для оценки проходимости, жесткости и выносливости конструкции транспортного средства, подъемы различной крутизны и участки с изменяемым покрытием, для оценки систем торможения.

Рассмотрим некоторые участки более подробно. На участке типа «сменные неровности» оценивают влияние резонансных колебаний и вибраций на исправность и надежность амортизаторов и других узлов подвески, а также узлов рулевого управления. Участок дороги с базальтовым покрытием, применяемый для оценки эффективности тормозной системы автомобиля.

Уклоны переменной крутизны используют для оценки тягово-скоростных характеристик транспортных средств всех категорий, кроме того для испытаний на надежность и настройку тормозных систем, системы трансмиссии и других узлов систем безопасности. На уклонах большой крутизны (более 30%) оценивают максимальные углы въезда и спуска транспортного средства, а также функциональность тормозных систем и работоспособность систем питания и смазки двигателя на уклонах. Уклоны крутизной 12 и 18% используют в основном для испытания стояночных систем транспортного средства.

Кроме того на испытательных полигонах имеются такие испытания, как измерение шума, сигнализации, глубинный водоем (наибольшей глубиной до 1,8 м) для испытания транспортных средств на преодоление брода и неглубоких водоемов (глубиной до 20 см) для проверки эффективности работы тормозных систем во влажных условиях, герметичности днища кузова и исправности

электрических систем. С целью проверки пассивной безопасности на испытательных полигонах может располагаться разгонная полоса, разворотные и служебные площадки с асфальтобетонным покрытием и железобетонный параллелепипед для столкновения транспортных средств. Для набора скорости автомобиля применяют буксировочно-тросовое оборудование.

Несомненно основная составляющая на больших полигонах – его скоростной участок «кольцо», позволяющий осуществлять продолжительные испытания на выносливость (прохождение длинных расстояний за непродолжительный промежуток времени). В отличие от традиционных треков, испытательные треки возводят по имеющимся продольным уклонам рельефа со склонами и подъемами, более крутыми поворотами в плане. Это дает возможность проводить испытания с переменным режимом движения, но с сохранением средней скорости.

На территории Республики Беларусь испытания проводятся на соответствие требованиям международных и национальных стандартов:

- Правил ООН
- Технического регламента Таможенного союза 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств»
- Технического регламента Таможенного союза 010/2011 «О безопасности машин и оборудования»
- Технического регламента Таможенного союза 007/2011 «О безопасности продукции, предназначенной для детей и подростков»
- ГОСТ 33555-2015 «Автомобильные транспортные средства. Шум внутренний. Допустимые уровни и методы испытаний»
- ГОСТ 22576-90 «Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний»
- ГОСТ 31507-2012 «Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний»

В нашей республике достаточно много испытательных полигонов для техники различных категорий, от мотоцикла и прицепов, до огромных БЕЛАЗов.

Одним из таких полигонов для сертификации транспортных средств является НТЦ «Республиканский полигон для испытаний мобильных машин», находящийся на территории аэродрома «Липки». На данном полигоне проводят исследования и испытания серийных и опытных образцов автотранспортных средств, систем и конструктивных элементов автомобиля, а также разработка рекомендаций по повышению эксплуатационных характеристик в соответствии международным стандартам.

Тем не менее на территории БНТУ планируется устройство небольшого полигона, для испытания внутренних систем автотранспортного средства на

ограниченных скоростях. На данном полигоне планируется разместить участки дороги с изменяемым покрытием, уклоны различной крутизны, крутые радиусы и небольшие прямые участки, для разгона автомобиля до 60-80 км/ч. Данная площадка располагается в районе станции метро «Борисовский тракт» за общежитиями БНТУ №15-17 [53.935041, 27.665820].

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЧЕТАНИЯ ДЕКОРАТИВНОГО И СНЕГОЗАЩИТНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ

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

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мытько Л.Р., канд. техн. наук., доцент)*

Для защиты автомобильных дорог в зимний период от снежных заносов предусматривают различные мероприятия такие как временные и постоянные изгороди. По возможности следует выдерживать рекомендуемую отметку из условия снегонезаносимости, поэтому дороги проектируют в насыпях, также придают поперечному профилю на низких участках насыпи либо выемки максимально возможное обтекаемое для снежно-ветровых потоков очертание. В процессе разработки проекта организации строительства выполняется расчёт, нацеленный на мероприятия по защите дорог от снегоприноса к ним, относят временные сооружения в виде щитов из дерева либо полимера и постоянные - живые изгороди и насаждения лесных полос, состоящие из деревьев, посаженных в несколько рядов и кустарников, отрываются траншей в один или несколько рядов. Достоинством применения естественных насаждений на дорогах является дешевизна устройства и минимальные траты на содержание в процессе эксплуатации дороги.

Для того чтобы выбрать какие конкретно нужно высаживать породы деревьев и с каким интервалом существуют различные методики, в основном исходят из объемов снегоприноса для каждого участка дороги и розы ветров для участков прямых или кривых. Рассматривают и экологический принцип, который заключается в подборе саженцев с учетом биологической восприимчивости разных видов и пород друг к другу, приспособления их на высаживаемой местности и дальнейшего роста и взаиморазвития. Несоответствие критериев произрастания растений отображается на их росте, развитии, внешнем виде и в целом на их дальнейшей жизни. Параллельно с биологической восприимчивостью подбираются породы деревьев и с учетом декоративного принципа, чтобы защитные насаждения не только выполняли свою основную защитную роль, но и визуально придавали территории вдоль дороги более естественный и живой вид. Подбор сочетаний пород деревьев и кустарников стремятся приблизить к естественным, преобладающим породам,

на высаживаемых участках дорог, которые сформировались за долгие годы и продолжают развиваться дальше.

Декоративные высадки могут быть как групповыми, так и линейными, возможна также их комбинация (рис.1).



Рисунок 1 – Вариант декоративного насаждения

При помощи насаждений удаётся усилить элементы рельефа. К примеру, можно создать впечатление высокого холма в равнинной местности у выпуклого перелома рельефа, поместив высокие посадки на вершине выпуклости или, наоборот, смягчить чрезмерно частые впадины. В местах орошений сельхоз угодий также устраиваются защитные насаждения чтобы защитить выращиваемые культуры от загрязняющих газов и улучшения гидрологического режима на таких полях (рис.2).

Для большего визуального эффекта и свободного роста крон деревьев в зависимости от величины высаживаемых саженцев рассчитанное расстояние между рядами обычно принимают от 5 до 25 м. При посадке молоденьких саженцев для получения скорого декоративного эффекта принимают меньшее расстояние меж деревьями.

Формирование, поддержание, а также усиление в необходимых случаях снегозащитных насаждений целесообразно осуществлять организациями, у которых большая часть выполняемых объемов работ приходит на озеленение и благоустройство территорий и содержание зеленых насаждений, подобно лесным хозяйствам.

Для посадки используют саженцы молодых деревьев в возрасте около 4-6 и кустарники в возрасте от 2 до 3 лет. В наиболее ответственных участках оформления озеленения рекомендуется использовать более взрослый и крупный посадочный материал возрастом до 30 лет.



Рисунок 2 – Ограждение трассы и полей

Для оформления границы полосы отвода, проходящей по местам с повышенным увлажнением и активным пучинообразованием подбирают древесные породы, которые в большей степени впитывают влагу, тем самым осушая почвы и понижая уровень грунтовых вод. Такими породами являются: ивы, тополя, эвкалипты и другие деревья которые могут поглотить большие объемы грунтовых вод. Такие насаждения являются естественными регуляторами водно-теплового режима земляного полотна, уменьшая влажность грунта вероятность пучинообразования.

Возрастные деревья возможно пересаживать зимой с замороженным корневым комом и землей, что позволяет не привязываться к определённым погодным условиям и производить работы круглогодично. Хвойные деревья и кустарники целесообразно высаживать в самые ранние периоды весной или в конце августа и начале сентября. После посадки саженцы вне зависимости от выпадения осадков поливают обильно водой, также поливают кустарниковые изгороди.

Зависимость от своевременности и тщательности ухода за насаждениями на прямую влияет на эффективность работы лесонасаждений. Основным способом ухода за насаждениями является обработка почвы, её рыхление и борьба с сорняковыми растениями, защита от вредителей-насекомых, путем нанесения водо-известнякового состава или защитных напылений на нижнюю часть ствола дерева. Уход состоит в основном в периодическом осмотре посадок, при обнаружении поврежденных насаждений более чем на 10% площади посадок дорожный мастер в письменном виде уведомляет главного инженера дорожно-эксплуатационного управления о необходимости привлечения персонала для проведения специальных работ по уходу и восстановлению озеленения. На месте омертвевших деревьев и кустарников выполняют дополнительную высадку саженцев, производят рыхление грунта и вспашку плугом обычно не реже одного раза в год, подсыпают удобрения, проводят

мероприятия по борьбе с вредителями растений, используя распределители химических составов. Проводят мероприятия по ежегодной рубке и уходе для повышения эффективности работы снегозащитных насаждений.

Для архитектурно-художественного аспекта и безопасности дорожного движения используют специальные виды посадок при озеленении разделительных полос, также используют с целью привлечения внимания участников дорожного движения к важным местам развязок (рис.3), ограничения границ водных бассейнов. На разделительной полосе высаживают сплошные кустарники чтобы защитить водителей от слепящего действия фар машин встречного движения. Таким образом появляется очертание границ развязок чтобы дополнительно дать знать водителю о невозможности дальнейшего движения или изменение условий дорожного движения.



Рисунок 3 – Обозначение границ развязки

Литература:

1. Студенческий научный форум 2017 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2017/article/2017036591>. Дата доступа 01.05.2022.
2. ОДМ 218.011-98. Методические рекомендации по озеленению автомобильных дорог.

ВЛИЯНИЕ ДОРОЖНЫХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ. МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОГО ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ ДОРОГ

Домнич Виктория Леонидовна, студентка 4-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Ходан Е.П., старший преподаватель)

Каждый день в Республике Беларусь на тех или иных участках автомобильных дорог происходят сотни дорожно-транспортных происшествий. Причиной этому может являться не только вина водителя транспортного средства или невнимательность пешехода при переходе им дорогу в не положенном месте, но и ряд других факторов, одним из которых является неудовлетворительность дорожных условий.

В 2021 году по данным БЕЛТА сообщившим в ГУ ГАИ МВД было совершено около 1126 дорожно-транспортных происшествий с участием транспортных средств и пешеходов. Более 35% случаев составляют происшествия по вине пешеходов (рис. 1) [1].

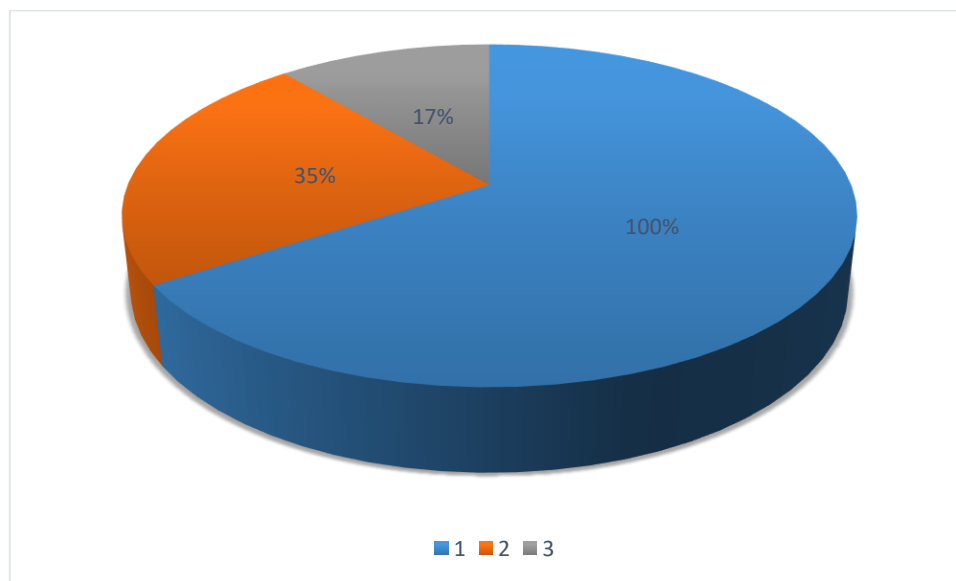


Рисунок 1 – Диаграмма Пострадавших в дорожно-транспортных происшествиях.

100% - всего дорожно-транспортных происшествий с учётом транспортных средств и пешеходов; 35% - дорожно-транспортные происшествия по вине пешеходов; 17% - травмированные пешеходы находящиеся в алкогольном опьянении

Около 20% случаев связано с дорожными условиями [2,3] Основными недостатками дорог, которые могут являться причиной дорожно-транспортных происшествий являются: дефектность и повышенная скользкость покрытия; недостаточная видимость и освещённость дороги; также возможное отсутствие тротуаров и пешеходных дорожек в населённых пунктах, отсутствие необходимых дорожных знаков, ограждений и др.

Мы рассмотрим причины появления дефектов на автомобильных дорогах и возможные решения проблем для уменьшения риска возникновения дорожно-транспортных происшествий из-за неудовлетворительных дорожных условий.

На мой взгляд, самым важным недостатком дорог, который необходимо рассмотреть в первую очередь, является именно дефектность дорожного покрытия. Основными дефектами дорожного покрытия являются: трещины; выбоины и ямы; колея.

1. Трещины.

Вкратце, трещины – нарушение целостности покрытия. Чаще всего это нарушение приходится на асфальтобетонное покрытие (рис. 2).



Рисунок 2 – Пример образование трещины на асфальтобетонном покрытии

Причин образования трещин может быть несколько, например: из-за резких перепадов температуры; из-за действия больших нагрузок в течении длительного времени, что может показывать на недостаточную прочность дорожной одежды и земляного полотна на участке дороги; из-за неравномерного уплотнения слоёв дорожной одежды; из-за пучинообразования.

Когда транспортные средства колёсами проезжают по трещинам, частички покрытия начинают крошиться и в итоге, если конечно своевременно не устранить трещины, образуются выбоины.

2. Выбоины.

Выбоины – нарушение целостности покрытия с небольшими углублениями (рис. 3). Это могут быть просадки, проломы и крупные трещины.



Рисунок 3 – Пример образования выбоины на асфальтобетонном покрытии

Причиной образования выбоин и ям являются сдвиги, наплывы и другие деформации дорожного покрытия. Возникают они в основном при строительстве автомобильной дороги, когда были не соблюдены технические требования к асфальтированию проезжей части. Проезжая через такую неровность транспортные средства совершают резкие удары на покрытие и такие частые удары приведут к ослаблению структуры дорожного покрытия, что говорит о появлении трещин, мелких выбоин, а за тем выбоин больших размеров. Ямы и выбоины необходимо заделывать на раннем сроке их образования, чтобы избежать увеличения их в размерах.

3. Колея.

Колея – углубление на покрытии автомобильной дороги после многократного проезда колёс транспортного средства по одной и той же оси (рис. 4). Причин образования колеи много. Одну из важных причин уже назвали выше. Вторая важная причина это недостаточно уплотнённый верхний слой покрытия.

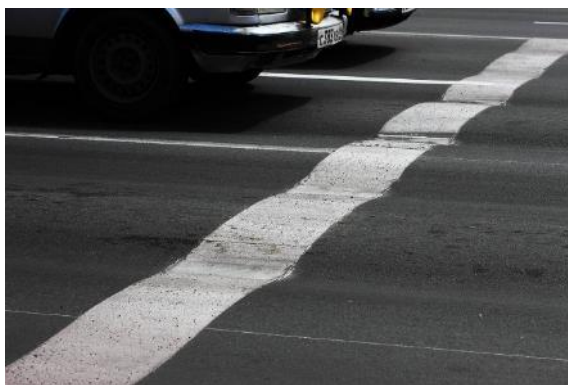


Рисунок 4 – Пример образования колеи на асфальтобетонном покрытии

Следующий важный недостаток дорожного покрытия является повышенная скользкость. Связано это с недостаточным сцеплением шины колеса и дорожного покрытия. Низкое значение коэффициента сцепления

повышает риск дорожно-транспортных происшествий. Хочу напомнить, что чаще всего дорожно-транспортные происшествия происходят в конце осеннего, начало зимнего периода, когда водители транспортных средств не сменили шины на зимние, где поверхность шин более шероховатая что позволяет удержаться на скользком покрытии дороги лучше, чем на летней шине. В таких случаях дорожные организации должны следить тщательнее за погодными условиями и при повышении скользкости, обрабатывать поверхность покрытия противогололёдными материалами.

Для обеспечения безопасности дорожного движения проводятся такие мероприятия, как [4]:

- поддержка ровности дорожного покрытия путём заделки трещины, выбоины, устранения колеиности;
- поддержание шероховатости покрытия;
- совершенствование уровня проектирования для лучшего обеспечения видимости дороги, а также избежание опасных перекрёстков путём создания на дороге кругового движения и дополнительных полос разгона и торможения, совершенствование технологий строительства дорог;
- улучшение искусственного освещения проезжей части, особенно на аварийно-опасных участках и у пешеходных переходов;
- повышение информированности водителей на опасных участках проезжей части путём установления необходимых знаков и ограждений;
- улучшение состава дорожной одежды.

Литература:

1. Интернет-ресурс ЮНИДОРСТРОЙ, дорожно-строительное предприятие. - <https://away.vk.com/away.php>
2. Энциклопедия «Автомобильные дороги Беларуси» под общей редакцией академика Белорусской инженерной академии А. В. Минина.
3. Справочник «Ремонт и содержание автомобильных дорог» под редакцией проф. А.П. Васильева.
4. Постановление Совета Министров Республики Беларусь 14 июня 2006 года № 757, об утверждении концепции обеспечения безопасности дорожного движения в Республике Беларусь (в редакции постановлений Совмина от 18.10.2012 № 947, от 17.08.2016 № 642).

СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛАВЯЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Дубок Сергей Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Жуковский Е.М., старший преподаватель)*

Зимнее содержание автомобильных дорог представляет собой комплекс работ, который включает: защиту дорог от снежных заносов; очистку дорог от снега; борьбу с зимней скользкостью.

Все эти работы направлены на обеспечение бесперебойного и безопасного движения автомобилей. Однако наиболее важным и ответственным является борьба с зимней скользкостью.

Основными методами борьбы с зимней скользкостью является применение противогололедных материалов. По своей природе они могут быть химическими и фрикционными. При использовании химических противогололедных материалов, за счет химических процессов они вызывают нарушение прочности снежоледяных отложений или их полное плавление. Фрикционные же материалы закрепляются на поверхности снежно-ледяных отложений, повышая коэффициент сцепления.

Важнейшей характеристикой противогололедных материалов является их плавящая способность. Под плавящей способностью понимают способность противогололедного реагента плавить ледяной или тонкий снежный покров на дорожном покрытии. Применение противогололедных материалов с низкой плавящей способностью в малом количестве чревато тяжелыми последствиями для участников дорожного движения.

В настоящий момент в Республике Беларусь требования к противогололедным материалам предъявляются в СТБ 1158-2013, но также на территории нашей страны действует и ГОСТ 33387-2015.

Противогололедные материалы должны соответствовать требованиям действующих технических нормативных правовых актов.

Анализ этих документов показывает, что существуют отличия в определении плавящей способности.

Так при испытании по СТБ 1158, чашки Петри со льдом предварительно термостатируют при температуре -5°C . Затем на поверхность льда ровным слоем распределяют противогололедный материал в количестве 2 г. Чашки со льдом

помещают в морозильную камеру с температурой -5°C на 1 ч. По истечению времени чашки переворачиваются на 60 с для стекания образовавшейся жидкости. Плавающая способность в таком случае определяется по формуле

$$M = \frac{m_1 - m_2}{m_{\text{ПГМ}}},$$

где m_1 – масса чашки Петри со льдом до обработки противогололедным материалом, г;

m_2 – масса чашки Петри с остатками льда и противогололедного материала, г;

$m_{\text{ПГМ}}$ – масса противогололедного материала, г.

При испытании по ГОСТ 33389 чашки Петри со льдом и противогололедным материалом выдерживаются в морозильной камере в течении 2 ч, после чего образовавшуюся жидкость сливают, а чашки взвешивают. Затем остатки льда расплавляют, жидкость выпаривают, а остаток высушивают. Плавающую способность определяют по формуле

$$M = \frac{(m_1 - m_2) + (m_3 - m_4)}{m_{\text{ПГМ}}},$$

где m_3 – масса чашки Петри с высушенным остатком противогололедного материала, г;

m_4 – масса чашки Петри.

Результаты определения плавающей способности по СТБ 1158 и ГОСТ 33389 показаны в таблице 1.

Таблица 1 – Определение плавающей способности

| № | m_1 | m_2 | m_3 | m_4 | $m_{\text{ПГМ}}$ | ГОСТ | СТБ | Δ |
|---|-------|-------|-------|-------|------------------|------|------|----------|
| 1 | 156,6 | 153,4 | 113,6 | 112,6 | 2,2 | 0,91 | 1,45 | 1,6 |
| 2 | 135,6 | 131,6 | 94,0 | 93,6 | 2,2 | 1,00 | 1,82 | 1,8 |
| 3 | 140,8 | 131,4 | 92,0 | 91,4 | 2,2 | 3,55 | 4,27 | 1,2 |
| 4 | 142,4 | 128,8 | 95,4 | 94,8 | 2,2 | 5,45 | 6,18 | 1,1 |
| 5 | 156,2 | 145,4 | 113,6 | 112,6 | 2,2 | 4,36 | 4,91 | 1,1 |

Как видно из таблицы 1, плавающая способность при определении по методике СТБ 1158 несколько завышена по сравнению с ГОСТ 33389. Причем значения получены в среднем больше в 1,4 раза. Таким образом, при

определении плавящей способности по СТБ 1158 следует уделять особое внимание на материалы со минимально допустимым значением 4 г/г, в целях избежания негативных последствий от использования некачественных противогололедных материалов.

Литература:

1. Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. Общие технические условия: СТБ 1158-2013. – Минск : Госстандарт, 2013.
2. Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования: ГОСТ 33387-2015. – Москва : Стандартиформ, 2019.
3. Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Методы испытаний: ГОСТ 33389-2015. – Москва : Стандартиформ, 2019.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Зеленкевич Евгений Витальевич, студент 3-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Зленко Л.В., старший преподаватель)

Каждый человек знает и понимает, что без развития транспортной системы страны невозможно построить эффективную рыночную экономику.

С каждым годом интенсивность на автомобильных дорогах увеличивается. Следовательно, увеличивается и нагрузка на дорожное покрытие. Для того чтобы увеличить срок службы и качество автомобильной дороги приходится искать новые строительные материалы и методы строительства.

Инновации в строительстве автомобильных дорог позволяют использовать более качественные и экологические материалы для строительства, например, повторное использование переработанных материалов.

Инновационные технологии в дорожном строительстве включают в себя следующие направления:

- Использование инновационных материалов;
- Использование автоматизированных технологий проектирования автомобильных дорог;
- Методы повышения производительности в дорожном строительстве;
- Использование инновационных типов покрытия;
- Использование инновационных способов борьбы с образованием трещин и выбоин в покрытии автомобильной дороги.

Рассмотрим некоторые виды инновационных технологий:

1. Усиление слабых грунтов с помощью щебеночных свай

При устройстве щебеночных свай происходит увеличение прочностных характеристик массива грунта, где выполняется усиление, вследствие этого увеличивается его несущая способность и устойчивость. Этот метод позволяет уменьшить значение деформаций основания от 2 до 6 раз. Так же метод позволяет сократить срок строительства и уменьшить стоимость дороги, за счет экономии на топливе для строительной техники.

2. Использование автоматизированных технологий проектирования

В настоящее время проектирование автомобильных дорог выполняется с широким применением автоматизированных процедур, начиная от сбора и обработки геодезической информации и заканчивая подготовкой чертежей и

сметных расчетов. Автоматизация проектирования занимает особое место среди информационных технологий. С помощью таких программ, например, как Credo, можно создать полный проект автомобильной дороги.

3. Малошумный асфальт

Такой тип асфальтобетонного покрытия подразделяется:

- Мелкозернистые поверхности;
- Пористые покрытия;
- Прорезиненный асфальт.

Мелкозернистые поверхности – это обычные асфальтобетонные поверхности, которые в основном состоят из мелкозернистых частиц.

Пористые покрытия – это покрытия, у которых открыты поры, для того чтобы вода и воздух свободно выходили.

Прорезиненный асфальт – это асфальт, в состав которого входит резиновая крошка, полученная путем переработки отработавших автомобильных шин. Она обеспечивает дополнительную пластичность дорожного покрытия, которая дает воздуху больше времени выходить из пор на более низком давлении по мере того как автошины проходят над ним.

Недостатком малошумного асфальта является цена. Подготовка и укладка такого асфальта может стоить намного дороже, чем обычные решения.

4. Внедрение новых строительных материалов с новыми химическими свойствами.

Данная технология позволяет смягчить асфальтобетон и сделать его более эластичным в условиях отрицательных температур при помощи добавления в битум полимерных добавок. Это приведет к смягчению асфальтобетона в 2-2.5 раза. Данные разработки позволяют бороться с образованием трещин и выбоин.

Приведенные примеры технологий – это лишь малая часть большого количества разработок, которые в перспективе могут изменить представление о дорогах и о технологии ее строительства.

ОБУСТРОЙСТВО ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ ПОЛИГОНОВ АВТОМОБИЛЕЙ И ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

Зрилова Анастасия Дмитриевна, студентка 3-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)

В настоящее время наиболее удобным и доступным средством для передвижения является автомобиль. Владея автомобилем, можно быстро и с комфортом передвигаться по своему городу, а также путешествовать и работать. Но он имеет и отрицательную сторону - немал риск возникновения дорожно-транспортного происшествия на дороге.

Для уменьшения риска возникновения ДТП автомобиль и электромобиль должен быть безопасен и надёжен.

Для проверки автомобиля на прочность, надёжность и проходимость существуют специальные комплексы, состоящие из разных видов сооружений - испытательные полигоны. Это место, где автомобиль доводят до совершенства и выявляют технические недостатки, прежде чем транспортное средство выйдет на дороги общего пользования.

Первый испытательный полигон был построен в 1924 году в городе Милфорде в США фирмой «Дженерал моторс». Задумка инженеров была в том, чтобы создать на определенном участке комплекс дорог с различной длиной, радиусами, видами покрытий, уклонами и искусственными неровностями, также многое другое.

Для испытания автомобиля на длительность движения на высокой скорости, что проверяет его на надёжность, выносливость и износостойкость, строятся кольцевые скоростные дороги или треки. Это является основной частью полигона, так как там проводится большая часть испытаний.

Кольцевые скоростные дороги с твёрдым гладким (цементнобетонным или асфальтированным) покрытием выполняются в виде замкнутого контура, длина которых может быть различной, как 7800 м (испытательный полигон фирмы Мишлен), так и достигать 14 100 м (испытательный полигон НАМИ). Они могут быть: без пересечений в одном уровне с другими дорогами и с пересечениями. Ширина проезжей части может быть от 8 до 12,5 м. Продольный профиль дороги, в отличие от треков, имеет подъёмы и спуски (не превышающие 3%), типичные для магистральных дорог 1-й и 2-й категорий.

Кольцевые скоростные дороги состоят из прямых, которые соединяются кривыми с переходными кривыми (например, 1000, 1200, 2000 м радиусами на полигоне НАМИ), также клотоидными кривыми.

На скоростных кольцах полигонов часто используют имеющийся продольный профиль с подъемами и спусками, более крутые повороты в плане. Таким образом, движение по таким кольцам происходит с переменным режимом, но с достаточно высокой средней скоростью (расчетная скорость может достигать до 300км/ч).

Помимо основного сооружения - скоростного кольца, на испытательных полигонах имеются еще трассы - треки, по длине они намного короче, в пределах 2,5-4 км (на современных трассах). По стоимости трек более 4 км не выгоден, так как при такой длине трассы уже можно развить достаточно высокую скорость и подобрать необходимые радиусы виражей, для прохождения поворотов. Максимальная ширина прямых участков 15 м, кроме старта и финиша. Возвышение наружного края зависит от угла поперечного наклона. Чем угол больше, тем больше должно быть возвышение. А угол поперечного уклона выбирается с учетом радиуса кривой, также учитываются условия местности для возможности профилирования данного виража.

Чтобы автомобиль входил плавно в вираж, переходные кривые в плане выполняют по геометрической прямой (лемнискате, клотоиде).

Виражи связаны с заданными диапазонами скоростей. Это связано с высокой скоростью при уравнивании действующей центробежной силы на автомобиль, при прохождении кривой. Для каждого угла наклона определяется максимальная скорость движения на вираже.

К испытательным сооружениям относятся: испытательные подъёмы - искусственные (с твёрдым покрытием) или естественные (на пересечённой местности); водяные бассейны (глубиной от 0,1 до 4 м) для оценки водонепроницаемости и «бродоходности» автомобилей; грязевые ванны - лоток, заполняемый грязью, уровень и консистенция которой регулируются; установки для определения устойчивости автомобилей при действии на них сильного бокового ветра (выполняются в виде ряда воздуходувок, расположенных вдоль испытательного отрезка дороги длиной в несколько десятков метров).

Литература:

1. Лаптев С. А., Автомобильные полигоны, М., 1966.[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.booksite.ru/fulltext/1/001/008/092/384.htm>
2. Испытательные полигоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroy-technics.ru/article/isyatatelnye-poligony>
3. Скоростные кольца современных автодромов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroy-technics.ru/article/isyatatelnye-poligony>

ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ

*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., доцент)*

Дорожные знаки – это элементы системы средств организаций регулирования дорожного движения, они представляют собой сигнальные устройства установленных форм, которые содержат условные обозначения либо надписи, с целью информирования участников дорожного движения о природных условиях, направлениях, а также режиме движения на дорогах. (Рис.1).



Рисунок 1 – Дорожные знаки

В современных технологиях производства дорожных знаков выполняются три основных этапа:

Первый: Чтобы изготовить качественные и долговечные знаки используется металлическая основа, ее толщина 0,8-1 мм. В качестве материала используют оцинкованный металл, с целью получения антикоррозионной прочности. После вырезается необходимая для знака форма, это может быть

круг, прямоугольник, треугольник либо квадрат. После данных процессов проводится отбортовка изделия.

Второй: На лицевой поверхности дорожного знака наклеивается специальная, устойчивая к внешним воздействиям, пленка, в которой лежит светоотражающий полимерный материал. При этом на пленке заранее печатается дорожный знак. (Рис.2).

На поверхность знаков наносится светоотражающая плёнка различных классов:

I – Инженерная.

II – Высокоинтенсивная.

III – Алмазная.

Третий: Наносится специальное покрытие, которое выполняет функцию защиты пленки от атмосферных явлений и неблагоприятных воздействий от окружающей среды.



Рисунок 2 – Изготовление дорожного знака

Производство знаков происходит на специальном современном оборудовании. На профессиональном станке К-700 изготавливают подоснову, после чего вырезают круглую или любой другой формы заготовку, и делают двойную отбортовку. Такой станок работает в строгом соответствии с требованиями и стандартами, установленными для производства дорожных знаков. (Рис.3).

Чтобы обработка основ треугольных или прямоугольных знаков была наиболее качественной, станочниками используются полуавтоматические и

вырубные прессы, именно они считаются самыми простыми и удобными в использовании.



Рисунок 3 – Изготовление дорожного знака

Чтобы заказанные изделия прибыли к заказчику в полной целости и сохранности, их важно надежно и хорошо упаковать. Знаки, которые производятся профессионалами, аккуратно упаковываются с помощью полиэтиленовой пленки и аккуратно складываются в ящик из ДВП. Используемые при производстве оборудования технологии и материалы дают возможность использовать дорожные знаки в любых климатических зонах.

Литература:

1. Дорожные знаки и дорожное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://razmet.by/dorognie-znaki> Дата доступа 18.05.2022.
2. Справочник проектировщика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://seniga.ru/soveti/2905-tehnologija-proizvodstva-dorozhnyh-znakov.html> Дата доступа 18.05.2022.
3. РТ Знак [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rt-znak.ru/stati/34-sposoby-izgotovleniya-dorozhnykh-znakov> Дата доступа 18.05.2022.

ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

*Нуьмонова Дилнозахон Нодиржон кизи, студент
кафедры изысканий и проектирования автомобильных дорог,
Ташкентский государственный транспортный университет,
Республика Узбекистан, г. Ташкент.*

(Научный руководитель – Салимова Б.Д., канд. техн. наук., профессор)

Интенсивно развивающиеся промышленность и сельское хозяйство, необходимость в транспортных связях большого количества населенных пунктов страны являются стимулом для дальнейшего строительства новых и реконструкции существующих автомобильных и железных дорог. Особое место в транспортном строительстве занимает возведение малых искусственных сооружений, количество которых столь велико, что, несмотря на относительно малую стоимость каждого из них, общие затраты на постройку малых мостов и труб больше, чем на сооружение переходов через крупные водотоки.

