

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

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

МАТЕРИАЛЫ

VII Международной студенческой конференции

Минск
БНТУ
2022

УДК 625.7/8:658.51(06)

ББК 39.311я43

Д69

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

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

Редакторы:

кандидат технических наук, доцент В.А. Гречухин;

доктор технических наук, профессор А.В. Вавилов;

кандидат технических наук, доцент И.Е. Рак;

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

старший преподаватель Е.П. Ходан;

старший преподаватель В.А. Ходяков;

старший преподаватель Л.В. Козловская;

старший преподаватель Н.В. Ковалёнок;

старший преподаватель А.Ю. Будо;

ассистент Е.И. Князева;

ассистент А.В. Конопацкий

Составитель:

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

В сборник включены тезисы докладов, представленных на VII Международной студенческой конференции «Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений», состоявшейся 5-6 декабря 2022 года в Белорусском национальном техническом университете.

© Белорусский национальный
технический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Секция 1 МОСТЫ И ТОННЕЛИ

<i>Паксютов Владимир Владимирович, Колмыкова Анастасия Николаевна</i> АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ВЕРШИНЕ ТРЕЩИНЫ	15
<i>Мысовских Даниил Александрович</i> «СОЛНЕЧНЫЕ» ДОРОГИ, КАК ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ	20
<i>Атрошенко Павел Алексеевич</i> ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ МАЛЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ	29
<i>Белобокий Андрей Евгеньевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО. НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ СТЕФАНА БАТОРИЯ И УЛИЦЫ КАРЛА МАРКСА	31
<i>Бородич Кирилл Дмитриевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВАРШАВА	34
<i>Бушило Максим Евгеньевич</i> ЧРЕЗВЫЧАЙНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ В МОСКОВСКОМ МЕТРО	40
<i>Буянов Тимофей Олегович</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИНЕЙНО-ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТА	42
<i>Буянов Тимофей Олегович</i> КОНСТРУКЦИЯ ПОДВЕСОК АРОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ЧЕРЕЗ Р. БЕРЕЗИНА НА КМ 28,248 АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ Р-63 БОРИСОВ-ВИЛЕЙКА-ОШМЯНЫ	44
<i>Васюкевич Никита Юрьевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВАРШАВА	48

<i>Воронюк Дмитрий Павлович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ МИНСК, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ПУШКИНА И УЛИЦЫ ТИМИЗЯРЕЗВА	54
<i>Римашевская Елизавета Михайловна, Гинько Максим Сергеевич</i> ГЛАВНАЯ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЬ ГОРОДА МОСТЫ, САМЫЙ ДЛИННЫЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В БЕЛАРУСИ	59
<i>Гомолко Андрей Феодосьевич</i> ПРЕИМУЩЕСТВА ЛИЗИНГА	61
<i>Гомолко Андрей Феодосьевич</i> РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПРОХОЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА.....	64
<i>Довыденко Даниил Андреевич</i> ОЛИМПИЙСКИЙ СТАДИОН В МЮНХЕНЕ	66
<i>Жданович Александр Александрович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО. НА ПРОСПЕКТЕ КЛЕЦКОГО, ОКОЛО ТЦ «TRINITY».....	68
<i>Жевлаков Артем Иванович</i> КРЫМСКИЙ МОСТ	71
<i>Ильинич Денис Янович</i> БАШНЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ В МАГДЕБУРГЕ.....	75
<i>Казак Владислав Олегович</i> МОНТАЖ ПИЛОНОВ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА SKY BRIDGE	79
<i>Казак Владислав Олегович</i> МОНТАЖ БАЛКИ ЖЕСТКОСТИ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА SKY BRIDGE.....	81
<i>Карнейко Антон Сергеевич</i> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ «ОТКРЫТОГО» ТИПА	83
<i>Карнейко Антон Сергеевич</i> КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА	85
<i>Киргизова Мария Владимировна</i> ОЦЕНКА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭСТАКАДНОГО СЪЕЗДА	89

<i>Комаров Никита Александрович</i> СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРВОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ АМУР «МОСТ БЛАГОВЕЩЕНСК – ХЭЙХЭ».....	94
<i>Котков Егор Михайлович</i> МОСТ АРОУСА 516	96
<i>Купраш Илья Сергеевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БАРАНОВИЧИ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ КОМСОМОЛЬСКАЯ И ПРИТЫЦКОГО.....	98
<i>Лавор Артём Андреевич</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ КАРЛА МАРКСА И СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ	101
<i>Лазовский Артем Дмитриевич</i> БЕЗБАЛЛАСТНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ	108
<i>Леган Александра Дмитриевна</i> ПАВИЛЬОН ЯПОНИИ, EXPO 2000	110
<i>Лисюк Павел Дмитриевич</i> СВАЯ В ТОННЕЛЕ МЕТРО	114
<i>Лисюк Павел Дмитриевич</i> ЯНСЫГАН.....	117
<i>Литвинюк Никита Дмитриевич</i> АКВАПАРК В НОВОСИБИРСКЕ. СТРОИТЕЛЬСТВО КУПОЛА.....	119
<i>Литвинюк Никита Дмитриевич</i> ВОЛГОГРАДСКИЙ МОСТ «ТАНЦУЮЩИЙ МОСТ»	122
<i>Миронович Артур Александрович</i> НАДЗЕМНЫЙ ПЕРЕХОД В ХИМКАХ	124
<i>Назин Данила Евгеньевич</i> ЗОЛОТОЙ МОСТ	126
<i>Осипов Андрей Сергеевич</i> САЛЕХАРД, РЕСТОРАН НАД МОСТОМ, ЯНАО.....	128
<i>Потопович Станислав Александрович</i> БУТРИНСКИЙ МОСТ	130

<i>Приборец Анастасия Евгеньевна</i> ГИБКИЙ БЕТОН.....	132
<i>Рудько Антон Васильевич</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ	134
<i>Скрипчук Владислав Иванович, Колбик Егор Сергеевич</i> АРКА БИТТЕРФИЛЬДА.....	136
<i>Сопчак Павел Андреевич</i> МОДУЛЬНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ	140
<i>Статкевич Даниил Андреевич</i> РУССКИЙ МОСТ ЧЕРЕЗ БОСФОР	142
<i>Станкевич Никита Александрович</i> МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО	144
<i>Ткачев Иван Андреевич</i> СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕНСКОГО МОСТА	148
<i>Тригубович Юлия Михайловна</i> THERMEN, BAD NEUENAUH	150
<i>Трофимук Никита Анатольевич</i> ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В РАЙОНЕ ПЛАТФОРМЫ «ЧЕРТАНОВО»	154
<i>Фомченко Дарья Дмитриевна</i> SOLEMAR, BAD DÜRRHEIM, ГЕРМАНИЯ	156
<i>Харужик Сергей Сергеевич</i> ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ НА ПРОЧНОСТЬ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ	159
<i>Цейко Михаил Геннадьевич</i> ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ ЩИТОМ «АЛЕСЯ».....	161
<i>Цейко Михаил Геннадьевич</i> ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА НА СТАНЦИИ МЕТРО	164
<i>Цейко Михаил Геннадьевич</i> ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ.....	168

<i>Чернухин Максим Сергеевич</i> СТРУННЫЕ ТЕНЗОМЕТРЫ	171
<i>Бердиёрова Чарос, Эшонхужаева Шахнозахон</i> АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РАЙОНЕ ГОРОДА УЗБЕКИСТАН КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ (САМАРКАНД).....	173
<i>Шевелёв Николай Леонидович</i> ЦИКЛОГРАММЫ В ТОННЕЛЕ- И МЕТРОСТРОЕНИИ	177
<i>Шевелёв Николай Леонидович</i> ТРИ ВИДА КОРРОЗИИ БЕТОНА	179
<i>Шевелёв Николай Леонидович</i> СТАНЦИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПЕРЕКРЁСТКЕ МОСКОВСКОГО И ЧЕРНЯХОВСКОГО ПРОСПЕКТОВ, Г. ВИТЕБСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ.....	182
<i>Шестак Дмитрий Андреевич</i> МОСТ ЧЕРЕЗ РЕКУ ПУР НА ЯМАЛЕ	185
<i>Щербо Алексей Денисович</i> ОБРУШЕНИЕ ПОДВЕСНОГО МОСТА В ИНДИИ	187
<i>Янковский Дмитрий Николаевич</i> ТЕРМАЛЬНЫЙ СПА-ЦЕНТР ТОСКАНАТЕРМ В БАД-ЗУЛЬЦЕ	189
<i>Абраменко Денис Анатольевич, Данчиков Александр Владимирович</i> РАЗНОВИДНОСТИ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ ДАМБ.....	192
<i>Скрипчук Владислав Иванович, Колбик Егор Сергеевич</i> ИСТОРИЯ РЕКИ БЕРЕЗИНА.....	195
<i>Щербо Алексей Денисович, Бушило Максим Евгеньевич</i> РАЗЛИЧИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ РЕК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	197
<i>Шарко Евгений Андреевич</i> ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ.....	201
<i>Казак Владислав Олегович</i> СИСТЕМЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ	206
<i>Отчик Станислав Александрович</i> ЮГОРСКИЙ ВАНТОВЫЙ МОСТ.....	208

Секция 2
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

<i>Волонцевич Диана Анатольевна</i> ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ.....	211
<i>Гатальская Анастасия Владимировна</i> ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕПОЛНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ.....	215
<i>Данчиков Александр Владимирович</i> СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ.....	218
<i>Домнич Виктория Леонидовна</i> ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНА В ВИДЕ СУХОЙ СМЕСИ КАЛЬМАТРОН-Д.....	221
<i>Комаров Никита Александрович, Толстикова Надежда Александровна</i> ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	223
<i>Комаров Никита Александрович</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «КРЕДО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕММАСС» В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ БНТУ.....	226
<i>Комаров Никита Александрович</i> ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИЛИАЛА КУП «МОГИЛЕВОБЛДОРСТРОЙ» - «МОГИЛЕВДОРПРОЕКТ».....	229
<i>Красовский Кирилл Сергеевич</i> ПЕРСПЕКТИВЫ БАЗАЛЬТОВОГО ЩЕБНЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	233
<i>Кудласевич Анжелика Владимировна</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ЗОНАХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ.....	236
<i>Лапно Андрей Игоревич</i> КРУПНЕЙШИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАЗВЯЗКИ МИРА.....	239
<i>Леган Александра Дмитриевна</i> КЛАССИФИКАЦИЯ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК.....	247
<i>Мельникова Анастасия Евгеньевна</i> МАТЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УГЛА ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ.....	251

<i>Морозов Константин Андреевич, Куколович Илья Владимирович</i> ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ	254
<i>Пташиц Егор Олегович</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ГРУНТА ДПГ – 1.2	257
<i>Серебренников Александр Алексеевич</i> ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ДСТ-5.....	260
<i>Сидорок Дарья Алексеевна</i> САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН.....	264
<i>Смычок Денис Александрович</i> УНИКАЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ МИРА	266
<i>Чиркун Юлия Анатольевна</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В САПР AUTOCAD CIVIL 3D	274

Секция 3 ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИИ

<i>Шаботько Светлана Игоревна, Падалец Артем Александрович</i> ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ПРИ АЭРОСЪЕМКЕ С БПЛА	278
<i>Пешевич Николай Дмитриевич</i> ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	280
<i>Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна</i> ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ СНИМКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С БПЛА.....	283
<i>Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна</i> ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА КАМЕРЫ БПЛА.....	286

Секция 4
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

<i>Строева Мария Алексеевна</i> ОБЗОР ВИДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСАХ	290
<i>Болтуцкий Владислав Витальевич</i> ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЗАЖИМНОЕ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ НОЖА.....	294
<i>Болтуцкий Владислав Витальевич</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РУБЕРОИДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА	297
<i>Дадацкий Анатолий Сергеевич</i> УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АСФАЛЬТА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РУБЕРОИДА	300
<i>Дадацкий Анатолий Сергеевич</i> ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА В КАЧЕСТВЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	304
<i>Игнатович Никита Сергеевич</i> ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ КАБИНЫ НА УЧАСТКЕ ПАССАЖИРСКОЙ ПОДВЕСНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ	308
<i>Игнатович Никита Сергеевич</i> АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ТЯГОВОЙ СИСТЕМЕ ПАССАЖИРСКОЙ ПОДВЕСНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ	314
<i>Ильютчик Дмитрий Николаевич</i> ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНА	324
<i>Ильютчик Дмитрий Николаевич</i> ПЛУЖНЫЙ СНЕГООЧИСТИТЕЛЬ.....	326
<i>Левкович Владислав Викторович</i> КОНТРОЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ.....	328
<i>Козловский Алексей Сергеевич</i> ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРОВ	330

<i>Конопацкий Артем Викторович</i> ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАНАТНО-БЛОЧНОЙ СИСТЕМЫ	333
<i>Поляков Никита Владимирович</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ	338
<i>Рудович Илья Валерьянович</i> ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЗАЖИМНОЕ ДЛЯ ЗАГОТОВОК	341
<i>Строк Владислав Дмитриевич</i> РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСИХ МАТЕРИАЛОВ.....	343
<i>Сушко Сергей Александрович</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРА	345
<i>Сушко Сергей Александрович</i> ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СКРЕПЕРОВ	347
<i>Сушко Сергей Александрович</i> ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА	350

Секция 5 МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

<i>Павлий Владислав Владимирович</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПО СТАНЦИИ.....	353
<i>Третьяков Дмитрий Вадимович, Чижменко Роман Игоревич, Паксютов Владимир Владимирович</i> РОБОТ ДЛЯ РЕМОНТА ТРЕЩИН В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ.....	354
<i>Анципарович Владислав Витальевич, Ахалли Илья Саидович</i> ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ В СЛУЧАЕ 5-ОЙ СТЕПЕНИ, ОПИСЫВАЮЩЕГО ЕЕ ПОЛИНОМА	358
<i>Бартошевич Анастасия Валерьевна, Семенович Ангелина Викторовна</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ЛАБИРИНТОВ В WOLFRAM MATHEMATICA.....	361

<i>Бобрович Алексей Олегович</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ.....	364
<i>Иванцевич Александра Олеговна, Буян Дарья Аркадьевна</i> НАХОЖДЕНИЕ ОБЪЕМА ЭЛЕМЕНТА МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ	367
<i>Быстримович Артём Дмитриевич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДЕЛОВ ФУНКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА	369
<i>Карпина Анастасия Игоревна</i> ПРОИЗВОДНАЯ В ЭКОНОМИКЕ	372
<i>Клебча Екатерина Юрьевна, Бебеза Елена Владимировна</i> ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЯ В РАЗНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ.....	374
<i>Ковалевский Олег Сергеевич, Василенко Павел Васильевич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА.....	377
<i>Лаппо Андрей Игоревич</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MSEXCEL ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»	379
<i>Ласкунов Станислав Сергеевич, Гарицуева Ульяна Сергеевна</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА	382
<i>Лобач Марьян Геннадьевич, Еска Алексей Андреевич</i> ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МАТЕМАТИКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ	385
<i>Муляров Елисей Владимирович</i> МАТЕМАТИКА И АРХИТЕКТУРА СУЩЕСТВЕННОЕ ДОПОЛНЕНИЕ ОДНА ДРУГОЙ.....	389
<i>Самотиевич Екатерина Сергеевна, Стеганцева Милана Ивановна</i> ПРИМЕНЕНИЕ «КОУЧИНГ»-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ	392
<i>Синяговский Алексей Павлович, Герасименко Павел Владимирович</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ РАБОТЫ КАРЬЕРА.....	395

Черняк Валерий Иванович

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ MS EXCEL ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ КРАМЕРА.....	397
--	-----

Секция 1

МОСТЫ И ТОННЕЛИ

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ В ВЕРШИНЕ ТРЕЩИНЫ

*Паксютов Владимир Владимирович, Колмыкова Анастасия Николаевна,
студенты 2-го курса факультета «Мосты и тоннели»
Сибирский государственный университет путей сообщения, г. Новосибирск
(Научный руководитель – Соловьев Л.Ю., канд. техн. наук, доцент)*

В ходе эксплуатации элемент металлоконструкции подвергается многократной периодически изменяющейся нагрузке, вследствие чего возникает явление усталостного разрушения. Данное явление выражается в образовании трещин на поверхности материала. Основной задачей контроля деформированного элемента является выявление устойчивости трещины, а вследствие определение ресурса элемента конструкции.

Целью данной работы является рассмотрение одного из методов контроля, основанного на анализе теплового излучения, выделяемого при деформациях в вершине трещины [1].

Начать стоит с определения условия, при котором трещина теряет устойчивость. Согласно предположению Ирвина, развитие трещины наблюдается при выполнении следующего неравенства [2]:

$$K \geq K_c$$

K – коэффициент интенсивности напряжения (КИН), K_c – критическое значение коэффициента интенсивности напряжения.

В общем случае КИН имеет вид: $K = f \cdot \sigma \cdot \sqrt{\pi l_t}$

l_t – эффективная полудлина трещины;

σ – напряжение;

f – некоторый поправочный коэффициент;

Из этого следует, что при достижении напряжения критического значения, т. е. $\sigma \geq \sigma_{кр}$, трещина теряет устойчивость.

Критическим напряжением будем считать значение напряжения, при котором в вершине трещины образуется пластическая зона. (Рисунок).

Образование пластической зоны обусловлено концентрацией напряжений на конце трещины, и перехода деформаций из зоны упругих в пластичные.

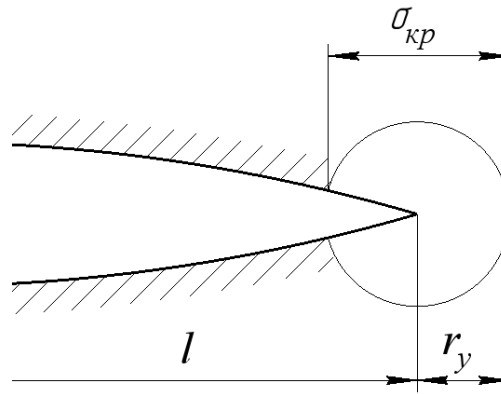


Рисунок 1 – Модель образования пластической зоны в вершине трещины

Из условия следует, что $\sigma_{кр} = \sigma_T$, где σ_T – предел текучести.

Помимо этого, важным эффектом является нагрев пластической зоны при приложении нагрузки, вследствие перехода механической энергии в тепловую [4].

То есть при пластических деформациях наблюдается эффект разогрев материала в вершине трещины.

Если циклические значения циклических напряжений малы, то деформацию в вершине трещины можно считать упругой, поэтому такое состояние можно считать равновесным.

Из теории термодинамических равновесных процессов следует, что в случае упругой деформации: при растяжении идет поглощение тепла, при сжатии – выделение, данное явление было назван термоупругим эффектом:

$$\Delta T = -\frac{\alpha}{\rho \cdot C_V} T \cdot J_1$$

ΔT – изменение температуры; α – коэффициент температурного расширения; ρ – плотность; C_V – удельная теплоемкость при постоянном объеме; T – абсолютная температура; J_1 – первый инвариант тензора напряжений

Вышеописанные явления лежат в основе метода анализа теплового излучения. Метод состоит в определении разности ΔT_i между температурным излучением на участке с трещиной и бездефектного участка, при циклическом нагружении образца.

Если при циклических нагрузках, одинаковой амплитуды, значение ΔT_i остается постоянным,

$$\Delta T_i = const.,$$

то деформация является упругой. В этом случае напряжение у вершины трещины меньше критического, т. е. $\sigma < \sigma_{кр}$. Следовательно, можно утверждать, что трещина находится в состоянии равновесия.

Если же:

$$\Delta T_{i-1} - \Delta T_i = -\delta T_i,$$

т. е. под воздействием циклической нагрузки происходит нагрев зоны в вершине и увеличение интенсивности инфракрасного излучения. Следовательно, в данной зоне значение напряжений стало больше критического, т. е. $\sigma \geq \sigma_{кр}$. В этом случае деформируемая зона является пластичной, а трещина теряет устойчивость.

Для частичного подтверждения метода был проведен эксперимент

В качестве экспериментального образца использовалась стальная пластина размерами 250×30×1 мм. с заранее выращенной трещиной 10 мм, для обеспечения управляемой деформации и локализации напряжений. **(Ошибка! Источник ссылки не найден.)**

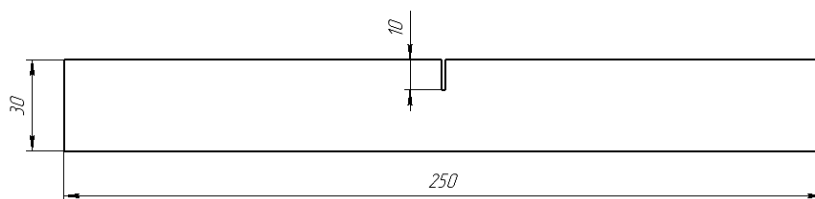


Рисунок 2 – Стальной образец

Помимо этого, для увеличения значения коэффициента спектрального излучения поверхность пластины была обработана абразивной бумагой крупной, а затем мелкой зернистости. Для исключения эффекта зеркала, поверхность рабочей зоны была покрыта графитовой, матовой смазкой.

Испытания проводились на электромеханической разрывной машине, под нагрузкой 1,5 т. и скоростью 5 мм/мин. Для регистрации инфракрасного излучения с поверхности образца использовался телевизор Fluke Ti400, с тепловой чувствительностью не менее 0,05°С. По итогу была получена термограмма растяжения стальной пластины. (Рис. 3).

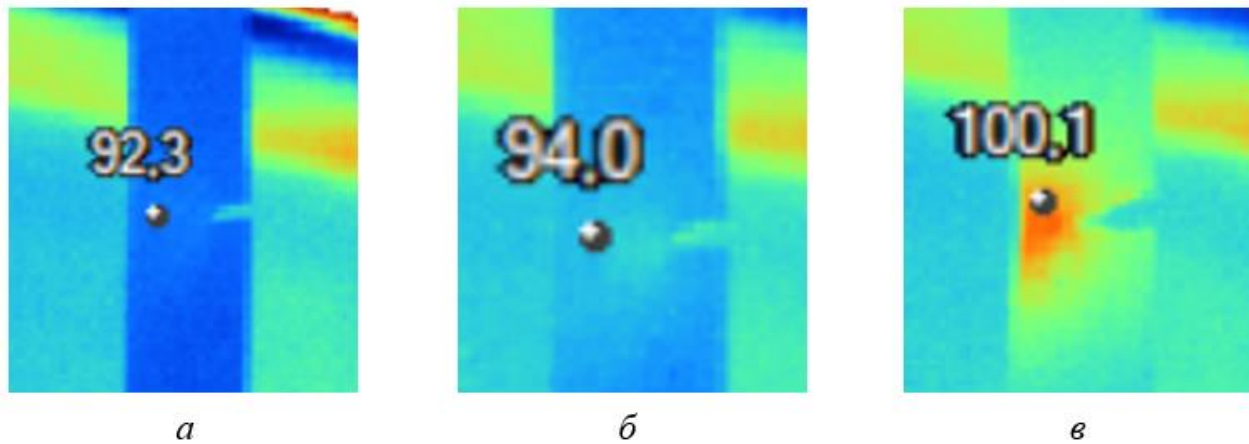


Рисунок 3 – Развитие температурного поля в вершине трещины

При постепенном увеличении нагрузки, напряжения превышают критические значения, что приводит к развитию пластической зоны в вершине трещины и потере её устойчивости.

Следствием развития пластической зоны является увеличение интенсивности инфракрасного излучения, что было зарегистрировано тепловизором.

На рисунке 3 показано постепенное развитие температурного поля в вершине, вследствие увеличения напряжения (значение температуры отображено в градусах Фаренгейта).

Данный эксперимент подтверждает теоретически ожидаемые результаты для случая напряжения превышающие критическое значение.

Метод анализа инфракрасных излучений, является прямым экспериментальным методом определения распределения температурных полей, позволяющий с высокой точностью определять положение вершин усталостных трещин.

Помимо этого, метод позволяет напрямую оценить устойчивость трещины к дальнейшему развитию. При этом метод, за счёт дистанционного диагностирования, является простым в реализации, что особенно эффективно в мостовых конструкциях.

Литература:

1. Вавилов В. П. Инфракрасная термография и тепловой контроль. М. : Спектр, 2009. 544 с.
2. Пестриков В.М., Морозов Е.М. Механика разрушения твердых тел: курс лекций – СПб.: Профессия, 2002. 320 с.
3. Thompson W. (Lord Kelvin). Trans. Roy. Soc. Edinburgh, 1853, vol. 20, pp. 261.

4. К. Б. Абрамова, А. Б. Пахомов, Б. П. Перегуд, Я. П. Щербаков Инфракрасное излучение, возникающие при деформации и разрушении металлов. Журн. техн. физики. 1988. Т. 58. №4. с. 817 – 821.
5. Глушков, С. П. Экспериментальная оценка долговечности сварных металлических пролетных строений мостов методом инфракрасной термографии / С. П. Глушков, Л. Ю. Соловьев, А. Л. Соловьев // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2(45). – С. 63-71.

«СОЛНЕЧНЫЕ» ДОРОГИ, КАК ВОЗМОЖНЫЙ СПОСОБ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ТРАНСПОРТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Мысовских Даниил Александрович, аспирант 2-го курса

кафедры «Транспортное строительство»

Саратовский государственный технический университет

имени Гагарина Ю.А., г. Саратов

(Научный руководитель – Овчинников И.Г., докт. техн. наук, профессор)

Введение

Проблемы, возникающие вследствие техногенного разрушения окружающей среды, на сегодняшний день достаточно многочисленны. Запасы не восполняемых источников энергии истощаются с большой скоростью. Темпы их потребления намного больше чем скорость восстановления. В целях предотвращения ресурсных, энергетических и экологических кризисов в ближайшем будущем необходимо рассматривать и разрабатывать большее количество возобновляемых источников энергии. Не восполняемыми источниками принято считать газ, торф, уголь и нефть. Добыча последних двух слишком негативно сказывается на окружающей среде по причине ее нагрева, что ведет к возникновению необратимых последствий для всей планеты.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) активно разрабатываются и применяются особенно в тех странах, где остро стоит вопрос с недостатком альтернативных источников. К ВИЭ принято относить солнце, ветер, реки, моря, подземные воды, продукты биомассы.

Активнее всего используются гидроэлектростанции, геотермальные источники и сжигание таких видов биомасс, как дрова и торф. Набирают обороты в распространении и применении ветрогенераторы, солнечные станции, гидроэлектростанции, работающие на энергии морских волн, течений, приливов и отливов. Современная мировая энергетика уделяет большое внимание развитию всех возможных альтернативных возобновляемых источников энергии и такая базовая для человека отрасль как строительство не является исключением.

Тем временем по всему миру энергосберегающие компании разрабатывают проекты, внедрение которых способствует поиску альтернативных способов получения энергии. Самый распространенный способ получения возобновляемых источников энергии – солнечные панели, которые

способны преобразовывать солнечную энергию в постоянный электрический ток. Производство подобных панелей достаточно распространено в наше время и используется в больших масштабах. Например, солнечные батареи встраиваются в портативную электронику, электромобили, используются в авиации, для энергообеспечения зданий или мобильных сооружений транспортной инфраструктуры. Если правильно внедрить солнечные панели в проекты транспортных сооружений, то можно добиться того, чтобы дорожная инфраструктура сама обеспечивала, как минимум, себя энергией, которая будет расходоваться, например, на освещение проезжей части и питание средств мониторинга. На сегодняшний день в мире разрабатывается множество проектов по разработке энергосберегающих покрытий на транспортных сооружениях.

Применение солнечных батарей в строительстве транспортных сооружений

Автомобильные дороги, парковки и другие транспортные сооружения занимают огромную территорию, по примерным подсчетам это 0,5% всей суши. По прогнозам к середине XXI эта цифра увеличится примерно на 60%. Дорожное покрытие постоянно модернизируют, но мало кто задумывается о том, как заставить его вырабатывать энергию, хотя бы на обеспечение транспортной инфраструктуры [1].

На сегодняшний день в мире разрабатывается множество проектов по созданию «солнечных» дорог.

Однако одной из главных проблем применения солнечных панелей в строительстве является отсутствие у них необходимой прочности. Но это не помешало реализовать данный проект в реальной жизни. Некоторые страны, такие как США, Китай и Нидерланды по-своему смогли применить эту задумку.

В 2014 году в Нидерландах впервые в мире появилась велосипедная дорожка (Рис. 1) из солнечных панелей длиной 70 метров. Построила ее голландская компания SolaRoad, а сумма инвестиций составила порядка 3 млн. евро. Дорожка состояла из солнечных панелей, которые были установлены на бетонную плиту. Бетон обеспечивал опору и несущую способность, солнечная панель вырабатывала электричество из солнечного света. Верхнее покрытие состояло из закаленного стекла толщиной 1 см. Стекло достаточно прочное и может выдерживать нагрузки, его поверхность имеет рельеф, благодаря которому оно было нескользким, но это делало его менее прозрачным. По результатам исследований данный вид дорожки мог вырабатывать энергии на 30% меньше аналогичного покрытия на крыше. Одной из причин этого был тот факт, что на крыше панель находилась под наклоном, тем самым поглощалось большее количество лучей. Модульность блоков позволяет довольно быстро

сооружать дорожки любой длины. Размер каждого модуля составляет $2,5 \times 3,5$ метров.

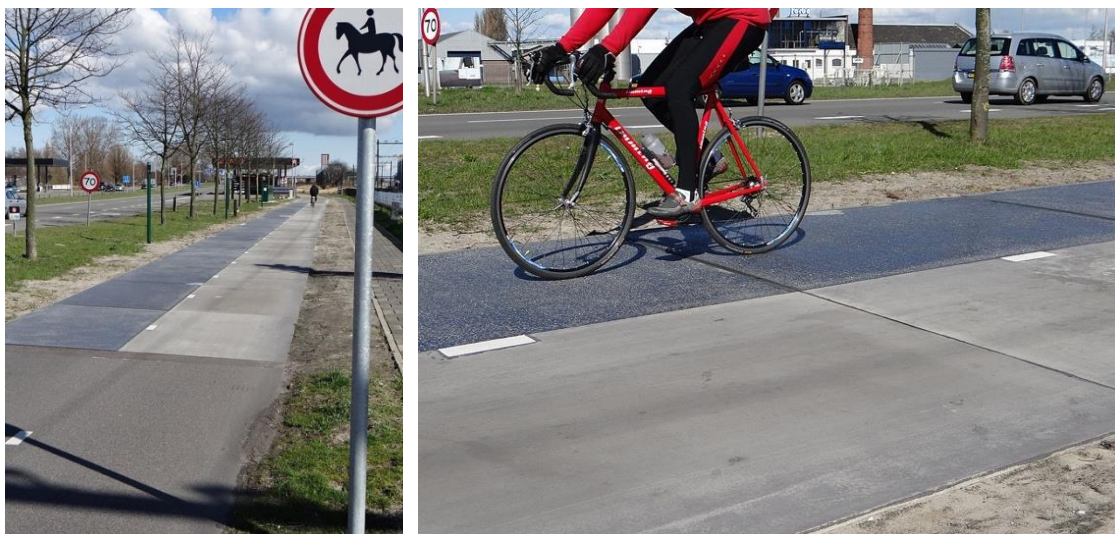


Рисунок 1 – Велосипедная дорожка с покрытием из солнечных панелей компании SolaRoad [2]

В первый год велодорожка произвела количество энергии, которого было бы достаточно для обеспечения электроэнергией среднего дома. В перспективе планировалось, что к 2016 году дорожку увеличат до 100 метров, но через 6 месяцев с начала эксплуатации большая часть элементов оказалась повреждена, а спустя год пришлось заменить верхнее покрытие. Осенью 2016 отремонтировали дорожку и добавили несколько новых элементов, тем самым увеличив общую длину до 83 метров. Но некоторая часть дорожки не пережила зиму и вышла из строя.

В 2019 году решили возобновить пилотный проект и установили такие велодорожки еще в двух городах Нидерландов, но через неделю и их убрали из-за разрушения верхнего слоя.

Пока в Нидерландах проводились испытания и исследования велодорожки, в 2016 году во Франции запланировали за год заложить около 1000 км дорог с солнечными панелями. Чуть позже был построен 1 километр дороги Wattway (Рис. 2) с одноименной технологией. Планировалось, что такой тип дороги станет революционным достижением в области энергетики и использовании возобновляемых источников энергии. К сожалению, расчеты инженеров не подтвердились, они не учли, что осенью будет листопад и часть дороги будет покрыта листьями. Несущая способность пластин этой дороги увеличена за счет нескольких прозрачных пластиковых верхних слоев, в сравнении с панелями, применяемыми на велодорожке. На сегодняшний день проект признан провальным и в ближайшем будущем планируют снести солнечные панели и заменить их асфальтобетоном [3].

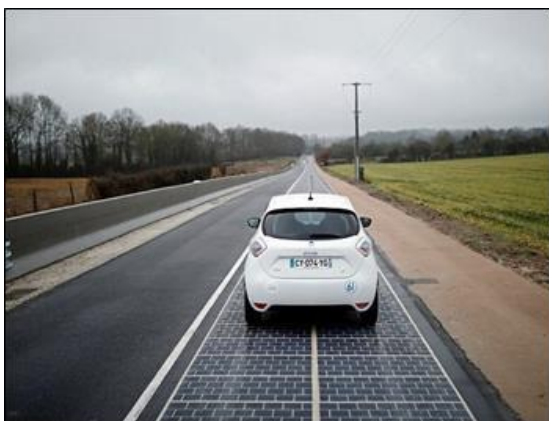


Рисунок 2 – Покрытие автомобильной дороги из фотоэлектрических панелей (Wattway, Франция) [4]

Наиболее успешный проект создала пара Джули и Скотт Брюсоу из США. Семья проживает в Южной части страны, что позволяет активно применять такой вид дорожного покрытия из-за большого количества солнечных дней в году. Solar Roadways – адаптированные солнечные панели, в которые встроен микропроцессор, который способен управлять охлаждающими и нагревательными элементами, светодиодами, а также взаимодействовать с другими объектами по беспроводной связи. Микропроцессор может контролировать встроенные датчики температуры и датчик освещенности. Он использует эту информацию, чтобы определить, когда включать нагревательные элементы и насколько ярко регулировать светодиоды.

Такое дорожное покрытие способно не только производить электроэнергию посредством солнечных лучей, но и заряжать электромобили. Также в такие панели встроены нагревательные элементы, которые способны плавить снег и лед, а значит дороги круглогодично могут оставаться сухими. В результате можно создать дорогу, которая не только способна выполнять функцию беспроводной зарядки, но и выполнять функцию освещения, то есть подсвечивать себя в тёмное время суток, демонстрировать разметку, предупреждать об опасностях с помощью изображений знаков дорожного движения (Рис. 3).



Рисунок 3 – Светодиодная подсветка на панелях Solar Roadways [5]

Панель, основой которой служит железобетонный каркас, представляет из себя многоугольник, похожий на пчелиные соты (Рис. 4). Вес панели около 30 кг, площадь 0,4 м², толщина 3,5 см. Слой покрытия уникален, он состоит из трех частей [1]:

- 1 слой – специальное сверхпрочное стекло;
- 2 слой – электрический, в нем расположены датчики, процессоры, нагревательные и охлаждающие элементы, подсветка;
- 3 слой – базовый, через который будет поступать электроэнергия. Утверждалось, что данный слой сможет служить проводником интернета.



Рисунок 4 – Укладка панелей Solar Roadways вручную [3]

Solar Roadways предусматривает различный эксплуатационный характер, который изменяется в зависимости от времени года. Например, в зимнее время панели приспособлены к оттаиванию снега (Рис. 5), что повлечет за собой отказ от различных реагентов на дорогах, что также будет экологичным решением. В демисезон нагревательные элементы способствуют быстрому высыханию дорог после дождей. Летом асфальтированные дороги достаточно сильно нагреваются и из-за этого появляется избыточная деформация покрытия под воздействием транспорта. Данный вид панелей это учитывает и в летнее время будут работать

охлаждающие элементы, что позволит увеличить продолжительность эксплуатации [5].

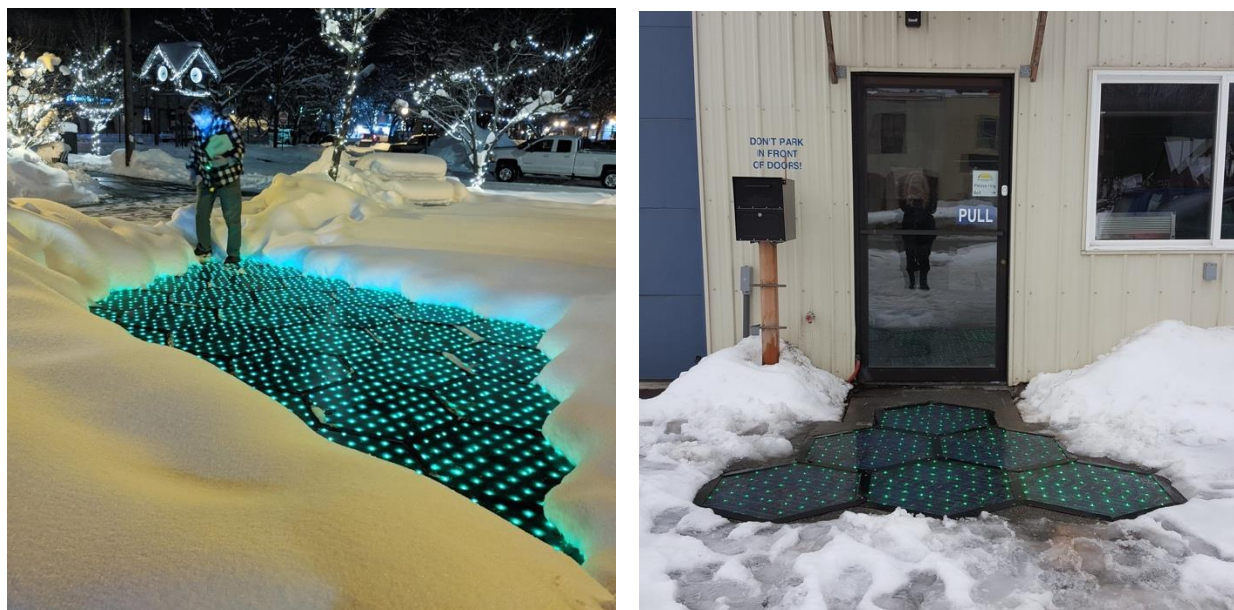


Рисунок 5 – Демонстрация элементов оттаивания в панелях Solar Roadways после снегопада [6]

Сегодня разработчики максимально модернизируют и оптимизируют данные панели Solar Roadways для того, чтобы начать массовое коммерческое производство. В Таблице 1 представлено сравнение асфальтобетонного типа покрытия дорог с покрытием из солнечных панелей [1].

Таблица 1 – Сравнение асфальтобетонного типа покрытия дорог с покрытием из солнечных панелей

Преимущества	Вариант покрытия	Дорожное покрытие из солнечных панелей	Асфальтобетонный тип дорожного покрытия
Возможность выработать электрическую энергию		+	-
Отсутствие деформации дорожного покрытия под действием разного температурного режима (как высокого, так и низкого)		+	-
Высокая экологичность		+	-
Экономичность в эксплуатации и ремонте		+	-
Возможность установки светодиодных фонарей для разметки и дорожных знаков		+	+
Энергетическая независимость		+	-
«Умное» покрытие		+	-
Эстетичность		+	-
Система контроля неисправностей		+	-

Иные способы внедрения возобновляемых источников энергии в транспортное строительство

Одной из интересных идей был проект светящейся дороги без фонарей (Рис. 6), что очень актуально для многочисленных километров трасс нашей страны. Суть заключалась в том, чтобы вдоль дороги залить небольшое углубление люминесцентным гелием, который заряжается днем, а светится ночью. Эта идея была воплощена на дороге длиной почти 5 километров [7].



Рисунок 6 – Дорога без фонарей [7]

На юге Нидерландов около города Эйндховен была создана велодорожка по мотивам картины Винсента Ван Гога «Звездная ночь» (Рис. 7). Дорожка в ночное время мерцает тысячи огней. Элементы также находятся на самообеспечении энергией, заряжаясь в дневное время [7].

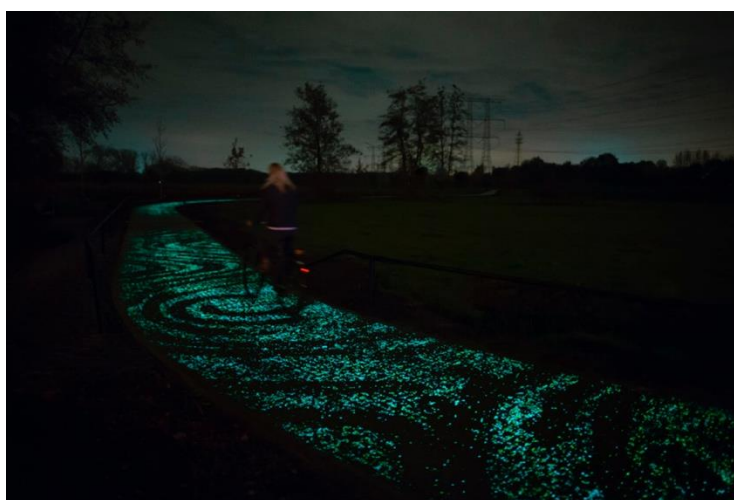


Рисунок 7 – Велодорожка Ван Гога в Нидерландах [8]

Разработка проектов объектов транспортного строительства с применением солнечных батарей началась более 10 лет назад, но по сей день мы

не видим массового внедрения подобных технологий при строительстве. Рассмотрим недостатки этих, казалось бы, технологичных и экологичных проектов.

Первый и самый главный недостаток в том, что все экологичное имеет высокую цену. Все представленные выше проекты создавались на гранты властей и стоили неопишуемых сумм, которые не каждое государство будет готово тратить на создание таких умных, пусть и экологичных технологий. Например, дорога Wattway по стоимости превысила покрытие из асфальтобетона в 360 раз.

Рассмотрим один из недостатков дороги Wattway, которая состояла из простых солнечных панелей. При эксплуатации дорожное полотно оказалось достаточно шумным, если скорость движения превышает 70 км/ч. Так же все дороги с применением солнечной энергии имеют проблему с тем, что если по дороге организован круглосуточный проезд автомобилей и большое скопление транспорта в часы пик, то происходит блокировка попадания солнечного света, отсюда напрашивается вывод в бесполезности такого покрытия.

Заключение

Государства, которые смотрят в будущее и планируют внедрять на своей территории большее количество возобновляемых источников энергии, уже заинтересованы в замене асфальтобетонного покрытия на солнечные панели. Ученые предполагают, что через 10-15 лет такой тип покрытия дорог и транспортных сооружений будет вполне конкурентоспособен в сравнении с обычным для нас сегодня асфальтобетоном.

Транспортные сооружения с солнечными панелями и возобновляемыми источниками энергии станут революционным достижением в строительной сфере. При этом, если применять совершенные технологии Solar Roadways, то дороги можно будет считать «умными». Ведь транспортные сооружения тогда смогут выполнять следующие функции:

- самообеспечивать себя и близлежащие здания/сооружения электроэнергией;
- самоочищаться от осадков круглогодично при помощи нагревательных/охлаждающих установок;
- возможность управлять светодиодной подсветкой, которая может отражать разметку, предупреждать об аварийных участках и необходимости снизить скорость.

Необходимости во всех вышеперечисленных функциях нет, но их внедрение в проектирование и строительство транспортных сооружений может сделать нашу жизнь и окружающую нас среду лучше.

Литература:

1. Головки С. В., Павленко В. А «Солнечная дорога» - дорога будущего // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2019. № 1(67). С. 37-43. DOI: 10.24143/1812-9498-2019-1-37-43.
2. https://en.wikipedia.org/wiki/Solar_Roadways
3. Панов В.В. Покрытие из солнечных панелей как альтернатива асфальтобетонного покрытия // Современные научные исследования и инновации. 2018. № 6 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2018/06/86674> (дата обращения: 25.11.2022)
4. <https://dzen.ru/media/id/5dfe6d6d5fd55f00ad227562/solnechnye-dorogi-vozmojno-li-ih-sozdanie-5f394124bf22683f1c279998>
5. <https://varlamov.ru/1093050.html>
6. <https://solarroadways.com>
7. <https://vc.ru/future/64358-solnechnye-batarei-plastik-i-nikakogo-shuma-kakimi-budut-dorogi-budushchego>
8. https://www.architime.ru/news/daan_roosegaarde/smart_highway.htm#2.jpeg

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ДЕФОРМАЦИОННЫХ ШВОВ МАЛЫХ АВТОДОРОЖНЫХ МОСТОВ

Атрошенко Павел Алексеевич, магистрант

кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Шевченко С. В., канд. техн. наук, доцент)

Деформационные швы – это свободное пространство, предусмотренное для перемещений конструкций сооружения от действия различных факторов, вызывающих как пространственные смещения и повороты конструкций, так и деформации их отдельных элементов.



Рисунок 1 – Деформационный шов типа Маурер

К сожалению природно-климатические (перепады температур, загрязненность окружающей среды, осадки), а также эксплуатационные (истирающие воздействия колес автотранспорта, многократные нагружения колесами, возможность попадания в конструкцию инородных материалов, наледи в зоне ДШ, загрязнение ДШ) факторы порой негативно влияют на исправность деформационных швов, что в последствии влечет за собой

значительные повреждения практически всех основных элементов мостового сооружения. Все это безусловно влияет на безопасность движения по мосту.

В этой статье я хотел бы предложить следующие пути решения для повышения надежности конструкций деформационных швов:

- Выполнять омоноличивание конструкций деформационных швов из фибробетона (мелкозернистый материал, одним из составляющих которого является армирующий наполнитель);

- Устройство желоба который позволит собирать и отводить воду из зоны деформационного шва, тем самым предотвращая воздействия на иные элементы мостового сооружения.

Литература:

1. Сайт kladembeton [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://kladembeton.ru/vidy/drugie/fibrobeton.html> .– Дата доступа: 04.12.2022.
2. Ефанов А. В. Деформационные швы автодорожных мостов: Учебное пособие –117с.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО. НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ СТЕФАНА БАТОРИЯ И УЛИЦЫ КАРЛА МАРКСА

*Белобокый Андрей Евгеньевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Основной задачей моего проекта была разгрузка автодорожного перекрёстка в городе Гродно. Местоположение: пересечение улицы Стефана Батория и улицы Карла Маркса(Рис. 1). Модель запроектирована в перспективе на 100-200 лет на случай, если население города превысит 1 миллиона человек. Проект предназначен для решения проблем с наземной транспортной нагрузкой с помощью подземного метрополитена.

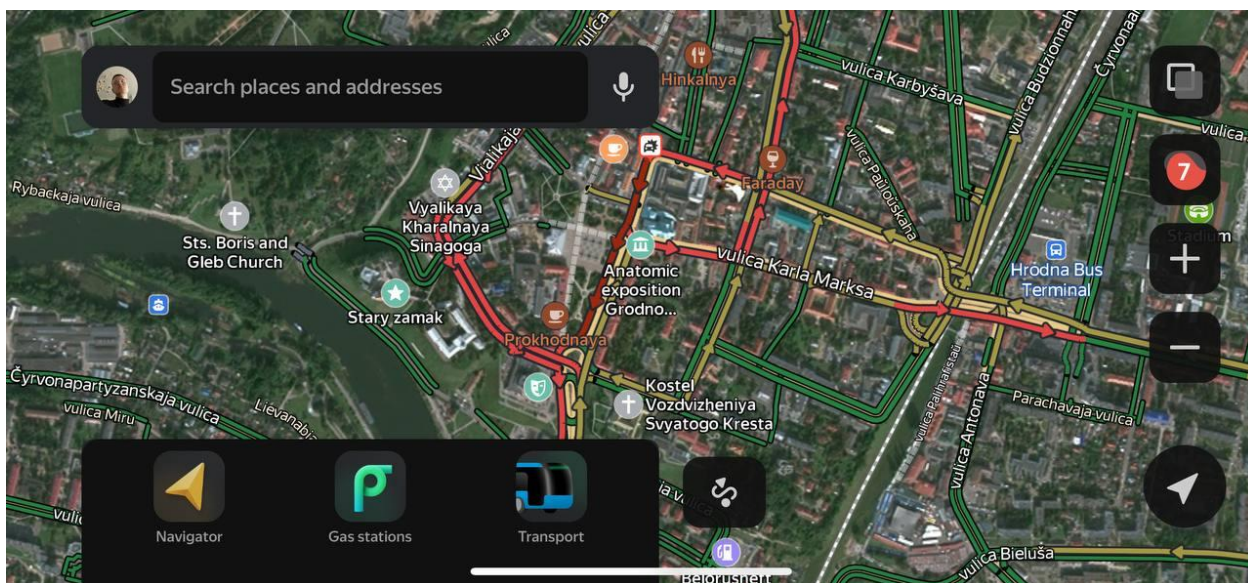


Рисунок 1 – Перекресток между улицы Стефана Батория и улицей Карла Маркса

Так же помимо станции будет сооружен торговый подземный комплекс 2-2.1). Торговый комплекс будет включать в себя различные арендные помещения, супермаркет, стоянку, что позволит сохранить не нарушать архитектурную застройку на поверхности земли.

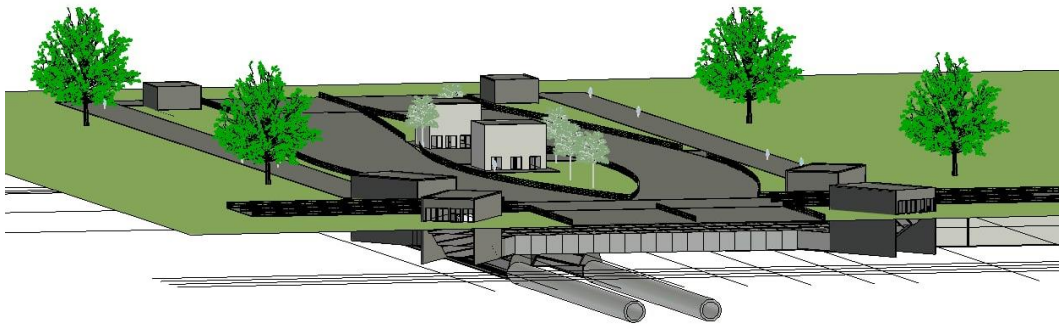


Рисунок 2 – 3D вид

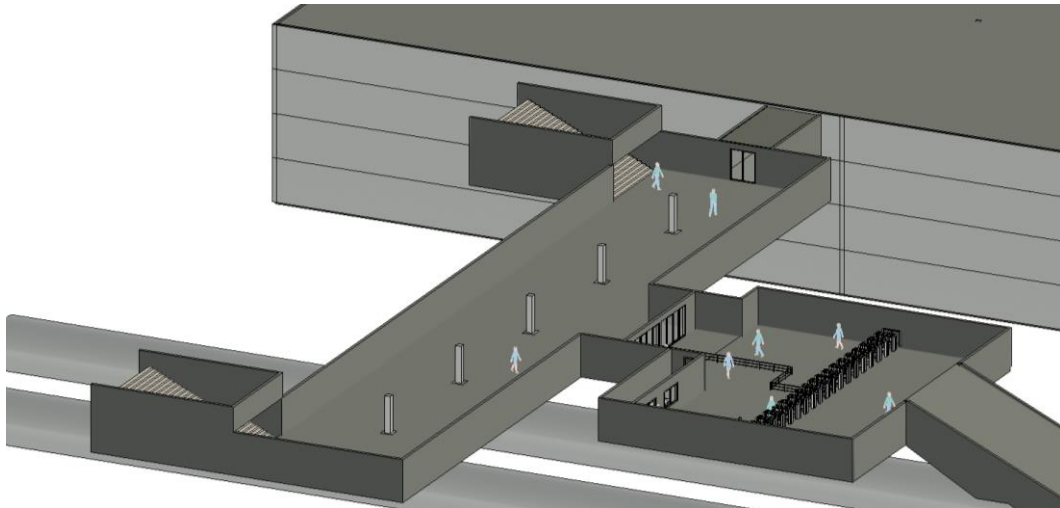


Рисунок 3 – Вход на станцию и в ТЦ

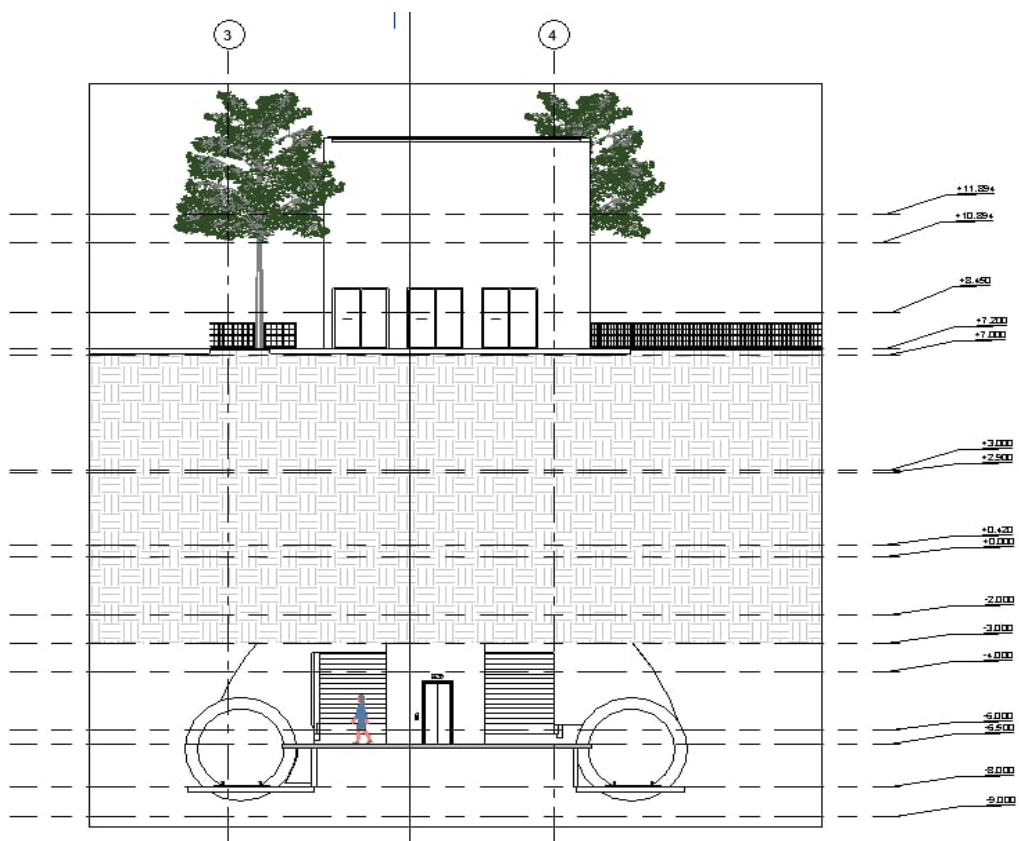


Рисунок 4 – Разрез 1-1



Рисунок 5 – Разрез 2-2

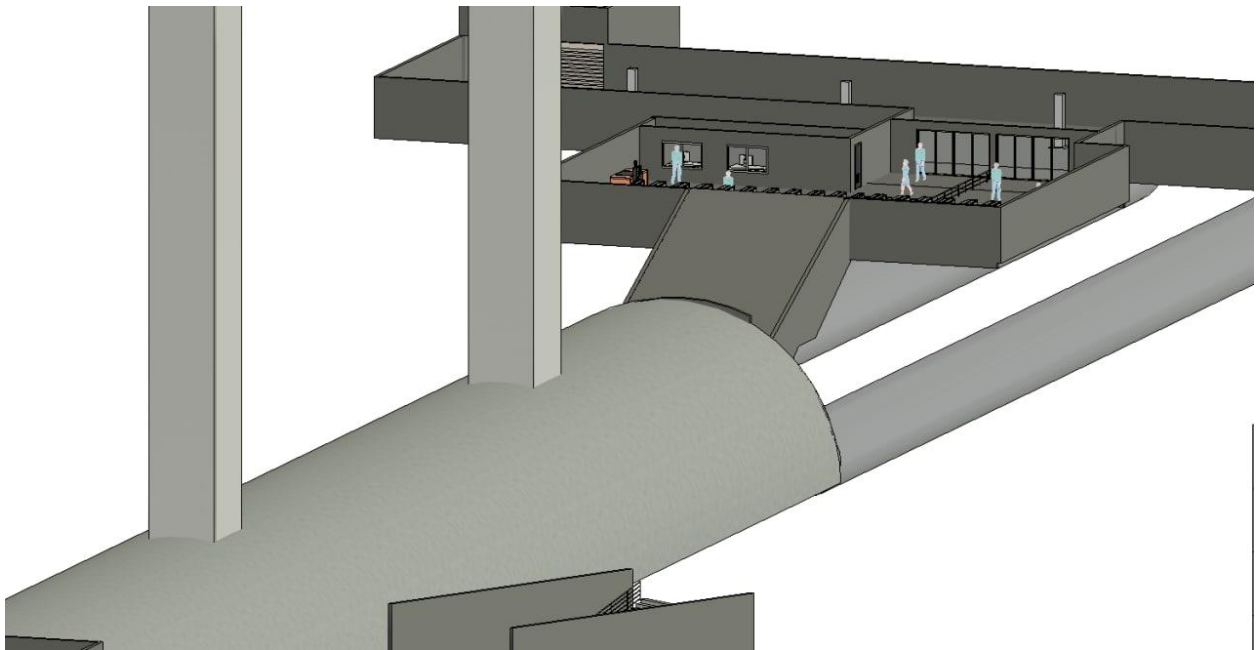


Рисунок 6 – Вид на станцию сверху

Данный проект разрабатывался с помощью современных технологий, а именно Revit 2023. Из-за расположения в центральной части города, данный комплекс будет пользоваться спросом среди жителей города.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВАРШАВА

*Бородич Кирилл Дмитриевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках курсового проекта была поставлена задача: запроектировать многофункциональный подземный комплекс, совмещенный со станцией метро. Для данного проекта был выбран город Минск с населением 1 975 000 человек, а именно: пересечение проспекта Победителей и улицы Тихой. (Рис. 1).

Для станции метрополитена спроектировано два входа и выхода, имеющих по четыре лестничных марша с разных сторон улиц. «Восточный» подземный переход устроен по Х-образной схеме, т.к. преобладают пешеходные потоки в диагональных направлениях. «Западный» подземный переход имеет прямой выход в многофункциональный комплекс. Таким образом, комплекс посетить смогут пассажиры метро, не выходя на поверхность.



Рисунок 1 – Точки строительства станции

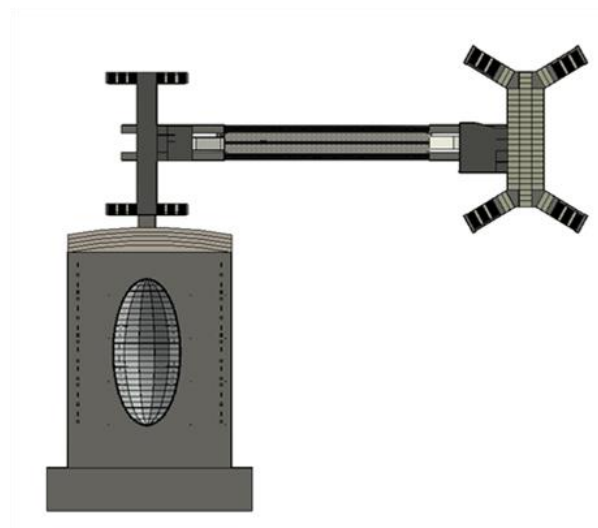


Рисунок 2 – Вид сверху

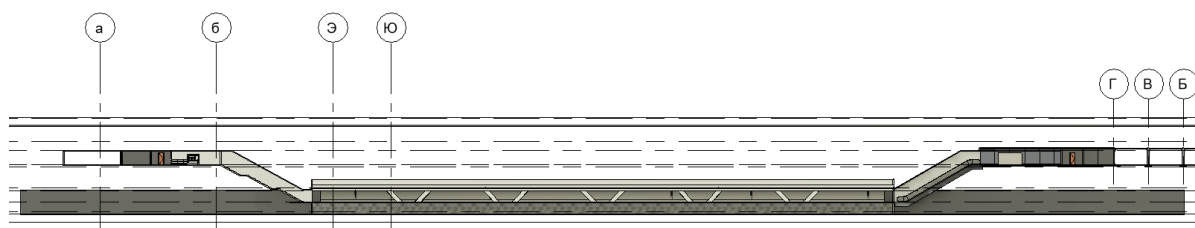


Рисунок 3 – Продольный разрез станции метро

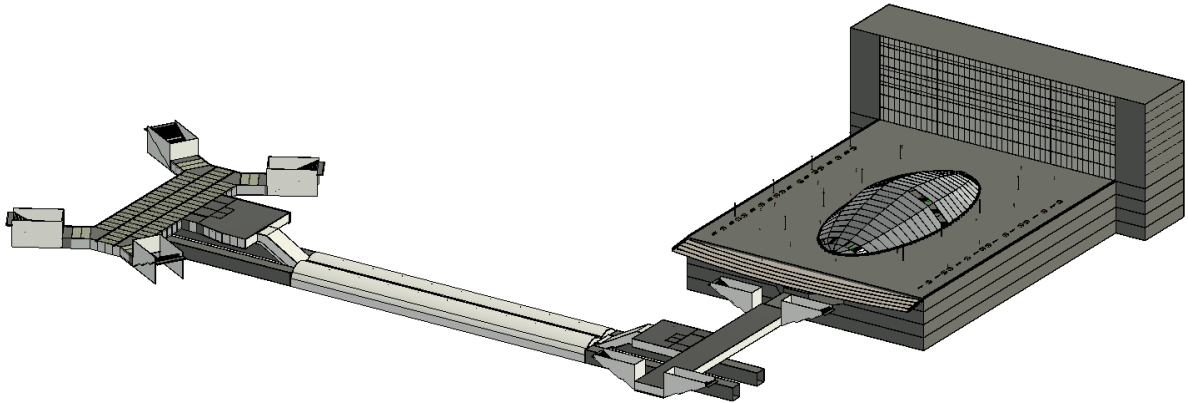


Рисунок 4 – Концептуальная модель станции метро и многофункционального комплекса

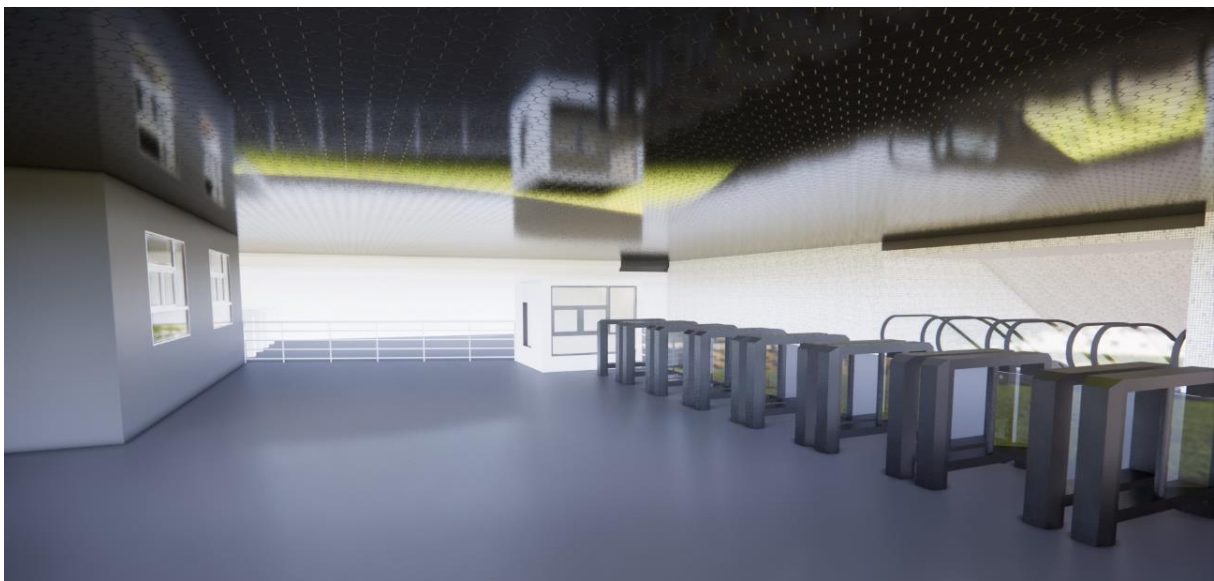


Рисунок 5 – Общий вид входа на станцию



Рисунок 6 – Общий вид станции

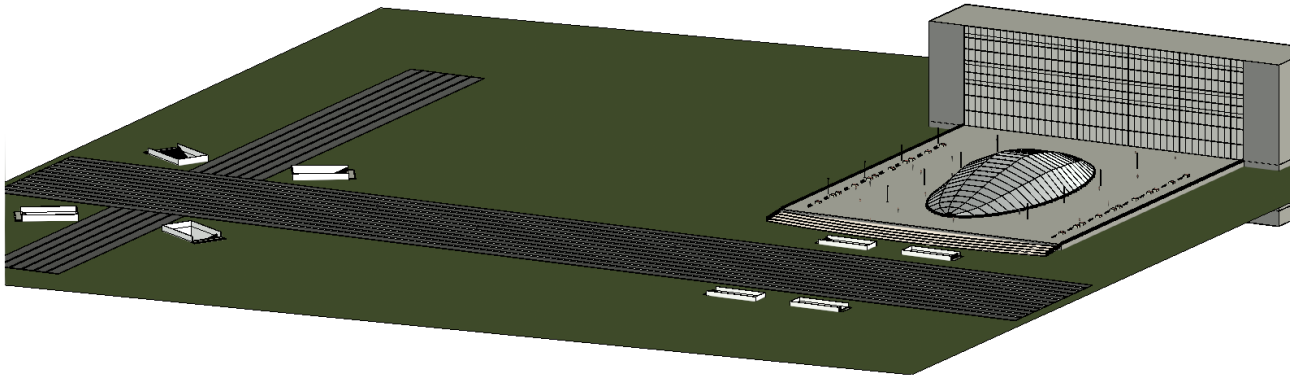


Рисунок 7 – Общий вид

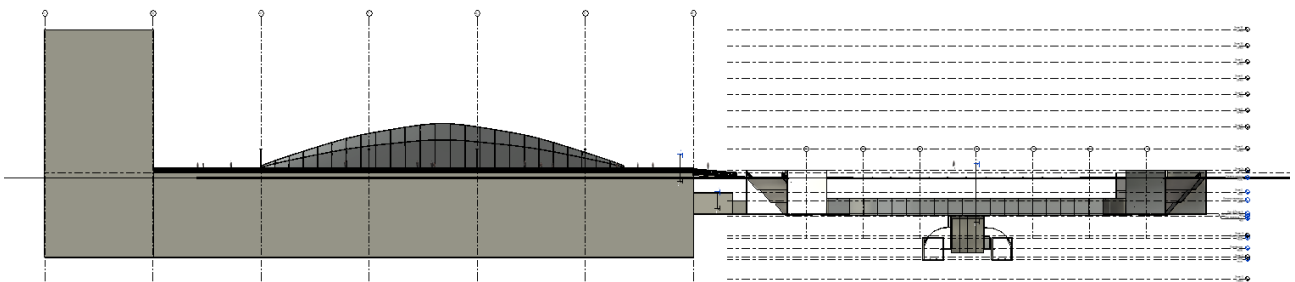


Рисунок 8 – Архитектурно-планировочное решение (фасад - южный)

Помимо станции метрополитена был запроектирован многофункциональный комплекс, имеющий 4 уровня ниже уровня земли и 8 – выше. В комплекс можно попасть как с поверхности земли, так и из подземного перехода, что удобно для пассажиров метрополитена.

Для визуализации отдельных объектов, а также возможности полного «пешего» осмотра проекта использовалась такая программа как Enscape.

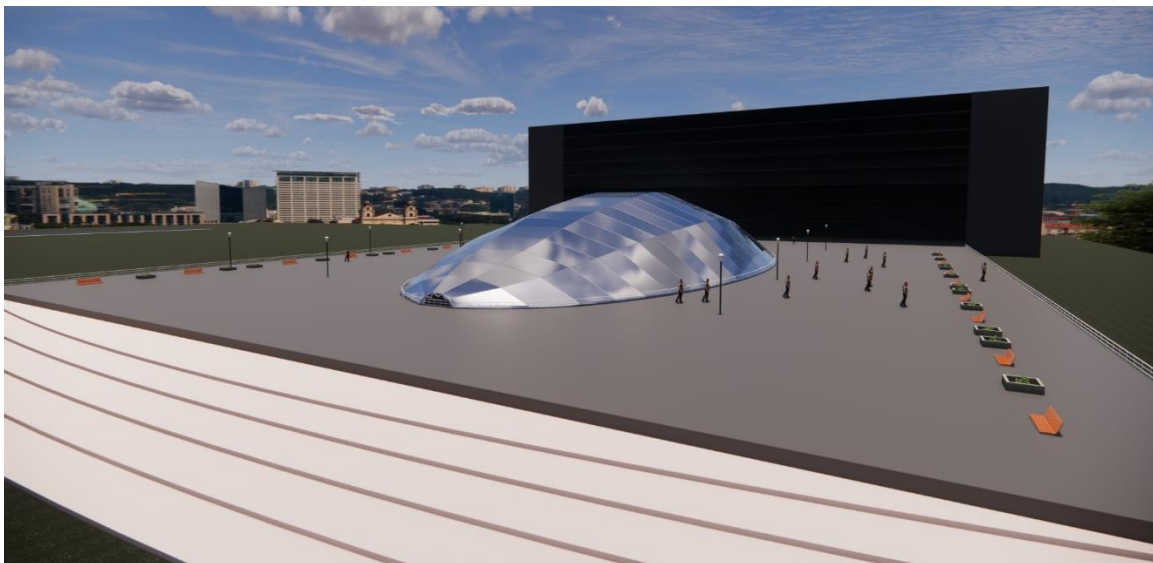


Рисунок 9 – Архитектурно-планировочное решение многофункционального комплекса

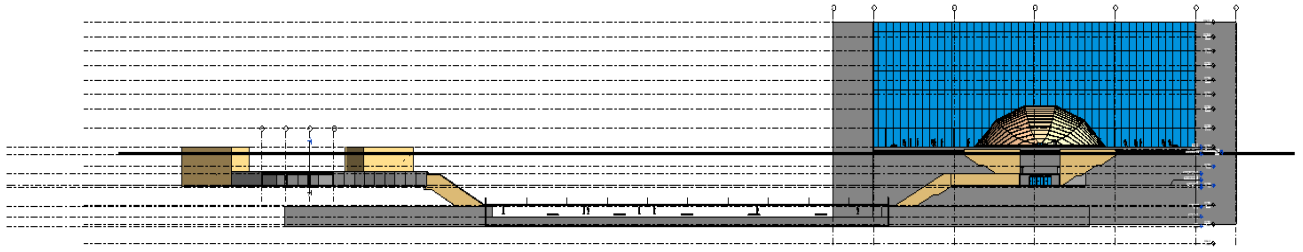


Рисунок 10 – Фасад восточный

При работе над данным проектом использовались такие программы как: Revit 2023, AutoCAD 2023, Sofistik.

Результаты расчета Sofistik

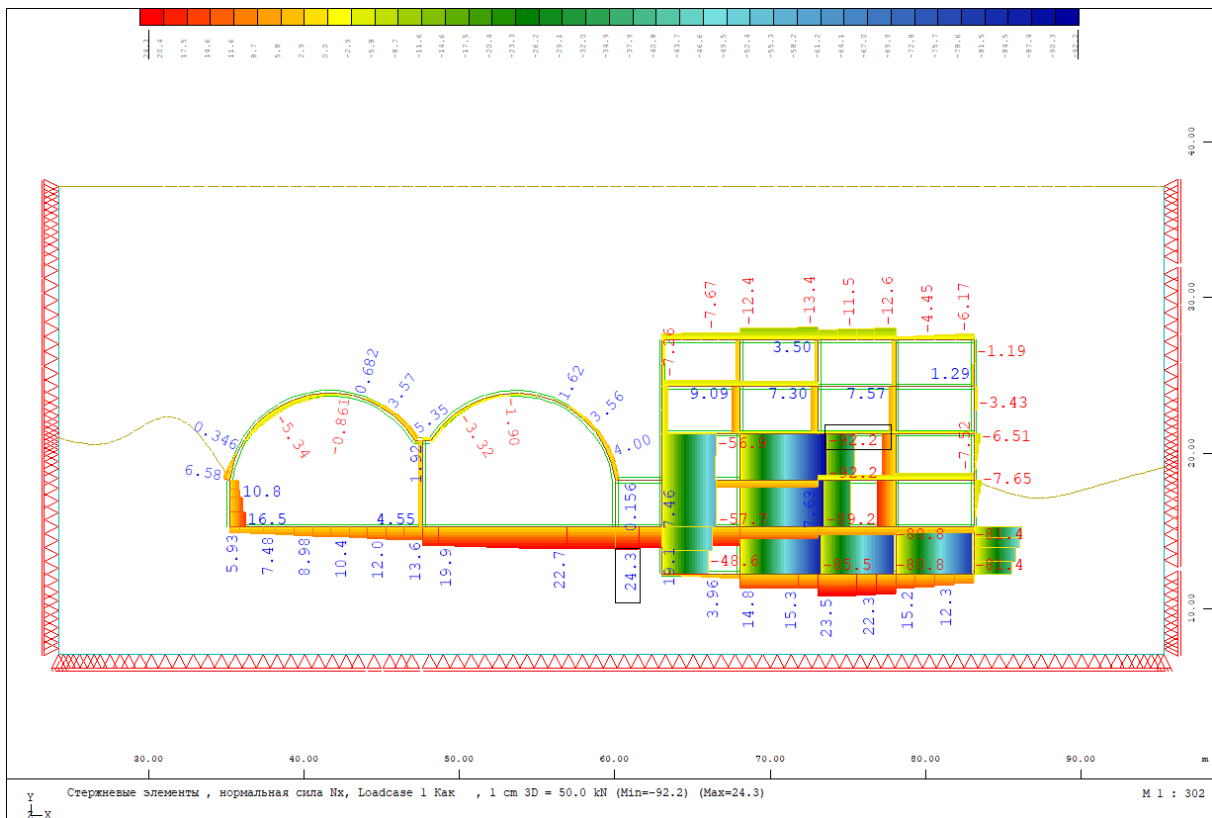


Рисунок 11 – Нормальная сила

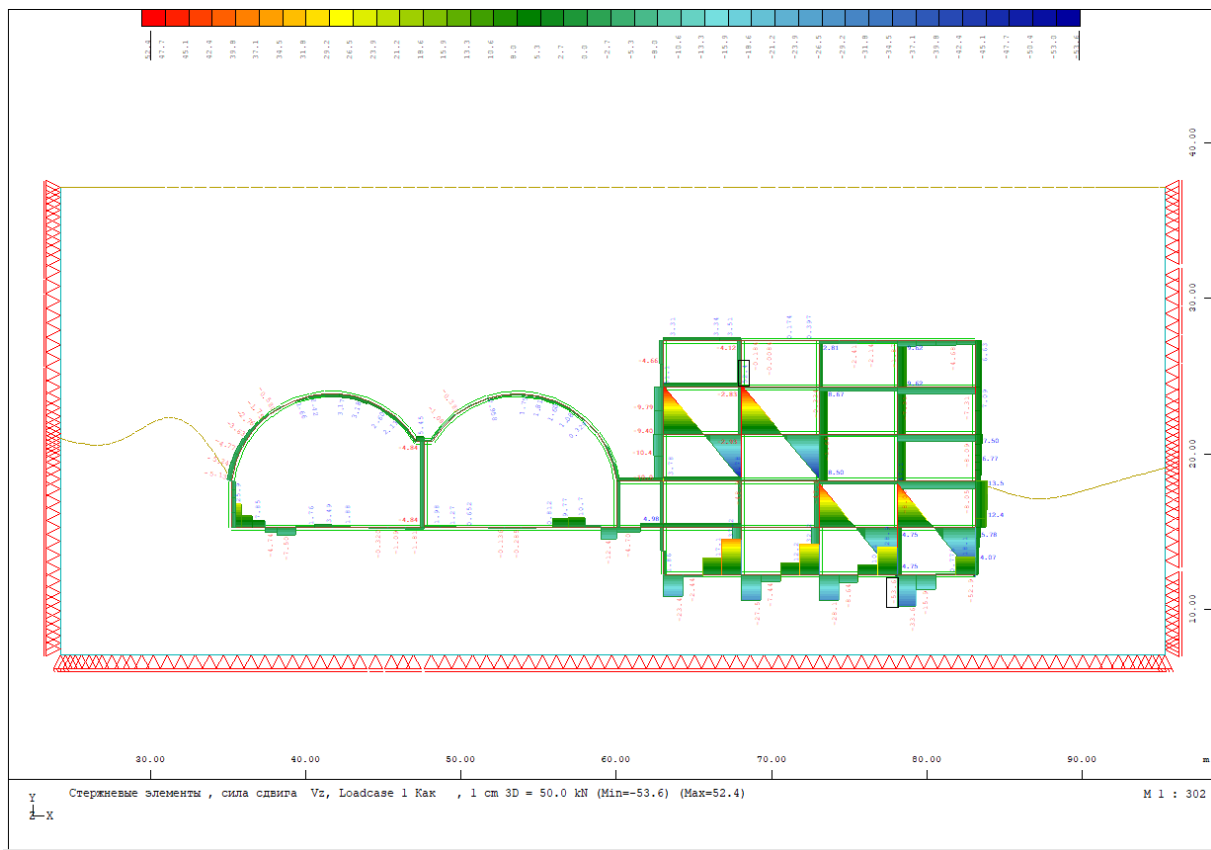


Рисунок 12 – Сдвигающая сила

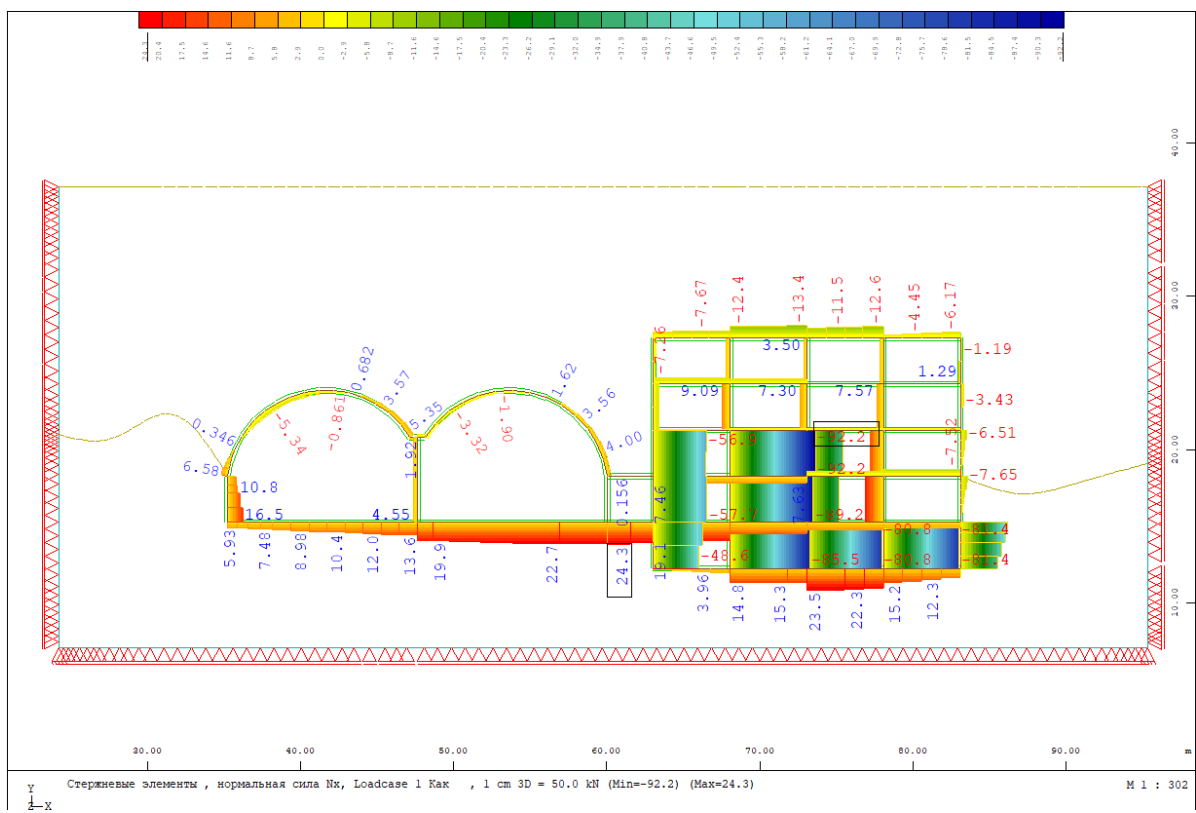


Рисунок 13 – Максимальный изгибающий момент Mx

ЧРЕЗВЫЧАЙНОЕ ПРОИСШЕСТВИЕ В МОСКОВСКОМ МЕТРО

*Бушило Максим Евгеньевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В Российской Федерации, в городе Москва, 22 января 2014 года, произошло чрезвычайное происшествие в метро (Рис. 1). Это случилось между станциями "Автозаводская" и "Коломенская" Замоскворецкой линии метрополитена, тоннель был пробит строительной сваей на глубину около 2 метров. В результате происшествия никто не пострадал.

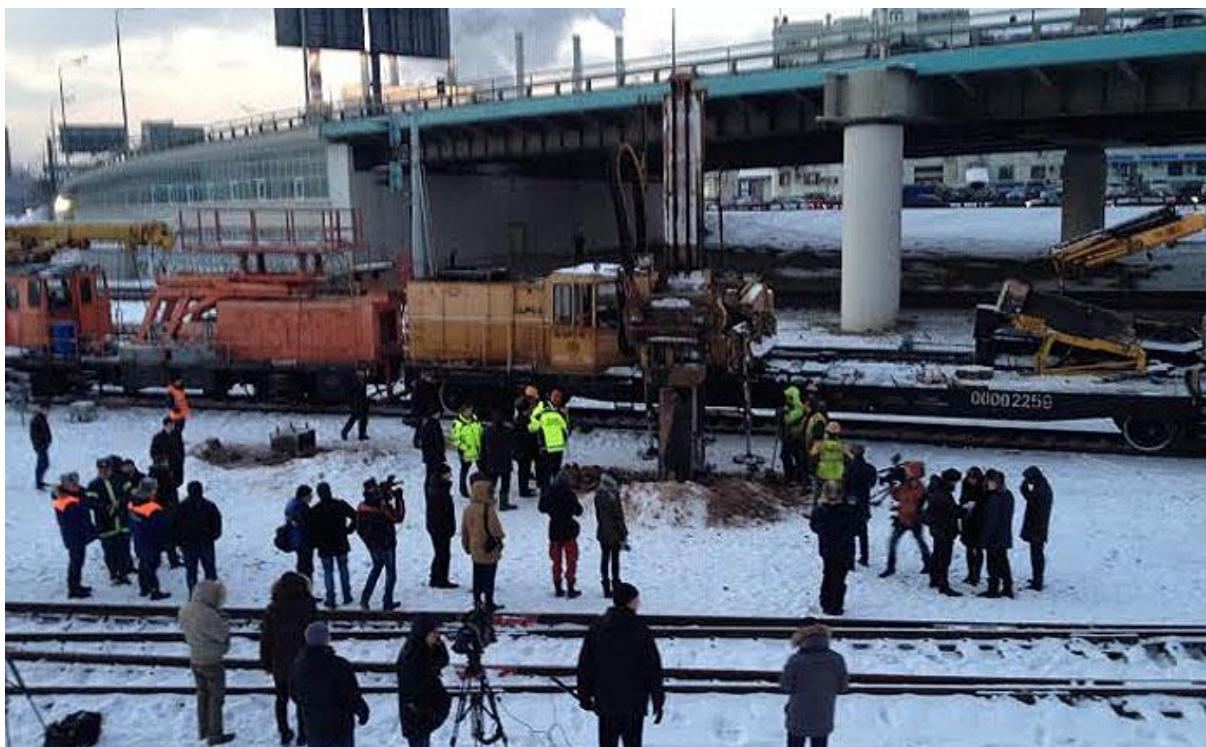


Рисунок 1 – место происшествия

Причина происшествия:

Были допущены грубейшие ошибки в строительстве, а именно проводилось несанкционированное строительство «легких конструкций». По заказу РЖД строительная организация возводила опоры под контактную сеть на станции "Кожухово".

Восстановительные работы:

Изначально, на месте происшествия временно установили стальную пластину, далее они произвели наружные работы, изъяли и раскрыли грунт. Тоннельную отделку снаружи после этого залили цементом и восстановили гидроизоляцию. РЖД взял на себя наземный ремонт. Вследствие инцидента метрополитен в тот день потерял около 150 тысяч пассажиров.

Заключение:

Принимая во внимание данный инцидент и предшествующие подобные ему, вызванные несанкционированными работами и халатностью со стороны подрядчиков, осуществляющих их, следует принять меры по ужесточению регламента проведения всех работ, имеющих отношение к системе метрополитена. Рациональным было бы передать администрации города полномочия по управлению вопросами, касающихся всех работ в зоне залегания метро, ведь бесперебойная и безопасная работа метрополитена – необходимость для стройного функционирования всего города.

Литература:

1. Последствия ЧП в метро ликвидируют и под землей, и снаружи [Электронный ресурс] / smotrim.ru. – Москва, 2014. – Режим доступа : <https://smotrim.ru/article/1803214>. – Дата доступа : 04.12.2022.
2. Свая пробила тоннель метро между "Автозаводской" и "Коломенской" [Электронный ресурс] / interfax.ru. – Москва, 2014. – Режим доступа : <https://www.interfax.ru/moscow/353178>. – Дата доступа : 04.12.2022.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛИНЕЙНО-ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ГРАФИКА ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТА

*Буянов Тимофей Олегович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

График производства работ в строительстве представляет собой документ, в котором определяется порядок и продолжительность проведения работ с наиболее допустимым их совмещением, а также учитывается потребность в трудовых ресурсах (количественный, профессиональный, квалификационный состав), машинах, а также средствах механизации.

Линейно-горизонтальный график отражает в себе сроки и последовательность выполнения работ с течением времени.

Первая часть графика включает в себя перечисление работ и их нормативы затрат труда, а также продолжительность труда.

По горизонтали указываются сверху календарные, и под ними также порядковые номера дней, которые охватывают всю продолжительность производства работ.

Сетка графика служит для обозначения горизонтальной линией начала и окончания соответствующего вида работ.

Внизу подсчитывается количество рабочих, задействованных в каждый из рабочих дней.

Оптимизация графика осуществляется за счет увеличения количества рабочей силы и параллельного производства работ.

КОНСТРУКЦИЯ ПОДВЕСОК АРОЧНОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ МОСТА ЧЕРЕЗ Р. БЕРЕЗИНА НА КМ 28,248 АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ Р-63 БОРИСОВ-ВИЛЕЙКА-ОШМЯНЫ

*Буянов Тимофей Олегович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мойсейчик Е. А., докт. техн. наук, профессор)*

Мостовое сооружение расположено на дороге III технической категории в Борисовском районе Минской области и представляет из себя большой пятипролетный мост с русловым арочным сталежелезобетонным пролетным строением длиной 45,8 м индивидуальной проектировки. пойменная часть моста выполнена в виде температурно-неразрезного пролетного строения из железобетонных балок длиной 33 м и разрезного длиной 21 м с напрягаемой арматурой на железобетонных опорах по свайному основанию. Формула сооружения – $3 \times 33,0 + 45,8 + 21$ м. Габарит Г-10 + 2 х 0,75.

Русловая часть моста перекрыта арочным пролетным строением, которое представляет собой безраспорную комбинированную систему с ездой понизу. Распор арки воспринимается жесткой затяжкой. Арка поддерживает проезжую часть системой гибких подвесок (вант).



Рисунок 1 – Система подвесок (вант) арочного пролетного строения

Подвески выполнены в виде вант компании TENSA, которая начала разрабатывать свою индивидуальную технологию для строительства вантовых мостов еще в восьмидесятых годах двадцатого века. Данная технология разработана и протестирована таким образом, чтобы гарантировать оптимальный уровень производительности, соответствующий самым строгим требованиям рынка строительства. Ключевые преимущества заключаются в следующем: повышенная защита от коррозии как в зоне крепления, так и по всей длине стоек; устойчивость к продольным и поперечным, усталостным нагрузкам; простое обслуживание и замена, эффективность и удобство проведения монтажных работ.

Для применена TSRF-конструкция вант, снабженная вилочно-штифтовым соединением, которое соединяется с зажимной пластиной на арочном своде. Ее применение обуславливается ограниченным количеством места в зоне соединения вант и самого пролетного строения моста.



Рисунок 2 – Конструкция кабеля

Сами кабели представляют из себя стальные жилы из семи проволок диаметром 15,7 мм (поперечное сечение 150 мм²) с пределом прочности при растяжении 1.860 МПа.



Рисунок 3 – Процесс вставки кабелей в отверстия анкерной муфты



Рисунок 4 – Зацангивание кабелей в отверстиях анкерных муфт

Защита от коррозии обеспечена за счет использования оцинкованной проволоки, а также тонкого слоя ингибитора коррозии (воска или смазки).



Рисунок 5 – Монтаж собранной конструкции

Пучок кабелей по всей длине проходит по трубе из полиэтилена высокой плотности, что обеспечивает дополнительную защиту от внешних воздействий, в том числе и от ультрафиолетовых лучей.

Отдельные технологические этапы изготовления кабелей и их монтаж в комбинированную конструкцию представлены на рисунках 3 – 5.

Литература:

1. «Мост через р. Березина на км 28,248 автомобильной дороги Р-63 Борисов-Вилейка-Ошмяны» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belgiprodor.by/most-cherez-r-berezina-na-km-28248-avtomobilnoj-dorogi-r-63-borisov-vilejka-oshmyany/>. – Дата доступа 16.10.2022.
2. «Technologies stay cables» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tensorussia.com/technologies/stay-cables>. – Дата доступа 16.10.2022.

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ВАРШАВА

*Васюкевич Никита Юрьевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках курсового проекта была поставлена задача: запроектировать многофункциональный подземный комплекс, совмещенный со станцией метро. Для данного проекта был выбран город Минск с населением 1 975 000 человека, а именно: Улица Нарочанская. (Рис. 1).

Для станции метрополитена спроектировано два входа и выхода, имеющих по четыре лестничных марша с разных сторон улиц. «Восточный» и «Западный» подземный переходы устроены по Н-образной схеме. «Западный» подземный переход имеет прямой выход в многофункциональный комплекс, с его помощью можно не выходя на поверхность добраться до подземного комплекса.

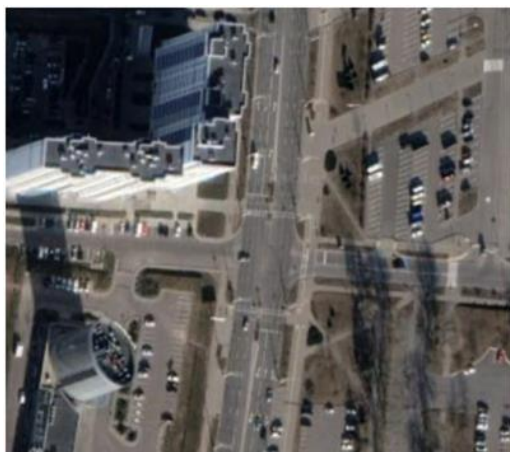


Рисунок 1 – Точки строительства станции

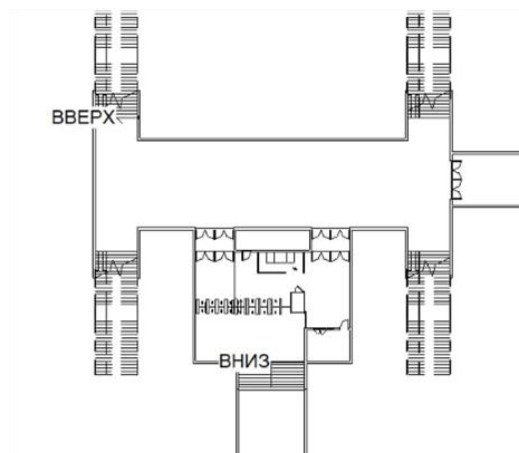


Рисунок 2 – Вид сверху

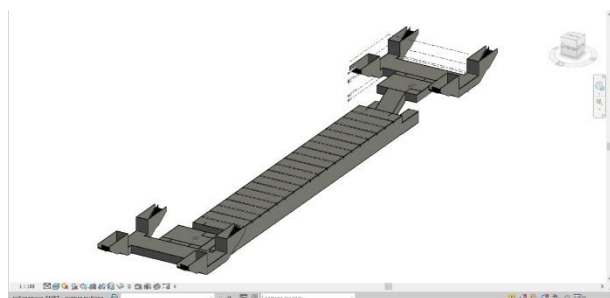


Рисунок 3 – Концептуальная модель станции метро и многофункционального комплекса

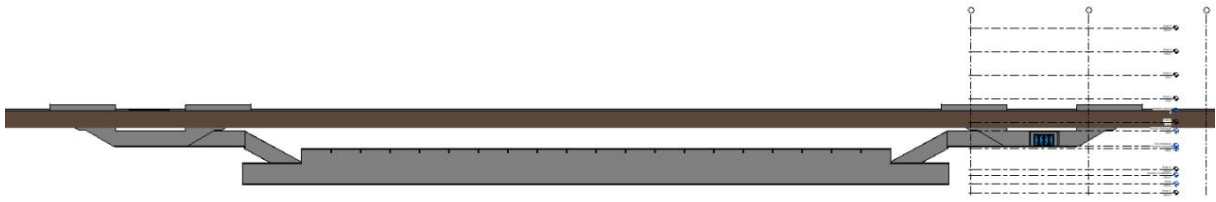


Рисунок 4 – Продольный разрез станции метро



Рисунок 5 – Общий вид входа на станцию



Рисунок 6 – Общий вид станции

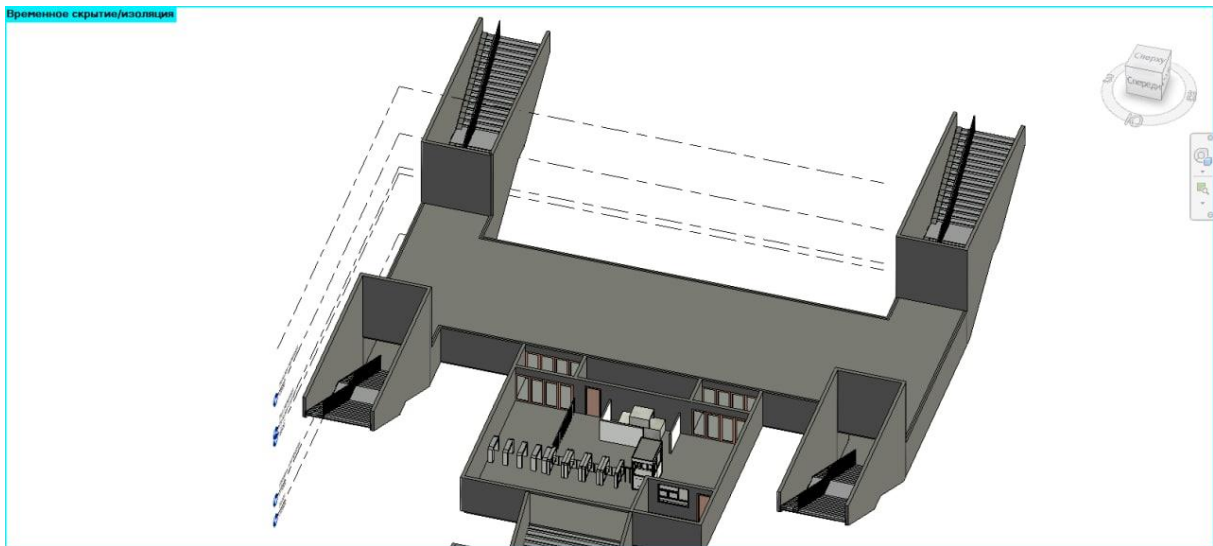


Рисунок 7 – Общий вид

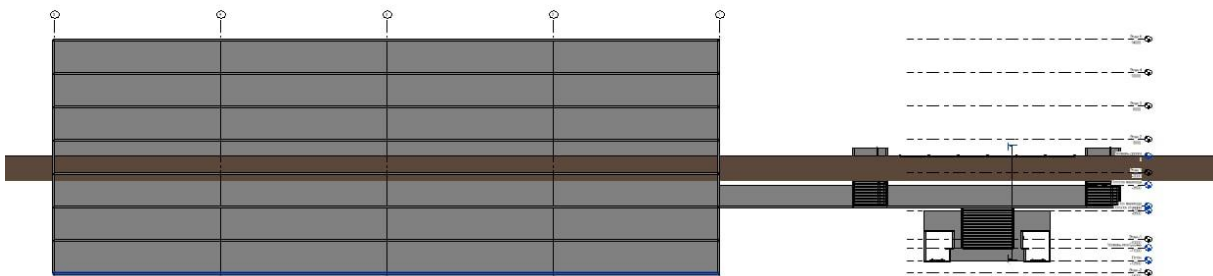


Рисунок 8 – Архитектурно-планировочное решение (фасад - южный)

Помимо станции метрополитена был запроектирован многофункциональный комплекс, имеющий 4 уровня ниже уровня земли и 8 – выше. В комплекс можно попасть как с поверхности земли, так и из подземного перехода, что удобно для пассажиров метрополитена.

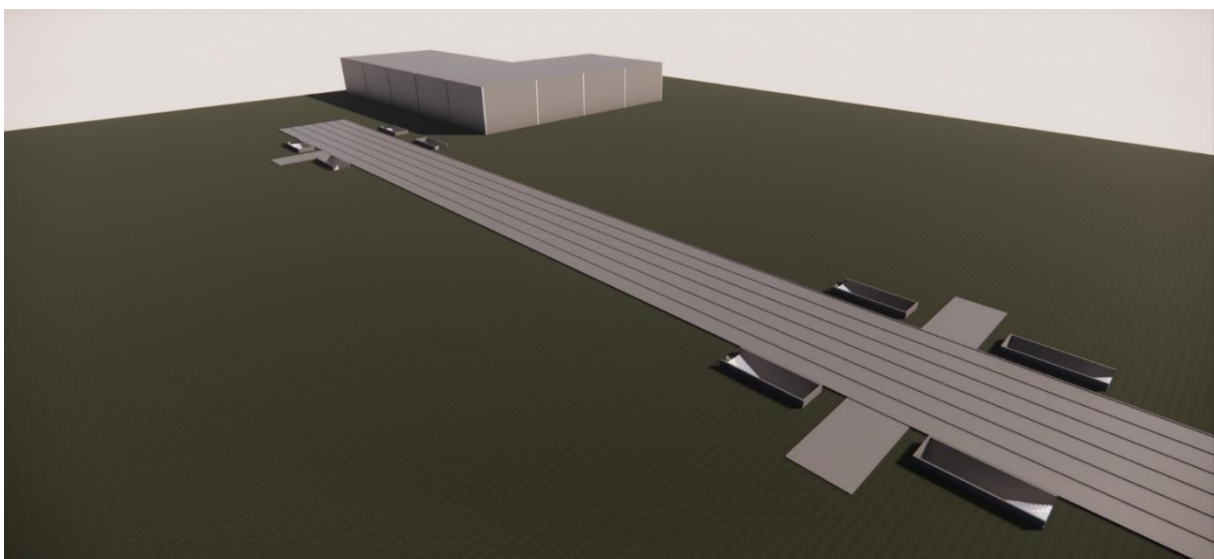


Рисунок 9 – Архитектурно-планировочное решение многофункционального комплекса

При работе над данным проектом использовались такие программы как: Revit 2023, AutoCAD 2023, Sofistik.

Результаты расчета Sofistik

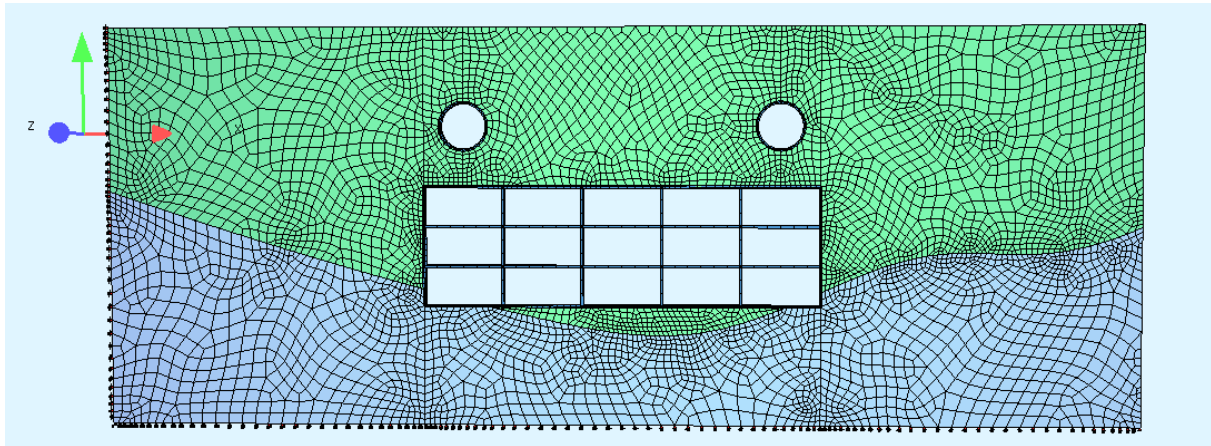


Рисунок 10 – Общий вид расчётной схемы

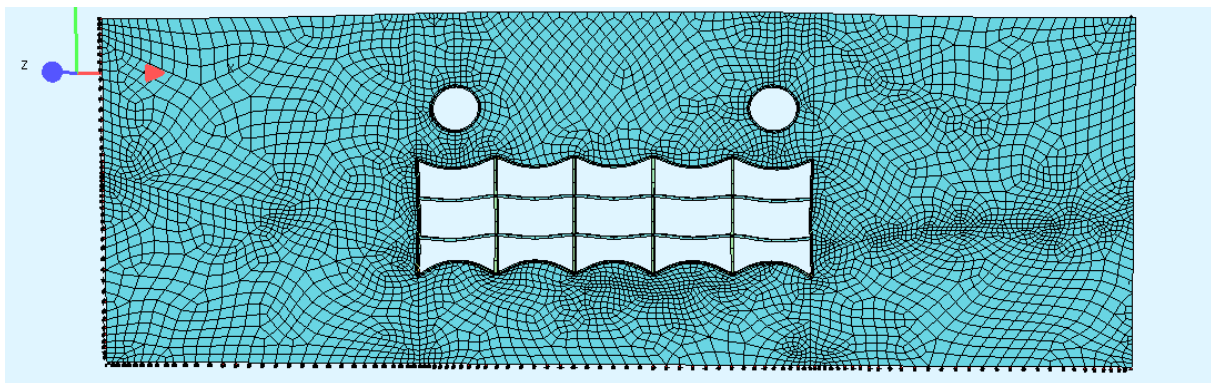


Рисунок 11 – Общий вид деформированной расчётной схемы

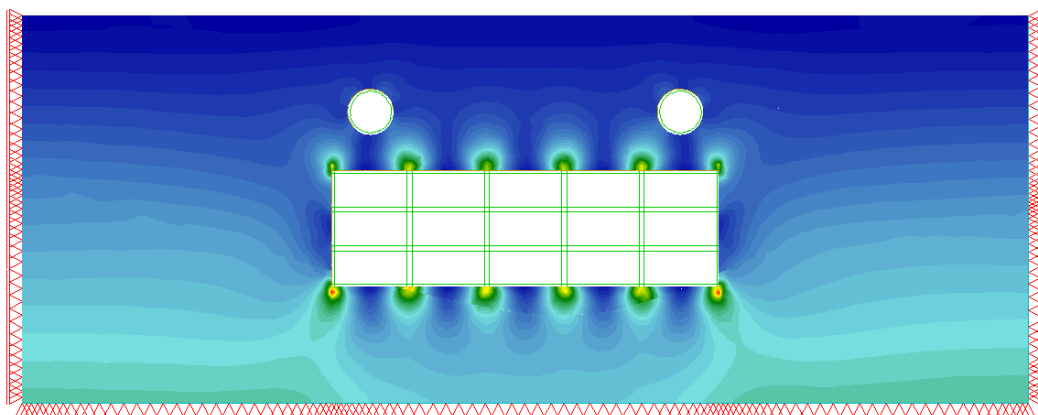
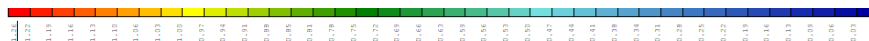


Рисунок 12 – Нормальная сила

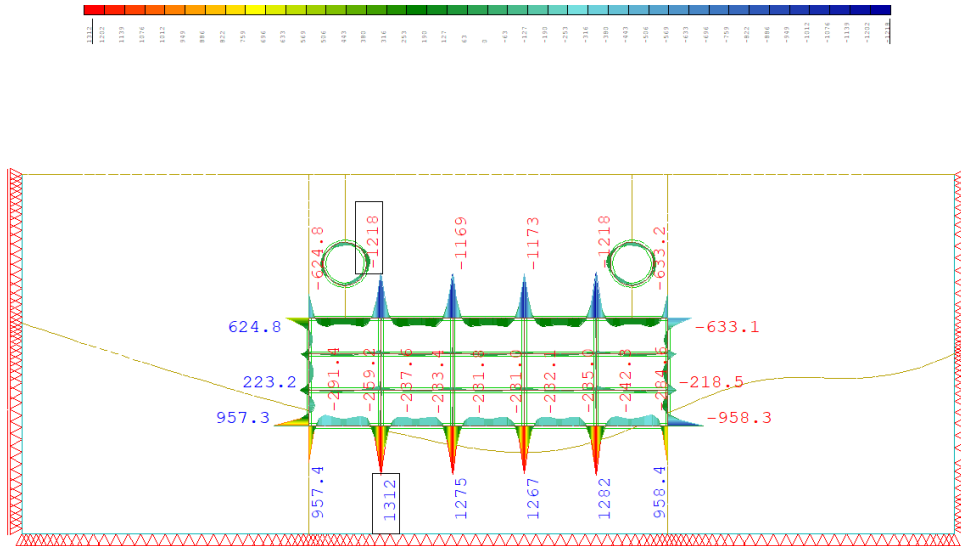


Рисунок 13 – Сдвигающая сила

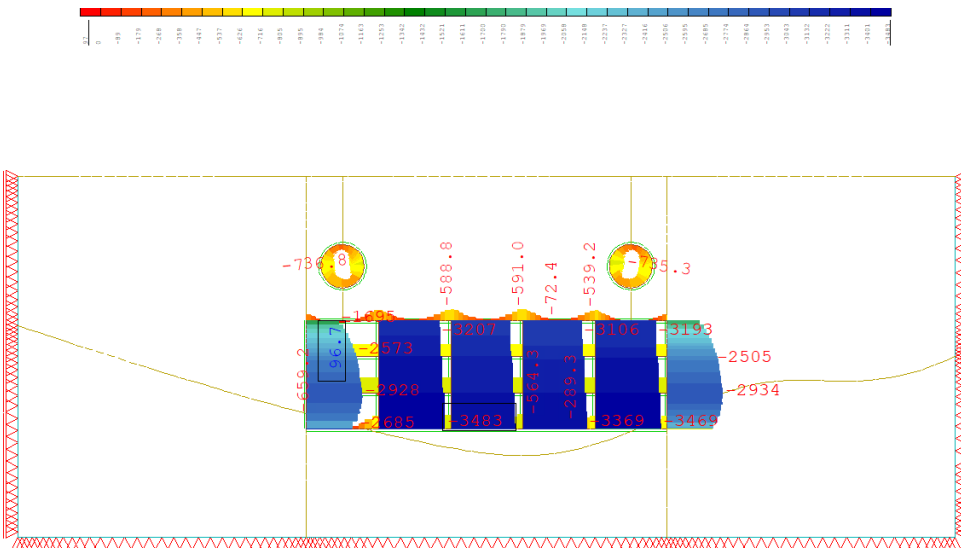


Рисунок 14 – Максимальный изгибающий момент M_x

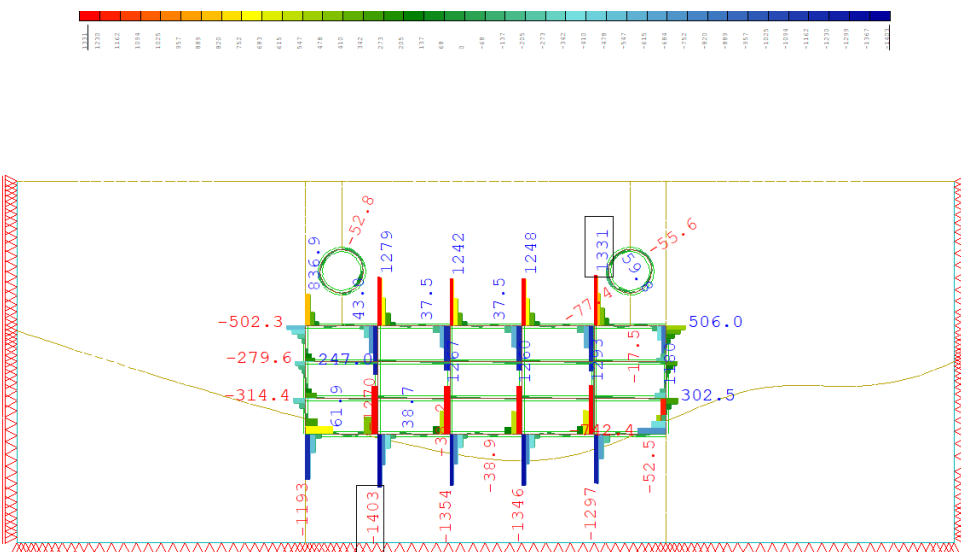


Рисунок 15 – Максимальный изгибающий момент M_y

Литература:

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

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ МИНСК, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ ПРОСПЕКТА ПУШКИНА И УЛИЦЫ ТИМИЗЯРЕЗВА

*Воронюк Дмитрий Павлович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках научной работы требуется запроектировать станцию мелкого заложения в городе Минск, с целью разгрузить улицы города и обеспечить мобильность населения. Население города составляет приблизительно 1 992 685 человек. Плотность 5723 чел./км². Город стоит на реке Свислочь, а также расположен недалеко от географического центра страны. Мной было выбрано пересечение проспекта Пушкина с улицей Тимирязева. Проект предусматривает станцию метрополитена мелкого заложения с многофункциональным комплексом.

Координаты станционного комплекса: начало станционного комплекса А - 53°55'41.19"N 27°30'30.11"E. Конец станционного комплекса, Точка Б - 53°55'37.63"N 27°30'24.55"E. Станционный комплекс имеет только один вход и выход. Подземные переходы оборудованы лифтами для лиц с ослабленным здоровьем, насыщены объектами сервисного обслуживания пассажиров.

Архитектурное проектирование выполнялось в программном комплексе Revit (Рис. 3, 4)



Рисунок 1 – Генеральный план

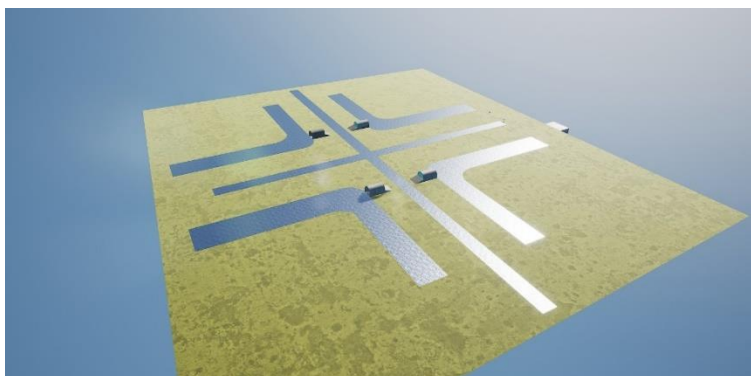


Рисунок 2 – Общий вид станции



Рисунок 3 – Архитектурно-планировочное решение



Рисунок 4 – Вид станции изнутри

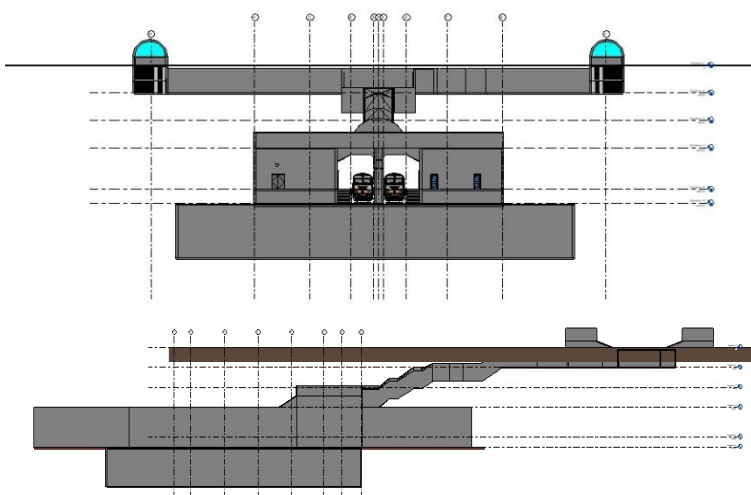


Рисунок 5 – Фасады станции

Создана модель с применением технологии виртуальной реальности (Рис. 6). Модель позволяет инженерам проработать конструктивное решение сооружения. С помощью VR застройщики могут точнее планировать разные аспекты проекта, снизить расходы, повысить безопасность и ускорить рабочие процессы.

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

Особенностью данного проекта является многофункциональный комплекс, который содержит в себе меньшие площади различного предназначения, такие как офисы, апартаменты, жилые, торговые, гостиничные, игровые и другие помещения, в который можно попасть из подземного пешеходного перехода.

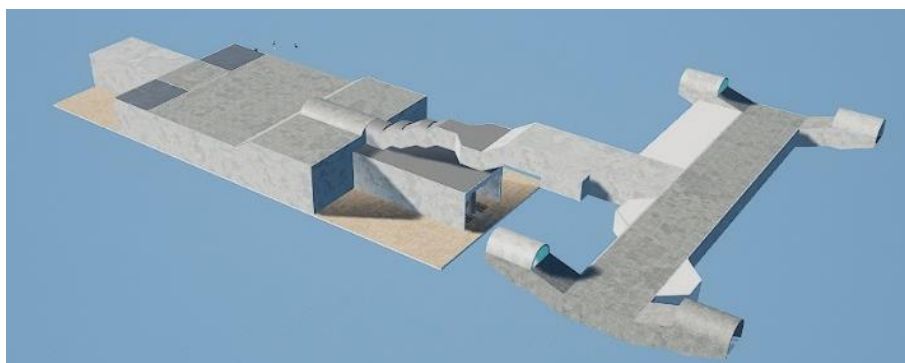


Рисунок 6 – Модель технологии виртуальной реальности

Тоннель, многофункциональный комплекс и станция были рассчитаны с помощью программного комплекса SOFiSTiK (Рис.7-10).

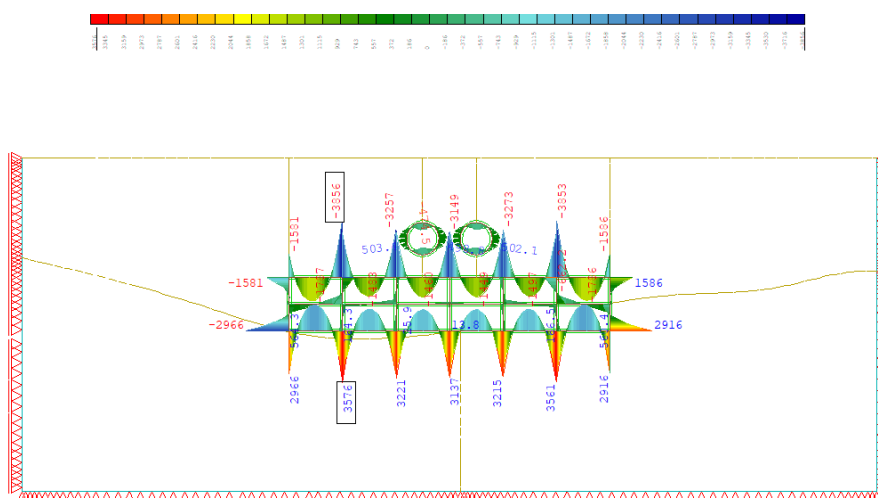


Рисунок 7 – Расчет станции и многофункционального комплекса на максимальный изгибающий момент M_y

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. ТКП 45-3.03-115-2008 (02250). МЕТРОПОЛИТЕНЫ. Строительные нормы проектирования.
3. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

ГЛАВНАЯ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТЬ ГОРОДА МОСТЫ, САМЫЙ ДЛИННЫЙ ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В БЕЛАРУСИ

*Римашевская Елизавета Михайловна, Гинько Максим Сергеевич,
студенты 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Город Мосты полностью оправдывает свое название: расположенный практически целиком на правом берегу Днепра. Мощным трамвайным, старым велосипедным и самым длинющим в стране пешеходным – река там уж достаточно широкая, хотя до устья в Балтийское побережье еще несколько сотен километров.

В Мостах расположен недостаточно удобный трехлучевой трамвайный узел. Оттуда уходят линии на Пинск, Гродно и Лиду (Рис.1). В случае, если электропоезд едет из Пинска в Гродно или наоборот и заезжает в Мосты, ему приходится менять направление движения.



Рисунок 1 – Неман из окна дизеля Волковыск Гродно

Да, пригородные, конечно, все заезжают на станцию. Остановка долгая, можно не торопясь заснять дизель в декорах вокзала.

Небольшое маневровое движение есть. В городе работает крупный генератор грузов – ОАО «Мостовдрев».

Здание вокзала (Рис.2) было бы отличным, если бы не агрореновация с металлочерепицей и стеклопакетами. Уцелел вокзал с момента постройки в XIX веке.



Рисунок 2 – Вокзал города Мосты

Город прекрасный, поэтому нам осталось продемонстрировать тот самый пешеходный мост через Неман длиной 193 метра. Он перекинут с правого на левый берег и ведет в лесопарковую зону, где любят отдыхать местные жители. Здорово, что в нашей стране есть такие достопримечательности (Рис.3).



Рисунок 3 – Самый длинный пешеходный мост Беларуси

Литература:

1. Белорусский экскурсионный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pda.ekskursii.by> – Дата доступа: 22.12.2022.

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛИЗИНГА

*Гомолко Андрей Феодосьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Рассмотрим ряд преимуществ лизинга по отношению к кредиту. Так как у небольших компаний очень часто нет свободных денег, тогда в таких случаях им приходится брать оборудование и строительные машины обращаясь в финансовые организации, которые в свою очередь предоставляют вид заемных средств – кредита либо лизинга.

По сравнению с кредитом по первоначальному взносу, который составляет от 5% для лизинга и от 15% для кредита, явное преимущество берет на себя лизинг. При низкой закредитованности кредит, с точки зрения первоначального взноса, удобнее. В другом случае удобнее лизинг, так как первоначальный взнос невелик и внесение залога не требуется.

Использование лизинга практически всегда сопровождается предложением лизингодателей скидочных предложений, потому что лизингодатели сами получают от производителей техники значительные скидки, за счёт регулярных и объемных покупок техники. Поэтому для повышения конкурентоспособности в своей сфере лизингодатели и предоставляют скидочные предложения своим клиентам.

Основным преимуществом лизинга является его непотребность в дополнительном финансовом обеспечении, а именно в залоге. Тогда как при кредите (целевом) вводится залог в качестве основных средств либо товаров, находящихся в обороте. Кроме того, банк-кредитор может потребовать перевода оборотных средств организации на свои счета, с условием поддержания на них определенного остатка.

По балансовым показателям лизинг также лучше, так как имеется возможность перевести сумму задолженности на баланс самой лизинговой компании, открывая дорогу для дополнительного финансирования, этот показатель предотвращает прекращение предоставления новых кредитов при форс-мажорных ситуациях.

По налогообложению. Лизингополучатель согласно законодательству довольно значительно уменьшает налогообложение, а именно: лизинговые платежи в полном своём объеме переносятся на себестоимость спецтехники.

Процент амортизации объекта лизинга определяется в договоре лизинга. В отличие от России, Республика Беларусь не признает в качестве инвестиций кредиты, которые получает лизинговая компания. Так как многие акты в области лизинга уже устарели, то они и нуждаются в корректировке, к примеру, не подлежат пересмотру лизинговые платежи. По таким причинам лизингодатели, которые совершили приобретение техники или товаров за пределами республики за валюту, попадают в очень невыгодное положение. С учетом инфляции и разницы курсов, а также необходимостью выплатить от прибыли налоги, они терпят существенные убытки.

По времени, потраченного на сделку, лизинг вновь превосходит кредитные займы, так как пакет документов уменьшается за счет пониженных рисков обеспечения залога и рассмотрение заявки выполняется в течении 1-3 дней. При отсутствии открытой кредитной линии срок получения строительных машин в лизинг в разы меньше, чем в кредит.

Одним из важных разделов при займе это изъятие техники или товара за неуплату. Банк, который предоставил кредит имеет право изъять транспортное средство либо товар в судебном порядке, а также сам кредитный договор может предусматривать дополнительные меры в виде списания средств, поступивших на счет должника, на погашение задолженности по кредиту. Тогда как лизинговые компании при наличии существенных просрочек имеет право на расторжение договора и изъятие строительной или иной техники во внесудебном порядке. Так как на протяжении всего срока договора имущество, полученное в лизинг, является собственностью лизинговой компании, то и это имущество в свою очередь не подлежит аресту или изъятию кредиторами при возникновении споров между лизинговой компанией и лизингополучателем. Но есть и важное условие, при наличии претензий со стороны иных кредиторов, лизингополучатель сохраняет оборудование или технику в работе и не теряет от неё прибыль, что в итоге может помочь расплатиться с кредиторами.

С учетом всех перечисленных плюсов – лизинг является выгодным денежным займом, однако выбор стоит за взвешенным решением с учётом всех возможных рисков.

Процесс переноса амортизационных отчислений на объект лизинга: начисляется на первоначальную стоимость согласно графику лизинговых платежей сразу после покупки техники и начала её эксплуатации лизингополучателем, то есть техника которая полученная при помощи лизинга, участвует в производстве и, создаёт при этом себе амортизационный фонд, тем самым самоокупаясь. Весь лизинговый платеж (без НДС), не только стоимость объекта лизинга, относится на себестоимость продукции, за исключением

стоимости выкупа техники, которая выплачивается из прибыли предприятия, оформившее лизинговую сделку.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://euoplan.ru/company/blog/816>. – Дата доступа: 03.12.2022.
2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://avangard.by/home/aboutleasing/leasing_advantages/. – Дата доступа: 05.12.2022.

РОБОТИЗИРОВАННЫЕ ПРОХОЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА

*Гомолко Андрей Феодосьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Проходка горных туннелей небольшой протяженности очень опасный строительный этап, именно поэтому целесообразно применять роботизированную строительную технику для разработки горной породы. Отличным решением в данной области являются разработки компании «BROKK» их продукция направлена на создание безопасных условий труда и выполнение работ в стесненных условиях и довольно впечатляющей производительностью.

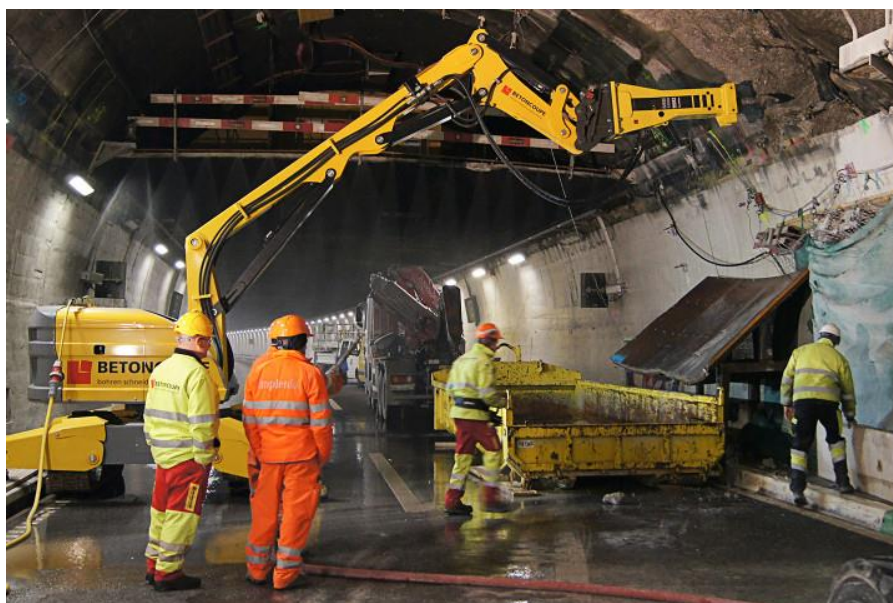


Рисунок 1 – Роботизированная установка для демонтажа

Возможность роботов Brokk использовать тяжелое навесное оборудование, позволяет обойти крупногабаритную технику, используемую при таком же роде работ, делает их идеальным выбором для сложных работ по проходке туннелей. К примеру, одна из моделей, а именно Brokk 400 с суммарным весом в 5,5 тонн и гидромолотом, установленным в качестве рабочего органа, отличается идеальным соотношением габаритных размеров и мощности, превосходя обычные экскаваторы, превышающие её по размерам в 5 раз. Установки этой компании являются предпочтительным выбором при

устройстве соединительных сбоек, подстанций, ниш для укрытия, восстановления отделки и так далее.

Для таких роботизированных установок предоставляется широкий выбор сменного навесного оборудования, что позволяет применять их для бурения, дробления пород или железобетонных конструкций (Рис.1), земляных работ, сборки, уборки обломков и даже для торкретирования. Это и позволяет использовать одну установку для выполнения на одном участке многих задач.

Имеется ряд важных достоинств таких как прочность установок этой компании, так как подземные условия диктуют свои требования и сложность ведения работ. Другим достоинством является защищенность оператора (Рис.2) при производстве работ, так он находится в пределах видимости объекта разработки и в случае чрезвычайной ситуации беспрепятственно может покинуть это место. Следующим достоинством является привод, у каждой модели по выбору есть дизельные двигатели или электрические, электрические модели обладают нулевым выбросом вредных веществ, внушительным запасом времени работы, а также высокой защищенностью электрических элементов, созданных для работы в тяжелых условиях. Все модели этой компании могут работать при высоких и низких температурах, а также обслуживание производится прямо на строительной площадке.

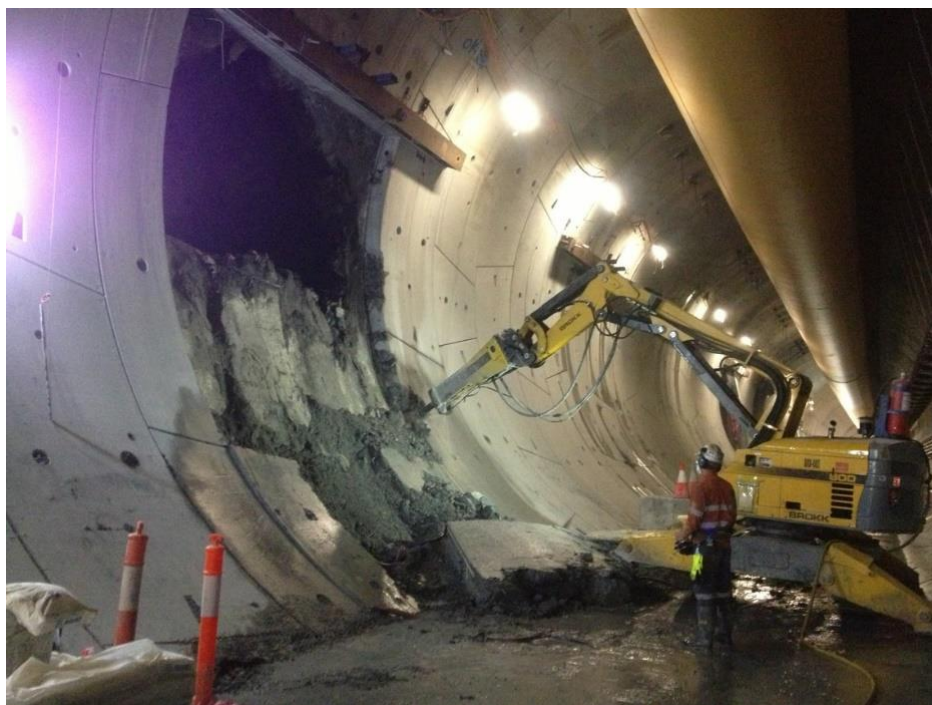


Рисунок 2 – Управляемая установка для устройства сбойки

ОЛИМПИЙСКИЙ СТАДИОН В МЮНХЕНЕ

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

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

В 1966 году город Мюнхен принял участие в выборах в качестве места проведения XX Международной конференции. В 1972 году Германия выиграла летние Олимпийские игры в Детройте, Мадриде и Монреале. Спустя 36 лет после последнего немецкого турнира, который тогда еще проходил под сенью нацистской диктатуры и был организован в рамках масштабного пропагандистского мероприятия, Германия теперь имеет возможность продемонстрировать, что она выступает за демократию и открытость миру.

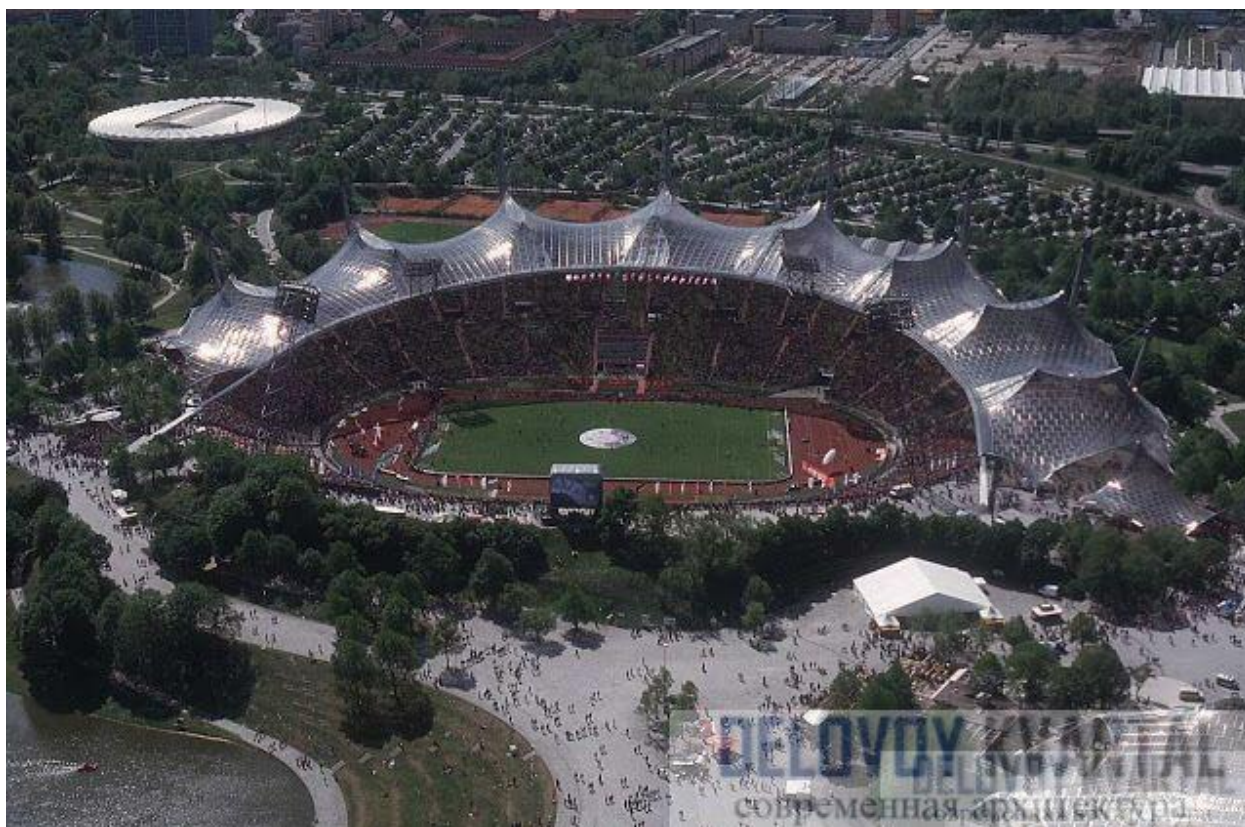


Рисунок 1 – фото стадиона в 1972 году

Ответственные архитекторы во главе с Гюнтером Бенишем хотели, чтобы идеи свободы и открытости миру нашли отражение в архитектурном стиле. Там, где в 1945 году из руин Мюнхена был поднят Олимпийский холм, были построены олимпийские сооружения: помимо стадиона, Олимпийского зала и

плавательного зала, была построена Олимпийская деревня для размещения спортсменов. Открытые конструкции зданий символизируют связь природы и архитектуры. С Олимпийской башни открывается вид на обширную территорию и можно увидеть сочетание зеленого и металлического. Здания объединены в один большой ансамбль благодаря конструкции с шатровой крышей, выполненной Фреем Отто, которая придает территории и, в конечном итоге, городу Мюнхен особый характер. До настоящего времени возведение Олимпийского ансамбля было самым важным крупным строительным проектом в Федеративной Республике Германия.

Летние игры, которые, наконец, состоялись в тот же год открытия, которого так ждал Мюнхен, были омрачены нападением палестинских террористов. Это место, которое должно было олицетворять свободу, мир и открытость миру, стало ареной теракта, в результате которого были убиты одиннадцать израильских спортсменов и немецкий полицейский.



Рисунок 2 – Стадион в Мюнхене во время Олимпийских игр

Сегодня в Олимпийском парке всегда что-то происходит. Крупные мероприятия, спортивные мероприятия любого рода, концерты, фестивали или рождественские ярмарки – Олимпийский парк, как место отдыха и культуры, привлекает множество посетителей в течение всего года.

Литература:

1. <https://delovoy-kvartal.ru/olimpiyskiy-stadion-myunhen-germaniya/>. – Режим доступа: <https://studfile.net/>

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО. НА ПРОСПЕКТЕ КЛЕЦКОГО, ОКОЛО ТЦ «TRINITY»

*Жданович Александр Александрович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках научной работы была спроектирована станция метро с подземным многофункциональным комплексом в городе Гродно, Беларусь. Население города составляет 769 945 человек. Плотность 2594 чел./км². Город расположен в западной части области, на берегах Немана, вблизи границы с Польшей и Литвой. Станцию метро я расположил на проспекте Клецкого, вблизи ТЦ «TRINITY». Данный проспект является наиболее загруженным, с наибольшей плотностью населения.

Задачей проекта являлось обеспечение мобильности улиц города Гродно. Проект предусматривает станцию метрополитена мелкого заложения с многофункциональным комплексом.

Координаты станционного комплекса: начало станционного комплекса А - 53°64'09.1"N 23°84'29.9"E . Конец станционного комплекса, Точка Б - 53°65'16.7"N 23°84'24.3"E. (Рис. 1)

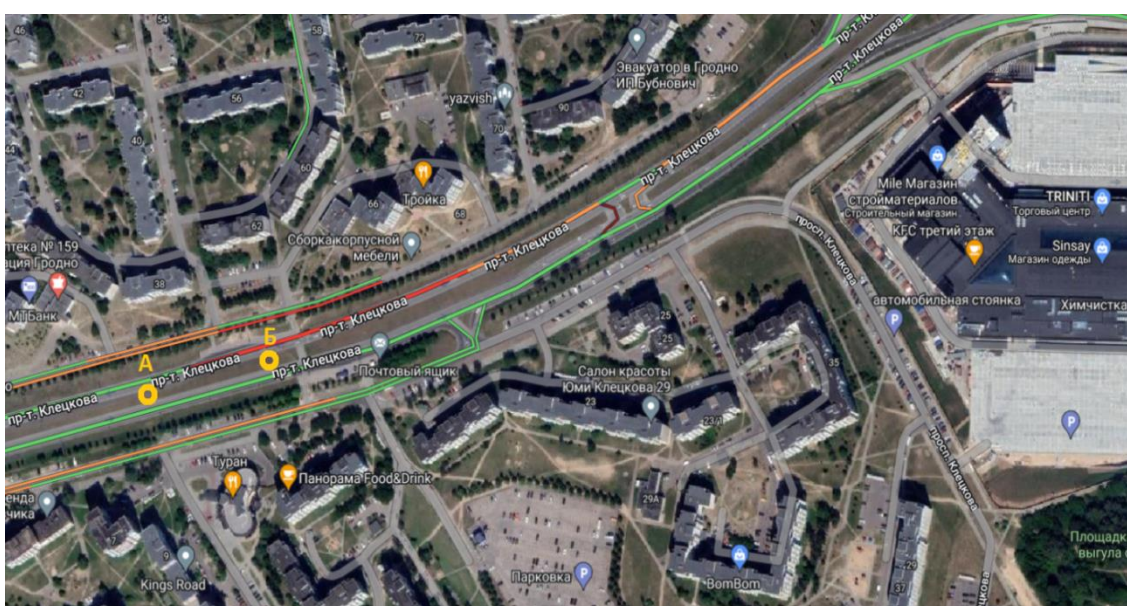


Рисунок 1 – Генеральный план

Станционный комплекс имеет четыре входа и выхода по обе стороны от проспекта. Все четыре перехода оснащены лифтами и самыми современными средствами безопасности. Эти меры приняты для комфорта и безопасности населения.

Отличительной особенностью станций является многофункциональный комплекс возведенный ниже уровня станции. В состав многофункционального комплекса входят различные магазины, развлекательные центры, кафе и рестораны, спортивные комплексы, игровые площадки для детей. Также благодаря подземному расположению всех элементов данного комплекса, она никак не повлияет на наземные здания и сооружения. Сохранит былой дизайн наземной части города. Для перемещения по этажам предусмотрены лестницы, лифты и эскалаторы.

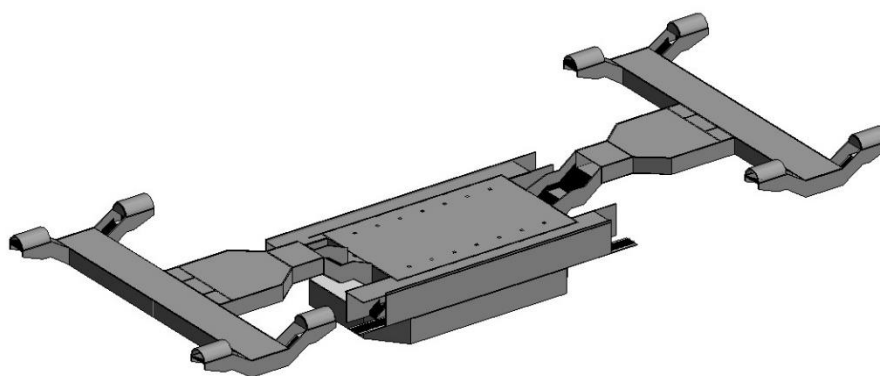


Рисунок 2 – Общий вид станции метрополитена

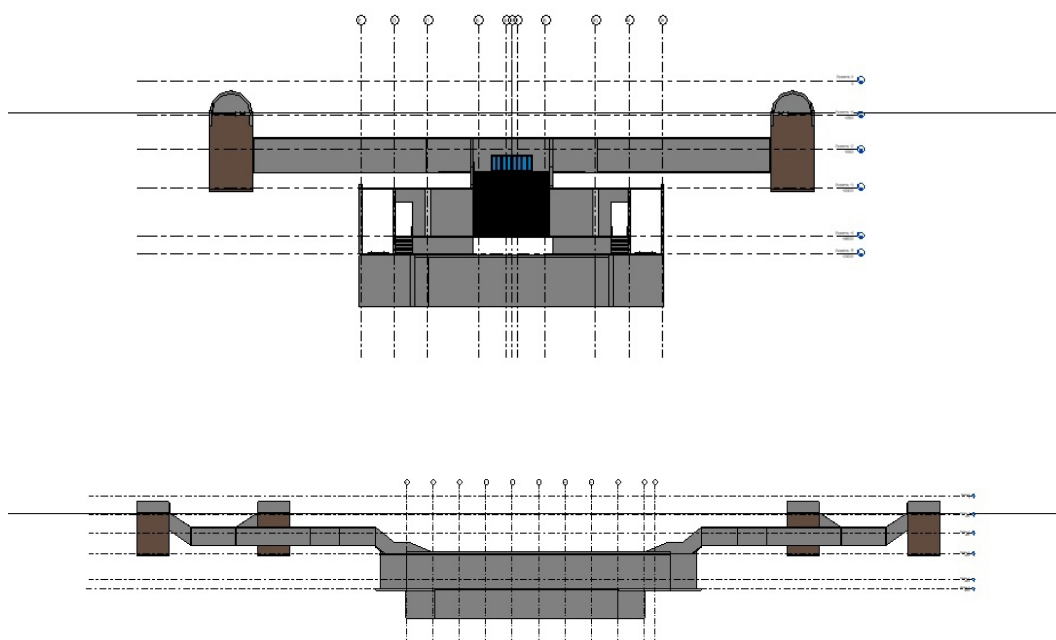


Рисунок 3 – Фасады станции метрополитена

Данный проект позволит перераспределить пассажиропотоки в городе Гродно. Снизит нагрузку с наземного транспорта, разгрузит улицы города. Снижение количества наземного транспорта положительно повлияет на экологию.

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Олляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96.

КРЫМСКИЙ МОСТ

*Жевлаков Артем Иванович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Крымский мост, также Керченский мост – транспортный переход через Керченский пролив, соединяющий Керченский и Таманский полуострова через остров Тузла и Тузлинскую косу. Состоит из двух параллельных мостов – автомобильного, являющегося частью дороги А-290 (Керчь – Новороссийск), и железнодорожного, являющегося частью линии Багерovo – Вышестеблиевская [1]. Имеет общую протяжённость 19 км. Мост считается самым длинным мостом в Российской Федерации и в некоторых источниках котируется как один из самых протяженных на Европейском континенте. Схема и география расположения моста представлены на рисунке 1.

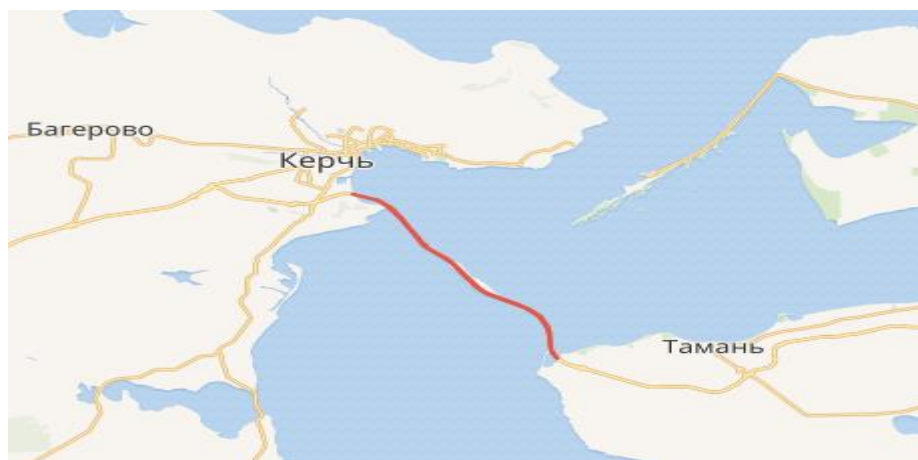


Рисунок 1 – Крымский мост на карте

Крымский мост обладает следующими основными характеристиками:

- общая проектная протяженность моста – 19 000 м;
- протяженность автомобильной части моста – 16857 м;
- протяженность железнодорожной части моста – 18 118 м;
- расчетная пропускная способность четырехполосной автотрассы – 40 тыс. автомобилей в сутки;
- расчетная пропускная способность железной дороги – до 47 пар поездов в сутки.;

- категория железнодорожной линии – II, категория автомобильной дороги – 1Б;
- общая цена госконтракта на проектирование и строительства моста (затраты подрядчика) – 223 млрд 1,4 млн рублей в ценах соответствующих лет, в том числе НДС на 17%. [3]

Заказчиком проекта является компания ФКУ Упрдор «Тамань», генподрядчиком ООО «СТРОЙГАЗМОНТАЖ». [2]

Стадия проектирования Крымского моста была представлена следующими основными этапами:

В первую очередь производилось генеральное проектирование. Далее выполнялся этап проектирования основных конструкций, включающий создание проектной и рабочей документации по данному направлению.