В настоящее время наибольшую сложность представляют расчеты максимального стока ливневых вод. Известно, что именно дождевые паводки, вызывая разрушения дорог, мостов и других искусственных сооружений, причиняют значительный ущерб народному хозяйству страны. Статистические сведения показывают, что чаще всего причиной разрушений или повреждений труб и малых мостов на дорогах является в большинстве случаев превышение расчетных максимальных расходов дождевых вод. В этих случаях, но не меньшее зло представляет собою и завышение расчетных максимальных расходов, так как при безопасном пропуске паводков, в этих случаях, затраты на постройку слишком больших сооружений не оправданы.

В настоящее время при проектировании дорог и искусственных сооружений на них в условиях весьма специфического региона Узбекистана приходится решать весьма сложные технические вопросы прежде всего, в связи с тем, что территория республики отличается пестротой климатических, гидрологических и почвенно-грунтовых условий. Большие трудности возникают поэтому при расчетах величин максимальных расходов и объемов стока ливневых вод, во многом определяющих генеральные размеры малых искусственных сооружений. Специфика этих физико-географических условий, а также хозяйственной деятельности человека в этом регионе накладывают своеобразный отпечаток, как на производство инженерных

гидрометеорологических изысканий на территории республики, так и на проектирование водопропускных сооружений.

При выполнении гидрометеорологического обоснования проектов дорог возникают существенные трудности в части обоснования расчетных зависимостей ливневого стока. Без разностороннего обоснования и разработки расчетных норм максимального стока с учетом физико-географических и климатических условий рассматриваемого района и хозяйственной деятельности человека нельзя решить вопросы назначения размеров сооружений. Поэтому необходимо обратить серьезное внимание, как на методику сбора исходных данных, так и разработку расчетных зависимостей, позволяющих сделать расчет максимального стока надежным и полным.

При определении максимальных расхода ливневых вод и определения расчетных гидрологических характеристик практически не учитывают региональные факторы формирования максимального стока и в результате этого при расчетах возникают определенные неустраняемые ошибки. Это в свою очередь приводит либо к разрушению (или нарушению условий нормальной эксплуатации) водопропускных сооружений, либо к излишним запасам и неопределенным расходам материалов и денежных средств, что в конечном счете сказывается на экономике дорожного строительства в целом.

К сожалению, в настоящее время наблюдения за интенсивностью дождя становятся крайне редкими, либо отсутствуют полностью. Продолжительность дождя также регистрируется не на всех метеостанциях и ее приходится определять косвенными методами. Следовательно, назрела необходимость решения этой проблемы, что особенно важно для горных рек Центральной Азии.

Литература:

1. Андреев О.В. «О расчетной формуле региональных норм ливневого стока». В книге «Мостовые переходы на автомобильных дорогах», труды МАДИ, вып. 83, Москва, 1975г. –С. 4-10.
2. Салимова Б.Д. О развитии методов расчета максимальных расходов воды рек горных районов // Табиий ва иктисодий географик районлаштиришнинг долзарб муаммолари. -Тошкент Миллий университет конф.: -Тошкент,2004. –С. 181-185
3. Федотов Г.А. Изыскания и проектирование мостовых переходов: Учеб.пособие для студ.высш.учеб. заведений / Григорий Афанасьевич Федотов. – М.:Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с. ISBN 5-7695-1655-0

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ БЕЛАРУСИ И СООРУЖЕНИЯ НА НИХ

Пташиц Егор Олегович, студент 2-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель - Козловская Л.В., старший преподаватель)

Протяженность всех автомобильных дорог общего пользования в сумме составляет 86967 километров, а также в них входят:

- республиканские дороги 15929 километров;
- местные дороги 71038 километров;
- в Беларуси 13 магистральных дорог.

Два трансъевропейских коридора пересекают территорию Республики Беларусь:

- Номер II (Запад – Восток);
- Номер IX (Север – Юг).

Усовершенствованное дорожное покрытие имеют практически все республиканские дороги.

Плотность сети дорог общего пользования 418 км на 1000 км² (Рис. 1), этот показатель один из самых высоких среди стран СНГ. Плотность загородных дорог с твердым покрытием 337 км на 1000 км², относительно среднего показателя среди европейских стран (906 км на 1000 км²) этот показатель довольно низок.

Смотря на впечатляющие цифры указанные выше хочется узнать не менее впечатляющую историю рождения первой автомагистрали Республики Беларусь. В 1934 году советское правительство постановило построить автомагистраль, которая должна была связать Москву со столицей братской республики – городом Минском. Трассу проектировали около 2 лет. По началу было решено сделать трассу 18 метров в ширину плюс 3 метра разделительной полосы. Но и это не все. В те времена тракторы имели огромные, с человеческий рост колеса, снабженные шипами, и для того, чтобы эти мастодонты не портили дорожное покрытие автомагистрали, специально для них сбоку трассы было решено сделать тракторные пути. Все пересечения с железнодорожными путями осуществлялись на разных уровнях. Однако и это не конец гениальности советских проектировщиков. По бокам дороги расположились поля и пастбища, на которых пасется скот.

Как им пересечь крупнейшую автомагистраль безопасно? Каждые 5 километров были предусмотрены специальные скотопрогоны для колхозного и совхозного скота.

Однако такой проект оказался слишком дорогим в общей сложности стоимость воспроизведения его в жизнь стоила 1 миллиард советских рублей. После значительных переработок был принят вариант, который стоил 600 тыс. советских рублей без учета рабочей силы, ведь дорогу строили заключенные. Протяженность магистрали составляла 695 километров. В общей сложности работало около 105 тысяч человек. Им предстояло построить 115 мостов примерно 3 километра в длину в сумме, а также, 627 труб и 9 путепроводов.

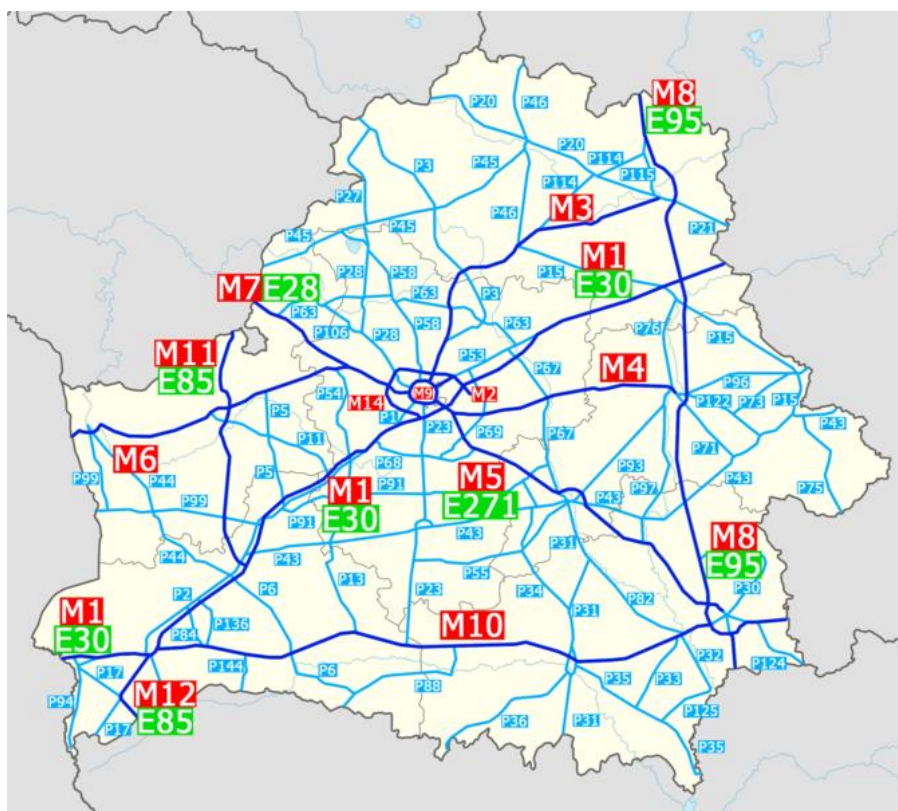


Рисунок 1 – Карта автомобильных дорог Беларуси

Классификация автомобильных дорог по категориям.

Автомагистрали – дороги, обозначенные знаком «автомагистраль» относятся к категории I-а. Предназначена такая дорога для больших транспортных потоков передвигающихся на большие расстояния без обслуживания прилегающих территорий. Область применения автомагистрали – это участки основных республиканских дорог протяженностью не менее 150 километров с более 50 % транзита в потоке. Расчетная интенсивность движения дороги данной категории св. 8000 ед/сут.

Скоростные автомобильные дороги. Категория I-б предназначена она для интенсивных потоков транспорта с высокой скоростью. Область применения

скоростных дорог, это Республиканские автомобильные дороги на подходах к крупнейшим городам на расстоянии 40-50 километров, так же подъезды к аэропортам и кольцевые дороги вокруг городов. Расчетная интенсивность движения таких дорог св. 10000 ед/сут.

Обычные автомобильные дороги – это дороги общего пользования, республиканские автомобильные дороги (кроме автомагистралей и скоростных дорог), а также местные дороги (кроме дорог низших категорий). Классифицируются обычные автомобильные дороги по расчетной интенсивности движения от I-в категории до V категории. Категория I-в – свыше 10000 ед/сут. Категория II – свыше 5000 до 10000 включительно на республиканских дорогах и свыше 7000 включительно на местных дорогах. Категория III – свыше 2000 до 5000 включительно на республиканских дорогах и свыше 3000 до 7000 включительно на местных дорогах. Категория IV – свыше 200 до 2000 включительно на республиканских дорогах и свыше 400 до 3000 включительно на местных дорогах. Категория V – до 200 включительно на республиканских дорогах и до 400 включительно на местных дорогах.

Автомобильные дороги низших категорий – это дороги, которые обеспечивают подъезд к малым сельским поселениям. Обычно это тупиковые дороги с незначительной интенсивностью движения. Категория VI-а – свыше 25 до 50 включительно на местных дорогах. Категория VI-б – до 25 включительно на местных дорогах.

Дорожные сооружения на дорогах Республики Беларусь

Прежде чем начать перечислять богатый перечень дорожных сооружений Республики Беларусь необходимо понять, что они из себя представляют. Дорожные сооружения – конструктивные элементы дороги: искусственные сооружения, защитные сооружения, элементы обустройства дорог, площадки для отдыха, площадки для остановки и стоянки автомобилей и т.д. Первое с чего начну это мост, но это не просто мост через реку Припять около деревни Новики в Гомельской области, а самый длинный мост на территории Республики Беларусь. Длина этого моста 926 метров. Обусловлено это тем, что весной Припять выходит за пределы берегов и затапливает ближайшую территорию. Поэтому путем поднятия автомобильной дороги над землей проектировщики решили проблему ее затопления, вследствие чего увеличилась длина моста.

Самый большой путепровод не только в Бресте, но и в стране имеет протяженность около 2.5 километров и развязка 10 метров над землей. Путепровод очень сильно разгружает трафик в городе и предоставляет возможность двигаться через весь город транзитом. Он соединяет дороги Р17(граница Украины) и М 1 Брест – Минск. Построен по новой технологии,

между слоями бетона пустообразователи, что делает конструкцию более легкой (Рис. 2).



Рисунок 2 – Путепровод «Западный обход»

В Гродно 6 августа открыли самый высокий автомобильный мост в Беларуси. Мост Восточный (Рис. 3) планировали открыть еще к годовщине освобождения Гродно, но церемонию отложили из-за погодных условий. Восточный мост через Неман в Гродно теперь один из самых высоких в республике. Его длина составляет 240 метров, высота – 32,5 метров, ширина – 17,5 метров. Предусмотрено две полосы движения в каждую сторону. Новый мост стал подарком для жителей региона к годовщине освобождения Гродненщины от немецко-фашистских захватчиков: Гродно был освобожден Красной армией 16 июля 1944 года.



Рисунок 3 – Мост Восточный после реконструкции

Фундамент моста был заложен в первые послевоенные десятилетия, в 60-е годы мост планировали использовать в интересах ракетных войск стратегического назначения. С него в случае необходимости можно было осуществить ракетный залп.

Литература:

1. Бабаскин, Ю. Г. Оценка состава и состояния грунтов при строительстве инженерных сооружений : методическое пособие к курсовой работе по дисциплинам «Дорожное грунтоведение и механика земляного полотна», «Инженерная геология и механика грунтов» для студентов специальностей 1-70 03 01 «Автомобильные дороги», 1-70 03 02 «Мосты, транспортные тоннели и метрополитены» / Ю. Г. Бабаскин, Л. В. Козловская ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Строительство и эксплуатация дорог". – Минск : БНТУ, 2011. – 169 с. : табл.
2. Минина, А. В. Автомобильные дороги Беларуси. Энциклопедия / А. В. Минина // Белорусская энциклопедия. – 2002. – с. 671
3. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» для студентов специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» [Электронный ресурс] / Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Автомобильные дороги» ; сост.: Н. В. Вишняков. – Минск : БНТУ, 2021.

ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПРИ СООРУЖЕНИИ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Толстикова Надежда Александровна, студентка 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Бабаскин Ю.Г., канд. техн. наук, доцент)*

Государственная программа Республики Беларусь по развитию дорожной сети предусматривает разработку и применение технологий и материалов, улучшающих качество дорожно-строительных работ и повышающих транспортно-эксплуатационные характеристики автомобильных дорог [1].

Земляное полотно, занимаемое по объему наибольший процент сооружения, является одним из главнейших элементов дорожной конструкции, оцениваемой наивысшим коэффициентом значимости, наравне с дорожной одеждой, хотя стоимость дорожной одежды достигает до 90 % от общей стоимости автомобильной дороги. От прочности и устойчивости земляного полотна зависит долговечность и работоспособность всей конструкции.

На первый взгляд строительство земляного полотна содержит весьма простые требования: разрабатываемые местные грунты, необходимо уложить ровным слоем и уплотнить до достижения требуемой степени уплотнения. Однако, эта кажущаяся легкость таит в себе серьезные проблемы, возникающие при строительстве земляного полотна, которые можно объединить в следующие задачи.

Во-первых, обеспечение прочного и устойчивого основания. Как правило, основанием являются грунты естественного залегания, исторически сформированные геологическими напластованиями. Гамма естественных грунтов весьма разнообразна и представляет собой основание, состоящее из грунтов, относящихся от слабых до песков, суглинков и глин. Если не учитывать несущую способность этих грунтов, насыщенность их водой и фильтрационные свойства, то, как бы мы хорошо не возвели насыпь, вся конструкция дороги будет иметь деформацию, в результате осадки или просадки, следовательно, произойдет деформация земляного полотна, что отразится на возникновении дефектов в виде трещин на покрытии. Кроме того, дорожная конструкция в виде выемки имеет слои различных грунтов, в том числе водонасыщенные с высоким уровнем грунтовых вод, которые могут привести к фильтрации воды по откосу,

следовательно, к возникновению оползней и осовов. Это потребует сооружение перехватывающего или откосного дренажей.

Во-вторых, применение пригодных грунтов при возведении насыпи. Пылеватые разновидности грунтов относятся к сильно и чрезмерно пучинистым грунтам, что относит их к малопригодным и непригодным категориям по величине относительного морозного пучения. Поэтому, необходимо их защищать от водонасыщения и от воздействия отрицательных температур, что приведет к усложнению конструкции и применению дополнительных мер по ограничению притока воды, в виде изоляционных прослоек. Виды грунтов играют большое значение в устойчивости и прочности всей конструкции. Переувлажненные грунты необходимо укладывать с чередованием грунтов нормальной влажности, глинистые грунты применять в ядре насыпи, защищая их от увлажнения и промерзания, что отразится на усложнении технологии возведения земляного полотна. Соблюдение правила однородности грунтов является важным условием создания прочной конструкции, учитывая, что у неоднородных грунтов модуль деформации отличается более чем в 2 раза, следовательно, грунты с более высоким показателем необходимо располагать в рабочем слое насыпи.

В-третьих, достижение требуемого коэффициента уплотнения в соответствии с ТКП 45-3.03-19-2006, в зависимости от части земляного полотна (верхняя, нижнее, подтопляемая, неподтопляемая, в зоне сезонного или ниже зоны сезонного промерзания). Недостаточное уплотнение, наличие слабых грунтов в основании или уплотнение больших слоев грунта приведет к длительной консолидации, что также отразится на возникновении деформаций в земляном полотне. Согласно нормативным документам рекомендуется применение различных катков с определенной массой, на уплотнении слоев грунта определенной толщины, хотя часто эти рекомендации не соблюдаются, что приводит к низкой степени уплотнения. Кроме того, необходимо закупать катки с дисплеями, регистрирующими степень уплотнения при каждом проходе катка, что позволит обеспечивать качественное уплотнение грунта при непрерывной работе катка.

В-четвертых, обеспечение поверхностного водоотвода, начиная от придания профиля основанию, при залегании глинистых грунтов, до обеспечения уклонов слоям и верху земляного полотна, включая и присыпную обочину. В выемках для обеспечения поверхностного водоотвода устраивают нагорные канавы с отсыпкой банкетов. Самым уязвимым местом для размыва водой от выпадающих осадков являются откосные части насыпи и выемки. В связи с этим существуют разнообразные способы по укреплению откосов, а также способы расчета их устойчивости, начиная от способов расчета

устойчивости откосов методами КЦПС и ППС, при проектировании автомобильной дороги, до конструктивного исполнения с помощью нетканого синтетического материала, георешеток, плит и других элементов. Применение более пологих откосов, позволяющих съезжать автомобилю с насыпи без опрокидывания, положительно влияет на безопасности движения, но приводит к увеличению суммарных затрат на строительство. Устройство берм позволяет увеличить устойчивость откосов, но в то же время расширяет полосу отвода.

В-пятых, выбор рациональной конструкции земляного полотна при строительстве автомобильной дороги в неблагоприятных геологических условиях и на сильно пересеченной местности. Применение полного или частичного выторфовывания с устройством песчаных дрен, горизонтальных прорезей, торфоприемников, все это сопряжено со значительными земляными работами и применением специализированной техники, позволяющей производить работы на слабых грунтах. Строительство земляного полотна способами перегрузки, предварительной консолидации, временной пригрузки потребует учета и фиксирования осадки в течении длительного времени. Отсыпка насыпи или сооружение полувыемки-полунасыпи на крутых косогорах потребует нарезку уступов и обеспечение водоотвода путем устройства нагорных канав, присыпок и банкетов, а также, при необходимости, перехватывающего, закветного или откосного дренажей.

В-шестых, выбор оптимального соотношения между стоимостью конструкции и технологическими или конструктивными решениями. Некоторые ученые предлагают широкое применение конструктивных мероприятий по снижению затрат, заключающиеся в отказе от преимущественного прохождения дороги в насыпи, снижение её рабочих отметок, на обходах населенных пунктов вблизи жилой застройки отдавать предпочтение прохождению дороги в выемке, широкого использования влагопрерывающих и дренирующих прослоек из геосинтетических материалов, пересечения главной дороги второстепенной поверху и многое другое. Следует отметить, что при использовании этих рекомендаций нельзя забывать об увеличении объемов земляных работ, снегозаносимости невысоких насыпей, о трудоемких работах по отводу воды из выемок, об увеличении полосы отвода для выемок вблизи населенных пунктов, об эстетичности автомобильных дорог.

На основании рассмотренного материала предложены задачи, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации земляного полотна автомобильных дорог.

Литература:

1. Шумчик В.К., Кравченко С.Е. Инновационные технологии при строительстве, реконструкции, ремонте и содержании автомобильных дорог. / Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию Белорусского национального технического университета «Перспективные направления проектирования, строительства и эксплуатации дорог, мостов и подземных сооружений». Часть 1. – Минск: БНТУ, 2010. - с 213.

ПРОБЛЕМЫ ТЕКУЩЕГО РЕМОНТА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Шебеко Максим Русланович, Хомич Денис Витальевич,
студенты 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Жуковский Е.М., старший преподаватель)*

В настоящее время для текущего ремонта автомобильных дорог используется ряд различных технологий, таких как холодное асфальтирование, горячие асфальтирование, струйно-инъекционные технологии и др.

При неблагоприятных погодных условиях и проведении ремонта вне сезонного времени, оптимально использовать технологию холодного асфальтирования. Для производства этих работ используются специальные смеси по типу СОМС, СЭМС, «патч» и др. Преимуществом данного метода является быстрая укладка, простота хранения материала, высокая степень безопасности при работе. Однако широким применением данный метод не обладает из-за своей высокой стоимости, низкой механической прочности, тщательной обработки от пыли и грязи поверхности выбоин.

Широкое применение при проведении небольшого ямочного ремонта, приобрела струйно-инъекционная технология (СИТ) с применением битумной эмульсии. Распространенность данный метод получил за счет возможности использования его в любое время года, оперативности проведения работ и отсутствия специализированной техники для дополнительного уплотнения. Тем не менее, неудобство СИТ заключается в малом сроке службы, потребностью обработки поверхности эмульсии, а также снижении безопасности до полного прилипания щебня.

Наиболее приемлемой технологией является ремонт покрытий с нарезкой карт и заделкой выбоин горячими асфальтобетонными смесями. Достоинством данного способа является его высокие параметры прочности, эксплуатационные свойства и долговечность. Однако при производстве работ используется большое количество механизмов для нарезки, очистки и сушки дорожных карт, необходимость в благоприятных природно-климатических условиях.

Вышеперечисленные технологии требуют особого подхода к производству работ. Они имеют ряд преимуществ и недостатков. Поэтому существует необходимость в разработке универсального метода, который будет обладать рядом свойств: долговечностью, высокими эксплуатационными свойствами, укладкой при любых погодно-климатических условиях, низкой стоимостью,

возможностью использования переработанного материала, отсутствием дополнительной техники, механизмов и оперативностью проведения работ.

Литература:

1. Зленко, Л. В. Основы технологий ямочного ремонта на дорожных покрытиях нежесткого типа / Л. В. Зленко, Т. М. Шохалевич. – Текст : электронный. // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 72-75.
2. Козлова, Е. Н. Холодный асфальтобетон / Е. Н. Козлова. – Текст : непосредственный. – М.: Автотрансиздат, 1958. – 124 с.
3. Игошкина, А. Ю. Складируемые органоминеральные смеси для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий / А. Ю. Игошкина. – Текст : непосредственный. // Вестник Белорусского национального технического университета : научно-технический журнал. – 2007. – № 2. – С. 15-19.
4. Поздняков, В. Р. Опыт применения холодных смесей Мультигрейд для текущего и аварийного ямочного ремонта / В. Р. Поздняков. – Текст : непосредственный. // Дорожная техника-2006: каталог-справ. – М., 2006. – 270 с.
5. Жуковский, Е. М. Повышение качества ямочного ремонта / Е. М. Жуковский, Я. Н. Ковалев, С. Е. Кравченко // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 54-64.

ВОЗДЕЙСТВИЕ ХИМИЧЕСКИХ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА АСФАЛЬТОБЕТОН

Шпилевский Никита Алексеевич, студент 4-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Жуковский Е.М., старший преподаватель)

В настоящее время противогололедные материалы, используемые в Республике Беларусь, должны соответствовать СТБ 1158-2013 «Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. Общие технические условия». Кроме того, на территории нашей страны действует ГОСТ 33387-2015 «Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования».

В этих стандартах предъявляются требования к плавящей способности материалов, их температуре замерзания, коррозионной активности и агрессивности воздействия на цементобетон. Однако требования по воздействию на асфальтобетон не предъявляются. При этом ДМД 02191.2.042-2010 рекомендует проводить щадящую противогололедную обработку асфальтобетонных покрытий с минимальным расходом материала.

Воздействие противогололедных материалов на асфальтобетон приводит к его разрушению: появляется шелушение, выкрашивание, образуются выбоины. При этом нерастворимые вещества под воздействием противогололедных материалов переходят в растворимые. Например, при взаимодействии минерального порошка, состоящего из нерастворимых карбонатов кальция и магния, с хлористым натрием, широко применяемым в Беларуси материалом, образуется водорастворимый карбонат натрия, что и является предпосылкой для дальнейшего разрушения асфальтобетона.

В таблице 1 приведен сравнительный анализ наиболее популярных противогололедных материалов.

Как видно из таблицы 1, с компонентами асфальтобетона взаимодействует только хлористый натрий, при этом он обладает высокой плавящей способностью.

Другие хлориды не оказывают агрессивного воздействия на асфальтобетон, однако обладают высокой коррозионной активностью, при этом весьма дорогостоящие.

Вопрос использования формиатов так же ограничен их стоимостью.

Таким образом остро стоит вопрос разработки противогололедных материалов, обладающих высокой плавящей способностью, низкой коррозионной активностью и минимальным воздействием на асфальтобетон, при этом с минимальной стоимостью.

Таблица 1 – Сравнительный анализ наиболее популярных противогололедных материалов

| ПГМ | Плавящая способность при -5 °С, г/г | Коррозионная активность, мг/см ² сут | Взаимодействие с компонентами асфальтобетона |
|----------------|-------------------------------------|---|--|
| Хлорид магния | 9,5 | 1,29 | - |
| Хлорид кальция | 9,0 | 1,02 | - |
| Хлорид натрия | 13,3 | 0,8 | + |
| Формиат натрия | 11,5 | 0,14 | - |

Литература:

1. Материалы противогололедные для зимнего содержания автомобильных дорог. Общие технические условия: СТБ 1158-2013. – Минск : Госстандарт, 2013.
2. Дороги автомобильные общего пользования. Противогололедные материалы. Технические требования: ГОСТ 33387-2015. – Москва : Стандартинформ, 2019.

Секция 3

**ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ В AUTOCAD

Кураш Антон Витальевич, Хирьянова Мария Дмитриевна,

студенты 3-го курса кафедры «Геодезия и ГИС»

Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк

(Научный руководитель – Ялтыхов В.В., канд. техн. наук, доцент)

В геодезии решается множество задач, решение которых сводится к построению чертежей, но наиболее распространенными являются топографо-геодезические работы, результатом которых является топографический план и исполнительная съёмка. Одной из самых популярных программ для составления таких чертежей является AutoCad. В данной работе мы рассмотрим возможности оптимизации рабочего процесса в AutoCAD при решении графических задач в геодезии.

AutoCAD – это гибкая платформа для разработки специализированных приложений. Его открытая архитектура позволяет адаптировать программу под конкретные задачи пользователей. Преимуществом AutoCAD над другими САПР является его гибкая система программирования. В среде AutoCAD практически все команды реализуются программно, затем используются в данной системе средствами, созданными с помощью определенных сценариев.

Набор поддерживаемых языков программирования в AutoCAD довольно широк: AutoLisp + DCL, Visual C++, VBA, ARX.

В нашей работе мы использовали AutoLisp программы и Script файлы.

Графический язык программирования Autolisp является расширением языка программирования Lisp. Лисп (LISP, от англ. LISt Processing language — «язык обработки списков»; современное написание: Lisp) — семейство языков программирования, программы и данные в которых представляются системами линейных списков символов, которые выбраны в качестве базовых, поскольку графические примитивы (начиная, с точки), блоки, наборы примитивов и блоков удобно представляются в виде списков.

В составе системы AutoCAD поставляется интерпретатор с языка Autolisp. Таким образом, графический редактор ACAD и интерпретатор Autolisp представляют собой единую систему: любая функция Autolisp может быть вызвана из графического редактора и любая команда редактора может быть использована в программе на Autolisp.

При помощи AutoLisp можно создавать новые пользовательские программы для AutoCad, повышая тем самым его производительность.

Основным средством для написания программ на AutoLisp служит редактор Visual Lisp. В нем присутствует развитая среда программирования с инструментами поиска ошибок. Редактор Visual Lisp интегрирован в Автокад и запускается только из активного окна.

В свою очередь Script — это набор команд, то есть строки кода, которые вкуче выполняют конкретную задачу. Для ее выполнения и создаются Script. Они могут быть как очень маленькими по объему и отвечать за запуск каких-то простых служб программы, так и объемными. В AutoCad Script представляет текстовый файл, в котором прописан последовательный набор команд.

В работе мы рассматривали следующие задачи:

импорт точек в AutoCAD;

автоматическое черчение векторов по координатам;

соединение группы точек полилинией.

Для импортирования точек и рисовки векторов отклонений проектных отметок от фактических в AutoCAD мы использовали Script-файлы, а для соединения группы точек полилинией - Lisp.

Script-файл представляет собой набор повторяющихся команд Autocad с необходимыми параметрами и данными. Для импорта пикетных точек необходимо создать графический объект Autocad «точка» с определенными координатами. Также необходимо создать два графических объекта «текст»: номер точки и отметка. Пример Script файла приведен на (Рис. 1)

| | |
|---|-----------------------------|
| <code>_point 2000.456,1000.123,200.000</code> | Точка |
| <code>_text 2000.656,1000.223 1.0 0 СТ1</code> | Номер пикета |
| <code>_text 2000.656,999.023 1.0 0 200.00</code> | Отметка пикета |
| <code>_point 2004.124,1008.404,135.103</code> | } Повторяющийся блок Script |
| <code>_text 2004.324,1008.504 1.0 0 point2</code> | |
| <code>_text 2004.324,1007.3041.0 0 135.10</code> | |

Рисунок 1 – Фрагмент Script файла

Для формирования текста Script нами использовался Excel и VBA. В таблице Excel находились номера, координаты и высоты пикетных точек. Для автоматизации процесса создания Script инструментами Excel создаём кнопку, которой назначаем макрос. Макрос по данным, расположенном на листе Excel создает текстовый файл *.scr, в котором находится повторяющийся набор команд Autocad. В макросе VBA необходимо запрограммировать создание 3-х текстовых строк (Рис. 1) и поместить в цикл.

Импорт пикетных точек нами был так же реализован в виде блока Autocad с двумя атрибутами. Для этого варианта текст Script будет следующим:

`_insert imp_blk 2000.456,1000.123 1 0 CT1 200.00,`

где «`-insert`» - команда Autocad для вставки блока, «`imp_blk`» имя вставляемого блока, «`2000.456,1000.123`» - координаты вставки блока, «`CT1`» и «`200.00`» атрибуты блока.

Для реализации данного варианта в файле Autocad должен быть создан блок с именем «`imp_blk`» и содержащим 2 атрибута.

Для оформления результатов исполнительной съемки часто необходимо указать отклонения от проектного положения в виде стрелок с величинами отклонений.

Эта задача нами также была реализована в виде Script файла, где использовался графический объект Autocad «размер», с предварительно настроенными параметрами. Результат выполнения Script показан на (Рис. 2).

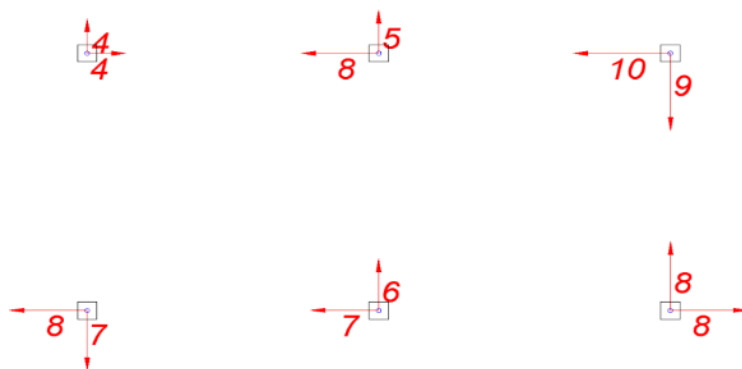


Рисунок 2 – Результат работы Script

Конечно, для окончательного оформления чертежа необходимо ручное редактирование, но основной объем черчения выполнен автоматически.

Сценарии – это далеко не универсальное средство решения нестандартных задач в AutoCAD. Но это может быть самым доступным способом автоматизации работы с точки зрения затрачиваемого на его изучение времени и получаемого результата.

Литература:

1. Полещук, Н. Н., Лоскутов, П. В. AutoLISP и Visual LISP в среде AutoCAD/ Н.Н. Полещук, П.В. Лоскутов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. –960 с.
2. Полещук, Н. Н. Самоучитель AutoCAD 2014/ Н.Н. Полещук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2014. – 464 с.
3. Свет, В. Л. AutoCAD: язык макрокоманд и создание кнопок/ В.Л. Свет. – СПб.: БХВ-Петербург, 2004. – 320 с.

КАРТОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*Герасимова Маргарита Александровна, студент 1-го курса
кафедры «Геодезия и ГИС»*

*Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк
(Научный руководитель – Парадня П.Ф., старший преподаватель)*

Инновационные технологии находят широкое применение во всех сферах деятельности человека. Не является исключением и сельское хозяйство, где в последнее время активно развивается точное земледелие.

Точное земледелие – это комплексный подход к управлению продуктивностью посевов с применением современных передовых технологий. А именно: систем глобального спутникового позиционирования, оценки урожайности, геоинформационных систем, дистанционного зондирования земли, переменного нормирования и других.

Точное земледелие обеспечивается аппаратными и программными средствами.

Аппаратные средства включают системы параллельного вождения, пробоотборники и агрохимические лаборатории, датчики урожая, системы дифференцированного внесения, беспилотные летательные аппараты. Большинство из них требует картографо-геодезического и геоинформационного обеспечения.

Используя системы параллельного вождения и системы спутниковой навигации можно автоматизировать процесс управления сельскохозяйственной техникой. Благодаря спутниковому оборудованию и современному программному обеспечению точность прокладки курса сельхозагрегата достигает 20 сантиметров, а если использовать станции RTK, то точность можно увеличить до 5 сантиметров.

Также важной составляющей точного земледелия является использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). С их помощью всего за несколько минут можно получить снимки объектов и в дальнейшем использовать их. Для съемок полей используют два вида БПЛА. Первым является аппарат самолетного типа (летающее крыло), который больше подходит для съемки длинных полей, так как конструкция не позволяет зависать над одним объектом. Вторым видом являются коптеры и дроны, которые отлично справляются и с точечной съёмкой. К недостаткам этого вида можно отнести небольшой радиус полета.

Современные беспилотники способны выполнять в земледелии различные функции: видеосъемку, аэрофотосъёмку, лазерное сканирование и даже опрыскивание посевов.

Еще одной задачей точного земледелия является обеспечение мониторинга сельскохозяйственных угодий, который состоит из мониторинга рабочих участков, анализа различных условий местности и агрохимических исследований участков полей. При помощи GPS-приемников определяются границы полей. По каждому полю ведется база данных, включающая сведения о площади, выращиваемой культуре, предшественнике, составе почв, уклонах и т.п.

В процессе производства сельхозработ необходимо выполнять наблюдения за передвижением техники. Для этого сбор информации ведется в автоматизированном режиме. На основе получаемых данных определяется местоположение сельскохозяйственной техники и отображается на специализированной карте. При передвижении параллельно осуществляется сбор дополнительной информации, которая отображается также на карте с использованием условных знаков, диаграмм, цветовых различий, текстовых подписей и графиков.

В итоге вся информация анализируется и публикуется в сети Internet, например, с использованием GIS WebServer.

Использование технологий точного земледелия в сельском хозяйстве дает ряд преимуществ: минимизация затрат на сырьё и материалы, улучшение характеристик используемых участков земли др. Это способствует улучшению качества получаемой продукции, повышению урожайности и снижению негативного влияния на окружающую среду.

Однако, на пути внедрения данных технологий стоит несколько препятствий, которые с определенной долей условности можно назвать недостатками: высокая стоимость использования аппаратных средств, сложность использования этих технологий из-за недостаточного количества специалистов в данной сфере и отсутствия практического опыта. И всё же эти недостатки нельзя считать существенными.

Картографо-геодезическое обеспечение в свою очередь является неотъемлемой частью точного земледелия. Использование современных методов координирования границ полей дает возможность эффективного использования ресурсов сельхозпредприятий, а картографическая основа позволяет реализовывать организацию работы и управление сельскохозяйственной техникой.

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ

*Давидовская Анна Игоревна, Игнатенко Кристина Викторовна,
студенты 2-ого курса кафедры «Геодезия и ГИС»
Полоцкий государственный университет, г. Новополоцк
(Научный руководитель – Волошина М.В., старший преподаватель)*

Строительство представляет собой сложный производственный процесс, который включает в себя инженерные изыскания, проектирование, непосредственно возведение объекта, наблюдения за деформациями. Инженерные изыскания – комплексная деятельность по изучению природных условий территории и факторов техногенного воздействия на территорию объектов. Одним из основных результатов инженерно-геодезических изысканий является крупномасштабный план местности.

За последние годы инженерно-геодезические изыскания шагнули далеко вперед: сменились нормативные документы, оборудование, программное обеспечение. При этом развитие отрасли только набирает обороты и стремится к улучшению качества и скорости выполнения работ. В данной работе обсуждаются изменения, произошедшие за последние десятилетия в сфере выполнения инженерных изысканий, а именно методов топографических съемок, обсуждаются перспективы развития отрасли.

Так одним из основных методов, достаточно широко используемым в прошлом была мензульная съемка. Ее использовали при невозможности или нецелесообразности аэрофотосъемки [1]. В настоящее время в связи с возможностями, доступностью электронных тахеометров, спутниковых методов, цифровой съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), внедрением лазерного сканирования такие методы как мензульная съемка практически не используются.

К аэрофототопографическим методам относятся комбинированная (на фотоплане), стереотопографическая съемка, воздушное лазерное сканирование в сочетании с цифровой аэрофотосъемкой, цифровая аэрофотосъемка с применением беспилотных летательных аппаратов [2].

Также одним из широко применяемых в настоящее время способов является использование спутниковых методов.

В целом, в настоящее время к наиболее используемым методам выполнения съемочных работ для целей инженерно-геодезических изысканий

следует отнести спутниковые методы, тахеометрическую съемку, цифровую съемку с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Также к новым методам топографической съемки местности относится наземное лазерное сканирование. Оно может выполняться, как отдельный вид работ, так и в комплексе с другими видами работ, такими как тахеометрическая съемка, спутниковое определение и другое [2].

Одним из часто используемых приборов ранее был теодолит, однако с развитием технологий его место занял электронный тахеометр. Таким образом, время, затраченное на съемку и камеральные работы, сильно сократилось.

Но не только приборы помогли ускорить процесс уравнивания и подсчетов, но и программное обеспечение. Так всем известный программный комплекс Credo – специализированное программное обеспечение для автоматизации процессов инженерных изысканий и проектирования. Каждая из систем комплекса позволяет не только автоматизировать обработку информации в различных областях инженерных изысканий, но и сформировать единое информационное пространство, описывающее исходное состояние территории (модели рельефа, ситуации, геологического строения) и проектные решения создаваемого объекта. Появился комплекс в 1989 году. Несмотря на то, что прошло уже более 30 лет, программа не потеряла своей актуальности, за счет выпуска новых версий и обновлений, которые в свою очередь, делают работу с программой еще более удобной.

Также стоит сказать о таком программном обеспечении, как AutoCAD. Несмотря на то, что первые версии программы появлялись еще в 80-х годах 20 века, обширное применение эта программа на территории стран СНГ получила в начале 2000-х годов. С каждым последующим выпуском новых версий интерфейс программы становится нагляднее и удобнее.

Такое стремительное развитие технологий, приборов и программного обеспечения указывает нам на то, что в перспективе может измениться нормативно-правовая база, произойти усовершенствование оборудования и появятся новые программы, которые позволят нам повысить скорость и точность работ.

На данный момент выделяется важнейшая проблема недооценки роли инженерных изысканий в процессе градостроительного освоения территории со стороны инвесторов, что проявляется и на государственном уровне, что указывает на то, что эта проблема будет решаться в ближайшем будущем.

Также в настоящее время производство подземных изысканий все еще является трудоемким процессом, который зачастую может выполняться с определенными сложностями, поэтому развитие в данном направлении может оказаться весьма перспективным.

В ближайшие 10 лет будет происходить интенсивное развитие методов внедрение компьютерных технологий, позволяющих создавать трехмерные высокоточные модели рельефа местности.

На основе изложенной информации, мы можем сделать вывод, что на сегодняшний день можно отметить достаточно быстрое технологическое развитие инженерных изысканий, где активно внедряется лазерное сканирование, широко применяются беспилотные летательные аппараты, дистанционное зондирование земли с применением космических спутников.

Литература:

1. СНБ 1.02.01-96 Инженерные изыскания для строительства. – Минск, 1996.
2. СН 1.02.01-2019 Инженерные изыскания для строительства. – Минск, 2020.

ОСОБЕННОСТИ ПОРТИРОВАНИЯ НАСТОЛЬНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ВЕБ НА ПРИМЕРЕ C++ ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ЛИСТА ТОПОКАРТЫ

*Прудников Максим Константинович, студент 4-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Будо А.Ю., старший преподаватель)*

Современная геодезия является одной из важнейших фундаментальных наук, которую изучало человечество. Она достигла глобальных высот и, не останавливаясь, продолжает расти в своём совершенствовании.

Наряду с традиционной геодезией, развиваются и технологии, позволяющие обрабатывать геодезические данные посредством вычислительных машин. В настоящее время камеральные работы выполняются с помощью компьютеров, а потому потребность в современном геодезическом программном обеспечении становится все больше. Наиболее распространенным программным обеспечением, используемым геодезистами на данный момент, являются продукты компании КРЕДО: КРЕДО ДАТ, КРЕДО ТРАНСКАР и др. Все они являются настольными, что означает, что использование их возможно только с помощью запуска приложения на персональном компьютере, однако такой подход имеет ряд отрицательных последствий:

1. Сложность в установке и обновлении.

Пользователю необходимо правильно установить продукт, а также следить за актуальностью используемого программного обеспечения и постоянно его обновлять вручную. Несмотря на то, что чаще всего процесс автоматизирован — все равно это занимает время пользователей и ресурсы устройств. Более того, для каждого компьютера этот процесс нужно повторять отдельно. В компании, где много рабочих мест, это может занять достаточно много времени.

2. Зависимость от операционной системы.

Десктопное зависит от операционной системы, процессора, видеокарты, ряда других параметров. Разработчику приходится учитывать нюансы каждой среды, писать код с учетом возможных вариантов, а пользователь рискует не иметь возможности пользоваться продуктом из-за отсутствия нужной операционной системы.

3. Необходимость учета работы на слабых компьютерах

Последний основной недостаток разработки десктопных приложений в том, что программа использует ресурсы компьютера для работы. Этих ресурсов часто может попросту не хватать для корректной работы программы, что заставляет разработчика большое время тратить не на улучшение качества продукта, а на оптимизацию его для слабых компьютеров. Все вышеперечисленные недостатки в современном мире решают вебприложения. Под веб-приложением подразумевается клиент-серверное приложение, в котором клиент взаимодействует с веб-сервером при помощи браузера. Веб-приложение не требует установки, все обновления происходят на сервере, доставляются пользователям сразу — достаточно просто перезагрузить страницу. Приложение публикуется на локальном или облачном сервере, там же происходит процесс обновления. Так как продукт находится удаленно на сервере, он доступен из любой точки мира, с любого устройства. Главное преимущество веб-приложения в том, что вся вычислительная нагрузка приходится на сервер и работа приложения не зависит от ресурсов пользовательского компьютера.

Наиболее распространенным инструментом для разработки геодезических приложений является Qt Creator. Он позволяет создавать настольные приложения на языке C++.

Однако браузер понимает только один язык – JavaScript, поэтому для того, чтобы разместить созданное приложение в интернет, придется полностью переписать приложение на этот язык, что является очень трудоемкой работой и даже не всегда возможной.

Одной из новейших возможностей Qt Creator стала возможность сборки проекта в WebAssembly. WebAssembly – язык программирования низкого уровня, спроектированный как портативная цель компиляции для высокоуровневых языков, одним из которых является и C++.

Браузер способен воспроизводить WebAssembly а также использовать его как ресурс, что означает фактическую возможность портирования приложения, созданного в Qt Creator в веб.

Целью данной работы является демонстрация процесса портирования десктопного настольного приложения, созданного средствами Qt Creator на примере приложения для нахождения номенклатуры листа топокарты.

Основным инструментом, решающим задачу компиляции Web Assembly из C++ является Emscripten, – это основной компилятор для получения WebAssembly из C/C++. Проект является открытым и свободно распространяется в интернете.

Перед установкой непосредственно Emscripten необходимо заранее подготовить систему к работе с ним. Для этого необходимо в переменных среды

добавить пути к компиляторам среды Qt, а именно компилятор qmake и mingw. Также перед установкой непосредственно Emscripten необходимо установить Python версии не старше 3.0 и git.

Для установки Emscripten, необходимо выполнить следующие команды:

1. `git clone https://github.com/emscripten-core/emsdk.git` для загрузки основного пакета программы;
2. `cd emsdk` для перехода в корневую директорию программы;
3. `emsdk install 1.39.8` для установки версии, поддерживающей компиляцию из Qt;
4. `emsdk activate 1.39.8` для активации работы нужной версии компилятора;
5. `source ./emsdk_env.bat` для запуска Emscripten.

Emscripten запущен и готов к работе, он будет активен, пока активна среда исполнения – командная строка. Все дальнейшие действия должны выполняться из этой же командной строки, при ее закрытии необходимо повторно запустить компилятор, руководствуясь указаниями из пункта 5.

Для компиляции проекта необходимо выполнить следующие действия:

1. Перейти в каталог с исходными данными приложения либо скопировать в новую директорию.
2. Выполнить команду «`qmake PATH`», где PATH – путь к заранее созданному Qt приложению. В следствие выполнения данной команды будут созданы инструкции для последующей компиляции в Web Assembly.
3. Выполнить команду «`mingw32-make`».

В результате выполнения данной команды, в директории выполнения можно будет найти 4 необходимых файла:

1. `Maps.html` – файл, содержащий разметку
2. `Maps.js` – набор сервисных инструкций
3. `qtLoader.js` – набор инструкций для компиляции из Qt
4. `Maps.wasm` – файл, содержащий `wasm` байт-код

Также в директории содержится необязательный файл загрузки `qtlogo.html`. Он будет использоваться, пока сайт будет загружаться в кеш компьютера.

На данном этапе портирование приложения закончено, полученные файлы можно размещать в качестве веб ресурса и использовать по назначению.

Как итог имеем полное рабочее веб – приложение, при этом нами не было написано ни одной строчки кода не на C++. Emscripten позволяет нам, как разработчикам геодезического настольного обеспечения, не задумываться о деталях и нюансах работы веб-приложения, получая при этом аналогичный результат.

РАЗВИТИЕ СПУТНИКОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ В РЕСПУБЛИКЕ УЗБЕКИСТАН

*Маъмуржанов Абдулазиз Мансур угли, студент 2-го курса
Ташкентского государственного транспортного университета, г. Ташкент
(Научный руководитель – Мысливчик Е.Ю., старший преподаватель)*

Государственная плановая геодезическая сеть Узбекистана в настоящее время является составляющей частью глобальной государственной геодезической сети (ГГС) на территории Содружества Независимых Государств (СНГ) и состоит из:

- астрономо-геодезическая сеть (АГС) – система из разомкнутых ходов триангуляции 1 и 2 классов, состоит из порядка 4 000 пунктов (на 01.01.2008 г.) и включает ряды триангуляции 1 класса, построенные на основании «Основные положения о построении государственной опорной геодезической сети» (1939 г.) и «Положения о государственной геодезической сети» (1948 г);

- полигональные хода триангуляции 1 и 2 классов и сети триангуляции 2 класса, построенные в соответствии с «Основные положения о построении государственной геодезической сети» (1954 и 1961 гг.) и «Инструкция о построении государственной геодезической сети» (1966 г.);

- геодезические сети сгущения (ГСС) 3 и 4 классов.

Существующая высотная государственная сеть Республики Узбекистан также является частью общей нивелирной СНГ и представляет главную высотную основу (ГВО), которая состоит из линий нивелирования I, II, III и IV классов. Нивелирная сеть I класса имеет длину порядка 10 000 км и состоит из 23 полигонов, имеющих периметр около 935 км; нивелирная сеть II класса протяженностью около 9 000 км, состоящая из 61 полигона со средним периметром 653 км. Сети I и II класса сгущаются линиями нивелирования III и IV классов.

Регион Узбекистана является деформационно-активной зоной. На данной территории ввиду тектонической природы, атмосферных нагрузок и влажности почвы наблюдаются различные геодинамические явления. Рельеф Республики, являющейся частью Средней Азии, сформировался под влиянием тектонических явлений различной мощности, начавшимися еще в конце палеогена (23,03 млн лет назад). Ученые Германии, США, России и Узбекистана провели исследования динамики земной коры в Тянь-Шане с помощью спутниковых измерений. Данные, полученные в процессе работ, подтвердили, что на

территории Узбекистана пространственные горизонтальные смещения земной поверхности достигают 2-3 см/год и природой этих перемещений, вероятно, является сейсмическая активность региона. Таким образом, можно предположить, что спустя почти 75 лет после окончания измерительной работы в конце 1946 г. до настоящего момента пункты государственной геодезической сети Узбекистана могли сместиться на величину порядка двух метров.

ГГС имеют важное научное и народнохозяйственное значение, в связи с этим они должны быть надежно закреплены на местности на длительный срок службы, а по точности должны удовлетворять требованиям науки, задачам народного хозяйства страны на ближайшее и перспективное будущее, поэтому их необходимо строить на строго по разработанной научной методике с максимальной точностью, которую можно достичь использованием новейших методов и высокоточной измерительной техники. Многие страны мира уже построили и продолжают развивать сети постоянно действующих базовых станций для приема и передачи спутниковых сигналов, которые в последующем используются для точного определения координат пунктов геодезических сетей. От полученных данных можно с высокой степенью точности выполнять геодинамические исследования, что особенно актуально для горного и сейсмоактивного региона.

Построение спутниковой геодезической сети (СГС-1) является важной задачей ближайшего будущего. Очередность построения каждой ступени СГС-1 и их границы определяются экономическими, хозяйственными и производственными потребностями регионов. Данная сеть предназначена для последующего всеобщего внедрения использования спутниковых средств измерений. СГС-1 представляет собой систему пунктов, удобных для практического использования, которые включают в себя все действующие пункты СГС-0 и РГП, находящиеся в пределах территории работ.

В СГС-1 включаются также окружающие фрагмент пункты СГС-0 и система референчных геодезических пунктов (РГП). Система РГП Узбекистана состоит из 4 пунктов, предназначена для закрепления пространственной общеземной системы координат ITRF непосредственно на ее территории и представляет собой пространственное построение со средними расстояниями между смежными пунктами 500-800 км. СГС-0 предназначена для определения параметров перехода между общеземной и референчной системами координат и представляет собой 15 равномерно распределенных по территории страны пунктов, опирающееся на РГП, со средними расстояниями между ними 100-300 км. Каждый пункт СГС-0 связан измерениями со всеми смежными пунктами СГС-0 и не менее чем с двумя РГП и обеспечен связью с существующей АГС и

государственной нивелирной сетью I или II классов методом высокоточного нивелирования.

При проектировании сети, учитывают, что число совмещенных или привязанных пунктов СГС-1 должно быть достаточным для определения параметров взаимного перехода между СК-42 и общеземной системой координат. Пункты СГС-1 привязываются к ближайшим пунктам АГС со среднеквадратической погрешностью не более 2 см по каждой плановой координате и к ближайшим реперам государственной нивелирной сети I или II классов методом высокоточного нивелирования. Существующие АГС и ГСС (1, 2, 3 и 4 классов) в новой структуре ГГС являются геодезическими сетями сгущения, обеспечивающими необходимую плотность пунктов для выполнения картографических, инженерных и других видов геодезических работ. Наблюдения на пунктах указанных сетей не производятся, однако, дополнительное сгущение или повторное определение пунктов существующей АГС и ГСС может выполняться в определенных случаях.

В настоящее время в рамках реализации проекта разработки концепции развития ГГС Республики Узбекистан выполнено следующее: произведено три цикла высокоточных спутниковых измерений и их предобработка, реализована привязка полученных данных к высокоточной нивелирной сети, выполняется подготовка к окончательному уравниванию данных в сети РГП.

СОЗДАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ТЕСТ-ОБЪЕКТА ДЛЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКОЙ КАЛИБРОВКИ КАМЕР

*Будкевич Карина Сергеевна, Андрейчиков Владислав Владимирович,
студенты 3-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Радцевич Е.И., старший преподаватель)*

Благодаря непрерывному росту технологий наблюдается столь же быстрый рост потребностей, которые в свою очередь создают невообразимо большой темп повышения производительности работ. В следствии чего для получения трёхмерной информации об изучаемом объекте применяют различные методы. Лазерное сканирование является наиболее популярным, однако данный метод является дорогостоящим и требует определённого навыка обработки данных. Более дешёвым и простым является метод наземной фотограмметрической съёмки, использование которого значительно расширилось благодаря использованию современного оборудования и программного обеспечения

В настоящее время в наземной фотограмметрии преимущественно применяют специальные цифровые метрические камеры. Также допускается использовать любительские и профессиональные цифровые, однако эти фотокамеры должны быть предварительно откалиброваны.

В процессе изучения дисциплины «Прикладная фотограмметрия» возникла необходимость выполнения наземной фотограмметрической съёмки камерой телефона, технические характеристики представлены в (Табл. 1).

Таблица 1 – Технические характеристики камеры

| Фирма изготовитель | Модель | Разрешение, пиксель | Размер пикселя, мкм | Фокусное расстояние, мм |
|--------------------|------------|---------------------|---------------------|-------------------------|
| Xiaomi | MI 11 Lite | 2610×4640 | 1.6 | 4.74 |

В данном случае необходимо выполнить калибровку камеры, которая будет осуществляться по снимкам пространственного тест-объекта. Для этих целей на кафедре «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии» был создан тест-объект (Рис. 1).

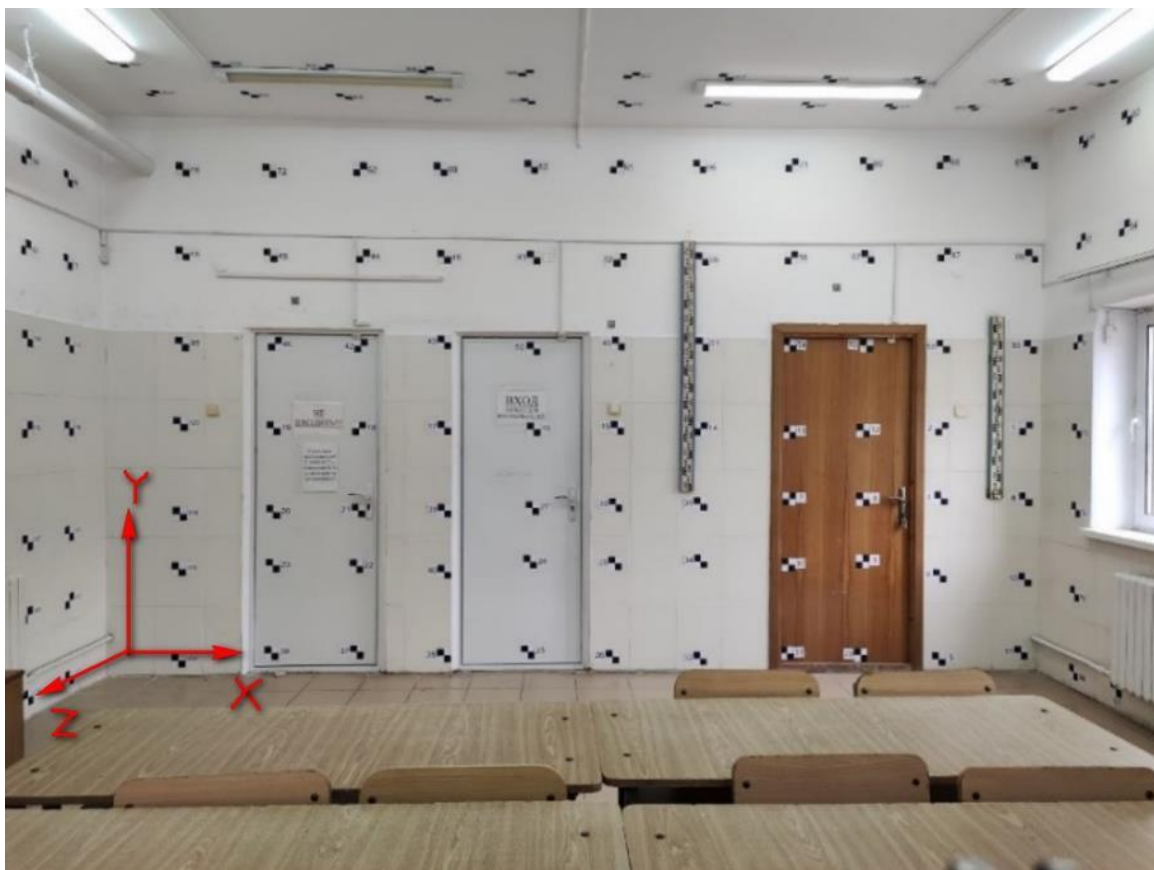


Рисунок 1 – Пространственный тест-объект

Создание пространственного тест-объекта осуществлялось в учебной аудитории 16 корпуса с размерами $X = 6$ м, $Y = 3$ м и $Z = 4$ м.

Для решения задач по калибровке необходимо располагать точки тест-объекта минимум в двух плоскостях, так же учитывать возможность использования тест-объекта для калибровки камер с различными фокусными расстояниями. Исходя из этого точки создаваемого тест-объекта разместили в трех плоскостях. Первая плоскость совмещена с плоскостью XU , включающая 77 марок, которые расположены по вертикали 7 рядами. Вдоль оси Z между марками тест-объекта максимальное расстояние должно составлять 0,2 расстояния от дальней стены до точки съемки, так как калибровка осуществлялась короткофокусной (широкоугольной) камеры. В соответствии с этим вторая плоскость проходит параллельно первой на расстоянии 0,8 м и включает 22 марки, принадлежащие не только стенам, но и потолку. Третья плоскость проходит между первой и второй плоскостью, которой принадлежит 25 маркированных точек. В результате пространственный тест-объект включает 124 марки в виде квадрата размером 8x8 см (Рис. 2). Каждой из марок присвоен порядковый номер.

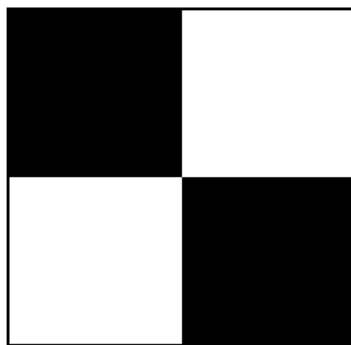


Рисунок 2 – Форма марки

Компенсировать влияние фотограмметрической дисторсии объектива фотокамеры можно учтя поправки d_x и d_y в координаты измеренных точек на снимке. Эти поправки описываются следующими уравнениями

$$\begin{cases} d_x = x(r^2 \cdot k_1 + r^4 \cdot k_2 + r^6 \cdot k_3 + \dots) + (r^2 + 2x^2)p_1 + 2xyp_2; \\ d_y = y(r^2 \cdot k_1 + r^4 \cdot k_2 + r^6 \cdot k_3 + \dots) + (r^2 + 2y^2)p_2 + 2xyp_1; \end{cases}$$

где x , y – координаты точек снимка;

k_1 , k_2 , k_3 – коэффициенты радиальной дисторсии;

p_1 , p_2 – коэффициенты тангенциальной дисторсии объектива;

x_0 , y_0 – координаты главной точки снимка.

Вычисление пространственных координат точек тест-объекта производилось методом прямой геодезической засечки, используя электронный тахеометр Nikon 3DR обеспечивающего СКП 5» для измерения горизонтальных и вертикальных углов.

Критерием оценки точности, выполненной пространственной фотограмметрической калибровки, являются значения погрешностей координат измеренных на снимке точек. Эти значения зависят от типа камеры, и находятся в пределах от 0,15 до 0,5 пикселя.

Процесс калибровки камеры, т.е. уточнение коэффициентов радиальной и тангенциальной дисторсии, выполнялся в программном продукте Agisoft Photoscan в следующей последовательности:

- импорт фотографий;
- выравнивание фотографий;
- уточнение параметров привязки;
- импорт координат маркированных точек;
- измерение опорных точек по снимкам (маркеров);
- оптимизация камер (уточнение коэффициентов дисторсии)
- калибровка камеры.

В результате калибровки получены коэффициенты, значения которых представлены на (Рис. 3).

| M2101K9AG (4.74 mm) | | | |
|----------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------|
| 11 изображений | | | |
| Разрешение 4640 x 3472 | Фокусное р-е 4.74 мм | Размер пикселя 2.08 x 2.08 мкм | Калибровка Нет |
| Тип: | Кадровая | F: | 3408.47 |
| Sx: | 1.89127 | B1: | 19.307 |
| Sy: | -12.0294 | B2: | -27.7862 |
| K1: | 0.0668351 | P1: | 0.00176341 |
| K2: | -0.0652494 | P2: | 0.000446494 |
| K3: | 0 | P3: | 0 |
| K4: | 0 | P4: | 0 |

Рисунок 3 – Калибровка камеры

По завершению калибровки в программном продукте Agisoft Photoscan формируется отчет, который включает: исходные данные, параметры калибровки, координаты маркированных точек, параметры обработки.

Литература:

1. Photoscan [Электронный ресурс]. – Электронные данные. – Режим доступа: <https://youtu.be/5hPULh46xKM>
2. Фотограмметрия : учеб. для вузов / А.Г. Чибуничева [и др.]; под общ. ред. А.Г. Чибуничева. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.
3. Краснопевцев, Б.В. Фотограмметрия : метод. пособие / Б.В. Краснопевцев, В.М. Курков – М.: МИИГАиК, 2012, – 74 с.
4. Радцевич, Е.И. Проектирование наземной фотограмметрической съёмки / Е.И. Радцевич, А.В. Кабацкий, Н.О. Куприенко // 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. – С. 201-207.

ГЕАДЭЗІЧНА-МАРКШЭЙДАРСКІЯ РАБОТЫ Ў МЕТРАПАЛІТЭНЕ

*Забайка Сяргей Іванавіч, студэнт 5-га курса
кафедры «Геадэзіі і аэракасмічных геатэхналогій»
Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт, г. Мінск
(Навуковы кіраўнік – Рак І.Я., канд. тэхн. навук, дацэнт)*

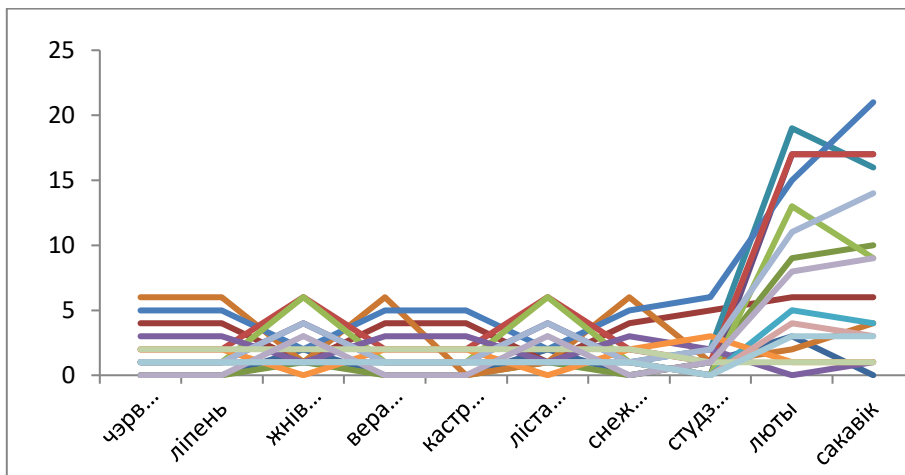
Велічыня планава-вышыннага перамяшчэння аправы тунэля на ўчастку перагона станцый Плошча Перамогі і Плошча Якуба Коласа ў адпаведнасці з тэхнічным заданнем таксама штотомесячна. Пры гэтым вымярэнні робяцца метадам зваротнай засечкі паводле загадзя падрыхтаваных пунктаў стаяння. Даўжыні ліній паміж станцыямі вымяраюцца адным прыёмам у прамым і зваротным накіраванні на нерухомы адбівальнік.