Следующий важный этап включает проектирование технологии сооружения, более детально рассмотренной далее. Последним этапом является проектирование СВСиУ и сопутствующей ему документации.

Финальная версия проектной документации была выполнена в 2015 году, рабочей документации в 2015 – 2018 г.г. Сроки строительства: 2015 – 2019 г.г.

Транспортный переход возведён с использованием уникальных технологий строительства, в сложных условиях морского пролива. Основные конструктивные особенности моста:

Пролетные строения выполнены отдельными под каждое направление движения. В поперечном сечении пролет представляет две двутавровые главные балки, объединенные поперечными балками и системой вертикальных и горизонтальных связей, а также содержит ортотропную плиту. Для автомобильной дороги они являются балочными сталежелезобетонными (разрезные и неразрезные), или металлическими. Для железной дороги являются разрезными и цельнометаллическими. Такие строения отдельные под каждый путь, объединены на опорах домкратными балками. Главные балки пролетного строения коробчатого сечения, разделены по высоте на два блока из-за необходимости транспортировки [2].

Помимо пролетных строений присутствуют и арочные с расчетным пролетом в 227 м. Они располагаются над Керчь-Еникальским каналом и обеспечивают подмостовой габарит 185 на 35 м, для организации свободного прохода судоходной техники любых габаритов.

Такой различия в конструкциях опор и пролетных строений обусловлены тем, что железнодорожная нагрузка значительно выше автодорожной и требует других инженерных решений. Помимо этого, немаловажную роль в принятии основных конструктивных играют непростые геологические условия Керченского пролива, а так сокращенные сроки проектирования и строительства

переправы. Одним из ключевых факторов в данном вопросе являлось сейсмическое состояние акватории.

Совокупность антисейсмических решений, положенных в основу проекта Крымского моста, обеспечивают высокую надёжность сооружения и устойчивость при мощных колебаниях земной коры. Для автомобильной части моста элементом антисейсмической защиты являются шок-трансммиттеры, установленные между опорами и пролётами. Для железнодорожной части предусмотрено антисейсмическое крепление пролётов за счёт установки неподвижных и линейно-подвижных опорных частей. Оба этих подхода позволяют распределить сейсмическую нагрузку между опорами. Арки над фарватером закреплены на опорах при помощи специальных сдвиговых упоров, которые могут выдержать 9-балльное землетрясение [2].

На основании инженерно-геологических данных определены следующие основные решения для оптимизации строительства моста:

Опоры сооружаются с использованием самоподъемных платформ, и плавучих кранов большой грузоподъемности. В их основании располагаются металлические трубы, погружаемые в толщу иловых и коренных пород гидравлическими молотами. Для более геологически устойчивых участков разрешено использование буровых столбов больших диаметров.

Все элементы ростверков и русловых опор должны выполняться из монолитного железобетона и иметь массивные габариты.

Пролетные строения монтируются с двух берегов навесным способом. При этом осуществляется отдельный подход для судоходных пролетных строений: они монтируются методом перевозки на плаву, в пониженном уровне, с последующим подъемом в повышенный проектный уровень.

Для обеспечения совмещенного движения пролетные строения имеют отдельные под каждое направление движения сквозные фермы. Таким образом строительство моста можно осуществлять в 2 очереди.

Для увеличения допускаемых продольных уклонов и уменьшения длины мостового перехода железнодорожный путь укладывается на балласте и располагается в уровне нижних поясов ферм, а автомобильное движение располагается по стальной автодорожной плите на уровне верхних поясов фермы.[4]

Таким образом, Крымский мост представляет собой систему специфических инженерных решений, обеспечивающих выполнение нескольких основных условий. К ним относятся безопасность и устойчивость конструкции от различных геологических и сейсмических факторов, возможность строительства и ремонта моста в кратчайшие сроки, а так же обеспечение

максимальной пропускной способности и поддержки нагрузки на железнодорожную и автомобильную части моста.

Литература:

1. Крымский мост [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Крымский_мост/. – Дата доступа: 13.12.2022.
2. Крымский мост [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gpsm.ru/deyatelnost/krymskij-most-2/>. – Дата доступа: 13.12.2022.
3. Стоимость Керченского моста [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.interfax-russia.ru/south-and-north-caucasus/news/stoimost-kerchenskogo-mosta-s-uchetom-grafika-stroitelstva-sostavlyayet-227-9-mlrd-rub-zakazchik/>. – Дата доступа: 13.12.2022.
4. Мост через Керченский пролив [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pantikapei.ru/most-cherez-kerchenskij-proliv.html>. – Дата доступа: 13.12.2022.

БАШНЯ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ В МАГДЕБУРГЕ

*Ильинич Денис Янович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Башня Тысячелетия (нем. «Millennium Tower») высотой 60 метров (200 футов) является самым высоким деревянным зданием в мире. Башня была спроектирована швейцарским архитектором и художником Йоханнесом Петером Штаубом и возведена в Эльбаун Парке Магдебурга (Германия) на земле Саксония-Анхальт к Федеральной садоводческой выставке 1999 года.

Первоначально башня была спроектирована только на время проведения садовой выставки. Лишь позже было решено эксплуатировать башню и выставку в ней на постоянной основе. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Башня Тысячелетия: Вид снаружи

Башня тысячелетия с асимметричной конусообразной формой изготовлена из формованного клееного бруса и покрыта светопрозрачной пленкой которая создаёт прозрачность внутри, а основание башни было овальное как яйцо. 26 арочных ферм купольного зала, с пролётом около 80 метров, сведены на высоте 20 метров 10-тонным прижимным кольцом. На саму башню было использовано примерно 5 500 м³ дерева и 5000 м² светопрозрачной пленки. (Рис. 2).

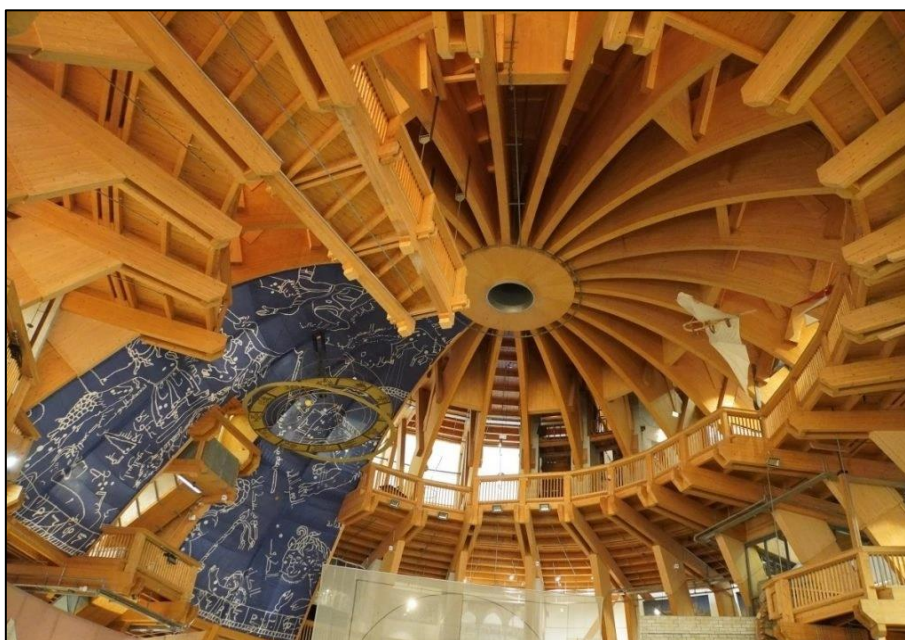


Рисунок 2 – Внутренний вид постройки

Особенностью тысячелетней башни является спиральный пандус на внешней обшивке длиной 450 метров. Наклон пандуса превышает 6-процентный предел для пользователей инвалидных колясок, поэтому пандус закрыт для инвалидов-колясочников. Он не только предлагает посетителям доступ к отдельным уровням, но и ведет к смотровой площадке, расположенной на высоте 42 метра. (Рис. 3).



Рисунок 3 – Вид пандуса

Внутри самой Башни располагается выставка 6000-летней истории человечества, разделенная на разные эпохи. В башне «Миллениум» представлено около 250 экспонатов, 150 из которых подходят для взаимодействия с посетителями, и представлены самые разные науки — от истории, химии или физики до современной судебной медицины. Её выставочная площадь составляет около 8 030 м², разбросанных по шести уровням. (Рис. 4).

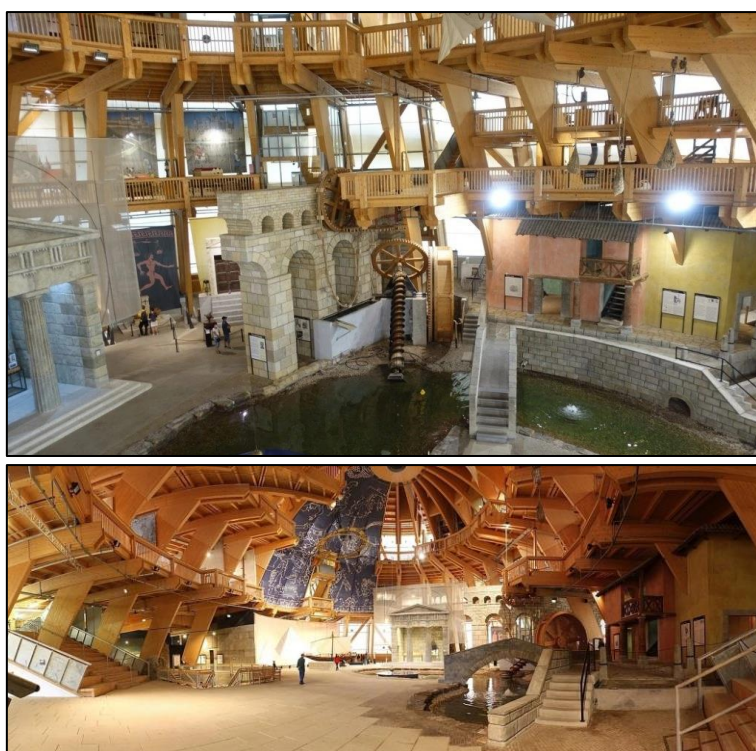


Рисунок 4 – Вид внутренних декораций

Дефекты конструкции проявлялись в процессе эксплуатации, в частности проникновения осадков сквозь пленочное покрытие, что приводило к появлению сырости в помещении. С тех пор как он был введен в эксплуатацию, шел сильный дождь. В 2015 и 2016 годах башня и пандус, которые уже были закрыты из-за гнилых досок, были отремонтированы на сумму около 2 миллионов евро.

Литература:

1. Новостной портал "DILAN" [Электронный ресурс]. — режим доступа: <https://www.diplanbau.com/die-stadt-an-der-elbe-magdeburg/>
2. Интернет-энциклопедия "wiki" [Электронный ресурс]. — режим доступа: <https://wiki5.ru/wiki/Jahrtausendturm#Construction>

МОНТАЖ ПИЛОНОВ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА SKY BRIDGE

Казак Владислав Олегович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»

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

Пилон моста состоит из 2 сборных деревянных ферм, соединенных между собой. Сбор ферм изначально происходил на земле в горизонтальном положении (Рис. 1).



Рисунок 1 – Сборка ферм

На каждый пилон данного моста приходится 133 деревянных элемента: 92 из клееного бруса и 41 из цельного. Для соединения бруса между собой использовалось 63 болтовых узла, выполненные из болтовой стали.

После сборки плоских частей ферм и устанавливают их на опоры и закрепляют горизонтальными и диагональными связями между собой, образуя пространственную ферму пилона (Рис. 2). Пилон крепится к фундаменту через закладные детали, которые выполнены из листовой стали толщиной 25 мм.



Рисунок 2 – Сборка ферм

По итогу вес одного пилона составляет около 50 тонн, высота порядка 16м, а длина около 21м.

Литература:

1. Experiential Resources “ERi” [Электронный ресурс]. - <https://www.experientialresources.com/skybridgemichigan>.

МОНТАЖ БАЛКИ ЖЕСТКОСТИ ПЕШЕХОДНОГО МОСТА SKY BRIDGE

*Казак Владислав Олегович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Монтаж балки жесткости моста начинается после того, как на пилоны данного моста растянуты главные канаты, а на канатах смонтированы подвески. Для монтажа балки жесткости натягиваются два дополнительных каната, по которым будет происходить транспортировка балок жесткости. На дополнительные канаты крепится специальная тележка, с помощью которой будут устанавливаться балки. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Дополнительные канаты и тележка

Монтаж балки жесткости осуществляется поэлементно. Каждый элемент представляет собой готовую цельносварную раму с уже смонтированным настилом покрытия. Монтаж начинается со стороны одной из опор. После монтажа первого элемента, каждый следующий элемент настила подвешивается на специальной тележке, которая движется по двум отдельным временным монтажным канатам. Монтируемый элемент подвешивается на тележку у опоры с противоположной стороны и транспортируется по монтажным канатам на другой конец пролёта, где и будет осуществлён монтаж. Транспортировка с другого конца пролёта необходима для того, чтобы при транспортировании элемент не мог столкнуться с уже смонтированной частью балки жёсткости или её подвесками. Благодаря такому методу монтажа транспортировка проходит в менее стеснённых условиях.

Таким образом каждый отдельный элемент крепится к специальной тележке и с помощью каната его вытягивают к месту монтажа, закрепляют на подвесках, которые уже заранее прикреплены к главным канатам и отсоединяют от тележки. (Рис. 2). После чего тележку возвращают обратно и прикрепляют следующий элемент. В процессе монтажа эти элементы закрепляют между собой, при этом каждый новый элемент заводится своими стальными балками под уже смонтированный, для того чтобы обеспечить неразрывность заранее закреплённого на элементах настила проходной части. Как только элементы соединены между собой, к ним крепятся основные канаты ветряных растяжек и натягиваются под углом 45° к земле.

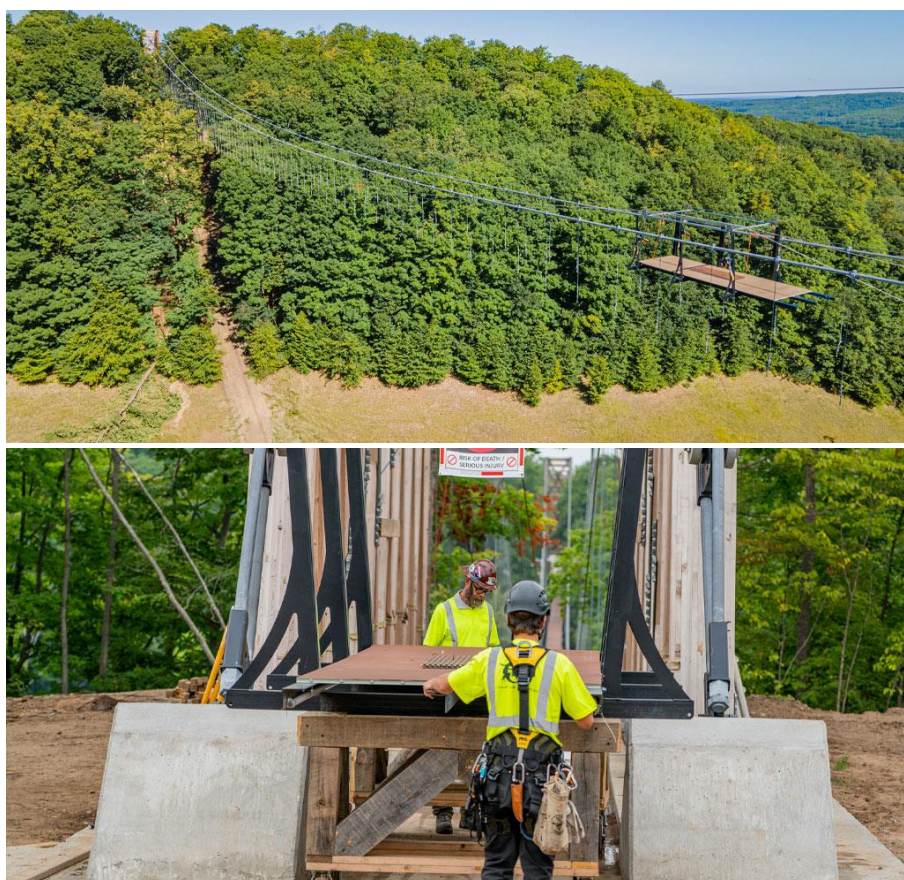


Рисунок 2 – Монтаж балок жесткости

Элементы балки жесткости оснащены настилом проходной части ещё до монтажа в цельную плетень. В центре пролета часть элементов стеклянными элементами настила для создания участка с прозрачным основанием проходной части.

Литература:

1. Experiential Resources “ERi” [Электронный ресурс]. - <https://www.experientialresources.com/skybridgemichigan>.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВ «ОТКРЫТОГО» ТИПА

*Карнейко Антон Сергеевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*(Научный руководитель – Мойсейчик Е.А., докт. техн. наук, профессор;
Ходяков В.А., старший преподаватель)*

Пролётные строения со сквозными фермами используются в основном при перекрытии пролётов большой и средней длины, где балки со сплошными стенками получились бы слишком сложными и тяжёлыми. Конструкция верхних продольных связей данной конструкции усложняется из-за большого расстояния между фермами.

Пролётные строения сквозных ферм с ездой понизу могут быть «открытого» типа, т.е. без применения верхних поперечных связей (Рис. 1).

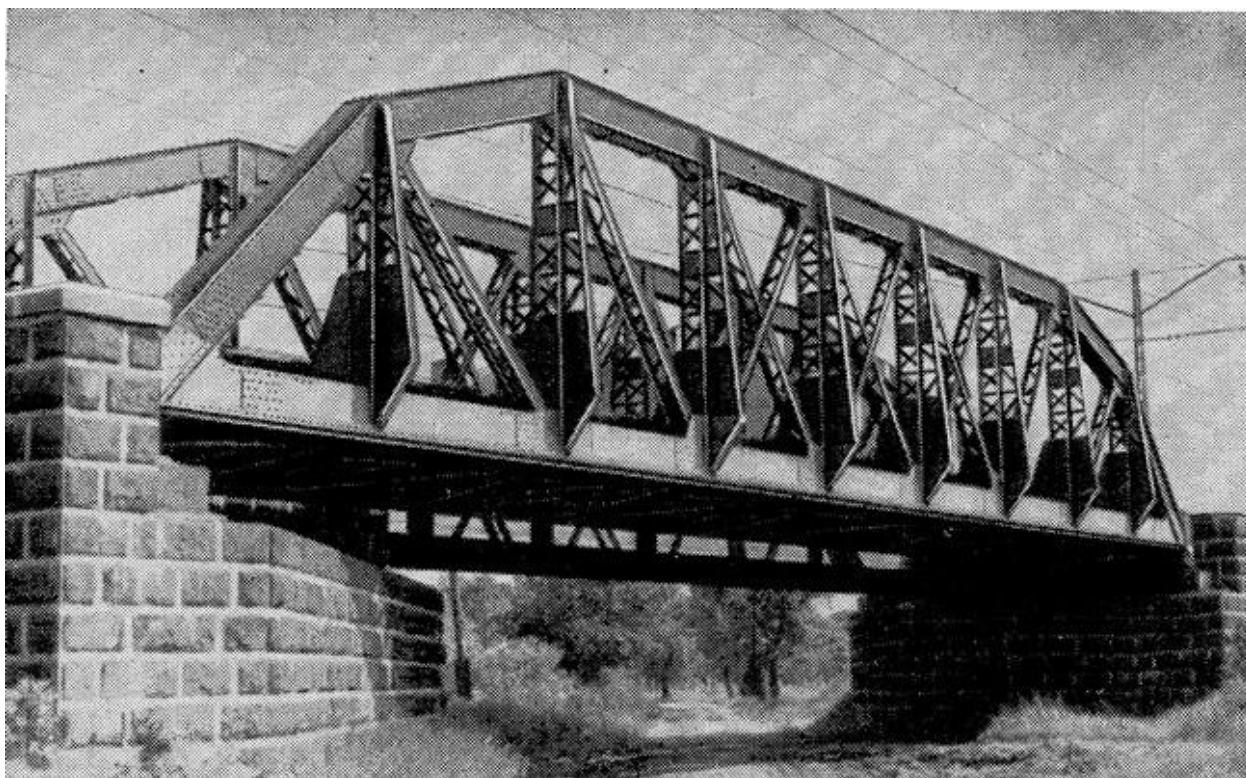


Рисунок 1 – Пролётное строение «открытого» типа

Примером может служить пролётное строение моста через канал в Бизерте (Тунис), который построен французскими инженерами. Поперечное сечение этого моста представлено на рисунке 2.

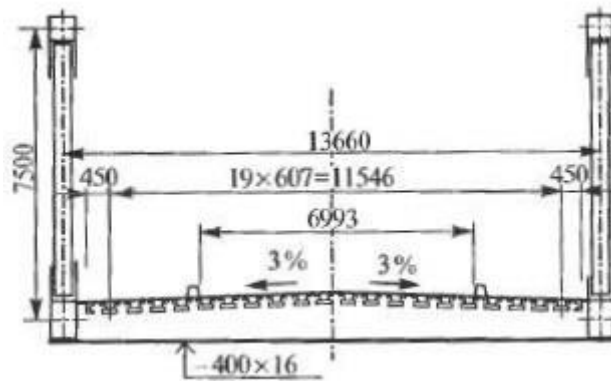


Рисунок 2 – Поперечное сечение моста через канал в Бизерте (Тунис)

Главные сквозные с длиной пролёта в 76 метров и треугольной решётчатой панелью 8,44 метра были выполнены с “открытым” верхним поясом. Проезжая часть сконструирована в виде ортотропной плиты, которая работает совместно с поясами ферм, выполненных в виде коробок. Совместная работа обеспечивается благодаря приварке покрывающего листа к поясу продольным швом в стык.

В данном мостовом переходе пояса главных ферм работают не только на сопротивление осевым силам, но также на сопротивление изгибу и кручению (будучи опорами поперечных ребер плиты). Поэтому их делают с более мощным сечением, чем в традиционных фермах. Элементы коробчатого типа верхних поясов ферм имеют внутренний габарит 560x560 мм, а нижних поясов — 560 x 1000 мм. В состав сечения ездовых поясов в таких фермах включена часть ортотропной плиты.

В современном мостостроении такие типы пролётных строений практически не применяются. Однако конструктивные решения таких ферм можно рассмотреть в качестве варианта при разработке усиления уже существующих мостовых переходов.

Литература:

1. Строительно-информационный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fccland.ru/proektirovanie-mostov/460-osobennosti-avtodorozhnyh-mostov-i-mostov-pod-sovmeschennuyu-ezdu.html>, свободный – (28.11.2022).
2. Архитектура и строительство городских гражданских и промышленных объектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.arhplan.ru/bridges/metallic/bridges-with-through-farms>, свободный – (28.11.2022).

КОМПОЗИТНАЯ АРМАТУРА

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

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

В последнее время в гражданском и промышленном строительстве всё чаще применяется композитная арматура. Рассмотрим некоторые основные характеристики и особенности данного строительного материала.

Для производства композитной арматуры применяют стеклянные, базальтовые, арамидные и углеродные волокна (Рис. 1).

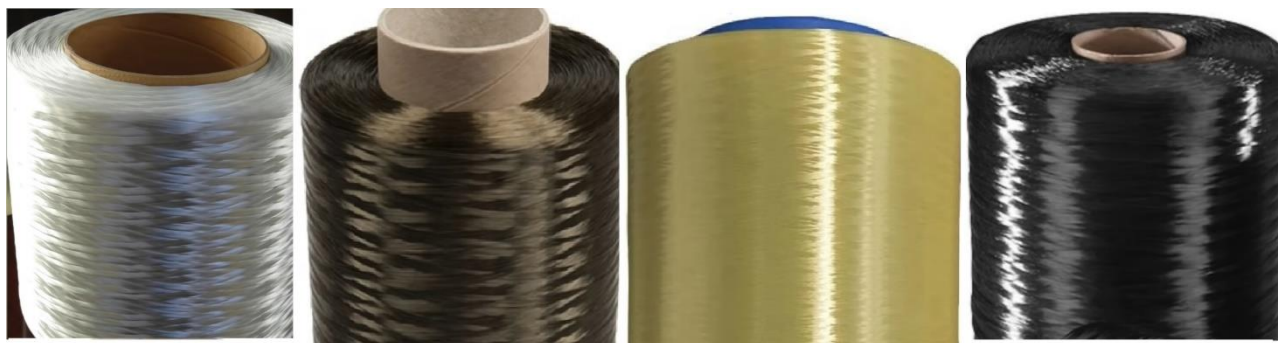


Рисунок 1 – Волокна для изготовления композитной арматуры

На сегодняшний день около 95 % всей выпускаемой композитной арматуры производится из стеклянных волокон.

Предел прочности стеклопластиковой арматуры на растяжение может достигать 1200 МПа, а у стальной – 400, 500, 800 МПа в зависимости от класса. Для пролётных строений или других элементов конструкций с большими пролётами и (или) консолями в расчётах применяется модуль упругости. Для композитной арматуры он составляет 45000 МПа, а для стальной арматуры – 200000 МПа и выше. Кроме того, композитная арматура отличается высоким относительным удлинением, которое доходит до 6 %. В пролётном строении это приведёт к чрезмерным прогибам, что повлечёт не прохождению конструкции по второму предельному состоянию. По результатам испытаний в лаборатории МГСУ искусственно состаренного образца стеклопластиковой арматуры, прочность снизилась в 20 раз.

Весьма пагубное влияние на стеклопластиковую арматуру оказывает и сам бетон. Бетон – среда щелочная, рН в нём может достигать 12 единиц. В

результате воздействия щёлочи снижается прочность, значительно изменяется сцепление арматуры с бетоном, а как следствие – нарушение анкерения и прекращение работы. (Рис. 2).



Рисунок 2 – Расслоение искусственно состаренного образца

Технологический процесс производства композитной арматуры весьма сложен. Композитная арматура состоит из “нитек” пропитываемых комбинированными составами на основе полимеров. Далее полуфабрикат с навивкой или(и) песком отправляются в специальную печь, где они находятся не продолжительное время. Далее арматура попадает в следующую печь, после выхода с линии, где происходит окончательная сушка и полимеризация. Это очень важный этап производства, который обеспечивает стопроцентную сшивку компонентов композитной арматуры. Этим этапом нередко пренебрегают недобросовестные производители.

Из-за сложности производства существует необходимость подвержению испытаниям большого количества арматуры на стендах и учёте данных коэффициента вариации в расчётах.

Так же особенностью композитной арматуры является и необходимость покупки специальных элементов для армирования углов и других сложных элементов (Рис. 3).



Рисунок 3 – Заводской элемент армирования

Большинства вышеописанных недостатков лишена углепластиковая арматура, но её стоимость является на сегодняшний день очень высокой (Рис. 4).

Технические характеристики		Композитная арматура Rockbar	Арматура из углеродистой стали А-V	Углепластиковая арматура	Стеклопластиковая арматура	Арматура из нержавеющей стали
1. Прочность на растяжение	МПа	1200	550	2000-3000	1000	550
2. Теплопроводность		менее 1,0	56,0	более 1,0	менее 1,0	17,0
3. Плотность	г/см ³	2,10	7,85	1,60	2,10	7,85
4. Модуль упругости	ГПа	50	200	150-350	45	200
5. Электропроводность		устанавливается в широком диапазоне	проводит электричество	проводит электричество	не проводит электричество	проводит электричество
6. Магнитная характеристика		не намагничивается	намагничивается	не намагничивается	не намагничивается	не намагничивается
7. Огнестойкость	°С	до 300 (600*)	до 600	нет данных	до 150 (300*)	до 600
8. Показатели надежности		коррозионная и химическая устойчивость очень высокая	коррозионная и химическая устойчивость низкая	коррозионная и химическая устойчивость очень высокая	коррозионная и химическая устойчивость высокая	коррозионная и химическая устойчивость высокая

Рисунок 4 – Характеристики углепластиковой арматуры

К преимуществам композитной арматуры относятся весьма специфические характеристики, такие как радиопрозрачность, магнитная инертность, а так же коррозионная стойкость. Композитная арматура является весьма уникальным и специфическим строительным материалом, и решение о её применении должно быть тщательным образом взвешено и обдумано. Обычно данную арматуру применяют в морских причалах, подземных хранилищах, резервуарах для хранения химических соединений, каналах и др.



Рисунок 5 – Применение композитной арматуры при строительстве канала в Саудовской Аравии

Литература:

1. YouTube канал “СтройХлам” [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=AmF0xyXcTHs&t=418s>, свободный – (20.04.2022).
2. Сайт компании Московский завод полимерно-композитных конструкций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mzpkk.ru/stati/что-такое-модуль-упругости-композитной-арматуры/#:~:text=Модуль%20упругости%20композитной%20арматуры%20составляет,зависит%20насколько%20большими%20будут%20трещины>, свободный – (20.04.2022).

ОЦЕНКА ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ТОННЕЛЕЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЭСТАКАДНОГО СЪЕЗДА

Киргизова Мария Владимировна, магистрант

кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Бойко И.Л., канд. техн. наук, доцент)

Строительство эстакадного съезда выполнялось над конструкциями перегонных тоннелей метрополитена. Для обеспечения безаварийной работы конструкций выполнялся мониторинг состояния конструкций.

До начала строительства эстакадного съезда был выполнен визуальный осмотр, выборочные обмеры и лазерное сканирование тоннелей.

В ходе выполненного расчета были определены места возникновения трещин в ходе производства работ.

В ходе визуального мониторинга было зафиксировано появление трещин в середине пролета плит покрытия таврового сечения с шириной раскрытия до 0,1 мм, усадочные трещины в путевом бетоне.

Для фиксации геометрических параметров и состояния конструкций тоннелей до начала возведения конструкций транспортного сооружения было выполнено лазерное сканирование (рис. 1).

Лазерное сканирование – это новейший метод получения 2D и 3D моделей окружающего пространства. В процессе работы приборов создается облако точек с пространственными координатами, которые в итоге дают объемное изображение. Полученная модель объекта может содержать от нескольких тысяч до нескольких миллионов координатных точек. При этом измерения проходят с точностью до миллиметра.

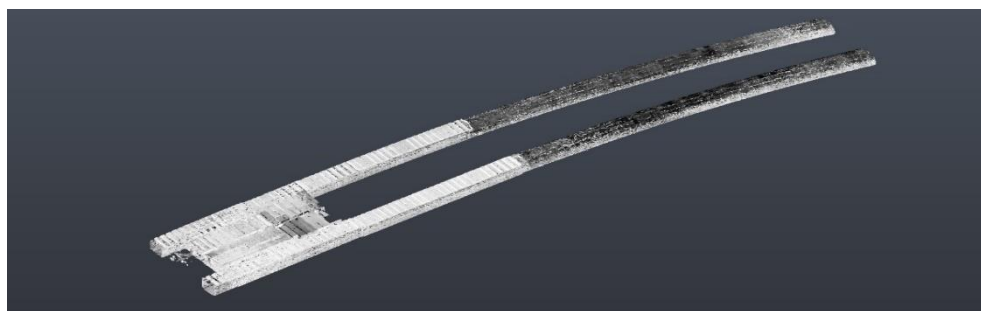


Рисунок 1 – Результаты наземного лазерного сканирования контролируемых участков перегонных тоннелей

После выполнения лазерного сканирования была выполнена обработка облака точек в программном комплексе Cloud Compare.

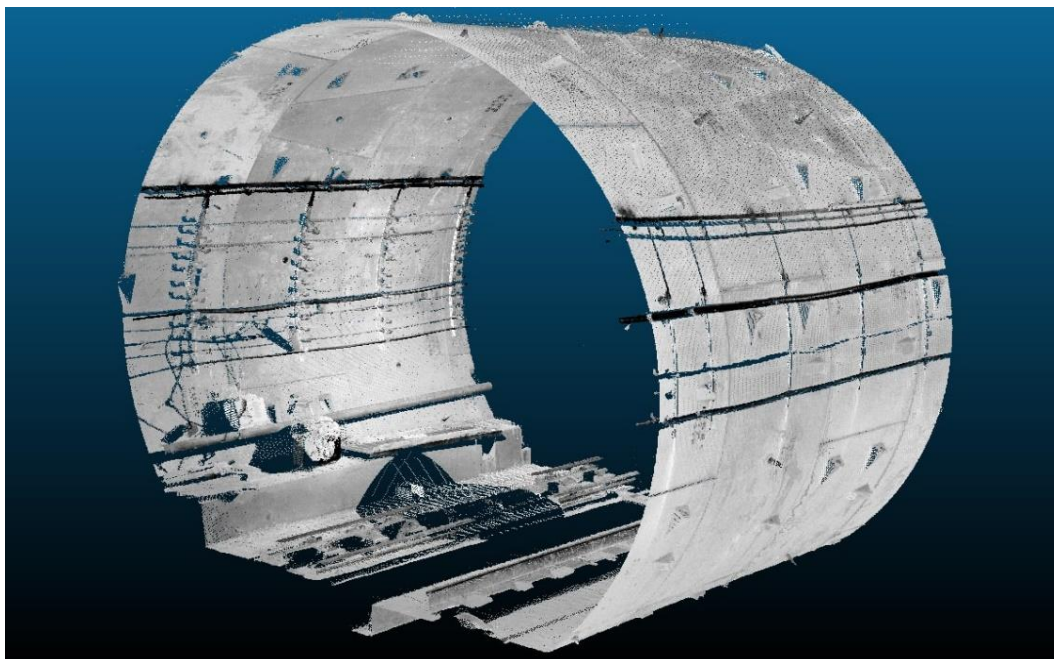


Рисунок 2 – Результат лазерного сканирования участка тоннеля

При обработке облака точек было выполнено сопоставление геометрических параметров конструкций тоннелей относительно проектных значений.

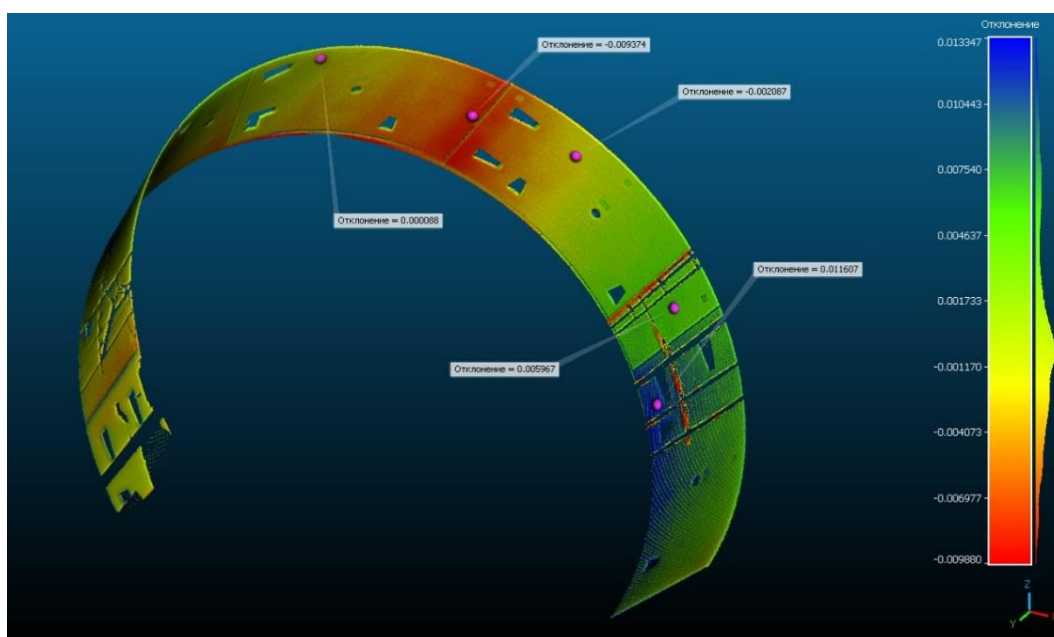


Рисунок 3 – Результаты отклонения геометрических параметров участка тоннеля от проектных значений

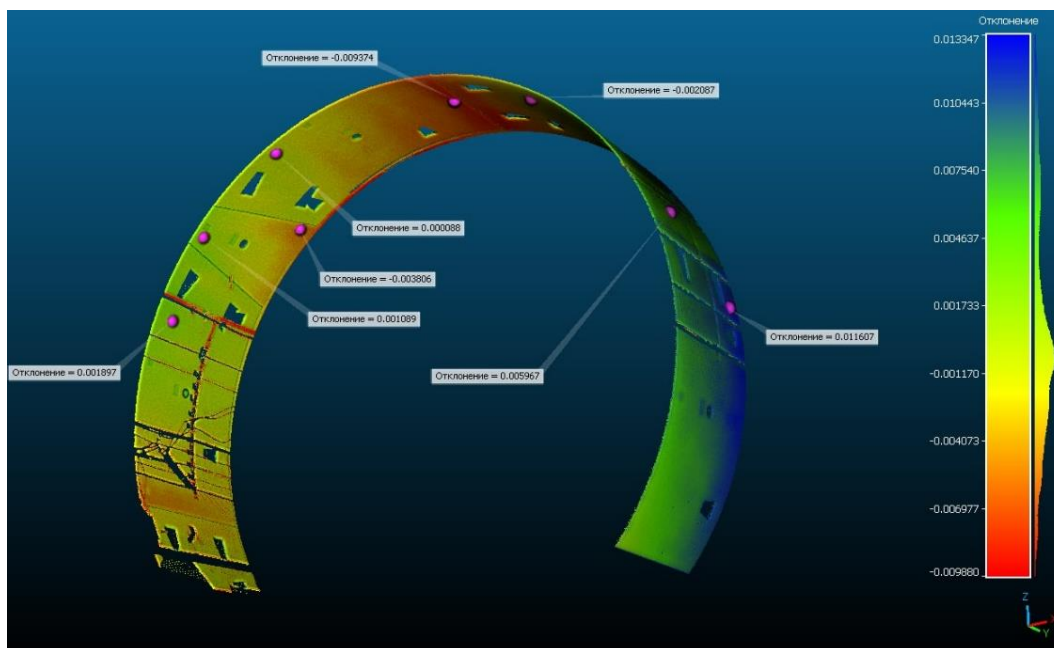


Рисунок 4 – Результаты отклонения геометрических параметров участка тоннеля от проектных значений

Так же при помощи лазерного сканирования были определены прогибы плит перегонных тоннелей и вентсбойки. В процессе производства работ велось периодическое лазерное сканирование. На первом этапе были проверены и зафиксированы отклонения и прогибы плит участков тоннелей для дальнейшего их мониторинга.

Для выявления характера деформаций конструкций перегонных тоннелей, а также степень опасности их для дальнейшей нормальной эксплуатации было выполнено систематическое наблюдение за развитием трещин с наибольшей шириной раскрытия.

Для контроля за наиболее раскрытыми трещинами на поверхности конструкций были установлены гипсовые и пластиковые маяки.

Гипсовые и пластиковые маяки устанавливались попарно на контролируемые трещины ввиду более точной и правильной оценки образования и контроля трещин в конструкциях тоннельной обделки.



Рисунок 6 – Общий вид пластикового и гипсового маяков, установленных на трещине

Определение глубин трещин устанавливалось ультразвуковыми измерениями способом поверхностного прозвучивания (рис. 7).



Рисунок 7 – Трещина №1 в конструкции путевого бетона перегонного тоннеля.

Глубина трещины в месте измерения составила 128 мм

По результатам выполненного мониторинга состояния трещин в конструкциях перегонных тоннелей были подтвержденные данные расчетов.

Литература:

1. Тоннели и метрополитены. Правила обследования и устранения дефектов и повреждений при эксплуатации. – М.: Стандартиформ, 2015. – 48 с.
2. Обследование и мониторинг строительных конструкций зданий и сооружений: учебное пособие / В.В. Леденёв, В.П. Ярцев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – 252 с.
3. Сушкевич, Ю.И. Тоннели метрополитенов. Устройство, эксплуатация и ремонт: Справочно – учебное пособие / Коллектив авторов. Под ред. Ю.И. Сушкевича – М.: ООО «Метро и тоннели», 2009 – 463 с.

СТРОИТЕЛЬСТВО ПЕРВОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ РЕКУ АМУР «МОСТ БЛАГОВЕЩЕНСК – ХЭЙХЭ»

*Комаров Никита Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Строительство автодорожного мостового перехода через реку Амур было начато в декабре 2016 года, окончание всех работ и получение разрешение на эксплуатацию произошло в мае 2020 года, но в связи с ограничениями из-за пандемии открытие перенеслось на июнь 2022 года (Рис.1). Строительство проводилось за счет внебюджетных источников, данный мост уникален еще тем, что строительство ввелось сразу с двух сторон.



Рисунок 1 – Мост Благовещенск – Хэйхэ

Мостовой переход через реку Амур был построен и спроектирован как сталежелезобетонный экстрадозный мост (Рис. 2), хоть и с первого взгляда мост больше напоминает вантовый. Данный мост имеет 12 пролетов, самые длинные пролеты достигают 147 метров, общая длина моста составляет 1248 метров



Рисунок 2 – Сталежелезобетонные опоры

На мосту организовано двухполосное движение, ширина каждой полосы составляет 3.75 метра, а общая ширина проезжей части 11.5 метра (Габариты = $2,0+2\times 3,75+2,0$) м. Таким образом ежедневно через этот мост смогут проезжать более шестисот грузовых автомобилей.

Литература:

1. Бамтоннельстрой-мост: сайт компании Бамтоннельстрой-мост строительство и реконструкция мостов, тоннелей и метро [Электронный ресурс]. –Режим доступа:<https://www.btsmost.ru/object/blagoveshensk> – Дата доступа 30.11.2022

МОСТ AROUCA 516

*Котков Егор Михайлович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Мост Arouca 516 является самым большим пешеходным мостом в мире по своему типу конструкции и находится на 3 месте среди всех мостов. Его длина составляет 516 метров, ширина 1,2 метра. Центр моста находится на высоте 175 метром над уровнем реки Пайва. Этот мост проходит через Глобальный геопарк ЮНЕСКО Арука. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Мост Arouca 516

Мост состоит из 127 модулей, сделанных из стальных перил, объединенных жесткой сеткой и поручнем из тросов, которые поддерживаются тросами, прикрепленных к высшим точкам двух железобетонных башен. Мост был запроектирован в 2016 году и подвергся множеству испытаний и исследований. Строительство началось в 2018 году и мост был открыт в мае 2021 года. Имеется множество ограничений по количеству людей на мосту и доступа к нему в целом

из-за погодных условий. Его основная задумка – туристическая достопримечательность.

Литература:

1. <https://www.visitportugal.com/ru/node/435815>
2. https://www.architime.ru/news/itecons/516_arouca.htm#1.jpg
3. <https://www.tourister.ru/world/europe/portugal/city/aroka/bridges/40346>

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПОДЗЕМНАЯ РАЗВЯЗКА В ГОРОДЕ БАРАНОВИЧИ НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦЫ КОМСОМОЛЬСКАЯ И ПРИТЫЦКОГО

*Купраш Илья Сергеевич, 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 Барановичи, Беларусь. Население Баранович составляет 180 000 человек. Плотность населения 3059 чел./км². Мной было выбрано пересечение оживленных улицы Комсомольской и Притыцкого. Моей задачей было разгрузить пересечение этих улиц, совместив сеть тоннелей с многофункциональным комплексом, расположенным под землей. Парковка – одна из проблем крупных европейских городов, соответственно требовалось решить данную проблему. Мной также был запроектирован паркинг в 2 этажей под существующей дорогой, так как строительство будет осуществляться открытым способом. В свою очередь строительство тоннелей - щитовым способом. Глубина заложения тоннеля, который рассчитывался находится на глубине 6 м. Внешний диаметр обделки составляет 6 м. Так как реальная инженерно-геологическая ситуация неизвестна, то для простоты вычисления были приняты два грунта песок и глина.

Координаты подземного комплекса: начало тоннеля, точка А - широта 53°7'50.39"С; долгота 26°0'41.99"В. Конец тоннеля, Точка Б - широта 53°7'45.56"С; долгота 26°0'25.59"В.

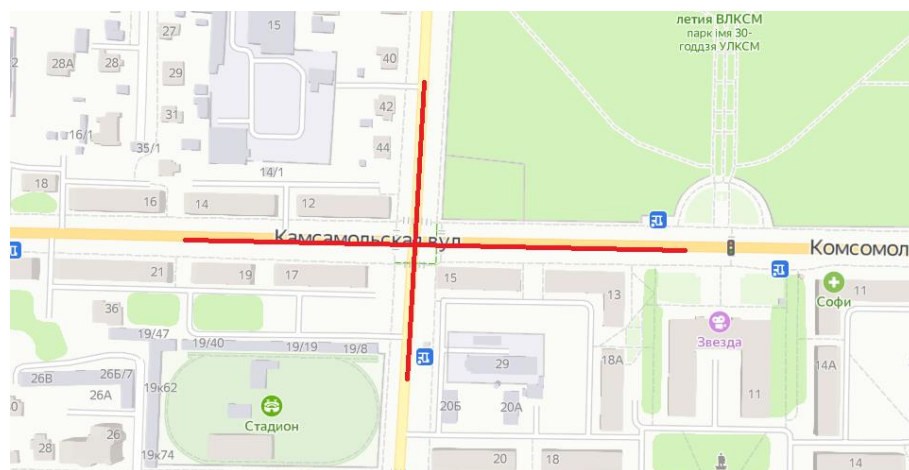


Рисунок 1 – Карта пробок в 9 баллов на пересечение оживленных улиц
Комсомольской и Притыцкого

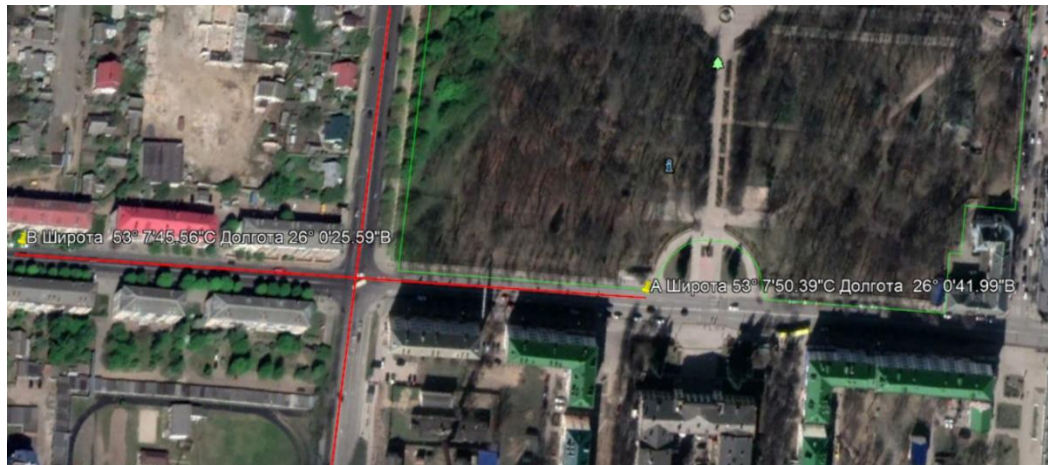


Рисунок 2 – Генеральный план с координатами точек строительства

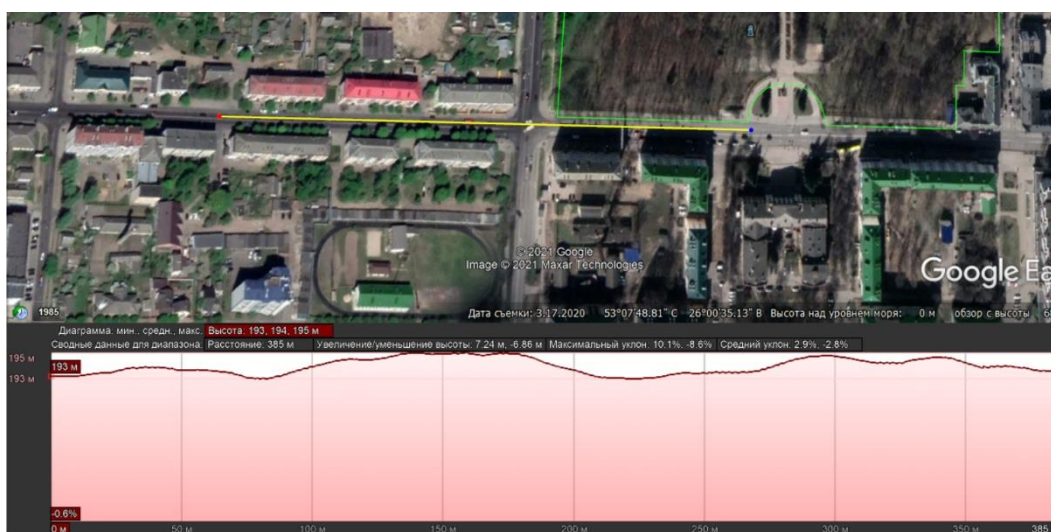


Рисунок 3 – Рельеф местности представлен в программе Google Earth

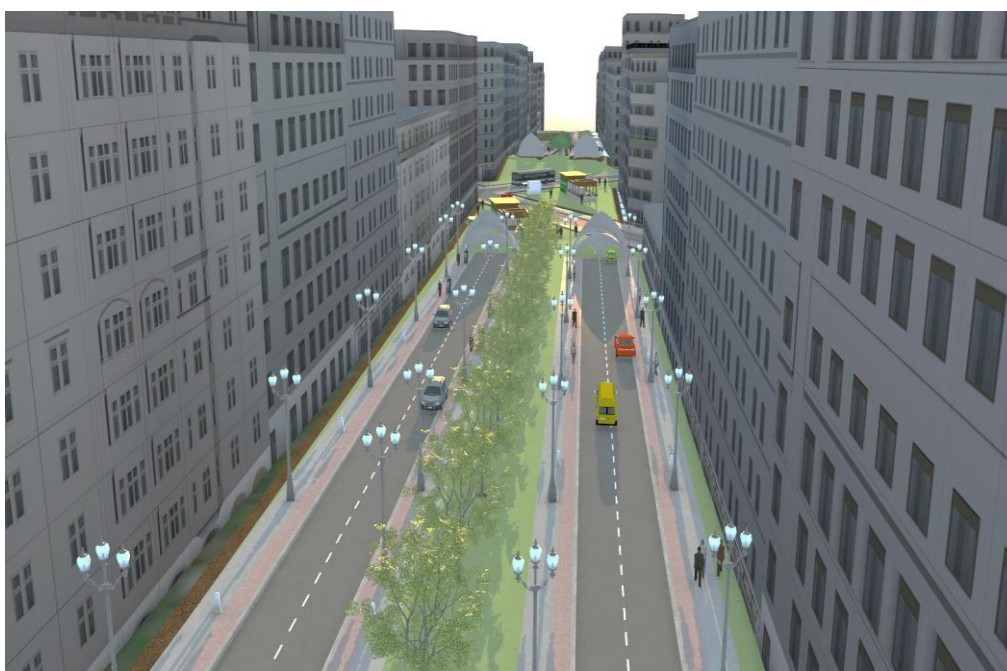


Рисунок 4 – Общий вид на порталы со стороны точки А с учетом жилой застройки

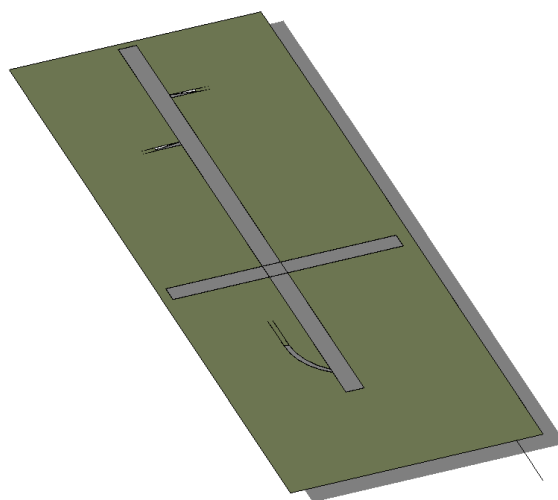


Рисунок 5 – Архитектурно-планировочное решение комплекса (вид сверху)

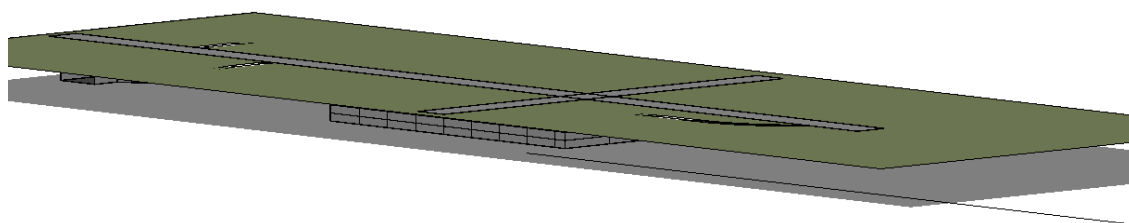


Рисунок 6 – Концептуальное решение сети тоннелей и многофункциональных комплексов, объемный вид портал

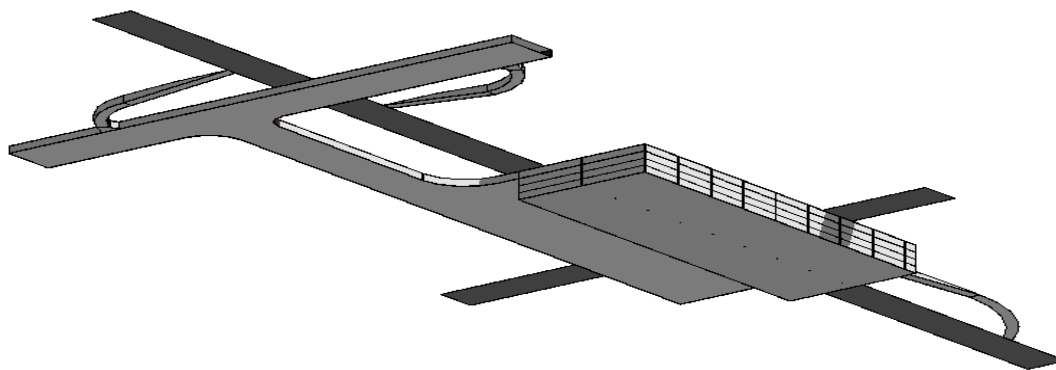


Рисунок 7 – Концептуально решение сети тоннелей (вид снизу)

Литература:

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

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО, НА ПЕРЕСЕЧЕНИИ УЛИЦ КАРЛА МАРКСА И СОЦИАЛИСТИЧЕСКОЙ

*Лавор Артём Андреевич, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках научной работы требуется запроектировать станцию мелкого заложения в городе Гродно, с целью разгрузить улицы города и обеспечить мобильность населения. Принято решение запроектировать станцию вблизи центра города, которая снизит поток автомобилей в этой части населенного пункта (Рис. 1, 2).

Архитектурное проектирование выполнялось в программном комплексе Revit (Рис. 3, 4)

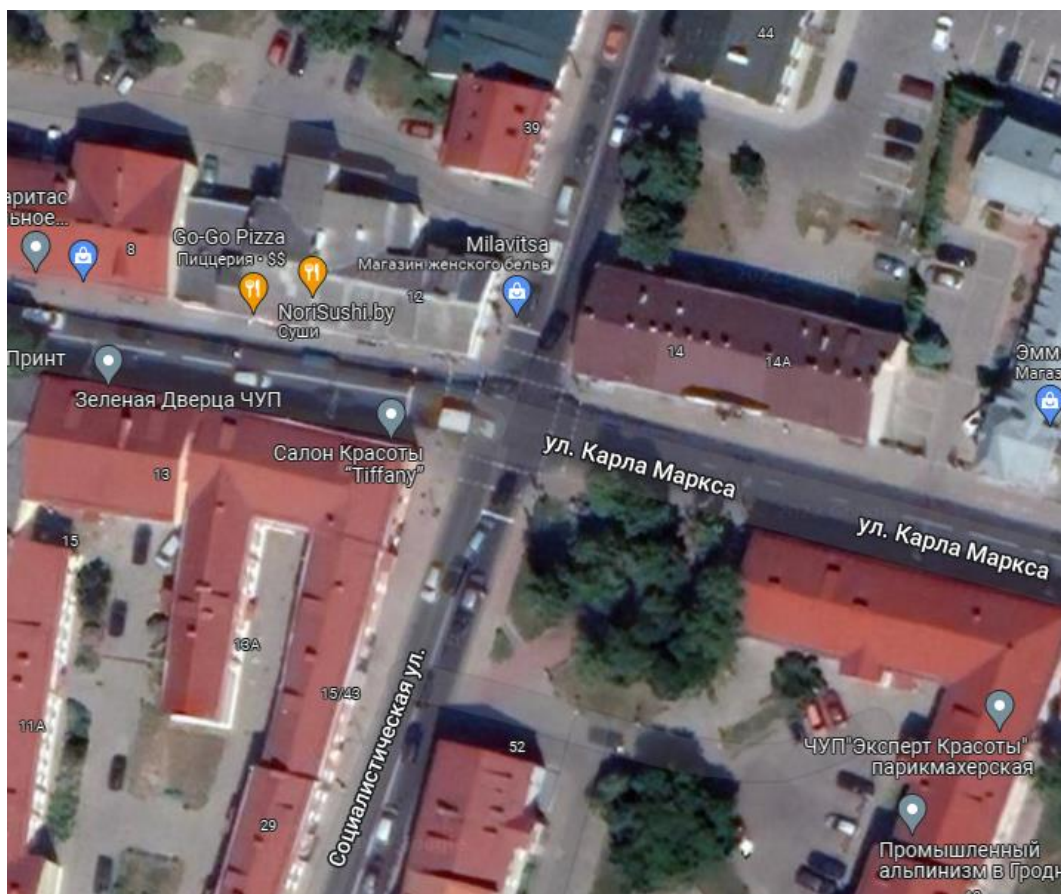


Рисунок 1 – Генеральный план

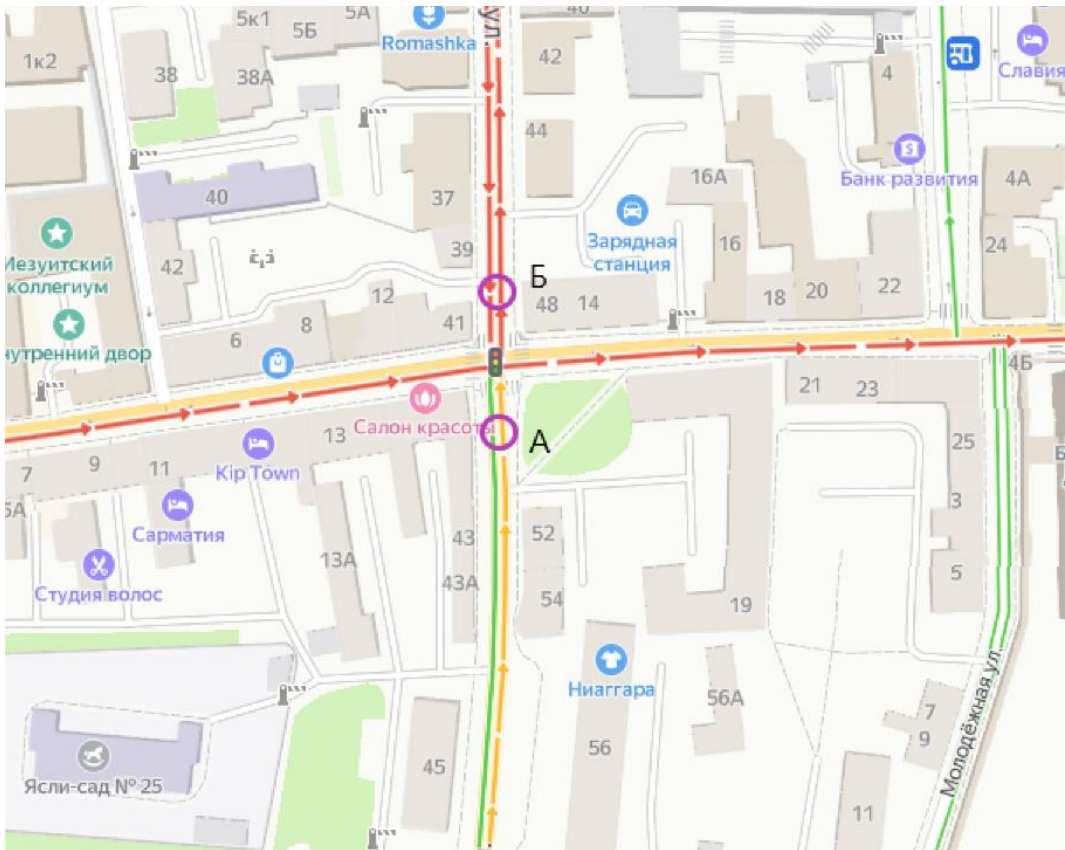
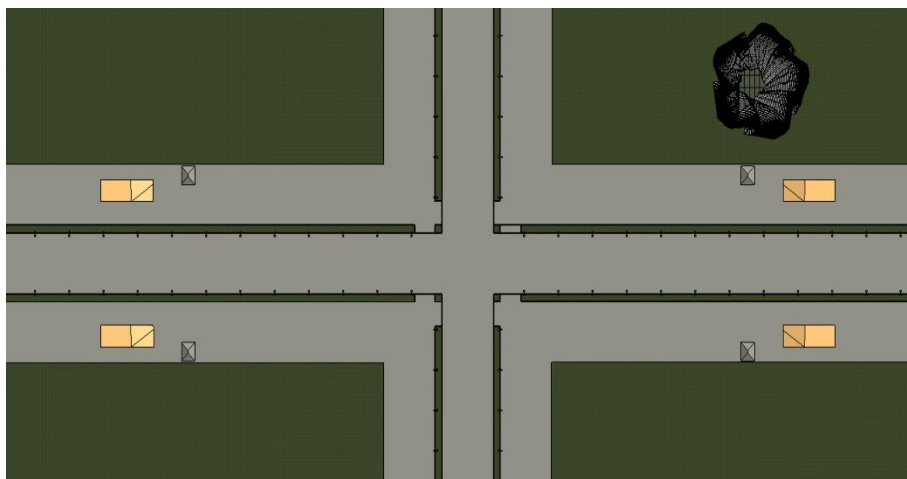


Рисунок 2 – Пробки 9 баллов

А)



Б)



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

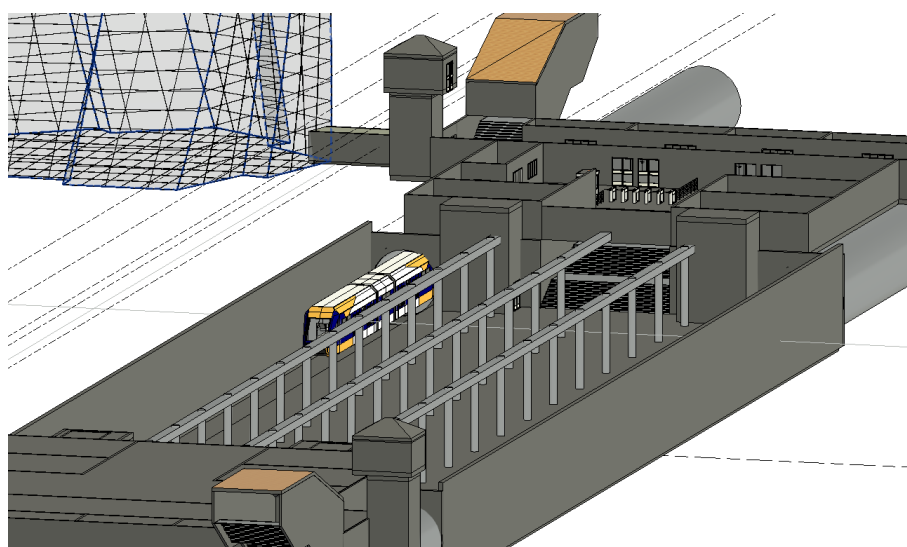
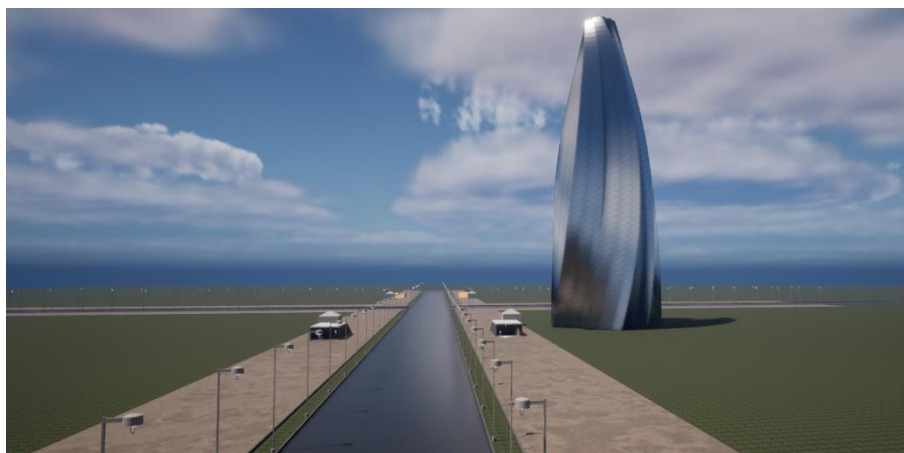


Рисунок 4 – Архитектурно-планировочное решение

Модель создана с использованием технологии виртуальной реальности (Рис. 5). Это позволяет проектировщикам отработать все варианты и конструктивные решения сооружения. Кроме того, использование виртуальной реальности позволяет создавать условия для проведения уроков по технике безопасности.

А)



Б)



Рисунок 5 – Визуализация проекта в виртуальной реальности (А – снаружи станции. Б – внутри)

Особенностью данного проекта является многофункциональный комплекс, в который можно попасть как с улицы, так и из подземного пешеходного перехода (Рис. 6).

Данный комплекс соответствует международным стандартам. Для передвижения по этажам предусмотрены лестницы и лифты. Три этажа сооружения находится под землей. Помимо магазинов в данном проекте предусмотрены офисы, спортивный зал, кинотеатр и другие социально значимые объекты. Отдельного упоминания заслуживают обучающие центры.

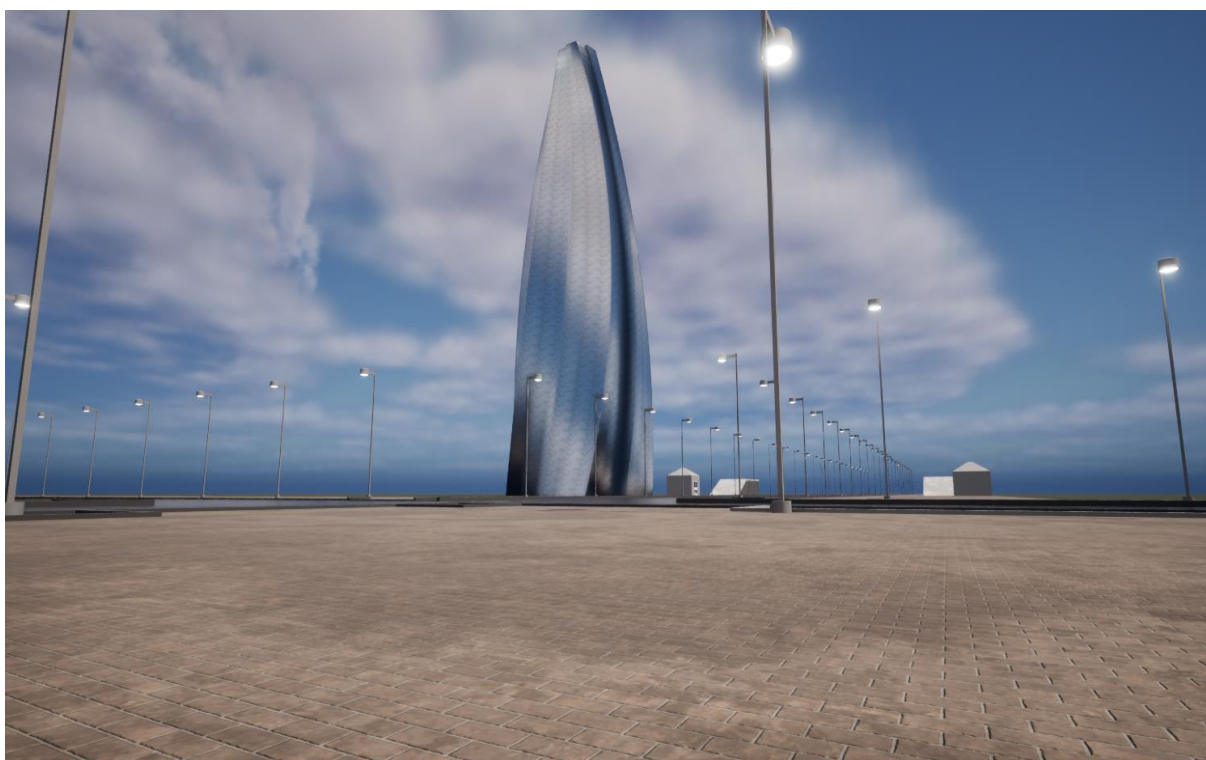


Рисунок 6 – Архитектурное решение многофункционального комплекса

Тоннель, станция и многофункциональный комплекс рассчитывались с помощью программного комплекса SOFiSTiK (Рис.7-11).

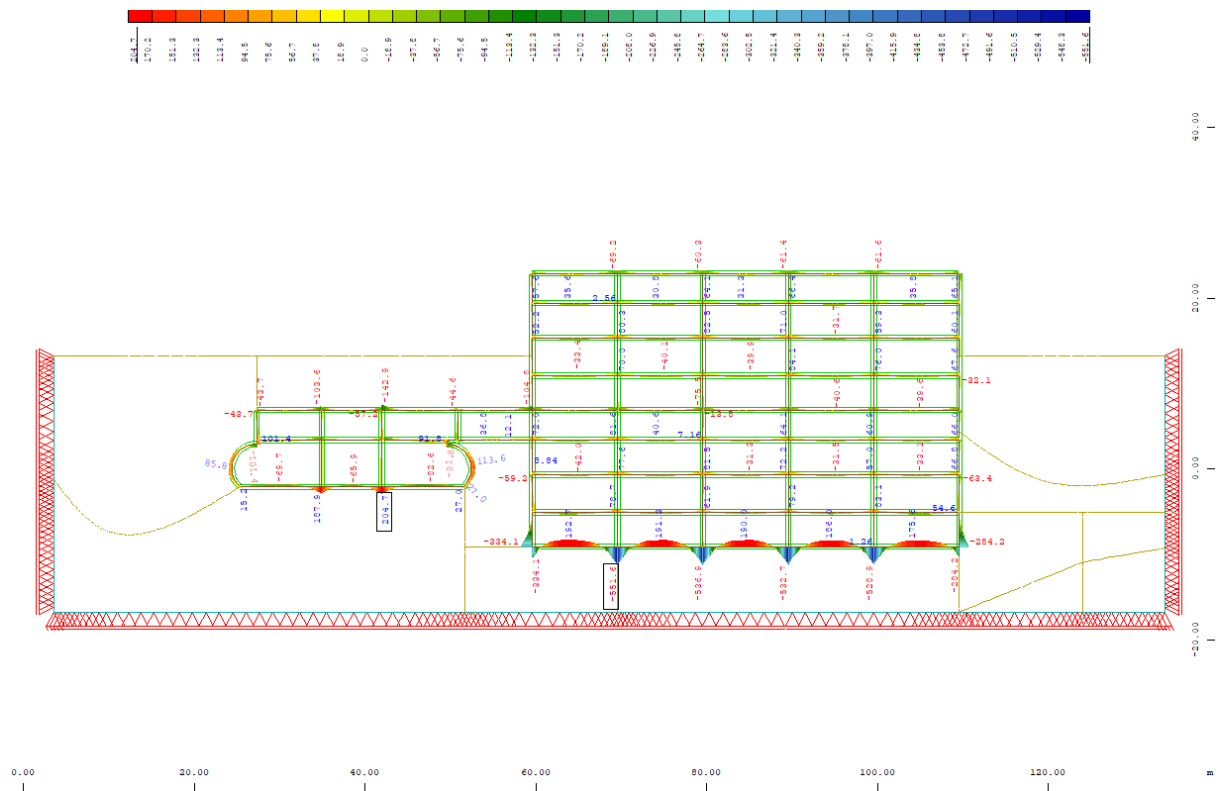


Рисунок 7 – Расчет станции и многофункционального комплекса на максимальный изгибающий момент M_u

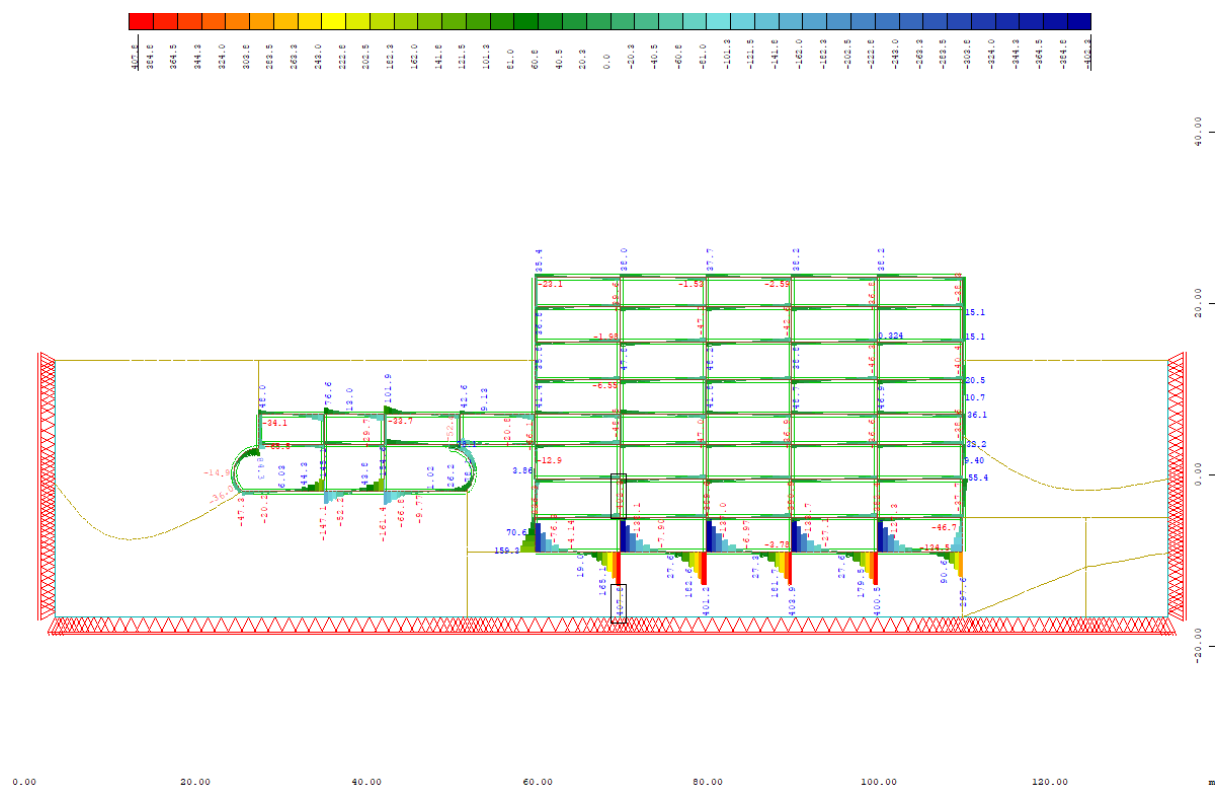


Рисунок 8 – Расчет станции и многофункционального комплекса на поперечные усилия V_z

Литература:

1. Пастушков Г.П., Кузьмицкий В.А., Пастушков В.Г., Оляк В.Ю., Кузьмицкий Д.В. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом //—2005 С.96
2. ТКП 45-3.03-115-2008 (02250). МЕТРОПОЛИТЕНА. Строительные нормы проектирования.
3. Маковский Л.В. «Проектирование автодорожных и городских тоннелей». М., Транспорт, 1993 г.

БЕЗБАЛЛАСТНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЕЙ

*Лазовский Артем Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

В отличие от балластного пути работу пути на сплошном бетонном основании можно анализировать и рассчитывать как взаимодействие инженерной конструкции с опорной структурой. Известны также прогнозируемые сроки службы всех компонентов.



Рисунок 1 – Безбалластное основание

Обеспечивая отличные ходовые качества и низкие расходы на содержание, такой путь становится «стандартом» для многих новых линий.



Рисунок 2 – Путь пониженной вибрации LVT
(Low Vibration Track)

Какие же плюсы можно выделить? Давайте посмотрим...

- Стабильность геометрических характеристик
- Сохранение габарита
- Гарантия постоянной жесткости

Все это дает хорошие ходовые качества и фактически позволяет свести к минимуму потребность в содержании.

В настоящее время путь на бетонном основании принят в основном для использования в тоннелях и, с недавних пор, на путепроводах.

Исходя из того, что упоминалось выше, можно понять, что весь мир стремится к данному виду основания (безбалластному) на железнодорожных путях нежели остановиться на прошлом и продолжать использование балластных путей.

Литература:

1. Инновационный дайджест rzd-expo [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rzd-expo.ru/innovation/infrastructure/way_and_structures/. – Дата доступа: 11.12.2022.
2. Безбалластный путь на бетонном основании zdmira [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zdmira.com/images/pdf/_dm2011-02_68-74.pdf. – Дата доступа: 11.12.2022.

ПАВИЛЬОН ЯПОНИИ, ЕХРО 2000

*Леган Александра Дмитриевна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

«Человек, природа и технология: зарождение нового мира» – именно такая тема была выбрана для всемирной выставки Ехро 2000, которая проходила в Ганновере, Германия, в 2000-м году. Выставочная территория представляла собой целый город со своими улицами и зданиями, которые поражали не только простых посетителей, но и инженеров своей изобретательностью, простотой и экологичностью. В данной статье будет уделено внимание выставочному павильону Японии.



Рисунок 1 – Японский павильон изнутри

Японский архитектор Сигэру Бан отнёсся к тематике выставки очень ответственно и решил использовать в строительстве экологичные материалы, которые после окончания мероприятия могут быть переработаны и использованы повторно. Материалом для основных несущих конструкций был выбран многослойный картон, который был прочным, огнеупорным и сейсмоустойчивым. Помимо бумаги, фундаменты также были пригодны для

вторичной переработки, так как вместо цемента они были построены из песка и стали.

Павильон площадью около 3600 м² представлял собой конструкцию из 440 бумажных трубочек диаметром 12 сантиметров, 20 сантиметров в длину и весом в 100 килограммов, которые были соединены белыми нитками, напоминающими японскую традицию узлов и систем завязывания.

В собранном состоянии изогнутые цельные стержни (без промежуточных стыковочных элементов), многократно пересекаясь между собой, образуют цилиндрическую поверхность.



Рисунок 2 – Оболочка конструкции из картонных трубок

В данной системе серьезной проблемой является процесс сборки, так как требуется или огромное количество различного рода подмостей и подпорок или временная поверхность, по которой укладывается оболочка. Однако инженеры нашли креативный выход из ситуации и использовали уникальное свойство бумажных материалов: сбрасывать через некоторое время внутренние напряжения, возникающие при изгибе или растяжении. Иными словами, если к картонному элементу приложить нагрузку и придать ему необходимую форму и через некоторое время убрать нагрузку, то элемент сохранит получившуюся

форму. Так и поступили со стержнями оболочки. Их разложили в нужной последовательности на земле, связали бумажными жгутами. Затем в нескольких точках были установлены домкраты, которые раз в несколько дней поднимались на определённую высоту тем самым придавая оболочке нужную форму купола. После этого края были схвачены стяжками, чтобы компенсировать силу распора в арочной конструкции. Поверх ромбовидной сетки оболочки были установлены прогоны из клееной древесины, по которым выстилалось покрытие из специального многослойного тонкого материала на основе ПВХ, благодаря чему внутрь проникал естественный свет.

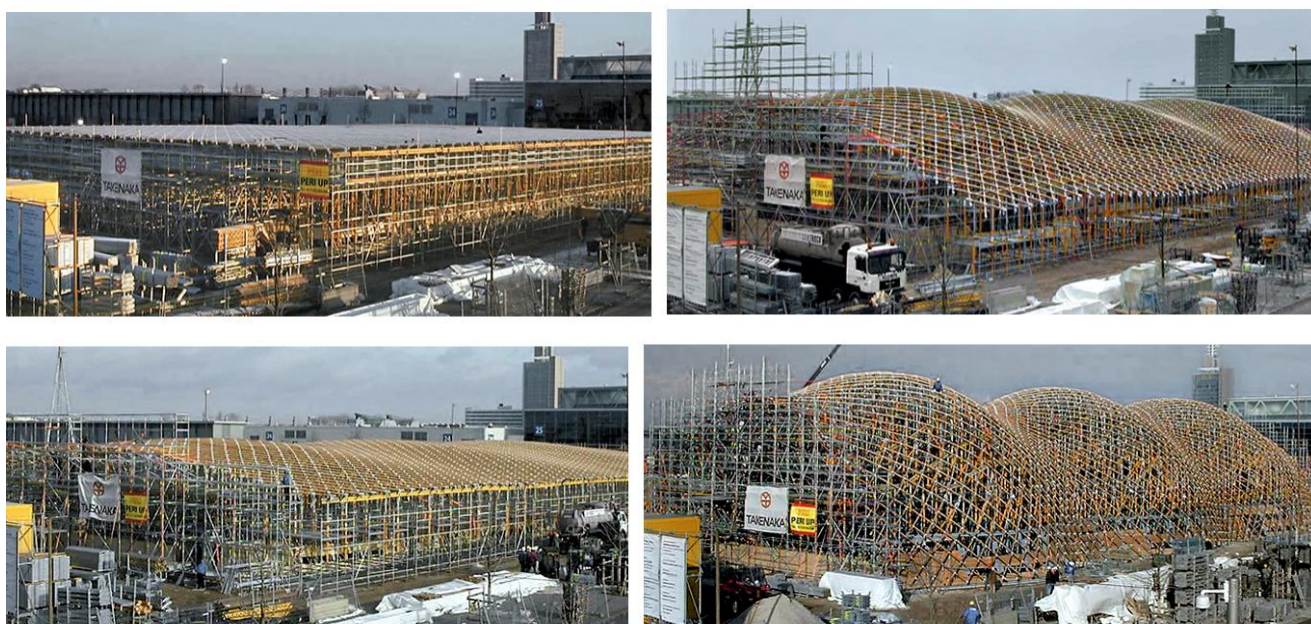


Рисунок 3 – Процесс поднятия картонной оболочки домкратами



Рисунок 4 – Павильон снаружи днём и в вечернее время

Таким образом, японский павильон на выставке Expo 2000 является единственным в мире сооружением таких размеров, выполненным из бумажных материалов. Оно является своего рода шедевром инженерной мысли,

Сооружение получилось лаконичным с архитектурной точки зрения, а также совмещает в себе основы экологичного и безотходного строительства, что прекрасно отражает тематику выставки.

Литература:

1. en.wikiarquitectura.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.wikiarquitectura.com/building/japan-pavillion-expo-2000-hannover/>. – Дата доступа: 10.07.2018.
2. Форма [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.forma.spb.ru/magazine/articles/t_004/main.shtml. – Дата доступа: 02.22.2001.
3. The Architectural Review [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.architectural-review.com/architects/shigeru-ban/paper-palace-in-hanover-by-shigeru-ban>. – Дата доступа: 23.24.2014.

СВАЯ В ТОННЕЛЕ МЕТРО

*Лисюк Павел Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В 2006 году 19 марта, на перегоне между станциями “Войковская” и “Сокол” произошла авария. На поверхности производили работы по установке рекламного щита прямо над тоннелем метро. Работники из “Полюс-м” производили работы по забиванию свай. Они натыкаются на что-то твердое, и приняв за твёрдый слой грунта, пробивли тубинги тоннеля. В итоге одна из них проникла внутрь тоннеля, повредив третий вагон поезда. Благо никто из пассажиров не пострадал. Но если представить, сколько могло быть жертв если авария произошла в час пик.



Рисунок 1 – Демонтаж застрявшей сваи

В тоннеле в этот момент произошло следующее. Машинист поезда (Андрей Ульянов), заметив впереди сваю, которая преграждала путь, и успел применить экстренное торможение. Полную остановку произвести не удалось, свая помяв кабину машиниста, а в конечном застряла в третьем вагоне. 25-летний Андрей Ульянов, управляющий поездом, был впоследствии награжден орденом

«За заслуги перед Отечеством» второй степени. Реакция машиниста помогла избежать человеческих жертв, а также Андрей грамотно организовал эвакуацию пассажиров.

Авария произошла недалеко от станции «Войковская»- эвакуировать около пятисот пассажиров удалось всего за полчаса. всем им предстояло пройти по тоннелю около полукилометра до станции "Войковская". В первую очередь пожилым людям, была оказана психологическая помощь из-за сильного волнения.



Рисунок 2 – Дизель-молот для забивания свай на месте происшествия

После аварии одновременно с восстановлением тоннеля началось расследования причин происшествия. Щит устанавливали над железнодорожными путями Рижского направления. Это и позволило руководству метрополитена возложить ответственность за произошедшее на Московскую железную дорогу. Как выяснилось, компания Полюс-М третий день вела работы совершенно без согласительных документов и разрешений.

Подрядные организации Московской железной дороги признал виновными в случившемся и мэр столицы Юрий Лужков. Он пообещал применить самые жесткие санкции к тем, кто проводил работы по установке щита. 20 марта 2006 года был задержан генеральный директор компании «Полюс-м» Радислав Лыба. На допросе он признал, что его компания производила работы без разрешенной документации.

Литература:

1. Lenta.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lenta.ru/articles/2006/03/20/subway/>– Дата доступа: 20.03.2006.
2. Pikabu.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pikabu.ru/story/kak_svayu_v_poezd_vbili_proisshestvie_v_metro_19_marta_2006_goda_7953163. – Дата доступа: 19.12.2021.
3. Dzen.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dzen.ru/media/ogon/chto-sluchilos-v-metro-19-marta-2006-goda-5ff33c83bb14d54ffb008bbb>. – Дата доступа: 04.12.2021.

ЯНСЫГАН

*Лисюк Павел Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Мост через реку Янссен Янцзы – это мега-подвесной мост с основным пролетом 1700 м. Он двухэтажный с 12 полосами движения по автомагистралям для городского движения. Открытый для движения в октябре 2019 года, мост стал важным примером проекта с высокой эталонной стоимостью благодаря своим новаторским характеристикам, таким как двухпалубная конструкция с большим пролетом и высокопрочные стальные проволочки большого диаметра для магистральных кабелей, с полностью сварной конструкцией для больших опорных сегментов, разработанной с использованием инновационных методов и т. д. Сооружение предусматривает проектные инновации с точки зрения проектирования и строительства, а также передовые концепции проектирования и практические технологии, используемые для этого подвесного моста с ферменными балками. Инновации в области аэродинамической устойчивости, противопожарной защиты, усталостной устойчивости и внешнего вида этого моста также представлены в качестве технического стандарта.



Рисунок 1 – Мост Янсыган

Подвесной мост предусматривает имеет две дорожки для пеших прогулок шириной по 2 метра, с восемью зонами отдыха и осмотра

достопримечательностей, где люди могут наслаждаться речным пейзажем (пешеходная дорожка располагается на верхней палубе)



Рисунок 2 – Вид с пилона мост Янсыган



Рисунок 3 – Проезжая часть моста

С июля 2015 года по сентябрь 2019 года производители продемонстрировали всему миру, как быстро развивается новый Китай. Мост не только укрепляет репутацию Уханя как "Города мостов", но и представляет собой суперпроект новой эры, приближающейся к 70-летию Китайской Народной Республики.

Литература:

1. Stroyone.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Yangsigang Yangtze River Bridge - stroyone.com-Дата доступа: 25.12.2022.
2. xinhuanet.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Aerial view of Yangsigang Yangtze River bridge in China's Wuhan - Xinhua | English.news.cn (xinhuanet.com) – Дата доступа: 10.08.2022.

АКВАПАРК В НОВОСИБИРСКЕ. СТРОИТЕЛЬСТВО КУПОЛА

*Литвинюк Никита Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Первый в Новосибирске аквапарк. Сразу было принято решение накрыть аквапарк куполом (сделать его закрытым), часть конструкции уже установлена на объекте и это хорошо показано на рисунке 1. Строительство данного аквапарка началось в 2015-ом году.



Рисунок 1 – Начало покрытия

Строительство находится недалеко Димитровского моста на левом берегу реки Оби. Когда происходило строительство аквапарка, то один из шокирующих факторов горожан был тем, что сам купол сделан из дерева. Многие горожане наблюдали за стройкой и в народе, огромные фермы, которые поднимают в воздух и ставят на опорное кольцо, напоминающее Колизей (наиболее известное

и одно из самых грандиозных сооружений Древнего мира) романтично прозвали «лепестками».

Когда купол уже было готов наблюдать за стройкой было особенно интересно, так как никогда похожего на это чудо, многие люди даже не могли представить в Новосибирске. Огромные деревянные балки-лепестки с помощью крана взмывали в воздух и «летели» на свои места. После конца рабочего дня, корреспондентам разрешили первый раз побывать внутри. Оказавшись под куполом, корреспонденты пришли в восторг от грандиозности сооружения: диаметр купола составит 80 м. Он будет на 20 м шире купола оперного театра и на 12 м выше Димитровского моста.

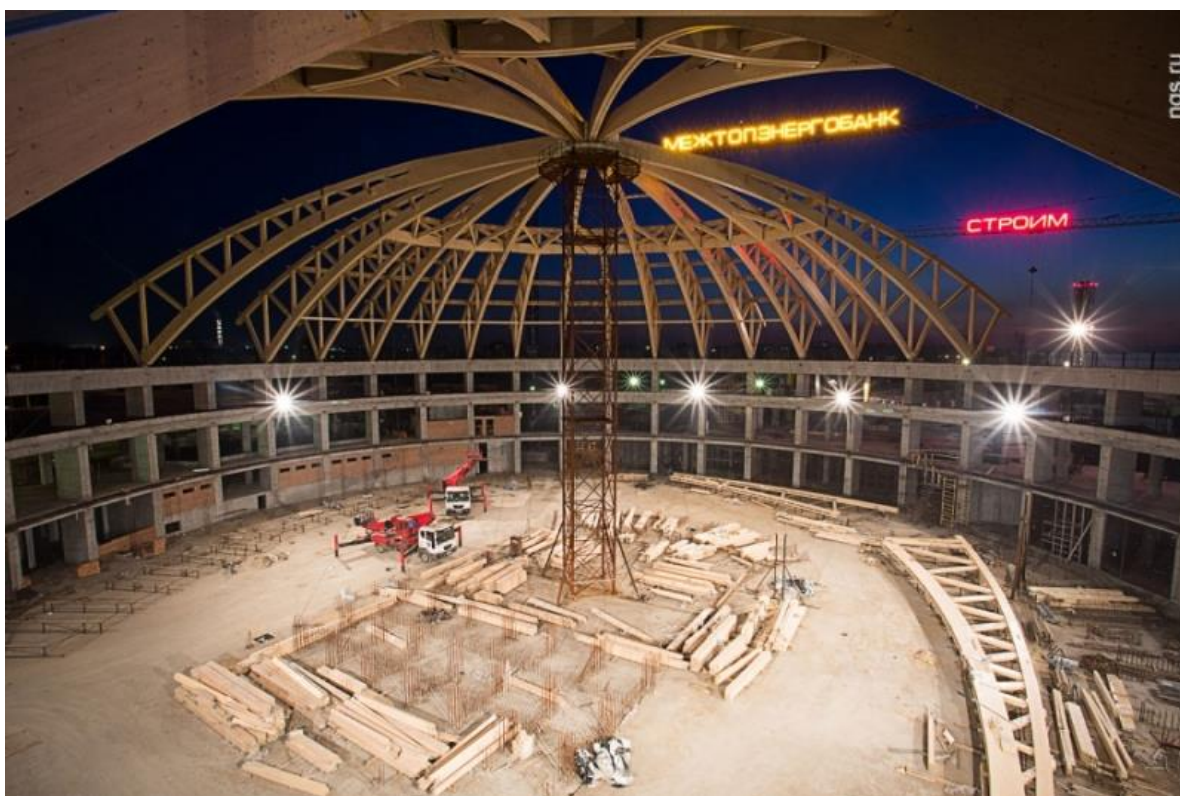


Рисунок 2 – Вид изнутри

Люди которые жили недалеко от Димитровского моста могли наблюдать прекрасный вид на всю стройку, хорошо было видно, как со стороны реки выкладывали стены, когда шло строительство речного фасада. Сам же купол выполнен клееных деревянных ферм, устойчивых к агрессивной среде. По расчетам, когда весь купол будет готов деревянные конструкции будут весить 850 тонн, а весь купол - 1000 тонн.

Общий объем инвестиций в проект оценивается в 2,6 млрд руб. Билет обойдется гостям в 800 рублей за трехчасовое посещение.



Рисунок 3 – Завершение строительства

После открытия аквапарка начали строительство рядом гостиницы и многоуровневой парковки, также будет облагорожена прибрежная зона.

Литература:

1. nsk.kp.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nsk.kp.ru/daily/26593/3608595/>. – Дата доступа: 12.07.2015.
2. vseon.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vseon.com/analitika/budushchee/akvarpark-v-novosibirske-ishhet-nazvanie>. – Дата доступа: 14.07.2015.

ВОЛГОГРАДСКИЙ МОСТ «ТАНЦУЮЩИЙ МОСТ»

*Литвинюк Никита Дмитриевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Строительство моста началось в 1996 году. Так как долгое время этот проект не получал федерального финансирования, то он начал относиться к числу мостов-долгостроев. Только за 9 лет смогли выполнить около 30-40% всех работ начального этапа. Данный мост будет разделен на 4 очереди, а протяженность всех 4-ех очередей будет 30-км. Это самый длинный мост Европы.



Рисунок 1 – Начало строительства

Мост проходит через Волгу в центре Волгограда. Этот мост один из крупнейших долгостроев этого города. Завершение этого строительства решит довольно много транспортных проблем: разгрузит федеральные трассы, сможет обеспечить выход на республики Средней Азии и создаст дополнительный транспортный коридор.

После открытия моста прошло чуть больше полугода и мост пришлось закрыть, в этот день он и получил название «танцующий мост». Причиной в тот день раскачивания моста многие посчитали сильный ветер и просчеты в конструкции.

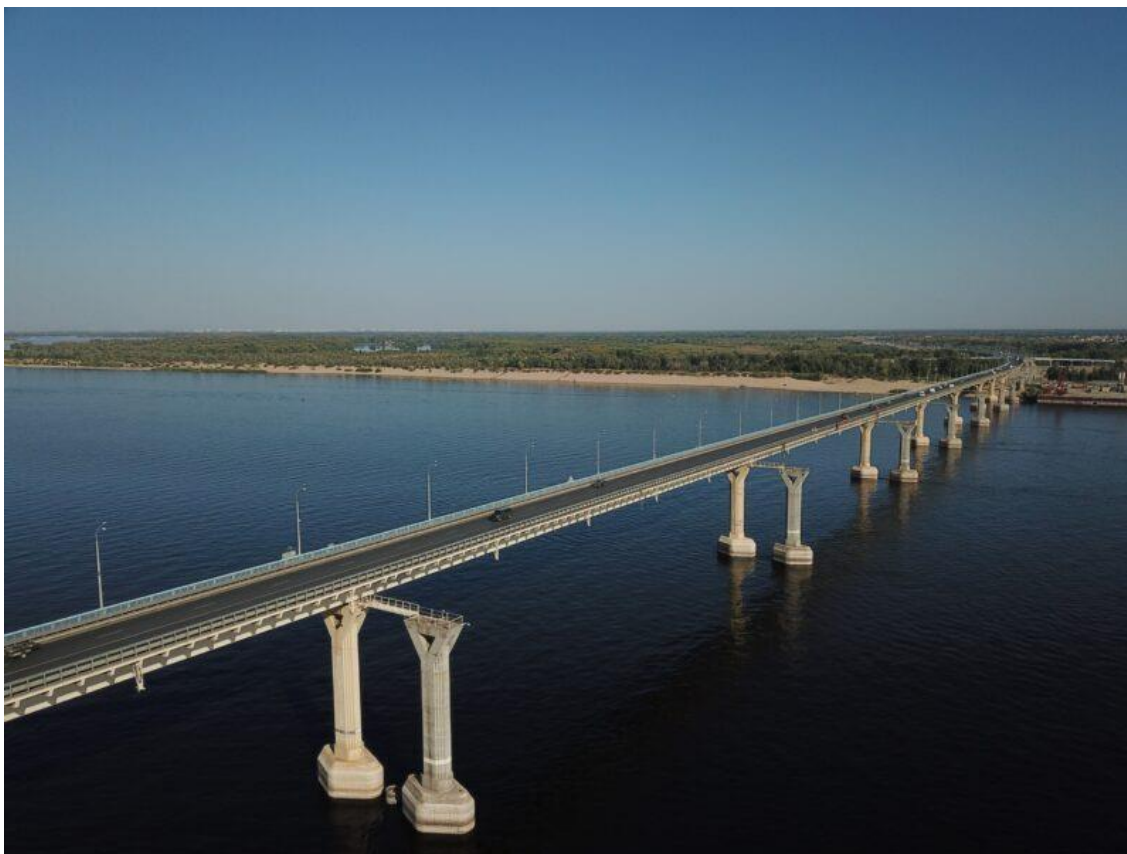


Рисунок 2 – открытие одной стороны моста

Когда происходило строительство моста, то была применена уникальная технология(конструкция) опор с разделением вертикальной и горизонтальной нагрузки. Данное решение смогло помочь сократить сроки открытия моста.

Литература:

1. wikipedia.org [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Волгоградский_мост. – Дата доступа: 17.05.2008.
2. v1.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://v1.ru/text/gorod/2018/10/06/65471471/>. – Дата доступа: 23.12.2022.

НАДЗЕМНЫЙ ПЕРЕХОД В ХИМКАХ

*Миронович Артур Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Надземный переход в городе Химки. Пешеходный переход расположен на пересечении Юбилейного проспекта и улицы 9 мая. Данный переход является необычным сооружением, так как изготовлен из композитных материалов. Он соединяет 4 части перекрёстка и при этом расположен над землёй. В сооружении также запроектировано 4 пассажирских застеклённых лифта обзорного типа.



Рисунок 1 – Общий вид сооружения

Переход был построен осенью 2011 года. На каждой из четырех сторон возведены застеклённые башни, оборудованные лестницами и лифтами. Под переходом находится автомобильное кольцо, которое раньше было оборудовано нерегулируемой «зеброй», но с появлением перехода «зебра» сменилась на лежачие полицейские, чтобы уменьшить скорость машин на въезде на кольцо.

Литература:

1. АпАТЭК – Прикладные перспективные технологии. [Электронный ресурс] – http://www.apatech.ru/openwork_lattice.html - Дата доступа: 01.12.2022
2. Химки. [Электронный ресурс] - <https://inhimkicity.ru/news/obschestvo/kogda-otremontiruyut-nadzemnyu-perehod-v-himkah> – Дата доступа: 18.11.2019
3. Московский новости. [Электронный ресурс] – <https://www.mn.ru/moscow/transportation/76079> – Дата доступа: 29.11.2011

ЗОЛОТОЙ МОСТ

*Назин Данила Евгеньевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Золотой мост – вантовый мост через бухту Золотой Рог во Владивостоке. Это одна из главных достопримечательностей Владивостока. Этот мост входит в пятёрку самых больших вантовых мостов в мире. Его строительство было закончено в 2012 году.

Мост соединяет центр Владивостока с отдалёнными районами. Создавался он как для автомобилистов, так и для пешеходов.

Основные параметры моста представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры моста

Наименование	Параметры
Длина	1388,09 метров
Ширина	30 метров
Высота	64,25 метра



Рисунок 1 – Золотой мост

Для автотранспорта действует шесть полос движения.



Рисунок 2 – Золотой мост

Сотни людей выходят, лишь для того, чтоб просто посмотреть на эту неописуемую красоту.

Литература:

1. Wikipedia (Википедия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Золотой_мост. – Дата доступа: 18.12.2022.

САЛЕХАРД, РЕСТОРАН НАД МОСТОМ, ЯНАО

*Осипов Андрей Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Вантовый мост «Факел» в городе Салехарде является не просто важной транспортной артерией города, но и оригинальным архитектурным сооружением. Благодаря своей необыкновенной конструкции мост стал визитной карточкой Ямало-Ненецкого автономного округа. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Вантовый мост «Факел»

В декабре 2004 г. в Салехарде состоялось открытие автодорожного вантового моста под названием «Факел». Мост был проложен через реку Шайтанка, которая разделяет город на две части. Общая высота моста составляет 100 м.

С первого взгляда, кажется, что мост вот-вот упадет в реку. Такая иллюзия создается из-за нестандартного решения его создателей. Единственный пилон, который удерживает мост, по задумке архитекторов был специально наклонен в сторону аэропорта и реки. Благодаря чему вантовый мост как будто висит над водной гладью.

Под 50-м пролётом вантового моста находятся крытый дебаркадер с разгрузочной пищеблока, крытая автомобильная стоянка, рассчитанная на 20

машин, и лифтовой вестибюль. В каждом опорном пилоне находятся вертикальные коммуникации и эвакуационная лестница.

Одной из особенностей вантового моста «Факел» является прекрасный двухэтажный ресторан, откуда открывается поразительная панорама на весь город.

БУГРИНСКИЙ МОСТ

*Потопович Станислав Александрович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Огромный мост через реку Обь. Был построен за 57 месяцев в г. Новосибирске и введен в эксплуатацию в октябре 2014 г. На его открытие приезжал Президент Российской Федерации В.В.Путин.

Благодаря его строительству улучшилась транспортная инфраструктура города. Мост позволил разгрузить транспортные потоки через другие мосты города.

Параметры моста (Табл. 1)

Таблица 1 – Параметры моста

Наименование	Параметры
Длина	2 091 метр
Ширина	34,56 метра
Высота	92 метра



Рисунок 1 – Бугринский мост

Он очень красиво смотрится утром, в пелене тумана...



Рисунок 2 – Бугринский мост

...и ночью, когда огромная конструкция сияет тысячами огней.

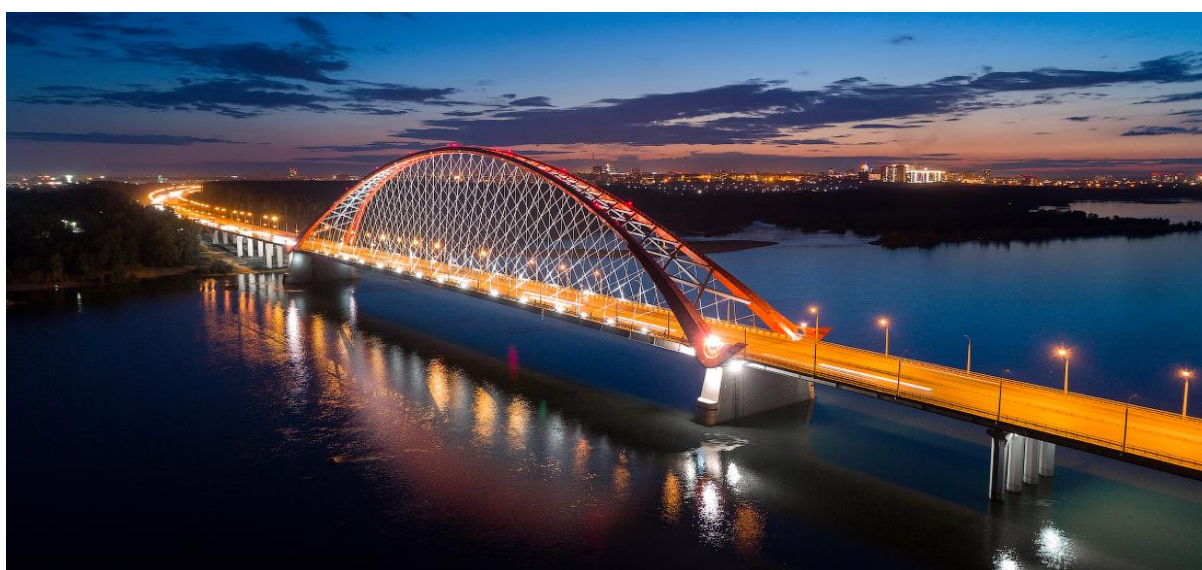


Рисунок 3 – Бугринский мост

Литература:

1. Wikipedia (Википедия) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Бугринский_мост. – Дата доступа: 30.11.2022.

ГИБКИЙ БЕТОН

*Приборец Анастасия Евгеньевна, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В состав гибкого бетона входит цемент, волокна, песок, вода и суперпластификаторы. Он отличается тем, что при больших деформациях не ломается и сохраняет свою гибкость.

Некоторые из важных составляющих гибкого бетона кратко описаны ниже:

1. Волокна в гибком бетоне

Наиболее часто используемыми волокнами являются асбестовые волокна, стеклянные волокна, стальные волокна и т.д. Свойство гибкости бетону придается присутствующими в нем волокнами. Волокна также служат в качестве армирования бетона. (Рис.1). На них нанесено фрикционное покрытие. Это покрытие создает трение между волокнами, что предотвращает образование трещин в бетоне, это также обеспечивает его гибкость.



Рисунок 1 – Испытание гибкого бетона

2. Мелкие заполнители в гибком бетоне

Обычный песок, используемый для очистки воды, является лучшим мелким заполнителем для гибкого бетона. Некоторые из заменителей, такие как микрокремнезем, доменный шлак и летучая зола, также могут использоваться для производства гибкого бетона.

К особенностям гибкого бетона относятся:

- Прочность на растяжение составляет от 10 до 15 МПа.
- Гибкий бетон приобретает свойство самовосстановления, что способствует заполнению микротрещин комплексным продуктом, образующимся в результате реакции цемента с дождевой водой.
- Предельные относительные деформации в растянутой зоне при изгибе могут достигать 3-5%.
- Деформационная способность гибкого бетона в 300 раз выше, чем у обычного бетона. Именно этот фактор обеспечивает его гибкость.

Несколько недостатков гибкого бетона:

- Устройство гибкого бетона требует квалифицированной рабочей силы.
- Высокая стоимость.
- Наличие специальных материалов, которые трудно получить.
- Качество гибкого бетона зависит от качества материалов и атмосферных условий, в которых он производится.
- Прочность на сжатие гибкого бетона меньше по сравнению с обычным бетоном.

Основные сферы применения гибкого бетона:

1. Строительство дорог и мостов

Строительство дорог и мостов с использованием гибкого бетона исключает использование деформационных швов. Это связано с тем, что у гибкого бетона есть способность изменять свою форму.

2. Строительство сейсмостойких зданий

Здания из гибкого бетона способны выдерживать большие растягивающие напряжения. Следовательно, они могут противостоять высокой вибрации, вызванной землетрясениями.

3. Строительство бетонного дорожного полотна

Бетонное дорожное полотно, в основном изготавливаемое для военных целей, должно быть очень прочным и долговечным. Это может быть достигнуто благодаря использованию гибкого бетона.

Литература:

1. Гибкий бетон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://theconstructor.org/concrete/flexible-bendable-concrete-composition-application/36008/> – Дата доступа: 21.11.2022.
2. Что такое гибкий бетон и почему ему не нужна арматура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.zaggo.ru/article.html> – Дата доступа: 21.11.2022.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ МОСТОВ

*Рудько Антон Васильевич, студент 2-го курса
кафедры «Автомобили»*

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

Математические модели мостов создаются на основе численных, а также геометрических и параметрических алгоритмов. Основная информация создания математических моделей мостов описывается различными системами математического исчисления. Существуют следующие общепринятые мировые системы исчисления: двоичная, восьмеричная, десятичная и шестнадцатеричная системы.

С древних времен люди учились создавать системы счета от простых методов к более сложным. Первоначальное моделирование мостов представляет собой создание реальной модели конструкции из реальных материалов, которые описываются числовым математическим алгоритмом. Такое моделирование именуется аналоговым. «Данный подход к моделированию мостов широко использовался до 80-х годов прошлого века. Широко известна модель деревянного моста через Неву в масштабе 1:10, построенная и испытанная И.П. Кулибиным в 1776 г.». [1]

Научно-технический прогресс обусловил появление более сложных подходов к созданию моделей мостов, функциональные возможности и инструментарий которых обеспечил проведение комплекса мер с интеллектуальной проработкой всех этапов конструкции моста от создания трехмерной анимации поведения сооружения в процессе моделирования до проработки широкого спектра проектных решений по оптимизации конструкции объекта на разных этапах его возведения и эксплуатации, т.е. всего жизненного цикла объекта с его последующей инновационно-технической модернизацией.

На сегодняшний день существует огромный перечень выдающихся ученых, объектом исследования которых выступали такие строительные сооружения как мосты. Здесь следует отметить Н.С. Стрелецкого, А.Р. Ржаницына, Г.К. Евграфова, В.В. Болотина и т.д.

Исследуя настоящую проблематику, в первую очередь, представляется необходимым обратиться к разработкам советского ученого, основоположника методики расчета строительных конструкций по предельным состояниям, Н.С. Стрелецкому, который в своем исследовании применительно к мостовым

сооружениям одним из первых предложил мировому сообществу оценку надежности мостов. Суть данной концепции заключается в следующем:

«Оценка производится из наложения кривых распределения воздействий S на конструкцию и её несущей способности F .

Оценка вероятности отказа:

$$q (S>F): q_n > (w_1 \cdot w_2).$$

Оценка надежности P снизу:

$$P (S \leq F) > (1-w_1) \cdot (1-w_2) = 1 - (w_1 + w_2) + w_1 \cdot w_2.$$

Следовательно, оценка отказа сверху:

$$q_b < w_1 + w_2 + w_1 \cdot w_2.$$

Отсюда имеем двустороннюю оценку отказа:

$$w_1 \cdot w_2 < q < w_1 + w_2 - w_1 \cdot w_2.$$

Применив нижнюю оценку вероятности отказа, Н.С. Стрелецкий предложил так называемую гарантию неразрушимости:

$$\Gamma = 1 - w_1 \cdot w_2.$$

По нормам того времени эта величина составила:

$$\Gamma = 1 - (10^{-7} \div 10^{-8}). [2]$$

Таким образом, проведение математических расчетов в строительстве мостов основывается на математических формулах в буквенном выражении с последующим численным расчетом. Подобный подход к строительству моделей мостов на примере исследования, проведенного Н.С. Стрелецким, ярко иллюстрирует важность осуществления математических операций с учетом внешних факторов влияния на конструкцию моста, что обеспечивает высокую надежность конструкции сооружения.

Литература:

1. А.С. Большев, И.Л. Благовидова, А.В. Пьянов. Математическое моделирование операций по установке пролетных строений крымского моста // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2018. Т. 24. № 2. С. 182—198.
2. Васильев А.И. Оценка грузоподъемности и долговечности мостов: методическое пособие / А.И. Васильев. - М.: Мади, 2016. – 40 с.

АРКА БИТТЕРФИЛЬДА

Скрипчук Владислав Иванович, Колбик Егор Сергеевич,

студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Ходяков В.А., старший преподаватель)

Гора Биттерфельд высотой не более 109 метров, бывшая свалка на ближнем открытом карьере, несколько лет назад превратилась в арку Биттерфельда - стальной арочный мост впечатляющей длины 81 метр и общей высоты 28 метров, построенный в 2005-2006 годах. Арка является архитектурной изюминкой и одной из достопримечательностей Биттерфельд-Вольфена. Она хорошо различима издалека, и с недавних пор включена в логотип города.

Гора Биттерфельд расположена к юго-востоку от города Бит-Терфельд. Она образовалась в виде высокой насыпи высотой от 25 до 35 м над окружающей местностью, а также над наклоненной дневной строительной площадкой шахты Леопольд. В результате низкой грузоподъемности насыпного материала, продемонстрированной в ходе наземной экспертизы, для арки Биттерфельд был подготовлен грунт, состоящий из фундаментных балок (плиты для свай) и распределено расположенных весовых свай малого диаметра в соответствии с DIN 4128, 150, общей длиной около 2100м. Максимальная одиночная длина свай составляет 37,50м.

Поскольку это сооружение не классифицируется как мостовое сооружение в соответствии с DIN 1055 были сделаны предположения о нагрузке. Транспортная нагрузка для пандусов здесь составляет 5,0 кН/м², что является решающим фактором. Ветровые нагрузки были рассчитаны в поперечном и продольном направлениях дуги с учетом открытой местности, температурные нагрузки были дополнительно учтены при расчете и неблагоприятные нагрузки на другие случаи. Для комбинаций нагрузок ветровые и температурные нагрузки были неблагоприятно наложены без каких-либо смягчающих факторов. Ветровые нагрузки были рассчитаны на полосы движения высотой 2 м в зависимости от имеющегося пассажирского транспорта. Для вычислений в соответствии с теорией второго порядка были определены несовершенства теорем в соответствии с DIN 18800-2.

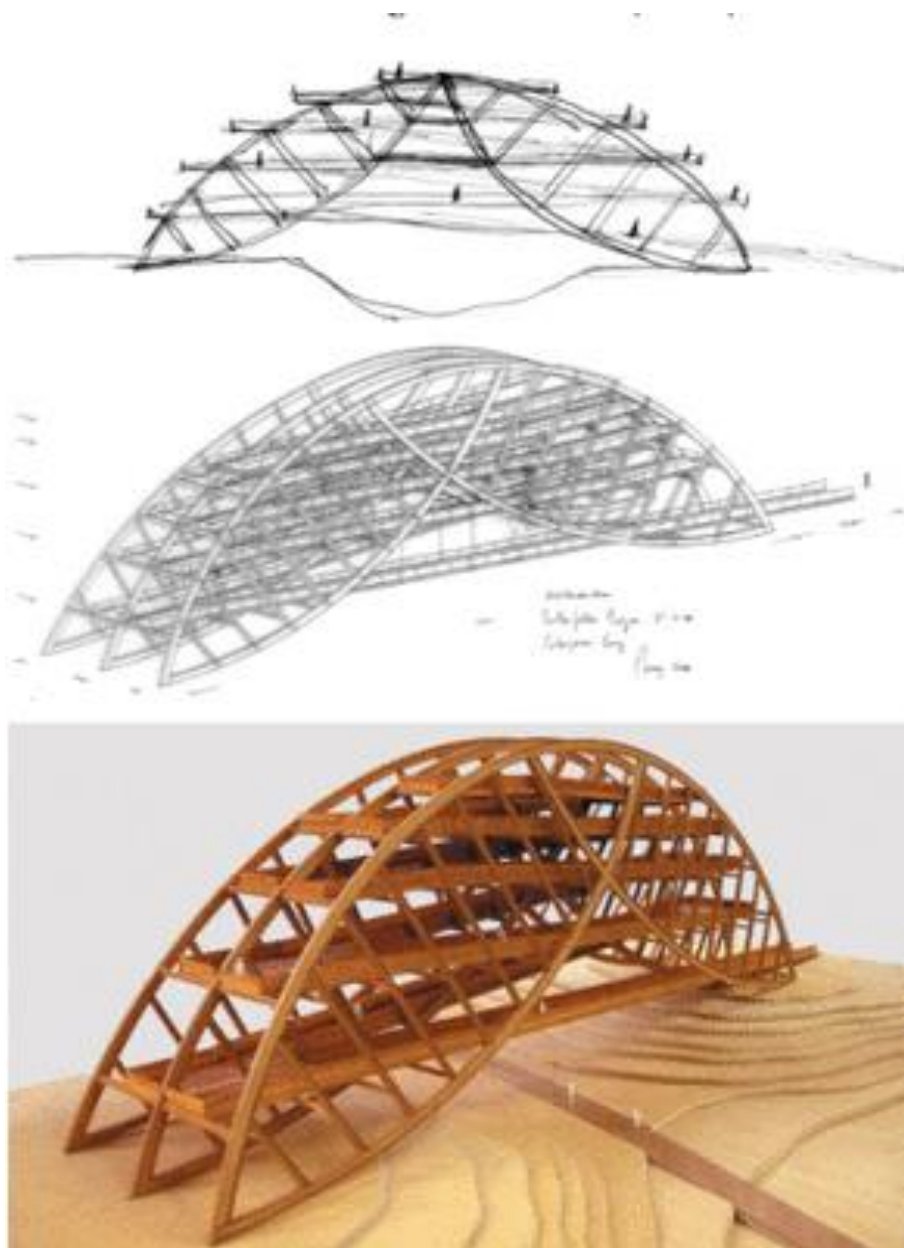


Рисунок 1 – Строение арки

Смотровая площадка была спроектирована франкфуртским художником Клаусом Бери, и посетители многое вкладывают в её формы. Некоторые видят в произведении искусства негабаритную изогнутую арку, другие видят захват бурого угольного экскаватора, но, возможно, художник позаимствовал эту форму у движения ковша экскаватора. В то время как вогнутая форма предназначена для обозначения ям Гойцше, выпуклые формы символизируют засыпку отвала на горе Биттерфельдер. Символично, что арка Биттерфельда должна стать переходом от старых промышленных предприятий к современному химическому парку и от добычи бурого угля к благоустроенному ландшафту.



Рисунок 2 – Современный вид арки

Сооружение опирается на два овальных крыла, по диагонали прислоненных друг к другу, образуя арку и третье уходящее в глубину. Арки простираются примерно на 70 м и состоят из сварных коробчатых секций. Пандусы с уклоном 6% расположены в двух пустотах конструкции. Внутренние арки монтируются в наружных арках, соединенных друг с другом горизонтальными балками, так, что создается многоуровневая каркасная система.

Пандусы ведут уровень за уровнем до последней смотровой площадки на высоте около 21 метра. На каждом повороте есть небольшая скамейка, которая приглашает на перерыв, так что вы можете наслаждаться пейзажем с высоты птичьего полета. В общей сложности вам нужно преодолеть 540 метров, до конечной точки арки Биттерфельда на самом верху.



Рисунок 3 – Вид из смотровой площадки

Произведение искусства позволяет получить уникальный вид на недавно созданный культурный и озерный ландшафт. Популярным местом отдыха стал затопленный ранее открытый карьер Гойцше - совместная работа шахтеров, проектировщиков, художников, а также муниципальной и государственной политики. Дизайнерские достижения получили широкое признание и за пределами Саксонии-Анхальт. Так, в 2003 году на экологическом форуме ООН и DaimlerChrysler, Гойцше был включен в международную сеть парков мира как первый пейзаж в Центральной Европе, представленный на Международном экологическом форуме ООН и DaimlerChrysler.

МОДУЛЬНЫЕ ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

*Сопчак Павел Андреевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Модульные конструкции – это принцип проектирования, где систему разделяют на более мелкие части – модулями. Их главное преимущество – это возможность быстро изменить форму, расширить или, наоборот, сузить наше здание.

В нашем случае мы используем деревянные материалы, так мы получаем долговечную, легкую, прочную, а главное – экологически чистую конструкцию. Химическая инертность древесины позволяет перекрывать помещения, где металл бы подвергнулся коррозии. В случае пожара клееные деревянные конструкции долго сохраняют несущую способность, т.к. они обгорают только сверху и держатся более 45 минут.

В 2018 г. в Китае построили пример нашей конструкции. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Модульная деревянная конструкция

В строительстве использовали бюджетные общие лесоматериалы, а именно квадратные бревна длиной 3, 4 или 6 м. с длиной поперечного сечения 200мм. Чтобы создать большое прочное пространство и максимально

использовать его возможные функции, несколько квадратных деревянных столбов были объединены вместе, чтобы сформировать “кластерную колонну”, вместо использования одного деревянного столба в качестве опорного элемента. Они были спроектированы в форме правильного двенадцатиугольника, который является почти круглым, диаметром 1 м. Размер сечения деревянных столбов кластерной колонны составляет 120 мм * 180 мм. Кластеризованная колонна была разделена на пять сегментов, каждый длиной около 2 метров. Эти сегменты простираются наружу и вверх к потолку, образуя кубическое пространство по краям высотой 4,5 м и длиной стороны 8 м. Так они увеличили прочность и нижнее пространство здания. Все деревянные колонны были соединены между собой болтовыми соединениями. (Рис. 2).

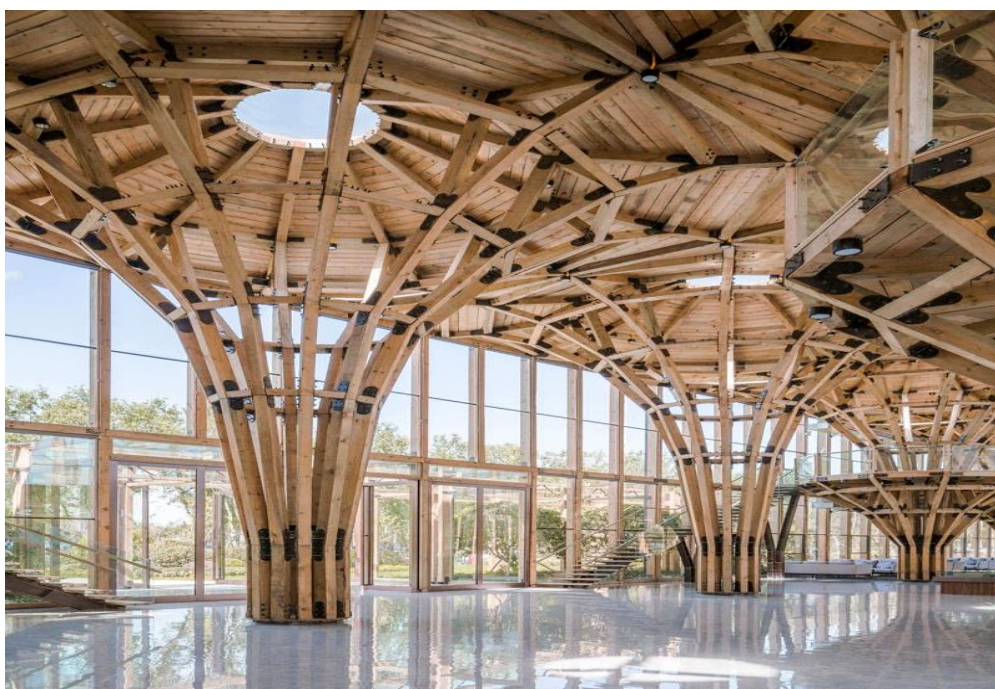


Рисунок 2 – Кластерные колонны здания

Таким образом, здание получается абсолютно легким, т.к. есть только болтовые соединения и плитка с использованием цементного раствора. Получаем обширное пространство для мебели, эстетичный вид как снаружи, так и изнутри. Все компоненты легко демонтировать, установить, переместить или повторно использовать, что делает эти здания обратимыми.

РУССКИЙ МОСТ ЧЕРЕЗ БОСФОР

*Статкевич Даниил Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Русский мост – вантовый мост, построенный во Владивостоке через пролив Босфор Восточный, соединяет полуостров Назимова с мысом Новосильского на острове Русском. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Русский мост через Басфор

Строительство моста было начато 3 сентября 2008 года в рамках программы подготовки города к проведению саммита АТЭС в 2012 году. Второй по высоте мост в мире, высота составляет 324 метра. Мост имеет самый длинный пролёт среди вантовых мостов длиной 1104 метра. Стоимость моста оценивается ориентировочно в 1 млрд \$. Разработка моста обошлась в 643 миллиона рублей и была менее чем за шесть месяцев в марте 2008 года. Мост изображен на новой российской купюре номиналом 2000 рублей, выпущенной Банком России 12 октября 2017 года.

Мост на остров Русский стал одним из крупнейших вантовых мостов в мире (самым крупным в истории СССР и СНГ). Центральный пролет составляет 1104 м. Далее приведены основные характеристики моста (Табл. 1).

Таблица 1 – Основные параметры моста

Общий вес	Общая длина моста	Доп. информация		
	Ширина: 29,5 м	Полосы движения	Кол-во пилонов	Высота пилонов
23000 т	Длина: 1885,53 м	4 (2 в каждую сторону)	2	324 м

Строительство моста, которое ведется с сентября 2008 года, уникально по всем параметрам: беспрецедентная сложность проекта (высота пилонов моста больше 300 м), экстремальные условия – сильные ветра и течения в проливе, сейсмоопасный район и сжатые сроки. При реализации этого проекта применялся полный спектр геодезических работ. Прогресс в строительстве со времен СССР очевиден.

Литература:

1. Википедия [Электронный ресурс]. Режим доступа: - https://ru.wikipedia.org/wiki/Русский_мост – Дата: 01.12.2022
2. Русский мост через Босфор – Российское чудо 21 века [Электронный ресурс]. Режим доступа: - <https://geosystems.ru/use/stroitelstvo-dorog/articles/most-cherz-proliv-bosfor-vostochnyy-russkoe-chudo-21-go-veka/> – Дата: 01.12.2022
3. «ПромСтройКонтракт» [Электронный ресурс]. Режим доступа: - https://psk-holding.ru/object/mosty-_puteprovody/1056/ – Дата: 01.12.2022

МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ПОДЗЕМНЫЙ КОМПЛЕКС, СОВМЕЩЕННЫЙ СО СТАНЦИЕЙ МЕТРО В ГОРОДЕ ГРОДНО

*Станкевич Никита Александрович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках курсового проекта была поставлена задача: запроектировать многофункциональный подземный комплекс, совмещенный со станцией метро. Для данного проекта был выбран город Гродно с населением 368 710 человек. Станция находится в Центральном районе города на пересечении ул. Дзержинской и ул. Митрополита Филарета. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Точки строительства станции

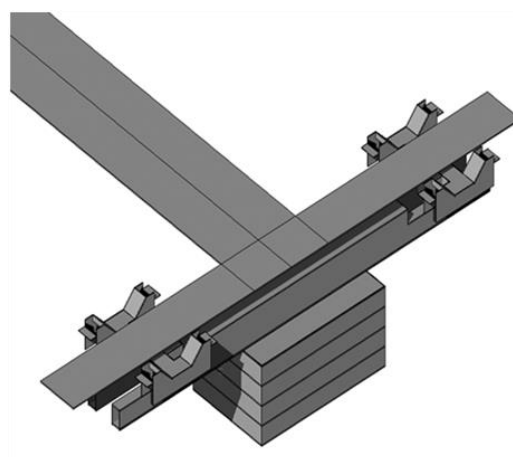


Рисунок 2 – Вид сверху

Проектируемая станция имеет два входа/выхода (Рис. 1). Непосредственно под ней, на платформе станции, предусмотрены входы в подземный торговоразвлекательный комплекс. Попасть в него можно будет и с улицы.

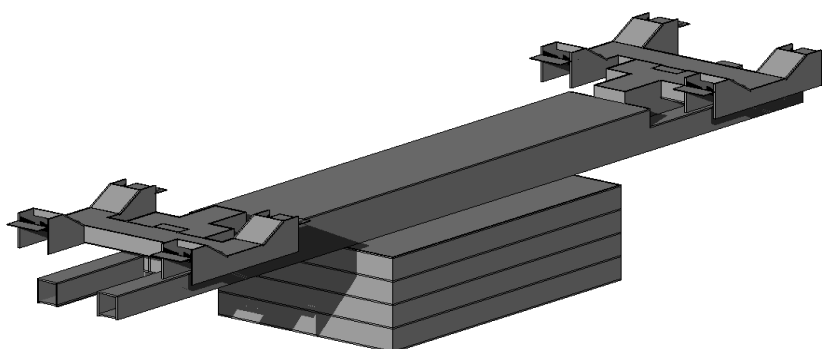


Рисунок 3 – Концептуальная модель станции метро и многофункционального комплекса



Рисунок 4 – Вход в вестибюль



Рисунок 5 – Общий вид вестибюля



Рисунок 6 – Общий вид станции

Помимо станции метрополитена был запроектирован многофункциональный комплекс, имеющий 4 уровня ниже уровня земли. В комплекс можно попасть как с поверхности земли, так и из подземного перехода, что удобно для пассажиров метрополитена.

При работе над данным проектом использовались программные комплексы Autodesk (Revit, AutoCAD), SOFiSTiK, UE 4.

Результаты расчета Sofistik

SOFiSTiK — программный комплекс МКЭ анализа конструкций. SOFiSTiK обеспечивает высококачественный расчет любых строительных конструкций, обеспечивает полный геотехнический 3D анализ, а также CFD анализ обдувки зданий ветровым потоком. Особое внимание специалистов обращаем на то, что ПК SOFiSTiK сертифицирован на соответствие строительным нормам РФ, имеет интерфейс и документацию на русском языке. Благодаря 100% совместимости ПК SOFiSTiK с моделями конструкций в формате Revit, все данные о топологии конструкции, сечениях элементов, нагрузках, граничных условиях передаются в КЭ-модели SOFiSTiK.

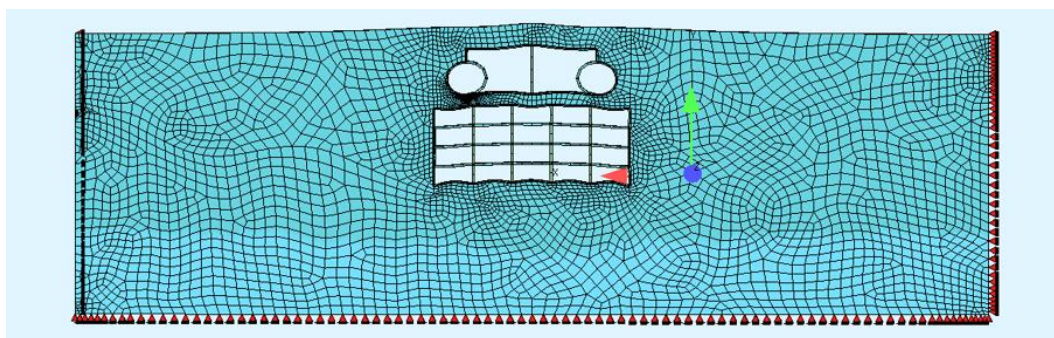


Рисунок 7 – Общий вид с деформациями

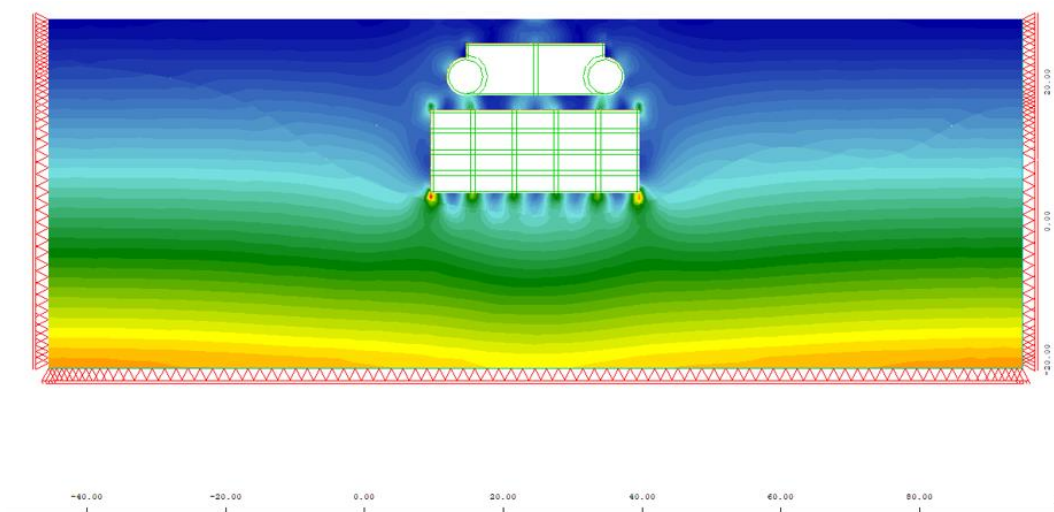


Рисунок 8 – Максимальное приведенное напряжение

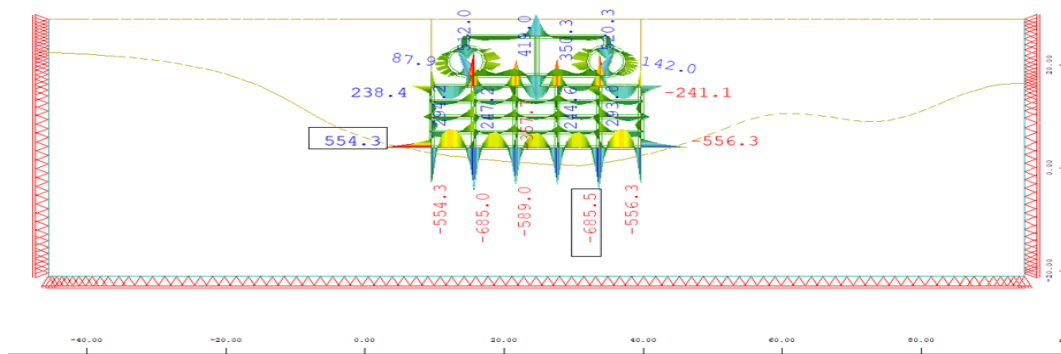


Рисунок 9 – Максимальный изгибающий момент M_u

Литература:

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

СТРОИТЕЛЬСТВО ЛЕНСКОГО МОСТА

*Ткачев Иван Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Ленский мост является самым большим строящимся переходом через реку Лена и находится он в районе города Якутска. Он объединяет автомобильную дорогу Вилюй с автодорогами Лена и Колыма. (Рис. 1).



Рисунок 1 – Ленский мост

Общая длина автомобильно-железнодорожного мостового перехода должна была составить 3180 метров и потратить на строительство порядка 15 миллиардов рублей. В будущем от строительства железной дороги на мосте было принято решение отказаться из-за дорогостоящих затрат на строительства такого проекта.

Возведение моста позволит связать 18% территории Российской Федерации, так же он кратчайшими путями свяжет Восточную Сибирь с портами Охотского моря, а также появится транспортный коридор от Иркутска до Магадана.

Самыми главными плюсами от строительства этого моста будет:

- 1) Рост транспортной доступности населения с 20,9% до 70% к 2025 году.
- 2) Экономия около 4 миллиардов рублей ежегодно за счет изменения логистики «северного завоза».

3) Стоимость потребительских товаров и услуг снизится на 7-10%, а так же снижение уровня бедности на 1,3%.

Жители Республики Саха (Якутия) живут мечтой о ленском мосту уже долгие годы. Еще с советских времен как обычные граждане, так и вышестоящие лица, одержимы этим грандиозным проектом.

Начиная с 2018 года в СМИ так часто начали говорить о мосте через реку Лена, что о нем узнала вся Россия. Этот проект по сложности и грандиозности стоит на одном уровне с Крымским мостом и Русским мостом во Владивостоке.

Литература:

1. Федеральный интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lenabridge.tilda.ws>. – Дата доступа 12.12.2022
2. Международная общедоступная интернет-энциклопедия [Интернет ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Ленский_мост. – Дата доступа 12.12.2022.
3. Федеральный интернет-портал Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mostlena.ru>. – Дата доступа 12.12.2022.

THERMEN, BAD NEUENAHN

*Тригубович Юлия Михайловна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Thermen, Bad Neuenahr открылся в мае 1993 года после почти двух лет строительства. Позже площадь сауны была значительно расширена. В 2009 году был открыт подземный переход длиной 138м, который должен был соединить термальные ванны Бад-Нойенар и спа-отелем Бад-Нойенар. Для строительства бани и фундаментов четырех изогнутых бассейнов площадью 650м² потребовалось 4610м³ бетона, 500 тонн стали и 14200м² опалубки. Из этого материала были перестроены термальные ванны площадью 30160м². Шатровая крыша(купол) весом 150 тонн, опирающаяся на деревянную опору высотой 16м, имеет диаметр 53м и площадь 2100м². Подконструкция крыши состоит из балок длиной до 27м. Для этого было использовано 250м² древесины хвойных пород. «Плавающая крыша» скреплена в общей сложности 187000 гвоздями. В частности, она была задумана для привлечения внимания. Стеклопанельная корона, диаметром 11м и весом 10,5 тонн, находящаяся рядом с боковыми окнами, обеспечивает яркое освещение помещения.



Рисунок 1 – Строительство в 1992 году

После почти двухлетнего строительства 24 мая 1993 года был открыт Thermen, Bad Neuenahr . Было принято решение наполнить эти ванны газированной водой, которая была из вулканического источника. Тем не менее, термальные ванны с самого начала не оправдали ожиданий. Это было связано с тем, что санаторий не был рассчитан на семейный отдых и любителей водных видов спорта. Расширение зоны сауны ничего не изменило, ровно как и соединение термальных ванн с курортным отелем.

Весной 2012 года в бассейнах была найдена легионелла. В связи с этим прокуратура провела расследование в отношении руководителей. В это время ответственными директорами были Райнер Мертель, который умер к тому времени, и его приемник Ханс Ульрих Таппе, который покинул свой пост в начале 2012 года по «сомнительным обстоятельствам». В марте 2013 года акционерное общество Бад-Нойенар представило предложение о покупке термальных ванн. В конце ноября 2013 года акционерное общество представило городу проект еще одного договора аренды. Однако мэр Гвидо Ортен отклонил это предложение.

Кристоф Райнике заявил в начале декабря 2013 года, что термальные ванны будут закрыты и снесены, если не найдется новый владелец.

Комплекс был закрыт 1 января 2014 года, но по прежнему работает сауна. Было проведено множество дебатов, чтобы ванны вновь заработали. Их выкупило правительство города Бад-Нойенар-Арвайлер и было открытие 8 августа 2014 года. В 2017 году был рекордный дефицит в 628000 евро. Городской совет поставил вопрос о том, как долго они смогут позволить себе эксплуатировать термальные ванны



Рисунок 2 – План пространства

Но, к сожалению, с 14 на 15 июля 2021 года случилось наводнение. Когда река Ар разлилась, термальные ванны сильно пострадали. Чтобы иметь возможность оценить размер ущерба от наводнения, городская администрация поручила инженерной компании составить смету расходов на ликвидацию последствий наводнения. Выяснилось, что ущерб термальным ваннам огромен. Например, технические системы должны были быть полностью перестроены, прежде чем их можно было снова ввести в эксплуатацию. Разрушения, вызванные наводнением, были слишком велики, а реконструкция нерентабельна. В связи с этим, термальные ванны Thermen, Bad Neuenahr были закрыты.



Рисунок 3 – Последствия наводнения



Рисунок 4 – Последствия наводнения

Литература:

1. Международный интернет портал [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://www.aw-wiki.de/index.php/Ahr-Thermen_Bad_Neuenahr. – Дата доступа: 12.12.2022
2. Официальный сайт спа-комплекса Thermen, Bad Neuenahr [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.ahr-thermen.de/> - Дата доступа: 9.12.2022

ПЕШЕХОДНЫЙ МОСТ В РАЙОНЕ ПЛАТФОРМЫ «ЧЕРТАНОВО»

*Трофимук Никита Анатольевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Пешеходный мост в районе платформы «Чертаново»- это первый в России мост построенный из композитных материалов длиной 41,4 метра. Данное сооружение было построено в ноябре 2004 года. Строение моста было выполнено в виде фермы трёх пролётов.



Рисунок 1 – Общий вид сооружения

Благодаря композитным материалам, из которых построен мост, он имеет небольшой вес. Так же отличается своей долговечностью и легкостью в установке. Поверхность моста покрыта смесью песка и клея, что в свою очередь образует специальное покрытие, которое увеличивает стойкость к нагрузкам в 4,5 раза в сравнении с бетоном. Он не подвержен коррозии и страдает от

реагентов и кислоты. На сборку каждого пролета строителям понадобилось 10 суток, а на монтаж всего сооружения менее суток.

Литература:

1. АпАТЭК – Прикладные перспективные технологии. [Электронный ресурс] - <http://www.apatech.ru/chertanovo.html> - Дата доступа: 01.12.2022
2. Вестник Химической промышленности. [Электронный ресурс] - <http://vestkhimprom.ru/posts/polimernye-kompozity-v-transportnom-stroitelstve-i-moststroenii> - Дата доступа: 19.09.2018
3. Городовой. [Электронный ресурс] - <https://gorodovoy.ru/news/511524> - Дата доступа: 02.11.2004

SOLEMAR, BAD DÜRRHEIM, ГЕРМАНИЯ

*Фомченко Дарья Дмитриевна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Солемар был построен в период 1984-1987. Здание, построенное как продолжение городских спа-центров было разработано архитектором Geier & Geier. Весь цокольный этаж выполнены из монолитного бетона. Крыша общей площадью 2500 м² выполнена из древесины, так как этот материал обеспечивает наибольшую устойчивость к парам соленой воды бань.

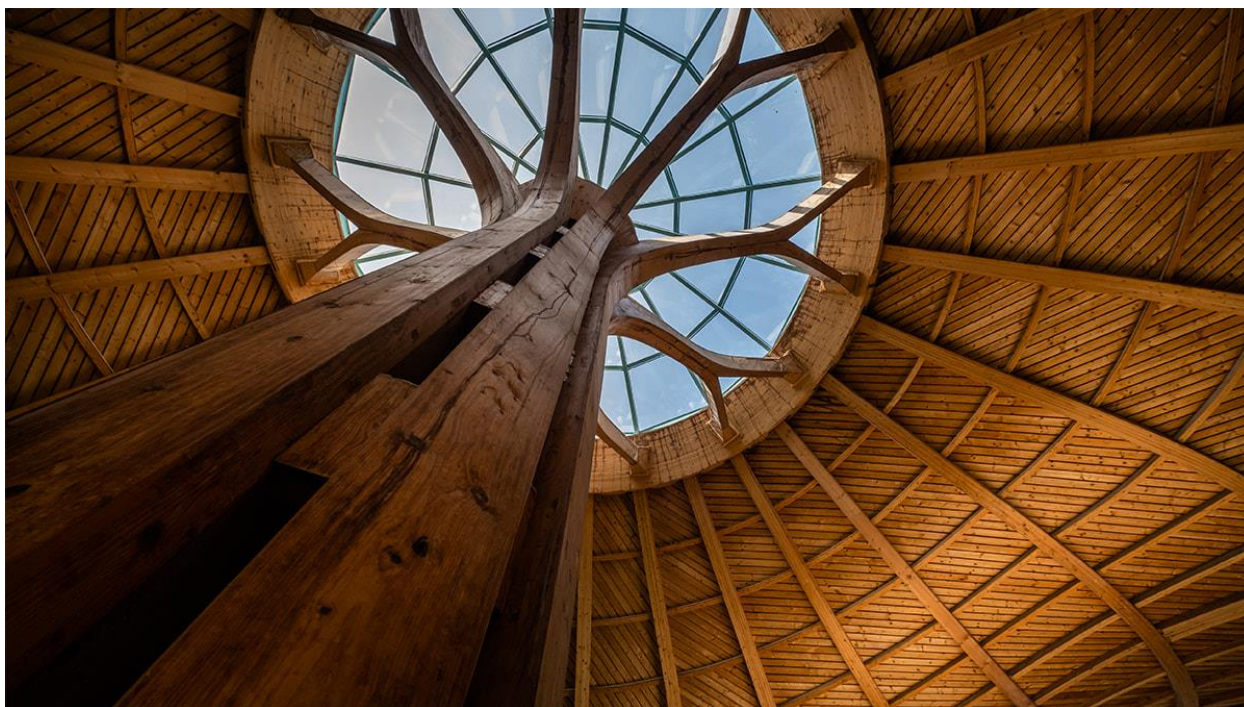


Рисунок 1 – Кровля сооружения изнутри

Оздоровительный спа-центр состоит из пяти древовидных колонн, которые потом соединятся с крышей, действующей как подвесная решетка. Крыша представляет собой невентилируемую кровлю, которая состоит из пароизоляции с алюминиевым покрытием, трех слоев нескользящей плиты из минеральной ваты толщиной 120 мм и армированной тканью листа ПВХ в качестве обшивки крыши.