Табліца 1 – Ведамасць праектнага планава-вышыннага палажэння дэфармацыйных марак

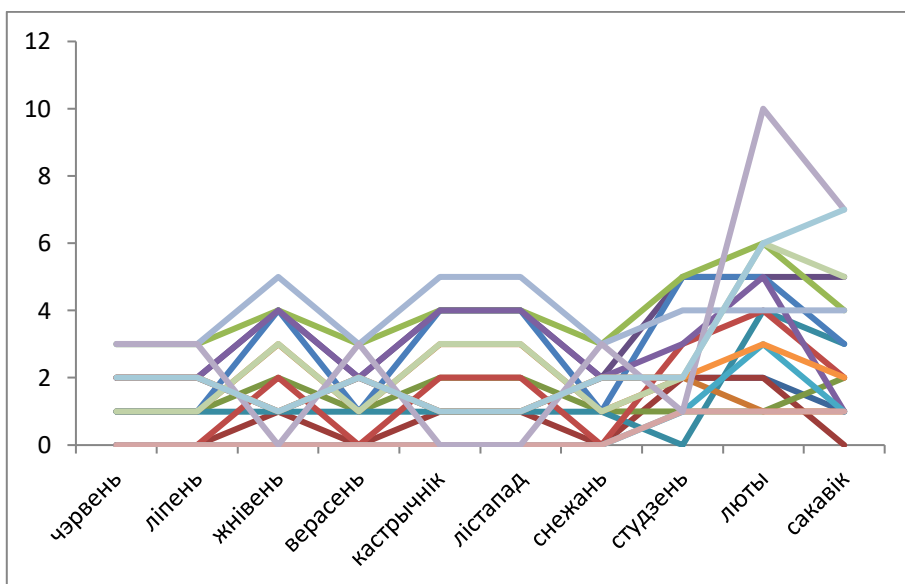
| Нумар кальца | Каардынаты, м | | Вышыні, мм |
|-----------------|---------------|--------|------------|
| | X | Y | H |
| 1 | 0,037 | -1,473 | 0,622 |
| 2 | 19,527 | -1,172 | 0,535 |
| 3 | 24,433 | -0,98 | 0,567 |
| 4 | 29,836 | -0,718 | 0,479 |
| 5 | 34,754 | -0,428 | 0,475 |
| 6 | 39,741 | -0,157 | 0,499 |
| 7 | 44,531 | 0,193 | 0,408 |
| 8 | 50,115 | 0,579 | 0,426 |
| 9 | 54,79 | 0,915 | 0,386 |

Табліца 2 – Ведамасць ацэнкі змянення планава-вышыннага палажэння дэфармацыйных марак на кольцах станам на сакавік 2021г

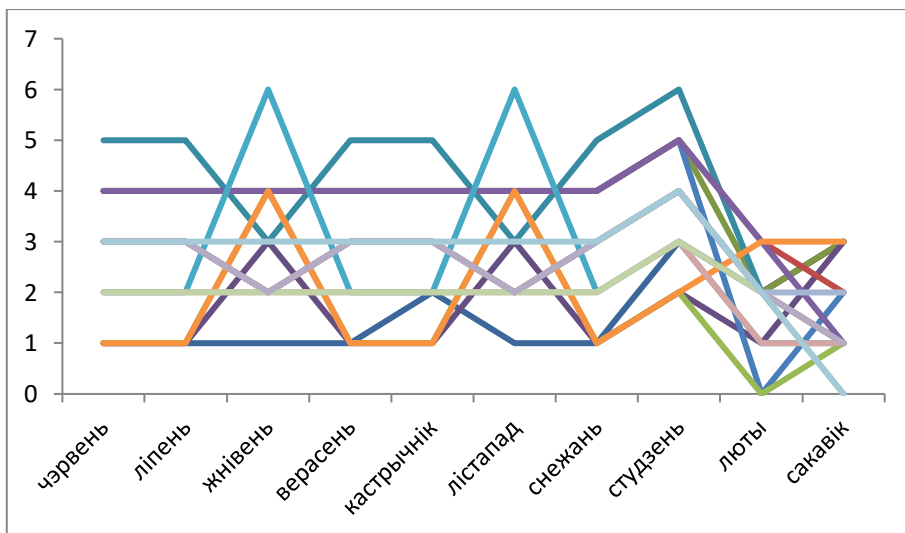
| Нумар кальца | Каардынаты, м | | Вышыні, мм | Прырашчэнні каардынат, мм | | Прырашчэнні вышынь, мм |
|-----------------|---------------|--------|------------|------------------------------|---------------------|---------------------------|
| | X | Y | H | X _{праект} -X | Y _{пр} - Y | H _{праект} -H |
| 1 | 0,037 | -1,472 | 0,625 | 0 | 1 | 3 |
| 2 | 19,533 | -1,172 | 0,532 | 6 | 0 | -3 |
| 3 | 24,443 | -0,982 | 0,564 | 10 | -2 | -3 |
| 4 | 29,819 | -0,713 | 0,482 | -17 | 5 | 3 |
| 5 | 34,77 | -0,431 | 0,474 | 16 | -3 | -1 |
| 6 | 39,737 | -0,156 | 0,498 | -4 | 1 | -1 |
| 7 | 44,552 | 0,196 | 0,406 | 21 | 3 | -2 |
| 8 | 50,117 | 0,581 | 0,424 | 2 | 2 | -2 |
| 9 | 54,781 | 0,919 | 0,385 | -9 | 4 | -1 |



Графік 1 – Змены палажэння дэфармацыйных марак па восі X



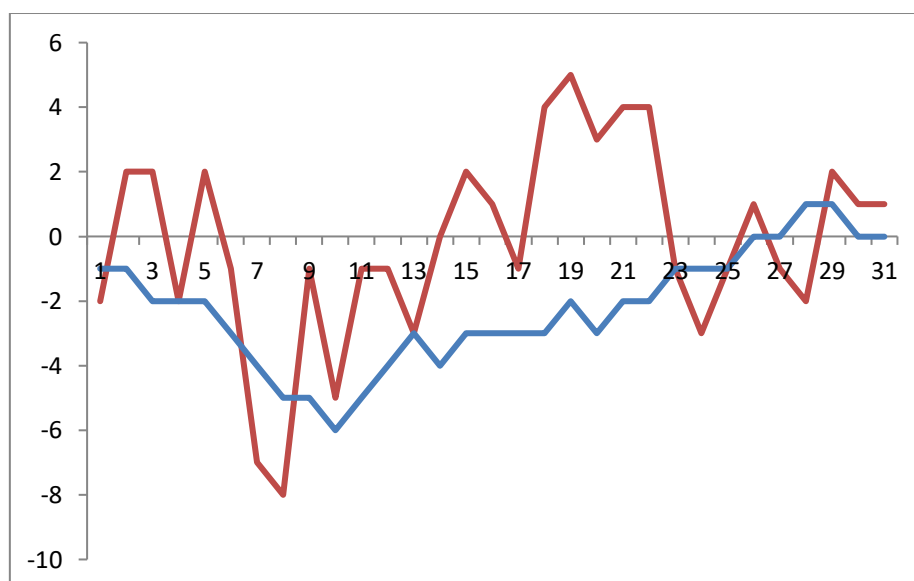
Графік 2 – Змены палажэння дэфармацыйных марак па восі Y



Графік 3 – Змены палажэння дэфармацыйных марак па вышыні

Разгледзеўшы ведамасці і графікі планава-вышынных перамяшчэнняў дэфармацыйных марак, можна зрабіць выснову, што напрацягу васьмі месяцаў перамяшчэнні знаходзіліся ў нязначным дыяпазоне, аднак у лютым і сакавіку палова марак змяніла сваё планава-вышыннае палажэнне на большае значэнне (марка на сёмым кальцы змяніла палажэнне на 21мм, суседнія больш за 15мм), што сведчыць аб актыўнай дэфармацыі. Для больш поўнага і дэталёвага аналізу варта працягнуць маніторынг за назіраннем дэфармацыі.

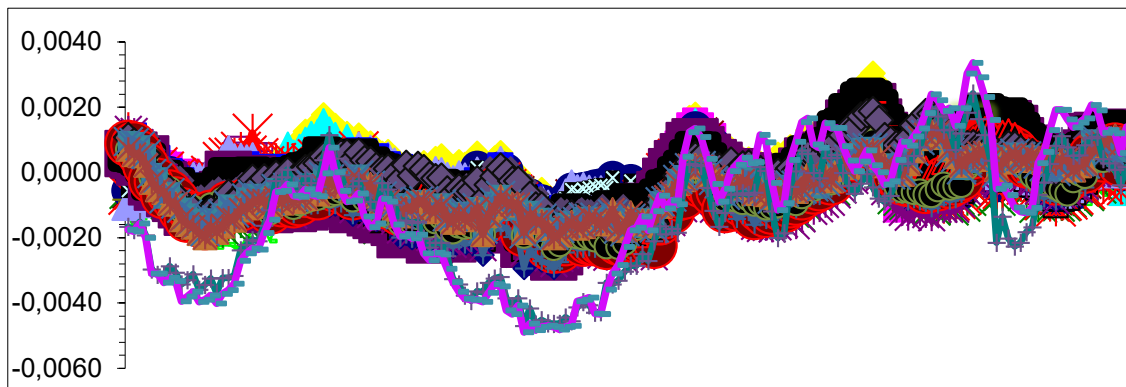
Велічыня планава-вышыннага перамяшчэння аправы тунэля на ўчастку перагона станцый Плошча Леніна і Кастрычніцкая ў адпаведнасці з тэхнічным заданнем таксама вымяраецца штомесячна. Пры гэтым вымярэнні робяцца метадам нівеліравання III класа. Перавышэнні паміж станцыямі вымяраюцца ў прамым і зваротным накіраванні на нерухомы дзюбель на скляпенні.



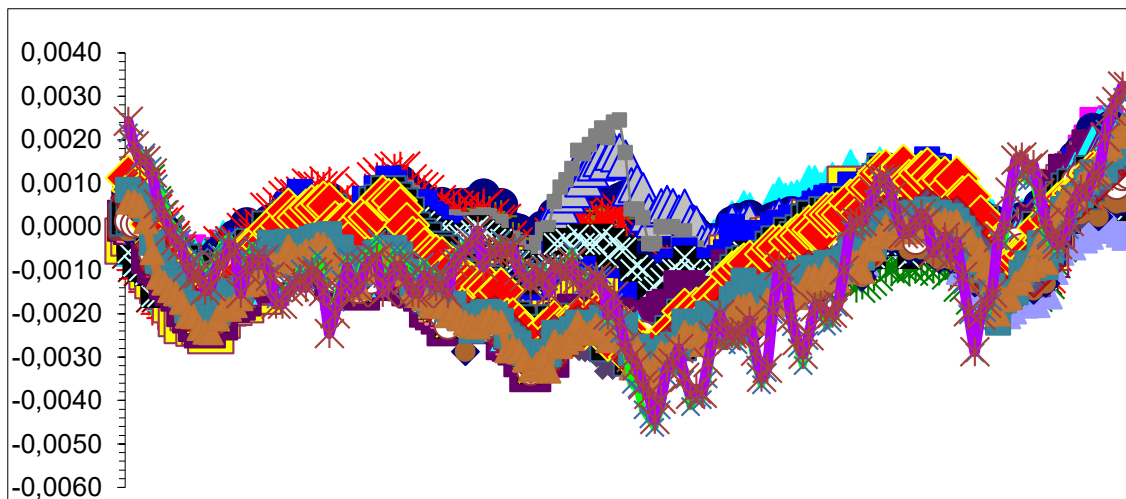
Графік 4 – Змены палажэння рэпераў (сінім колерам) і пунктаў скляпення (чырвоным колерам) па вышыні

Прааналізаваўшы ведамасці і графік можна адзначыць, што на пунктах ад 5 да 13 назіраецца прасяданне тунэля, праз які на яго новым будынкам інжынернага корпуса метрапалітэна, а прыкладнае супадзенне характару ліній змен палажэння на графіку можа сведчыць пра правільнасць вызначэння велічыні дэфармацыі, бо скляпенне тунэля і рэперная нітка неразрывна канструкцыйна звязаныя між сабой.

Велічыня планава-вышыннага перамяшчэння падлогі чыгуначнага пуці на станцыі Плошча Леніна ў адпаведнасці з тэхнічным заданнем вымяраецца штомесячна. Пры гэтым вымярэнні робяцца метадам нівеліравання II класа. Перавышэнні паміж адзнакамі на чыгуначнай рэйцы і ўмоўна нерухомамі рэперамі вымяраюцца ў прамым накіраванні.



Графік 5 – Змена вышыннага палажэння левай рэйкі па шпалах па другім пуці станцыі
Плошча Леніна



Графік 6 – Змена вышыннага палажэння правай рэйкі па шпалах па другім пуці станцыі
Плошча Леніна

Графікі наглядна сведчаць, што абедззве ніткі рэйкі, а адпаведна і падлога пуці мае прасяданне не больш за 4мм, што з'яўляецца дапусцімым значэннем. Прасяданне мае прамую сувязь з пабудаваным падчас пачатку назіранняў за дэфармацыяй пешаходным пераходам на трэцюю лінію пад другім пуцём станцыі Плошча Леніна.

Літаратура:

1. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации основные требования: ТКП 45-1.04-208-2010 (02250). – Введ. 2010-07-12. – Мн. : 2010. – 18 с.
2. Изменение №1. Обследование строительных конструкций зданий и сооружений: ТКП 45-1.04-37-2008 (02250). – Введ. 2014-02-12. – Мн. : МАиС, 2014. – 22 с.

СРАВНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ СРЕДСТВ УРАВНИВАНИЯ НИВЕЛИРНОЙ СЕТИ

*Евстрат Ольга Владимировна, Циханович Диана Олеговна,
студенты 2-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Лабуневич Е.И., преподаватель-стажер)*

В настоящее время существует множество вспомогательных средств для уравниваний нивелирных сетей. Ввиду того, что научно-технический прогресс никогда не стоит на месте, он не обошел стороной и геодезию.

В интересах специалистов и студентов была поставлена задача об упрощении расчетов при уравнивании нивелирных сетей. Первоначальной проблемой стояло сокращение времени и увеличение точности расчетов при вычислениях.

В то же время, современные геодезические программы смогли не только занять свою нишу на рынке программного обеспечения, но и сформировать потребность в применении прикладных программ, что позволило пользователям качественно выполнять математическую обработку и вычисления геодезических полевых измерений.

Поскольку геодезические программы приобрели огромную популярность среди пользователей, то их стали классифицировать на программы общего пользования и специализированные. Одной из самых известных программ общего пользования считают Microsoft Excel, имеющая более удобный интерфейс и разнообразный набор функций. Главным минусом в использовании Excel является наличие полуавтоматического процесса, который может привести к погрешностям и неправильным выводам результата. Поэтому для более надежной обработки вычислений геодезических измерений необходимо использовать специализированные программы, разработанные с особым алгоритмом, позволяющий минимизировать ошибки.

На (Рис. 1) представлен результат уравнивания нивелирной сети параметрическим способом в программе Microsoft Excel.

| | h | L | hn | L(l) | 1/p(век) | v | V | pv^2 | hyp |
|----|---------|----------|----------|----------|------------|--------|--------------|-------------|--------|
| 1 | -2,256 | 2,7 | -172,495 | -170,239 | 925,925926 | 0,004 | 0,004296640 | 0,017093629 | -2,252 |
| 2 | -1,7 | 5,6 | 0 | 1,7 | 446,428571 | 0,007 | 0,006647454 | 0,019727075 | -1,693 |
| 3 | -2,477 | 6 | 0 | 2,477 | 416,666667 | 0,017 | 0,016787370 | 0,11742325 | -2,460 |
| 4 | -2,805 | 5,5 | 163,307 | 166,112 | 454,545455 | 0,022 | 0,022268535 | 0,225403478 | -2,783 |
| 5 | 7,874 | 5,7 | 0 | -7,874 | 438,596491 | -0,002 | -0,002304526 | 0,002329317 | 7,872 |
| 6 | -6,169 | 5,8 | 0 | 6,169 | 431,034483 | -0,009 | -0,009342928 | 0,03762513 | -6,178 |
| 7 | 3,711 | 5,7 | 0 | -3,711 | 438,596491 | 0,007 | 0,007130298 | 0,022298751 | 3,718 |
| 8 | -0,944 | 3,5 | -163,307 | -162,363 | 714,285714 | 0,009 | 0,008601167 | 0,052842908 | -0,935 |
| | | | | | | | | 0,494743537 | |
| | | | | | | | LTPV | 0,494743523 | |
| M1 | 172,495 | | r | 4 | | | | | |
| M2 | 163,307 | | | | | | | | |
| | вдоп,м | w | t0 | hyp | wyp | | μ | 0,35169004 | |
| 1 | 0,0827 | 0,00500 | 0 | 170,243 | 0,000 | | τ | 1,902723138 | |
| 2 | 0,08367 | -0,01900 | 0 | 168,55 | 0,000 | | t | 5,348691873 | |
| 3 | 0,07668 | -0,03800 | 0 | 166,09 | 0,000 | | Pa | 0,993608849 | |
| 4 | 0,08899 | -0,05000 | 0 | 162,372 | 0,000 | | | | |

Рисунок 1 – Результаты уравнивания нивелирной сети параметрическим способом в Microsoft Excel

В отличие от программ общего пользования, специализированные программы более распространены в геодезии, поскольку для их использования не требуется профессиональных знаний для обработки измерений. Одним из представителей такого рода программ является комплекс программ «КРЕДО», в котором выделяется специальный блок систем, для обработки материалов инженерно-геодезических изысканий. «КРЕДО ДАТ» является одной из программ комплекса «КРЕДО», позволяющая импортировать данные с любых электронных приборов, также предусмотрена обработка данных с формированием различного рода объектов при использовании кодирования.

Для сравнения уравнием одну и ту же нивелирную сеть, представленную на (Рис. 1) в программе «КРЕДО ДАТ»:

| Пункты ПВО | | Станции | | Нивелирные ходы | |
|--------------------------|------|---------|---------|-----------------|----------|
| Имя | N, м | E, м | H, м | Тип NE | |
| <input type="checkbox"/> | M2 | | 163,307 | ▲ | Исходный |
| <input type="checkbox"/> | M1 | | 172,495 | ▲ | Исходный |
| <input type="checkbox"/> | 1 | | 170,242 | ○ | Рабочий |
| <input type="checkbox"/> | 2 | | 168,545 | ○ | Рабочий |
| <input type="checkbox"/> | 3 | | 166,087 | ○ | Рабочий |
| <input type="checkbox"/> | 4 | | 162,367 | ○ | Рабочий |

Рисунок 2 – Результаты уравнивания нивелирной сети в программе «КРЕДО ДАТ»

Уравнивание одной и той же нивелирной сети в разных программах, позволило понять пригодность использования «Microsoft Excel» и «КРЕДО ДАТ» для уравниваний нивелирной сети, но с расхождением в несколько миллиметров.

Программа «КРЕДО ДАТ» также дает возможность выполнить совместное или раздельное уравнивание векторов спутниковых измерений, и предусматривает поиск ошибок измерений на определенном этапе работы, благодаря которому можно легко контролировать каждый из процессов уравнивания.

Также стоит упомянуть программу «Нивелир», благодаря которой можно обработать измерения, полученные в результате геометрического нивелирования любого класса. Сильной стороной программы является принятие данных в электронном формате и в любых форматах текстовых файлов. Данные формируются в электронном виде, что позволяет их использовать в других программах «КРЕДО».

Еще одной геодезической платформой является программный комплекс RGS или GeoniCS, основанный на приложениях компании Autodesk. Весь комплекс разделен на соответствующие модули, адаптированные к автоматизации вычислительной обработки полевых измерений, предназначавшие для различных целей. Например, в системе GeoniCS-инженерная геология происходит ввод и расчеты, получаемые при геологических изысканиях.

Программа RGS обладает особым порядком ввода данных, не зависящий от типа построения сети или способа привязки к исходным пунктам, что позволяет ускорить работу в программе. Также реализован алгоритм автоматического распознавания всех способов привязки и поиск ошибочных измерений допускаемым человеком.

Уравнивание геодезических сетей является важнейшим этапом их создания. Поэтому при выборе наиболее подходящего средства для уравнивания, следует ориентироваться четко на поставленную задачу, поскольку каждая программа индивидуальна и требует определенных денежных затрат на свое приобретение. По этой причине, зачастую, выбирают программы с достаточной точностью, но не столь автоматизированные и экономически затратные.

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА КАМЕРАЛЬНЫХ РАБОТ

*Миронов Никита Сергеевич, Лоза Максим Геннадьевич,
студенты 2-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Будо А.Ю., старший преподаватель)*

На сегодняшний день существует множество программ, способных помочь геодезисту в решении камеральных задач. Речь идет не только про графические редакторы, такие как Autocad и Corel, а также и целые комплексы программ по типу Кредо, способные полностью обеспечить всеми нужными инструментами.

В настоящее время комплекс КРЕДО состоит из нескольких крупных систем и ряда дополнительных задач. Все они объединены в единую технологическую цепочку обработки информации — от производства изысканий и проектирования до последующей эксплуатации объекта.

Рассмотрим несколько систем этой программы

Начнем с КРЕДО ТРАНСФОРМ. Создана для трансформации растрового изображения. Результатом работы программы является электронная растровая подложка для САПР и ГИС. Скриншот интерфейса представлен на (Рис. 1).

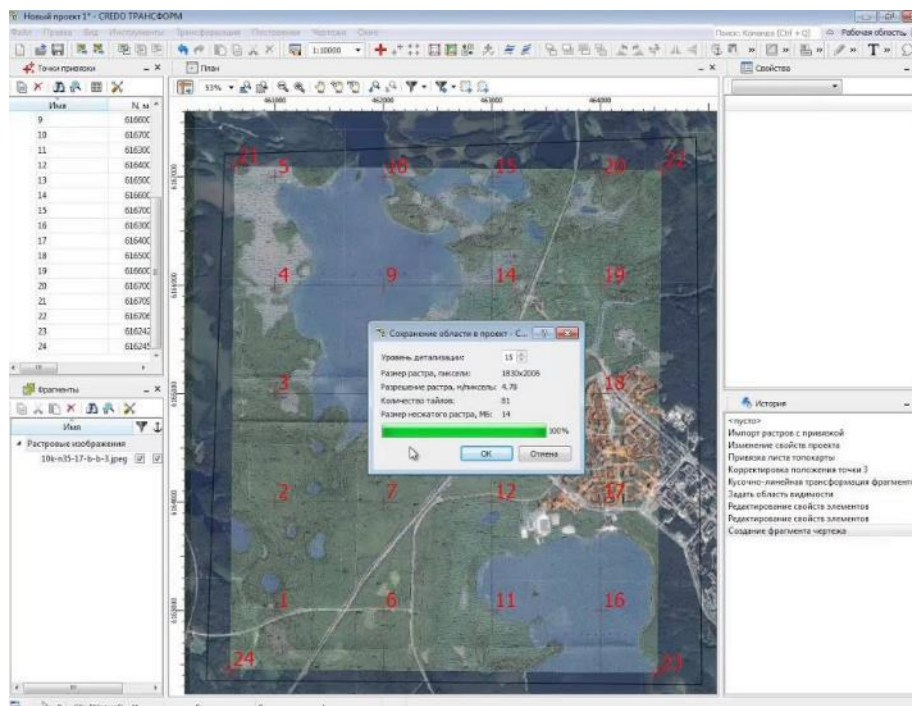


Рисунок 1 – Интерфейс КРЕДО ТРАНСФОРМ

Следующей частью системы КРЕДО является программа ТРАНСКОР. Предназначена для преобразования прямоугольных плоских, геоцентрических и геодезических координат по задаваемым параметрам связи референчных и геоцентрических систем. Пересчет координат точек в систему координат на основе композиционной проекции. Скриншот программы представлен на (Рис. 2)

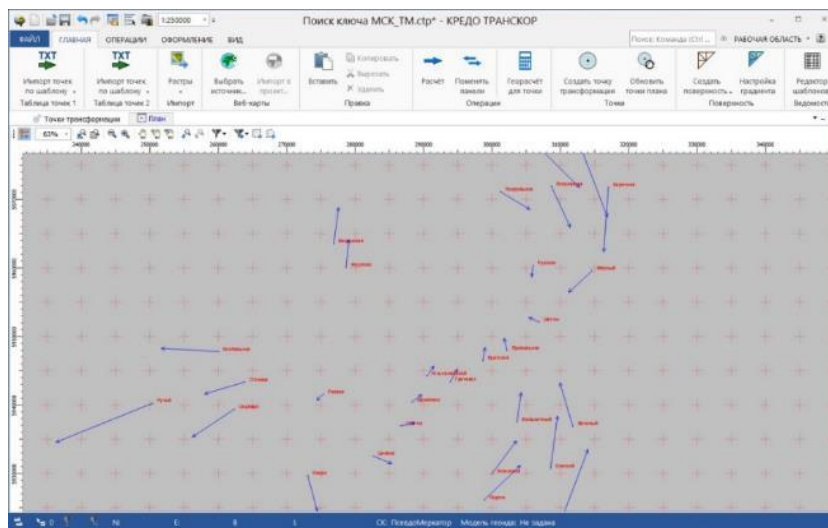


Рисунок 2 – Интерфейс КРЕДО ТРАНСКОР

Также часто встречается среди программ, система КРЕДО ДАТ. Используется для уравнивания разного рода сетей (нивелирных, теодолитных и др.), позволяет выполнить обработку данных, полученных с помощью наземного и спутникового оборудования с учетом модели геоида и комплекса редукционных поправок. Скриншот интерфейса представлен на (Рис. 3).

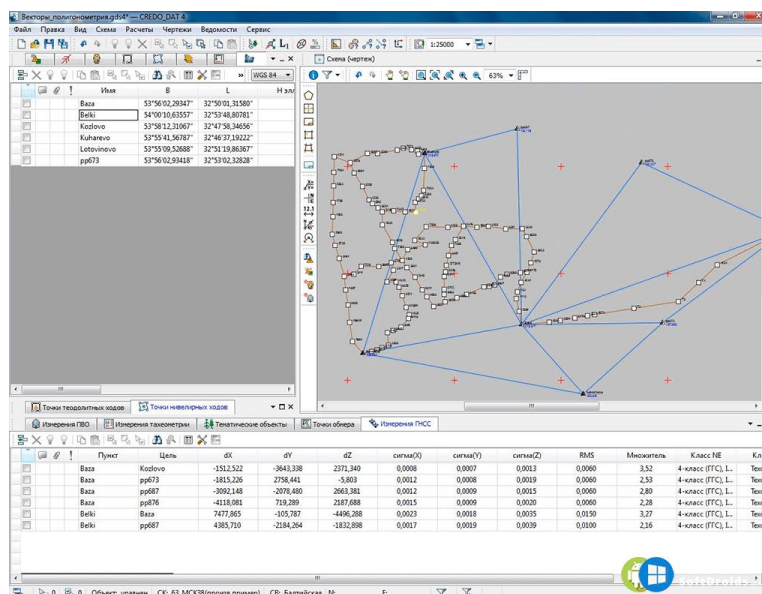


Рисунок 3 – Интерфейс КРЕДО ДАТ

Также существует программа ГИС «Панорама» (Рис. 4). Это мультизадачная геоинформационная система, в которой выполняются различные измерения и расчеты, построения 3D моделей, обработка растровых данных и возможность работы с базами данных.

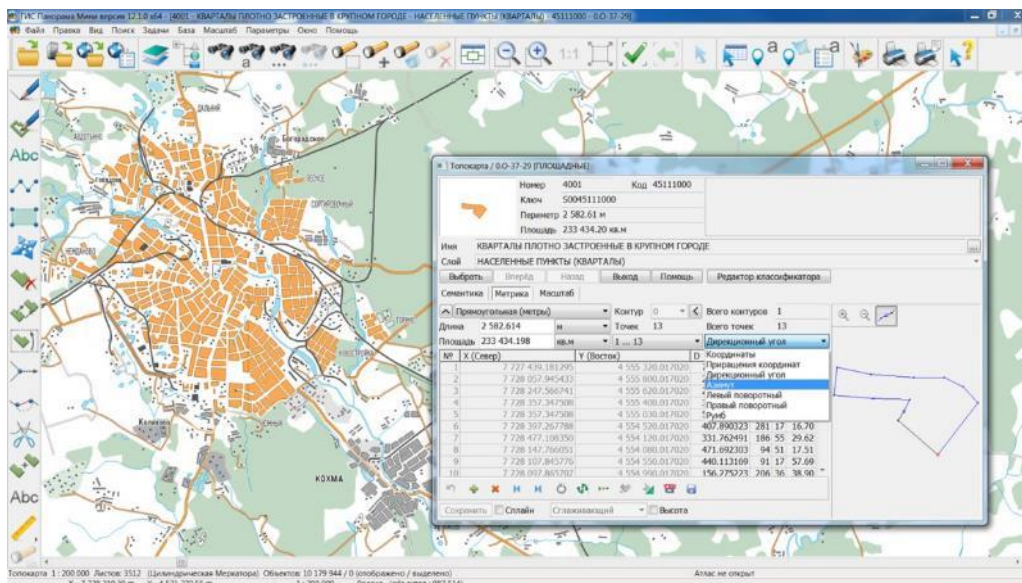


Рисунок 4 – Интерфейс ГИС ПАНОРАМА

В качестве последней программы рассмотрим продукт компании Autodesk, систему проектирования AutoCAD (Рис. 5). В области двумерного проектирования AutoCAD по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами. Ко всему этому добавляются геодезические модули (такие как MenuGEO), способные дополнить программу множеством полезных функций и упростить ежедневную эксплуатацию.

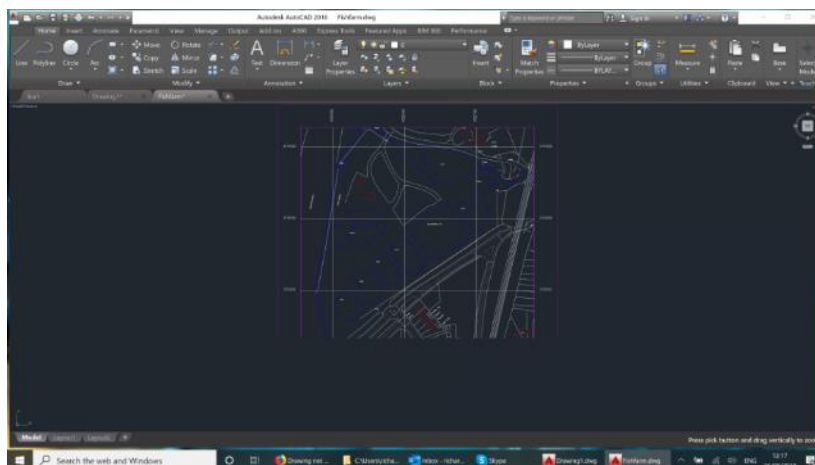


Рисунок 5 – Интерфейс Автокад

Для объединения всей необходимой информации и набора программ, студентами группы 11405120 БНТУ было принято решение создать единый сайт Geodesy DataBase.

Прежде чем начинать создание сайта встаёт выбор между языками программирования, которые смогут ускорить процесс и увеличить надёжность работы. Каждый из них является уникальным и подходит не для всех задач.

В ходе обучения мы познакомились с программой Excel и работали на языке программирования C++. Изучив оба, можно сделать вывод о плюсах и минусах каждой. И в нашем случае, при создании функций для расчета разных задач мы использовали C++, потому что у него больше преимуществ.

Например, для тех, кто занимается программированием не будет секретом, что язык C++ является одним из самых быстрых, а также способен написать приложение целиком на одном языке. Ещё одним немаловажным достоинством этого языка является поддержка всех операционных систем, что позволяет удобно работать и на мобильном телефоне, и на компьютере, а также при помощи этого языка есть возможность без проблем переносить код с одной платформы на другую.

Но не стоит забывать и о недостатках языка C++. В первую очередь он является как одним из самых удобных языков программирования, так и одним из самых сложных. Научиться составлять код на нём без усилий не получится, потребуется концентрация и какое-то количество времени. Но несмотря на это, количество преимуществ языка C++ превосходит все негативные стороны и при должном усердии, его универсальность, удобство и скорость помогут упростить выполнение как камеральных работ, так и любых других, связанных с программированием.

Что касается программы Excel, она тоже имеет немало достоинств, которые смогут привлечь пользователей именно на эту платформу. Отвечая на вопрос, почему огромное количество людей используют Excel, стоит отметить его визуальную составляющую. Для некоторых пользователей, которые не ищут универсальность и скорость выполнения, изучить Excel будет гораздо проще за счёт отсутствия огромного количества символов, которые надо вводить при написании кода, и комфортно составленных для восприятия таблиц. Эта структура поможет найти нужные значения, функции и ошибки для их последующего исправления.

В нашем случае мы использовали код C++, потому что для нас было важно сделать уникальный сайт, который поддерживался бы на всех операционных системах.

ПРОЕКТ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

*Саранков Дмитрий Александрович, Тунчик Дмитрий Андреевич,
студенты 2-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические технологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Будо А.Ю., старший преподаватель)*

GEODESY Data Base – проект, представляющий из себя сайт с базой данных, в которой хранятся функции для решения разного рода задач и информация о геодезии.

При создании данного проекта использовался язык разметки HTML, язык стилей CSS и такие языки программирования как PHP, JavaScript, C++, а также реляционная система управления базами данных MySQL.

Есть главная страница изображена на (Рис.1) сайта через которую можно перейти на вкладку «DATA BASE» с помощью кнопки «SOLVE THE TASK» (Рис.2), где демонстрируется всё, что хранится в базе данных, или же сразу же перейти на вкладку «COMPILER» (Рис.3) для решения задач с помощью наших функций.



Рисунок 1 – Главная страница



Рисунок 2 – Вкладка DATA BASE



Рисунок 3 – COMPILER

Когда мы заходим на вкладку «DATA BASE», то мы в реальном времени можем наблюдать всё, что есть на данный момент в базе данных, и с данной информацией взаимодействовать. Эта возможность была достигнута с помощью языка PHP, на нём был написан код для связки базы данных с сайтом и отображения информации на странице, и взаимодействия с ней.

Когда выбирается нужная функция с вкладки DATA BASE нас переносит на вкладку COMPILER, где уже вставлено имя нужного файла и отображён пример (Рис.4). Когда отправляются данные для решения задачи, блок кода на PHP обрабатывает данные и сохраняет их в файл, чтобы уже программа, написанная на C++, использовала отправленную информацию для выдачи результата, после с помощью PHP результат выводится на страницу (Рис.5). Чтобы отправка и обработка данных выполнялись на фоне была использована библиотека JQuery языка JavaScript.

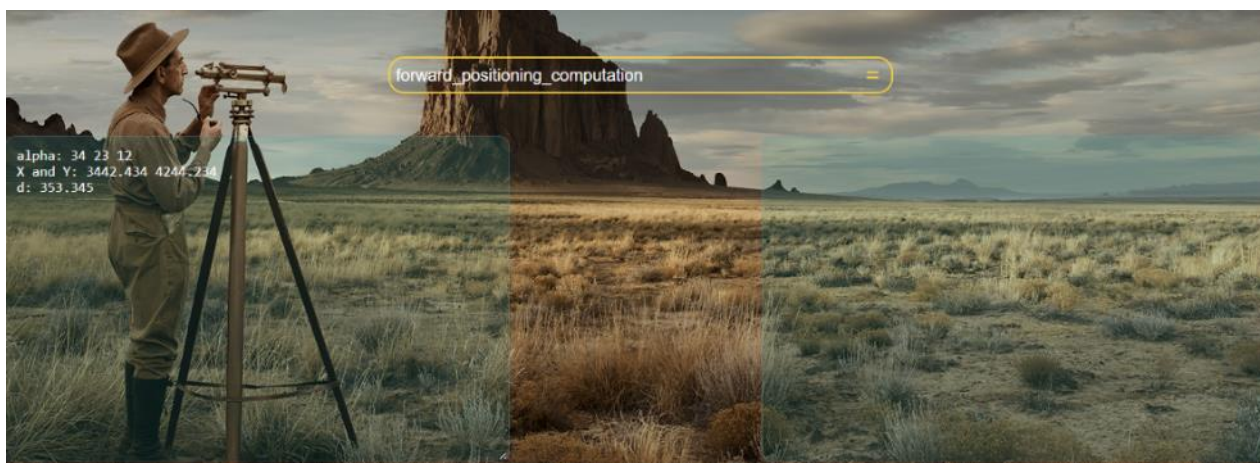


Рисунок 4 – Пример файла



Рисунок 5 – Результат

Самое главное преимущество – это доступность нашего сайта. Он бесплатный и является общедоступным для всех пользователей. Главная цель сайта – упростить расчет камеральных работ.

О ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МАРКШЕЙДЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ИООО «СЛАВКАЛИЙ»

*Степанович Елизавета Владимировна, студент 4-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Михайлов В.И., канд. геогр. наук, доцент)*

ИООО «Славкалий» реализует инвестиционный проект «Строительство Нежинского горно-обогатительного комбината на базе Старобинского месторождения калийных солей».

В компании есть маркшейдерско-геодезический отдел, который выполняет большую контролирующую функцию в строительстве комбината.

Наш отдел занимается рассмотрением проектной документации, проверяет площади участков местности, отведенные под строительство комбината, пересчитываем проектные и фактические значения в AUTOCAD CIVIL.

Самостоятельно создали план строительной площадки в масштабе 1: 500, куда нанесли всю ситуацию, чтобы можно было дать разрешение на дальнейшее выполнение работ.

Оказываем также подрядчикам помощь в выполнении геодезических работ с использованием спутникового оборудования способом РТК с точностью до 1 см.

На строительной площадке исполнительная документация проверяется с помощью GPS в режиме реального времени непосредственно на местности. Затем в камеральных условиях в программе AUTOCAD, дополняются точки в уже созданный проектный файл, где выявляются их отклонения в плане и по высоте.

Геодезический контроль зданий, конструктива, проведения работ в стволе, установку горного оборудования выполняется электронным тахеометром в следующей последовательности.

При строительстве шахтных стволов выполняется передача высотных отметок в ствол. На тахеометре способом обратной засечки привязывались к восьми пунктам строительной сетки с высокой точностью. Затем со станции с помощью светоотражающих марок эти отметки передавали в ствол, где они были надежно закреплены и координированы.

При проверке металла и конструктива использовалась аналогичная методика.

О ТЕХНОЛОГИЯХ СОСТАВЛЕНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ НА ИННОВАЦИОННОЙ ОСНОВЕ В РУП «БЕЛГЕОДЕЗИЯ»

*Штапенко Ирина Андреевна, студент 4-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Михайлов В.И., канд. геогр. наук, доцент)*

Создание карты выполняют в программе Panorama в формате Sxt. Для выполнения работы используют фотоплан местности и растры рельефа контуров местности и гидрографии. Каждый элемент ситуации цифруется отдельно, согласно редакционным указаниям и условным знакам, принятые отделом качества продукции.

Порядок работы следующий. Создание карты масштаба 1:10000 в системе координат СК-45, дополнение растров, оцифровка элементов карты по растрам, все это наносят на фотоплан района работ и проверяют степень изменения ситуации. Затем с помощью этого материала проводят полевое обследование района работ и вносят изменения на оцифрованную карту.

На этапе цифрования карты, показывают элементы, согласно ее масштабу. На карте масштаба 1:10000 наносят все элементы ситуации, тогда как на более мелкомасштабных за счет генерализации ряд контуров отсутствуют.

В плане города в первую очередь цифруются кварталы, а затем другие элементы городского ландшафта. Затем на местности проверяются количество домов в квартале и их характеристики.

При обновлении цифровой карты для работы получают те же самые материалы, что и при создании карт прошлых лет. По фотоплану и растрам проверяют изменение элементов ситуации, которые затем контролируют их в полевых условиях и наносят на карту. Используются также разнообразные картографические и статистические источники. Например, количество жителей в населенных пунктах, номера кварталов, дорог, материалы других ведомств, национальную кадастровую карту.

После создания или обновления цифровой карты выполняется контроль рельефа и другой ситуации для того, все элементы содержания карты были согласованы с местностью. Затем топографическая карта проверяется редактором отдела, ведущим редактором, отделом контроля качества. После этого, продукция считается готовой.

Секция 4

МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

О ПРИМЕНЕНИИ КАБЕЛЬНОГО КРАНА ПРИ СОЗДАНИИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСИАНОВКИ

*Конопацкий Артем Викторович, выпускник кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шавель А.А., канд. техн. наук, доцент)*

В последнее время в Беларуси наблюдается нестабильность погодных условий, несмотря на времена года. В итоге лето может оказаться засушливым. Территория Республики Беларусь относится к зоне неустойчивого увлажнения, поэтому здесь необходимо применять, наряду с осушительными и оросительными мелиорациями. Достаточный уровень влаги – это важнейший критерий, от которого напрямую зависит урожайность всех без исключения сельскохозяйственных культур, выращиваемых на территории Беларуси.

Существует несколько способов орошения. Для этих целей используют разные в функциональном и техническом плане агрегаты, но самую лучшую производительность дают дождевальные системы. Они организуют способ полива, при котором влага попадает на растения и почву максимально естественным способом, что обеспечивает им благоприятную микроклиматическую среду для активного роста и развития [1-5].

Дождевальная система, как правило, состоит из трёх основных элементов: насосной станции (насоса с двигателем), забирающей воду из источника орошения и создающей напор, необходимый для её разбрызгивания; трубопроводов, распределяющих воду по орошаемой территории; дождевальных машин, преобразующих водный поток из трубопровода в дождевые капли и распределяющих их по поверхности полива с помощью рабочих органов – дождевальных насадок или аппаратов.

Насосные станции бывают стационарными и передвижными. Стационарные обычно представляют собой капитальные сооружения и обслуживают крупные оросительные системы, выполняя роль головного водозаборного узла. В нашей стране широкое распространение находят передвижные насосные станции, которые, в свою очередь, подразделяются на сухопутные и плавучие. Отечественная промышленность выпускает широкий ассортимент сухопутных передвижных насосных станций; плавучие станции находят ограниченное применение: их используют в тех случаях, когда

невозможно или нецелесообразно применять сухопутные, например, при подаче воды из водоисточников с топкими берегами [5].

Выпускаемые промышленностью сухопутные передвижные наносные станции отличаются по производительности (подаче), напору и типу привода. Подача воды увязана с ее расходом дождевальными машинами, а напор – с часто встречающимися геодезическими высотами расположения орошаемых участков над водоисточниками.

Насосные станции с приводом от ВОМ трактора монтируют на раме, навешиваемой на трактор, а насосные станции с собственным двигателем – на раме-салазках или на одно- и двухосном прицепе с пневматическими шинами.

Навесные насосные станции с приводом от ВОМ трактора наиболее мобильны. Однако они должны быть относительно легкими и компактными. Обязательное наличие повышающего редуктора и использование в работе трактора удорожает стоимость установки, поэтому и стоимость поданной воды оказывается выше, чем для насосных станций с собственным двигателем. Их целесообразно применять для полива небольших участков с частой сменой позиций, при подаче воды непосредственно в дождевальные машины.

Передвижные насосные станции с собственным двигателем менее мобильны и зачастую работают на одном месте в течение всего оросительного сезона, но стоимость подаваемой ими воды ниже. Их выпускают с двигателями внутреннего сгорания и с электродвигателями; они получили наибольшее распространение.

Все рабочие органы (дождевальные насадки или аппараты) по дальности разбрызгивания и напору воды делят на 3 группы:

- короткоструйные (дальность полета капель до 8 м, напор воды 0,05...0,15 МПа);
- среднеструйные (дальность полета капель до 35 м, напор воды 0,15...0,5 МПа);
- дальнеструйные (дальность полета капель до 60 м, напор воды свыше 0,5 МПа).

На рис.1 показан дальнеструйный дождевальный аппарат с реактивной лопаткой.

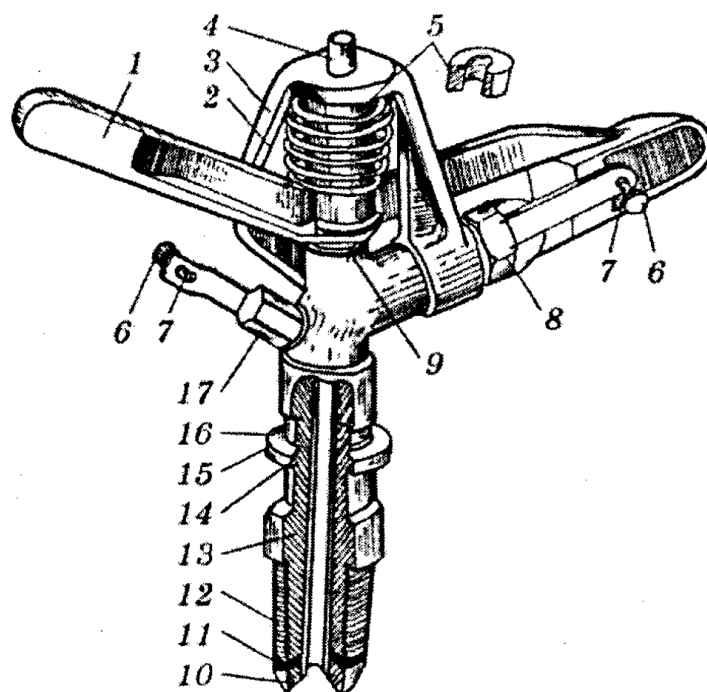


Рисунок 1 – Дальнеструйный дождевальный аппарат с реактивной лопаткой [3]:
 1 – реактивная лопатка; 2 – корпус; 3 – пружина кручение; 4 – вертикальная ось; 5 – гайка; 6 – винт-рассекатель; 7 и 16 – пружины; 8 и 17 – насадки; 9 и 11 – шайбы; 10 – патрубок; 12 – резьба; 13 – головка под ключ; 14 – уплотнение; 15 – патрубок

В Беларуси нашла применение следующая дождевальная техника: Фрегат-ДМУА-186-20 (рис. 2), Mini-Pivot (рис. 3), круговая дождевальная машина типа 360 А или 420 А (рис. 4).



Рисунок 2 – Дождевальная установка Фрегат



Рисунок 3 – Дождевальная установка Mini-Pivot



Рисунок 4 – Дождевальная установка 360 А

Однако вся вышеприведенная дождевальная техника имеет ряд существенных недостатков, что сдерживает ее широкое применение в Беларуси.

Одним из основных недостатков является большой расход металла на изготовление дождевальной техники, то есть большая металлоемкость. Металл является дорогим материалом, однако его много требуется на изготовление трубопроводов, опор или опорных тележек, особенно при большой дальности разбрызгивания, а также на изготовление насосной станции. Сама такая установка находит применение только в засушливое лето, а остальное время не востребуется и зачастую подвергается коррозии, что требует существенных эксплуатационных затрат. Кроме этого, перемещение опорных тележек требует на полях технологических проходов, что значительно снижает площади посевов, а значит и урожайность. Ставится задача уменьшить число технологических проходов путем использования агрегатов с наибольшим расстоянием между соседними проходами.

Кроме этого, к недостаткам рассмотренных конструкций относят большие затраты на транспортировку дождевальную технику, значительные энергозатраты на их перемещение при работе и т.д.

Указанные выше недостатки предлагается решать путём применения канатных систем, в частности, применением крана кабельного типа.

Кабельные краны способны обслуживать значительные производственные площади, их широко используют для механизации различных строительных работ, на открытых горных разработках, лесных складах, а также в качестве средств переправы через реки и ущелья.

Предлагается использовать мобильный кабельный кран в передвижных дождевальных системах для удержания на требуемом по вертикали расстоянии трубопроводов, распределяющих воду по орошаемой поверхности, и рабочих органов дождевальных устройств.

Вообще кабельные краны бывают стационарными и передвижными. Стационарный кабельный кран (рис. 5) состоит из двух металлических трубчатых или решетчатых мачт 1, поддерживающих гладкий стальной закрытой конструкции несущий канат 2, по которому тяговым канатом 3 перемещается грузовая тележка 4. Подъем и опускание груза производится подъемным канатом 5. Мачты крана удерживаются в вертикальном положении главными 14 и боковыми 17 вантами. Тяговый канат 3 проходит через направляющие блоки 9 и 10 на мачтах и свободными, концами закрепляется на барабанах 12 тяговых лебедок.

Подъемный канат одним концом закрепляется на барабане 13 подъемной лебедки, а другим – на оголовке мачты. Лебедка 11 и полиспаст 8 предназначены для натяжения несущего каната. Поддержки 7, предотвращающие чрезмерный провес и перепутывание рабочих канатов, размещаются на канате 6. Лебедки 16 с полиспастами 15 служат для натяжения главных вант 14.

Мачты стационарных кранов устанавливаются на фундаментах; перемещение грузов производится в пределах узкой полосы под несущим канатом. Соединение мачт с фундаментами посредством шарниров допускает отклонение мачт от вертикали на угол до 8° , что расширяет фронт работ. Оттяжки мачт снабжены полиспастами и лебедками, служащими для отклонения мачт.

Мачты передвижных кабельных кранов устанавливаются на самоходных рельсовых тележках с противовесами. Применяются кабельные краны от легких переносных грузоподъемностью 0,75 – 2 т до тяжелых грузоподъемностью свыше 100 т с пролетами 100 – 500 м, а в отдельных случаях до 1 000 м и более.

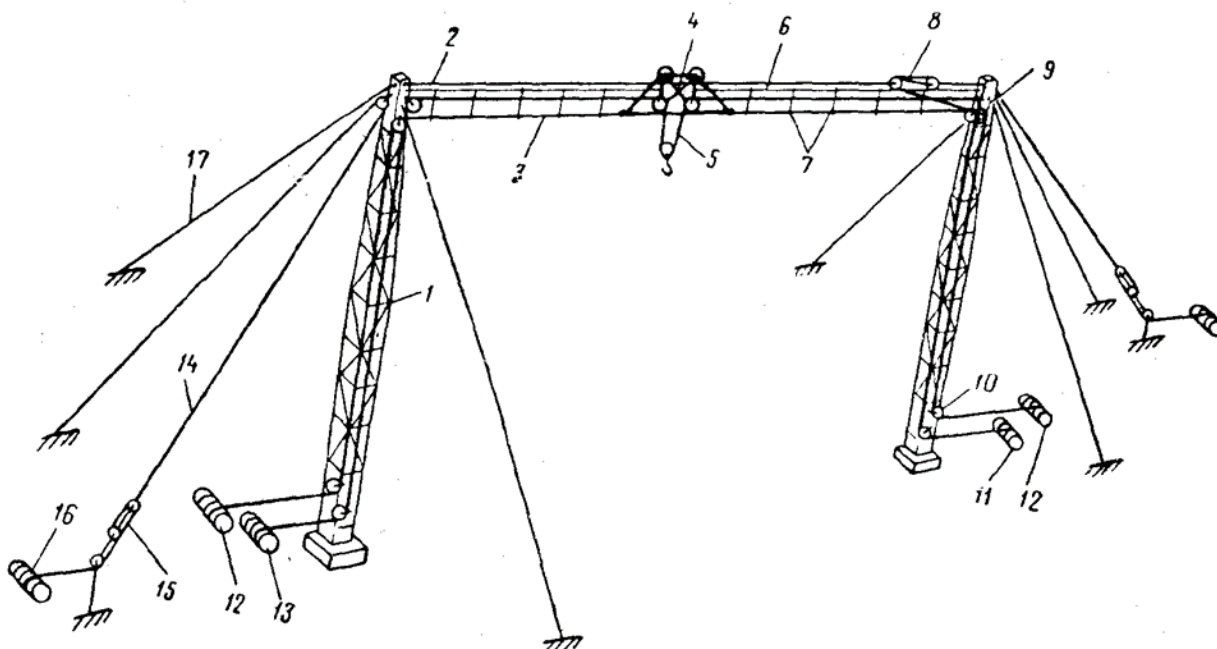


Рисунок 5 – Схема кабельного крана [6]

Применение схемы кабельного крана при создании дождевальной техники позволит значительно снизить металлоемкость создаваемой техники. Над решением такой задачи работают в БНТУ на кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса».

Литература:

1. Васильев, В. В. Оценка эксплуатационной надежности современной дождевальной техники / В. В. Васильев, О. А. Шавлинский // Вестник БГСХА. – 2012. – № 3. – С. 87 – 91.
2. Гулюк, Г. Г. Руководство по мелиорации полей / Г. Г. Гулюк, М. Б. Черняк, В. И. Шыков. – СПб.: Политехнический университет, 2007. – 238с.
3. Лихацевич, А. П. Сельскохозяйственные мелиорации: учебник для студентов высших учебных заведений по специальности «Мелиорация и водное хозяйство» / А. П. Лихацевич, М. Г. Голченко, Г. И. Михайлов; под ред. А. П. Лихацевича. – Минск: ИВЦ Минфина, 2010. – 464 с.
4. Лихацевич, А. П. Ресурсосберегающий режим орошения овощных культур и многолетних трав на дерново-подзолистых почвах Беларуси / А. П. Лихацевич, Г. В. Латушкина, Л. Н. Оскирко // Мелиорация. – 2013. – №2(69) – С. 20–29.
5. Остапов, И.С. Вопросы повышения надежности и качества технологического процесса полива / И.С. Остапов, В. Ф. Носенко // Сборник научных трудов ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова: – М.,1988. – С. 3–15.
6. Дубинский П.Ф. Строительные работы и машины / П.Ф. Дубинский, Б.К. Андреев и др. // Транспорт. Москва. 1968. с.58.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕЗЖАЕМОСТИ ПО ЛЕСНЫМ ГРУНТОВЫМ ДОРОГАМ

Чернышенко А.Ю., Капшуль И.С.

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Вавилов А.В., д.т.н., профессор)

В статье предлагается обеспечивать проезжаемость по лесным грунтовым дорогам за счет устранения глубокой колеи с помощью широко известного кустореза. Глубокая колея на таких дорогах образуется по причине массового внедрения в лесозаготовительную отрасль высокопроизводительного комплекта машин, состоящего из харвестера и форвардера, производимых на ОАО «Амкодор» - управляющая компания холдинга».

При осуществлении вывозки древесины из леса с помощью форвардеров создается глубокая колея на сложившейся лесной грунтовой дороге, что затрудняет проезжаемость другой техники, например, по туристическим маршрутам.

Предлагается для устранения глубокой колеи применять широко известный кусторез [1] (рис. 1).

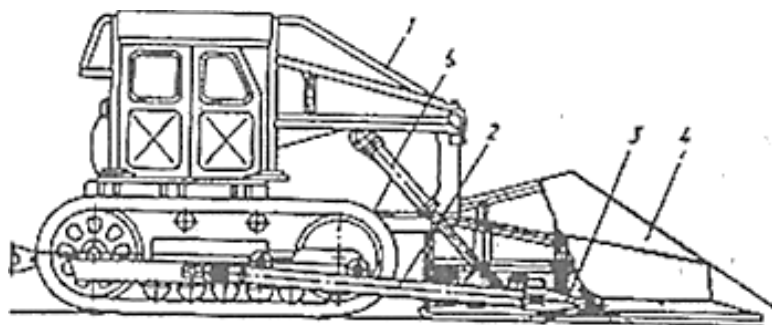


Рисунок 1 – Кусторез для устранения глубокой колеи на грунтовых дорогах

1 - ограждение, 2 - универсальная рама, 3 - съемная головка, 4 - отвал;

5 - гидроцилиндр подъема и опускания рабочего оборудования

Кусторезы предназначены для расчистки объектов мелиорации от кустарника и мелкокося. Их используют при прокладке трассы дороги, а также при устройстве просек в лесных массивах, освоении новых земель и мелиоративных работах. Зимой кусторезы могут быть использованы для очистки дорог и строительных участков от снега, а также для снегозадержания.

Кусторез является передним навесным оборудованием гусеничного трактора. Оборудование кустореза состоит из универсальной рамы, рабочего органа, ограждения трактора (рис. 1). Срезание кустарника и деревьев производится ножами, которые болтами прикреплены к нижним кромкам рамы рабочего органа. В передней части рамы приварен носовой лист для раскалывания пней и раздвигания сваленных деревьев.

Универсальная рама используется при навеске на трактор как отвала кустореза, так и другого оборудования (корчевателя, граблей, бульдозера, снегоочистителя и др.). В целях смягчения ударов отвала о толкающую раму и ограничения поворота его на шаровой головке с правой и левой сторон каркаса отвала установлены два амортизатора из листовой резины. Для защиты кабины трактора от возможно падающих деревьев кусторез оборудован ограждением, сваренным из труб и покрытым над кабиной стальным листом.

Кусторез, проходя по грунтовой лесной дороге с глубокой колеей опущенным рабочим органом до взаимодействия с грунтом, грунт подрезает в срединной части и перемещает его в стороны, засыпая колею.

Таким образом обеспечивается проезжаемость транспортных средств по лесным грунтовым дорогам.

Литература:

1. Вавилов А.В. Дорожно-строительные машины / А.В. Вавилов, И.И. Леонович и др. // Минск. Технопринт, 2000. Учебник для студентов специальности «Строительство дорог и транспортных объектов ВУЗов» с. 143-144.
2. Рябов Г.А. Механизация гидротехнических работ / Г.А. Рябов, В.Б. Гантман, В.В. Суриков // Москва. Колос. 1973. с. 234-237.

Секция 5

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

СИСТЕМА КОМПЬЮТЕРНОЙ ГЕОМЕТРИИ

*Баранкевич Алина Александровна, студентка 1-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель — Дыдышко П.А., ассистент)*

Работа посвящена построению компьютерной модели объектов аналитической геометрии с целью последующего построения системы компьютерной геометрии. Целью работы является создание набора базовых объектов и функций системы, которые позволили бы решать задачи аналитической геометрии на плоскости.

Для реализации системы был выбран язык программирования Julia, как наиболее подходящий по ряду факторов:

- Простота в освоении
- Высокая выразительность языка, приближенная к математической
- Интерактивность
- Визуализируемость
- Высокая производительность

Базовыми объектами аналитической геометрии на плоскости являются точки и векторы. Далее с их помощью создаются более сложные объекты: прямые, отрезки, многоугольники и т.д.

В данной работе будут рассмотрены точки, векторы, прямые, а также некоторые операции над ними.

В аналитической геометрии точки и векторы задаются набором координат:

```
struct GPoint
    x::Float64
    y::Float64
end
```

```
struct Gvector
    x::Float64
    y::Float64
end
```

Теперь определим основные операции над точками и векторами:

```

Base.:*(a::Real, v::GVector) = GVector(a*v.x, a*v.y)
Base.:+(u::GVector, v::GVector) = GVector(u.x+v.x,
u.y+v.y)
Base.:+(p::GPoint, v::GVector) = GPoint(p.x+v.x, p.y+v.y)
Base.:-(m::GPoint, n::GPoint) = GVector(m.x-n.x, m.y-n.y)
Base.:*(u::GVector, v::GVector) = u.x*v.x + u.y*v.y
norm(v::GVector) = sqrt(v*v)
angle(u::GVector, v::GVector) = acos(u*v/norm(u)/norm(v))

```

Теперь с помощью смоделированных объектов решим задачу нахождения площади и периметра треугольника, заданного координатами вершин:

```

perimeter(A::GPoint, B::GPoint, C::GPoint) =
    norm(B - A) + norm(C - B) + norm(A - C)
function area(A::GPoint, B::GPoint, C::GPoint)
    u = B - A
    v = C - A
    sqrt(abs(u.x*v.y - u.y*v.x))
end

```

И задачу определения взаимного расположения прямых:

```

struct GLine
    p::GPoint # точка на прямой
    v::GVector # направляющий вектор
end

function position(l1::GLine, l2::GLine; eps = 1e-5)
    if angle(l1.v, l2.v) > eps
        "Пересекаются"
    elseif angle(l1.v, l1.p - l2.p) < eps ||
        π - angle(l1.v, l1.p - l2.p) < eps
        "Совпадают"
    else
        "Параллельны"
    end
end

```

Литература:

1. Документация к языку программирования Julia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.julialang.org>. – Дата доступа: 15.05.2022

РЕШЕНИЕ ОПТИМИЗАЦИОННЫХ ЗАДАЧ МЕТОДАМИ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ И ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ

*Бабушкин Прохор Николаевич, студент 1-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель - Чернявская С.В., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

Оптимизационные задачи, то есть такие, где при заданных ограничениях на переменную или переменные нужно отыскать наибольшее или наименьшее значение выражения или функции встречаются почти в любой технической науке. Например, в теплоэнергетике решаются задачи достижения максимального коэффициента полезного действия котельного агрегата или обеспечения минимального значения теплотерь через теплоизоляцию теплопровода. Функция, которую нужно оптимизировать, называется *целевой функцией*. Чаще всего целевая функция содержит несколько переменных. Значения переменных, при которых достигается экстремум целевой функции, называются *оптимальными значениями*. Оптимизационные задачи, в которых исследуется функции одной переменной, изучаются в средней школе и на первом курсе технического университета. Методы их решения связаны с исследованием множества значений функций или исследованием функции по ее производной. Также это могут быть алгебраические методы, как например, метод перебора или использования известных неравенств. На примерах нескольких задач рассмотрим и сравним наиболее известные из методов решения как школьной, так и высшей математики.

Пример 1. Завод должен переслать заказчику 1100 деталей. Для пересылки детали упаковываются в коробки трех типов. Коробка типа А вмещает 70 деталей, типа В - 40 деталей, типа С -25 деталей. Стоимость пересылки коробки типа А 200 рублей, типа В - 100 рублей, типа С - 70 рублей. Сколько коробок и какого типа нужно взять, чтобы суммарная стоимость пересылки была наименьшей.

Решение. Решим задачу *методом перебора*. Искомая величина - стоимость пересылки заказа принимает только натуральные значения и количество вариантов небольшое. Пусть x, y, z - необходимое количество коробок типов А, В и С соответственно. Из условия следует, что $70x + 40y + 25z = 1100$.

Пусть целевая функция – это $10s$, тогда одна десятая часть стоимости пересылки будет равна $20x + 10y + 7z$. Выразим переменную y из первого

равенства и подставим во второе, получим $0,1s=275+(10x+3z)/4$. Из числовых данных условия следует, что s – натуральное число, поэтому выражение $10x+3z$ должно делиться на 4 нацело и при этом иметь наименьшее возможное значение. Рассмотрим варианты.

Если взять $x=0$, то выражение $10x+3z$ при различных натуральных значениях z принимает значения 3, 6, 9, 12,... и т. д. Наименьшее из них, которое делится на 4, равно 12. Если же взять $x=1$, то $10x+3z$ при целых неотрицательных z принимает значения 10, 13, 16,... Наименьшее из них, которое делится на 4, равно 16. Если же $x \geq 2$, то $10x+3z \geq 20$. Следовательно, наилучший вариант $x=0$, $z=4$. Проверим, что в этом случае y принимает натуральное значение, найдем его: $y=25$. Итак, для минимизации стоимости пересылки нужно взять коробки только двух типов, а именно, 25 коробок типа В и 4 коробки типа С. Значение целевой функции, то есть стоимости пересылки при этом равно 2780 рублей.

Пример 2. Найти наименьшее значение функции $y = \frac{x^4 + 1}{x^2 + 1}$.

Решение. Решим задачу сначала *методом оценки множества значений функции*. В исходной дроби выделим целую часть, разделив числитель на знаменатель и преобразуем к виду $y = x^2 - 1 + \frac{2}{x^2 + 1} = x^2 + 1 + \frac{2}{x^2 + 1} - 2$. Теперь оценим это выражение, для чего сделаем замену переменной $t = x^2 + 1$. После замены получим выражение $y = t + \frac{2}{t} - 2$, где $t \geq 1$. Преобразуем его к квадратному уравнению с параметром $t^2 - (2 + y)t + 2 = 0$. Чтобы это уравнение имело решения, нужно, чтобы его дискриминант был неотрицательным, то есть $(2 + y)^2 - 8 \geq 0$. Решив квадратное неравенство с учетом положительности функции y , что является очевидным, получим, что $y \geq 2\sqrt{2} - 2$. Следовательно, $y_{\min} = 2\sqrt{2} - 2$ и достигается оно при значении $t = \sqrt{2}$.

Решим эту задачу *методами математического анализа*. Производная исходной функции будет равна: $y' = \frac{2x(x^4 + 2x^2 - 1)}{(x^2 + 1)^2}$, критические точки $x_1 = 0$, $x_2 = \sqrt{2} - 1$. Исследование знака производной показывает, что x_2 – это точка минимума функции. Соответственно, ответ: $y_{\min} = 2\sqrt{2} - 2$.

Пример 3. По двум перпендикулярным прямым, пересекающимся в точке О, движутся точки А и В по направлению к О со скоростями 1 м/с и 2 м/с. Достигнув точки О, они продолжают движение. В начальный момент времени расстояния АО=5 м, ВО=20 м. Через сколько секунд расстояние АВ будет минимальным?

Решение. Составим целевую функцию – расстояние между точками А и В. Пусть t секунд – это искомое время. Выразим расстояния ОА и ОВ через t секунд

от начала движения. Они будут равны соответственно: $(5-t)^2, (20-2t)^2$. Квадрат расстояния между точками А и В в этот момент будет равен $AB^2 = (5-t)^2 + (20-2t)^2 = 5t^2 - 90t + 425$. Полученная целевая функция является квадратичной, ее график есть парабола с ветвями, направленными вверх. Следовательно, наименьшее значение будет достигнуто в вершине параболы, то есть при $t=9$ сек.

Интересными являются идеи решения, в которых вместо исследования функции применяется какое-либо известное неравенство. Наиболее известными являются неравенства о средних значениях, например, такое: для любых неотрицательных чисел x_1, x_2, \dots, x_n справедливо неравенство между их средним арифметическим и средним геометрическим:

$$\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \geq \sqrt[n]{x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot x_n}.$$

Покажем применение этого неравенства в следующем примере.

Пример 4. Найти наименьшее значение функции $f(x) = \frac{x^4 + 4}{x^2}$.

Решение. Сначала преобразуем выражение, разделив почленно числитель на знаменатель данной дроби $f(x) = \frac{x^4 + 4}{x^2} = x^2 + \frac{4}{x^2}$, после чего, применив

неравенство о средних значениях, получим: $x^2 + \frac{4}{x^2} \geq 2\sqrt{x^2 \cdot \frac{4}{x^2}} = 4$.

В курсе математики технического университета изучаются задачи на вычисление экстремума функции нескольких переменных при заданном условии, связывающем эти переменные. Это так называемые условные экстремумы, отыскание которых проводится *методом Лагранжа*. Приведем пример задачи на условный экстремум функции двух переменных.

Пример 5. Вычислить экстремум функции $z = x^2 - y^2$ при условии $x + 2y - 3 = 0$.

Решение. Составим функцию Лагранжа $L(x, y, \lambda) = x^2 - y^2 + \lambda(x + 2y - 3)$ и найдем ее частные производные по всем трем переменным: $L'_x = 2x + \lambda, L'_y = -2y + 2\lambda, L'_\lambda = x + 2y - 3$. Приравняв их значения к нулю и решив систему полученных уравнений, найдем $\lambda = 2, x = -1, y = 4$. Таким образом, критическая точка функции имеет координаты $M(-1, 2)$. Найдем вторые производные функции Лагранжа и вычислим их значения в критической точке, получим $L''_{xx} = 2, L''_{yy} = -2, L''_{xy} = 0$. Найдем также частные производные по x и y

от уравнения связи $\varphi'_x = 1, \varphi'_y = 2$ и составим якобиан $J = \begin{vmatrix} 0 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \\ 2 & 0 & -2 \end{vmatrix}$, вычислив

который, получим положительное значение определителя, равное 6.