Рисунок 2 – Строящаяся оболочка крыши

Строящаяся оболочка крыши с меридиональными и кольцевыми балками, определяющими ее сферическую форму.

Кольцевые элементы представляют собой клеенные балки.

Кольцевые кольца поддерживаются «ветвями» деревьев, которые состоят из нескольких одинаковых склеенных деревянных элементов, которые в нижней части связаны, образуя ствол. Во всей деревянной конструкции использовалось минимальное количество металлических креплений.

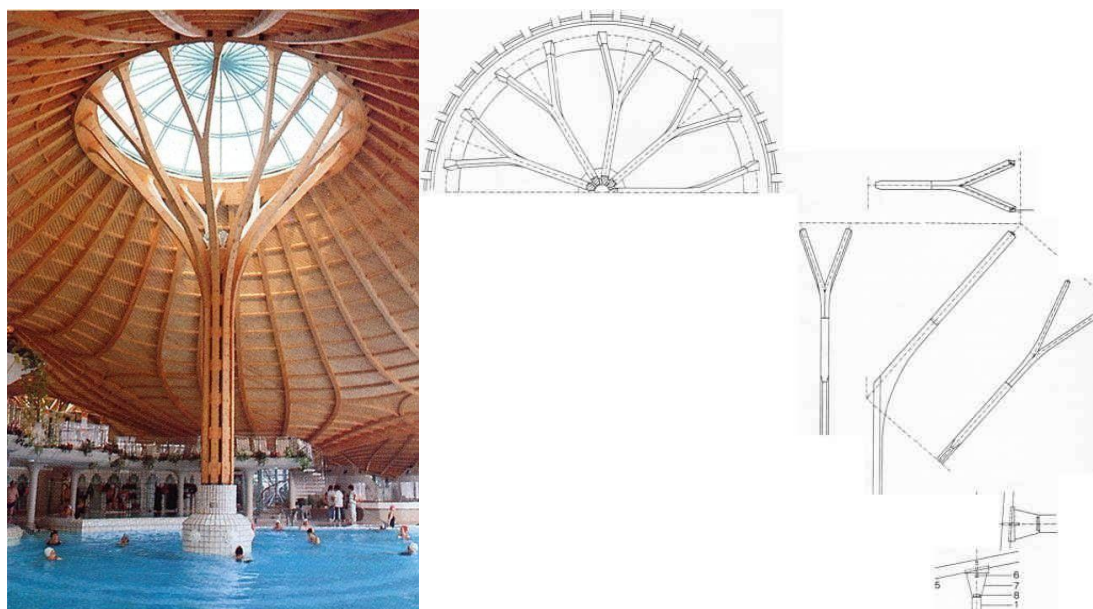


Рисунок 3 – Общий вид и схема конструкции кровли сооружения

В данном случае использовалась мультискалярная модель для деревянных конструкций свободной формы с использованием теории графов.

Литература:

1. Researchgate [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/308695849_Multi-Scalar_Modelling_for_Free-form_Timber_Structures . Дата доступа: 01.09.2016.
2. Northern Architecture [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.northernarchitecture.us/wood-construction/info-kbi.html> . Дата доступа: 13.12.2022.
3. Burgbacher [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.burgbacher.de/?page_id=95 . Дата доступа: 13.12.2022.

ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТЫ НА ПРОЧНОСТЬ В ЗАВОДСКИХ УСЛОВИЯХ

*Харужик Сергей Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Перед началом серийного изготовления плит каждый производитель обязан проверить ее прочность в соответствии с ГОСТом, проведя ряд испытаний в лабораторных условиях. Такие испытания называются натурными. При испытании плит перекрытия на производстве необходимо учитывать такие характеристики как жесткость, несущая способность и ширина раскрытия трещин.

Рассмотрим испытание на прочность на примере железобетонной плиты перекрытия размерами 6600 мм x 2400 мм.

Так как рассматривается железобетонная плита, то при проверке принято считать сжимающие напряжения равными, растягивающие – меньше расчетного сопротивления, а также игнорировать сопротивление бетона растяжению.

При испытаниях проверяется соответствие нагрузки техническим условиям, прогибы плиты, несущая способность, трещиностойкость.

На первом этапе проверки производится завешивание грузов. В качестве грузов можно использовать железобетонные плиты. Каждая плита заранее взвешивается с помощью динамометра. Для данного примера на первом этапе допустимо использовать груз суммарным весом около 3 тонн или 300 кг на каждый погонный метр. Данная нагрузка считается контрольной по проверке прогиба.

Далее устанавливаются приборы, замеряющие основные результаты проверки: индикатор, измеряющий движение плиты под нагрузкой.

В соответствии с требованиями стандарта нагружение производится этапами. При приложении нагрузки записываются показания прибора: деформацию плиты в середине пролета и осадку опоры, по мере появления трещин замеряется ширина их раскрытия.

При выбранной нагрузке прогиб конструкции не должен превышать 1,5 см.

После приложения контрольной нагрузки плиту выдерживают под ней в течение получаса, затем записывают показания прибора. Если прогиб составляет менее 15мм для данного образца, то плита прошла испытание по жесткости.

Вопреки расхожему мнению о том, что при возникновении трещины плита является непригодной, в железобетоне допускаются трещины, однако важно, чтобы их ширина не превышала допустимые по ГОСТу значения. Для нашей плиты это значение составляет 0,4 мм и называется контрольной шириной раскрытия трещин.

При проверке трещиностойкости, на образце помечают как трещина поднимается по высоте на каждом этапе нагружения. Трещины измеряют специальным прибором: переносным микроскопом в основном с делением 0,05мм.

Расчетная нагрузка по несущей способности для нашего образца составляет 600 кг на квадратный метр. Чем больше реальная нагрузка превосходит этот показатель – тем прочнее плита. Для определения показателей используют специальные датчики, а затем данные анализируют в компьютерной программе. После измерения данных производится расчет коэффициента безопасности. Он представляет собой отношение контрольной нагрузки к расчетным значениям нагрузки по несущей способности.

В целях повышения прочности могут использовать вкладыши из цементного бетона, содержащие металлические элементы.

Испытания несущей способности принято продолжать до полного разрушения плиты с целью оценки полной несущей способности.

Таким образом, при натурных испытаниях железобетонной плиты перекрытия осуществляется поэтапная нагрузка плиты. Далее осуществляется регистрация значений контрольной нагрузки по прочности, контрольной нагрузки по жесткости, контрольной нагрузки по образованию трещин, контрольной нагрузки по ширине их раскрытия и контрольной разрушающей нагрузки с помощью специализированных приборов.

Литература:

1. Испытания плит перекрытий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://promstroydetal.ru/stati/kak-icpitovayt-pliti-perekritia/>. – Дата доступа: 24.12.2022
2. ГОСТ 8829-2018 Изделия строительные железобетонные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200163873>. – Дата доступа: 24.12.2022
3. Ходяков, В.А. Испытание строительных конструкций: учеб. пособие / под ред. В.А. Гречухин. – Минск: БНТУ, 2019. – 62 с.

ПРОХОДКА ТОННЕЛЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ ЩИТОМ «АЛЕСЯ»

*Цейко Михаил Геннадьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

«Алеся» — автоматизированный щитовой проходческий комплекс, который с февраля 2016 года используется на строительстве Минского метрополитена. Масса этого щита составляет 550 тонн, длина — 92 метра, диаметр бурения — 6.28 м.

Щитовой проходческий комплекс был изготовлен на заводе Bessac во Франции. Стоимость такого щита составила около 12 миллионов долларов. Потенциальная скорость возведения тоннелей до 15 метров в сутки, что в 5 раз быстрее, чем у предыдущих поколений щита. Реальная же скорость возведения колеблется от 11 до 12 метров в сутки. При выполнении работ по пусконаладке и регулировке параметров оборудования дистанционно принимали участие представители завода-изготовителя щита.

Принцип работы щита состоит в снятии грунта и закреплении в тоннеле огромных колец, необходимых для облицовки тоннеля по ходу движения проходки. Диаметр таких колец составляет 6 метров. «Алеся» автоматизирована, рабочим необходимо только контролировать работы самой машины. Обслуживает такой комплекс бригада из 50 человек. Самой важной и ответственной работой занимаются операторы, которые следят за работой установки. Другие рабочие занимаются доставкой тубингов, удалением породы и др.

Во время работы «Алеся» издает очень громкий шум у головной части щита, что символизирует о том, что началось разрабатывание породы и её подача. В определенные отверстия под высочайшим давлением подается жидкость, которая нужна для размягчения и разжижения грунта. Затем этот грунт доставляется в вагонетки, после чего с помощью электровоза его увозят из тоннеля.

В это же самое время подают тубинги. Их доставляют на технологических тележках. После этого их подготавливают для монтажа следующего кольца. Само кольцо состоит из семи частей — шесть основных и седьмая часть замок, который их соединяет.



Рисунок 1 – Вид тоннеля за проходческим щитом «Алеся»

С помощью блокоукладчика собирается кольцо шириной 140 см. После этого с помощью домкратов кольцо перемещают к стенам тоннеля. Далее по трубам идет закачивание цементно-песчаного раствора в пустоты между кольцом и стенкой. Раствор особенный, он должен успевать застывать равномерно и одновременно быть достаточно пластичным для удобства нагнетания его за обделку.

Наблюдают за установкой 5 бригад. Две бригады отвечают за доставку тубингов, одна бригада следит за первичным нагнетанием раствора, одна отвечает за принятие грунта и последняя, самая ответственная – это операторы.



Рисунок 2 – Вход в тоннель, пройденный щитом «Алеся»

Чтобы щит поддерживал оптимальную температуру, не перегревался и не переохлаждался его накрывают пленкой. Оптимальной считается температура 5 градусов. Такую температуру обеспечивают с помощью калорифера. Калорифер – это специальная установка, основной задачей которой является обеспечение помещений (и установок) энергией эффективного теплового обмена. Это получается благодаря прогреванию воздуха путем его контакта с нагревательными элементами. За этим и другими важными процессами следят операторы.

Достоинствами этого комплекса являются не только высокое качество работы и её эффективность, но и безопасность обслуживающего персонала, что является немаловажным фактором. Машина сводит на ноль контакт людей с забоем, что раньше приводило к тяжелым последствиям в некоторых случаях.



Рисунок 3 – Щит «Алеся» изнутри

Литература:

1. <https://minsk-metro.net/blog/archives/8017>
2. https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/39008/Ispolzovanie_prohodcheskogo_shchita_dlya_stroitelstva_tretej_vetki_minskogo_metropolitena.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ПРАКТИКА НА СТАНЦИИ МЕТРО

*Цейко Михаил Геннадьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Практика началась с того, что мы поехали устраиваться в СМУ-2, после мы поехали на соседний объект получать спецодежду. На следующий день мы пошли на первый наш рабочий день, на тот момент прораб не знал, чем нас озадачить, и мы просто разбирали паллеты весь первый рабочий день.



Рисунок 1 – Первый рабочий день

После нас отдали мастеру, который только распределился на этот объект, выпускник нашего факультета. Он нам объяснял, что и как происходит на стройке этого объекта. Мы помогали делать стяжку-разуклонку и гидроизоляцию.



Рисунок 2 – Устройство стяжки

Также мы большую часть времени проводили в тоннелях и помогали бригаде штукатуров исправлять недочеты. Мы снимали опалубку, отбивали бетон, делали отверстия под закладные, потому что при заливке колонн что-то пошло не так и закладные ушли в бетон.



Рисунок 3 – Тоннель, возведённый открытым способом

Также мы увидели закрытую часть тоннеля, пройденную проходческим щитом, как только спустились в первый раз к бригаде штукатуров с мастером.



Рисунок 4 – Тоннель, сделанный проходкой

В целом на практике нам понравилось, хоть и была изредка трудная работа. Например, бригада, которая должна была снимать опалубку, всю не сняла и опалубка «прикипела» к бетону, некоторые листы мы вчетвером снимали час. Также на некоторые листы были наплывы бетона по 5 см и надо было весь этот бетон отбить.

ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ

*Цейко Михаил Геннадьевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках работы требуется спроектировать тоннель горным способом между двумя населёнными пунктами с целью облегчения транспортного сообщения. Было принято решение запроектировать автодорожный тоннель с двумя полосами движения общей протяжённостью 7.5 км. Для строительства тоннеля были выбраны два города: Сторли, Гжора, Норвегия.

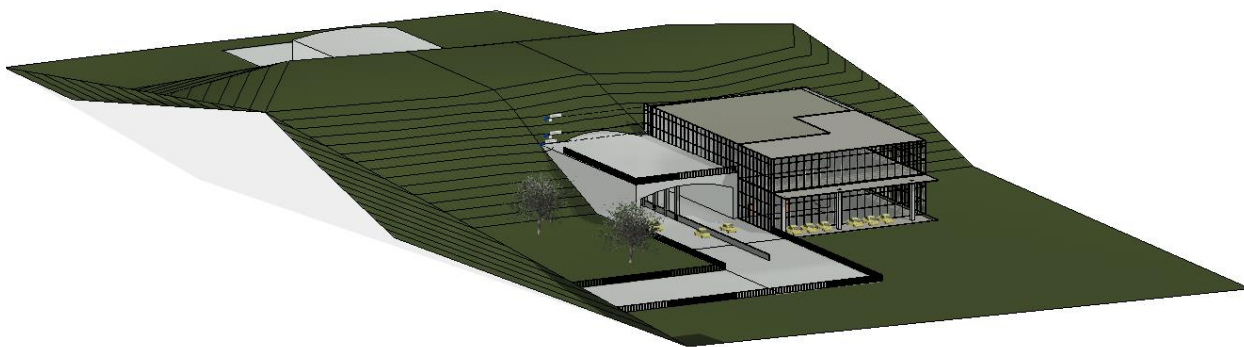


Рисунок 1 – Общий вид на вход в портал

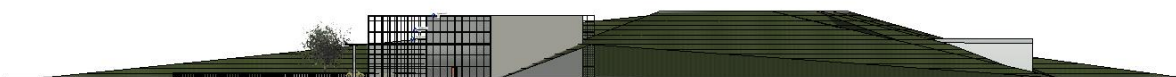


Рисунок 2 – Восточный фасад



Рисунок 3 – Западный фасад



Рисунок 4 – Южный фасад

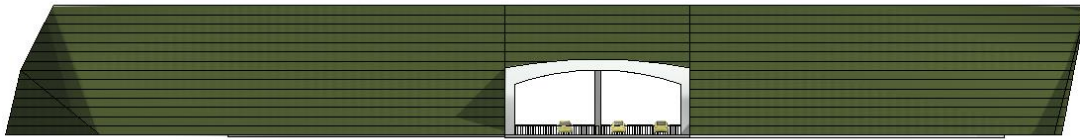


Рисунок 5 – Северный фасад

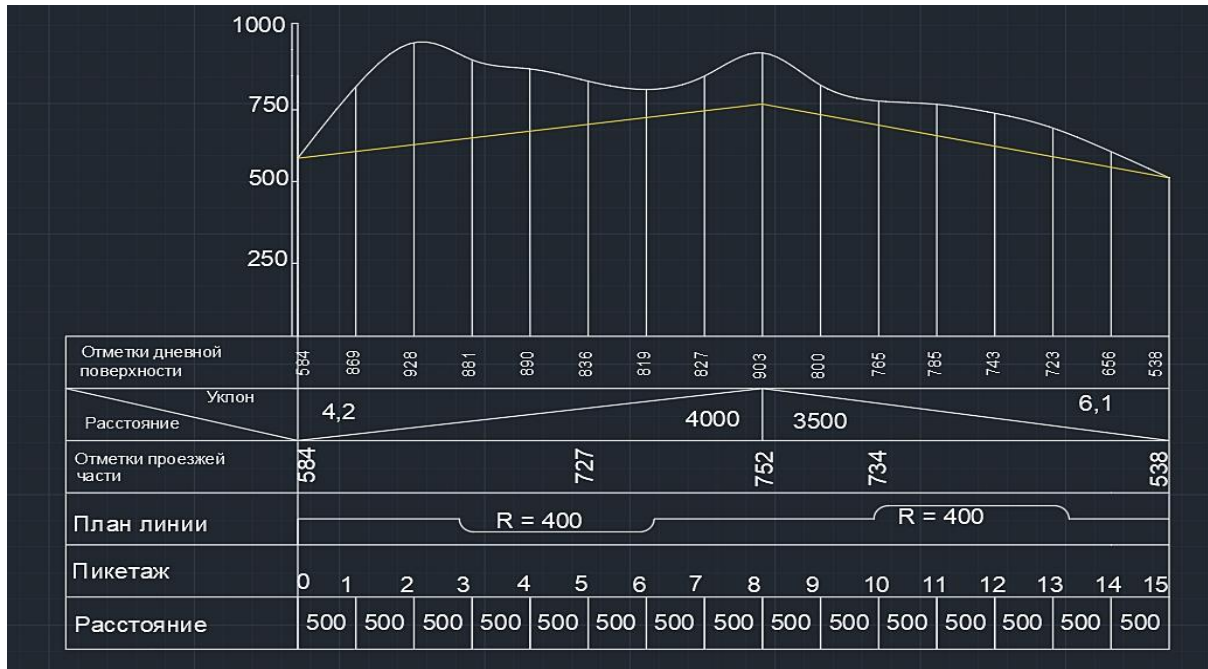


Рисунок 6 – Продольный профиль трассы в начале и конце тоннеля.

В проходке тоннелей горным способом используют два вида комплексов, механизированные и немеханизированные. Немеханизированный способ заключается в поэтапной выработке грунта, закреплении грунта деревянными креплениями и ручном труде. Из-за тяжелого труда в забое проходка тоннеля таким способом идет с низкими темпами, около 0.8-1.2 метра за смену. Данный способ сейчас используют при сооружении коротких участков тоннелей, а также коммуникационных сооружений.

Механизированный способ заключается в использовании горнопроходческого оборудования, и большего исключения человеческого труда. Используют технику для разработки, погрузки и транспортировка горной породы. При этом за один раз получается раскрыть более крупную выработку и закрепляют ее более облегченной временной крепью.

В нынешних условиях более часто используют механизированный способ, из-за его эффективности в скальных и полускальных породах. Данным способом построено большинство тоннелей в Норвегии.

Литература:

1. Проектирование тоннелей, сооружаемых горным способом: Учебно-методическое пособие к курсовому и дипломному проектированию/под ред. Г.П.Пастушков, Минск, 2005
2. Кузьмицкий В.А., Лукша Л.К., Тихоновец Н.Н. Проектирование и строительство тоннелей: Учебное пособие. - Минск: БШ, 1990.-84 с.
3. Тоннели: Справочно-методическое пособие /Под ред. д.т.н.,проф.Д.И. Федорова. - М.: Транспорт, 1979. - 176 с.
4. Тоннели железнодорожные, автодорожные и гидротехнические.
5. Методические указания по выполнению курсового проекта тоннеля, сооружаемого горным способом. - Ч. II. Организация работ /В.Э.
6. Котляревский. - Днепропетровск: ДШТ,- 1983, - 54 с.
7. Проектирование и строительство тоннелей: Учебное пособие по одноименному курсу. В.А.Кузьмицкий, Л.К.Лукша, Н.Н.Тихоновец, Минск,1990

СТРУННЫЕ ТЕНЗОМЕТРЫ

*Чернухин Максим Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Струнный тензометр–прибор, измеряющий деформации и напряжения в строительных конструкциях. Есть 2 вида струнных тензометров: накладные, которые находятся на поверхности конструкции и закладные, которые устанавливаются непосредственно в конструкцию.



Рисунок 1 – закладной струнный тензометр

Устройство тензометра следующее: основу представляет цилиндрический корпус и два анкера, между которыми находится струна. Для того, чтобы привести струну в возбужденное состояние, используется электромагнитная головка, которая установлена в середине струны. Собственные колебания струны приводят к появлению импульса электромагнитного поля. Эти колебания трансформируются в электрический импульс, который передается на регистратор для струнных тензометров и выдает в оцифрованном виде измеряемые значения. Деформации конструкции посредством анкеров передается струне, в ходе чего изменяется ее натяжение, а значит и частота собственных колебаний. Из-за температуры внутри измеряемой конструкции изменяется и сопротивление электромагнитной головки. Однако, для того, чтобы температура не повлияла никаким образом на конечный результат, рядом с

тензOMETрами помещают компенсирующий прибор, размещенный так, чтобы деформации бетона не оказывали на него влияния.



Рисунок 2 – Процесс установки накладного струнного тензOMETра

Струнные тензOMETры используются для длительных измерений, в отличие от тензорезисторов, так как возможные утечки тока никак не отражаются на частоте колебаний

Литература:

1. studfile.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>

АВТОДОРОЖНЫЙ ТОННЕЛЬ В РАЙОНЕ ГОРОДА УЗБЕКИСТАН КАШКАДАРЬИНСКОЙ ОБЛАСТИ (САМАРКАНД)

*Бердиёрова Чарос, Эшонхужаева Шахнозахон,
студенты 4-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 Кашкадарья и Самарканд, был запроектирован автомобильный двускатный тоннель. (Рис. 1)

В рамках проекта по дисциплине «Тоннели и подземные сооружения», был запроектирован автодорожный тоннель в районе города Узбекистан Кашкадарьинской области (Самарканд). Подземное сооружение поспособствует улучшению транспортной логистики региона, привлечению большего числа денежных средств в регион, т.к. тоннель сможет предложить перевозчикам и туристам более выгодный маршрут.

Проектом строительства предусмотрено прохождение тоннеля длиной 70км с двумя поворотами радиусами 2500 метров каждый. Максимальный уклон проезжей части не превышает 15‰ (Рис. 2). Расчетная скорость движения в тоннеле должна составлять 90-120км/ч.

На входе (выходе) из тоннеля были запроектированы порталы (Рис. 3,4,5). Портал представляет конструктивно-архитектурное решение, предусматривающее возведения двух жилых пятиэтажных здания и шестиэтажного торгово-развлекательного комплекса с бассейном на верхнем этаже, под наземной частью тоннеля, в котором размещаются необходимые для полного функционирования подземной магистрали расположен подземный паркинг. Часть здания будет предоставляться арендаторам, которые смогут разместить внутри какие-либо объекты (фуд-корт, логистический центр, и т.д.).

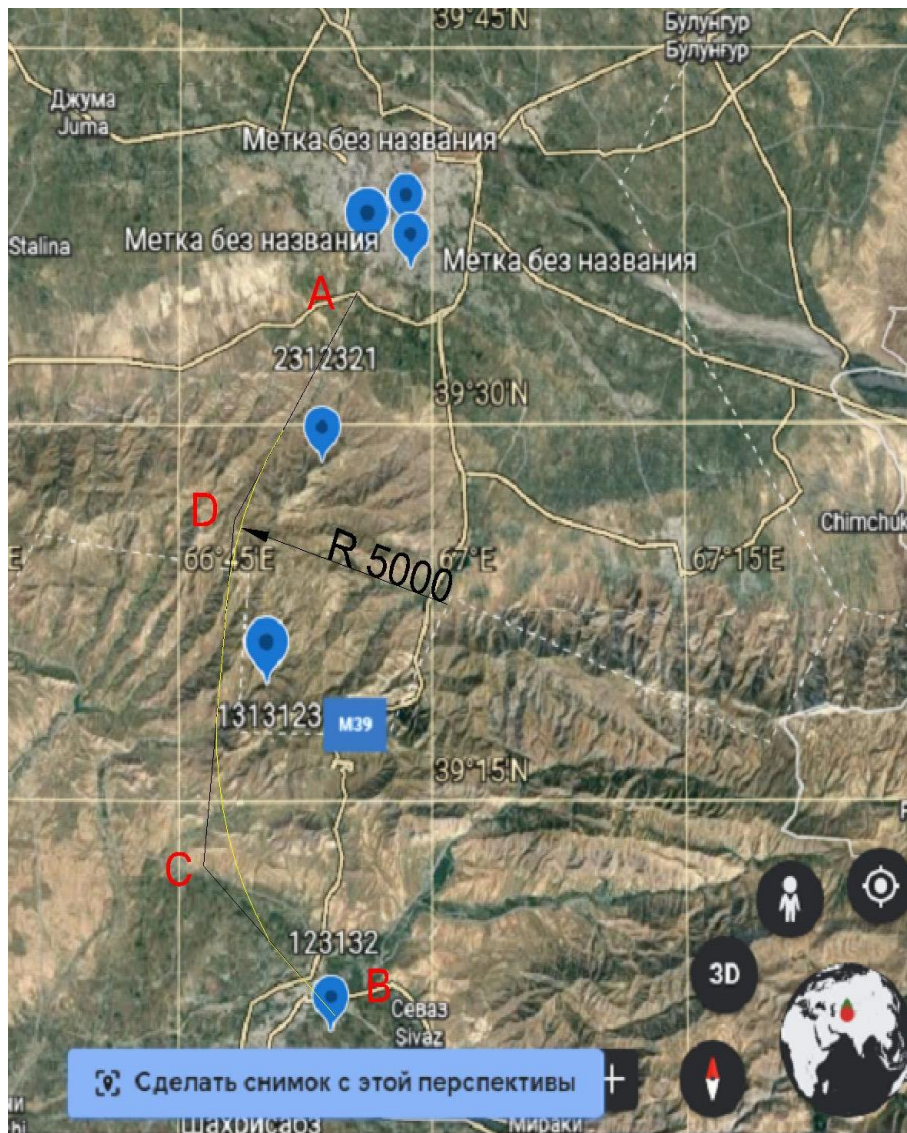


Рисунок 1 – План трассы

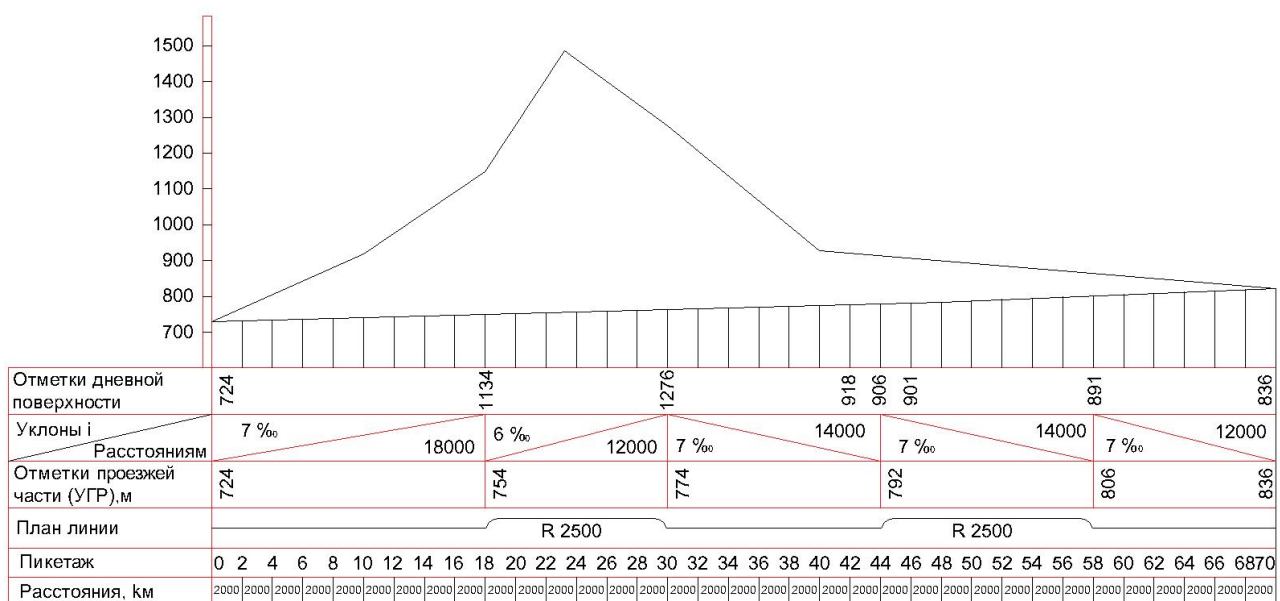


Рисунок 2 – Продольный профиль трассы

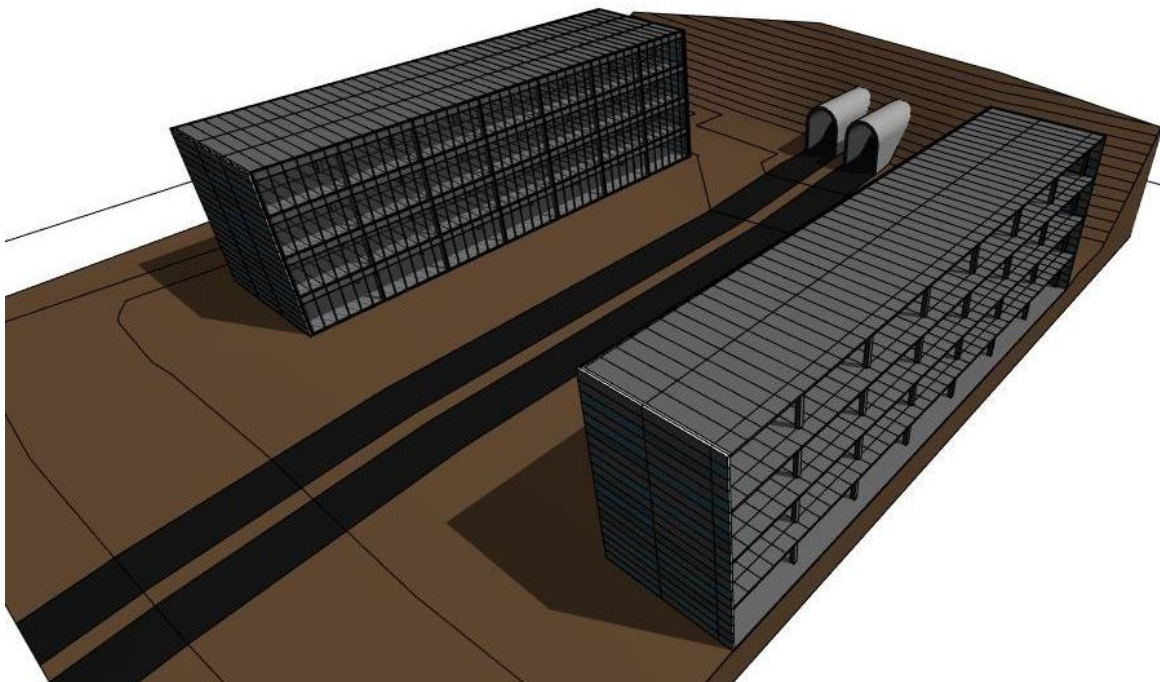


Рисунок 3 – Восточный фасад

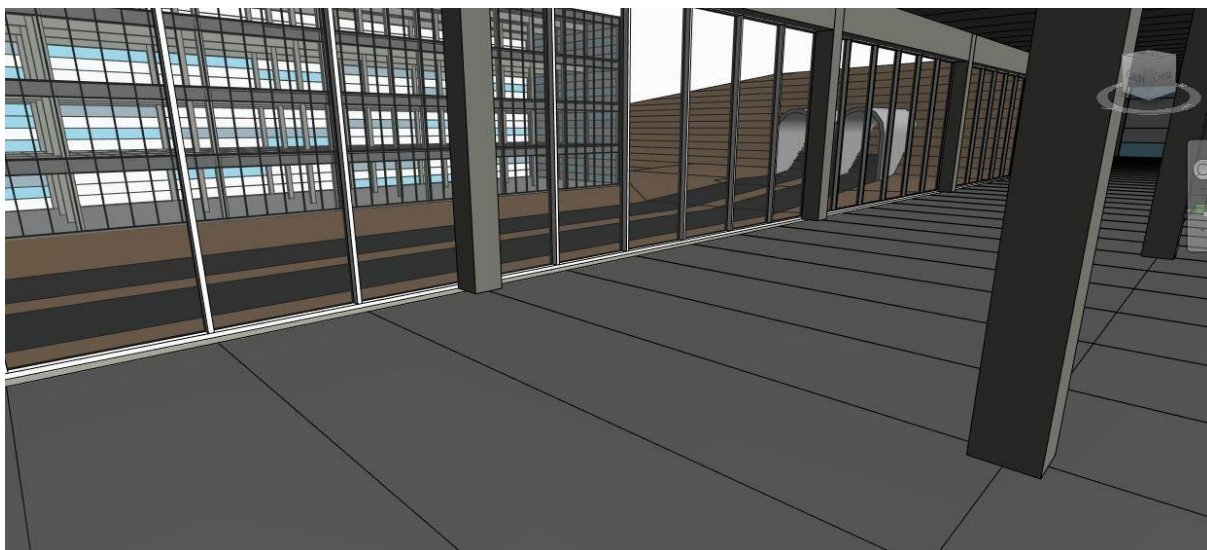


Рисунок 4 – Южный фасад

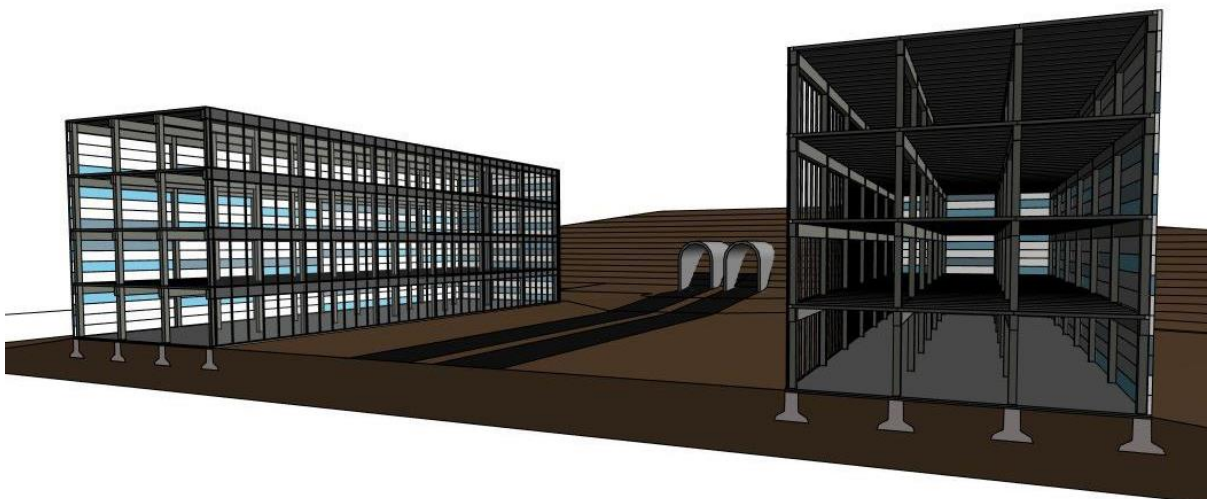


Рисунок 5 – Общий вид портала

Виртуальная и дополненная реальность

Виртуальная или дополнительная реальность, две новейшие технологии, которые архитекторы и строительные компании используют, привлечь новых клиентов.

Виртуальная реальность (VR), наряду с дополненной реальностью (AR), смешанной реальностью и 360-градусными камерами медленно выходят за пределы рынка зданий, поскольку они позволяют пользователям в цифровом виде испытать пространство перед его преобразованием—экономя всем и время, и деньги.

С помощью этой технологии:

- проверяют жизнеспособные новые конструкции;
- отслеживают прогресс;
- выявляют проблемы на ранних этапах стройки;
- практический инструмент в полевых работах для изучения сложных конструкций.

ЦИКЛОГРАММЫ В ТОННЕЛЕ- И МЕТРОСТРОЕНИИ

*Шевелёв Николай Леонидович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Графики, которые применяются в строительстве, нужны для наглядного вида процессов производства.

Изучаемый предмет не имеет вещественного физического характера, а выражается системой связей и отношений, которые представлены только графически.

Существует 3 основных типа схем:

- Линейно-горизонтальные
- Циклограммы
- Сетевые

Циклограмма – это одна из форм календарного планирования производства работ при выполнении однотипных и постоянно повторяющихся строительно-монтажных работ.

Строительство тоннелей осуществляют циклами: забой каждый раз продвигается на величину заходки, а обделка – на длину опалубочной секции.

Организация работ планируется согласно выполнению в смену или в сутки целого числа циклов проходки. Циклограммы составляются, соответствуя указаниям, с учётом действующих технологических карт, норм и передовых достижений тоннелестроения.

Необходимо указать объемы работ на цикл, их последовательность, а также время, за которое они выполняются. Затем сообщается численность занятых звеньев бригады на отдельных работах. Важно отражать все технологические операции цикла проходки и при этом максимально совмещать их по времени.

Пример циклограммы на сооружение перегонного тоннеля механизированным щитовым комплексом (Рис. 1).

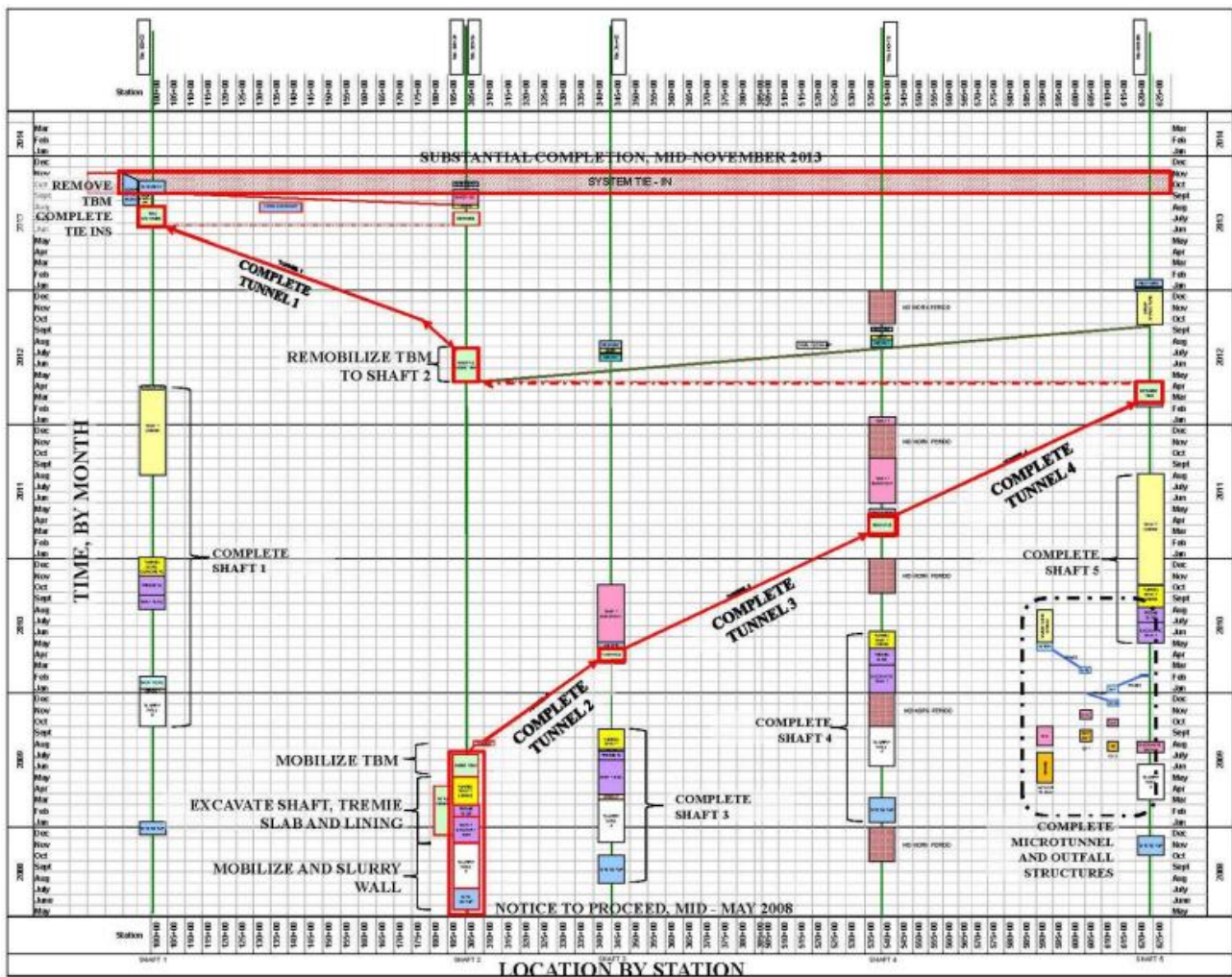


Рисунок 1 – Циклограмма тоннеля

Литература:

1. Строительство транспортных тоннелей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ppt-online.org/966946> – Дата доступа: 29.11.2022.
2. Календарное планирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pstu.ru/files/file/CTF/sp/vopr_i_otv/razd05.html – Дата доступа: 29.11.2022.
3. Циклограмма на сооружение участка тоннеля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7804260/page:21/> – Дата доступа: 29.11.2022.

ТРИ ВИДА КОРРОЗИИ БЕТОНА

*Шевелёв Николай Леонидович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ляхевич Г. Д., доктор технических наук, профессор)*

Коррозия бетона – это процесс разрушения из-за действия на структуру конструкций всеразличных внешних агрессивных сред либо в результате химических и физико-химических процессов изнутри.

Выщелачивание – под воздействием пресной воды растворяются основные составные компоненты цементного камня и в процессе фильтрации проникают сквозь толщу бетона наружу (Рис. 1).



Рисунок 1 – Выщелачивание поверхности

Кислотная коррозия обусловлена воздействием кислот, солей и щелочей органического и неорганического характера при образовании в бетоне легкорастворимых солей. В данном случае, легкорастворимые соли вымываются из бетона, в итоге образовавшиеся остаточные продукты присутствуют в виде рыхлых масс, что влияет на прочность (Рис. 2).



Рисунок 2 – Кислотная деструкция

Солевая коррозия – в капиллярах, порах и трещинах цементного камня постепенно могут накапливаться и кристаллизоваться соли, которые способствуют возникновению напряжений и внутреннему разрушению железобетона (Рис. 3).



Рисунок 3 – Солевая коррозия

Против каждого вида коррозии существуют свои методы защиты, которые в основном представляют собой проводимые ещё на стадии изготовления мероприятия, например, нанесение антикоррозийных покрытий или ввод добавок.

Литература:

1. Коррозия бетона: виды и методы устранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://beton-house.com/rabota/zashhita/korroziya-betona-1033> – Дата доступа: 04.11.2022.
2. Коррозия бетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6231094/page:4/> – Дата доступа: 04.11.2022.
3. Коррозия бетона и защита от коррозии бетона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vest-beton.ru/stati/korroziya-betona-3-vida.html> – Дата доступа: 04.11.2022.

СТАНЦИЯ МЕТРОПОЛИТЕНА МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ ПЕРЕКРЁСТКЕ МОСКОВСКОГО И ЧЕРНЯХОВСКОГО ПРОСПЕКТОВ, Г. ВИТЕБСК, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

*Шевелёв Николай Леонидович, студент 5-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Для облечения транспортной нагрузки, а также для экономии времени передвижения на перекрёстке, в районе которого часто наблюдаются заторы, была запроектирована станция метрополитена (Рис. 1).

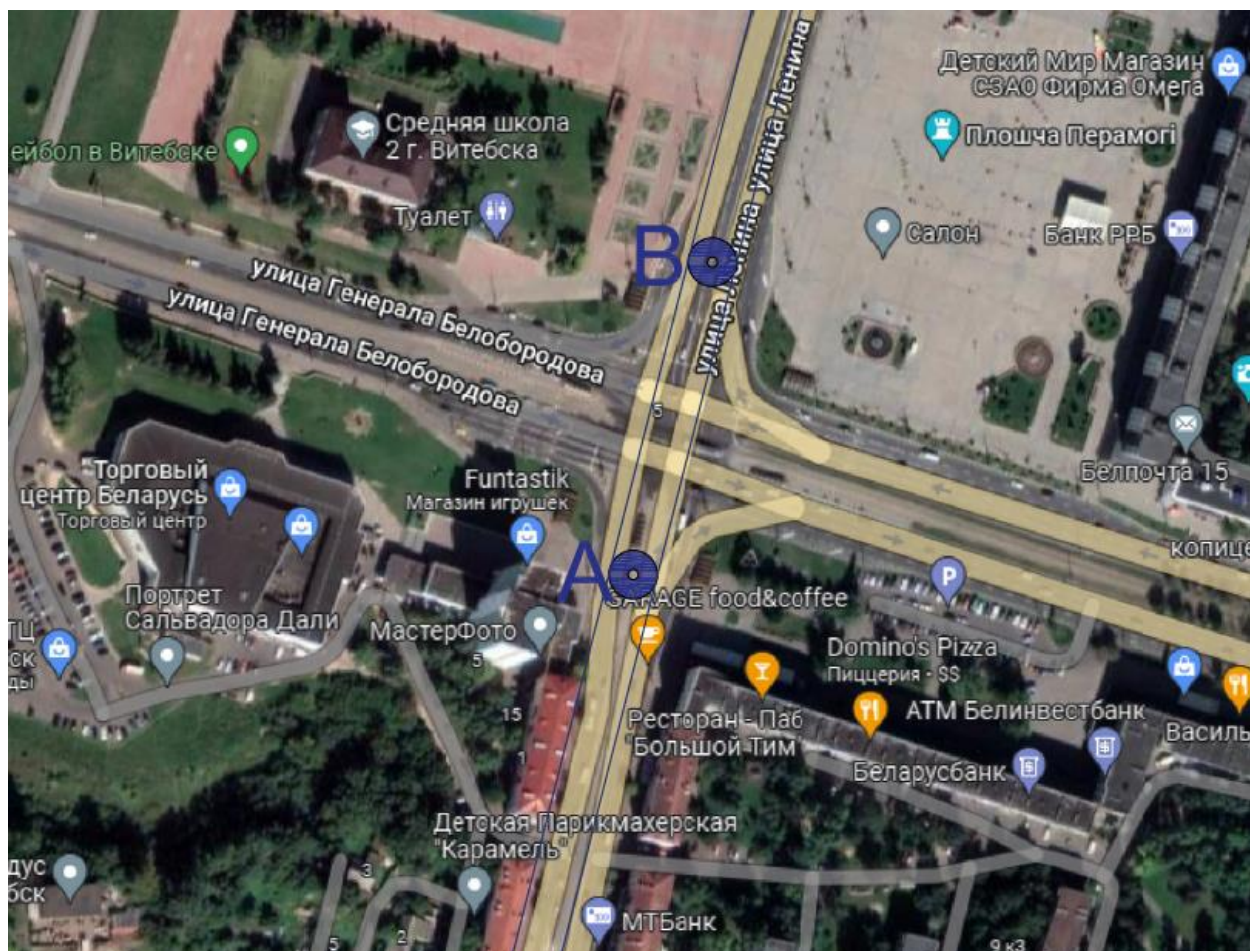


Рисунок 1 – План местности

С помощью технологий виртуальной реальности была создана объёмная модель, что позволяет наглядно рассмотреть несколько конструктивных решений в кратчайшие сроки. Использование технологий виртуальной

реальности позволяет оптимизировать работу в реальных условиях пятна застройки, находясь внутри объекта.

Станция оборудована эскалаторами и лифтами. Рядом запроектирован многофункциональный комплекс (Рис. 2 и 3).

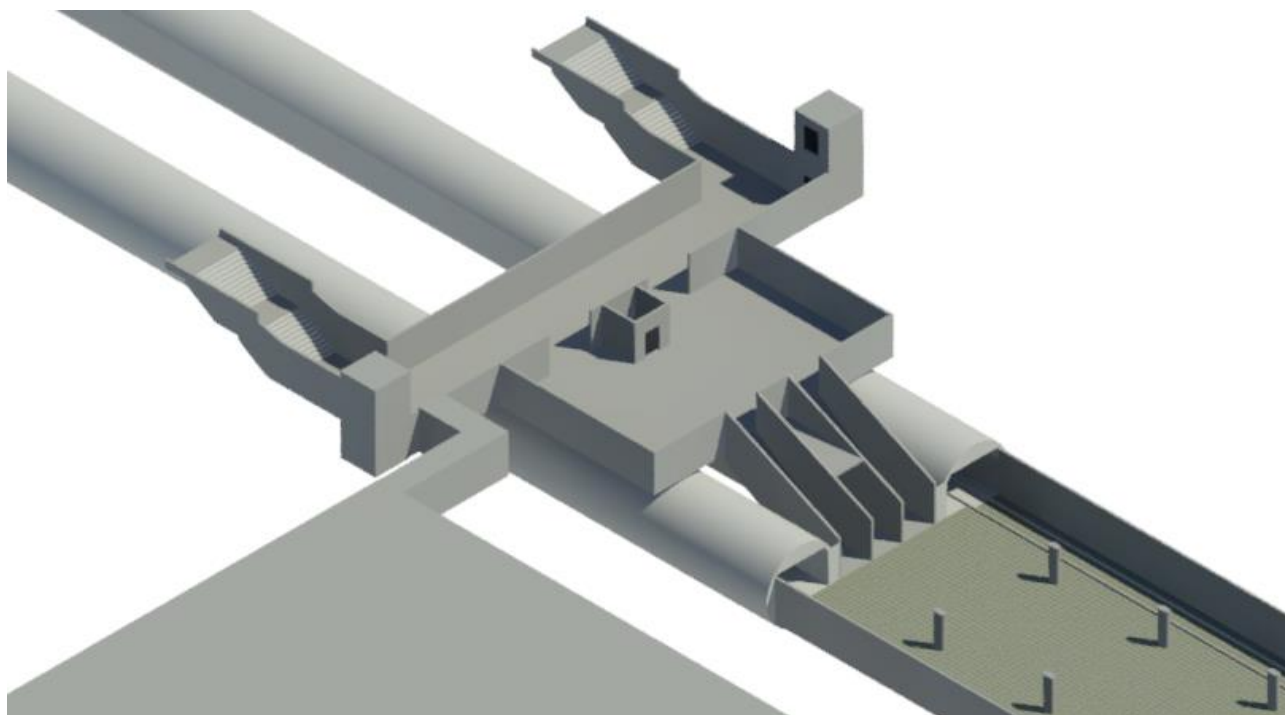


Рисунок 2 – Конструктивное решение



Рисунок 3 – Визуализация станции

В программном комплексе SOFISTIK был выполнен расчёт элементов тоннелей, станции и многофункционального комплекса.

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. Лиманов Ю.А. «Метрополитены», 1971 г. — 360 с.

МОСТ ЧЕРЕЗ РЕКУ ПУР НА ЯМАЛЕ

*Шестак Дмитрий Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Пуровский мост – автомобильный мост, расположенный в Ямало-Ненецком автономном округе, возведенный над рекой Пур на автодороге Коротчаево – Тазовский.

Открытие движения состоялось 16 октября 2020 года. До постройки постоянного моста движение осуществлялось при помощи понтонно-мостовой переправы. Такое транспортное сообщение было крайне не надежно и значительно дороже чем использование полноценного моста. Конкурс на строительство выиграла ООО «Региональная инфраструктурная компания». Строительство производилось полностью за счет частных инвестиций, из-за этого в течении 15 лет компания будет окупать вложенные средства за счёт взимания оплаты за проезд. Платный проезд только для грузовых автомобилей, цена за проезд зависит от максимальной разрешенной грузоподъемности транспорта. Все легковые автомобили могут преодолевать мост абсолютно бесплатно.



Рисунок 1 – Пост через реку Пур на Ямале

Проезд транспорта организовано в двух направлениях с допустимой скоростью не более 100 километров в час. Вся длина сооружения составляет 2716

м, в этот размер входит сама длина моста 1020,5 м и участки подходов 1695,5 м. Длина моста по задним граням устоев 1020,5 м. Пролеты сооружения установлены на 11 опорах. Опоры выполнены из металлических неизвлекаемых труб размером 1420x16 мм, частично заполненных армированным бетоном. Поверху опоры объединены монолитным раствором высотой 2,5 м. Крайние опоры приняты обсыпного типа. Надфундаментная часть выполнена из монолитных железобетонных стоек с изменяемым прямоугольным сечением. Поверху стойки объединены железобетонным монолитным ригелем. Опоры имеют округленную обтекаемую форму и состоят из прямоугольных блоков из морозостойкого железобетона, при этом опоры имеют судоходные габариты для движения водных средств. Данные блоки выполняют роль облицовки и внутри имеют армированное ядро.



Рисунок 2 – Конструкция моста через реку Пур

Пролётное строение выполнено из металлического неразрезного элемента по схеме $84,0 + 8 \times 105,0 + 84,0$ м. В поперечном сечении конструкция состоит из двух двутавровых балок, объединённых с использованием четырех блоков верхней ортотропной плиты автопроезда и блоком нижней ребристой плиты. Две балки находятся на расстоянии 6,6 м.

Пролётные строения изготовлены в северном А исполнении, расчетная минимальная температура ниже -40 °С до -50 °С. Все соединения — болтосварные на высокопрочных болтах.

Литература:

1. Информационный ресурс “Wikipedia” [Электронный ресурс] Дата доступа: 15.12.2021 https://ru.wikipedia.org/wiki/Пуровский_мост
2. Инженерная компания “Ингруз” [Электронный ресурс] Дата доступа: 15.12.2021 <https://www.ingruz.ru/statiy/zolotoy-most-chez-reku-pur#7>

ОБРУШЕНИЕ ПОДВЕСНОГО МОСТА В ИНДИИ

*Щербо Алексей Денисович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В западном индийском штате Гуджарат, в городе Морви на реке Мачху произошло обрушение моста 30.10.2022 (рис.1). В момент обрушения на мосту было 500 человек. Погиб 141 человек и многие получили тяжёлые ранения.



Рисунок 1 – Мост через реку Мачху после разрушения

Причина обрушения моста:

Мост до обрушения находился на реконструкции. После открытия моста, он прослужил 4 дня. Как сообщают местные власти, мост работал без «без сертификата готовности от гражданских властей».

По техническим документам мост рассчитан на пребывание 125 человек, в тот момент на мосту находилось около 500 человек, что вызывало четырехкратное превышение максимальной нагрузки на мост. Как сообщают местные СМИ, чтобы на него попасть, люди платили по 17 рупий (\$0,2) компании, которая занималась обслуживанием моста. Однако кассиры просто продавали билеты, но не отслеживали количество пешеходов.

Необходимо отметить недостатки конструкций, а именно: повышенная степень деформации; устройство ряда опорных дополнительных контуров для принятия распора растянутых нитей.

Данный тип конструкции имеет сложности при расчете: геометрическая нелинейность работы, распорных конструкций; выход из строя части вант при отдельных загрузках; повышенный контроль предварительного напряжения, проверки аэродинамической устойчивости конструкции, ветровых и сейсмических воздействий.

В связи с трудным расчетом и другими причинами появляются проблемы во время эксплуатации мостов, а также возможные аварийные ситуации, приводящие к полному обрушению сооружений.

Спасательная операция:

После обрушения моста была начата спасательная операция, на место прибыли пять групп Национальных сил реагирования на стихийные бедствия, позже к спасателям присоединились служащие армии, военно-морского флота и военно-воздушных сил.

Спасательная операция уже завершена, в связи с отсутствием пропавших без вести поисковая операция завершена после обсуждения со всеми следственными органами.

Заключение:

Исходя из доступных данных можно выделить основные причины аварии моста:

недостаточный учет ветровой нагрузки и аэродинамическая неустойчивость;

ошибки в проектировании реконструкции моста;

непродуманная технология ведения ремонтных работ;

отсутствие сертификата готовности моста;

превышение максимальной нагрузки моста.

Сочетается нескольких негативно действующих факторов, приводит к трудности определения одной причины обрушения моста. Необходимо качественно подходить ко всем моментам на стадии реконструкции и эксплуатации объекта.

Литература:

1. Обрушение пешеходного моста в Морви [Электронный ресурс] / wikipedia.org – Москва, 2014. – Режим доступа: https://ru.m.wikipedia.org/wiki/Обрушение_пешеходного_моста_в_Морви. Дата доступа: 09.12.2022.
2. Что известно об обрушении подвесного моста вместе с людьми в Индии? [Электронный ресурс] / turbopages.org – Москва, 2014. – Режим доступа: https://aif-ru.turbopages.org/aif.ru/s/incidents/что_известно_об_обрушение_подвесного_моста_вместе_с_людьми_в_индии. Дата доступа: 09.12.2022.

ТЕРМАЛЬНЫЙ СПА-ЦЕНТР ТОСКАНАТЕРМ В БАД-ЗУЛЬЦЕ

*Янковский Дмитрий Николаевич, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Благодаря изделиям из клееного бруса появилась возможность, используя инновационные методы, возводить сооружения с креативными дизайнами. Обладая большой несущей способностью, этот материал идеально подходит для возведения кровельных конструкций. Именно таким сооружением и является спа-центр в Бад-Зульце. (Рис. 1).



Рисунок 1 – СПА-Центр: Вид снаружи

Строительство центра началось в конце 2008 года, открытие было запланировано на весну 2010 года. На строительство было выделено 21 миллион евро, а площадь центра составляла порядка 36000м^2 , из которых 2200м^2 каркасной кровли. Особенностью центра является его уникальная конструкция крыши. Она имеет произвольную форму и создаёт иллюзию парящих волн. Общий объём древесины составил около 320м^3 . (Рис. 2).



Рисунок 2 – Конструктивный дизайн крыши

Было принято решение возвести крышу с 8 двойными изогнутыми боковыми арками, каждая из которых включает в себя 25 частей. Каждый компонент крыши уникален. На постройку такой смелой конструкции потребовалось 682 деревянных ребра. Каждая деталь изогнута с положительной или отрицательной кривизной, а так же с 12 различными радиусами, которые варьируются от 5 до 250м. (Рис. 3).

Отличительной особенностью этого проекта было отсутствие привычного плана укладки. В отличие от других проектов, вся информация о планировании была предоставлена в виде 3D-моделей. Лишь на верхней части рёбер происходило пересечение с поверхностью крыши. Даже края поверхностей проходили почти произвольно и непараллельно.



Рисунок 3 – Монтаж конструкции крыши

Для этого проекта была построена специальная пресс-кровать для склеивания деревянных блоков. Используя пилу и строгальный станок, все

компоненты были обработаны вручную. Каждая деталь была изготовлена по индивидуальному заказу.(Рис. 4).

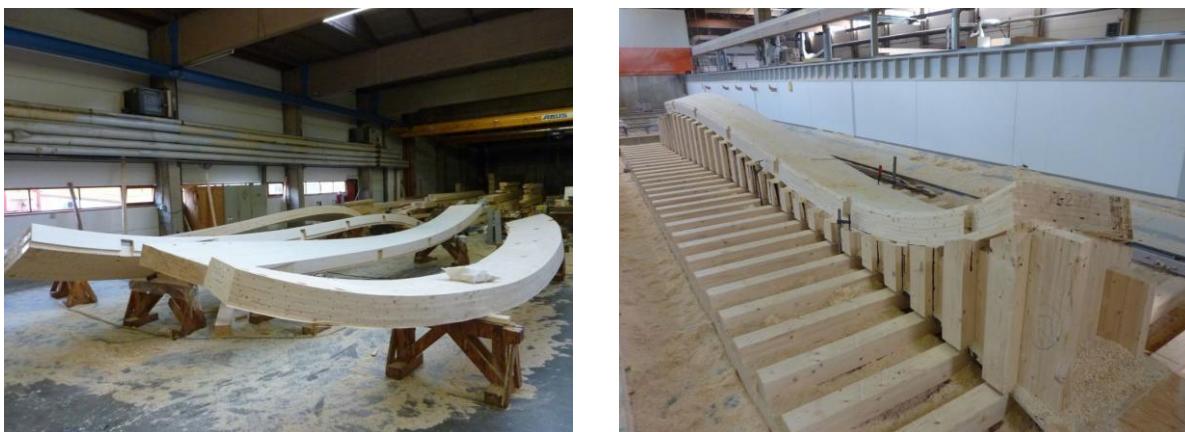


Рисунок 4 – Создание двойных изогнутых краевых дуг

Отделу планирования и подготовки данных были поставлены сроки до мая 2009 года. Производство длилось с июня по октябрь того же года. Монтаж кровли начался 27 июля 2009 года и уже 16 сентября, на месяц раньше запланированного, строительство было окончено.

Литература:

1. Новостной портал “toskanaworld” [Электронный ресурс]. — режим доступа: <https://www.toskanaworld.net>. — Дата доступа 01.12.22.

РАЗНОВИДНОСТИ СТРУЕНАПРАВЛЯЮЩИХ ДАМБ

Абраменко Денис Анатольевич, Данчиков Александр Владимирович,

студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)

В поймах рек строят системы регуляционных сооружений, предотвращающие размыв земляного полотна сооружений. Струенаправляющая дамба и есть одна из подобных построек.

Струенаправляющая дамба – это инженерное сооружение в виде укрепленной не переливаемой земляной насыпи которая в поперечном сечении является трапецией и обеспечивает плавный поток воды в пойме отверстия моста.

Струенаправляющая дамбу сооружают так, чтобы поток воды был перпендикулярен к оси моста в его отверстиях.

Существует несколько разновидностей струенаправляющих дамб

По очертанию в плане:

- Криволинейные;
- Прямолинейные;

По положению относительно моста:

- Верховые дамбы;
- Низовые дамбы;

Прямолинейные струенаправляющие дамбы нужны для отдаления потоков воды от береговых устоев мостовых сооружений, снижение нагрузки на пойменные участки мостовых отверстий. Такие дамбы имеют высокую стоимость сооружений так как они имеют большую длину, но всё же сооружается, если из-за головы дамбы слив пойменных вод является большим.

Криволинейные струенаправляющие дамбы имеют обтекаемую форму и направляют потоки воды на те участок отверстия моста, к устою которых они примыкают.

Существует два вида:

- Шпоровидной формы;
- Грушевидной формы;

Наиболее предпочитаемой являются шпоровидная дамбы, так как они наиболее рациональны и экономичны (Рис. 1). Грушевидные дамбы сооружаются при пересечении потока и сооружения под углом (Рис. 2). В таких случаях поток

вдоль моста может достигать больших скоростей и будут образовываться завихрения, сильно размывающие дно (Рис. 3, 4).



Рисунок 1 – Шпоровидная дамба



Рисунок 2 – Грушевидная дамба

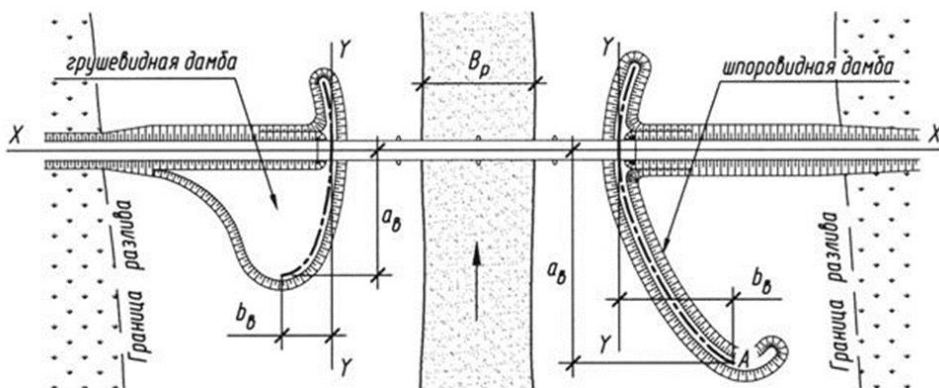


Рисунок 3 – Схемы видов дамб

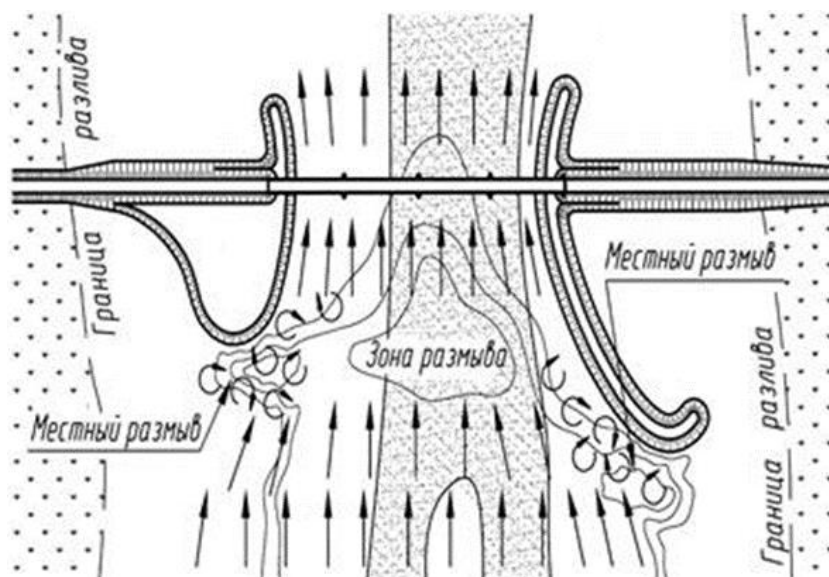


Рисунок 4 – Виды размывов

Верховые СНД направляют потоки воды от пойм под мост, равномерно распределяют размыв и расход под мостом.

Низовые дамбы обеспечивают плавное и постепенное растекание потока, выходящего из-под моста. Такие дамбы устраиваются под небольшим углом. Они, как и верховые, служат для предотвращения размыва береговых устоев.

Строительство СНД помогает установить зону размыва в удобном и на безопасном от мостового перехода участке, тем самым повышая его надежность и долговечность, а также улучшает проходимость судов под мостом. Конечно, сами СНД могут повреждаться, однако их ремонт достаточно простой и дешевый, в сравнении с ремонтом моста. Поэтому их устройство является весьма целесообразным и рациональным решением.

Литература:

1. Studopedia.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studopedia.ru/18_70197_zadachi-i-printsipi-regulirovaniya-tek-u-mostovih-perehodov.html (01.12.2022)
2. Myleksii.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://myleksii.ru/2-31305.html> (29.12.2022)
3. Studref.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://studref.com/348185/stroitelstvo/zadachi_printsipy_regulirovaniya_mostovyh_perehodov (02.12.2022)
4. Azbukametalla.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://azbukametalla.ru/entsiklopediya/d/damby.html> (01.12.2022)
5. studfile.net [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9688566/page:2/> (30.12.2022)

ИСТОРИЯ РЕКИ БЕРЕЗИНА

*Скрипчук Владислав Иванович, Колбик Егор Сергеевич,
студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)*

Березина — самая длинная река Беларуси. Его длина достигает 613 км, а общая площадь водохранилища составляет 24 500 км². Березина является правым притоком Днепра, а ее бассейн считается границей Балтийского и Черного морей.



Рисунок 1 – приток Днепра. Березина

Многие думают, что река получила свое название от слова береза, но есть и те, кто связывает его с балто-славянским корнем, означающим «быстрый» — «бурздусь» и по-русски звучит как «гончая». Река Березина была ареной многих исторических событий. Как и действия в 1920 году: линия фронта советско-польской войны располагалась непосредственно на берегу Березины, опять же в 1944 году, во время Отечественной войны, на Березине советским войскам удалось разбить одну из главных немецких группы. Но все же больше всего люди помнят поражение Наполеона в 1812 году. Однако, вопреки этим событиям, река также принесла с собой творение. Березина была составной частью водного пути «из варяг в греки». Таким образом, река Березина породила переправу и торговый центр в самом центре государства - Березино, который в будущем стал крупным городом.

В конце правления Сигизмунда III Вазы, короля Польши и Великого княжества Литовского, возникла цель соединить бассейны рек Днепр и Неман каналом, который соединил бы Березину с Вилией. Ему, однако, так и не удалось

воплотить эту идею в жизнь, и вопрос считался закрытым вплоть до царствования российского правителя Петра I. По его указу были подробно изучены все территории, простирающиеся между Западной Двиной и Днепром, но результаты этого исследования не дошли до нашего времени. После его царствования его идею решил осуществить российский император Павел I. 25 февраля 1797 года он поручил эту задачу своему советнику Сиверсу. «Водный путь», построенный Сиверсом, получил название «Система Березинских каналов».

Представление этого сооружения было таким: «Часть этой системы входит в Витебск со стороны Минской губернии, которая состоит из реки Эссы, озера Проша, Лепельского канала, озера Лепель и реки Уллы, впадающей в реку Двину. Берега ручьев, входящих в систему, были расширены и выровнены земляными работами, насколько позволяла земля; извилистые места неудобны для плавания по реке, были устранены путем рытья прямого канала».



Рисунок 2 – система Березинского канала

Этот канал служил росту малых городов и поселков на северо-востоке Беларуси. По Березинскому водному пути осуществлялся лесосплав, ходили суда, груженные всевозможным продовольствием, хозяйственными товарами и прочим. Во время войны 1812 года все постройки этой системы сильно пострадали. И несмотря на попытки 1843 г. восстановить канал, построив разводной мост у Борисова, углубив каналы, заменив шлюзы, полностью восстановить «водоток», но этого оказалось недостаточно. Поэтому полностью возродить старый «водный путь» не удалось, а с развитием железных дорог необходимость в нем отпала. А в годы Великой Отечественной войны Березинские шлюзы были взорваны из-за лесосплава и до сих пор находятся в полном упадке.

РАЗЛИЧИЕ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО И МОРФОМЕТРИЧЕСКОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ РЕК В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

*Щербо Алексей Денисович, Бушило Максим Евгеньевич,
студенты 3-го курса кафедры «Мосты и тоннели»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)*

Исследования гидрологического режима водотоков на территории Беларуси начались в начале XVIII столетия. Этому помогало географическое расположение на водоразделе двух морей – Балтийского и Черного и существование больших рек, таких, как Западная Двина, Неман, Днепр, Березина, Сож и Припять, из давнего времени служившими дорогами финансовых и культурных связей с другими государствами.

Наблюдения за гидрологическим режимом началось в конце XIX столетия (1876–1881 гг). На реках с самого начала наблюдений существовали и ещё существует более 700 гидрологических постов (рис.1).

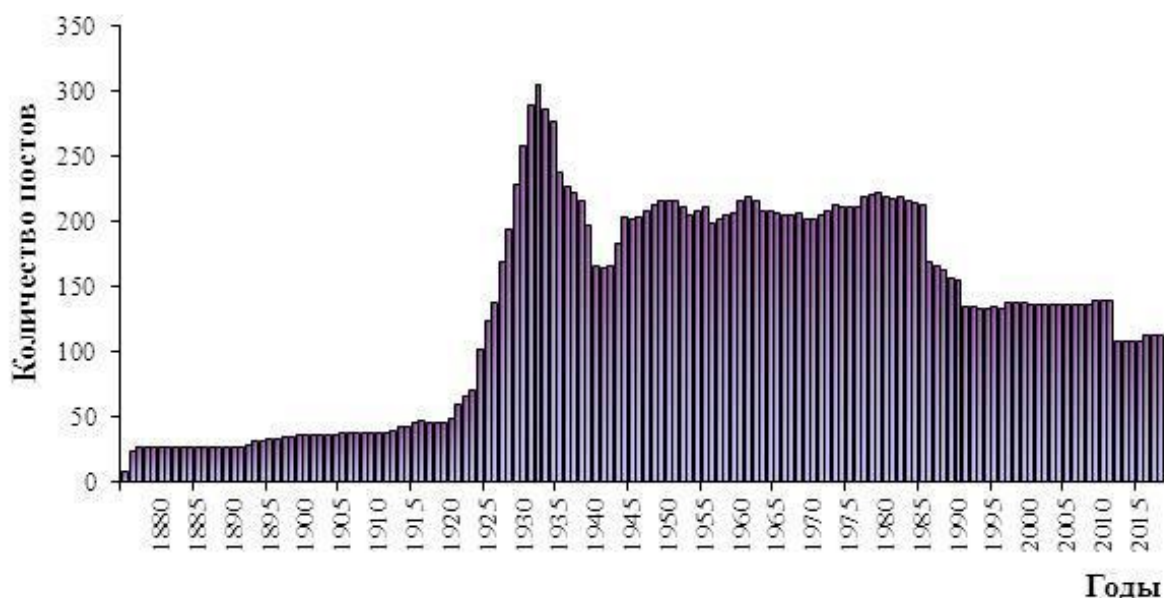


Рисунок 1 – Количество гидрологических постов за период с 1876 по 2020 годы

Инженерно-гидрологические исследования занимаются сбором материалов, характеризующих режимы службы водотока. Объем и методы зависят от трудности гидрологических условий в месте перехода водотока и изученности реки. Инженерно-гидрологические обследования есть двух видов:

- обследования реки при уровне меженных вод (УМВ) – морфометрические;

- гидрометрические обследования при уровне высоких вод (УВВ) во время водополья и паводка.

Гидрологическое обследование – это комплекс мероприятий, которые могут установить характеристики и состояние водного объекта.

Есть 4 вида классификаций рек по степени гидрологической изученности:

Хорошо изученные – реки, на которых наблюдения за уровнями воды и их расходами велись постоянно более 20 лет. Место перехода реки находится возле створа одного водомерного поста. Выше и ниже подобранного места перехода находятся существующие водомерные посты.

Удовлетворительно изученные – реки, где в месте перехода отсутствуют гидростворы с многолетними наблюдениями, но можно предположить уровни воды по данным многолетних водомерных постов, находящихся выше и ниже по течению от места створа, где в будущем будет располагаться переход.

Малоизученные – реки, на которых нет сведений об уровнях и расходах на участках будущего перехода. В этой ситуации пользуются данными водомерных постов, расположенных на большом удалении от места будущего перехода и имеющих наблюдения не менее 15 лет. Ещё используются данные, полученные на реках-аналогах.

Неизученные – реки, на которых гидрометрических наблюдений не проводилось, нет водомерных постов, и нет сведений о рекам-аналогам.

Для выбора рек-аналогов нужны следующие параметры:

- географическая близость бассейнов;

- одинаковые условий формирования стока (однотипность почв и гидрологических условий, так же близкая степень заозеренности, залесенности, заболоченности);

- площади бассейнов не могут различаться друг от друга больше, чем в 10 раз и средние высоты – больше чем на 300 м;

- недостаток факторов, изменяющий речной слив (взятие воды на орошение, построение плотин и т.д.).

Морфометрическое обследование – это комплекс полевых работ, выполняемых на реках, предназначенный для нахождения численных соотношений между геометрическими, морфометрическими и гидравлическими характеристиками русел и пойм рек. Цель морфометрических работ является получение расчетных гидрологических данных водотока с помощью измерения формы речной долины.

С использованием морфометрических обследований определяют:

1) Характерные уровни воды в реке:

- УВВ;
 - горизонты высокого ледохода;
 - горизонты высокой подвижки льда;
 - горизонты низкой подвижки льда;
 - горизонты меженных вод (УМВ).
- 2) коэффициенты шероховатости русел и пойм;
 - 3) ледовый режим реки;
 - 4) характер руслового процесса.

При морфометрических обследованиях выполняют съёмки:

- съёмка продольного профиля реки на месте перехода;
- определение уклонов водной поверхности;
- разбивка и съёмка морфометрических створов.

Морфометрические створы нужны для определения расходов воды. Морфометрический створ перпендикулярен течению воды. Морфометрические характеристики створа:

- распределение глубины воды по его ширине;
- сопротивление движению воды на разных участках створа (русла, протоки, пойм), определяемых коэффициентом шероховатости.
- количество морфометрических створов должно быть не меньше трех.

Эти съёмки выполняются одновременно с топографо-геодезическими работами и завязываются с ними.

Речная система состоит из главной реки и притоков 1-го порядка – впадающих в главную реку, 2-го порядка – впадающих в притоки 1-го порядка, и т.д. Все водоемы находящиеся на водосборной территории реки, являются частью ее речной системы.

Общая длина рек Беларуси составляет 90 600 км. В Беларуси 19 300 рек, протяженность которых до 10 км. 1452 реки имеют длину от 10 до 100 км, 48 рек – от 100 до 500 км и всего 7 рек – более 500 км.

Заключение

На сегодняшний день в Республике Беларусь в системе гидрометеорологической службы действует 104 гидрологических поста находящихся на реках, за которыми ведутся наблюдения уровня воды, гидрологического и гидрохимического режимами.

Для качественного исследования рек гидрометрические наблюдения при УВВ не производятся. Морфометрических исследований не требуют длительных сложных наблюдений, при УВВ. На малоизученных и неизученных больших реках, вместе с морфометрическими обследованиями, должны проводиться и гидрометрические наблюдения.

Морфометрический метод удобен для быстрого нахождения площади бассейна реки, но может привести к большим неточностям измерений

В Белгидромете издаются: «Ежегодные сведения о режиме и ресурсах неглубоких вод» (гидрологические ежегодники).

Литература:

1. Инженерная гидрология [Электронный ресурс] / present5.com – Москва, 2009. – Режим доступа: <https://present5.com/inzhenernaya-gidrologiya-konspekt-lekcij-literatura-1-fedotov/> Дата доступа: 11.12.2022
2. Реки Беларуси [Электронный ресурс] / present5.com – Москва, 2009. – Режим доступа: https://studylib.ru/doc/2015041/1-reki-belarusi-skol._ko-v-nashej-strane-rek--kuda-oni Дата доступа: 11.12.2022
3. Гидрологические и морфометрические исследования [Электронный ресурс] / present5.com – Москва, 2009. – Режим доступа: http://typhoon.spb.ru/?page_id=258 Дата доступа: 11.12.2022

ТОННЕЛЬ, СООРУЖАЕМЫЙ ГОРНЫМ СПОСОБОМ

*Шарко Евгений Андреевич, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

В рамках работы требуется спроектировать тоннель горным способом между двумя населёнными пунктами с целью облегчения транспортного сообщения. Было принято решение запроектировать автодорожный тоннель с двумя полосами движения общей протяжённостью 9 км. Для строительства тоннеля были выбраны два города: Гёшенен, Хоспенталь, Швейцария. Население составляет 436 тыс. и 254 тыс. человека. Плотность 5737 чел./км². Тоннель будет проходить вдоль Gotthardstrasse. Глубина заложения тоннеля находится на глубине 150 м. Внешний диаметр обделки составляет 12 м. Так как реальная инженерно-геологическая ситуация неизвестна, то для простоты вычисления были приняты два грунта: песок и глина.

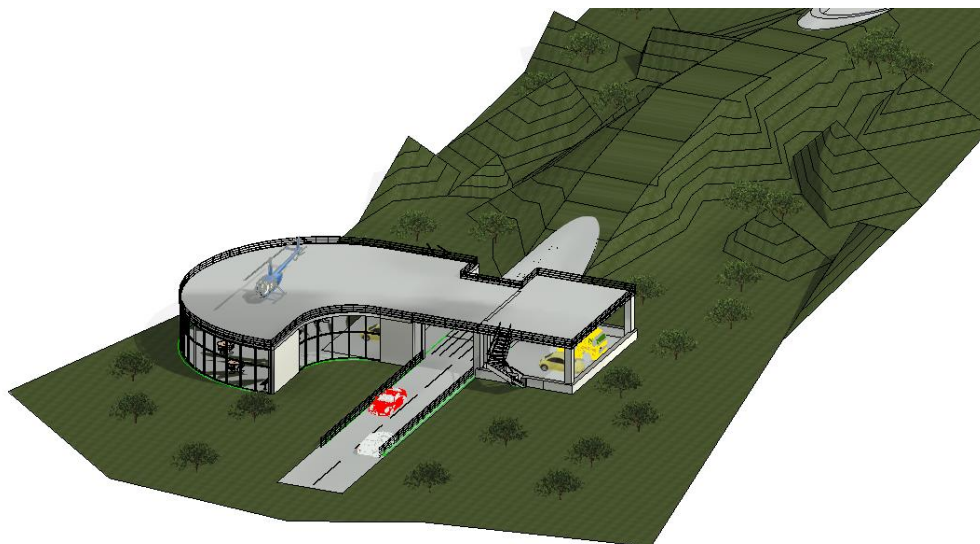


Рисунок 1 – Общий вид на вход в портал.



Рисунок 2 – Восточный фасад



Рисунок 3 – Западный фасад



Рисунок 4 – Южный фасад

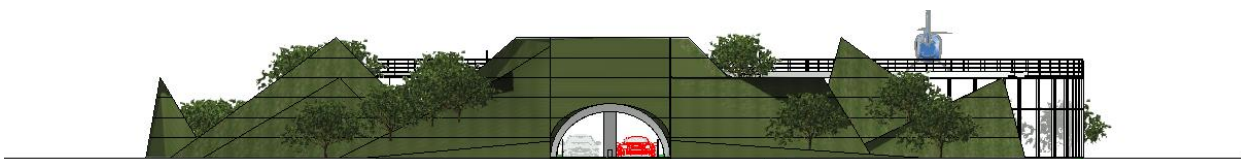


Рисунок 5 – Северный фасад

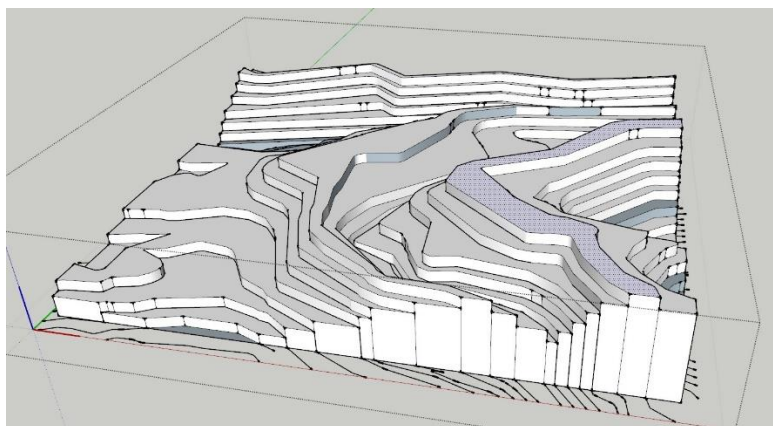


Рисунок 6 – Рельеф местности

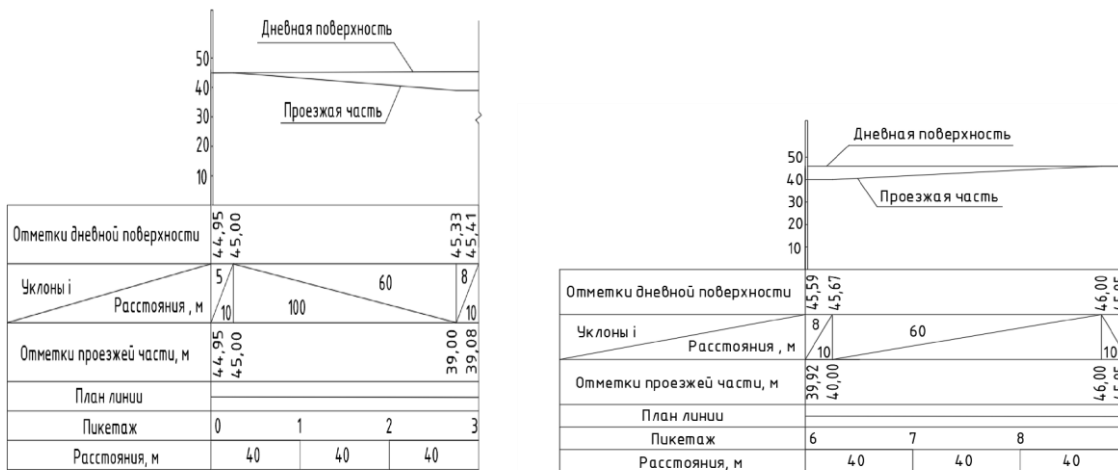


Рисунок 7 – Продольный профиль трассы в начале и конце тоннеля

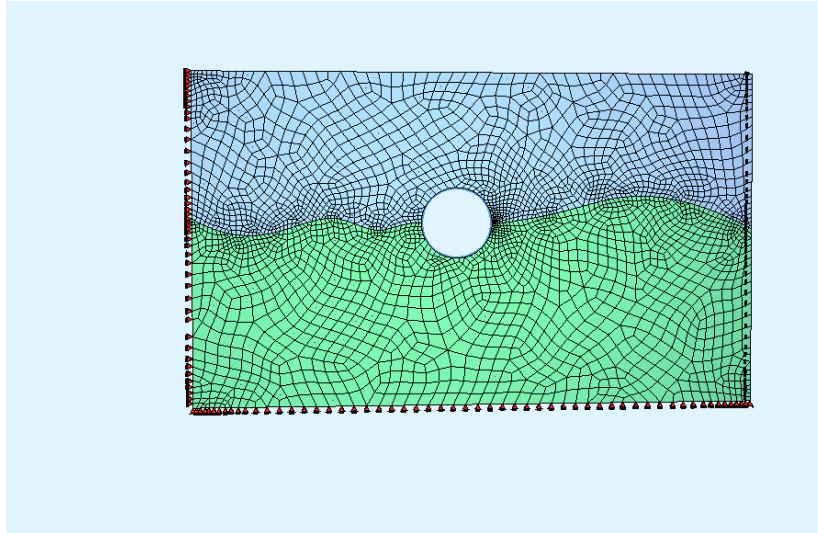


Рисунок 8 – Расчётная схема поперечного сечения с учётом застройки

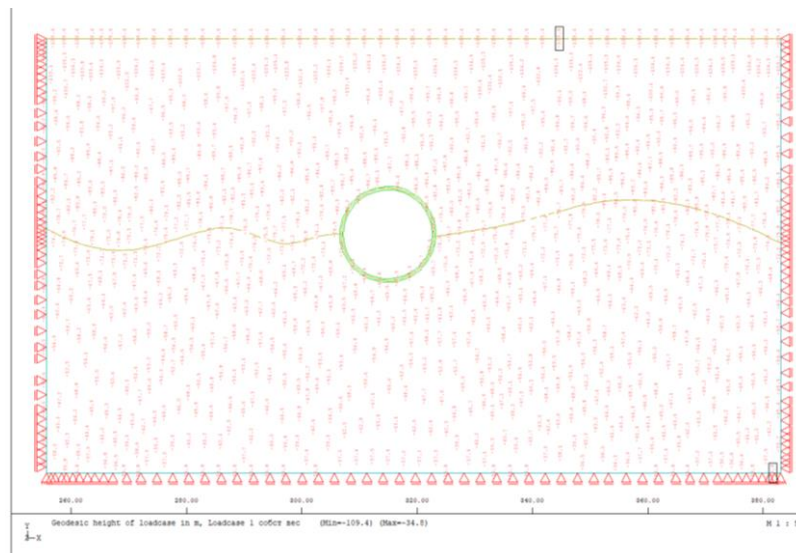


Рисунок 9 – Нагрузки от давления грунта на конструкции тоннеля

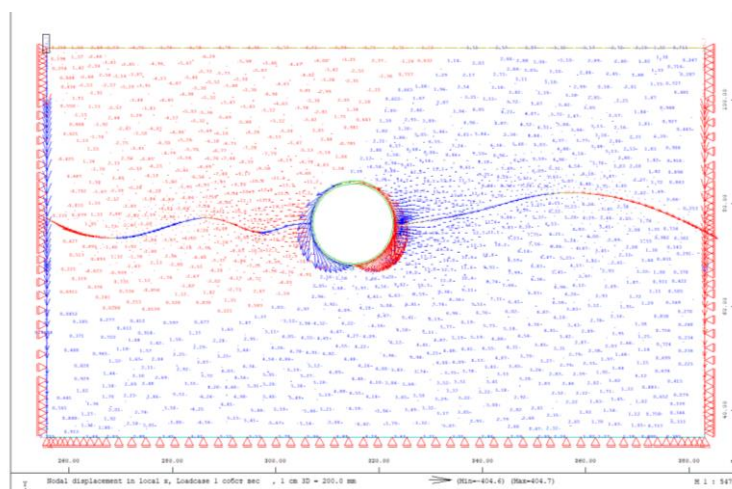


Рисунок 10 – Эпюра моментов, возникающая в конструкции железобетонной обделки на стадии завершённого строительства тоннеля

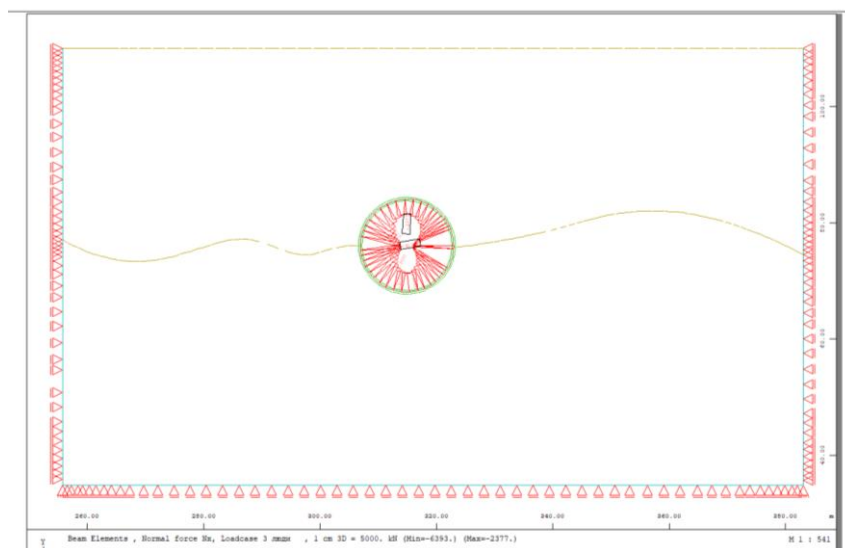


Рисунок 11 – Эпюра продольных усилий, возникающая в конструкции железобетонной обделки на стадии заверенного строительства тоннеля

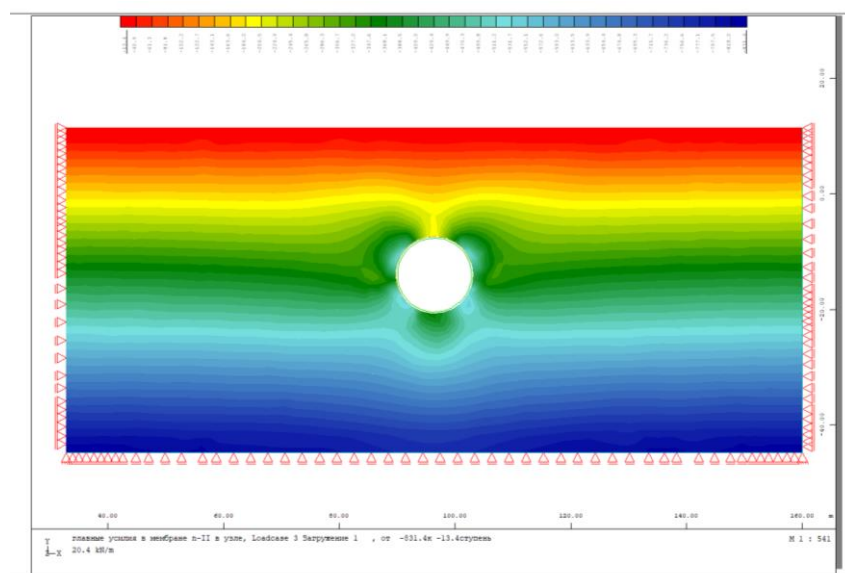


Рисунок 12 – Изополя перемещения по вертикали упругого полупространства совместного с железобетонной обделкой на стадии строительства тоннеля

Данный тоннель построен при помощи горного способа строительства, в отличие от открытого, полукрытого и опускного способа, здесь все работы происходят без нарушения поверхности. Горный способ может быть, как механизированный, так и немеханизированный.

Немеханизированный или полумеханизированный – это поэтапная разработка горной породы с ее удалением, при которой для защиты от обрушения тоннеля используют деревянные каркасы, обычно это делается в виде веерной крепи. В данном случае всю работу выполняют люди, что является минусом так как работа идет медленно, высокая трудоемкость. В настоящее время немеханизированным способом никто не пользуется. Он используется в основном в аварийных ситуациях, когда невозможно применение техники.

Различают три основных немеханизированных способа: австрийский, бельгийский, германский.

Механизированный способ, который был использован в строительстве данного тоннеля отличается от предыдущего большей производительностью и эффективностью, все работы выполняет специализированная техника. Разработка горной породы идет быстрее и более крупными элементами, так же погрузка транспортировка и установка обделки происходит механизировано. Для защиты используют облегченные временные крепи. Различают три основных механизированных способа: способ сплошного забоя, ступенчатого забоя, ново-австрийский. Ново-австрийский был использован в этом тоннеле так как из-за большой глубины залегания тоннеля была возможность использовать породу окружающую тоннель в связке с крепями из чего получалась более надежная конструкция.

Все работы далее выполняются только после установки крепи, под ее защитой и возводится тоннельная обделка.

СИСТЕМЫ ГЕОДИНАМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ТОННЕЛЕЙ

*Казак Владислав Олегович, студент 4-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

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

Для усовершенствования движения транспортного потока в США между городами УОЛСБЕРГ - ХЕБЕР СИТИ был разработан проект автомобильного тоннеля (Рис1.). Была спроектирована модель портала и всей инфраструктуры сооружения (Рис2.).



Рисунок 1 – Схема расположения тоннеля

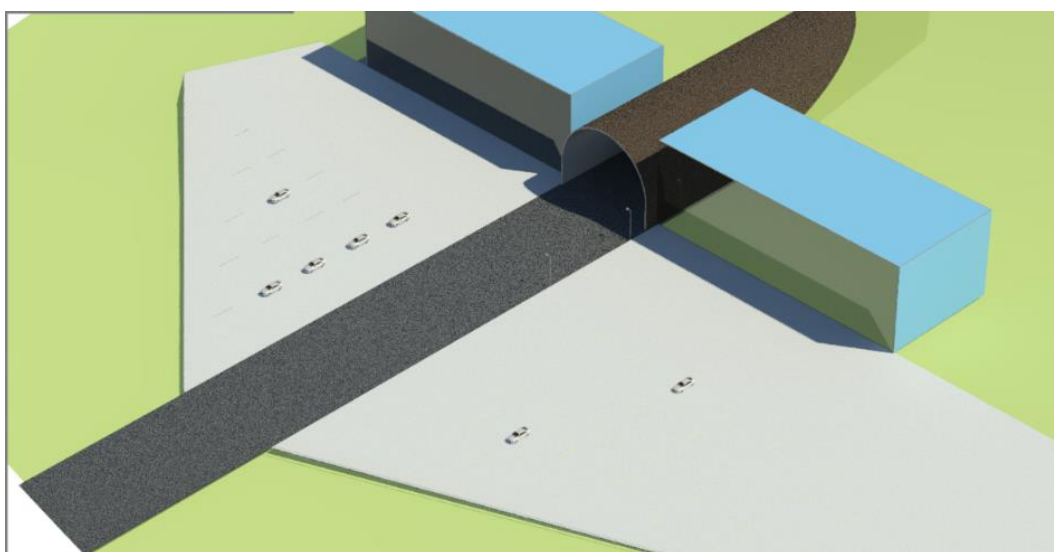


Рисунок 2 – Портал тоннеля

Главным вопросом при строительстве тоннеля является обеспечение безопасности сооружения. В данной работе при строительстве обделки тоннеля мы используем контрольно-измерительную аппаратуру, предназначенную для оценки технического состояния тоннеля. Такая аппаратура использовалась при строительстве дороги между городами Адлер - “Альпика сервис”. После вся аппаратура была присоединена к геодинамической системе безопасности, которая собирает и отображает информации о напряженно-деформированном состоянии со всех тоннелей. За всей информацией следят люди, находящиеся в отделении диспетчерской по дорогам. (Рис. 3)

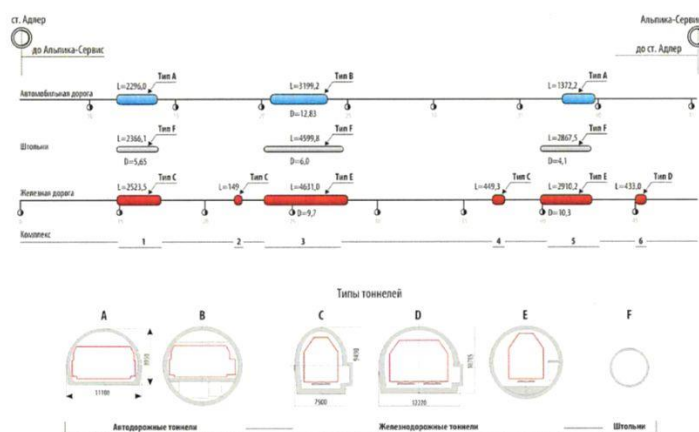


Рисунок 3 – Схема транспортных тоннелей

Система геодинамической безопасности состоит из следующих подсистем:

- Контроль напряженно-деформированного состояния
- Оценка напряженно деформированного состояния
- Сейсмомониторинг

Ее приоритетная задача – своевременное оповещение о текущих и предстоящих угрозах безопасности эксплуатации для инженерного сооружения и предупреждение об возникающих аварийных ситуациях, которые зависят от изменения движения земли и гидрогеологической обстановки в содержащем массиве.

ЮГОРСКИЙ ВАНТОВЫЙ МОСТ

*Отчик Станислав Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Югорский мост – вантовый мост находящийся в городе Сургут. Мост проходит через реку Обь. Югорский мост является одним из самых длинных мостов Сибири. Этот мост интересен тем, что длина его составляет 2110 метров и при этом он имеет только одно основание.

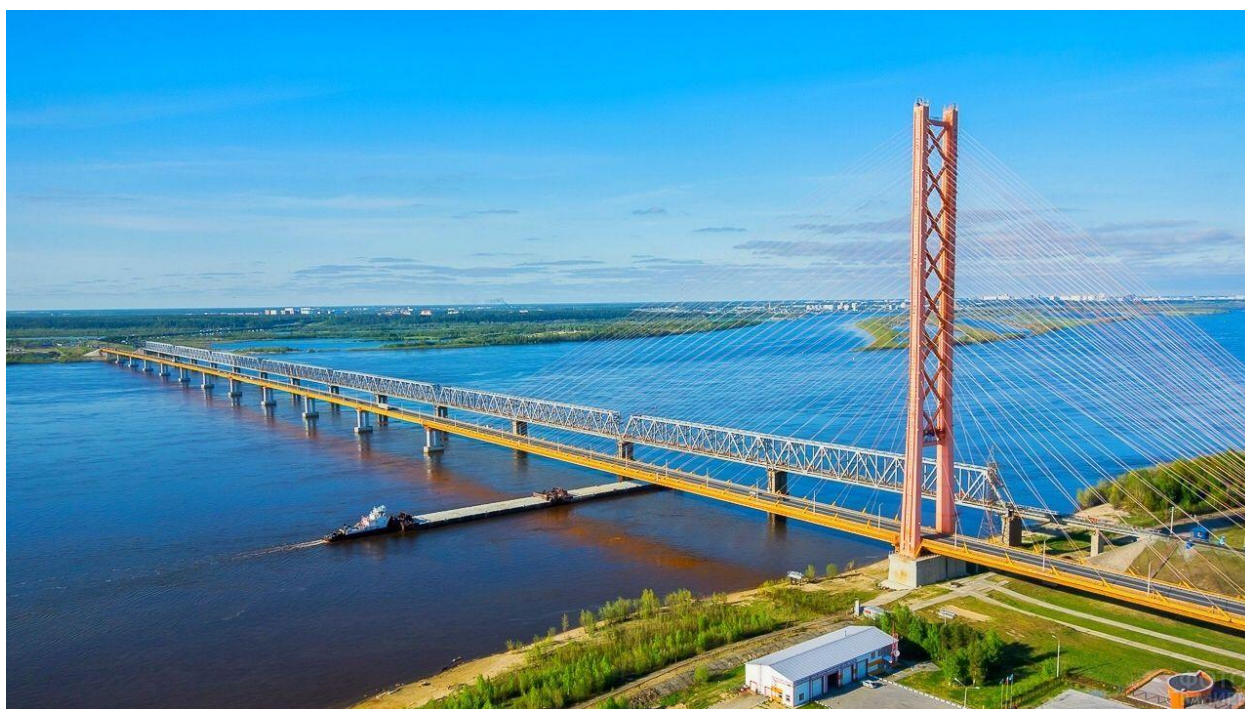


Рисунок 1 – Общий вид моста

Пилон высотой 150 метров, держит центральный пролёт высота которого 408 метров. Этот пролёт является самым длинным в мире, держащийся на одном пилоне. Данный факт находится в Книге рекордов Гинесса. Внешний вид далеко не главная черта этого моста, он соединяет все города Ханты-Мансийского автономного округа. До его строительства местные жители были вынуждены переправляться через паром летом, и ледовой переправой зимой. Также под мостом находится здание диспетчерской, в котором в 2009 году был открыт музей. В музее хранится ключ, которым было символически открыто это сооружение губернатором Сургута.

Литература:

1. Это Сибирь! –[Электронный ресурс] - <https://dzen.ru/a/W8l52N5yKwCqzP1a>
Дата доступа: 19.11.2018
2. Тонкости Туризма. [Электронный ресурс] - https://tonkosti.ru/Югорский_мост - Дата доступа: 01.12.2020

Секция 2
АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВ

*Волонцевич Диана Анатольевна, студент 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Влияние плотности грунта на сопротивляемость его внешним нагрузкам. Критерии уплотнения

Уплотнение давно используется как метод повышения прочности и устойчивости грунта. Для выяснения связи между плотностью грунта и сопротивлением внешним нагрузкам были проведены опыты по определению модуля деформации путем наложения штампа на поверхность полупространства грунта. Опыты повторяли в почвах с различной влажностью. Было установлено, что модуль деформации увеличивался только до определенной плотности, после чего модуль уменьшался при дальнейшем сжатии (Рис. 1).

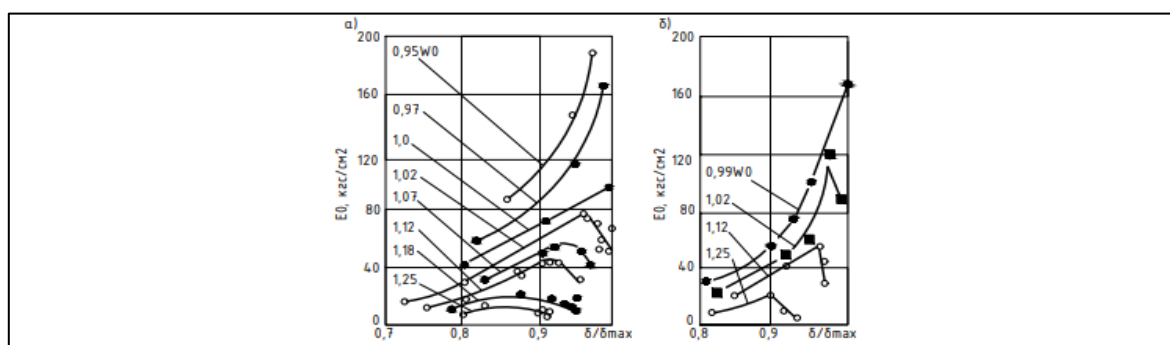


Рисунок 1 – Зависимость модуля деформации грунтов от их плотности при разных влажностях: а – тяжелый пылеватый суглинок; б – пылеватый грунт

Как показано на (Рис. 1), критическая плотность уменьшается с увеличением влажности. Выявлено влияние характера уплотнения грунта на характер зависимости модуля деформации от плотности. Кривые получены в результате уплотнения грунта под действием ударной нагрузки. Например, при уплотнении грунта с медленной нагрузкой под прессом, при оптимальной и неоптимальной влажности модуль растет с увеличением плотности и достигает критического значения и стабилизируется. Эти устойчивые значения и соответствующие им критические плотности грунтов несколько выше, чем при ударном нагружении.

Можно сделать вывод что чем плотнее полученный грунт, тем сильнее эффект уплотнения, характеризующийся специфическим ударным импульсом. В то же время оптимальная влажность грунта уменьшается с увеличением эффективности уплотнения (Рис. 2).

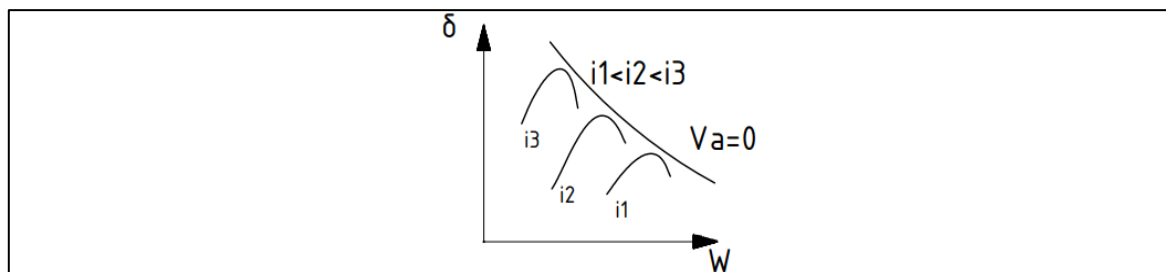


Рисунок 2 – Изменение плотности грунтов при уплотнении нагрузками разной интенсивности

Таким образом, стандартное уплотнение напрямую определяет влажность грунта, при которой достигается максимальная прочность и устойчивость грунта.

Оптимальная влажность, полученная на стандартном оборудовании, отличается от влажности, соответствующей пределу пластичности (Рис. 3). Это положение касается многих типов грунта. Оптимальное содержание влаги можно определить, взглянув на предел пластичности, а не на предел текучести. Соответственно, стандартные методы уплотнения определяет влажность почвы, что гарантирует оптимальную устойчивость. Поэтому полный переход на другие методы уплотнения, вряд ли является хорошей идеей.

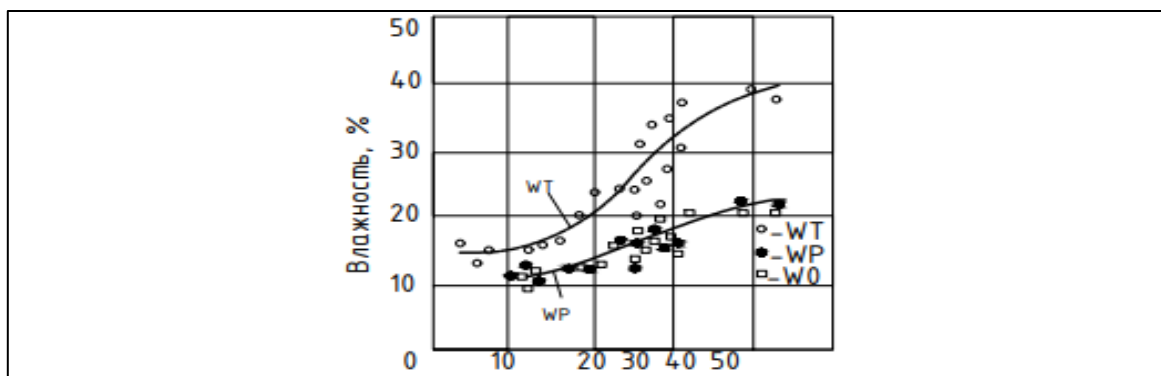


Рисунок 3 – Зависимость предела текучести, предела пластичности и оптимальной влажности грунтов от содержания в них глинистых частиц

Требуемые плотности грунтов насыпей. Допустимые влажности

Плотность грунта в жилых массивах под проезжей частью в среднем в 1,03 раза выше, чем под обочиной, что объясняется более высокой нагрузкой. В целом придорожная почва не подвергается воздействию движения транспортных средств. По техническим регламентам верх дорожного полотна под нагрузкой и

гололедом должен быть приподнят. Это исключает воздействие напорной воды на грунт. В редких случаях можно полностью исключить возможность подъема мороза, поэтому важно создать условия, не связанные с недопустимой деформацией дорожного покрытия. В зависимости от типа дорожного покрытия необходимо установить нижний предел допустимой плотности грунта таким образом, чтобы морозное пучение не превышало допустимого значения. Чем выше общий подъем промерзания, тем более неравномерным он выглядит.

Количество вовлеченного воздуха следует определять в грунтах с повышенной влажностью под нагрузкой, соответствующей процессу образования земляного полотна. Как видно из графика (Рис. 4.), по мере увеличения плотности грунта количество захваченного воздуха уменьшается, и это количество воздуха составляет около 3% от плотности, которую должен иметь грунт дорожной насыпи.

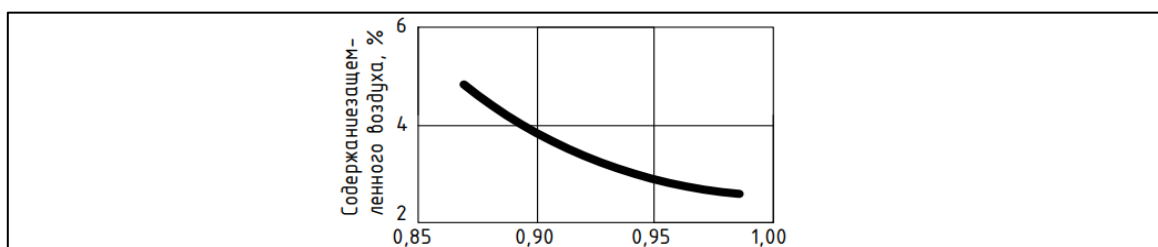


Рисунок 4 – Зависимость объема пор, занятого защемленным воздухом, от плотности связного грунта

В уплотненных несвязных грунтах количество захваченного воздуха достигает 6-9,5%.

Самый дешевый и простой способ – защитить поверхность земляного полотна слоем грунта. Для этого подстилающее основание возводят на 15-30 см выше проектной отметки и снимают лишний слой грунта, впитавший атмосферные осадки, перед устройством дорожного основания.

Повышение устойчивости грунтов естественных оснований

При недостаточной устойчивости естественного основания, на котором строятся невысокие насыпи, достигнутая высокая ровность дорожного покрытия будет быстро утрачена даже при хорошем уплотнении грунтов этих насыпей.

Для получения необходимых данных о влиянии природных сооружений на свойства грунта, отбор проб производился с обочин и резервов у края проезжей части с различных глубин таким образом, чтобы получить пробы как из зоны промерзания, так и из глубин за пределами этой зоны. Как показывают результаты, плотность грунта под проезжей частью на 2-3% превышает плотность грунта под обочиной.

Из-за транспортных нагрузок плотность грунта в верхних слоях естественного основания дороги выше, чем в нижних слоях. Плотность грунта под взлетно-посадочной полосой аэродрома была выше, чем под дорогой из-за большей нагрузки.

Так, в процессе дорожной службы грунт естественного основания во время движения автомобиля интенсивно уплотняется. Недостаточная начальная плотность может привести к осадению, что может привести к деформации дорожного покрытия. Это подтверждает необходимость предварительного уплотнения грунта.

Некоторые вопросы экономики уплотнения грунтов

Установлено, что повреждения дорог в основном связаны с недостаточно уплотненным грунтом, а все дороги, эксплуатируемые 25 и более лет, строятся на хорошо уплотненных основаниях. Недостаточное внимание к процессу уплотнения приводит к быстрой потере ровности дорожного покрытия и, как следствие, к ухудшению.

Расчеты показывают, что при достижении протяженностью участка деформации дорожной одежды 2-2,5% длины дороги все затраты на уплотнение грунта полностью окупаются. Следует учитывать, что стоимость работ по ремонту деформированного участка простой укладкой верхнего слоя асфальтобетона в 3-4 раза превышает стоимость уплотнения грунта на той же площади.

Уплотнение грунта, очень важный элемент технического процесса земляного строительства, поэтому экономически целесообразно, так как вложенные средства не только очень быстро окупаются, но и приносят большую отдачу за счет увеличения срока службы.

Литература:

1. Н.Я. Хархута, Ю.М. Васильев., Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог. – Москва, 1975. – С. 92 – 117.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НЕПОЛНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Гатальская Анастасия Владимировна, выпускник 2022 года

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

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

Транспортные узлы в разных уровнях обеспечивают бесперебойное движение автомобильных потоков с минимальными задержками по времени, а также сводят к минимуму потери, связанные со снижением средней скорости передвижения. В зависимости от конфигурации транспортные развязки полностью или частично исключают конфликтные точки пересечения автомобильных потоков, положительно влияя на уровень безопасности дорожного движения.

Однако в условиях ограниченного финансирования возведение дорогостоящих объектов таких как транспортные развязки может быть невозможно. Также наличие стесненных условий для проектирования и возведения такого рода транспортных объектов может стать препятствием для реализации таких проектов. Учитывая возможности дальнейшего стадийного развития транспортного узла в практике проектирования широко применяется поэтапное развитие и последующая модернизация подобных объектов.

Для улучшения транспортной ситуации на пересечениях автомобильных дорог или городских улиц со значительной разницей в интенсивностях движения на пересекаемых дорогах применяются неполные типы транспортных развязок как для трех, так и для четырех направлений. Места пересечения транспортных потоков на второстепенных направлениях проектируются с максимальной возможностью полноценной обзорности, видимости и понятности для водителей. В случаях увеличения интенсивностей по второстепенному направлению применяется светофорное регулирование данных точек, а также последующая модернизация по обоснованию, в зависимости от перераспределения направлений движения транспортных потоков в конкретной точке пересечения потоков.

Площади занимаемых территорий для транспортных развязок неполного типа относительно не велики, учитывая наличие стесненных условий возможно применение нормативов проектирования элементов транспортной развязки под минимальные расчетные скорости движения на соединительных ответвлениях.

Широкое применение имеет комбинированное сочетание элементов (съездов различной конфигурации) в планировочных решениях неполных транспортных развязок, позволяющее оптимизировать условия движения в каждой отдельной четверти с учетом препятствий для трассирования и особенностей прилегающих территорий: сложность рельефа, застройка территории, ценные или охраняемые угодия, наличие коммуникаций (Рис. 1).



Рисунок 1 – Пример планировочных решений неполных транспортных развязок (Республика Беларусь, г. Минск, Минский район)

Одним из модернизирующих элементов для разрешения конфликтных точек пересечения потоков в неполных транспортных узлах может являться введение кольцевой проезжей части на второстепенном направлении. Обосновывая радиус центрального островка кольцевого пересечения, а также оптимизируя количество полос движения на кольцевой проезжей части можно добиться существенного увеличения пропускной способности в узле (Рис. 2).



Рисунок 2 – Применением кольцевой проезжей части в точках пересечения транспортных потоков (Республика Беларусь, Минский район)

Применение специализированной организации дорожного движения в зоне кольцевой проезжей части по принципу «турбокольца» со спиральным

распределением движения по полосам также многократно повышает пропускную способность транспортного узла.

Литература:

1. ТКП 509-2014 «Автомобильные дороги. Примыкания и пересечения. Правила проектирования», департамент "Белавтодор". – Мн.:2014 – 64 с.
2. ОДМ 218.2.071-2016 «Методические рекомендации по проектированию кольцевых пересечений при строительстве и реконструкции автомобильных дорог», федеральное дорожное агентство «Росавтодор». – М.:2016 – 168 с.
3. Яцевич, И. К. Транспортные развязки. Основы проектирования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / И. К. Яцевич, Е. И. Кононова ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Автомобильные дороги". – Минск : БНТУ, 2019.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЯМОЧНОГО РЕМОНТА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

*Данчиков Александр Владимирович, студент 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»
Белорусский национальный технический университет
(Научный руководитель – Мытько Л.Р., канд. техн. наук, профессор)*

Автомобильные дороги являются важным элементом экономики любого государства. И для того, чтобы автомобильные дороги исправно выполняли свои функции необходимо поддерживать их эксплуатационное состояние, так как в процессе эксплуатации на дорожных покрытиях могут появляться различные деформации. Одним из опасных повреждений является образование выбоин.

Для ликвидации выбоин применяют следующие технологии ямочного ремонта

Ремонт без нарезания карт производится без удаления асфальтобетона около выбоины. Данный метод ускоряет ремонт дороги и является временным. При данном способе невозможно достичь хорошего качества ремонта, в связи с чем данное решение является не надежным и не долговечным.

Ремонт методом пропитки является самым простым. Благодаря этому методу можно быстро и легко выполнить ремонт повреждения. Для этого необходимо очистить выбоину, затем засыпать в нее заполнитель и пропитать битумом. Далее проводят уплотнение. Большим плюсом метода является то, что его можно выполнить имея небольшой набор простых инструментов

Ремонт с нарезанием карт относится к наиболее технологичному и качественному. Метод также имеет высокую эффективность и долговечность. Сначала производится разметка участка, отмеченный участок удаляется и зачищается. При этом необходимо учитывать следующие правила:

- Кромки карты должны быть вертикальны;
- Края должны выступать на несколько сантиметров за повреждение;
- Находящиеся рядом выбоины объединяют в одну карту;
- Желательно делать карты прямоугольной формы и не допускать образования острых углов;
- Площадь карты не должна превышать трех квадратных метров;
- Карту необходимо просушить.

Далее обрабатывают края карты битумом, затем заполняют асфальтобетонной смесью и производят уплотнение.

Ремонт дорожных покрытий с применением холодного асфальтобетона часто применяют в холодное время года. Его можно использовать при температуре до -15 – -25 градусов. Холодную смесь высыпают в заготовленную карту и укладывают слоями по 2 – 5 сантиметров, уплотняя каждый слой. Последний слой укладывают немного выше поверхности дороги, так как при укатке слой уплотнится. Применение холодного асфальтобетона – это современный метод, благодаря которому можно быстро отремонтировать повреждения, но он имеет и ряд недостатков. Данный метод очень требователен к соблюдению всех норм технологий, а значит есть риск получить некачественный ремонт. Однако, при соблюдении технологии работ отремонтированные участки служат несколько лет.

Ремонт пневмонабрызгом. Данный метод выполняется с помощью специальной техники. Существует множество подобных конструкций устройств по ремонту дорожных покрытий, но принцип работы у них одинаков. Машина производит продувку выбоины воздухом, промывку водой, очистку, затем смачивает ее битумной эмульсией, засыпает щебнем. Метод применяется при ремонте небольших выбоин или трещин, а также является быстрым и простым.

Ремонт инфракрасным излучением осуществляется с применением инфракрасных (газовых, электрических) излучателей. Покрытие с дефектом (выбоиной, трещиной, колеей и т.д.) разогревается, разрыхляется и повторно укладывается. Технология экономит материал и делает достаточно качественный ремонт из-за отсутствия холодного соединения. Это происходит благодаря равномерному прогреву области около повреждения.

Ремонт с помощью пломб выполняется на специализированном комплексе dahir insaat. По прибытию на место ремонта комплекс становится на опоры, далее оператор определяет область ремонта и размер пломбы, после чего комплекс выполняет все последующие работы автоматически. Сперва машина проходит по контуру области фрезой, затем фрезирует внутреннюю часть, удаляет остатки покрытия, при необходимости производит засыпку образовавшихся пустот. В конце комплекс извлекает из кузова заранее заготовленную пломбу, устанавливает ее и разогревает участок, чтобы убрать зазор между пломбой и асфальтобетонным покрытием. Весь процесс ремонта занимает около 5 минут и является достаточно дешевым. Отремонтированное покрытие может служить достаточно долго.

Перечисленные способы ремонта дорожных покрытий являются простыми, но эффективными технологиями. Существуют также и другие способы, которые широко используют при ремонте автомобильных дорог. Большое количество методов позволяет выбрать оптимальный для той или иной

ситуации вариант ремонта, что положительно сказывается на качестве, долговечности и цене содержания дорожного покрытия.

Литература:

1. Enki.ua [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://enki.ua/kak-v-ssha-provodyat-yamochnyy-remont-normy-tehnologii-mashiny-8901>
2. Roadmasters.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://roadmasters.ru/remont-dorogi/yamochnyj-s-narezaniem-kart/skladiruemye-organomineralnye-smesi.html>
3. Beton-house.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://beton-house.com/iz-monolitnogo/avtodorogi/tehnologiya-yamochnogo-remonta-asfaltobetonного-pokrytiya-263>

ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНА В ВИДЕ СУХОЙ СМЕСИ КАЛЬМАТРОН-Д

*Домнич Виктория Леонидовна, студентка 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Когда появились первые дороги? История трактует нам о появлении их за четыре тысячи лет до нашей эры [1]. С тех пор прошло достаточно времени, чтобы предать дороге в виде проложенной тропинки идеальное строение. К сожалению, не бывает ничего идеального. С каждым годом количество, как и масса автомобилей проезжающих по дорожному покрытию увеличивается, что не может не повлиять на его прочность. В лабораториях проводятся тысячи испытаний для усовершенствования качеств составляющих строение автомобильной дороги. И конечно же всегда ждут хороших результатов с низкой стоимостью затрат материалов.

Относительно недавно ЧП «Кальматрон» [2] продемонстрировало миру добавку для бетона в виде сухой смеси Кальматрон-Д. (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Добавка для бетона в виде сухой смеси Кальматрон-Д

Кальматрон-Д: сухая смесь, состоящая из портландцемента и комплекса запатентованных химически активных компонентов. Эта добавка предназначена

для повышения прочности бетона до 20%, улучшает стойкость бетона к агрессивным средам, увеличения морозостойкости на 50 циклов и более (что позволяет получать бетоны с маркой по морозостойкости F300), повышения водонепроницаемости на 3 - 5 ступеней [3]. Применение такой добавки делает бетон непроницаемым для машинных масел и солянки. Повышение морозостойкости на 100 циклов, температура эксплуатации составляет от -60 до +130°С. Расход такой смеси 10 кг на кубический метр бетонной смеси [4].

О возможности использования данной добавки с другими добавками станет известно только по результатам лабораторных испытаний в ЖБИ.

Что касаясь применения добавки Кальматрон-Д, добавка может вводиться в состав бетонной смеси в сухом виде и в виде раствора с водой:

- если добавку вводить в сухом виде, её необходимо высыпать на ленту подачи сыпучих материалов, весовой дозатор, смеситель;
- если добавку вводить в виде раствора с водой, то смешиваем 1 килограмм смеси на 0,6 литров воды в бетономешалке.

Если подвести итог, то можно сказать, что добавка Кальматрон-Д только улучшит состав бетонной смеси и поможет увеличить срок службы дорожного покрытия.

Литература:

1. Интернет-ресурс История дорог. – https://www.letopis.info/themes/roads/istorija_dorog_v_drevnie_vremena.html.
2. Интернет-ресурс ЧП «Кальматрон». - <https://kalmatron.by/>.
3. Интернет-ресурс ЧП «Кальматрон» Кальматрон-Д. <https://kalmatron.by/products/kalmatron-d/>
4. Интернет-ресурс ЧП «Кальматрон» Кальбатрон-Д. Преимущества использования https://kalmatron.ru/products/kompleksnaya_dobavka_v_beton/kalmatrod/.

ВИДЫ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОДПОРНЫХ СТЕНОК В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Комаров Никита Александрович, Толстикова Надежда Александровна,
студенты 4-го курса кафедры «Автомобильные дороги»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гатальский Р.К., старший преподаватель)*

Подпорные стенки в дорожном строительстве используются в случае, когда наклон откоса к горизонтальной поверхности сыпучих земляных масс или других сыпучих материалов превышает параметр внутреннего трения данного материала. Подпорные стенки можно разделить по материалам, из которых они сделаны:

- 1) Из бетона разных марок (подпорная стенка из такого материала хорошо воспринимает нагрузки)
- 2) Из камня (для устройства подходят разные породы, является экономически выгодным)
- 3) Из блоков (являются легкодоступным и удобным при строительстве)

Так же подпорные стенки (Рис 1.) различаются своей конструкцией и размерами.

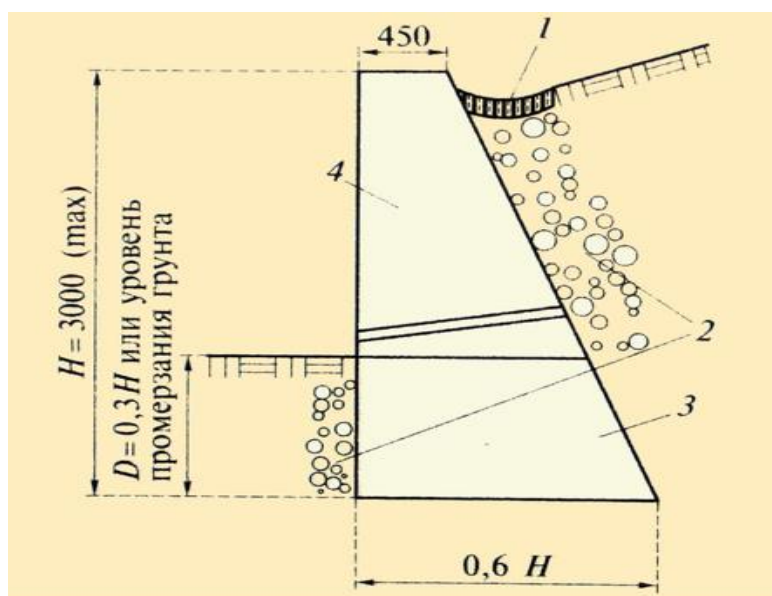


Рисунок 1 – Схема подпорной стенки

На (Рис. 1) изображены основные элементы подпорной стенки: 1- водоотвод, 2-дренаж, 3-фундамент, 4-основной элемент.

Подпорные стенки в дорожном строительстве подразделяются на стенки (Рис.2): с двумя вертикальными гранями (а), с вертикальной лицевой и наклонной тыльной (б), с наклонной лицевой и вертикальной тыльной (в), с наклоном обеих граней в сторону засыпки (г). Если рассмотреть устройство подпорных стенок, то основание подпорной стенки полностью погружается в грунт как мы видим на рисунке. Часть подпорной стенки, которая находится выше основание находится на уровне верхнего горизонта грунта. Если производить расчёт высоты подпорной стенки, то высота подпорной стенки равна отношения между верхней и нижней высотой грунта, плюс заложения основания.

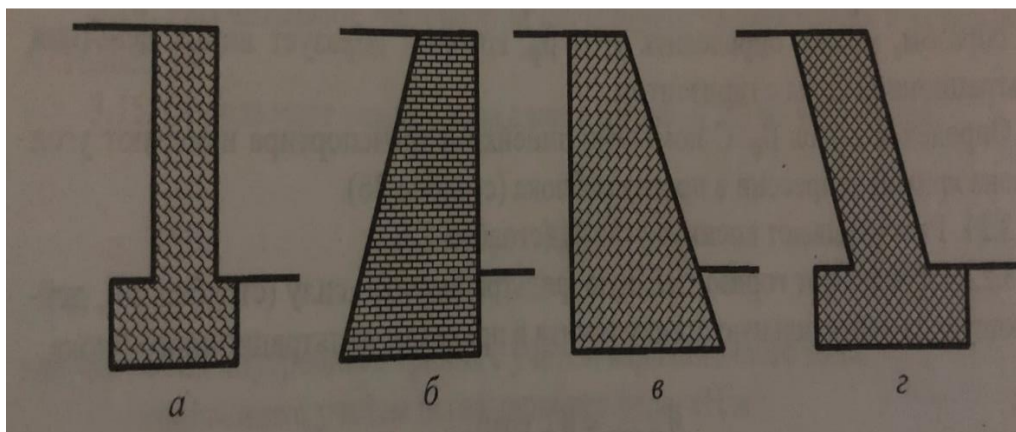


Рисунок 2 – Схема массивных подпорных стенок

Подпорные стенки (Рис. 3) являются важным атрибутом в дорожном строительстве и применяются на дорогах разных категорий. Они используются не только на территории строительства Республики Беларусь, но и в других странах.



Рисунок 3 – Подпорные стенки

Литература:

1. Оценка состава и состояния грунтов при строительстве инженерных сооружений; методическое пособие/ Бабаскин Ю.Г. Козловская Л.В. 2011.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «КРЕДО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕММАСС» В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ БНТУ

Комаров Никита Александрович, студент 4-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

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

Процесс информационного моделирования объектов дорожно-транспортного строительства включает создание цифровой трехмерной модели создаваемого объекта на всех этапах его жизненного цикла, наполнение информационной модели на каждом этапе новой информацией с наложением факторов времени и стоимостных показателей.

Программный комплекс КРЕДО ДОРОГИ включает в себя все необходимые функциональные возможности по разработке проектной стадии, а также ряд дополнительных функций и отдельных программ, позволяющих выполнять в комплексе информационное моделирование объектов транспортной инфраструктуры.

Программный комплекс КРЕДО ДОРОГИ активно используется ведущими отечественными проектными организациями. В рамках учебных дисциплин «Информационное моделирование», «Изыскания и проектирование автомобильных дорог» и «САПР автомобильных дорог» студенты специальности 1-70 03 01 «Автомобильные дороги» изучают данный программный комплекс на протяжении четырех учебных семестров, закрепляя полученные теоретические знания по соответствующим дисциплинам.

Программный комплекс позволяет создавать полноценные информационные модели проектируемых объектов, с возможностью формирования всевозможных комплексных ведомостей и чертежей, а также позволяет импортировать проектные данные в открытый формат IFC (Industry Foundation Classes). Industry Foundation Classes – это универсальный формат данных с открытой спецификацией, для совместного использования данных в области строительства и управления объектами.

Программный комплекс КРЕДО ДОРОГИ позволяет формировать цифровую модель местности (ЦММ) инженерного назначения (Рис. 1), что в последующем становится основой для дальнейших проектных решений по создаваемым объектам. Компания «Кредо-Диалог» постоянно расширяет спектр возможностей по проектированию транспортных объектов, создавая все более

функциональные программные продукты. Одной из последних разработок является программа КРЕДО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕММАСС, отвечающей за оптимизацию распределения земляных масс при строительстве транспортных объектов.

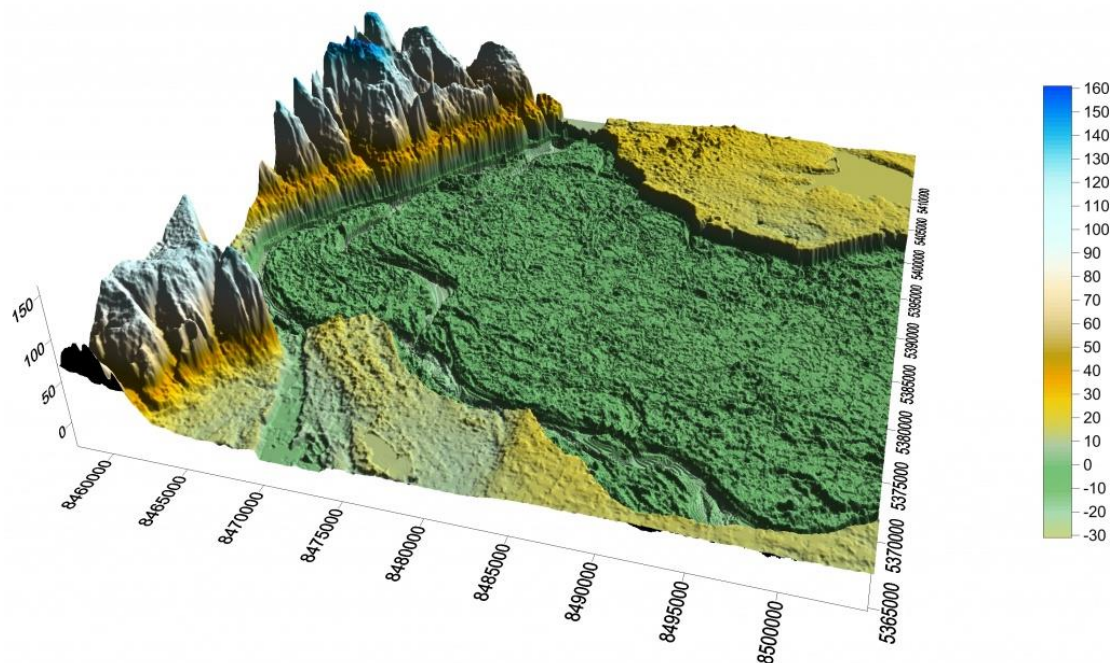


Рисунок 1 – Цифровая модель местности (ЦММ)

Этап строительства автомобильной дороги любой категории требует учитывать график распределения земляных масс (рис. 2). Благодаря применению нового программного продукта можно обеспечить получение оптимального распределения земляных масс в проекте автомобильной в автоматизированном или интерактивном режимах.

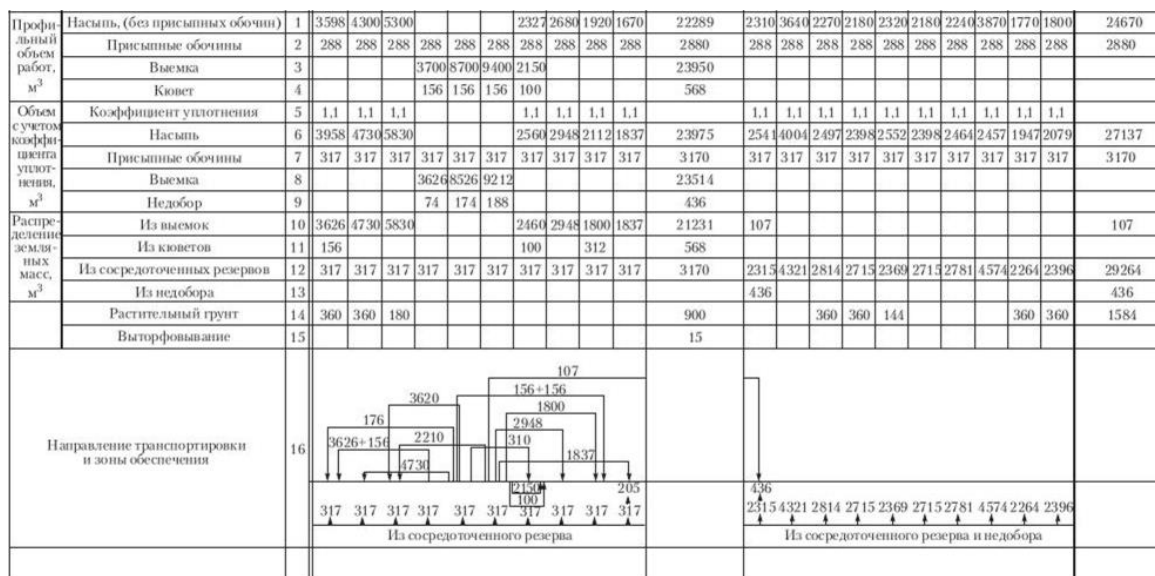


Рисунок 2 – График земляных масс

При использовании КРЕДО РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗЕММАСС осуществляется использование следующих возможностей:

1) импортирование необходимых данных по объемам земляных работ из проекта, созданного в системе КРЕДО ДОРОГИ;

2) импортирование данных из цифровых моделей местности инженерного назначения;

3) создание транспортной сети распределения – группы дорог и точечных объектов (карьеры, свалки и т. п.), включенных в процесс распределения ЗЕММАСС на выбранном объекте;

4) выделение участков дороги с различными условиями распределения;

5) создание графиков и различных диаграмм для улучшенного восприятия распределения земляных масс по проектируемому объекту.

Литература:

1. Диалог КРЕДО: сайт компании КРЕДО программные продукты и технологии [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <https://credo-dialogue.ru/>–Дата доступа 30.11.2022
2. <https://bimlib.pro/articles/obshchiy-znamenatel-ifc---eto-namnogo-bolshe-chem-prostoy-format-fayla-17/> –Дата доступа 30.11.2022

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ФИЛИАЛА КУП «МОГИЛЕВОБЛДОРСТРОЙ» - «МОГИЛЕВДОРПРОЕКТ»

*Комаров Никита Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шохалевич Т.М., старший преподаватель)*

Экономический анализ предприятия подразумевает под собой изучение экономических явлений данного предприятия на макроэкономическом уровне. Данный анализ позволяет нам изучить основную хозяйственную деятельность предприятия и показатели таких факторов как: прибыль и убытки, а также мы можем по итогу определить рентабельность данного предприятия. На примере Филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» (Рис.1), был проведен экономический анализ за отчетный период 2016-2018 год.

Основными видами деятельности Филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» являются: деятельность в области архитектуры, инженерные услуги; инженерные изыскания; геологическое изучение недр (без научных исследований и разработок); геодезическая и картографическая деятельность.



Рисунок 1 – Филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект»

Проанализируем основные показатели, характеризующие финансово-хозяйственную деятельность филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» в таблице 1.1 (данные представлены в деноминированных

белорусских рублях), используя информацию «Бухгалтерского баланса за 2016-2018 г..».

Таблица 1 – Анализ основных экономических показателей филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» за 2016-2018 гг.

Показатель	2016 год	2017 год	2018 год	Изменение		Темп роста, %	
				2017 г. от 2016 г.	2018 г. от 2017 г.	2017 г. от 2016 г.	2018 г. от 2017 г.
1 Объем производства работ, услуг, тыс. р.	899	894	1 020	-5	126	99,44	114,09
2 Выручка от реализации работ, услуг, тыс. р.	906	916	1 063	10	147	101,10	116,05
3 Полная себестоимость реализованных работ, услуг, тыс. р.	817	806	924	-11	118	98,65	114,64
4 Прибыль от реализации работ, услуг, тыс. р.	89	110	139	21	29	123,60	126,36
5 Прибыль до налогообложения, тыс. р.	73	75	104	2	29	102,74	138,67
6 Чистая прибыль (убыток), тыс. р.	52	54	82	2	28	103,85	151,85
7 Рентабельность работ, услуг, %	10,89	13,65	15,04	2,76	1,39	-	-
8 Среднегодовая стоимость основных производственных средств, тыс. р.	23,5	14	16	-9,5	2	59,57	114,29
9 Фондоотдача основных производственных средств, р./р.	38,26	63,86	63,75	25,6	-0,11	-	-
10 Коэффициент текущей ликвидности (на конец года)	2,94	6,71	10,95	3,77	4,24	-	-
11 Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами (на конец года)	0,66	0,85	0,91	0,19	0,06	-	-

Объем производства продукции (работ, услуг) филиала КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» снизился в 2017 году по

сравнению с 2016 годом на 5 тыс. р., или на 0,56 % (99,44 – 100,00). В 2018 году наблюдается значительное увеличение данного показателя на 126 тыс. р., или на 14,09 % (114,09 – 100,00).

Выручка от реализации работ и услуг наименьшее значение имела в 2016 году 906 тыс. р. В 2017 году значение данного показателя увеличилось на 10 тыс. р., что соответствовало темпу роста 101,1 %. В 2018 году наблюдается увеличение выручки от реализации по сравнению с 2017 годом на 147 тыс. р., темп роста при этом составил 116,05 %.

Наименьшее значение полной себестоимости реализованных работ и услуг также относилось к 2017 году. В абсолютном значении данный показатель в 2017 году по сравнению с 2016 годом уменьшился на 11 тыс. р. и составил 806 тыс. р., что соответствует темпу роста 98,65 %. В 2018 году себестоимость реализованных работ и услуг составила 924 тыс. р., что соответствует годовому темпу роста 114,64 %.

Рентабельность работ, услуг в 2016 году составила 10,89 %. В следующем 2017 году значение данного показателя соответствовало 13,65 %, что выше, чем в 2016 году на 2,76 п. п. За 2018 год рентабельность работ на данном предприятии увеличилась на 1,39 п. п. и составила 15,04 %.

В целом, можно отметить, что в филиале КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» в 2017 году наблюдается незначительное ухудшение некоторых показателей, характеризующих финансово-хозяйственную деятельность. Однако, в 2018 году по сравнению с 2017 годом ситуация улучшилась. Это связано с тем, что в 2017 году наблюдается сокращение объемов выполненных работ, оказанных услуг. Если подводить итог, то филиал КУП «Могилевоблдорстрой» - «Могилевдорпроект» имел прибыль как от реализации работ и услуг, так и прибыль за каждый год анализируемого периода. Так, в 2017 году сумма прибыли от реализации работ и услуг составила 110 тыс. р., что выше, чем в 2016 году на 21 тыс. р. В 2018 году значение данного показателя соответствовало 139 тыс. р. При этом темп роста составил 126,36 %. В 2017 году прибыль до налогообложения увеличилась по сравнению с 2016 годом на 2 тыс. р. В 2018 году данный показатель имел значение, равное 104 тыс. р. Чистая прибыль в 2016 году составила 52 тыс. р., в 2017 году сумма чистой прибыли увеличилась и составила 54 тыс. р., что соответствует темпу роста 103,85 %, в 2018 году сумма чистой прибыли увеличилась по сравнению с 2017 годом на 28 тыс. р., темп роста составил 151,85 %.

Таким образом мы можем увидеть улучшение всех показателей за отчетный период, наблюдается увеличение прибыли от всех видов услуг, данное предприятие считается рентабельным и рентабельность за 2018 год составляет 15,04%.

Литература:

1. Баканов, М.И. Теория экономического анализа : учебник / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – 5-е изд., доп. и переработ. – М.: Финансы и статистика, 2011. - 416 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ БАЗАЛЬТОВОГО ЩЕБНЯ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

*Красовский Кирилл Сергеевич, студент 3-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

В 2017 году, около деревни Новый двор, в Пинском районе Брестской области, в результате геологической разведки было открыто месторождение базальта и сопутствующих ему туфов. Основные залежи базальта в мире сосредоточены в Северной Америке, на Колумбийском плато, в районе Гавайских островов, Ирландии, Китае, Бразилии, Германии, Италии, Турции, Иране, Австралии, Тасмании и Гренландии. Однако присутствуют крупные залежи и в других странах. На данный момент запасы базальта в Новодворском месторождении оцениваются в 84 млн. тонн и вместе с этими ископаемыми были найдены так же залежи строительных песков и глауконитсодержащих пород годных в качестве бесхлорных калийных удобрений. Ценность данного открытия сложно переоценить, ведь теперь на территории Беларуси есть возможность добывать прочную породу годную в самых разных областях строительства.

Базальт – это эффузивная магматическая порода основного состава. Близкий к базальтовому щебню аналог в строительстве – это гранитный щебень. Химический состав базальта это от 45 до 52% SiO₂, Al₂O₃ 15-18%, Fe₃O₄ 8-15%, CaO 6-12%, MgO 5-7% и др. Удельный вес базальта варьируется от 2,6 до 3,11 г/см³, гранит же имеет удельный вес от 2,54 до 2,78 г/см³. Твердость базальта по шкале Мооса 5-7, примерно такой же характеристикой обладает и гранит. Шероховатый на ощупь и обладает неровным изломом, что очень способствует адгезии с битумными и портландцементными смесями. Структура базальта имеет плотное строение, и тонкозернистость. Текстура пористая и миндалекаменная или массивная. Обычно базальту присуща темная окраска. Прочность на сжатие базальта достигает 400 МПа, что на 100 МПа больше, чем прочность на сжатие у гранита.

Согласно ГОСТ 7392 – 2014 гранитный щебень I – категории по нескольким показателям, таким как, сопротивляемость удару и истиранию, а также одноосному сжатию, уступает базальтовому щебню. Что отлично показывает перспективы использования базальтового щебня в дорожном

строительстве на дорогах высоких категорий с интенсивным транспортным потоком и большими нагрузками на покрытие. Так же базальтовый щебень обычно имеет марку морозостойкости не менее F400, что означает что он может выдержать около 400 циклов заморозки – разморозки, без потери прочностных характеристик.