Следовательно, в критической точке функция z имеет минимум, причем минимальное значение z равно -3 .

Покажем, как можно решить эту задачу без применения метода Лагранжа, с помощью *исследования функции одной переменной*. Так как уравнение связи позволяет выразить одну переменную через другую, то $y = \frac{3-x}{2}$. Подставим это

выражение в функцию z , получим $z = \frac{3x^2}{4} + \frac{3x}{2} - \frac{9}{4}$. Исследуем получившуюся

функцию одной переменной на обычный экстремум. Будем иметь: $z' = \frac{3x}{2} + \frac{3}{2}$,

критическая точка $x = -1$. Исследование знака производной показывает, что в данной критической точке функция имеет минимум. Минимальное значение функции z равно -3 .

В рассмотренных задачах мы увидели соединение методов решения оптимизационных задач методами алгебры, исследования функций одной переменной с помощью ее известных свойств и методом исследования по ее производной, а также нахождение условных экстремумов методом Лагранжа. Перечисленные методы не исчерпывают собой все имеющиеся возможности решения задач на оптимизацию, а являются лишь их небольшой частью.

Литература:

1. Актершев С.П. Задачи на максимум и минимум. С-Птб, БХВ-Петербург, 2005.
2. Беляева Э.С., Монахов В.М. Экстремальные задачи М., Просвещение 1977.
3. Чернявская С.В., Ревтович В.Н. Оптимизационные задачи на централизованном тестировании, Материалы 14-й МНТК «Наука- образованию, производству, экономике», Минск, БНТУ, 2016 г., том 3, стр 349.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ОБРАЗЦОВ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ

*Арсеньев Виктор Сергеевич, студент 2-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Тимонович Юлия Юрьевна, студентка 2-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Данчиков Александр Владимирович, студент 2-го курса кафедры
«Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Вербицкая О.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Одним из наиболее актуальных направлений развития современной науки является применение методов математического моделирования при проектировании и расчете конструкций различных форм. При этом получить аналитическое решение или решение в приближенной форме (с помощью рядов) во многих случаях не представляется возможным. Тогда используются численные методы, одним из которых является метод конечных элементов (МКЭ). Для теоретического исследования образцов цилиндрической формы, предназначенных для испытания асфальтобетона дорожных покрытий, при построении конечно-элементной модели удобно использовать конечные элементы треугольной формы (рис.1).

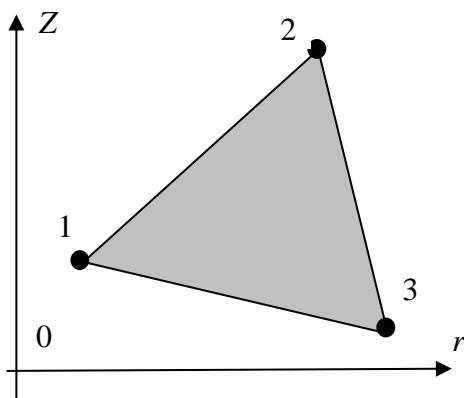


Рисунок 1 – Поперечное сечение кольцевого конечного элемента
треугольного очертания с шестью степенями свободы

Для геометрического описания деформированного состояния ротационно-симметричных тел использована цилиндрическая система координатных осей

R, θ, Z . На рисунке 2 в системе этих координат показаны составляющие вектора перемещения и тензора напряжения.

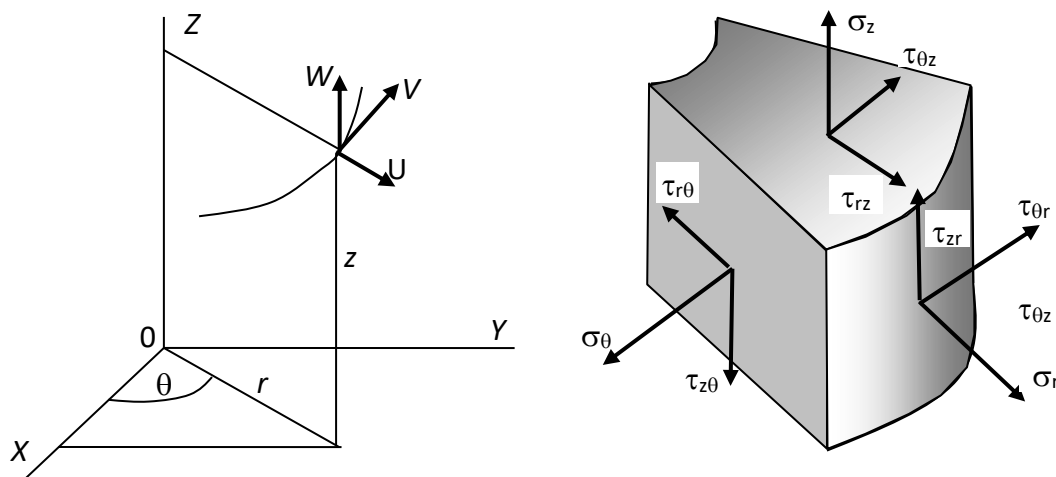


Рисунок 2 – Перемещения и напряжения в элементе ротационно-симметричного тела

При реализации МКЭ должны быть выполнены следующие этапы: формирование матриц жесткости отдельных КЭ, объединение этих матриц жесткости, формирование вектора сил, решение полученной системы уравнений, выделение вектора перемещений каждого КЭ, вычисление вектора напряжений. Можно отметить, что самым трудоемким этапом реализации МКЭ является решение система разрешающих уравнений.

Матрица жесткости отдельного треугольного конечного элемента определяется следующим выражением [1]

$$K = 2\pi B^T D B \bar{r} \Delta$$

где $\bar{r} = \frac{1}{3}(r_1 + r_2 + r_3)$; $\bar{z} = \frac{1}{3}(z_1 + z_2 + z_3)$,

r_1, r_2, r_3 ; z_1, z_2, z_3 – координаты узлов конечного элемента;

B – геометрическая матрица

$$B = \frac{1}{2\Delta} \begin{bmatrix} b_1 & 0 & b_2 & 0 & b_3 & 0 \\ 0 & c_1 & 0 & c_2 & 0 & c_3 \\ \frac{1}{r}(a_1 + b_1 r + c_1) & 0 & \frac{1}{r}(a_1 + b_1 r + c_1) & 0 & \frac{1}{r}(a_1 + b_1 r + c_1) & 0 \\ c_1 & b_1 & c_2 & b_2 & c_3 & b_3 \end{bmatrix};$$

D – матрица жесткости

$$D = \frac{E}{(1+\nu)(1-2\nu)} \begin{bmatrix} 1-\nu & \nu & \nu & 0 \\ \nu & 1-\nu & \nu & 0 \\ \nu & \nu & 1-\nu & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1-2\nu}{2} \end{bmatrix};$$

$$\begin{aligned} a_1 &= r_2 z_3 - r_3 z_2; & b_1 &= z_2 - z_3; & c_1 &= r_3 - r_2; \\ a_2 &= -r_3 z_1 + r_1 z_3; & b_2 &= z_3 - z_1; & c_2 &= r_1 - r_3; \\ a_3 &= r_1 z_2 - r_2 z_1; & b_3 &= z_1 - z_2; & c_3 &= r_2 - r_1. \end{aligned}$$

$a_1, a_2, a_3; b_1, b_2, b_3$ и Δ – геометрические параметры и площадь КЭ;

Напряжение и деформация в конечном элементе определяются выражениями

$$\bar{\sigma} = DB\bar{q} - D\bar{\varepsilon}_o + \bar{\sigma}_o, \quad \bar{\varepsilon} = \bar{B}\bar{q} + \bar{\varepsilon}_o$$

где $\bar{\varepsilon}_o, \bar{\sigma}_o$ – вектора начальной деформации и начального напряжения;

$\bar{q} = (u_1, v_1, u_2, v_2, u_3, v_3)^T$ – вектор узловых перемещений отдельного КЭ.

После формирования матриц жесткости отдельных конечных элементов можно собирать матрицу жесткости всего ансамбля конечных элементов и вектора узловых сил. Для этого используем поэлементный способ. Его суть заключается в последовательном просмотре всего списка конечных элементов, из которых состоит механическая система. По глобальным и местным номерам узлов рассматриваемого конечного элемента устанавливается связь между позициями общей матрицы жесткости и матрицы жесткости конечного элемента. Учитывая эту связь, значения расположенные в позициях матрицы жесткости конечного элемента, подсуммируются к соответствующим позициям общей матрицы жесткости всей модели. После перебора всех конечных элементов формируется окончательная объединенная матрица жесткости. Аналогично формируется и вектор узловых сил – правая часть канонических уравнений метода конечных элементов. В результате образуется общая система линейных уравнений

$$\bar{K} \cdot \bar{V} = \bar{F}$$

Полученная система канонических уравнений еще не является системой разрешающих уравнений поставленной задачи, так как в них не учтены условия закрепления образца. На основе статических граничных условий формируется правая часть канонических уравнений метода конечных элементов. Кинематические условия определяют часть неизвестных перемещений и то же формируют правые части уравнений. Столбцы матрицы жесткости, соответствующие известным узловым перемещениям, переносятся в правую часть разрешающих уравнений. В результате получаем уплотненную матрицу

жесткости и вектор узловых сил, из которых и строится система разрешающих уравнений.

$$\bar{K}_z \cdot \vec{V}_z = \vec{F}_z$$

Ее решение дает уплотненный вектор узловых перемещений \vec{V}_z . С учетом кинематических граничных условий разуплотняем вектор узловых перемещений V . Затем из него выделяем вектора узловых перемещений каждого КЭ $\vec{V} \rightarrow \vec{q}_k$ и используем их для определения векторов напряжения и деформации

$$\vec{\sigma}_k = (\sigma_{rk}, \sigma_{\theta k}, \tau_{r\theta k})^T \quad \vec{\varepsilon} = (\varepsilon_r, \varepsilon_\theta, \gamma_{r\theta})^T.$$

На кафедре «Математические методы в строительстве» разработана компьютерная программа *Python*, в которой применен МКЭ для исследования НДС образцов цилиндрической формы.

Литература:

1. Вербицкая, О. Л. Соппротивление материалов и теория упругости: применение метода конечных элементов при расчете прямоугольных пластин : учебно-методическое пособие для студентов специальностей 1-70 02 01 «Промышленное и гражданское строительство», 1-70 02 02 «Экспертиза и управление недвижимостью», 1-70 01 01 «Производство строительных изделий и конструкций» / О. Л. Вербицкая, Л. И. Шевчук ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра «Математические методы в строительстве». – Минск : БНТУ, 2021. – 52 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАЗРУШЕНИЯ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ АСФАЛЬТОБЕТОНА НА ЧИСЛЕННЫХ МОДЕЛЯХ

*Арсеньев Виктор Сергеевич, студент 2-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Тимонович Юлия Юрьевна, студентка 2-го курса
кафедры «Математические методы в строительстве»,*

*Данчиков Александр Владимирович, студент 2-го курса кафедры
«Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Вербицкая О.Л., канд. техн. наук, доцент)*

Институтом «БелдорНИИ» в 2004 г. разработан и изготовлен опытный образец прибора (рис. 1) для оценки прочностных и деформационных характеристик асфальтобетона ненарушенной структуры и проведены исследования по оценке возможности прибора фиксировать изменения механических показателей асфальтобетонных образцов. Наружное кольцо с коническим скосом (1) скользят по внутреннему кольцу (2) за счет давления крышки (3), вызывая вертикальные перемещения его поверхности. Тем самым, оказывается радиальное давление на цилиндрический образец (4), упирающийся в упорную кайму (5).

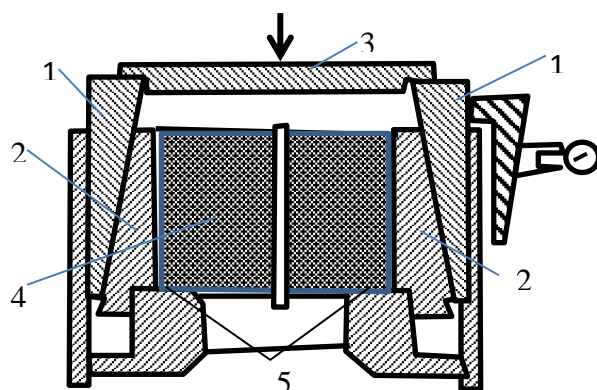


Рисунок 1 – Схема установки для испытания образца на радиальное сжатие цилиндрического образца

1. - внешнее кольцо; 2. - внутреннее кольцо; 3. - крышка; 4. – образец; 5. - упорное кольцо

Для теоретических исследований сотрудниками кафедры «Сопротивления материалов и теория упругости» разработана компьютерная программа *CRAB*, к сожалению, не дающая возможность полного анализа не только н.д.с. образца,

но самого процесса разрушения асфальтобетона. В связи с этим, позже на кафедре «Математические методы в строительстве» программа, в последствие названная *Python*, доработана и адаптирована. Расчет образца выполнен методом конечных элементов.

Программа *Python* предназначена не только для определения напряженно-деформированного состояния цилиндрического асфальтобетонного образца дорожного покрытия при различных теориях прочности, но и для получения последовательности самого процесса разрушения (легенды). В адаптированной программе предусмотрено использование двенадцати теорий прочности, что позволяет подобрать наиболее приемлемую теорию для асфальтобетона, хорошо согласующуюся с результатами испытания. Программа составлена на алгоритмическом языке *Pascal* в среде *Delphi*. Программа использует библиотеку системы *Windows-7* и компилятора *Delphi*.

Рассмотрим пример расчета цилиндрического образца асфальтобетона на всестороннее сжатие по программе *Python*. Для этого примем следующие исходные данные, приведенные на рисунке 2:

- диаметр, толщина и ширина каймы образца равны 48 мм, 24 мм, 6 мм;
- модуль упругости и коэффициент Пуассона 22 МПа и 0,25;
- количество узлов в радиальном направлении, по толщине образца и ширина упорной каймы соответственно равно 9, 9 и 3;
- коэффициент снижения модуля упругости в окрестности трещины 5,0;
- предельное значение эквивалентного напряжения 0,8 МПа;
- количество приближений нагружения образца 35;
- максимальная деформация обжатия 2 мм.

| ВВОД ИСХОДНЫХ ДАННЫХ | |
|--|---------|
| Диаметр образца, мм | 48.0000 |
| Толщина образца, мм | 24.0000 |
| Ширина упорной каймы, мм | 6.0000 |
| Модуль упругости, МПа | 22.0 |
| Коэффициент Пуассона | 0.25 |
| Коэффициент трения | 0.20 |
| Деформация обжатия, мм | -2.00 |
| Кол-во узлов в радиальном направлении | 9 |
| Шаг узлов в радиальном направлении, мм | 3.00 |
| Кол-во узлов в поперечном направлении | 9 |
| Шаг узлов в поперечном направлении, мм | 3.00 |
| Кол-во узлов по ширине каймы | 3 |
| Коэффициент снижения модуля в трещине | 5 |
| Количество шагов приближений | 35 |
| Теория прочности .. | Кулона |
| Отношение пределов прочности Sgu+/Sgu... | 0.80 |
| Отношение пределов прочности Sgu-/TauO.. | 1.80 |
| Отношение пределов прочности Sgu+/TauO.. | 0.50 |
| Обратная вел. предела прочн. на сжатие 1/МПа | 0.270 |
| Предел. знач. эквивален. напряжения, МПа... | 0.8 |
| Сцепление материала С, МПа | 6.0 |
| Угол внутреннего трения β , град. | 9.0 |

Рисунок 2 – таблица исходных данных программы Python

Результаты расчета приведены на рисунке 3 и содержат схему и форму разрушения образца, а также диаграмму его деформирования.

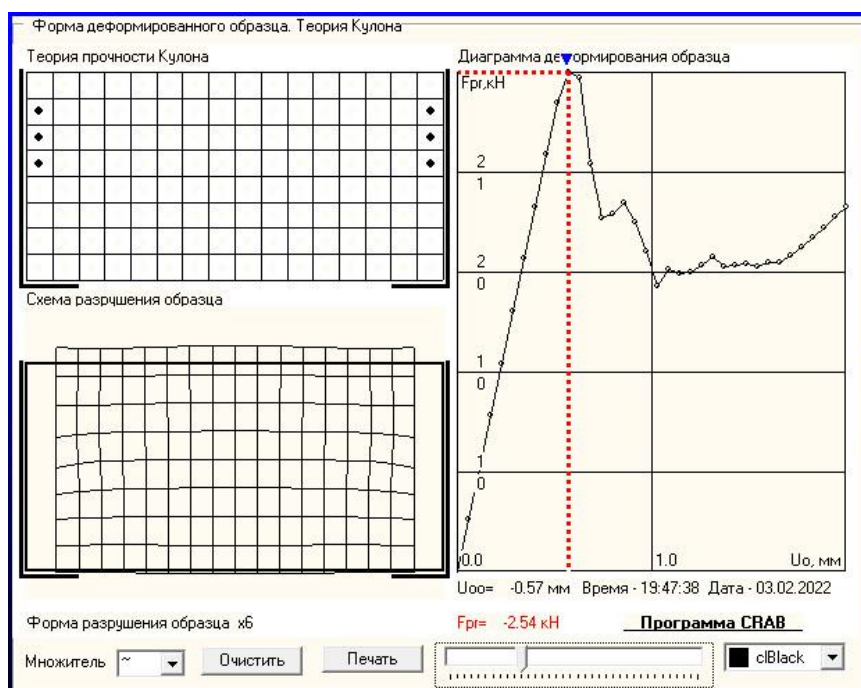


Рисунок 3 – Схема и форма разрушения образца, диаграмма его испытания

В начале диаграмма деформирования имеет прямолинейный характер, что указывает на то, что материал деформируется по закону Гука и никаких разрушений в нем не происходит. Затем на диаграмме наблюдается снижение сжимающей радиальной силы. Следовательно, жесткость образца уменьшается, за счет образования предельных состояний в отдельных его местах. Это подтверждается на схеме разрушения (рис. 3). Места образования предельных состояний (трещин) располагаются вблизи верхней части поверхности образца, которые отмечены точками. При этом сжимающая сила достигает 2,54 кН, а кинематическое воздействие составляет 0,57 мм. Дальнейшее увеличение кинематического воздействия приводит к распространению области предельных состояний вглубь и по высоте образца. Деформация образца приводит к смещению верхнего торца образца вверх, а нижнего вниз. На результаты испытания образца оказывают влияние ширина упорной каймы установки и коэффициент трения между поверхностями образца и внутренней поверхности обжимающего кольца. Установлено, что изменение ширины упорной каймы от нуля до 0,78% приводит к снижению обжимающей силы на 17%. Коэффициент трения также оказывает заметное влияние на величину обжимающей силы. При изменении коэффициента трения от нуля до 0,5 сжимающая сила уменьшается на 8%.

УПРОЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ

Ахалли Илья Саидович, Анципарович Владислав Витальевич
студенты 1-го курса кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель — Акимов В.А., канд. техн. наук, доцент)

Данная работа является продолжением научной работы [1] и с учетом сделанных в ней выводов, предполагаем непосредственно записать аналитическое уравнение переходной кривой в виде:

$$y = C_1 x^3 + C_2 x^4 \quad (1)$$

Это уравнение обеспечивает математическое равенство $y' = y'' = 0$ при $x=0$, которое с физической точки зрения обладает достаточной степенью гладкости сопряжения прямолинейного пути с переходной кривой (рис.1) Напомним, что в работе [1] для окружности

$$(a - x_0)^2 (y_0 - b)^2 = R^2$$

с которой состыковывается переходная кривая первой и второй производных, где в точке M_0 определяется по формулам:

$$y'_{M_0} = \frac{a - x_0}{y_0 - b}$$

(2)

$$y''_{M_0} = \frac{R^2}{(y_0 - b)^3} \quad (3)$$

Выражая из (1). Первую и вторую производные в точке $x=a$, и подставляя их в выражения (2) и (3), получаем систему уравнений для нахождения постоянных C_1 и C_2 :

$$\begin{cases} 3C_1 + 4C_2 a = \frac{a - x_0}{a^2 (y_0 - b)} & (4) \\ C_1 + 2C_2 a = \frac{R^2}{6a (y_0 - b)^3} & (5) \end{cases}$$

Решая данную систему уравнений, определяем C_1 и C_2 :

$$C_1 = \frac{3(a - x_0)(y_0 - b)^2 - aR^2}{3a^2 (y_0 - b)^3}$$

$$C_2 = \frac{aR^2 - 2(a - x_0)(y_0 - b)^2}{4a^3 (y_0 - b)^3}$$

Таким образом уравнение переходной кривой имеет вид:

$$y = \frac{3(a-x_0)(y_0-b)^2 - aR^2}{3a^2(y_0-b)^3} x^3 + \frac{aR^2 - 2(a-x_0)(y_0-b)^2}{4a^3(y_0-b)^3} x^4$$

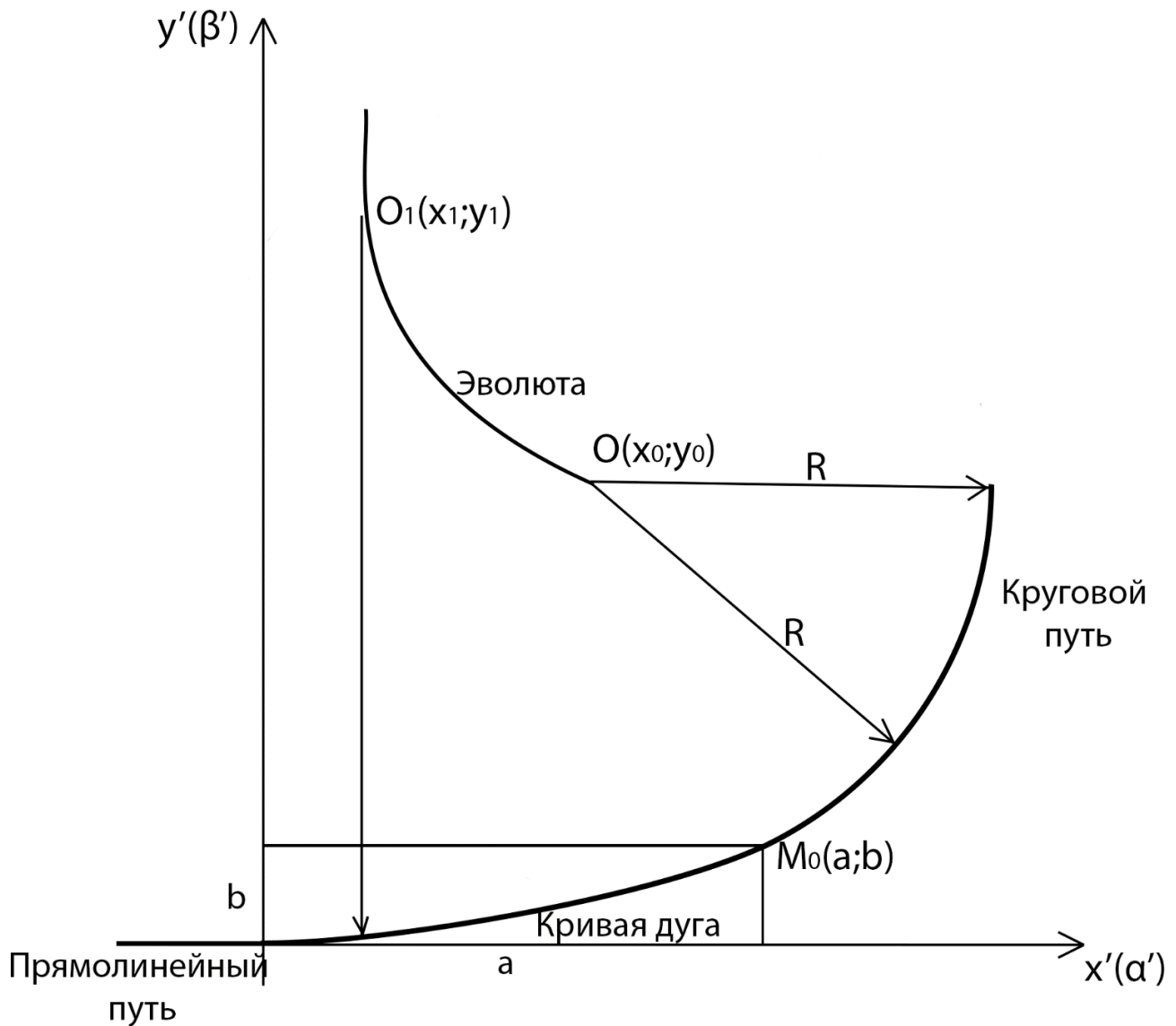


Рисунок 1

Проверка. Проверим условие сопряженности в точке $M_0(a;b)$:

$$y'/_{x=a} = \frac{3(a-x_0)(y_0-b)^2 - aR^2}{(y_0-b)^3} + \frac{aR^2 - 2(a-x_0)(y_0-b)^2}{(y_0-b)^3} = \frac{a-x_0}{y_0-b}, \text{ т.е. совпадает с (2).}$$

$$y''/_{x=a} = \frac{6(a-x_0)(y_0-b) - aR^2}{a(y_0-b)^3} + \frac{3aR^2 - 6(a-x_0)(y_0-b)}{a(y_0-b)^3} = \frac{R^2}{(y_0-b)^3}, \text{ т.е. совпадает с (3).}$$

Таким образом условия сопряжения в точках $O(0;0)$ и $M_0(a;b)$ выполняются, что и являлось нашей исходной целью.

Вывод. Предложена более простая формула переходной кривой. Заметим, что она проще построения клотоиды, в которой после 3-ей степени сразу идут 7-ая и затем 11-ая степени x .

В перспективе мы также можем принять:

$y = c_1x^3 + c_2x^4 + c_3x^5$ и для нахождения c_3 составить ещё одно уравнение, например:

$l(y_0 - b) = Ra$ (6), где l – длина переходного участка. Уравнение (6) является аппроксимацией длины переходного пути:

$$l = \int_0^a \sqrt{1 + (y')^2} dx = \int_0^a \sqrt{1 + \left(\frac{a-x_0}{y_0-b}\right)^2} dx = \frac{Ra}{y_0-b} \Rightarrow l = (y_0 - b) = Ra.$$

Эта формула является приближенной и заменяет собой «неберущийся» интеграл. Более точно её можно рассчитать при помощи сплайнов 3 и 4 степеней.

По существу новое, более простое, направление построения переходной кривой автомобильного пути. С чисто математической точки зрения аппроксимацию от x можно брать без пропуска степеней, главное, с физической точки зрения, это все равно позволяет обеспечить ту самую необходимую гладкость кривой, а не опираться на некоторые несущественные в данном случае аспекты поведения этой кривой. С точки зрения аппроксимация сплайнами – это вполне корректный и более доступный подход.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, КАК НЕОБХОДИМЫЙ АТТРИБУТ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

*Лысенкова Лидия Владимировна, Ковалевич Анастасия Алексеевна,
студенты 1-го курса кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ковалёнок Н.В., старший преподаватель)*

В связи с новыми требованиями времени и стандартами подготовки специалистов высшей школы, компьютеризация обучения становится все более актуальной составляющей этого процесса. На данный момент, практически у каждого человека, начиная с 5-6 лет, имеется на руках телефон, в связи с чем можно утверждать о том, что технологии становятся неотъемлемой частью нашей жизни. Следовательно, можно рассматривать идею включения самых простейших компьютеров (мобильных телефонов) в образовательный процесс при недостатке другого оснащения, как что-то очевидное. Было бы логично ввести список обязательных приложений на телефоне, которые могли бы понадобиться для учёбы в вузе.

Для изучения отдельных тем курса математики, целесообразно, с точки зрения наглядности и помощи в экономии времени для выполнения рутинных вычислительных процессов, использование таких мобильных приложений на наших устройствах. Так, например, для более понятного и наглядного изучения темы «Функции нескольких переменных», для решения задач зачастую необходимо вначале построить график функции, что является далеко не легкой задачей, а значит дальнейшее решение (или определение свойств функции) зависит от наличия и правильности данных построений.

Рассмотрим некоторые примеры построения графиков в таких приложениях как 3D график и 3D Calculator.

Пример 1. Построить график функции $z = \frac{1}{9-x^2-y^2}$.

3D график: Рассматривая данный пример в приложении 3D график, можно установить пределы для данной функции, а также точность графика. Чем выше точность – тем больше штриховых линий будет присутствовать на построении, благодаря чему можно отрегулировать наглядность графика.

Изображение строится чёрно-белым, примеры приведены на (Рис. 1).

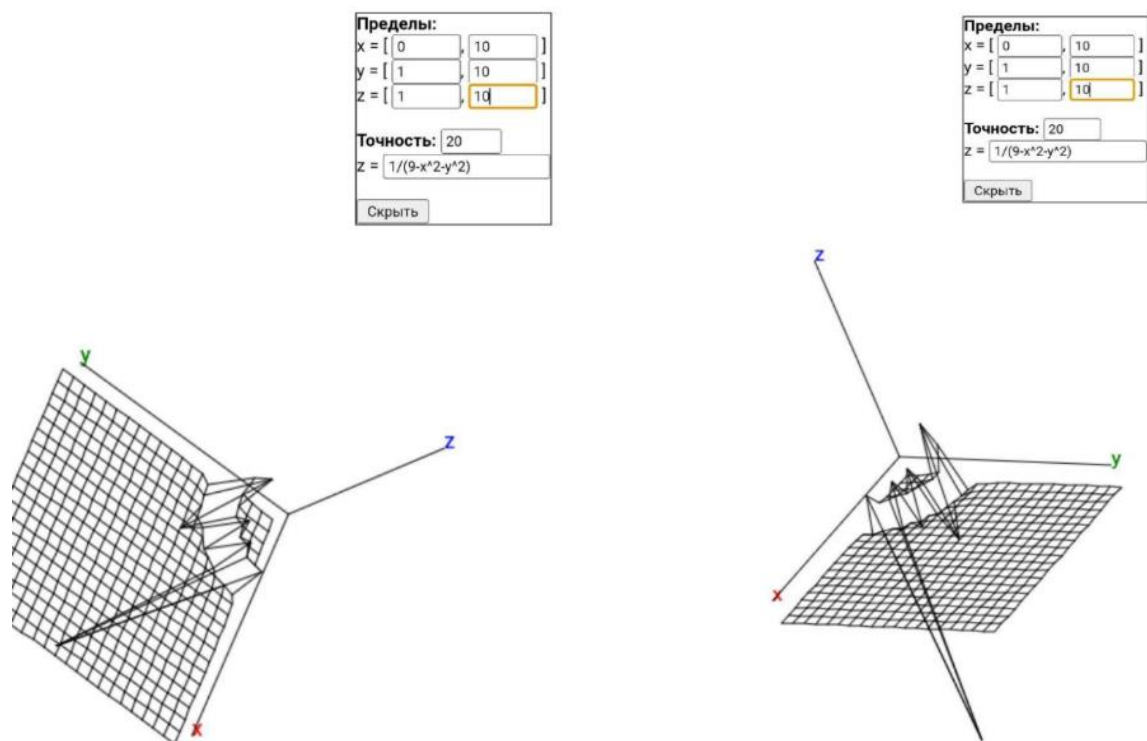


Рисунок 1 – Построение графика по заданному примеру

3D Calculator: Данное приложение предоставляет возможность цветного визуального представления графика, вращения под любым углом, различные раскладки для ввода, а также, возможность добавления сразу нескольких графиков.

На (Рис. 2) приведён график решения заданного примера, на (Рис. 3) представлен набор базовых инструментов приложения, а на (Рис. 4) представлены несколько раскладок клавиатуры, которые можно использовать для построения графиков.

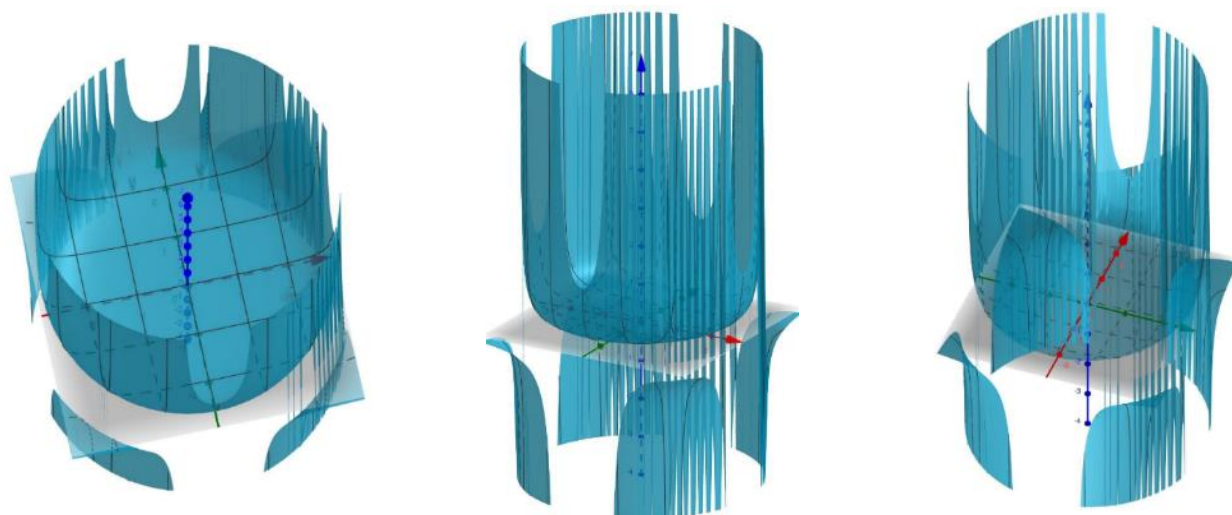


Рисунок 2 – Построение графика по заданному примеру

Basic Tools



MORE

Рисунок 3 – Базовые инструменты приложения 3D Calculator



Рисунок 4 – Раскладки клавиатуры 3D Calculator

Изучение свойств функций и других тем математики с применением мобильных приложений, позволяет увеличить темп изучения нового материала, проверить расчеты решаемой задачи, а также способствует наглядному восприятию материала, требующего от студента визуального представления.

МАТЕМАТИКА В ОБУЧЕНИИ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»

*Цеван Иван Александрович, студент 1-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Одним из важнейших разделов математики, который применяется для описания и решения профессионально ориентированных задач, является интегральное исчисление, используемое для вычисления и нахождения площадей, объемов, длин дуг, работу сил, пути, массы и т.д. Одним из ярких примеров применения его мы можем наблюдать в строительстве и проектировании автомобильных дорог.

Рассмотрим использование интеграла в изучении таких дисциплин, как «Проектирование автомобильных дорог» и «Производственные предприятия дорожной отрасли».

Пример 1. При проектировании продольного профиля интеграл используется в теории сплайнов и трассировании дорог.

Как известно, термин «сплайн» происходит от названия чертежного инструмента – тонкой металлической или деревянной линейки, которая изгибается так, чтобы проходить через заданные точки $(x_i, y_i = f(x_i))$.

В положении равновесия сплайн принимает форму, минимизирующую потенциальную энергию, пропорциональную интегралу по длине дуги от квадрата кривизны сплайна:

$$\int_a^b \frac{S''(x)^2 dx}{(1 + S'^2(x))^{5/2}}$$

где $S(x)$ – функция, $x \in [a, b]$. При условии $S(x_i) = y_i$. [1, с.65]. (дисциплина «Проектирование автомобильных дорог»).

Пример 2. Для решения задачи трассирования дорог в вычислении *сглаживающих* сплайнов также применяют определенный интеграл:

$$\int_a^b |S^{(q)}(x)|^2 dx + \sum_{i=0}^n \frac{1}{\rho_i} [S(x_i) - f_0(x_i)]^2$$

В записи функционала $q = 1, 2$; $S(x_i)$ – сплайн; ρ_i – весовой коэффициент узла интерполяции; $f_0(x_i)$ – функция начального приближения [1, с.70]; (дисциплина «Проектирование автомобильных дорог»).

Пример 3. Линейное приближение функционала длины дуги кривой:

$$\int_a^b \sqrt{1 + |f'(x)|^2} dx \approx \int_a^b [1 + |f'(x)|^2 / 2] dx,$$

где $f(x)$ – некоторая функция **непрерывная** на отрезке $[a, b]$ [1, с.71]; (дисциплина «Проектирование автомобильных дорог»).

Пример 4. Использование интегралов в общей теории производственных процессов: производство продукции характеризуется интенсивностью I , которая выражает скорость изменения энергии системы \mathcal{E} в единицу времени:

$$I = \frac{\partial \mathcal{E}}{\partial t};$$

превращение энергии \mathcal{E} за время t :

$$\mathcal{E} = \int_{t_j}^{t_{i+1}} I(t) dt = \mathcal{E}_n + \Delta \mathcal{E};$$

где t_{i+1} и t_j – момент времени начала и окончания процесса за время t ; \mathcal{E}_n – энергия на производство продукции данного технологического процесса; $\Delta \mathcal{E}$ – производственные потери энергии [2-3, с.13]; (дисциплина «Производственные предприятия дорожной отрасли»).

Как видно из предложенных примеров, использование математики в изучении специальных дисциплин при подготовке инженеров дорожной отрасли достаточно широкое, что свидетельствует о важности изучения математики в вузе.

Приведем задачу по математике, позволяющую вычислить работу, производимую при поднятии груза.

Задача.

Какую работу надо совершить наклонному вибрационному грохоту (устройство для механической сортировки сыпучих материалов), чтобы растянуть пружину между стабилизаторами на 4 см, если известно, что от нагрузки в 1 Н она растягивается на 1 см?

Решение. Согласно закону Гука, сила X Н, растягивающая пружину на x м, равна $X = kx$. Коэффициент пропорциональности k найдем из условия: если $x = 0,01$ м, то $X = 1$ Н; следовательно, $k = \frac{1}{0,01} = 100$ и $X = 100x$. Тогда

$$A = \int_0^{0,04} 100x dx = 50x^2 \Big|_0^{0,04} = 0,08 \text{ Дж.}$$

Вычисление интеграла проведем также в MS Excel по методу Симпсона (рис.1).

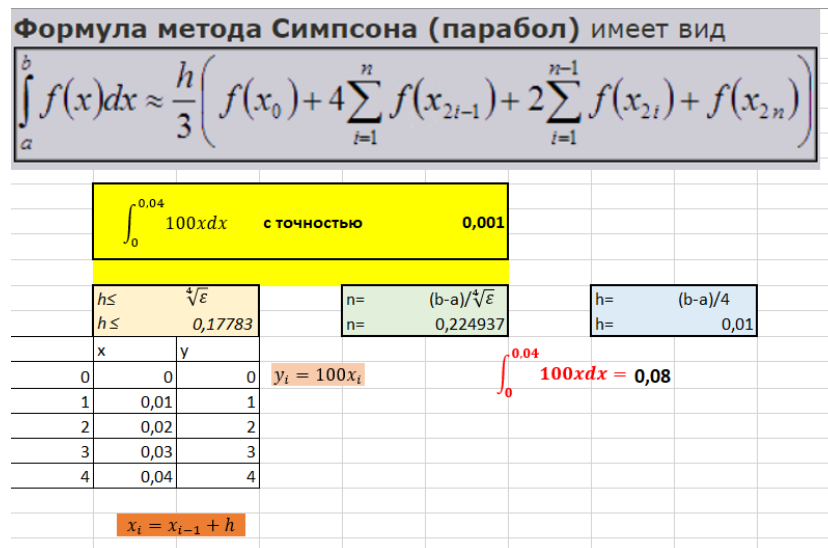


Рисунок 1

Рассмотренные выше примеры, дают нам ясно понять значимость использования интеграла при строительстве и проектировании автомобильных дорог, а также показывают связь математики со специальными дисциплинами и ее важность при обучении студентов специальности «Автомобильные дороги». Несомненно, необходимость изучения математики в техническом вузе проявится в освоении и других технических дисциплин. Степень проникновения в суть математических понятий и формул развивает теоретическое мышление студентов, которое помогает сократить путь к абстрагированию признаков этих понятий и формул, последующего обобщения, а значит, повысить уровень понимания специальных и общетехнических дисциплин.

Литература:

1. Бойков В.Н. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог: учебник для студ. Учреждений высш. Образ. / В.Н. Бойков, П.И. Поспелов, Г.А. Федотов; под. Ред. В.Н. Бойкова. – М. : Изд. Центр «Академия», - 2015. – 256с.
2. Федотов Г.А. Автоматизированное проектирование автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1986. - 317с.
3. Производственные предприятия дорожной отрасли: учеб. Пособие / Я.Н. Ковалев и др. – Мн.: «Арт Дизайн», 2009

ГЕОМЕТРИЯ НА ПОВЕРХНОСТЯХ ПОСТОЯННОЙ КРИВИЗНЫ

Саранков Дмитрий Александрович, Августиневич Александра Александровна, Тунчик Дмитрий Андреевич, Дубинин Даниил Николаевич, студенты 2-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические технологии» Белорусский национальный технический университет, г. Минск (Научный руководитель – Хотомцева М.А. старший преподаватель)

Начнём с того, что поверхность F постоянной кривизны, таковой является, если во всех точках этой поверхности $K=\text{const}$, $H=\text{const}$ (K – Гауссова кривизна, H – средняя кривизна).

Всего существует три типа таких поверхностей:

- Постоянной положительной кривизны;
- Постоянной нулевой кривизны;
- Постоянной отрицательной кривизны.

Поверхность постоянной положительной кривизны является эллиптического типа – модель Римана. Примером данной поверхности можно назвать сферу. Так же из геометрии Римана можно узнать, что сумма углов треугольника больше 180° .

Параметрическое уравнение сферы:

$$\begin{cases} x = R \sin(t) \cos(\varphi) \\ y = R \sin(t) \sin(\varphi) \\ z = R \left(\ln \operatorname{tg} \frac{t}{2} + \cos t \right) \end{cases} \quad (1)$$

Метрика сферы:

$$ds^2 = R^2 (\cos^2(\theta) d\varphi^2 + d\theta^2) \quad (2)$$

Главные кривизны сферы:

$$k_1 = k_2 = R \quad (3)$$

И наконец Гауссова кривизна сферы:

$$K = k_1 k_2 = R^2 > 0 \quad (4)$$

Мы видим, что главные кривизны сферы постоянны и равны, что выражает независимость её геометрических свойств от направления на сфере. Гауссова кривизна положительна и постоянна, а значит сфера является примером поверхности постоянной положительной кривизны.

Поверхности постоянной нулевой кривизны являются поверхностями параболического типа и относятся к модели Евклида. Поверхностью известной

из школьного курса является плоскость. Другим примером является цилиндрическая поверхность (Рис. 1). На поверхностях постоянной нулевой кривизны сумма углов треугольника равна 180°

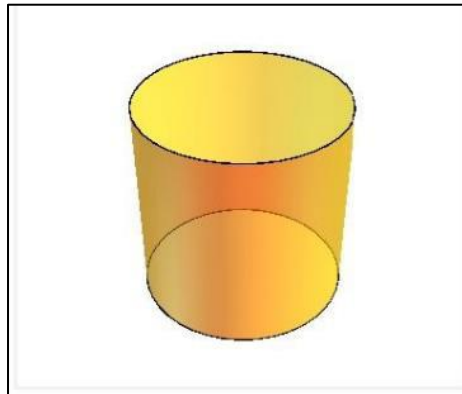


Рисунок 1 – Цилиндрическая поверхность нулевой кривизны

Поверхности постоянной отрицательной кривизны являются поверхностями гиперболического типа и относятся к модели Лобачевского. Примером такой поверхности является псевдосфера (Рис. 3). Из модели Лобачевского можно вынести один интересный факт: в треугольнике, лежащем на поверхности отрицательной кривизны, сумма углов меньше 180° .

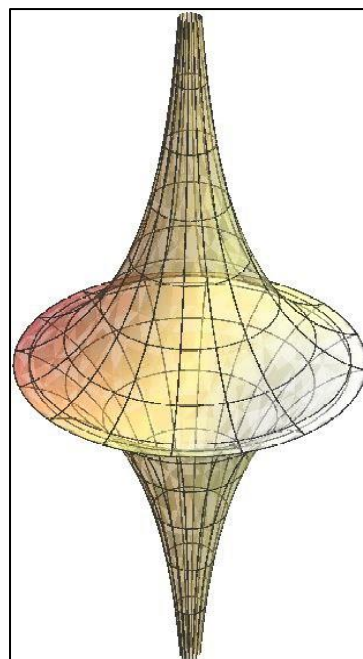


Рисунок 2 – Псевдосфера

Параметрическое уравнение псевдосферы:

$$\begin{cases} x = R \sin(t) \cos(\varphi) \\ y = R \sin(t) \sin(\varphi) \\ z = R \left(\ln \operatorname{tg} \frac{t}{2} + \cos t \right) \end{cases} \quad (5)$$

Вычисляя производные от радиуса-вектора, получим:

$$\begin{aligned} \vec{r}_\varphi &= (-R \sin(t) \sin(\varphi), R \sin(t) \cos(\varphi), 0); \\ \vec{r}_t &= (R \cos(t) \cos(\varphi), R \cos(t) \sin(\varphi), \operatorname{ctg}(t)). \end{aligned}$$

Теперь можем найти первую квадратичную форму псевдосферы:

$$ds^2 = R^2 (\operatorname{ctg}^2(t) dt^2 + \sin^2(t) d\varphi^2) \quad (6)$$

Лучше всего перейти от переменной t к ρ (полярный радиус) для удобства

$$\rho = R \sin(t), \quad \frac{d\rho}{\rho} = \operatorname{ctg}(t).$$

Теперь метрика преобразуется в более удобный вид:

$$ds^2 = R^2 \rho^2 \left[\left(\frac{d\rho}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{d\varphi}{R} \right)^2 \right] \quad (7)$$

Когда введём следующие переменные:

$$x = \frac{\varphi}{R}, \quad y = \frac{1}{\rho}$$

получим окончательную метрику Клейна геометрии Лобачевского

$$ds^2 = \frac{dx^2 + dy^2}{y^2} \quad (8)$$

Хотелось бы заметить, что первую квадратичную форму можно записать и в метрике Лобачевского, какой она и была первоначально записана Николаем Ивановичем Лобачевским:

$$ds^2 = R^2 (d\chi^2 + \operatorname{sh}^2 \chi d\varphi^2) \quad (9)$$

Перейдём ко второй квадратичной форме. Найдём единичный вектор псевдосферы:

$$\vec{n} = \frac{\vec{r}_t \times \vec{r}_\varphi}{|\vec{r}_t \times \vec{r}_\varphi|} = (\cos(\varphi) \cos(t), \sin(\varphi) \cos(t), -\sin(t)) \quad (10)$$

После найдём вторые частные производные:

$$\begin{aligned} \vec{r}_{\varphi\varphi} &= (-R \sin(t) \cos(\varphi), -R \sin(t) \sin(\varphi), 0); \\ \vec{r}_{\varphi t} &= (-R \cos(t) \sin(\varphi), R \cos(t) \cos(\varphi), 0); \\ \vec{r}_{tt} &= \left(-R \sin(t) \cos(\varphi), -R \sin(t) \sin(\varphi), -R \left(2 \cos(t) + \frac{\cos^3 t}{\sin^2 t} \right) \right) \end{aligned}$$

Таким образом, вычисляя коэффициенты второй квадратичной формы, получим:

$$L = \vec{n} \cdot \vec{r}_{\varphi\varphi} = -R \cos(t) \sin(t) \quad (11)$$

$$M = \vec{n} \cdot \vec{r}_{\varphi t} = 0 \quad (12)$$

$$N = \vec{n} \cdot \vec{r}_{tt} = Rctg(t) \quad (13)$$

Учитывая вычисленную нами первую квадратичную форму псевдосферы, найдём главные кривизны этой поверхности:

$$k_1 = -\frac{1}{R}ctg(t), \quad k_2 = \frac{1}{R}tg(t)$$

После нахождения главных кривизн наконец вычислим Гауссову кривизну псевдосферы:

$$K = k_1 k_2 = -\frac{1}{R^2} \quad (14)$$

Тем самым мы видим, что гауссова кривизна псевдосферы отрицательна, а также постоянна.

Следует ещё рассказать о теореме Гаусса-Бонне, которая утверждает, что среднее значение гауссовой кривизны на двумерном многообразии не зависит от выбора метрики и определяется топологией многообразия.

Начнём с локальной теоремы Гаусса-Бонне. Представим, что в любой точке A гладкой поверхности существует нормаль – прямая $N(A)$, проходящая через нашу точку и перпендикулярная касательной плоскости $T_1(A)$. И когда при этом на каждой нормали есть возможность задать положительное направление, то гладкая поверхность является ориентируемой. Приведём пример, сфера S_1 ориентируется с помощью проходящих через радиусы сферы и направленных наружу нормалей (Рис. 3).

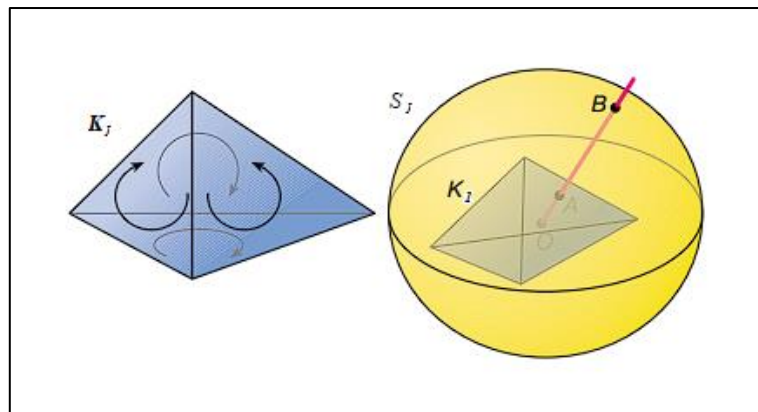


Рисунок 3 – Две замкнутые ориентируемые поверхности: поверхность тетраэдра K_1 и сфера S_1

Давайте рассмотрим на ориентируемой поверхности M_1 криволинейный треугольник ABC . Вычислим его внутренние углы как углы между касательными к сторонам в вершинах A , B и C . Тогда справедлива формула

$$(\angle A + \angle B + \angle C) - \pi = \iint_{\Delta ABC} K dS + \left(\int_{AB} k_g ds + \int_{BC} k_g ds + \int_{CA} k_g ds \right) \quad (15)$$

Это и называется локальной теоремой Гаусса-Бонне. Если, ΔABC составлен из дуг геодезических линий, формула (15) принимает вид

$$(\angle A + \angle B + \angle C) - \pi = \iint_{\Delta ABC} K dS \quad (16)$$

Формула (16) позволяет сформулировать характерные для глобальной геометрии утверждения. Первое и самое очевидное состоит в том, что $\frac{1}{\pi} \iint_{\Delta ABC} K dS$ – целое число.

Теорема 1. Если для односвязной замкнутой ориентированной поверхности M_1 ее гауссова кривизна K не является тождественным нулем и при этом $K \geq 0$, то эйлерова характеристика $\chi(M_1) > 0$ и поверхность M_1 гомеоморфна сфере S_1 .

Теорема 2. Если на замкнутой ориентированной поверхности существует касательное векторное поле без особых точек, то $\iint_{M_1} K dS = 0$.

Таким образом, выполняя геодезические расчёты на произвольных реальных поверхностях, важно учитывать кривизну этих поверхностей, так как изменение кривизны приводит к изменению геометрических свойств. В окрестностях точек эти поверхности можно приближать поверхностями постоянной кривизны.

«ПЕРЕВЕРНУТЫЙ КЛАСС» ТЕХНОЛОГИЯ ОБУЧЕНИЯ XXI ВЕКА ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ В ТЕХНИЧЕСКОМ ВУЗЕ

*Волчек Алёна Эдуардовна, Шаботько Светлана Игоревна,
Шут Александр Олегович, студенты 1-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Хотомцева М. А., старший преподаватель)*

Новый век диктует новые технологии. В связи с быстро изменяющейся обстановкой в мире вводятся прогрессивные методы обучения учащихся, например метод «перевернутого класса», который мы попробовали в нашей группе в качестве эксперимента.

«Перевернутый класс» – система обучения, при которой преподаватель предоставляет студентам материал для самостоятельного освоения его дома, а на практических занятиях в аудитории проводится проверка и закрепление материала. Модель обучения «Перевернутый класс» может включать в себя также просмотр видео лекций, чтение учебной литературы, прохождение различных тестов на закрепление темы. Работа с преподавателем посвящается разбору сложностей в теоретической части и вопросов, возникших в процессе самостоятельного изучения материала.

Впервые такой метод обучения был применен в 2007 году, двумя учителями Джонатаном Бергманом и Аароном Сэмсом, которые придумали как обеспечить своих учеников, часто пропускающих занятия, лекциями.

Однако такую модель обучения критикуют за то, что роль учителя ослабевает. На самом же деле наоборот, освобождённое время преподаватель может потратить на более сложные задачи – закрепление и углубление знаний. Даже в самом простом случае такое обучение требует от студентов самостоятельности и вовлеченности.

Однако в данной системе есть свои преимущества и недостатки.

Преимущества:

1) Традиционные лекции заменяются записями – это уменьшает нагрузку преподавателей и дает студентам больше свободы.

2) Студенты получают новые знания в своем темпе. Они могут прочитать материал в любое удобное для себя время, остановиться или перечитать несколько раз непонятные моменты и записать вопросы, а на занятиях задать их преподавателю.

3) Студенты становятся творцами знаний. В системе «перевернутого класса» студенты перестают быть пассивными слушателями. Для того, чтобы получить знания, им необходимо поработать самим: посмотреть видео, перечитать материал или найти в интернете дополнительную информацию.

Недостатки:

1) Не все студенты достаточно самостоятельны. Студенты должны сами организовывать свое обучение. Преподаватель не может проконтролировать процесс, и студенты это понимают. Чтобы быть уверенным, что студенты изучают материал, например, преподаватель проводит тестирование по изученной теме, как было проведено в нашей группе.

2) В первое время будет немного сложно. Переход к новой системе – это дополнительная нагрузка. Нужно будет искать новую информацию: разные статьи, видео подкасты.

3) Эффективность перевернутого класса невелика. Многочисленные исследования не находят больших различий между традиционными занятиями и перевернутым классом. Удовлетворенность занятиями остается одинаковой.

Модель обучения «перевернутый класс» отлично воспринимается студентами. Данная модель обучения приносит весьма разнообразные результаты на начале изучения, и в конечном итоге несет весьма неплохой результат.

Рассмотрим работу модели на примере группы 1 курса специальности «Геодезия» факультета транспортных коммуникаций. «Перевернутый класс» был использован при изучении двух тем «Криволинейные интегралы» и «Дифференциальные уравнения I порядка». Преподавателем были отправлены курсы лекций и обучающие видео по этой теме (Рис.1), а также набор практических заданий для закрепления материала.



Рисунок 1 – Пример обучающего видео по теме

В этой модели обучения студенты увидели для себя новый способ изучения математики. Для многих он показался необычным, но весьма интересным в связи с постоянной проверкой своих знаний. Но больше всего студентам понравилось, что обучающие видео они могли просматривать неограниченно, что они могли сразу же узнать свои ошибки после прохождения теста, и таким образом лучше усвоить материал.

Приведем небольшую статистику результатов применения данной методики. По результатам теста по теме «Криволинейные интегралы» общий процент правильных ответов по теоретической части составил 60%, а практической части – 50%. Результат теоретического теста «Дифференциальные уравнения первого порядка» составил 50%. Затем этот же тест был проведен еще раз. После повторного объяснения материала преподавателем правильность решения теста увеличилась на 10%, то есть составила 60%.

Используя полученные данные, можно подвести итог. Данный метод обучения оказывает очень положительное влияние на студентов. Используя его, студенты хорошо поняли материал. При этом не тратили время, чтобы просто зазубрить его, а работали в своем темпе, постепенно запоминая материал путем постоянного совершенствования своих знаний. Однако для лучшего результата необходимо комбинировать классическую систему обучения с современными методами.

CALCPLOT3D ПРИ ИЗУЧЕНИИ ТЕМЫ «ФУНКЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ПЕРЕМЕННЫХ»

*Пешевич Николай Дмитриевич, Падалец Артём Александрович, Пилинога Алексей Андреевич, студенты 1-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Хотомцева М.А., старший преподаватель)*

Приложение CalcPlot3D широко применяется в поиске решения и иллюстрации к решениям проблем, связанных с функциями нескольких переменных. Приложение формирует представление о математических объектах в трёхмерном пространстве так, чтобы пользователи развивали своё пространственное мышление и, например, представляли примерное изображение поверхности в начале решения проблемы.

Рассмотрим некоторые задачи теории функций нескольких переменных, решаемые в CalcPlot3D.

1. Построение графиков функций двух переменных.

Построение в CalcPlot3D происходит следующим образом: выбираем тип поверхности (функция $z = f(x, y)$, неявная поверхность, параметрическая поверхность) и заполняем поля.

Построим график функции $z = x^2 - y^2$ (Рис.1). Анализ графика показывает, что областью определения этой функции является \mathbf{R}^2 , то есть анализ графика позволяет в некоторых случаях найти область определения функции.

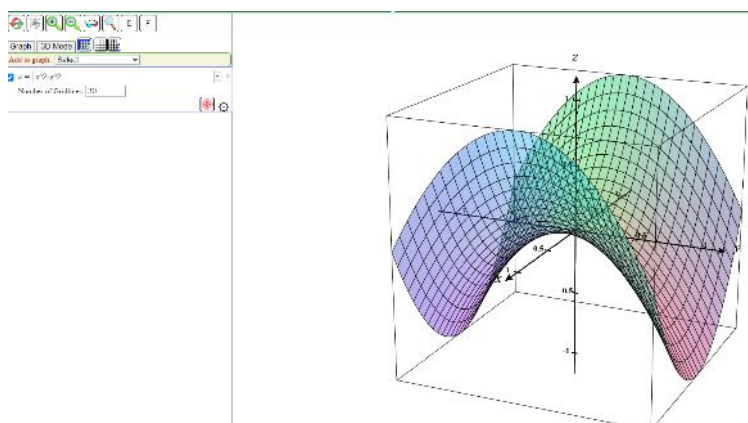


Рисунок 1 – График функции $z = x^2 - y^2$

2. Проверка правильности решения задач.

Рассмотрим задачу нахождения касательной плоскости и нормали к поверхности в заданной точке.

Пусть поверхность $F(x, y, z) = 0$ имеет в некоторой ее точке $M_0(x_0, y_0, z_0)$ касательную плоскость. Прямая, проходящая через точку M_0 , перпендикулярная этой касательной плоскости, называется нормалью к поверхности в точке M_0 .

Уравнение касательной плоскости имеет вид

$$F'_x(x_0, y_0, z_0)(x - x_0) + F'_y(x_0, y_0, z_0)(y - y_0) + F'_z(x_0, y_0, z_0)(z - z_0) = 0.$$

Уравнение нормали к поверхности в параметрической форме записи:

$$\begin{cases} x = x_0 + F'_x(x_0, y_0, z_0) \cdot t, \\ y = y_0 + F'_y(x_0, y_0, z_0) \cdot t, \\ z = z_0 + F'_z(x_0, y_0, z_0) \cdot t. \end{cases}$$

Найдём уравнения касательной плоскости и нормали к однополостному гиперболоиду $x^2 + 2y^2 - z^2 - 5 = 0$ в точке $M(2, -1, 1)$.

$$F(x, y, z) = x^2 + 2y^2 - z^2 - 5.$$

$$F'_x \Big|_{M_0} = 2x \Big|_{x=2} = 4, \quad F'_y \Big|_{M_0} = 4y \Big|_{y=-1} = -4, \quad F'_z \Big|_{M_0} = -2z \Big|_{z=1} = -2.$$

Поэтому уравнение касательной плоскости к данной поверхности запишется в виде $4(x - 2) - 4(y + 1) - 2(z - 1) = 0$ или $2x - 2y - z - 5 = 0$.

$$\text{Уравнение нормали } \frac{x-2}{4} = \frac{y+1}{-4} = \frac{z-1}{-2} \text{ или } \begin{cases} x = 2 + 2 \cdot t, \\ y = -1 - 2 \cdot t, \\ z = 1 - t. \end{cases}$$

Поверхность, касательная плоскость и нормаль представлены на рисунке 2.

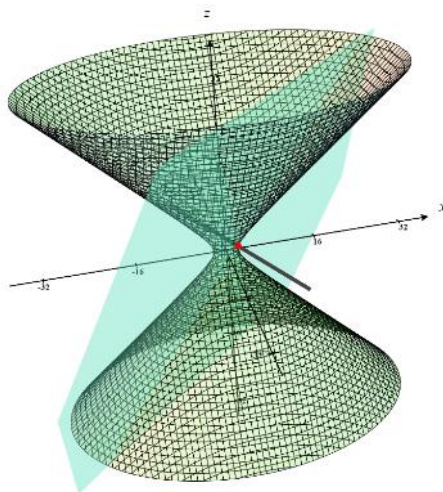


Рисунок 2 – Поверхность $x^2 + 2y^2 - z^2 - 5 = 0$, касательная плоскость и нормаль в точке $M(2, -1, 1)$

3. Построение линий уровня.

Линия уровня $f(x, y) = k$ — это множество всех точек в области D , в которых f принимает заданное значение k . Другими словами, линия уровня показывает, где график поверхности f имеет высоту k . Линии уровня

рассматриваются также, как сечения поверхности графика плоскостями $z = C$, которые проецируются на плоскость Oxy .

Построим линии уровня функции $g(x, y) = \sqrt{9 - x^2 - y^2}$.

На рисунке 3 представлена карта линий уровня и поверхность с нанесёнными на неё линиями уровня, выполненная в системе CalcPlot3D.

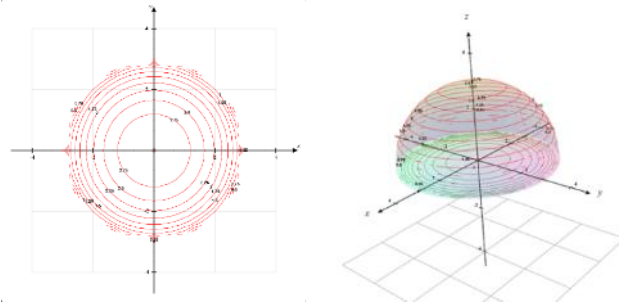


Рисунок 3 – Карта линий уровня и график поверхности

4. Построение градиента.

Градиент дифференцируемой функции двух или трёх переменных $\mathbf{grad} z(M_0)$ в точке $M_0(x_0, y_0)$ определяет направление, в котором функция в этой точке возрастает с наибольшей скоростью, при этом направление градиента совпадает с направлением нормали к линии уровня (поверхности уровня).

Построим градиент функция трех переменных $u = (3x - y^2 + z)e^{3y-2z}$ в точке $M_0(-1; 2; 3)$.

$$\mathbf{grad} u(M_0) = \frac{\partial f(M_0)}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial f(M_0)}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial f(M_0)}{\partial z} \mathbf{k},$$

$$\frac{\partial f}{\partial x} = 3e^{3y-2z}, \quad \frac{\partial f}{\partial y} = (9x - 3y^2 + 3z - 2y)e^{3y-2z}, \quad \frac{\partial f}{\partial z} = (1 - 6x + 2y^2 - 2z)e^{3y-2z}$$

Вычислим значения частных производных в точке $M_0(-1, 2, 3)$:

$$\frac{\partial f(M_0)}{\partial x} = 3, \quad \frac{\partial f(M_0)}{\partial y} = -16, \quad \frac{\partial f(M_0)}{\partial z} = 9.$$

Тогда $\mathbf{grad} u(M_0) = 3\mathbf{i} - 16\mathbf{j} + 9\mathbf{k}$.

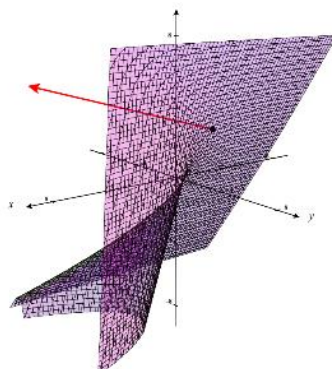


Рисунок 4 – Поверхность уровня и вектор-градиент в точке $M_0(-1, 2, 3)$

ВЫЧИСЛЕНИЕ КРАТНЫХ ИНТЕГРАЛОВ В СРЕДЕ WOLFRAM ALPHA

Домашкевич Никита Александрович, Амвросьев Егор Андреевич, Кирилов

Леонид Александрович, студенты 1-го курса

кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Хотомцева М.А., старший преподаватель)

Кратный интеграл – интеграл от функции нескольких переменных по некоторой области D . В свою очередь под n -кратными интегралами понимают двойные, тройные, и так далее интегралы.

Для существования двойного интеграла достаточно того, что область D по которой он вычисляется, была замкнутой квадрируемой, и функция $f(x, y)$ непрерывна в D . Для того, чтобы вычислить кратный интеграл аналитически, его нужно привести к повторному интегралу. Кратные интегралы применяются очень широко в математике, физике и технике.

Wolfram Alpha для вычисления двойных интегралов использует различные запросы специального вида.