Одной из основных характеристик, отличающих базальт от гранита, можно считать его радиоактивность, радиоактивность гранита измеряется в бк/кг. Один беккерель определяется как активность источника, в котором за одну секунду происходит в среднем один радиоактивный распад, в то время как бк/кг используется для измерения объёмной активности материала. Радиоактивность гранита часто превышает 370 бк/кг, что согласно строительным нормам, не позволяет его использовать в городской среде, ограничивая его использование загородными дорогами. В то же время, радиоактивность базальта обычно не превышает 370 бк/кг, что в сумме с его прочностными характеристиками позволяет использовать его как строительный материал пригодный к использованию как за городской чертой, так и в ней, особенно это ценно в конструкциях требующих высокую прочность и на которых постоянно присутствуют люди.

Вместе с этим, одной из важных характеристик базальта из Новодворского месторождения, стоит считать и тот факт, что он пригоден для производства каменных волокон используемых для армирования цемента-бетонов и утепления помещений.

С экономической точки зрения одна тонна базальтового щебня и одна тонна гранитного щебня имеют примерно одинаковую стоимость, к сожалению, из-за того, что пока добыча базальта в Беларуси ещё не налажена, сравнение ценовой доступности проведём с российскими базальтами. Ценовой диапазон базальтового щебня, в зависимости от фракции, варьируется от 30 до 50 белорусских рублей, в то время как базальтовый щебень, в зависимости от места добычи и характеристик, может стоить в пересчёте от 29 белорусских рублей до 70-80 белорусских рублей за тонну. Деревня Новый двор, рядом с которой и было открыто месторождение, находится в 30 километрах от Пинска, являющимся крупным железнодорожным узлом, что довольно сильно упрощает логистику доставки базальта по всей стране. Однако, по состоянию на 2019 год, Пинск расположен на неэлектрифицированной ветке Ж/Д путей РБ, что несколько повышает стоимость доставки партий породы к местам её применения, из-за повышенных затрат на транспортировку материала.

Таким образом, начало добычи базальта из Новодворского месторождения даст дешёвый источник сырья белорусской камнелитейной промышленности, которая сегодня вынуждена закупать сырьё за рубежом, в этом году в основном

из России. А также, Беларусь получит источник более прочного, экологичного, и в некоторых аспектах, более дешёвого щебня, чем гранитный вместе с этим, базальт используется для производства геосеток, используемых для укрепления дорожного полотна во время строительства или ремонта автомобильной дороги. Также базальт может быть использован для мощения дорог в качестве брусчатки. Помимо дорожного строительства и камнелитейной промышленности, базальт пригоден для производства высокопрочных бетонов, а также в несущих мостовых конструкциях и фундаментах. Его свойства позволяют широко применять базальт в городской черте, без опасения за здоровье граждан, и при этом такие конструкции будут не терять свои прочностные характеристики в течении десятков лет, что в том же дорожном строительстве удешевит и ускорит ремонт дорог высоких категорий за счёт меньшего износа основания дорожного полотна.

Литература:

1. Справочник по геологии, базальт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geolib.net/petrography/bazalt.html>. – Дата доступа: 12.12.2022.
2. Справочник по геологии, гранит [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.geolib.net/petrography/granit.html>. – Дата доступа: 12.12.2022.
3. Каталог минералов, базальт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://catalogmineralov.ru/mineral/bazalt.html>. – Дата доступа: 12.12.2022
4. Промышленные каталоги, общие требования = Прамысловыя каталогі. Агульныя патрабаванні : ГОСТ 7392 – 2014. – Взамен ГОСТ 7392 – 2002; Введ 15.07.2016

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ В ЗОНАХ ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

*Кудласевич Анжелика Владимировна, выпускник 2022 года
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шишко Н.И., старший преподаватель)*

Рассматривая вопросы безопасности дорожного движения, учитываются условиям движения на конкретном участке автомобильной дороги или улицы, так как каждый характерный участок имеет свои особенности. Движение по загородным магистралям отличается высоким скоростным режимом и достаточно свободными условиями по плотности транспортного потока, минимумом перестроений и изменений в направлении движения. В городской же среде дорожное движение подчиняется фазам горения светофоров, волнообразному повышению интенсивности движения в пиковые часы, огромное количество пересечений и примыканий в одном уровне как с транспортными потоками, так и с пешеходными требуют от принципов и методов организации дорожного движения отдельных дополнительных мер и комплексов мероприятий по повышению безопасности движения в таких условиях.

Проектирование транспортных развязок для загородных условий на пересечении равнозначных автомобильных дорог с высокими интенсивностями движения комплексная задача, в которой решается множество вопросов: выбор типа планировочных решений для соединительных ответвлений, учитывая занимаемые территории и условия движения, проектирование зон слияния и разветвления транспортных с разработкой мероприятий по повышению безопасности в потенциально конфликтных точках взаимодействия транспортных средств, разработка общих вопросов по организации дорожного движения в зоне транспортного узла, проектирование искусственного освещения и необходимых элементов обустройства и организации водоотвода.

Полные транспортные развязки как правило характеризуются высокой степенью безопасности дорожного движения, однако места переплетения транспортных поток остаются по-прежнему конфликтноопасными.

Рассматривая в качестве примера транспортную развязку типа «полный клеверный лист» стоит обратить внимание на выбор условий движения в зоне переплетения транспортных потоков между соседними левоповоротными

съездами (Рис. 1). Анализируя данные по существующим объектам с помощью открытых геоинформационных источников (GoogleEarthPro) для пересечения автомобильных дорог первой технической категории, можно сделать вывод что зона переплетения транспортных потоков варьируется в диапазоне 180 – 240 м.



Рисунок 1 – Зона переплетения транспортных потоков

Нормативные значения длины полосы переплетения определяются для расчетной скорости на соответствующей автомобильной дороге исходя из критерия размещения полосы разгона и торможения в пределах совмещенной переходно-скоростной полосы. Так для автомобильной дороги I-а категории совмещенная переходно-скоростная полоса должна иметь длину не менее 370 м, для дорог с расчетной скоростью 120 км/ч – длина должна составлять 220 м [1].

Геометрические параметры полосы переплетения также влияют на плановое положение левоповоротных соединительных ответвлений, определяя их начало и конец соответственно в смежных четвертях. Увеличение длины полосы переплетения повышает безопасность в зоне маневрирования, давая необходимую длину перестроения для транспортных средств, исключая образование заторов [2].

Планировочное решение, позволяющее не применять нормативную длину полосы переплетения, оставляя начало и конец смежных левоповоротных ответвлений на минимально необходимом расстоянии – это проектирование сквозных распределительных проездов, обеспечивающих движение маневрирующих транспортных средств по отдельному коридору, отделенному

от транзитных полос движения. Как правило, расчетная скорость движения на °проездах такого рода принимается 80 км/ч, что требует длины полосы переплетения порядка 160 м.

Сквозной распределительный проезд может быть обоснованно применен как симметрично с обеих сторон поперечного профиля, так и индивидуально только в том направлении, которое наиболее загружено [3]. Проезд проектируется как отдельная полоса движения с обязательным отделением от транзитных полос разделительной полосой с установкой транспортных ограждений. Отгон распределительного проезда (Рис. 2) производится с помощью обратных кривых с радиусом не менее 1000 м, вписываемых в углы поворота со значением в диапазоне $3...5^\circ$.

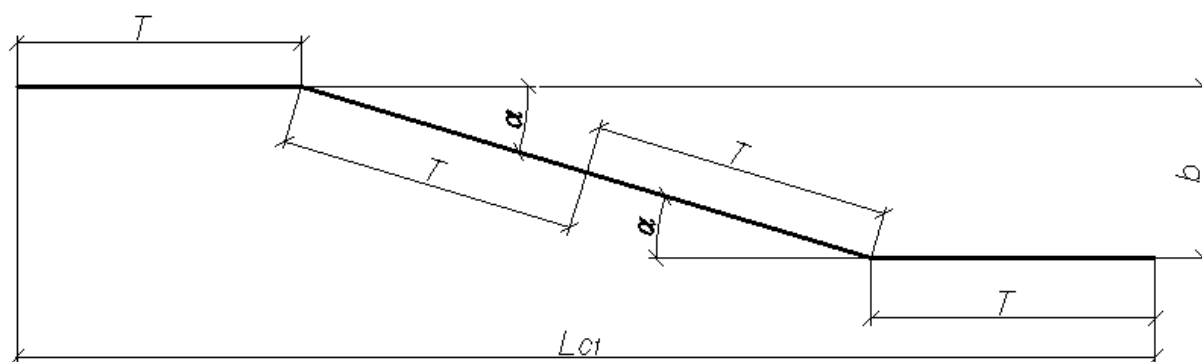


Рисунок 2 – Отгон сквозного распределительного проезда длиной L_{c1} : T – тангенс обратного закругления; b – ширина полосы проезда; α – угол поворота отгона

Угол поворота трассы отгона и выбранные радиусы обратных кривых должны обеспечивать, с одной стороны, зрительную плавности трассы и, в то же время, предотвращать ошибки при выборе траектории движения по распределительному проезду [3].

Литература:

1. СН 3.03.04-2019 «Автомобильные дороги», Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь. – Мн.:2019. – 61 с.
2. ТКП 509-2014 «Автомобильные дороги. Примыкания и пересечения. Правила проектирования», департамент "Белавтодор". – Мн.:2014 – 64 с.
3. Яцевич, И. К. Транспортные развязки. Основы проектирования [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие для студентов специальности 1-70 03 01 "Автомобильные дороги" / И. К. Яцевич, Е. И. Кононова ; Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Автомобильные дороги". – Минск : БНТУ, 2019.

КРУПНЕЙШИЕ ТРАНСПОРТНЫЕ РАЗВЯЗКИ МИРА

*Лаппо Андрей Игоревич, студент 2-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Начиная от изобретения автомобиля и внедрения его в массы, человечество столкнулось с проблемой перегрузки дорог, пробок и заторов что неизбежно сопровождалось авариями и другими происшествиями. Для решения данной проблемы и придумали такое сооружение как транспортная развязка.

Транспортная развязка (ТР) – это инженерное сооружение, устраиваемое на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог, включающее один или несколько путепроводов и систему соединительных ответвлений, обеспечивающих движение всех (полная транспортная развязка) или только основных (неполная транспортная развязка) пересекающихся транспортных потоков в разных уровнях.

Транспортная развязка необходима для разгрузки потоков на разные уровни и увеличения пропускной способности дороги. Так же она значительно обезопасит движение путем разделения потока с помощью разворотных петель и эстакад. К примеру эстакада делит транспортный поток и тем самым ликвидирует пробки и заторы на дорогах. По эстакаде движется транзитный транспорт без снижения скорости и остановок, а городской транспорт движется под эстакадой.

Теперь же рассмотрим не только самые крупные и грандиозные, а также наиболее выделяющиеся из них:

1. **Gravelly Hill Interchange** (Рис.1) также известное как *Spaghetti Junction* потому что по внешнему виду напоминает спагетти, именно такое прозвище получила эта система дорог еще в 1965 году в статье, где был описан план строительства *Gravelly Hill Interchange* в этой статье репортер *Roy Smith* описал планы тогда еще не построенного перекрестка как «нечто среднее между тарелкой спагетти и неудачной попыткой завязать «стаффордширский узел», а младший редактор *Alan Egglefield* озаглавил статью «*Spaghetti Junction*».

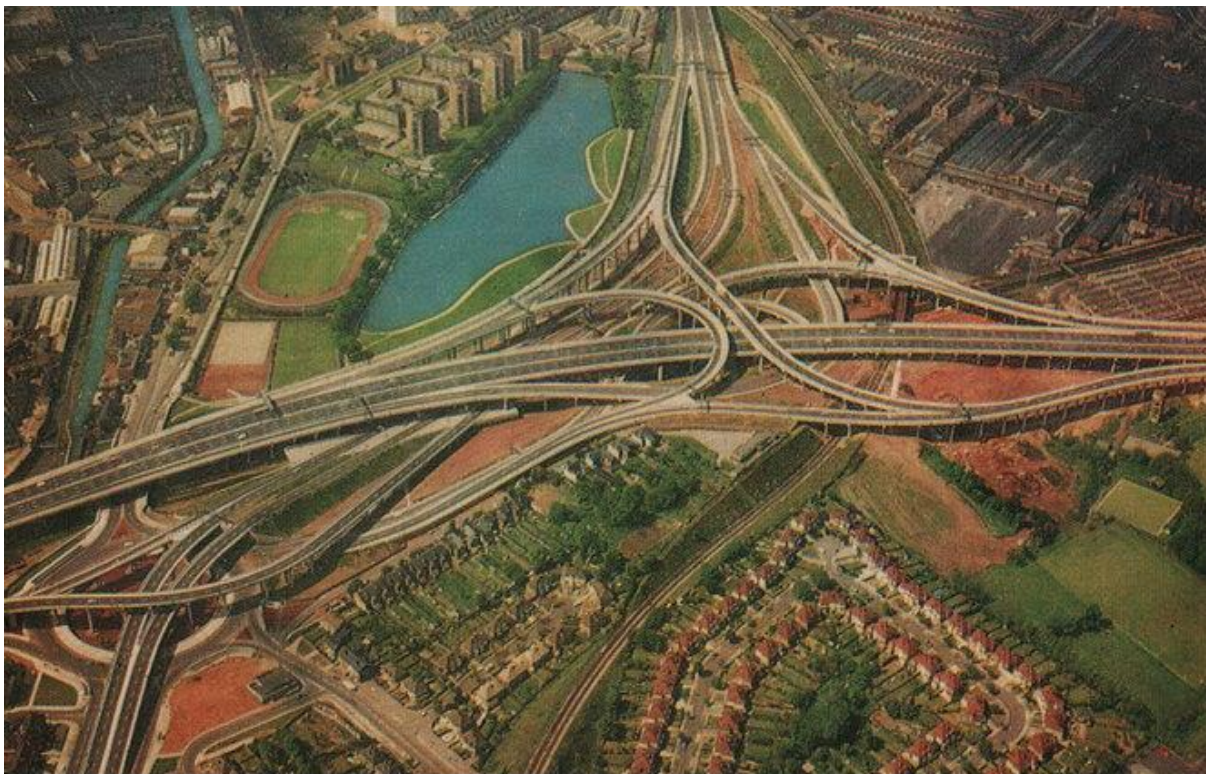


Рисунок 1 – Gravelly Hill Interchange

Термин так понравился людям что прижился, и теперь все крупные развязки часто называют «клубком спагетти».

Gravelly Hill Interchange асимметричный перекресток, он занимает 12 гектаров, обслуживает 18 маршрутов и включает 4 километра объездных дорог. На пяти разных уровнях он имеет 559 бетонных колонн, достигающих высоты 24,4 метра. Потребовалось поднять 21,7 километр автомагистрали, чтобы разместить две железнодорожные линии, три канала и две реки. Создание развязки было одобрено и объявлено в августе 1968 года. Строительство должно было занять три года и обойтись в 8 миллионов фунтов стерлингов. Развязка была открыта 24 мая 1972 года и находится в городе Бирмингем, Англия.

2. **Puxi Viaduct** (Рис. 2). Является самой оживленной транспортной развязкой в городе. Соединяет 2 центральные улицы Шанхая. Гигантский перекресток с запутанной развязкой, 6 уровней мостов и эстакад переплетаются между собой, образуя лабиринт который не прощает ошибок. В час пик проще простого «проморгать» свой поворот и уйти на второй круг. Выделяет же эту развязку то что на протяжении всей дороги есть окантовка состоящая из горшков с цветами.

Располагается данное сооружение в Шанхае, в самом центре страны восходящего солнца.



Рисунок 2 – Puxi Viaduct

3. **Tom Moreland Interchange** (Рис. 3). Названа в честь Тома Морленда, бывшего комиссара Министерства транспорта Джорджии.

Развязка Тома Морленда была спроектирована для замены старой развязки типа «Клеверный лист», построенной в 1958 году, которая получила прозвище «Неисправная развязка», и была перепроектирована и реконструирована в рамках программы «**освобождения автострад**», чтобы уменьшить заторы на автомагистралях в Атланте.

Чтобы ускорить строительство прибегли к хитрости. Провели торги, суть которых была дать подрядчикам выбор одного из трех проектов для шести основных мостов: сборные железобетонные балки, сварные балки из стальных листов и монолитные бетонные балки. За победителем торгов оставалось последнее слово и в итоге выбор пал на последний дизайн.

Сооружение обошлось в 171 миллион долларов и получилось удивительно симметричное. И наконец 9 июля 1987 года состоялась церемония перерезания ленточки. Местные жители, как и британцы, называют свою транспортную развязку «спагетти». Эта система дорог находится в штате Джорджия, США.



Рисунок 3 – Tom Moreland Interchange

4. **Judge Harry Pregerson Interchange** (Рис. 4). Развязка имени судьи Гарри Преджерсона – эта транспортная развязка располагается в Лос-Анджелесе, Калифорния.

Ежедневно через эту систему проезжает более 600 000 автомобилей. На развязке движение реализовано во всех направлениях, она представляет собой комплекс включающий помимо дорожного полотна также дороги для пассажирского транспорта, железнодорожных путей Лос-Анджелеского метрополитена и транзитной дороги. Эта развязка считается одной из самых сложных в мире. Она позволяет совершать поворот во всех возможных направлениях на любом из маршрутов следования. Транспорт, въезжающий на развязку по автомагистралям из разных направлений, может выехать с нее во всех возможных направлениях движения (полная развязка).

В статье Лос-Анджелесской газеты «Таймс», этой транспортной развязке присудили звание «Скоростной Автострадой Века», назвали «самой большой, самой высокой, самой дорогостоящей транспортной конструкцией, когда-либо построенной. Журналисты также отметили, что «впервые транспортные инженеры штата совместили три модели транспортировки - поезда узкоколейной железной дороги, пассажирский транспорт и легковые автомобили – в один гигантский перекресток».

Вскоре после открытия, развилка привлекла внимание многих режиссеров. Так в 1994 году появился фильм «Скорость». В одной из самых

известных сцен кинофильма, автобус должен был перелететь через незаконченную часть постройки по незавершенной приподнятой рампе, которая все еще достраивалась. Естественно эту рампу достроили поэтому при монтаже в этой сцене ограничились компьютерной графикой.

В 1996 году, Федеральная дорожная администрация США присудила этой развязке награду, как «чудо инженерной мысли» за превосходное проектирование дороги.



Рисунок 4 – Judge Harry Pregerson Interchange

5. **Frankfurter Kreuz** (Франкфуртский крест) (Рис. 5). Представляет собой автобан типа «Клевер» и один из самых оживленных транспортных развязок в Европе с пропускной способностью в среднем 335 000 автомобилей в сутки. Этот перекресток расположен к юго-западу от Франкфурта в непосредственной близости от аэропорта.



Рисунок 5 – Frankfurter Kreuz

Планы создания автомобильного узла начались в 1920 году, когда лорд Людвиг Ландманн, планировал дорогу, которая предназначалась только для автомобильного движения. В 1926 году были разработаны первые планы перекрестка на автомагистрали. Основываясь на этих планах разработали Франкфуртский крест в 1933 году.

Работы на участке начались 23 сентября 1933 года. В декабре 1934 года были представлены первые планы реализации развязки автомагистралей.

В марте 1935 года в журнале *Die Straße* была опубликована статья, в которой было заявлено то что идеальным решением для развязки автомагистралей является форма листа клевера.

Это привело к созданию еще одного варианта развязки автомагистралей, который был представлен Высшему строительному управлению «Рейхсавтобан».

Поскольку в преддверии войны возникли трудности при строительстве автострады, остановка работ была лишь вопросом времени. 20 апреля 1940 года строительство креста остановили.

С 6 декабря 1945 года проект снова разморозили. Первым шагом было устранение повреждений, нанесенных войной существующим дорогам. Стране требовалась магистраль так как количество автомобилей продолжало расти.

16 февраля 1953 года возобновились работы на перекрестке и 10 июля 1956 года, более чем через 20 лет после первых соображений планирования был завершен крупнейший проект строительства дороги в послевоенной истории.

Газета *Frankfurter Allgemeine* 11 июля 1956 г. сообщила: «*Строительство самого большого и современного транспортного средства в Германии завершено*».

Современный вид развязка приобрела после реконструкции, которая была необходима т.к. её ежедневно используют более четверти миллиона автомобилей. На разворотных полосах из-за недостаточной пропускной способности соединенных между собой маршрутов регулярно происходили аварии. В период с октября 1994 года по сентябрь 1995 года произошла 401 авария. Был утвержден проект о модернизации данной развязки.

Дорожно-строительные работы начались 18 марта 1996 года. Именно тогда развязка приобрела форму клевера. По окончании строительных работ 19 декабря 2000 года был установлен мемориальный камень и вся конструкция была торжественно открыта для движения. На реконструкцию было потрачено 173 миллиона евро, 45 миллионов из которых пошло на сам крест.

В итоге от идеи 1920 года и современного исполнения прошло порядка 80-ти лет. Это наверно самое медленно строящееся транспортное сооружение во всем мире.

6. Springfield Interchange (Рис. 6). Также известная как *Mixing Bowl* (Смесительная чаша) располагается в Спрингфилде, Вирджиния.

Она получила такое прозвище потому что до реконструкции движение осуществлялось по одним и тем же полосам требовалось съехать вправо или влево, чтобы добраться до нужных полос в сторону пункта назначения.

Была построена в 1960-х годах как простая развязка между 95 магистралью и Кольцевой дорогой. В 1977 году было принято решение переместить строительство в восточную часть Кольцевой дороги. Из-за этого изменения маршрута все движение, продолжающееся через район Вашингтона, выходило через развязку, не предназначенную для этой цели.

К началу 1970 года через перекресток проезжало 150 000 автомобилей в день. Тридцать лет спустя это число увеличилось более чем вдвое, в результате чего транспортные средства, проезжающие по главной северно-южной артерии Восточного побережья должны были проходить через обычные съезды, в результате образовывались заторы.



Рисунок 6 – Springfield Interchange

В период с 1993 по 1994 год было зафиксировано 179 аварий - больше, чем любое другое место на 95 магистрали. Количество аварий на съездах вдвое больше, чем у любой другой транспортной развязки.

В марте 1999 г. Департамент транспорта Вирджинии принял решение о её реконструкции в итоге проект затянулся на 8 лет и включал 7 этапов. Данное мероприятие вошло в тройку самых объемных проектов строительства автомагистралей в США и является безусловным лидером в стоимости которая составила 676 миллионов долларов

Литература:

1. Яцевич И.К., Кононова Е.И. Транспортные развязки основы проектирования. Минск: Белорусский национальный технический университет, 2019. 149 с.
2. Развязка имени судьи Гарри Преджерсона // masterok.livejournal.com URL: <https://masterok.livejournal.com/480289.html> (дата обращения: 24.11.2022).
3. Сложные дорожные развязки и перекрестки // alfa-best.ru URL: <https://alfa-best.ru/novosti/udobnaya-transportnaya-razvyazka.html> (дата обращения: 24.11.2022).
4. Крупнейшие транспортные развязки мира: чудеса логистики // www.techinsider.ru URL: <https://www.techinsider.ru/technologies/419282-8-krupneyshih-transportnyh-razvyazok-mira/> (дата обращения: 24.11.2022).
5. Самая большая в мире дорожная развязка: «klubok spagetti», «волшебная карусель», «кошмар автомобилистов» и другие самые сложные перекрестки мира // vpm-parts.ru URL: <https://vpm-parts.ru/raznoe/samaya-bolshaya-v-mire-dorozhnaya-razvyazka-klubok-spagetti-volshebnyaya-karusel-koshmar-avtomobilistov-i-drugie-samye-slozhnye-perekrestki-mira.html> (дата обращения: 25.11.2022).

КЛАССИФИКАЦИЯ СНЕГОПЛАВИЛЬНЫХ УСТАНОВОК

*Леган Александра Дмитриевна, студентка 3-го курса
кафедры «Мосты и тоннели»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мытько Л.Р., канд. техн. наук, профессор.)*

В зимнее время года в городах одной из основных проблем является большое выпадение осадков в виде снега, вследствие чего затрудняется движение пешеходов и автотранспорта. Для устранения снежных препятствий на проезжей части и тротуарах используются специальные снегоуборочные машины, а коммунальные службы убирают и утилизируют снежные образования. Проблему утилизации снега решают с применением снегоплавильных установок.

Снегоплавильная установка – это полностью автоматизированное оборудование, основная задача которого утилизация снега и ледяных образований. Эффективность такого оборудования заключается в том, что снег уничтожается в самой установке за относительно короткий промежуток времени, что позволяет использовать её прямо на месте уборочных работ

Принцип работы любой снегоплавильной установки основан на использовании энергии тепла за счёт чего и тает снег.

Конструкция любой установки состоит из трёх основных частей:

- приёмный бункер или камера;
- агрегат для генерации тепла;
- система фильтрации.

Основная часть установки находится под землей. (Рис.1). На поверхности установлена решётка, которая препятствует попаданию крупного мусора внутрь устройства. Бункер расположен глубже под землей. Основные функции осуществляются именно там - таяние снега и слив полученной воды в канализационную систему. Сам бункер разделен на два отделения, в одно поступают снежные массы, а в другом располагаются генераторы тепла, роль которых выполняют горелки, которые могут работать как на дизельном, так и на газовом топливе. Еще один фильтр расположен под бункером как дополнительная защита от проникновения мусора в канализационную сеть.

После того как снег растаял, другой механизм прогоняет талую воду через второй фильтр. После чего вода попадает в локальные водоочистные сооружения и проходит еще одну степень очистки, избавляясь от частиц песка и мелких

примесей. Это помогает предотвратить засорение дренажных и канализационных систем.

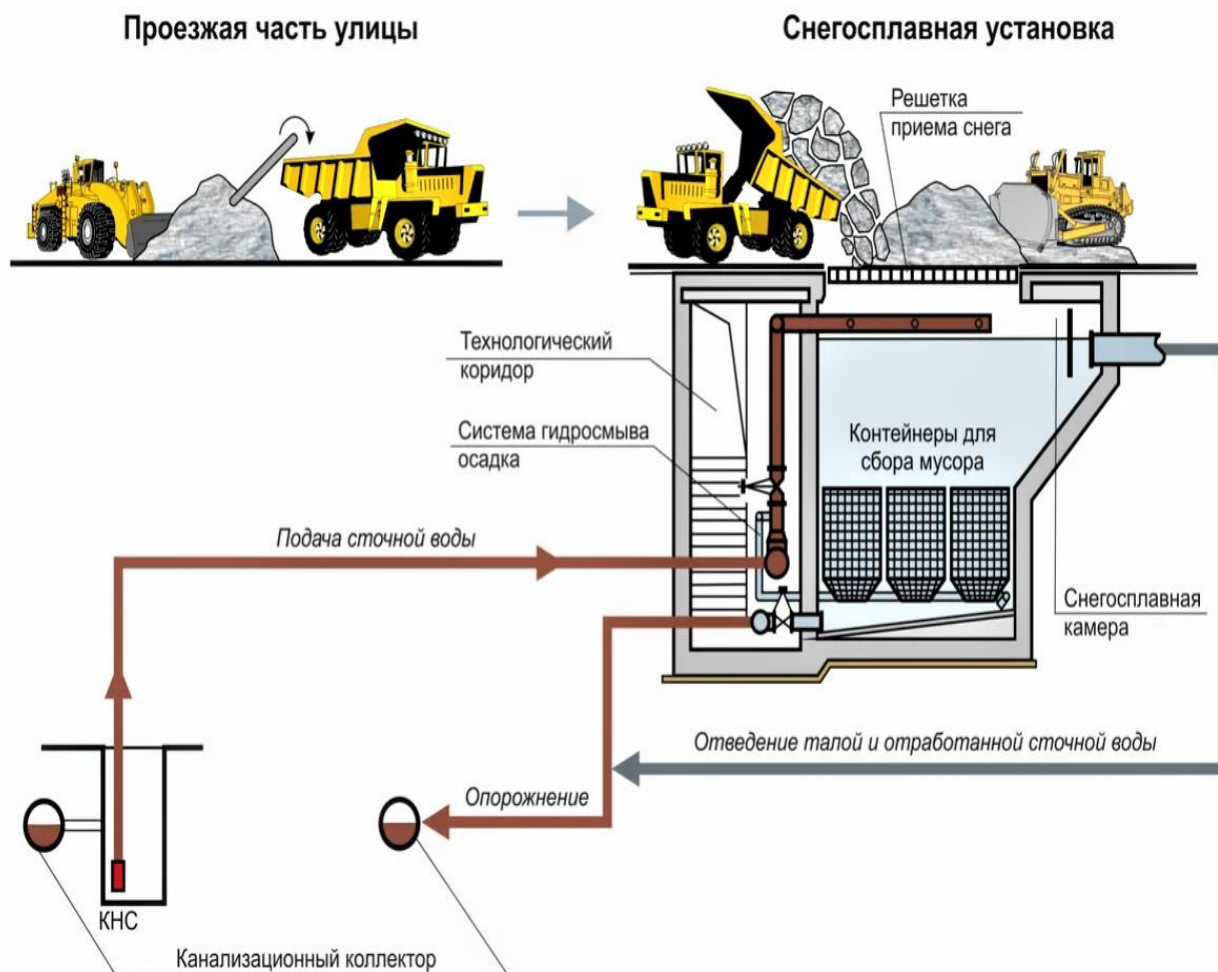


Рисунок 1 – Принцип работы снегоплавильной установки

Не смотря на огромное количество различных моделей снегоплавильных установок и их модификаций, принцип работы у всех одинаков: снег попадает в нагретую воду и тает, получая от неё тепло. Поэтому их можно разделить на два принципиально разных типа установок:

- вода для таяния снега нагревается в том же отсеке, куда загружается снег; (Рис.2).
- вода нагревается в одном отсеке, а снег загружается и растапливается в другом. Нагретая вода подается в плавильную камеру с помощью насосов. (Рис.3).

Для лучшего смешивания воды со снегом в установках обоих типов используются насосы дождевальной системы.



Рисунок 2 – Тип установки 1



Рисунок 3 – Тип установки 2

Основным преимуществом установки второго типа является то, что весь мусор, находящийся в снегу остаётся на дне плавильной камеры, что упрощает его последующий сбор и утилизацию. В то время как в первом типе установки мусор постоянно циркулирует вместе с водой, что не только затрудняет очистку камеры, но и уменьшает её срок службы за счёт постоянного контакта с различного типа мусором (камни, тяжёлые предметы, пластик и т.д.).

Также площадь теплопередачи во втором типе установки выше по следующим причинам. Во-первых, площадь поверхности теплообменника и, следовательно, площадь теплопередачи больше, чем в первом типе установки при одинаковой плавильной способности. Во-вторых, из-за того, что снег и вода для его плавки находятся в разных отсеках разность температур больше, чем в первом случае, следовательно, теплоотдача больше во втором типе. В-третьих, в первом случае мусор и грязь на дне камеры значительно снижают теплоотдачу теплообменника.

Снегоплавильные установки можно также классифицировать по особенностям размещения на четыре основных типа: (Рис.4).

- транспортабельные – мобильный комплекс, который используется для утилизации снега в местах его сбора;
- стационарные – используются для обслуживания одной определённой территории;
- малогабаритные – транспортабельные машины, чьей особенностью является ручная загрузка снега;
- самоходные – машины, оснащённые шасси.



Рисунок 4 – Типы снегоплавильных установок по особенности размещения

Таким образом, утилизация снега при помощи снегоплавильных является самым оптимальным решением. Решается не только вопрос об утилизации снега, но также происходит комплексная очистка дорог и улиц от накопившегося мусора. Помимо этого, снегоплавильные установки более благоприятны для экологии, так как полученная жидкость с различными примесями попадает не в почву, а в водный коллектор, где проводится специализированная очистка.

Литература:

1. Recycle.net [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://recycle.net/sneg-i-led/snegoplavilnaya-tehnika/punkty-i-stancii#i-19>. – Дата доступа: 10.03.2017.
2. Businessman.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://businessman.ru/snegoplavilnyie-ustanovki-printsip-raboty-i-raznovidnosti-i-sfera-ispolzovaniya.html>. – Дата доступа: 08.06.2020.
3. en.grnch.ru. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://en.grnch.ru/types-of-snowmelters/>. – Дата доступа: 08.06.2017.

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УГЛА ПОВОРОТА АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

*Мельникова Анастасия Евгеньевна, студентка 2-го курса кафедры
«Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Готина Л.Н., преподаватель)*

Планирование автомобильных дорог – учебная дисциплина, которая изучает основы технико-экономического доказательства генеральных размеров всех сооружений дорог на основе внешнего учета их хозяйственного значения, природных условий, требования активности и безопасности автомобильных транспортировок, приём выбора направления дороги на окрестности и создание проекта ее строительства. Автомобильная дорога, как блок инженерных построек, включает земляное полотно, дорожное покрытие, мосты, путепроводы, механизированный актив организации дорожного движения, техническое спецоборудование и обустройство, защитные объекты, а также расположенные на ней сооружения дорожного сервиса. Планирование трасс автомобильных дорог являет собой один из весьма ответственных этапов планирования, фактически в большинстве определяет приведенные затраты, строительную стоимость, транспортно-эксплуатационные расходы, показатели удобства и безопасность движения, а также степень вредного влияния дороги на окружающую среду. В зависимости от категории дороги и условий рельефа окрестности, закругления на автомобильных дорогах бывают:

- состоящее из круговой кривой;
- клотоидное;
- серпантины.

В данной статье мы рассмотрим закругление серпантины.

При трассировании дорог в горном районе широко применяется закругление в виде серпантины. Серпантина – это кривая, описанная с внешней стороны угла поворота между двумя ее направлениями, сходящимися под острым углом. Серпантины описываются применением кривых минимальных радиусов, большими углами поворота трассы и сильным её увеличением, что предсказывает снижение скоростей и безопасности движения.

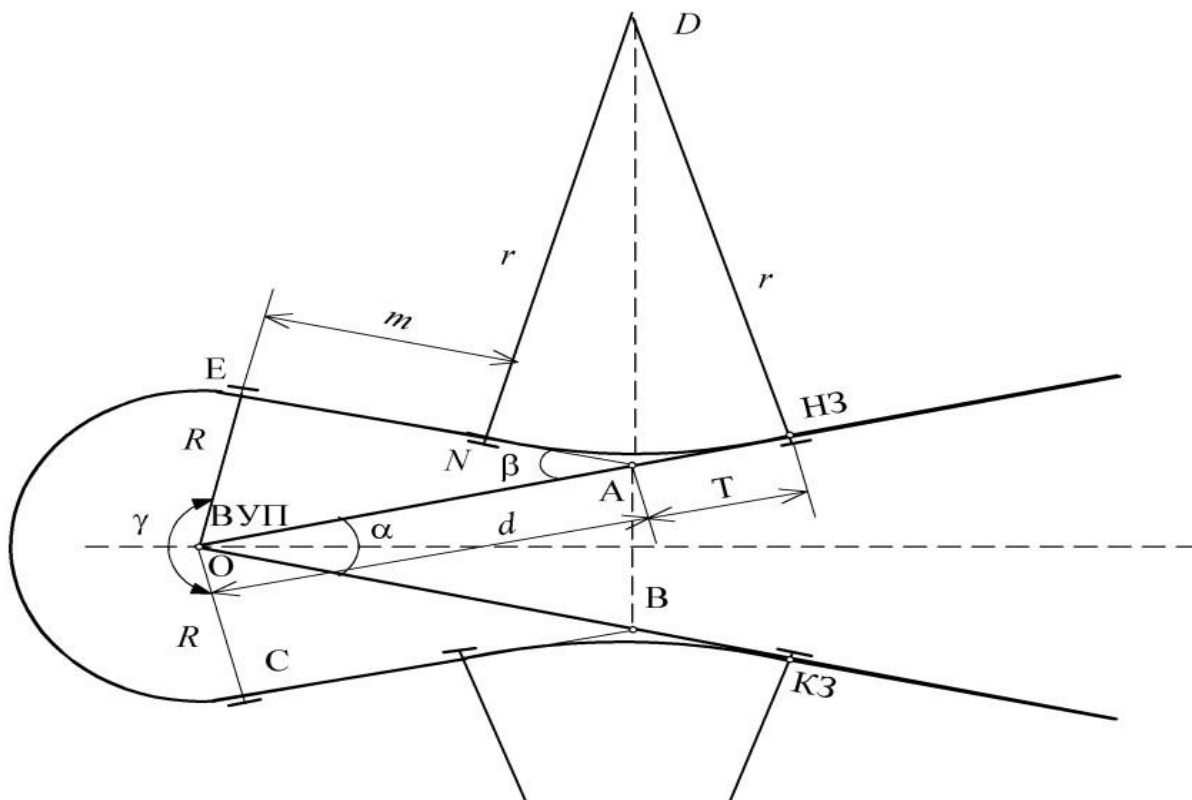


Рисунок 1 – Симметричная серпантина I рода

При расчете серпантины обычно задаются величины R , r , а также величина m . Угол α измеряется в реале на местности. Остальные элементы β , K , T , d вычисляются.

Угол поворота вспомогательной кривой β находится из прямоугольного треугольника $АЕО$ (или $ВOC$) (см. рисунок 1):

$$\operatorname{tg} \beta = OE / EA. \quad (1)$$

Так как $OE = R$, а $EA = m + T$ (T – длина тангенса вспомогательной кривой), то

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{R}{m+T} \quad (2)$$

Из прямоугольного треугольника NDA :

$$\operatorname{tg} \frac{\beta}{2} = \frac{T}{r} \quad (3)$$

Откуда

$$T = r \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (4)$$

При подстановке (4) в (3) получится следующее выражение:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{R}{m+r \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}} \quad (5)$$

Выразим $\operatorname{tg} \beta$ через $\operatorname{tg} \beta / 2$ с использованием известной формулы тригонометрии:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}}{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\beta}{2}} \quad (6)$$

Подстановка выражения (6) в (5) приведет к следующей зависимости:

$$\frac{2tg\frac{\beta}{2}}{1-tg^2\frac{\beta}{2}} = \frac{R}{m+rtg\frac{\beta}{2}} \quad (7)$$

Полученное квадратное уравнение решается следующим образом:

$$tg\frac{\beta}{2} = \frac{-m+\sqrt{m^2+(2r+R)r}}{2r+R} \quad (8)$$

Вычислив угол β и зная величину r вспомогательной кривой, определяются элементы вспомогательной кривой: K_0 , T , B .

Из треугольника OAE находится расстояние от вершины A вспомогательной кривой до центра O основной кривой:

$$OA = d = \frac{R}{\sin\beta} \quad (9)$$

Полная длина серпантина

$$S = 2(K_0 + m) + K \quad (10)$$

где K – длина основной кривой, м,

Угол основной кривой

$$\gamma = 360 - \alpha - 2(90 - \beta) \quad (11)$$

Пикетное положение основных точек закругления: начала закругления (НЗ), начало основной кривой (НКО), конец основной кривой (ККО) и конец закругления (КЗ) определяется по формулам:

$$\text{пк НЗ} = \text{пк ВУП} - d - T;$$

$$\text{пк НКО} = \text{пк НЗ} + K_0 + m;$$

$$\text{пк ККО} = \text{пк НЗ} + K_0 + m;$$

$$\text{пк ККО} = \text{пк 31} + 61,72 + 194,60 = \text{пк 33} + 56,32.$$

$$\text{пк КЗ} = \text{пк 33} + 56,32 + 10,00 + 30,37 = \text{пк 33} + 96,69.$$

Литература:

1. Проектирование автомобильных дорог, Г. В. Ахраменко, Е. А. Темников.
2. Основы проектирования автомобильных дорог, И. К. Яцевич, Е. И. Кононова.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ БЕЛАРУСИ

*Морозов Константин Андреевич, Куколович Илья Владимирович,
студенты 1-го курса кафедры «Экономика и логистика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Готина Л.Н., ассистент
кафедры «Высшая математика»)*

Транспортные системы являются артериями для инфраструктуры любой страны. Развитие транспортного комплекса позволяет улучшать передвижение граждан и товаров, а также обеспечивает бесперебойную работу всех отраслей экономики. Транспортная отрасль, это та сфера, которая требует постоянной модернизации. В чем помогают ей геотехнологии.

Благодаря геотехнологиям производится исследование рельефа местности, для более удобного строительства дорог. Так, например, существует топографическая съемка, которая направлена на получение геодезических данных об исследуемом участке местности (Рис. 1). Топографическими изысканиями сопровождается любое строительство. Не являются исключением и линейные объекты, к числу которых относятся все виды дорог. Составить проект, включающий чертеж будущей дороги, рассчитать объемы земляных работ и стройматериалов можно только при наличии точных топографических изображений, охватывающих территорию готовящегося строительства. План, содержащий информацию о форме рельефа; природных и технических объектах, находящихся на отведенном участке, существующих ограничениях, с учетом которых предстоит работать проектировщикам, называется геоподосновой.



Рисунок 1 – топографическая съемка

Также геотехнологии могут применяться для укрепления почв при строительстве. Для выполнения этих целей могут применяться геосетка, георешетка, геоматы, биоматы и т.д. Рассмотрим детально на примере георешетки. Георешетка – полимерный материал, который активно используется в строительстве автодорог. В основном она применяется для армирования склонов, защищает грунт от эрозии, а также повышает его несущие способности. Георешетка бывает объемной и плоской:

- Объемная изготавливается из скрепленных между собой синтетических лент, образует ячеистую структуру, похожую на соты. Ленты крепятся сварными швами очень высокой прочности (Рис. 2).
- Плоская имеет сетчатую структуру, жестко скрепленную в узлах. Применение ее сводится преимущественно к армированию дорожного полотна в дорожном строительстве и разделении слоев (Рис. 3).



Рисунок 2 – плоская георешетка



Рисунок 3 – объемная георешетка

В качестве вывода можно сказать, что геотехнологии имеют широкий спектр применения в современном строительстве транспортных систем.

Литература:

1. Топографическая съемка [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL:<https://geotop.com.ua/blog-topograficheskaya-semka-dlya-stroitelstva-dorog.php> - Дата доступа 11.12.2022
2. Укрепление склонов [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL:<https://greenmaster.by/ukrepleniye-sklonov> - Дата доступа 11.12.2022

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ГРУНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИЗМЕРИТЕЛЯ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ ГРУНТА ДПГ – 1.2

Пташиц Егор Олегович, студент 3-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Козловская Л.В., старший преподаватель)

Одной из главных проблем разрушения дорожных конструкций является недостаточная несущая способность грунтов в основании земляного полотна. Динамический плотномер ДПГ-1.2 предназначен для определения несущей способности подстилающих грунтов и несущих слоев, имитирующим проезд автомобиля по покрытию дороги. Принцип действия прибора основан на методе падающего груза (методе штампа).

Реальная абсолютная погрешность измерения виброперемещения около 0.2 мм в диапазоне 0.1 – 1.0 мм, относительная погрешность 2% в диапазоне 1.0 – 2.0 мм. Так же данный прибор имеет GPS модуль, что позволяет нам сохранять точные координаты площадки.

Испытание по определению динамического модуля при помощи ДПГ -1.2 проводились на геологической практике в 2022 году на площадке БНТУ.

В результате испытаний получили следующие данные (табл. 1-2)

На основании полученных данных строим градуировочную зависимость $K_u \sim E_d$ методом аппроксимации (рис. 1-2).

Таблица 1 – Результаты измерения

07.07.2022	1-й удар	2-й удар	3-й удар
Дин.модуль, МПа	24,6	26,6	24,9
Стат.модуль, МПа	16,7	17,4	16,8
s\V, мс	2,108	2,112	2,091
Виброускорение, м\с ²	- 481,2+875, 7	- 466,5+735, 4	- 467,7+814, 0
Виброскорость, м\с	- 0,852+0,64 4	- 0,767+0,62 2	- 0,824+0,63 6
Виброперемещение, м	1,795	1,620	1,723
Сила удара, Н	10220	9612	9879

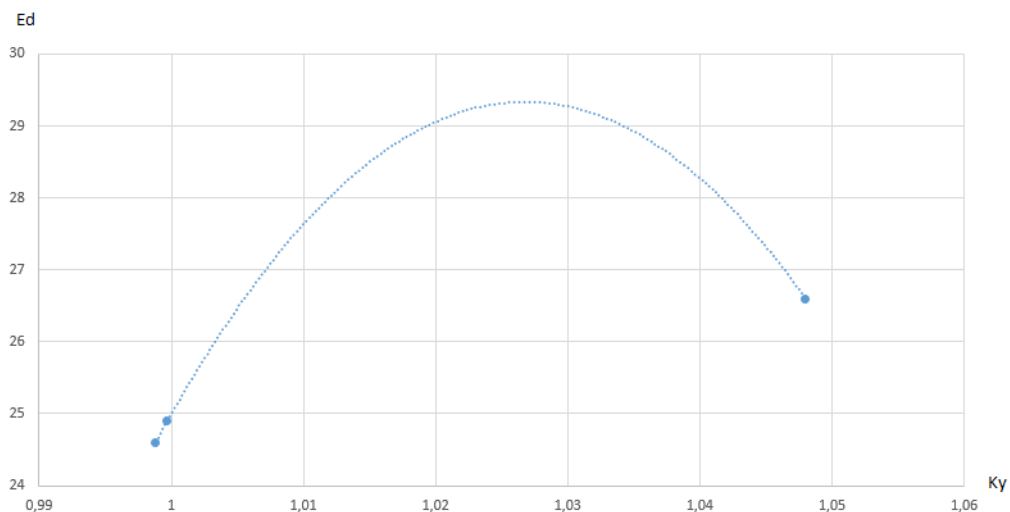


Рисунок 1 – Градуировочная кривая

Таблица 2 – Результаты измерения

07.07.2022	1-й удар	2-й удар	3-й удар
Дин.модуль, МПа	27,4	24,0	23,3
Стат.модуль, МПа	17,6	16,5	16,2
s\V, мс	2,104	2,134	2,085
Виброускорение, м\с ²	- 466,9+752, 0	- 471,6+850, 0	- 499,8+970, 1
Виброскорость, м\с	- 0,775+0,61 7	- 0,843+0,63 8	- 0,927+0,65 7
Виброперемещение, м	1,631	1,799	1,933
Сила удара, Н	9829	10128	10731

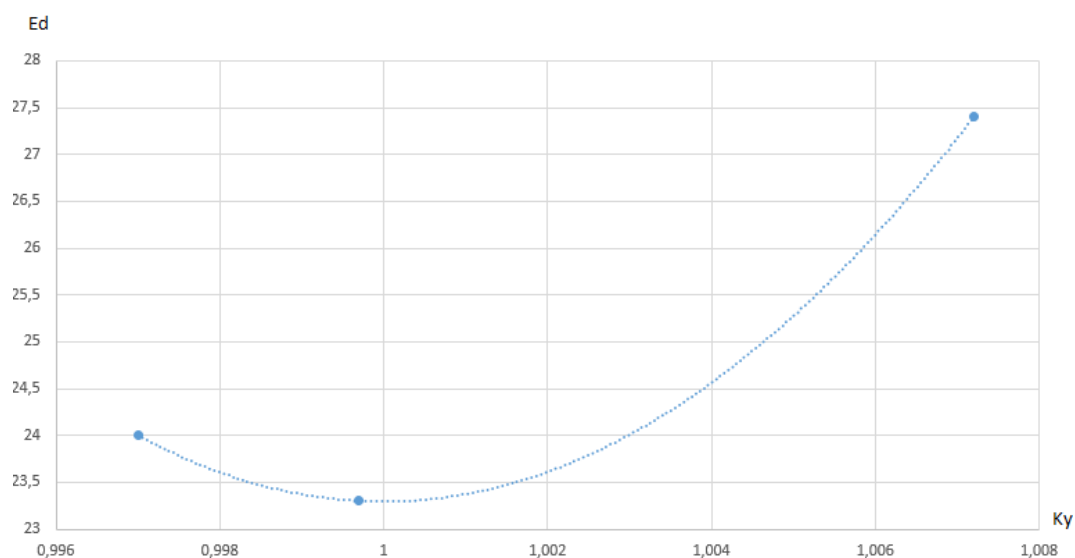


Рисунок 2 – Градуировочная кривая

Коэффициент уплотнения – отношение фактической плотности грунта в насыпи к максимальной плотности того же грунта.

Динамический модуль упругости – величина, определяемая отношением напряжения к деформации растяжения (сжатия) при продольных продольных колебаниях в материале, т.е. в динамическом режиме работы материала.

При различных коэффициентах уплотнения существует зависимость между статическим и динамическим модулями упругости, представленная на рисунке 3

Виды грунта	Коэффициент уплотнения K_u	Модуль упругости, МПа	
		E_{st}	E_D
Песчаные грунты с крупнообломочными включениями	$\geq 1,03$	≥ 120	≥ 60
	$\geq 1,00$	≥ 100	≥ 50
	$\geq 0,98$	≥ 80	≥ 40
	$\geq 0,97$	≥ 70	≥ 35
Песчаные грунты	$\geq 1,00$	≥ 80	≥ 40
	$\geq 0,98$	≥ 70	≥ 35
	$\geq 0,97$	≥ 60	≥ 32
Грунты мелкой фракции	$\geq 1,00$	≥ 45	≥ 25
	$\geq 0,97$	≥ 30	≥ 15

Рисунок 3 – Зависимость модуля упругости от коэффициента уплотнения

Динамический модуль упругости имеет прямую корреляционную связь со статическим модулем E_{st} и коэффициентом уплотнения K_u . Прибор позволяет определить статический модуль упругости в диапазоне от 10 до 180 МПа и коэффициент уплотнения от 0,8 до 1,0. При определении этих величин метрологические характеристики не нормируются.

График позволяет сделать вывод, что с увеличением коэффициента уплотнения, увеличивается динамический модуль упругости

ДПП-1.2 дает возможность измерить динамический, а так же статический модули упругости грунта, а также найти инженерные решения, позволяющие сохранить работоспособность грунтов в процессе эксплуатации автомобильных дорог.

Литература:

1. Бабаскин, Ю. Г. Определение прочностных свойств грунтов с использованием измерителя динамического модуля упругости грунтов ДПП-1.2 / Ю. Г. Бабаскин, Л. В. Козловская // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 11-13.
2. Электронный ресурс БНТУ, Дорожное грунтоведение практикум, Бабаскин Ю. Г., издательство «Высшая школа», 2020, 313с.

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В ДСТ-5

Серебренников Александр Алексеевич, магистрант

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

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

Цементобетонные покрытия получили широкое применение при строительстве автомобильных дорог. Технология устройства двухслойного цементобетонного покрытия методом сращивания слоёв была применена специалистами ДСТ -5 на участке второй кольцевой автомобильной дороге вокруг г. Минска, автомобильной дороге Р-80 Слобода – Паперня, км 0,00 – км 14,770, Р-53 Слобода – Новосады, км 1,85-км 6,6; км 6,6 – км 12,993 (2020 год)

Залогом высокой прочности и способностью длительный период сохранять эксплуатационные характеристики цементобетонного покрытия является оптимальный состав цементобетонной смеси, технологии укладки, условия схватывания и набора прочности цементобетона. Для сокращения времени доставки смеси к месту укладки рядом с объектом строительства устраивают мобильные цементобетонные заводы.

Для верхнего слоя двухслойного цементобетонного покрытия применяли следующий состав бетонной смеси:

1. Песок, I класса – 29%;
2. Портландцемент ПЦ-Д0-Н – 18%;
3. Щебень (5-10мм) – 46%;
4. Вода – 6%;
5. Добавки – 1%.

Для нижнего слоя двухслойного цементобетонного покрытия использовали другой состав бетонной смеси:

1. Песок, I класса – 24%;
2. Портландцемент ПЦ-Д0-Н – 13%;
3. Щебень (5-10мм) – 36%;
4. Вода – 23%;
5. Добавки – 4%.

Для того, чтобы достичь однородности при укладке цементобетонной смеси, необходимо отладить все производственные процессы.

Необходимо проводить работы при устройстве верхнего слоя цементобетонного покрытия в следующей последовательности:

- Подготовительные работы. К подготовительным работам на объекте строительства относят доставку и выгрузку комплекса бетоноукладчика, поверка приборов, приемочный контроль ранее выполненных работ.

- Установку копирных струн или наладку 3D системы нивелирования выполняет геодезист при помощи теодолита или тахеометра;

- Подготовка рабочего шва и устройство начального участка выполняют для достижения максимально плавного перехода от одной захватки к другой;

- Процесс кладки бетонной смеси включает в себя доставку приготовленной смеси к месту укладки, распределение смеси, формование и уплотнение конструктивных слоев покрытия, армирование швов, окончательная отделка поверхности верхнего слоя покрытия;

- Устройство искусственной шероховатости служит для достижения требуемых значений сцепных качеств поверхности будущего покрытия. Нанесение пленкообразующего материала производят для создания защитного слоя, служащего для минимизации испарения воды из бетона;

- Заключительные работы.

Специалисты ДСТ-5 широко используют инновационную технологию строительства цементобетонных покрытий с устройством покрытия с оголенным крупным заполнителем (мытый бетон). Основной отличительной особенностью данной технологии является уникальная текстура с оголением крупного заполнителя бетонной смеси. Технологический процесс создания поверхности «Мытого бетона» заключается в обработке механической щеткой поверхности бетона и обнажении крупнозернистых заполнителей при достижении им прочности в пределах 2,5 – 3,0 МПа. После выметания щетками «замедленного клея» в поперечном направлении его убирают. Окончательная обработка происходит путем нанесением средства по уходу за бетоном, которая образует защитную пленку на восковой основе (сводит к минимуму испарение воды на стадии затвердевания бетона). Устройство продольных и поперечных (сжатия и расширения) деформационных швов, а также продольного шва на стыке асфальтобетонного и цементобетонного покрытий производят при достижении бетоном прочности на сжатие от 8 МПа.

Технология строительства цементобетонных покрытий с устройством покрытия с оголенным крупным заполнителем была применена на строительстве автомобильной дороги Р-23 Минск – Микашевичи, км 74,0-км 83,0, второй кольцевой автомобильной дороги вокруг г. Минска (МКАД-2).

Отличительная особенность цементобетонного покрытия с оголением крупного заполнителя, создаваемая частицами щебня микро- и макро-

шероховатость, предопределяет ряд взаимосвязанных эксплуатационных преимуществ такого типа дорожных покрытий перед другими. Повышенная шероховатость усложняет очистку покрытия перед нанесением разметки и требует применения специальных грунтовочных составов повышенной толщины при приклеивании ленточных разметочных материалов. Остатки фрикционного противогололедного материала могут приводить к некоторому снижению коэффициента сцепления колеса автомобиля с поверхностью проезжей части, поэтому необходимо производить их своевременную уборку. Для покрытия с оголённым крупным заполнителем это снижение не столь значительное, как для покрытий с другими типами шероховатой поверхности.

При использовании технологии строительства цементобетонных покрытий с устройством покрытия с оголённым крупным заполнителем достигается ряд преимуществ:

- меньший износ разметки красками по площади после зимнего периода эксплуатации;
- лучшая визуальная контрастность разметки на покрытии;
- улучшенный водоотвод, повышенная видимость и световозвращение разметочных линий в неблагоприятных погодных условиях и темное время суток;
- большой коэффициент сцепления разметки с колесом автомобиля.

Созданная шероховатость, характеризуется высокими начальными значениями средней глубины впадин, является однородной в продольном и боковом направлении и позволяет обеспечить высокие и стабильные значения коэффициента сцепления с колесом транспортного средства в сухом, влажном состоянии, а также при наличии на поверхности остатков фрикционных материалов.

Первоначальные значения шумовых характеристик цементобетонного покрытия с оголением крупного заполнителя ниже, чем на цементобетонных покрытиях с другими типами шероховатости.

Цементобетонные покрытия с оголением крупного заполнителя являются более предпочтительными перед другими типами шероховатости, позволяя снизить значение уровня звука для различных категорий транспортных средств на величину 0,1-0,7 дБА.

По окончании зимнего сезона было установлено, что площадь шелушения бетонного покрытия на участках с покрытием с оголением крупного заполнителя составляет меньший процент в сравнении с другими типами бетонных поверхностей.

Двухлетний мониторинг экспериментального участка показал, что покрытие с оголением крупного заполнителя позволяет не только улучшить

эксплуатационные характеристики дороги, но и отлично справляется с высокими нагрузками.

Литература:

1. Строительство автомобильной дороги методом сращивания слоёв (технология «Сращивание слоёв» <https://dst5.by/about/technologies/>
2. Строительство цементобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Методические рекомендации. Москва 2018.

САМОВОССТАНАВЛИВАЮЩИЙСЯ БЕТОН

*Сидорок Дарья Алексеевна, студент 4-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Ходан Е.П., старший преподаватель)*

Возможно ли самозаживление трещин на бетонной поверхности? Если да, то что стоит за этим поражающим воображением механизмом.

В лаборатории бельгийского университета Генка готовят смесь, которая напоминает обычный бетон и это действительно обычный бетон, только речь идет о материале, способном самовосстанавливаться, то есть без внешнего вмешательства герметизировать возникшие трещины.

Новый материал в плане прочности не будет принципиально отличаться от обычного бетона. Возможность сделать его водонепроницаемым дает возможность уменьшить большое количество трещин, поскольку попадание воды в трещину приводит к разрушению конструкции.

Этот бетон содержит бактерии, вырабатывающие известняк, которые активизируются при воздействии с водой и обладают высокой абсорбирующей способностью. В качестве бактерий использовали бактерии рода бацилл, так как их споры могут выживать длительное время без еды и воды, существуя в щелочной среде. В капсулы из биоразлагаемого пластика для бактерий в качестве еды добавляют лактат кальция.

Когда поверхность трескается и в трещины попадает вода, оболочка из биоразлагаемого пластика растворяется и бактерии начинают разлагаться. Они начинают потреблять лактат кальция и при этом вырабатывать известняк, препятствуя проникновению воды в толщу бетона – трещина герметизируется. Если небольшая трещина немедленно герметизируется, то никакого риска нет, она не разрастется и бетонной конструкции ничего не угрожает. Данную проблему с трещинами стоит решать на начальном этапе, не приводя к серьезным последствиям.



Рисунок 1 – Самовосстанавливающийся бетон

Эксперименты с бетоном ведутся в рамках европейского исследовательского проекта. Новая разработка позволит заметно уменьшить расходы на ремонт дорожных покрытий, мостов, перекрытий зданий.

Литература:

1. [электронный ресурс] <https://wotakks.ru/pro-beton/samovosstanavlivayushchijsya.html>
2. [электронный ресурс] <https://ru.euronews.com/next/2015/03/30/building-for-the-future-with-self-repairing-concrete>

УНИКАЛЬНЫЕ МИНЕРАЛЫ МИРА

*Смычок Денис Александрович, студент 2-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

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

Сперва разберем, что же такое Минералы? Согласно утвержденным формулировкам, таковыми называются природные химические соединения или же самородные элементы, сформировавшиеся в ходе различных физических и химических реакций, происходящих в недрах земной коры или на её поверхности.

Как известно, помимо человека, создающего шедевры как искусства, так и науки, ещё одним великим творцом поистине красивых и захватывающих дух вещей, и по совместительству учителем человека, является природа. Начиная с шпилеобразных гор Тяньцзи, что находятся в Поднебесной стране - Китае, заканчивая живописными Утёсами Мохер, расположившимися на территории Ирландии. Но, помимо этих чудес природы, которые можно перечислять очень долго, всё же хочется обратить внимание на что-то менее масштабное – на минералы, что скрываются внутри нашей планеты и слагают её недра, красота и уникальность которых порой действительно удивляет, поэтому предлагаю приступить к рассмотрению наиболее уникальных из них.

Мексиканский огненный опал

Огненный опал (Рис. 1), или, как он ещё называется, Мексиканский огненный опал, а обоснованно такое название тем, что именно в Мексике добываются самые качественные и, по совместительству, самые дорогостоящие Огненные опалы.

Этот минерал относится к аморфным кремнезёмам и в его состав входит от 10 до 30% воды. Пламенно-оранжевые оттенки обуславливаются наличием оксида железа в составе образования. По шкале Мооса твёрдость минерала оценивается в 5,5 – 6,5 баллов. Из-за относительно низкой твердости может быть подвержен механическим повреждениям из вне. Сам по себе минерал довольно хрупкий, зачастую прозрачный или полупрозрачный, имеет раковистый излом и стеклянный блеск, спайность отсутствует. Плотность составляет 1,96 – 2,20 г/см³. Как и многим другим минералам из семейства Опалов, ему так же присуще свойство опалесценции – явление рассеивания света средой, вызванной её

оптической неоднородностью. В наше время применяется преимущественно в ювелирном деле.



Рисунок 1 – Огненный опал

Азурит

Азурит (Рис. 2, Рис 3.), так же известный как «медная лазурь» - тёмно-синий минерал, карбонат меди и гидроксильной группы. По шкале Мооса твёрдость минерала оценивается в 3,5 - 4 балла, имеет совершенную спайность и раковистый излом. Цвет черты зачастую голубой или тускло-синий. Плотность образования составляет 3,5 – 4 г/см³.



Рисунок 2 – Своеобразный цветок из азурита

В средние века он, как не сложно догадаться, применялся в качестве украшения, в наше же время, помимо коллекционирования, ему нашли применение в промышленности – азурит применяется в создании фейерверков.

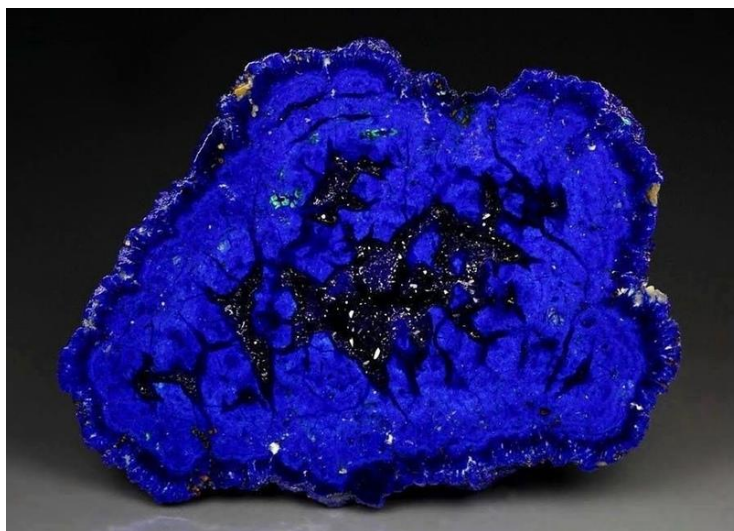


Рисунок 3 – Минерал азурит

Аметист

Аметист (Рис. 4) известен как самая дорогая разновидность кварца. Твёрдость по Моосу составляет 7 баллов, а плотность – $2,65 \text{ г/см}^3$. Зачастую имеет фиолетовый цвет, но при манипуляциях с температурой имеет свойство его изменять, так, например, при 200 C° сильно бледнеет, но после остывания возвращает изначальный цвет. Цвет черты - белый, сам минерал прозрачный и имеет стеклянный блеск, излом раковистый. Аметист в наше время применяется в качестве компонента для создания ювелирных изделий.



Рисунок 4 – Минерал аметист

Достоинно упоминания существование крупнейшей в мире аметистовой жеоды, именуемой «Императрицей Уругвая» (Рис. 5), высота которой составляет чуть больше 3-х метров, а масса достигает 2,5 тонн. Сформирована она из, приблизительно, 10 тысяч пурпурных кристаллов. Данная жеода находится в Австралии, в Музее Хрустальных Пещер Атертона.



Рисунок 5 – «Императрица Уругвая» по сравнению с человеком

Оливин

Оливин (Рис 6) по праву считается одним из самых распространённых минералов на Земле, сам по себе он является породообразующим минералом, слагающим основные магматические породы. Твёрдость по Моосу оценивается в 6,5 – 7 баллов. Цвет минерала – бледно-зелёный, в то время как цвет черты белый. Минерал является прозрачным и имеет стеклянный блеск. Плотность составляет 3,27 – 3,37 г/см³.



Рисунок 6 – Минерал оливин

Помимо того, что данный минерал присутствует в лунном грунте, его включения входят в состав палласитов, а они представляют высокую ценность, причём не только в ювелирном деле, но и в научно-исследовательской сфере.

Палласиты – это метеориты, возраст которых оценивается примерно в 4,5 млрд лет и их считают современниками зарождения планет в Солнечной системе. В состав палласитов входит железо в больших количествах (примерно от 80% до 90%) и никель (до 20%) а также примеси иридия, германия и галлия. Вместе они образуют своеобразный железно-никелевый каркас, и тут в дело вступает оливин, включения которого входят в состав палласита (Рис. 7, Рис. 8).



Рисунок 7 – Палласит с включениями оливина

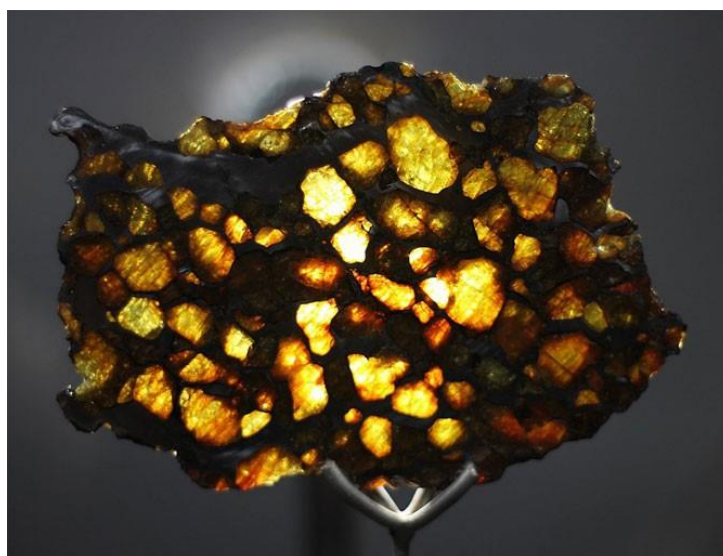


Рисунок 8 – Палласит при прохождении через него света

Крокоит

Крокоит (Рис. 10), если сверяться по химическому составу, является красной свинцовой рудой, и так считали до тех пор, пока в 1797 году французский химик Луи-Николя Воклен, занимающийся изучением данного образования, не обнаружил на тот момент неизвестный элемент в составе крокоита, коим являлся Хром.

Твёрдость крокоита по шкале Мооса оценивается в 2,5 – 3 балла, а плотность – от 5,9 до 6,2 г/см³. Цвет минерала оранжевый или оранжево-красный, цвет черты – оранжевый. Блеск алмазный, жирный, что обусловлено наличием хрома в составе. Спайность средняя, излом раковистый. Самым интересным в минерале является его внешняя структура, больше напоминающая иглы или столбы (Рис. 9, Рис. 11).



Рисунок 9 – Разновидность крокоита в виде палочек

Применяется в основном в ювелирном деле, но помимо этого, его часто можно увидеть во владении коллекционеров.



Рисунок 10 – Минерал крокоит



Рисунок 11 – Кристаллы крокоита

Флюорит

Флюорит (Рис. 12), так же известен как Плавиновый шпат, прозрачный или полупрозрачный минерал, твёрдость которого по шкале Мооса составляет 4 балла. Его плотность равна приблизительно $3,18 \text{ г/см}^3$. Минерал бывает разных цветов: белый, синий, жёлтый, красной или вовсе, бесцветный. Но при этом цвет черты остаётся белым или бесцветным. Помимо этого, наблюдается совершенная спайность и ступенчатый излом. Блеск от стеклянного до жирного.



Рисунок 12 – Минерал флюорит

Одним из его уникальных особенностей является люминесценция – свечение под воздействием ультрафиолетового источника света (Рис. 13) или при нагревании (Рис. 14).



Рисунок 13 – Флюорит под воздействием ультрафиолета

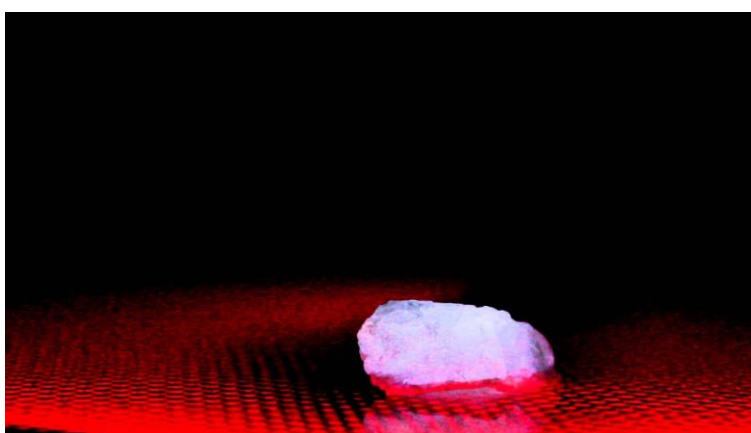


Рисунок 14 – Флюорит при нагревании

В наше время Плавиновый шпат незаменим на производстве при изготовлении легкоплавких шлаков, а его бесцветные виды применяются для создания линз высокого качества.

Литература:

1. Минералы и месторождения России и стран ближнего зарубежья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://webmineral.ru>. Дата доступа: 12.12.2022.
2. Каталог Минералов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://catalogmineralov.ru>. – Дата доступа: 11.12.2022.
3. Mineral PRO [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mineralpro.ru>. – Дата доступа: 10.12.2022.
4. Jewellery Mag [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://jewellerymag.ru>. – Дата доступа: 11.12.2022.
5. Paleo Hunters [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://paleohunters.ru>. – Дата доступа: 12.12.2022.
6. Окамнях.ру [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ogems.ru>. – Дата доступа: 11.12.2022.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В САПР AUTOCAD CIVIL 3D

*Чиркун Юлия Анатольевна, студентка 5-го курса
кафедры «Автомобильные дороги»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мордас М.С., ст. преподаватель)*

Программный продукт AutoCAD CIVIL 3D востребован для проектирования и реконструкции автомобильных дорог, благодаря уже заложенным в нем элементам конструкций, которые позволяют спроектировать 3D модель дороги. AutoCAD CIVIL 3D помогает легко и быстро разработать и проанализировать различные варианты проектирования для выбора оптимального и выгодного.

В план работы в AutoCAD CIVIL 3D входят: топоплан, трассирование, построение продольного профиля, конструкция поперечника дороги, моделирование коридора, построение поперечных профилей, расчет объема работ, инженерные коммуникации, формирование отчетов и выходных чертежей. Эти работы можно провести и в AutoCAD, но Autodesk Civil 3D позволяет автоматизировать эти процессы, то есть свести операции ручного вычерчивания к минимуму, чем очень облегчает и ускоряет работу.

Одним из плюсов, который облегчает работы, являются многочисленные инструменты для проектирования трассы различными методами. Также аналогичные инструменты имеются для создания продольного профиля. Для этих целей в CIVIL 3D очень удобно использовать инструмент по созданию участков профиля наилучшего вписывания в существующие отметки.[2] Программа позволяет провести анализ и выбрать наилучший вариант профиля.

В процесс реконструкции автомобильных дорог в Civil 3D входит получение и обработка геодезической съемки, ЦМР и ЦММ. Помимо привычного способа создания цифровой модели рельефа и местности с помощью точек и линий, можно воспользоваться облаком точек с помощью Autodesk ReCap.

Если ось реконструируемой дороги уже определена, то трассу по ней можно создать с помощью «создания трассы из объектов». Метод наилучшего вписывания трассы - это создание трассы, соответствующей наиболее логичной траектории.