Простейшим способом нахождения двойного интеграла в Wolfram Alpha является калькулятор двойных интегралов, он вызывается запросом “double integral calculator” в специальной строке (Рис. 1):

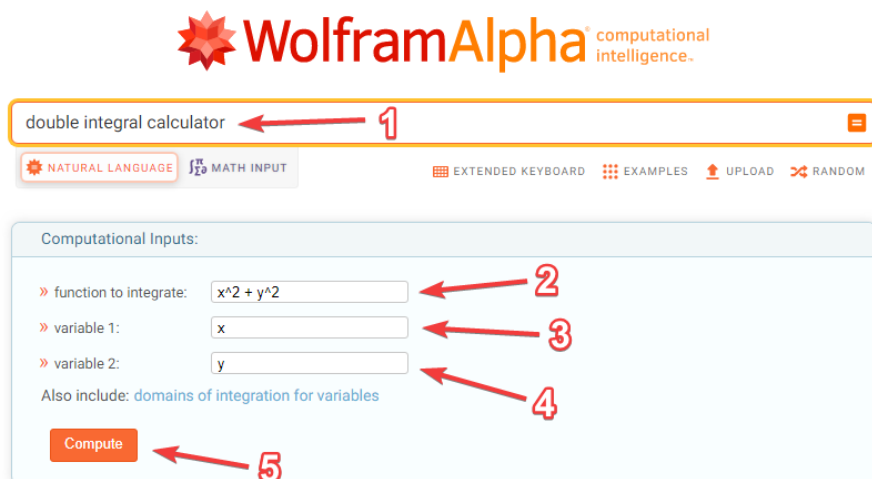


Рисунок 1 – Порядок ввода в Wolfram Alpha

Далее после нажатия кнопки «Compute» выводится решение (Рис. 2):

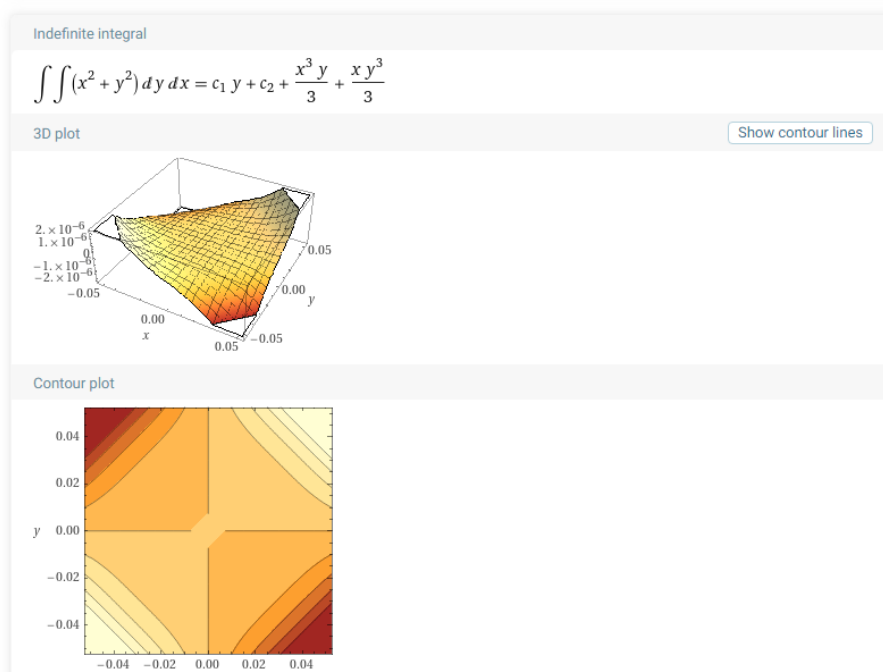


Рисунок 2 – Вывод ответа

Для нахождения неопределённого интеграла, в Wolfram Alpha предусмотрен свой особый синтаксис: в строку ввода команд сразу же вводится сам неопределённый интеграл с соблюдением всех правил записи (Рис. 3):



Рисунок 3 – Пример ввода двойного интеграла напрямую

Чтобы вычислить определенный двойной интеграл, нужно вписать пределы интегрирования. В простейшей ситуации вычислить двойной интеграл в Wolfram Alpha можно, введя в строку запрос, имеющий вид (Рис.4):

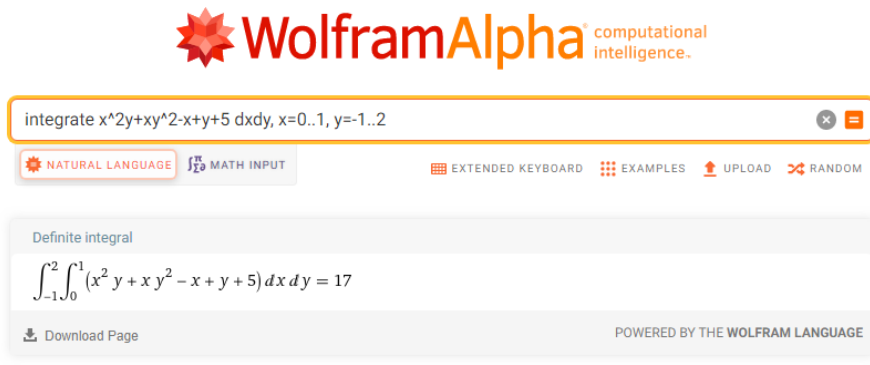


Рисунок 4 – Пример вычисления определенного интеграла

Таким же методом можно вычислить двойные интегралы, которые имеют бесконечные пределы (Рис. 5):



Рисунок 5 – Пример вычисления двойного интеграла с бесконечными пределами

Если область интегрирования отлична от прямоугольника или плоскости, то пределы интегрирования во внутреннем повторном интеграле нужно расставлять вручную, предварительно изобразив область интегрирования, используя какой-либо графический калькулятор.

Для нахождения тройного интеграла без расстановки пределов интегрирования в Wolfram Alpha, нужно употребить иной синтаксис, который имеет вид (Рис. 6):

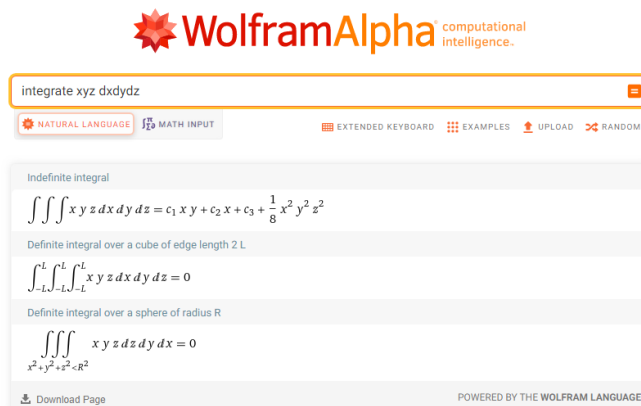


Рисунок 6 – Пример вычисления тройного интеграла

При записи дифференциалов dx , dy , dz в подинтегральном выражении с использованием Wolfram Alpha важна правильная последовательность их записи. Она и определяет порядок повторного интегрирования. Выводимый Wolfram Alpha результат обусловлен верной последовательностью при выполнении повторного интегрирования, результат зависит от порядка записи dx , dy и dz .

Как пример тому, можно взять предыдущий пример, и просто изменить порядок записи пределов интегрирования (с $dx dy dz$ на $dz dx dy$), тогда сам Wolfram Alpha выдаст нам иной результат (Рис.7):

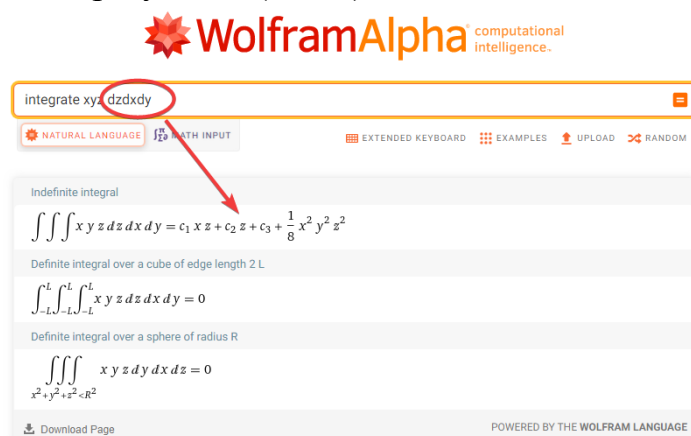


Рисунок 7 – Пример ответа при изменённом порядке интегрирования

Подводя итоги, можно прийти к тому, что Wolfram Alpha — это универсальная система, обладающая огромной базой знаний и большим набором алгоритмов, которая в разы упрощает работу с кратными интегралами, за счёт своего функционала она делает процесс вычисления интегралов в разы быстрее, потому что не всегда удобно вычислять вышеназванные интегралы вручную, да и не каждому это порой под силу.

КАРТОГРАФИЯ И КРИВИЗНА

*Евстрат Ольга Владимировна, студент 2-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические технологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Хотомцева М.А., старший преподаватель)*

С давних пор, картографы стремились получить правильное изображение земной поверхности на карте. Это послужило к возникновению новой проблемы в области картографии, заключающая в невозможности создания точной карты, поскольку на любой карте присутствуют искажения. Причиной их появления заключается в неравномерном изменении расстояний между точками при любой проекции сферы.

Казалось бы, решение должно быть уже найдено, однако невозможно отобразить сферу на плоскости с сохранением расстояний. Это подтверждает теорема Гаусса, которая гласит, что при отображении одной поверхности на другую будут совпадать степени и характер искривленности поверхности в соответствующих точках. Поскольку у плоскости кривизна нулевая, а у сферы положительна, то это свидетельствует о неразрешенности задачи.

Главным достижением в области картографии стала равноугольная проекция Меркатора, позволяющая прокладывать курс корабля в открытом море. Для решения этой задачи необходимо соединить два пункта линией и определить угол пересечения отрезка с меридианами, что будет равноценно пересечению меридиан земной поверхности. Проложенный маршрут окажется более простым и понятным в ориентировании, но, возможно, более затратным по времени. Поэтому именно простота прокладывания такого пути благоприятно скажется на управлении кораблем.

При создании карт также применяют многочисленные проекции с необходимым набором свойств, так как они непосредственно влияют на точность карт. Одними из самых распространенных проекций считают цилиндрическую, коническую и азимутальную.

При цилиндрической проекции сфера отображается на развертывающуюся поверхность цилиндра или конуса, без искажений. Рассмотрим популярный случай, когда у цилиндра радиус меньше, чем у глобуса, и у них совпадают оси. В этом варианте, две окружности будут являться их пересечением с сохранившимся масштабом вдоль обеих параллелей. Это применяется к северным, южным картографическим территориям от экватора. При

использовании данной проекции в одной полушарии, можно обеспечить отсутствие всех искажений. На рисунке 1 представлен разворот естественного проецирование глобуса на цилиндр, где окружности-параллели переходят в вертикальные прямые, а сетка параллелей и меридианов преобразовывается в прямоугольную сетку на карте.

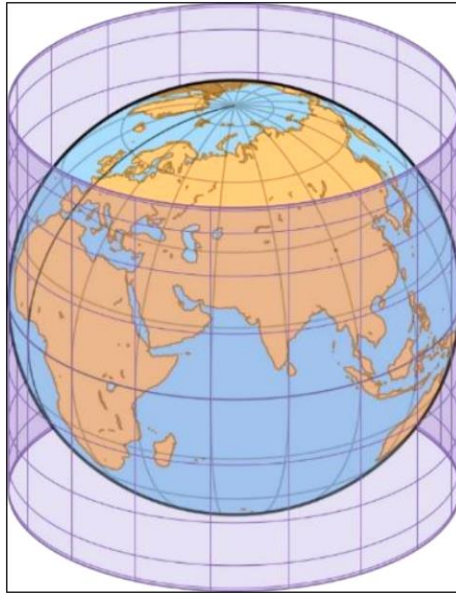


Рисунок 1 – Цилиндрическая проекция

Конические проекции схожи на цилиндрические, но в отличие от них, параллели превращаются в дуги окружностей, в то время как линии пересекаются под прямыми углами. Это наглядно представлено на рисунке 2.

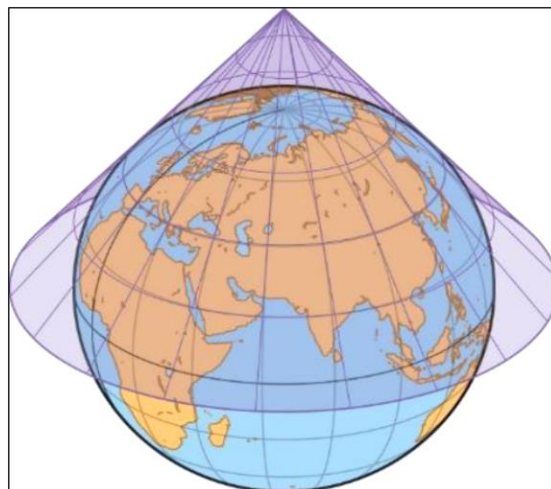


Рисунок 2 – Коническая проекция

Азимутальные проекции получают с помощью центрального проецирования, благодаря которому плоскость карты касается глобуса в одном

из полюсов, а центр проекций находится на оси Земли. От расположения центра меняются и свойства проекций, поэтому их различают три вида:

1) Внешняя проекция дает возможность взглянуть на полушарие Земли с космоса.

2) Гномоническая проекция получается проектированием точек сферы из центра сферы на плоскость. Отличительной особенностью является то, что все большие круги сферы изображаются прямыми линиями плоскости.

3) Стереографическая проекция не только отражает всю поверхность Земли, но и сохраняет все углы и окружности, которые могут не проходить через полюс, но переходят либо в плоскость, либо в прямые. Исходная проекция наглядно представлена на рисунке 3.

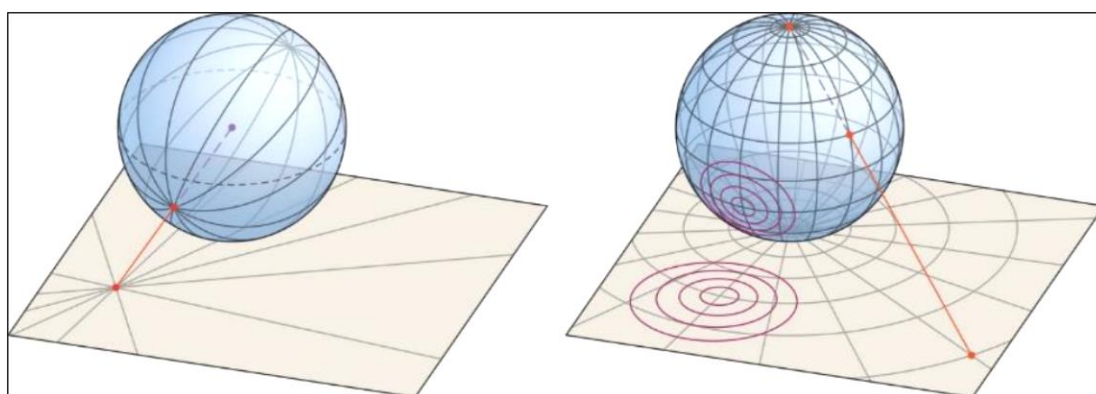


Рисунок 3 – Стереографическая проекция

До наших дней картографические проекции носили исключительно описательно-наглядный характер, однако в математической картографии классические подходы заменены формульными и аналитическими. Любая создаваемая карта должна была соответствовать необходимым требованиям. На основе которых появились связывающие уравнения координат точек, находящихся на плоскости и окружности. Равенства получились настолько сложными, что при их создании использовались не только математические достижения, но и колоссальное упорство и смекалка. Все изменения и улучшения в прошлом, благополучно сказались на картах в наше время, хотя с появлением различных приспособлений начали разрабатываться новые картографические проекции, что позволило расширить их сферу применения.

ЛОКСОДРОМИИ НА СФЕРЕ

*Евстрат Ольга Владимировна, Серафинович Павел Андреевич,
Сергиевич Илья Александрович, студенты 2-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические технологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Хотомцева М.А., старший преподаватель)*

В путешествиях человек сталкивается со множеством задач, которые требуют свой подход к решению. Одним из самых ярких примером является прокладывание курса морского транспорта в открытом море. Из-за постоянной изменчивости погоды приходится совершать трудоемкие и громоздкие вычисления по ортодромии. Это означает, что ищут кратчайшее расстояние между двумя пунктами на земной поверхности. К этому методу прибегают лишь при преодолении больших расстояний, но при всем этом именно локсодромию применяют в качестве навигатора для прокладывания маршрутов.

Локсодромия представляет собой кривую двойной кривизны, которая пересекает все меридианы под одним и тем же углом, приближаясь к полюсу Земли в виде спирали, совершая многочисленное количество витков по поверхности. Кривая отображается на сфере или сжатом эллипсоиде вращения при нулевой кривизне, и в тоже время она совпадает с меридианом при 180° , но при 90° она соответствует географической параллели. Стоит подметить, что на картах Меркатора проекции локсодромии изображаются прямыми линиями на том основании, что во всех проекциях Меркатора происходят сохранения всех углов между направлений.

При полетах на большие расстояния также нельзя пренебрегать разностью пути по локсодромии и ортодромии. Если промежуточные точки изначально не определены заданием, то маршрут дальнего полета должен прокладываться по ортодромии по утвержденным воздушным линиям. Поскольку такой маршрут имеет ряд изломов и не является прямой от пункта вылета до пункта посадки. Отрезки таких прямых выбирает с таким расчетом, чтобы в начале и в конце участка разность в путевых углах в начале и конце участка не превышала 2° .

При таком выборе длины линии, вдоль которой должен перемещаться самолет зачастую используют локсодромию, при условии, что направление будет выдерживаться либо по магнитному компасу, либо по ортодромии, либо с помощью специальных курсовых приборов. В этом случае маршрут по

локсодромии будет незначительно отклоняться от установленных норм. Наглядное сравнение локсодромии и ортодромии представлено на рисунке 1.

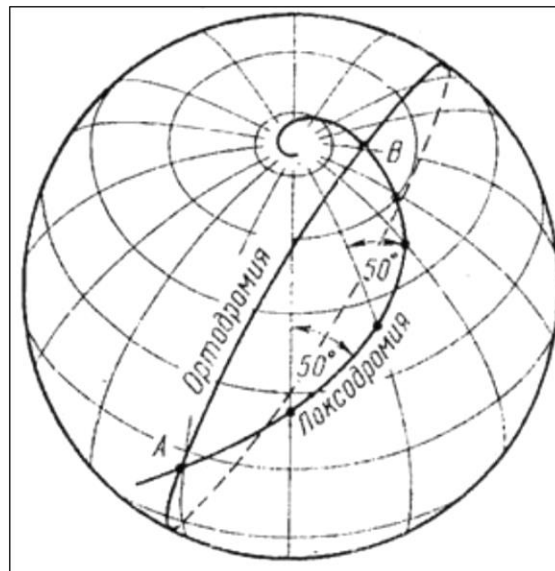


Рисунок 1 – Локсодромия и ортодромия на земной поверхности

Тем не менее, с изобретением компаса мореплаватели стремительно перешли на движение по линиям с постоянным углом к магнитному северу, что дало возможность продолжать движение даже в плохую погоду, но поскольку позже выявили влияния магнитного поля Земли, то вновь перешли на стандартные локсодромы.

Только с появлением приборов с необходимой вычислительной мощностью для нахождения исходного путевого угла начала активно применяться ортодромия. Из этого следует, что при выборе пути для более выгодного совершения маршрута необходимо руководствоваться не только картами, но и предварительными описаниями всех мест с разъяснением всех навигационных особенностей, где будет совершаться переход. Именно поэтому необходимо знать не только характеристики локсодромии и ортодромии, но и уметь их отличать, дабы в дальнейшем сделать верный выбор при выборе маршрута.

МАЯТНИК ФУКО КАК ДЕМОНСТРАЦИЯ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

Саевич Матвей Игоревич, Скурко Тимофей Олегович,

Лоза Максим Геннадьевич, студенты 2-го курса

кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Хотомцева М.А., старший преподаватель)

Маятник Фуко — маятник, используемый для экспериментальной демонстрации суточного вращения Земли. Жан Фуко в 1851 году продемонстрировал вращение Земли с помощью конструкции, сделанной из тяжелого железного шара, который прикреплен длинной проволокой к куполу Пантеона в Париже. Сила Кориолиса, вызванная вращением Земли, заставляет плоскость качания маятника Фуко вращаться с течением времени со скоростью, зависящей от широты, на которой находится маятник. В настоящее время в мире имеются действующие маятники Фуко, используемые в демонстрационных целях.

Один из самых крупных маятников на данный момент находится в Киевском политехническом институте. Открытие такой достопримечательности состоялось 24 февраля 2011 года. Длина нити составляет 22 метра, диаметр самого отвеса 28 сантиметров, весом целых 43 кг. Однако количество разнообразных моделей маятника Фуко растет. Так, в вестибюле помещения Генеральной Ассамблеи ООН демонстрируется маятник – подарок Нидерландов. В базилике Святого Петрония (Болонья, Италия), в планетарии города Солт Лейк Сити (штат Юта, США).

В Беларуси маятники Фуко установлен в мемориальной часовне на Буйничском поле в 1995 году, а также в виде застекленной пирамиды в фойе главного корпуса Белорусского государственного педагогического университета имени Максима Танка в 2002 году.

При движении маятника плоскость его колебания медленно поворачивается в сторону, противоположную направлению вращения земли. Это смещение можно объяснить действием силы Кориолиса.

Сила Кориолиса — одна из сил инерции, существующая в неинерциальной системе отсчёта из-за вращения и законов инерции, проявляющаяся при движении в направлении под углом к оси вращения. Названа в честь французского учёного Гаспара-Гюстава де Кориолиса, впервые описавшего её в статье, опубликованной в 1835 году. Однако существует мнение, что первым

математическое выражение для силы получил Пьер-Симон Лаплас в 1775 году, а эффект отклонения движущихся объектов во вращающихся системах отсчёта был описан Джованни Баттиста Риччоли и Франческо Мария Гримальди в 1651 году. Приведем некоторые примеры. Во время исследования глобальных процессов, происходящих с океанами и атмосферой, необходимо учитывать влияние этой силы.

При колебании маятника его плоскость медленно поворачивается в сторону, обратную стороне направления вращения земли. Этот эффект можно объяснить действие силы Кориолиса. Сила также зависит от положения маятника на земном шаре (уменьшается от полюса к экватору), а также, чем меньше широта, тем меньше скорость отклонения.

При математическом описании движения маятника Фуко мы рассмотрим случай, при котором маятник начал свое движение без начального ускорения.

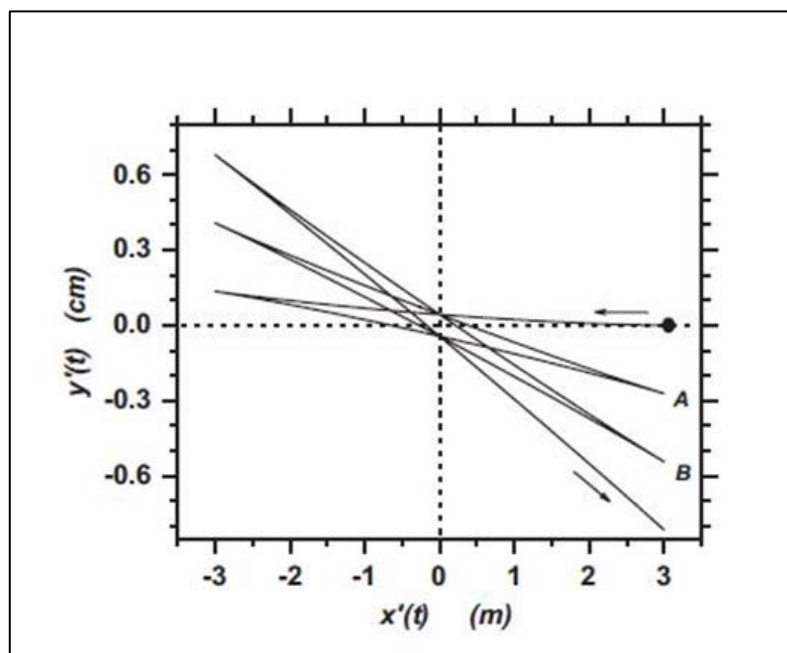


Рисунок 1 - Траектория движения маятника Фуко в системе отсчета Земли

На рисунке 1 показана траектория движения маятника Фуко в системе отсчета Земли, рассчитанная по $x'(t)$ и $y'(t)$ по уравнению (Рис.2).

$$x'(t) = \frac{1}{\alpha + \beta} [(\beta x_0 + v_{0y}) \cos \alpha t + (\alpha x_0 - v_{0y}) \cos \beta t]$$

$$y'(t) = \frac{1}{\alpha + \beta} [(\beta x_0 + v_{0y}) \sin \alpha t - (\alpha x_0 - v_{0y}) \sin \beta t]$$

Рисунок 2 – Уравнение для расчёта траектории движения маятника

В уравнении, изображенном на рисунке 2 примем $v_{0y} = 0$. Учтём, что масштаб оси $(x'(t))$ на рисунке указан в метрах, а масштаб оси $(y'(t))$ - в сантиметрах. Время колебаний на данном рисунке равно примерно трём периодам (50 с).

На рисунке 1 видно, что груз маятника движется по часовой стрелке, а в точках разворота маятник покоится, поэтому его траектория имеет форму звезды. Движение маятника Фуко, изображенное на рисунке 1, характерно для нулевой поперечной скорости в системе отсчета Земли. Движение начинается в отрицательном направлении оси x' , но немного смещается вправо из-за силы Кориолиса. При достижении точки возврата, где скорость уравнивается, маятник начинает движение назад, снова отклоняясь вправо. Также видно, что груз маятника не проходит через начало системы координат, являющееся центром сил.

Литература:

1. Kristopher T. Geodesics. Differential Geometry of Curves and Surfaces, Philadelphia, 2018. DOI 10.1007/978-3-319-39799-3

ПОВЕРХНОСТИ И ТЕЛА ВРАЩЕНИЯ В СИСТЕМЕ «WOLFRAM ALPHA»

*Мохань Дмитрий Михайлович, Нагель Николай Петрович,
Павлюковец Александр Евгеньевич, студенты 1-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Хотомцева М. А., старший преподаватель)*

В случае если Google – синоним поиска для всех людей, то Wolfram Alpha – синоним поиска для математиков, физиков, инженеров и прочих специалистов из подобных отраслей. Обработка естественного языка Wolfram Language, большой набор данных, динамические вычисления и визуальные отображения результатов поиска – благодаря этому работает сервис Wolfram Alpha.

Изучим применение этого приложения для построения и вычисления площадей поверхностей и объёмов тел вращения. С математической точки зрения поверхность вращения – это результат вращения вокруг оси какой-то кривой, лежащей на плоскости (ось должна находиться в той же плоскости). Тогда тело вращения – это результат вращения определенной двумерной области плоскости вокруг оси, лежащей в той же плоскости.

Рассмотрим пример построения поверхности вращения и тела вращения, выбрав подходящую «направляющую» кривую. (Рис. 1).

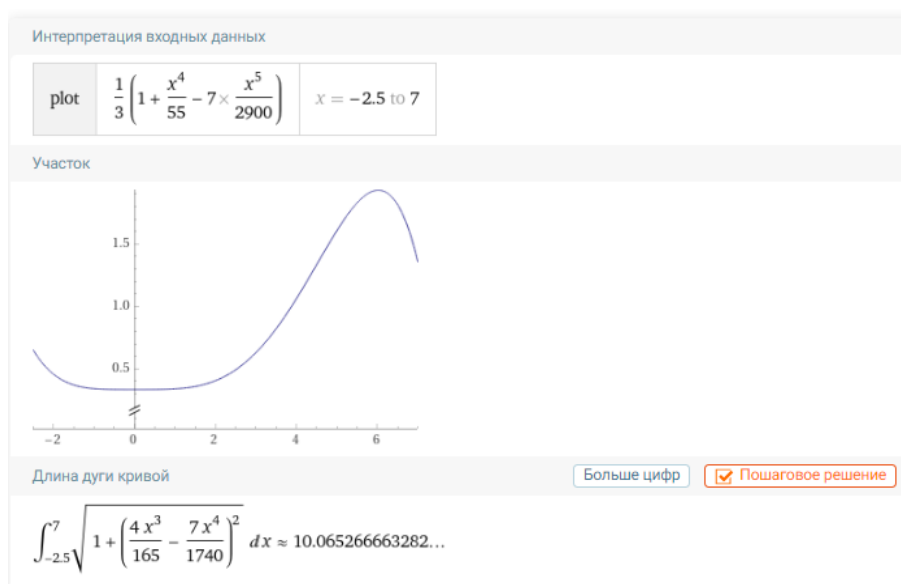


Рисунок 1 – График функции

Теперь нужно изменить «plot» на «revolve», и наша кривая, обернувшись вокруг оси, преобразуется в тело в трёхмерном пространстве. Wolfram| Alpha дает характеристику этому телу. (Рис.2).

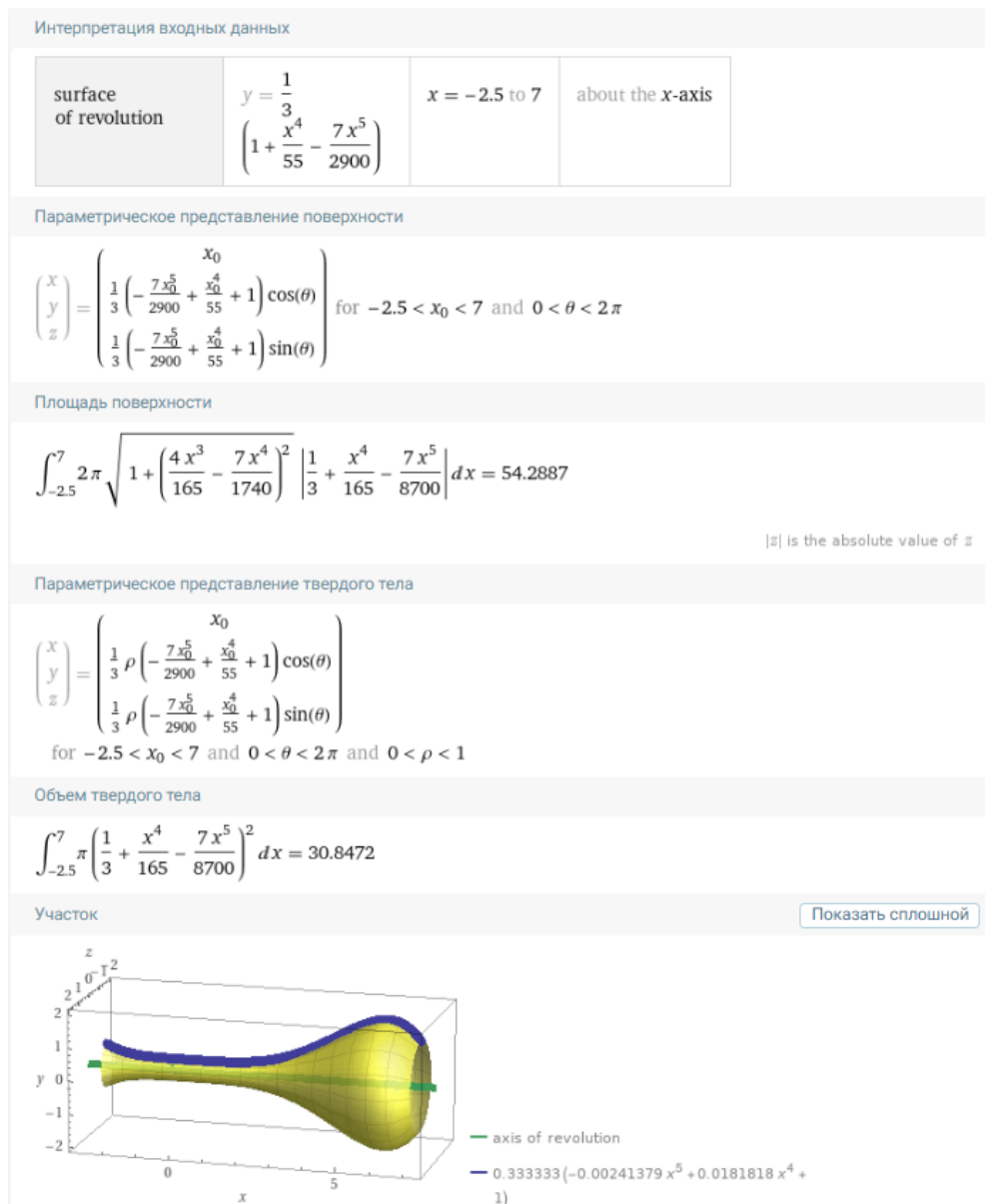


Рисунок 2 – Характеристики тела вращения

В дополнение к уравнениям, определяющим поверхность и тело вращения здесь, получаем «Объем тела вращения» и «Площадь поверхности». Объем составляет примерно 30, 84 единицы объёма, площадь поверхности составляет 54, единицы площади.

Таким образом, используя современные разработки, можно облегчить понимание и усвоение сложных разделов курса математики и использовать приобретённые знания на практике