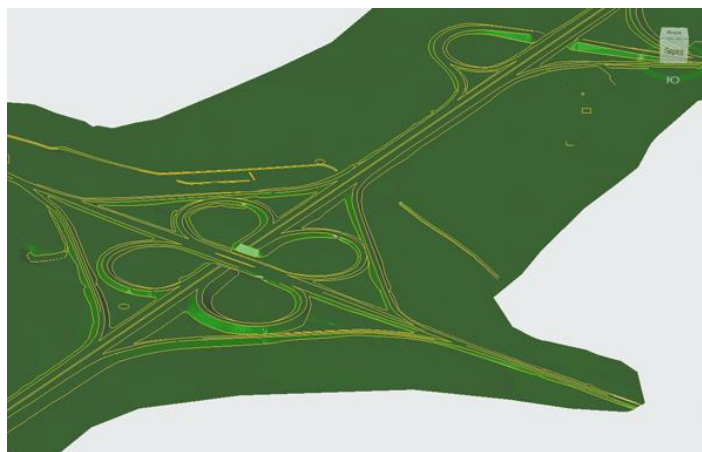


Рисунок 1 – Пример 3D модели проектируемой дороги

Одним из сложных вопросов является оптимизация продольного профиля, для этого необходимы данные инженерно-геологических изысканий. Воспользовавшись Subassembly Composer можно создать элементы для определения выравнивания и фрезерования, появляется возможность создать коридор с поверхностями по реконструируемой трассе. Горизонтальной базовой линией коридора будет являться ось дороги, а вертикальной - поверхность низа существующего асфальтобетона. Отобразив полученные данные, мы получим так называемый «коридор оптимального прохождения», в котором нужно будет проложить будущий проектный профиль автомобильной дороги уже самостоятельно. Также включает в себя удобную работу с виражами, автоматическое создание уширений, тоннели и многоуровневые развязки.

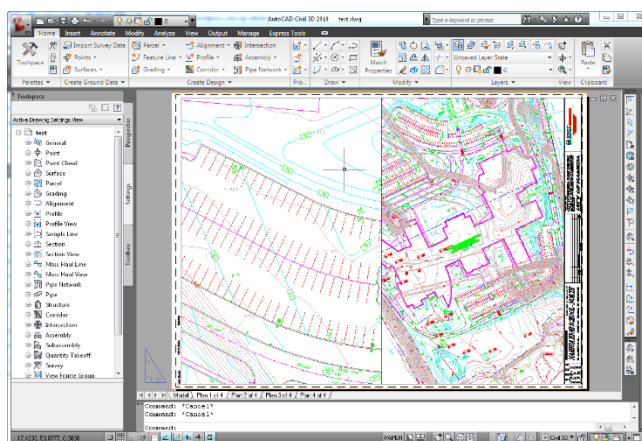


Рисунок 2 – Рабочая панель инструментов AutoCAD CIVIL 3D

В остальном методика разработки проектов реконструкции в Civil 3D не отличается от проектирования новых дорог: дальше создаются поперечные сечения, вычисляются объемы работ. Главное преимущество разработки проектов реконструкции в Civil – возможность в процессе увидеть динамику изменений и результаты проектирования. В AutoCAD CIVIL 3D большим успехом пользуется режим подсчета объемов работ. Можно легко выполнить

расчет материалов по элементам конструкций и вывести их в удобные таблицы. Это позволяет закончить работы в кратчайшие сроки.

Литература:

1. <https://k-2.kz/p53566570-kurs-proektirovanie-zheleznyh.html>.
2. http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/civil_for_reconstruction.pdf
3. <https://infars.ru/blog/proektirovanie-rekonstruktsii-avtomobilnykh-dorog-v-civil-3-d/>.

Секция 3
ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ

ОСОБЕННОСТИ РАСПОЛОЖЕНИЯ ОПОРНЫХ ТОЧЕК ПРИ АЭРОСЪЕМКЕ С БПЛА

*Шаботько Светлана Игоревна, Падалец Артем Александрович,
студенты 2-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) зарекомендовали себя в качестве съемочных систем, оснащенных камерами и другими датчиками, благодаря гибкому использованию в течение нескольких лет для решения множества различных задач в геодезии. Для определения элементов внешнего ориентирования и калибровки камеры с помощью пространственной фототриангуляции требуются опорные точки, когда параметры ориентации изображений не могут быть определены непосредственно во время полета.

В фотограмметрии опорные точки используются для внешнего ориентирования сети фототриангуляции, а контрольные для контроля процесса построения, которые представляют собой точки на местности, пространственные координаты которых известны в соответствующей системе координат объекта и которые должны быть четко идентифицированы и измерены на аэрофотоснимке. При этом различают планово-высотные, плановые и высотные.

При высоких требованиях к точности построения фототриангуляции, опорные точки должны быть представлены на местности в качестве опознавательных знаков (опознаков) перед осуществлением съемки. Опознаки представляют собой маркированные точки, выполненные путем нанесения соответствующего цвета краски на дорожное покрытие или путем размещения специальных марок (Рис. 1). Кроме того, четко идентифицируемые контурные точки на местности после съемки могут быть служить опознаками, координаты которых определяются геодезическими методами, если не требуется очень высокая точность фототриангуляции.

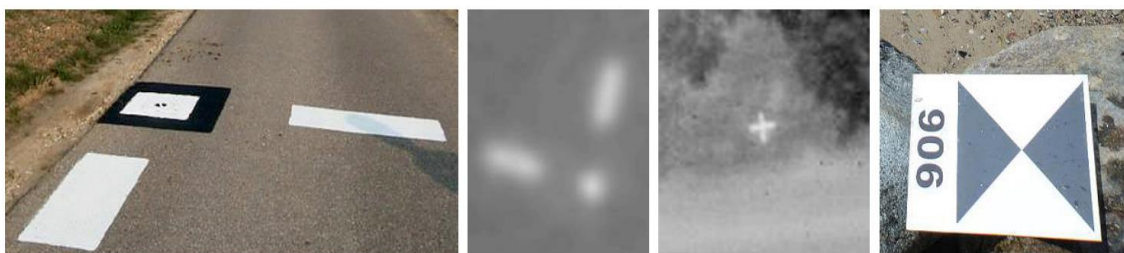


Рисунок 1 – Опознаки на местности (слева и справа) и на аэрофотоснимке (в центре)

Поскольку установка опознаков требует много времени и, следовательно, затрат, при планировании съемки необходимо учитывать, какие датчики будут использоваться или могут использоваться при съемке, например, оснащение беспилотного летательного аппарата RTK-модулем, а также количество опорных точек.

Исследования о возможности построения фототриангуляции без опорных точек уже проводились специалистами в области фотограмметрии. В работе Якобсен К. «Оперативный блок уравнивания без контрольных точек» изложены результаты блочной фототриангуляции без опорных точек при которой точность определения пространственных координат точек модели составила 20 см. В работе Грюна А. и Рунге А. «Потенциал точности самокалибрующей воздушной триангуляции без контроля» в ходе исследований продемонстрировали, что параметры ориентации изображения, измеренные с помощью RTK, позволяют сократить количество точек пересечения до четырех точек пересечения без значительного ухудшения качества блока.

Анализ результатов этих работ позволил сделать следующие выводы:

- увеличение процента перекрытия снимков приводит к повышению точности, несмотря на одновременное уменьшение количества опорных точек;
- определение параметров внешнего ориентирования во время съемки с помощью RTK приводит к улучшению качества аэрофотосъемки;
- не следует полагаться на надежность результатов съемки с БПЛА с помощью RTK, рекомендуется располагать опорные точки и контрольные точки в пространстве объекта съемки на расстоянии не более 20-30 базисов фотографирования;
- при использовании БПЛА не оснащенного модулем RTK, возникает необходимость наличия опорных и контрольных точек, а также их оптимального распределения в пространстве объекта. Расстояние между опорными точками не должно превышать более 10 базисов фотографирования, так как внутри блока возникают заметные деформации.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БПЛА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

*Пешевич Николай Дмитриевич, студент 2-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве является частью формирующейся тенденции к использованию передовых технологий в сельскохозяйственных операциях, которые позволяют оптимизировать рабочий процесс и более эффективно использовать ресурсы, собирать данные гораздо быстрее и эффективнее, чем традиционными методами. Одним из главных преимуществ использования технологии БПЛА в сельском хозяйстве является простота и эффективность масштабного мониторинга посевов и сельскохозяйственных угодий.

Однако их основное применение заключается в получении высокодетализированных данных с помощью различных датчиков. Эти данные затем могут быть преобразованы в различные типы карт и 3D-модели местности, которые используются для анализа состояния сельскохозяйственных культур, оценки жизнедеятельности растений, активности вредителей и выявления проблем с орошением.

На высоте полета 100 м, установленная на БПЛА характеризуется пространственным разрешением менее 2 см. Для оценки жизнеспособности растений, помимо камеры RGB с высоким разрешением, БПЛА оснащают мультиспектральной камерой. Благодаря использованию RTK-модуля возможна прямая географическая привязка. В целях повышения точности в пространстве территории съемки устанавливаются опорные точки.

Как RGB, так и мультиспектральные данные изображения обрабатываются и передаются в специализируемое программное обеспечение для оценки. Результатом обработки являются плотные облака точек, RGB-ортофото с высоким разрешением и ортофотоснимки соответствующих спектральных диапазонов.

Для анализа лесных угодий представляет интерес количество отдельных деревьев и их высота. Использование БПЛА обеспечивает комплексную инвентаризацию территории и учитывает масштабы бедствия, плотность насаждений и тип деревьев. Для распознавания отдельных деревьев

используется облако точек, которое предварительно сегментируется на наземные точки с помощью CSF-фильтрации. Путем интерполяции наземных точек вычисляется цифровая модель местности (DGM), которая используется для построения нормализованной модели поверхности (nDOM). Отдельные деревья определяются с помощью локальной фильтрации максимумов, которая принимает значение высоты nDOM (Рис. 1). Таким образом, необходимо определить такие параметры, как точное количество деревьев, количество отдельных деревьев с точностью до дециметра, среднее значение и высоту вершущек. Эти параметры могут быть выведены для любой площади, на гектар или на единицу обрабатываемой площади.

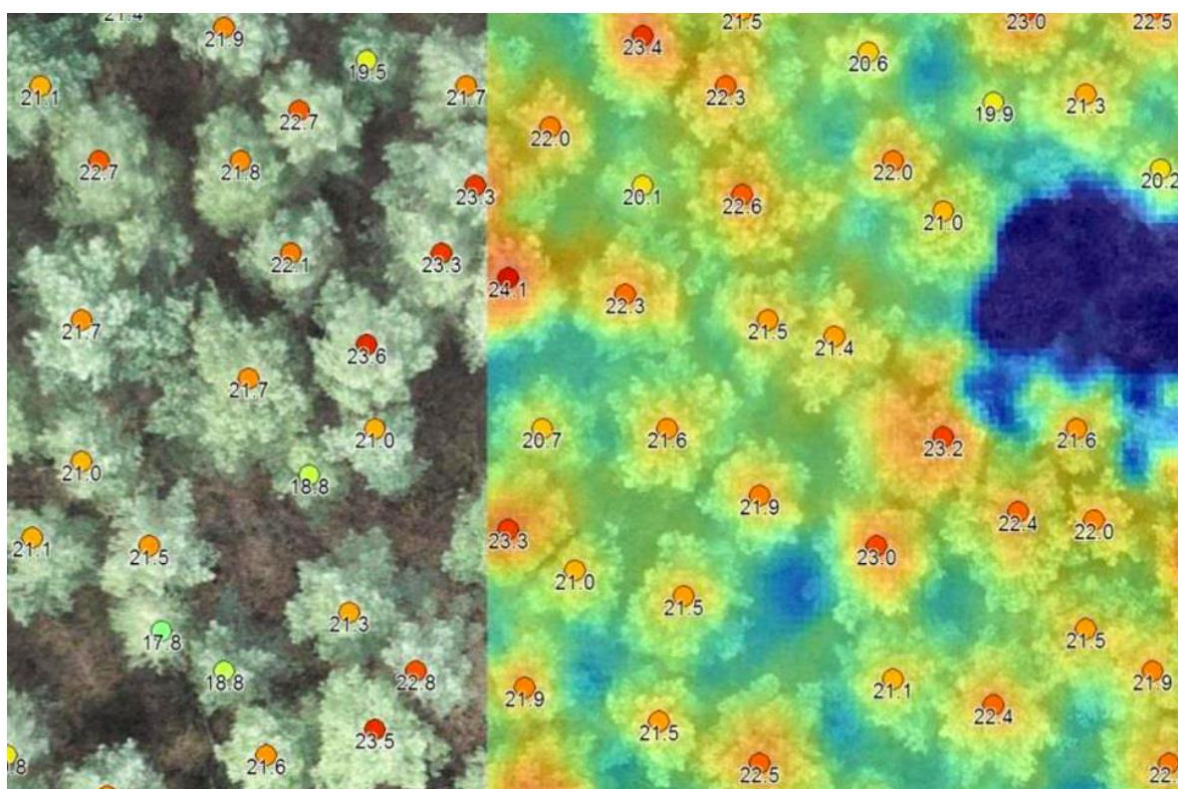


Рисунок 1 – Деревья с указанием высоты. Слева – ортофото в качестве фоновой карты, справа – нормализованная модель поверхности с отдельными деревьями

С помощью автоматизированных методов распознавания изображений можно определить площадь кроны для каждого дерева и площадь, охватываемую насаждением, и определить степень смыкания кроны. В обратном порядке также определяется размер отдельных зазоров. Автоматическое определение зазоров и размеров зазоров помогает принимать решения по управлению, например, следует ли вырубать леса или возможно ли восстановление за счет естественного омоложения.

Спектральный тактилоскопический анализ различных пород деревьев возможен с помощью мультиспектрального анализа. Метод распознавания

изображений на основе пикселей позволяет определять различия в лиственных и хвойных насаждениях, а также определять распределение насаждений по площади, вплоть до всего лесного хозяйства. Эти данные показывают пропорции смешивания, которые используются в качестве подготовки к следующему лесозаготовительному объекту.

На основе рассчитанных высот, количества деревьев, площади кроны и пород деревьев составляется стратификация лесохозяйственной территории.

Ущерб от насекомых и других вредителей оказывает все большее влияние на жизнеспособность и рентабельность лесов и лесных насаждений, увеличивается и реальный экономический ущерб. Применение БПЛА, специальных камер и методов оценки, заражение может быть обнаружено дистанционно уже на ранней стадии.

ТРЕХМЕРНАЯ РЕКОНСТРУКЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ НА ОСНОВЕ СНИМКОВ, ПОЛУЧЕННЫХ С БПЛА

*Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна,
студенты 4-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

В настоящее время самым популярным методом, позволяющим решать задачи трехмерной реконструкции поверхности, является метод структуры из движения (Structure for Motion (SfM)). Данный метод основывается на сравнении изображений объекта, сделанных при смещении камеры, с целью автоматического распознавания общих признаков между изображениями, которые в дальнейшем используются для определения параметров сдвига камеры и ориентации фотографируемого объекта относительно положения камеры. К основным этапам метода можно отнести:

- автоматическое распознавание признаков изображения (идентификация соответственных точек пары снимков);
- распределение признаков за счет минимизации расстояния между векторами признаков большой размерности;
- взаимная ориентация соседних изображений и последовательное создание общей модели;
- определение окончательных параметров внутренней и внешней ориентации, а также трехмерных координат измеренных соответственных точек.

В основном для идентификации соответственных точек пары снимков используется алгоритм SIFT (масштабно-инвариантное преобразование) – осуществляет поиск признаков в методе на основе пирамид, который, по сути, определяет локальные распределения градиента с помощью фильтрации Лапласа-Гаусса, и использует это для построения 128-мерного вектора признаков. Геометрическая точность идентификации одноименных точек составляет от 0,5 до 1 пикселя.

Для метода SfM требуются достаточно текстурированные поверхности объектов и относительно небольшие базисы фотографирования, то есть при съемке должна быть обеспечена высокая степень взаимного перекрытия снимков. Результатом применения метода движения из структуры является разреженное облако точек.

Использование БПЛА для трехмерной реконструкции поверхности значительно распространилось благодаря методу SfM и обычно надежно приводит к плотным описаниям поверхности. Как правило, плановая точность составляет примерно 1 пиксель, а точность по высоте – от 2 до 3 пикселей.

Для адекватного описания поверхности объекта, обычно создается плотное облако точек, то есть объект описывается с пространственным разрешением. Сопоставление должно быть, как можно более независимым от геометрических и радиометрических различий между изображениями.

Самым популярным в настоящее время алгоритмом построения плотного облака точек по стереопаре снимков является так называемое полуглобальное отождествление (Semi GlobalMatching (SGM)). Для каждого пикселя выходного изображения метод SGM вычисляет соответствующую точку изображения на эпполярной линии, минимизируя функцию стоимости, в которой сходство двух частей изображения оценивается положительно, а превышение рассчитанного параллакса сравнивается с предельными значениями – оценивается отрицательно. Для этого создается пространство поиска, в котором поиск соответствующих точек изображения происходит по определенным путям, в которых затем сохраняются и оцениваются различия.

В таблице 1 показаны три конфигурации съемки квадрокоптером DJI Phantom 4 RTK. Третья конфигурация представляет собой экстремальный пример съемки с процентом продольного и поперечного перекрытия 90%, что теоретически приводит к очень большому количеству изображений на точку объекта. Стандартные отклонения, достигаемые в каждом случае, находятся в ожидаемом диапазоне примерно 0,5 GSD в плановом положении и от 0,5 до 1,5 GSD по высоте для первой и второй конфигураций. Как и ожидалось, увеличенное поперечное перекрытие во второй конфигурации съемки, прежде всего, дает выигрыш в точности по высоте.

Таблица 1 – Моделируемые конфигурации съемки

Конфигурация съемки	Продольное перекрытия, р, %	Поперечное перекрытия, q, %	Количество снимков	Количество снимков на точку	СКП XY (Max)	СКП Z (Max)
1	60	20	24	2,4	0,015 м (0,027)	0,033 м (0,040)
2	60	60	42	4,7	0,010 м (0,020)	0,016 м (0,029)
3	90	90	520	65,5	0,003 м (0,006)	0,006 м (0,018)

Объединение методов цифровой фотограмметрии и технологий компьютерного зрения позволяет использовать автоматизированные системы, которые, с одной стороны, легко управляются, а с другой, предлагают расширенные инструменты оценки и контроля точности результатов, которые позволяют специалистам добиваться требуемого высокого качества экспортируемых пространственных данных, таких как: плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, ортофотопланы и цифровые модели местности (ЦММ).

Современные фотограмметрические методы, такие как построение текстуры из движения, позволяют полностью автоматизировать фотограмметрическую обработку снимков с одновременной калибровкой используемой камеры. Отсутствие ограничений на количество используемых изображений, приводит к более надежной реконструкции поверхности. Практика показывает, что для среднего стандартного отклонения координат объекта в плановом положении примерно 1 GSD и по высоте примерно от 0,5 до 1,5 GSD.

Литература:

1. Фотограмметрия : учеб. для вузов / А.Г. Чибуничева [и др.]; под общ. ред. А.Г. Чибуничева. – М. : МИИГАиК, 2016. – 294 с.
2. Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.8 [Электронный ресурс]: руководство пользователя. – Режим доступа : https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_8_ru.pdf.
3. Радцевич, Е. И. Тенденции развития ГИС / Е. И. Радцевич, А. В. Кабацкий, С. М. Крупица // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Международной научно-технической конференции / Белорусский национальный технический университет ; редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2020. – С. 267-272.
4. Краснопевцев, Б.В. Фотограмметрия : метод. пособие / Б.В. Краснопевцев, В.М. Курков – М.: МИИГАиК, 2012, – 74 с.

ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ КАЛИБРОВКА КАМЕРЫ БПЛА

*Андрейчиков Владислав Владимирович, Будкевич Карина Сергеевна,
студенты 3-го курса кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Князева Е.И., ассистент)*

В последние годы аэрофотосъемка с помощью беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) стала признанным методом трехмерной реконструкции поверхности. Использование этих систем имеет преимущества с точки зрения гибкости и доступности, особенно для крупномасштабного картографирования в условиях ограниченного пространства. Кроме того, технология БПЛА все чаще используется для решения сложных инженерно-геодезических задач, таких как наблюдение за деформациями, требующих высокого пространственного разрешения и соответствующей миллиметровой точности.

Камеры, используемые в области БПЛА, часто представляют собой неметрические камеры при изготовлении которых фотограмметрические аспекты имеют низкий приоритет. Качество измерения точки изображения напрямую влияет на качество экспортируемых пространственных данных (плотные облака точек, текстурированные полигональные модели, ортофотопланы и ЦММ). По этой причине геометрия камеры и связанная с ней калибровка являются важным аспектом.

Фотограмметрическая калибровка камеры (Табл. 1) осуществлялась по снимкам пространственного тест-объекта, созданного на кафедре «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии» факультета транспортных коммуникаций.

Таблица 1 – Технические характеристики камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

Тип	Модель камеры	Разрешение, пиксель	Размер пикселя, мкм	Фокусное расстояние, мм
Кадровая	FC6310R	5472 x 3648	2,41 x 2,41	8,8

Задача фотограмметрической калибровки камеры – определить параметры внутреннего ориентирования, включая параметры дисторсии:

- f – фокусное расстояние, (пиксель);
- c_x, c_y – координаты главной точки снимка, (пиксель);
- b_1, b_2 – коэффициенты неортогональности или скоса, (пиксель).
- k_1, k_2, k_3, k_4 – коэффициенты радиальной дисторсии (безразмерные).

- p_1, p_2 – коэффициенты тангенциальной дисторсии (безразмерные).

При сохранении фотографий в формате JPEG к DJI Phantom 4 RTK автоматически добавляется предварительно настроенная на заводе коррекция радиально-симметричного искажения, но она не описывает реальные систематические ошибки изображения.

На рисунке 1 показаны графики дисторсии объектива, построенные в процессе калибровки камеры БПЛА. На рисунке 2 представлены параметры калибровки камеры.

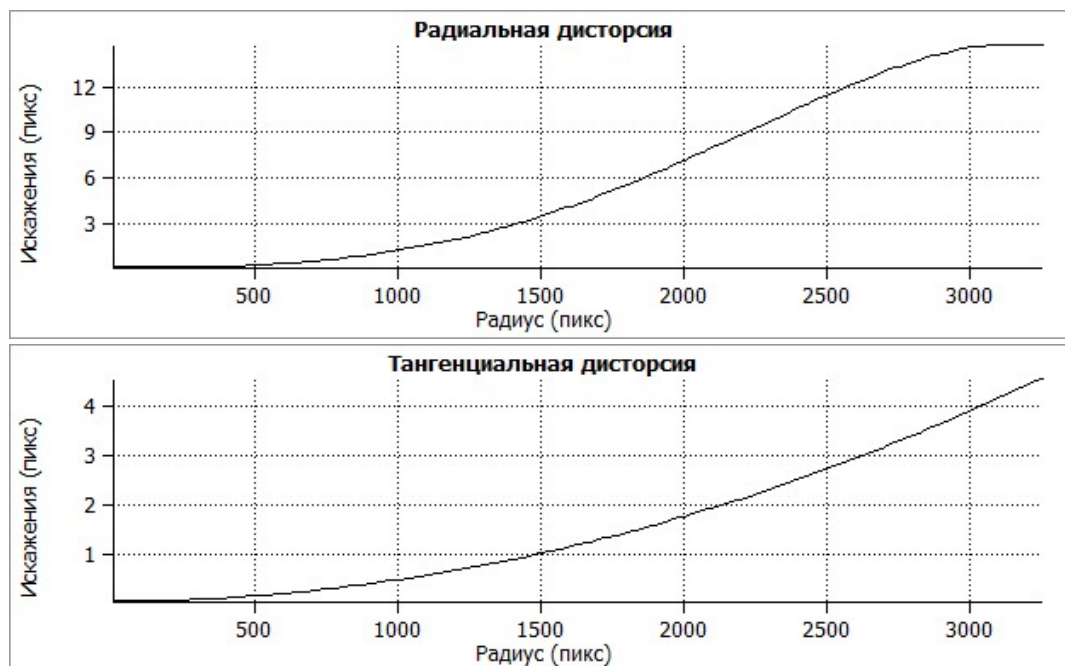


Рисунок 1 – Результаты калибровки камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

	Значение	Ошибка	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	3700.62	0.566135	1.00	0.01	0.01	-0.77	0.70	-0.67	-0.03	-0.01
Cx	7.45649	0.561712		1.00	-0.00	0.02	-0.02	0.03	0.88	0.00
Cy	5.79795	0.550345			1.00	-0.01	0.01	-0.01	0.01	0.91
K1	-0.264328	0.000521679				1.00	-0.99	0.97	0.03	-0.00
K2	0.0872228	0.000848211					1.00	-0.99	-0.03	-0.00
K3	-0.0145504	0.000422603						1.00	0.03	0.01
P1	0.000693457	2.26594e-05							1.00	0.01
P2	-0.000141781	2.40538e-05								1.00

Рисунок 2 – Параметры калибровки камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK

Калибровка с использованием трехмерных тест-объектов приводит к более точным и надежным параметрам калибровки, которые в значительной степени не связаны с параметрами внешней ориентации. При уточнении параметров внутреннего ориентирования, необходимо стремиться к чрезвычайно малой

погрешности измерения в пространстве изображения, так как оценка точности, выполненной пространственной фотограмметрической калибровки, осуществляется по значениям погрешностей координат измеренных на снимке точек, которые не должны превышать 0,5 пикселя. При калибровке камеры квадрокоптера DJI Phantom 4 RTK среднее значение равно 0,282 пикселя.

Остаточные погрешности внутренней ориентации отрицательно сказываются на трехмерной реконструкции объекта. Таким образом, неправильная константа камеры вызывает ошибку масштабирования в пространстве объекта, особенно в направлении полета. Неточно определенные параметры искажения приводят к систематическому искривлению пространства объекта, например, «проседающие» цифровые модели поверхности.

Литература:

1. Agisoft Metashape: Professional Edition, версия 1.8 [Электронный ресурс]: руководство пользователя. – Режим доступа : https://www.agisoft.com/pdf/metashape-pro_1_8_ru.pdf.
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.

Секция 4
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

ОБЗОР ВИДОВ ОРГАНИЗАЦИИ ПАРКОВОЧНОГО ПРОСТРАНСТВА В ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСАХ

*Строева Мария Алексеевна, магистрант 1-го курса
кафедры «Строительное производство и геотехника»
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет, г. Пермь
(Научный руководитель – Калошина С.В., канд. техн. наук, доцент)*

В условиях современного общества, существует большая потребность в организации парковочного пространства на территории жилых комплексов, что обусловлено в первую очередь ростом числа автовладельцев. В России по состоянию на 31.12.2021 г. количество транспортных средств составило 64 млн. единиц, из них 50,3 млн. легковые автомобили. В среднем на сотню россиян приходится около 346 автомобилей.

Все автомобильные парковки можно разделить на следующие виды: наземные (плоскостные), многоуровневые, механизированные.

Самыми простыми являются одноуровневые наземные парковки, которые в свою очередь могут быть открытого или закрытого типа территория которой ограничивается разметкой или знаками. Парковки закрытого типа защищают автомобиль от внешних факторов. Парковки открытого типа могут быть огорожены по всему периметру забором, имеющие отдельные въезд и выезд, а также охрану и автоматические системы (Рис. 2).



Рисунок 2 – Парковка открытого типа

Наземные парковки занимают большие территории, поэтому в последнее время большую популярность приобретают многоуровневые парковки. Они

позволяют сэкономить занимаемую площадь придомовой территории, при этом повышая количество парковочных мест. Такой вид парковок может располагаться в отдельно стоящем сооружении или пристроенном к стенам здания. Многоуровневый паркинг выполняется в подземном, наземном и наземно-подземном исполнении. Самый распространённый вариант – подземная парковка, позволяющая решать ряд проблем – таких, как загрязнение окружающей среды, шум, экономия площади территорий (Рис. 3).



Рисунок 3 – Подземная парковка в жилом комплексе

Себестоимость подземных парковок значительно выше, чем наземных, и повышается с заглублением каждого этажа (которых должно быть не более 5). Для их возведения необходимо предусмотреть наличие систем вентиляции, гидроизоляции и пожарной безопасности (системы тушения пожара), обеспечить удобство въезда и выезда автомобилей.

Для уменьшения занимаемой площади автомобилями, их следует располагать плотнее друг к другу, то есть исключить участие водителя в постановке автомобиля на хранение. Для решения данной проблемы существуют механизированные парковки (Рис. 4).



Рисунок 4 – Механизированная парковка

Система механизированной парковки полностью автоматизирована. Водителю необходимо лишь поставить автомобиль в специальную ячейку, которая переместит его на место хранения в автоматическом режиме. Выдача автомобиля осуществляется в обратной последовательности. Существует несколько видов механизированных парковок: горизонтальные или вертикальные; башенные, мозаичные или роторные (Рис. 5).



Рисунок 5 – Роторная механизированная парковка

Самыми малогабаритными из всех механизированных парковок являются роторные, что позволяет использовать их для массового применения, в том числе во дворах многоквартирных домов. Главными достоинствами роторных

парковок являются низкое энергопотребление, и небольшая стоимость, а простой способ возведения позволяет с легкостью перенести ее на другое место.

В настоящее время в России большая часть парковок выполнена в наземном исполнении, тогда как паркинги в механизированном исполнении не так распространены. Однако, с ростом автомобилизации и нехваткой парковочных мест все больше набирает популярность устройство механизированных паркингов, активно ведется разработка новых проектов паркинга.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЗАЖИМНОЕ ДЛЯ ШЛИФОВАНИЯ НОЖА

Болтуцкий Владислав Витальевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Зажимные устройства служат для устранения вибраций и обеспечения надежного контакта заготовки с установочными элементами и предотвращают ее смещение в процессе обработки [1].

На рисунке ниже приведено разработанное зажимное устройство для шлифования ножа отвала бульдозера Б10М (Рис. 1).

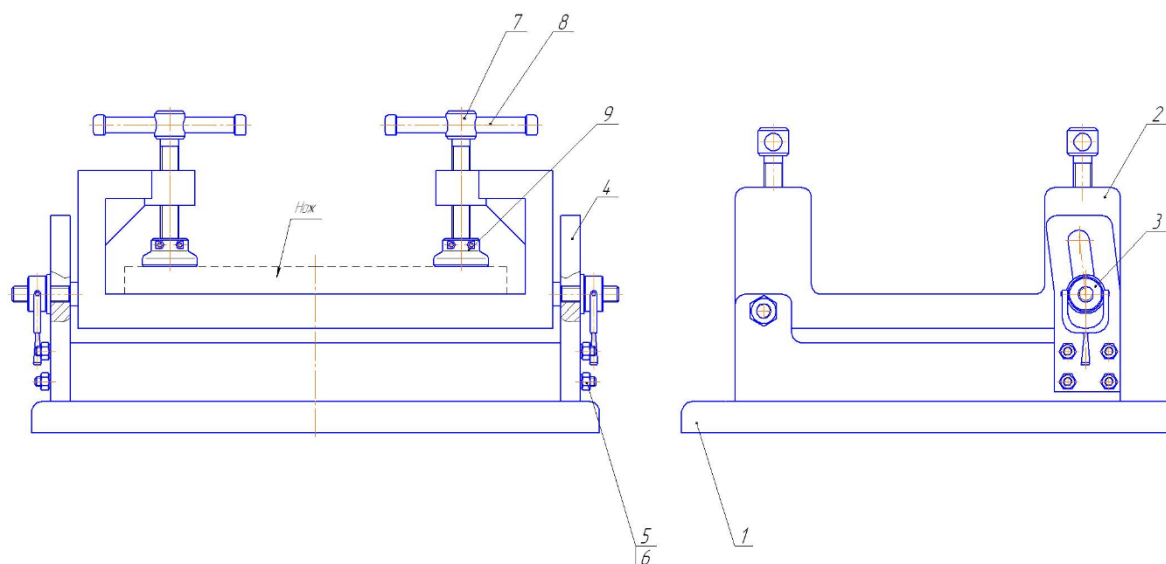


Рисунок 1 – Приспособление зажимное для шлифования ножа

Приспособление состоит из станины 1, поворотного стола 2, прижима 3, направляющих стола 4, прикрепленных к станине гайками 5. Нож к столу прижимается винтом 7, через пята 9. Нажимное усилие винту передается рукояткой 8.

Работа приспособления принципиально проста – на стол 2 устанавливается нож, закрепляется винтом 7, после чего отпустив прижимы 3, устанавливаем стол на необходимый угол. Далее прижимы фиксируются и приспособление готово к работе [2].

Так же ниже показано зажимное приспособление выполненное в программе SolidWorks (Рис. 2).

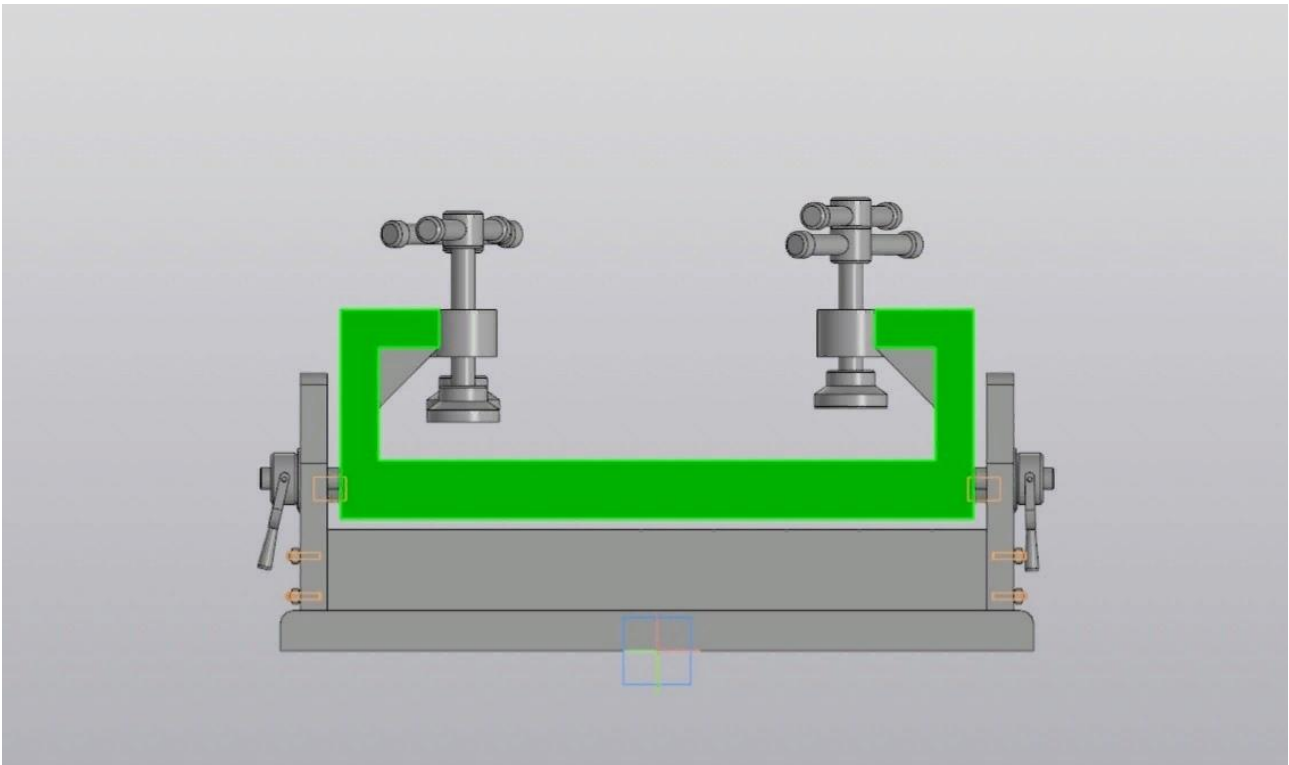


Рисунок 2 – 3D модель приспособления

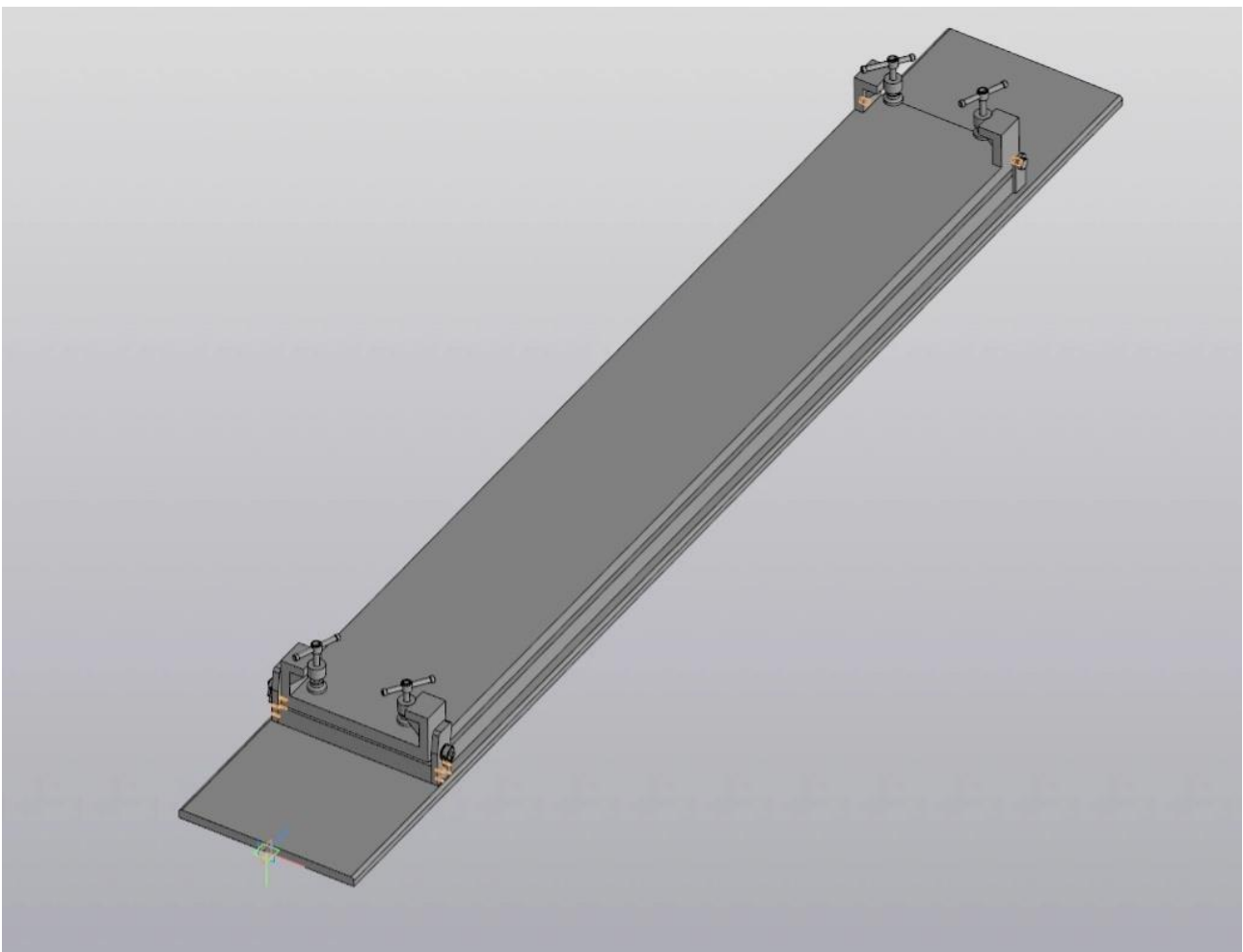


Рисунок 3 – Аксонометрия приспособления зажимного

Применение зажимных приспособлений позволяет повысить точность обработки и увеличить производительность труда при выполнении операции [3].

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/8959111/page:5/> - Дата доступа: 23.11.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа:
3. https://spravochnick.ru/tehnologicheskie_mashiny_i_oborudovanie/proektirovanie_tehnologicheskoy_osnastki/ - Дата доступа: 23.11.2022.
4. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-123837> - Дата доступа: 23.11.2022.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ РУБЕРОИДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА

*Болтуцкий Владислав Витальевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Проведение ремонтов и реконструкции автомобильных дорог увеличивает ежегодные отходы старого асфальтобетонного покрытия, которые свозятся на свалки и ухудшают экологию в целом. Чтобы избежать этого, можно повторно использовать старое асфальтобетонное покрытие для производства рубероида путем измельчения его в мелкий асфальтогранулят.

Рубероид – это рулонный кровельный гидроизоляционный материал, получаемый путем пропитки стекловолоконного холста мягкими нефтяными битумами с последующим покрытием обеих поверхностей слоем мелкоизмельченного асфальтогранулята [1].

Рубероид производится путем приемки асфальтогранулята, его дробления, разогрева в битумоварке и подачи в битумную ванну, где в дальнейшем стекловолоконный холст окунается в разогретый битум, отжимаются остатки битума, полученный рубероид посыпается минеральным порошком и остывает. На выходе всего этого процесса получаем готовый рубероид.

В комплект оборудования для производства рубероида входят (рис.1):

- питатель 1;
- конвейер 2, транспортирующий гранулят к молотковой или валковой дробилке;
- валковая дробилка 3;
- конвейер 4 подачи измельченного гранулята к битумоварке;
- битумоварка 5;
- битумный насос 6;
- стол размотки стеклохолста 7;
- ванна для пропитки стеклохолста 8;
- тэны для подогрева битума 9;
- тянущие валы 10;
- нож для формирования толщины рубероида 11;
- бункер посыпки минеральным порошком 12;
- сушилка 13;

- стол намотки готового рубероида 14;
- рулоны готовой продукции 15 [2].

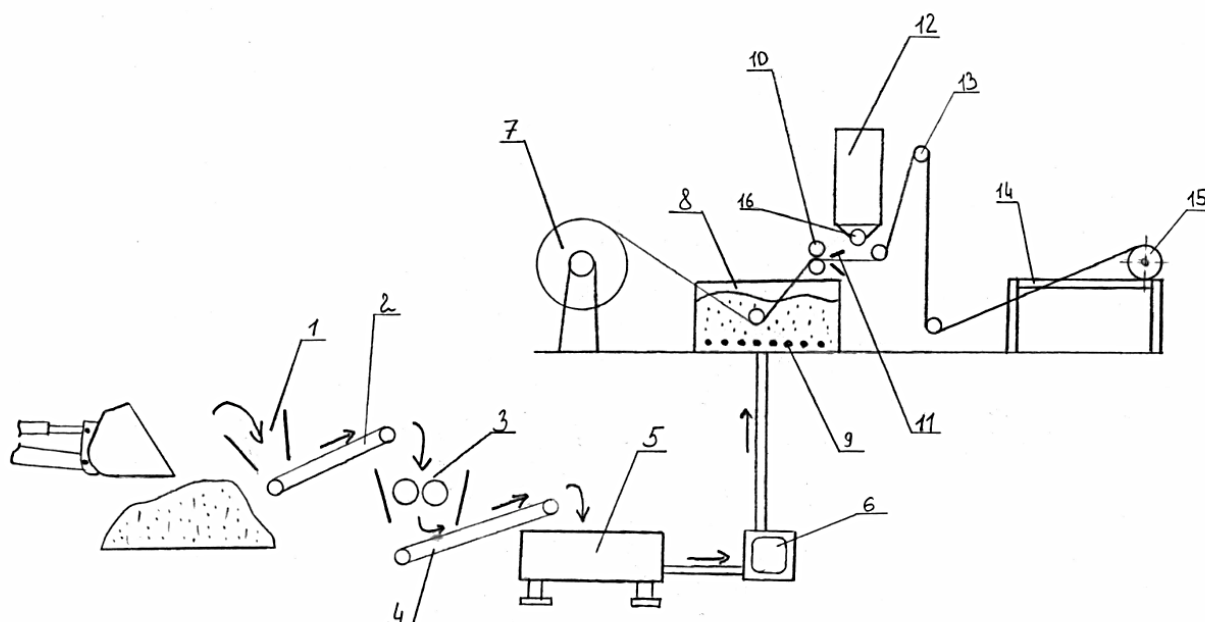


Рисунок 1 – Комплект оборудования для производства рубероида с использованием асфальтогранулята

Стол размотки 7 стеклохолста рубероида является неотъемлемой частью установки по производству рубероида и предназначен для вывешивания и равномерной размотки стеклохолста.

Стол намотки 14 рубероида предназначен для наматывания готовой продукции в рулоны 15.

Ниже приводится более подробное описание получения рубероида с использованием измельченного асфальтогранулята.

Установка для получения рубероида представляет собой последовательное размещение ванны для пропитки стеклохолста 8, бункера сыпучки 12, сушилки 13 и стола намотки готового рубероида 14. В нижней части ванны расположена группа ТЭНов 9, которые предназначены для поддержания необходимой температуры битума, поступающего из битумоварки 5. ТЭНы закрываются защитными кожухами. Сверху ванны 8 расположены тянущие валы 10 и нож 11 для формирования толщины готового полотна рубероида. Также сверху ванны 8 расположен бункер сыпучки 12.

Принцип работы установки для производства рубероида заключается в следующем: стеклохолст поступает со стола размотки 7 и заряжается (примерно, как фотопленка в фотоаппарат) через ванну для пропитки 8 с помощью тянущих валов 10. В ванну 8 предварительно заливается горячий битум, напрямую из битумоварки 5. В бункер сыпучки 12 засыпается минеральный порошок,

(необходимый для определенного вида рубероида). Далее стеклохолст посредством тянущих валов 10 протягивается через пропиточную ванну 8, под бункером посыпки 12, благодаря чему и происходит процесс производства рубероида. И далее с помощью этих же тянущих валов 10 готовая продукция отправляется на стол намотки 14, где формируются рулоны 15 необходимой длины. Тянущие валы 10 приводятся в действие мотор-редуктором посредством цепной передачи. Цепь, через звездочки соединяет мотор-редуктор со всеми тянущими валами 10, включая вал посыпки 16.

Использование вторичного битума из битумосодержащих отходов экономически выгодно как потребителю, так и производителю. А также переработка и вторичное использование вносит свой вклад в сохранение экологии.

Литература:

1. Микульский В.Г. строительные материалы /В.Г. Микульский, Г.Н. Горчаков и др//М.1996,с.365-369.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://delo1.com/rubero.php/> - Дата доступа: 19.10.2022.

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ АСФАЛЬТА К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РУБЕРОИДА

*Дадацкий Анатолий Сергеевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Одним из распространенных видов строительных отходов является отработанный асфальтобетон, содержащий битум и каменные материалы. Этот материал образуется при разборке асфальтобетонных покрытий при реконструкции и ремонтных работах на дорогах. Вторичное использование отходов асфальтобетона позволяет предотвращать их захоронение на полигонах и сокращать использование первичных природных ресурсов. [1].

В соответствии с классификатором отходов, образующихся в Республике Беларусь, асфальтобетон от разборки асфальтовых покрытий относится к неопасным отходам. Поэтому предлагается использовать асфальтогранулят при получении рубероида. Для этого куски отработанного асфальта необходимо измельчить до фракции 1-2 мм. и подать полученную фракцию на линии производства рубероида.

В связи с этим предлагается исследовать процессы дробления отработанного асфальтобетона.

Установка для исследования включает

1. Ленточный наклонный конвейер (для подачи отходов к шредеру).
2. Шредер.
3. Ленточный наклонный конвейер (для подачи фракции в валковую дробилку).
4. Валковая дробилка.

Наклонный ленточный конвейер, установленный до выбранного шредера, обеспечивает бесперебойную подачу кускового асфальта для его измельчения.

Ленточный конвейер состоит из основных узлов: приводного барабана, привода конвейера (мотор-редуктор), натяжного барабана, узла натяжения, несущей ленточной части, опорных и поддерживающих роликов, рамы конвейера, изготовленной из сваренного металлопроката.

По такому же принципу устроен и установлен ленточный конвейер после шредера для транспортирования полученной фракции на второй этап дробления.

После первого конвейера устанавливается двухвальный шредер для измельчения асфальтобетона.

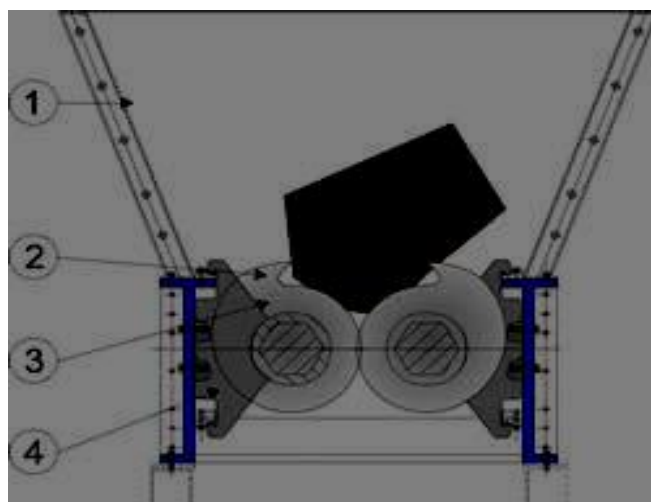


Рисунок 1 – Устройство двухвального shreddера

Шредер устроен и работает следующим образом (рисунок 1).

При загрузке отходов в загрузочный бункер (1) они захватываются ножами (2) в виде крюков и режущими дисками (3), смонтированными на двух валах,двигающихся навстречу друг другу и измельчаются до необходимой фракции. А боковые накладки (4) очищают ножи, диски и обеспечивают ссыпание материала вниз [3].

На кафедре МАДСК проведен эксперимент по дроблению кусков асфальтобетона разных размеров, на шредере со следующими техническими характеристиками (таблица 1). В результате установлено, что на выходе образуется фракция 0,8-20мм (рисунок 2).

Таблица 1 – Технические характеристики shreddера

Наименование показателя	Значение
Марка	ШРД-2
Тип	Двухвальный стационарный
Срок службы, лет	8
Диаметр ротора по ножам, мм	300
Длина рабочей части ротора, мм	700
Количество подвижных ножей, шт	58
Электродвигатель, тип	АИР
Установленная мощность, кВт	7,5
Габаритные размеры ДШВ, мм	500x500x100
Масса, кг	330



Рисунок 2 – Результаты измельчения кусков асфальтобетона на шредере

Таблица 2 – Технические характеристики валковой дробилки ДГ 400х250

Наименование показателя	Показатель
Размеры валков, мм:	
- диаметр	400
- длина	250
Максимальная крупность кусков загружаемого материала, мм	20
Ширина выходной щели, мм	1,0-12
Производительность, т/ч, не более	20
Мощность электродвигателя, кВт	2х3,0
Габаритные размеры, мм:	
- длина	1520
- ширина	1200
- высота	920
Масса, кг	1200

После шредера устанавливается валковая дробилка для доизмельчения и получения фракции до 1-2 мм. Благодаря высокой степени дробления и возможности простой регулировки зазора между валами, такая установка подходит для доизмельчения. Такое дробление достигается путем установки необходимого зазора между валами и подбором пружин по жесткости. Так же имеется система предохранения от поломки при попадании недробимых частей при помощи пружин. Подобрана валковая дробилка со следующими техническими характеристиками (таблица 2).

Таким образом возможно вторичное использование отходов асфальтобетона, что экономически выгодно и сохраняет экологию [2].

Литература:

1. Вавилов А.В. О производстве гранулированных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона из целлюлозосодержащих отходов / А.В. Вавилов, М.В. Севастьянов и др. // Автомобильные дороги и сосы. N1. 2022. с. 117-123.
2. Вавилов, А.В. ТКО целлюлозобитумосодержащие и минерального происхождения: получение вторичных продуктов / А.В. Вавилов, – Минск: Жилкомиздат, 2018. – 176 с.
3. [Электрон. ресурс] — Режим доступа: <https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/63802/NIRS.pdf> Дата доступа: 19.10.2022.
4. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: Обзор промышленных шредеров – Основные средства <https://os1.ru> Дата доступа: 19.10.2022.
5. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: О ПРИМЕНЕНИИ ОТХОДОВ СТРОИТЕЛЬСТВА <https://spravochnick.ru> Дата доступа: 19.10.2022.

ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА В КАЧЕСТВЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АСФАЛЬТОГРАНУЛЯТА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Дадацкий Анатолий Сергеевич, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Асфальтогранулят — итог переработки асфальтобетона, снимаемого с асфальтобетонных покрытий, при реконструкции, ремонте и демонтаже дорог, улиц и тому подобных мест.

Одним из самых популярных видов строительных отходов на сегодняшний день - это вторичный асфальтобетон, он содержит битум и каменные материалы, которые необходимы и пригодны для вторичного использования. Этот материал получается при демонтаже асфальтобетонных покрытий, реконструкции и работах ремонтных проводимых на дорогах. Вторичное применение отходов асфальтобетона сводит на минимум их захоронение, то есть неправильную утилизацию, на полигонах и уменьшает в разы использование первичных природных ресурсов и помогает экологии [1].

Данная фракция образуется путем измельчения методом холодного фрезерования старого покрытия дорог и магистралей, снятого во время замены или ремонта оных. Таким образом, асфальтовая крошка состоит из мелких частей битума и мелкого щебня, который измельчен до таких размеров: от 3 до 5 мм в диаметре, а так же может содержать следы песка или прочих элементов применяемых при первичной укладке покрытия.

Поскольку цена очень низкая, простота в использовании, и то что крошка как полученная путем переработки продукт приносит сравнительно меньший вред окружающей среде и экологии, вариации ее применения очень велики и включают в себя практически все известные сферы жизнедеятельности человека.

В связи с обширным применением данного материала и наличием на рынке большого количества иных вариантов, потребители, которые ищут наиболее приемлемый для себя вариант, интересуются, какая цена данной крошки. Далее приведена информация о примерном количестве фракции.

один кубометр такой крошки весит в пределах от 1600 до 1900 килограмм, в зависимости от ее состава и наполнения, поэтому в кузов среднего МАЗа поместится около 12 кубометров.

Расход крошки на один метр квадратный, при толщине слоя в 20 см составляет примерно 400-600 кг.

В связи с этим предлагается исследовать процессы дробления отработанного асфальтобетона. [5].

Установка для исследования включает

5. Ленточный наклонный конвейер (для подачи отходов в валковую дробилку).

6. Валковая дробилка.

Основными частями ленточного конвейера являются рама, приводной барабан, натяжной барабан, ролики конвейера, транспортерная лента.

На раме закреплены ролики, по которым лента скользит, и перемещает груз. Для натяжения ленты служат два больших ролика, называемых барабанами. Один из них - натяжной, закреплен на подшипниковом узле и служит для регулировки натяжения ленты. Другой - приводной барабан, закреплен на противоположном конце конвейера и имеет специальный вал, который соединен с электродвигателем через редуктор. Собственно с помощью передачи вращательного движения от электродвигателя или мотор-редуктора к приводному барабану, и происходит перемещение ленты на конвейере. [2].

После измельчения в шредере фракция подается через конвейер в валковую дробилку для доизмельчения.

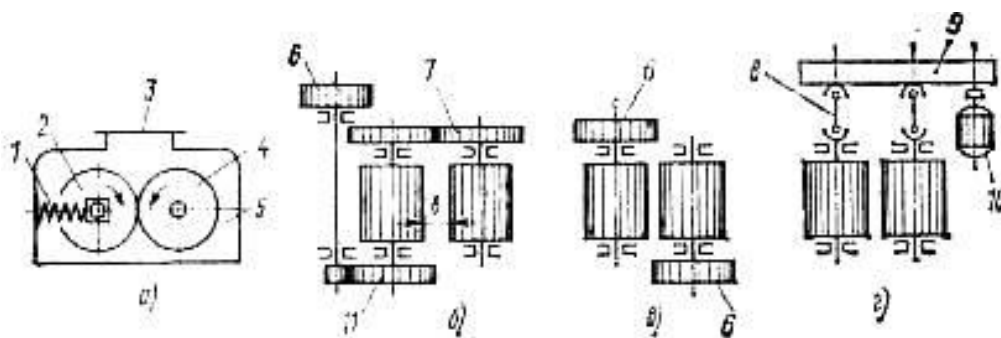


Рисунок 1 – Схема двухвалковой дробилки (а) и привода валков (б—г) [3]

- б — шестерни с зубьями удлиненными, в — для каждого валка свое. — по средствам карданных валов; 1 — предохранительное пружинное устройство (пружины), 2 — подвижный валок, 3 — отверстие приемное, 4 — неподвижный валок, 5 — корпус, 6 — ведомый шкив, 7 — шестерня с удлиненными зубьями, 8 — вал карданный, 9 — редуктор, 10 — двигатель, 11 — цилиндрическая шестерня.

При едином диаметре рифленые и зубчатые валки захватывают чаще самые большие куски материала, чем гладкие. Например, на гладкие валки можно подавать куски исходного материала крупностью до $1/20$ диаметра валка, а на рифленые и зубчатые — до $1/6$ диаметра валка.

Подшипники вала одного из валков опираются на пружины 1. При попадании недробимого предмета подвижный валок 2 отходит от неподвижного валка 4 и недробимый предмет проходит далее, после чего под действием пружин валок возвращается в исходное положение и продолжает дробить материал.

У дробилок есть совершенно различные схемы привода валков. У дробилок типа ДГ 400×250 чаще всего применяется привод с передачей клиноременной на ведомый шкив 6 вспомогательного вала. Он постоянно приводит к вращению неподвижного валка сквозь цилиндрические зубчатые шестерни 11. Валок второй, он подвижный приводится от неподвижного с помощью шестерен 7 с зубьями, которые способствует зацеплению шестерен при разнообразном межцентровом расстоянии между этими валками благодаря более большой длине зубьев. Межцентровое расстояние чаще всего зависит от установленного размера выходной щели b , можно сказать, от общего расстояния между этими валками. При попадании недробимого предмета подвижный валок отходит от неподвижного, и тем самым, выходная щель увеличивается, таким образом пропуская его. Такая схема привода очень сложная и имеет невысокую надежность из-за частого разрушения шестерен 7, которые работают в очень тяжелых условиях динамической нагрузки и абразивной пыли [3].

Из-за большой степени дробления и наличия возможности очень простой регулировки зазора между валами, эта установка незаменима для доизмельчения почти любых каменных материалов. Такое дробление достигается путем установки необходимого зазора между валами и подбором пружин по их номинальной жесткости.

Таким образом после такой дробилки материал готов к подаче в битумоварку и производству в дальнейшем рубероида, что значительно снижает использование нового битума и позволяет развивать вторичное использование отходов реконструкции асфальтированных покрытий. Так же улучшается экология и уменьшается стоимость готового продукта.

Литература:

1. Вавилов А.В. О производстве гранулированных стабилизирующих добавок для щебеночно-мастичного асфальтобетона из целлюлозосодержащих отходов / А.В. Вавилов, М.В. Севастьянов и др. // Автомобильные дороги и состы. N1. 2022. с. 117-123.
2. [Электрон. ресурс] — Режим доступа: <https://promplace.ru/articles/lentochnij-konvejer-ustrojstvo-primenenie-168> Дата доступа: 18.11.2022.
3. [Электрон. ресурс] — Режим доступа: <https://arxipedia.ru/drobilnoe-oborudovanie/konstrukciya-valkovej-drobilki.html> Дата доступа: 18.11.2022.

4. Вавилов, А.В. ТКО целлюлозобитумосодержащие и минерального происхождения: получение вторичных продуктов / А.В. Вавилов, – Минск: Жилкомиздат, 2018. – 176 с.
5. [Электрон. ресурс] — Режим доступа: <http://www.gidroguzovoz.by/articles/157610> Дата доступа: 18.11.2022.

ДИНАМИКА ДВИЖЕНИЯ КАБИНЫ НА УЧАСТКЕ ПАССАЖИРСКОЙ ПОДВЕСНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ

*Игнатович Никита Сергеевич, магистрант кафедры
«Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шавель А.А., канд. техн. наук, доцент)*

Теория динамического действия подвижной нагрузки имеет более чем вековую историю. Главный вопрос заключается в том, насколько прогибы и внутренние усилия в канате отличаются от соответствующих эффектов, которые возникают в условиях статического нагружения.

Установлено, что траектория движения груза и изогнутая ось, каната, совершенно разные кривые (Рис. 1).

На рисунке 1, изогнутая ось каната эскизно изображена в различные моменты времени, здесь же показаны соответствующие положения движущегося груза; штриховой линией показана траектория груза (для ясности отмечены состояния, относящиеся к движению груза только вдоль левой половины балки).



Рисунок 1 – Формы изгиба каната при различных положениях груза

Для составления уравнения движения кабины, введем систему «канат-кабина» в состояние фиктивного равновесия. Для этого к активным силам и реакциям связи, действующим на участке ППКД, добавляем силы инерции (Рис. 2).

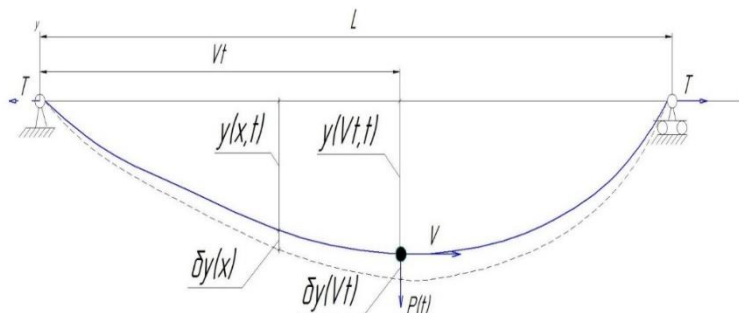


Рисунок 2 – Схема для решения уравнения движения гондолы

Используя принцип возможных перемещений, найдем работу всех сил на элементарном перемещении $\delta y(x)$:

$$-T \int_0^L \dot{y}_x(x, t) \delta \dot{y}_x dx - \int_0^L \rho \ddot{y}_t(x, t) \delta y dx - EJ \int_0^L \ddot{y}_x(x, t) \delta \ddot{y}_x dx + P(t) \delta y(Vt) = 0,$$

где $\delta y(x)$ - элементарное перемещение участка каната толщиной dx на произвольном расстоянии x ,

$\delta y(Vt)$ - элементарное перемещение кабины на произвольном расстоянии Vt ,

$y(x, t)$ - провес каната на произвольном расстоянии x , зависящий от времени t , м,

$y(Vt)$ - вертикальное перемещение кабины при $x=v$, м,

E - модуль упругости, Н/м²,

J - момент инерции поперечного сечения каната, м⁴,

$P(t)$ - некоторая сила, учитывающая вес кабины и силы инерции, Н,

L - расстояние между опорами, м,

T - силы натяжения, Н,

$-T \int_0^L \dot{y}_x(x, t) \delta \dot{y}_x dx$ - работа сил натяжения на участке ППКД длиной L ,

$\int_0^L \rho \ddot{y}_t(x, t) \delta y dx$ - работа сил инерции распределенной массы каната,

$EJ \int_0^L \ddot{y}_x(x, t) \delta \ddot{y}_x dx$ - работа сил упругости (физический смысл: работа момента сопротивления на изменении угла поворота $\delta \ddot{y}_x$,

$P(t) \delta y(Vt)$ - выражение, учитывающее работу сил инерции кабины и работу силы тяжести. Выразим силу $P(t)$:

$$P(t) = M \times g - M \times \frac{d^2 y}{dt^2},$$

где $M \times g$ - вес кабины, Н,

$-M \times \frac{d^2 y}{dt^2}$ - сила инерции, Н,

Полное ускорение кабины находим по формуле:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \ddot{y}_t(x, t) + 2 \times V \times y'(\dot{x}, t) + v^2 \times \ddot{y}_x(x, t) | x = vt,$$

где $\ddot{y}_t(x, t)$ - ускорение в переносном движении,

$v^2 \times \ddot{y}_x(x, t)$ - ускорение в относительном движении,

$2 \times V \times y'(\dot{x}, t)$ - Кориолисово ускорение.

Решение для функции прогиба балки $y(x, t)$ будем искать в виде ряда:

$y(x, t) = \sum_{i=1}^{\infty} f_i(t) \times \sin \frac{i\pi x}{L}$. Ограничившись первым членом ряда, получим функцию для прогиба: $y(x, t) = f(t) \times \sin \frac{\pi x}{L}$, $f(t)$ - искомая функция времени. Элементарное перемещение каната запишем в следующем виде: $\delta y(x) = \delta A \times \sin \frac{\pi x}{L}$. Аналогично, перемещение кабины определим как $\delta y(vt) = \delta A \times \sin \frac{\pi vt}{L}$.

Выполним некоторые преобразования:

$$\begin{aligned} y(x, t) &= f(t) \times \sin \frac{\pi x}{L}, \\ \dot{y}(x, t) &= \dot{f}(t) \times \sin \frac{\pi x}{L}, \\ \ddot{y}(x, t) &= \ddot{f}(t) \times \sin \frac{\pi x}{L}, \\ y'(x, t) &= f(t) \times \frac{\pi}{L} \times \cos \frac{\pi x}{L}, \\ y''(x, t) &= -f(t) \times \frac{\pi^2}{L^2} \times \sin \frac{\pi x}{L}, \\ \dot{y}'(x, t) &= \dot{f}(t) \times \frac{\pi}{L} \times \cos \frac{\pi x}{L}, \\ \delta y(x) &= \delta A \times \sin \frac{\pi x}{L}, \\ \delta y'(x) &= \delta A \times \frac{\pi}{L} \times \cos \frac{\pi x}{L}, \\ \delta y''(x) &= -\delta A \times \frac{\pi^2}{L^2} \times \sin \frac{\pi x}{L}. \end{aligned}$$

Подставляя в исходное уравнение равновесия $\dot{y}_x(x, t)$, $\ddot{y}_t(x, t)$, $\ddot{y}_x(x, t)$, $\delta \dot{y}_x$, $\delta \ddot{y}_x$, $\delta y(Vt)$, $\delta y(x)$, получим дифференциальное уравнение второй степени относительно искомой функции $f(t)$:

$$\begin{aligned} -Tf \frac{\pi^2}{L^2} \int_0^L \cos^2 \frac{\pi x}{L} dx - \rho \ddot{f} \int_0^L \sin^2 \frac{\pi x}{L} dx - EJf \frac{\pi^4}{L^4} \int_0^L \sin^2 \frac{\pi x}{L} dx \\ - M \left(\ddot{f} \sin \frac{\pi vt}{L} + 2v \dot{f} \frac{\pi}{L} \cos \frac{\pi vt}{L} - v^2 f \frac{\pi^2}{L^2} \sin \frac{\pi vt}{L} \right) \sin \frac{\pi vt}{L}. \end{aligned}$$

Выполним подстановку $\int \sin^2 ax \cdot dx = \frac{1}{2}x - \frac{1}{4a} \sin 2ax$, $\int \cos^2 ax \times dx = \frac{1}{2}x + \frac{1}{4a} \sin 2ax$, а также некоторые преобразования, после чего получим дифференциальное уравнение в конечном виде:

$$\left(1 + 2\alpha \sin^2 kt\right) \ddot{f} + 2\alpha k \sin(2kt) \dot{f} + \left(\frac{\pi^2 T}{L^2 \rho} + \omega_0^2 - 2\alpha k^2 \sin^2 kt\right) f =$$

$$2\alpha g \sin kt,$$

$$\text{где } \alpha = \frac{M}{\rho L},$$

$$k = \frac{\pi v}{L},$$

$$\omega_0^2 = EJ \frac{\pi^4}{\rho L^4}.$$

Левую часть уравнения можно преобразовать с помощью подстановки $f = u(t) \exp\left(-\int \frac{\alpha k \sin 2kt}{1+2\alpha \sin^2 kt} dt\right)$ к уравнению Маттье-Хилла [1]:

$$\ddot{u}(t) + a(t)u(t) = 0,$$

где $a(t) = \frac{\frac{\pi^2 T}{L^2 \rho} + \omega_0^2 - 2\alpha k^2 \sin^2 kt}{(1+2\alpha \sin^2 kt)} - \frac{2\alpha k^2 (1+2\alpha \sin^2 kt) \cos 2kt + 3\alpha^2 k^2 \sin^2 2kt}{(1+2\alpha \sin^2 kt)^2}$

Полученное дифференциальное уравнение описывает колебания, возникающие при движении кабины на участке ППКД. Подставляя конкретные параметры дороги (длина пролета, жесткость и масса каната, масса кабины, скорость движения кабины, натяжение каната) и используя Mathcad, можно получить графические решения уравнения для различных условий [2].

Зависимость амплитуды колебаний от количества человек, находящихся в кабине, представлена на (Рис. 3).

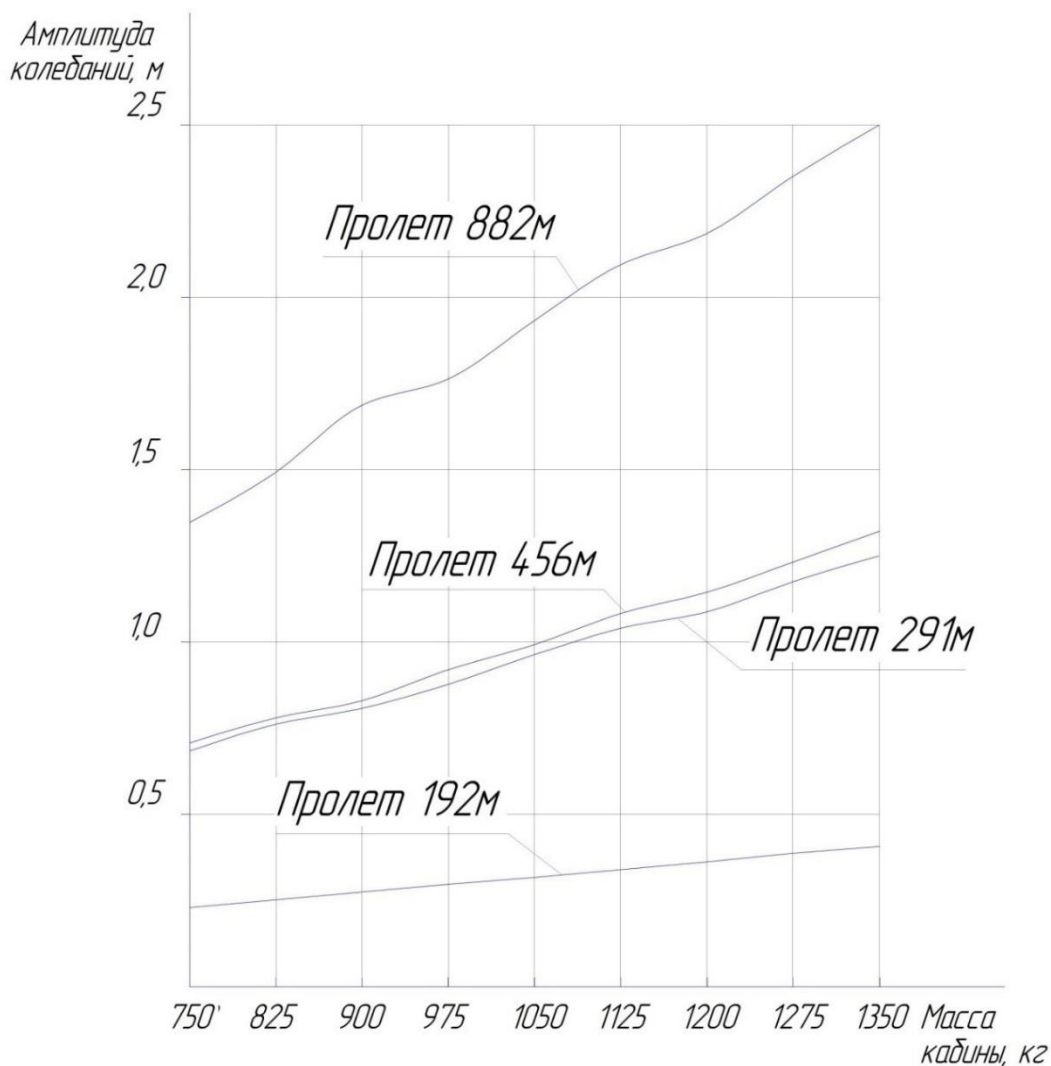


Рисунок 3 – Зависимость амплитуды колебаний от массы кабины

Амплитуду колебаний кабины можно уменьшить, увеличивая натяжение каната. На рис. 4. показана зависимость амплитуд от натяжения несуще-тягового каната на участке длиной 200 м.

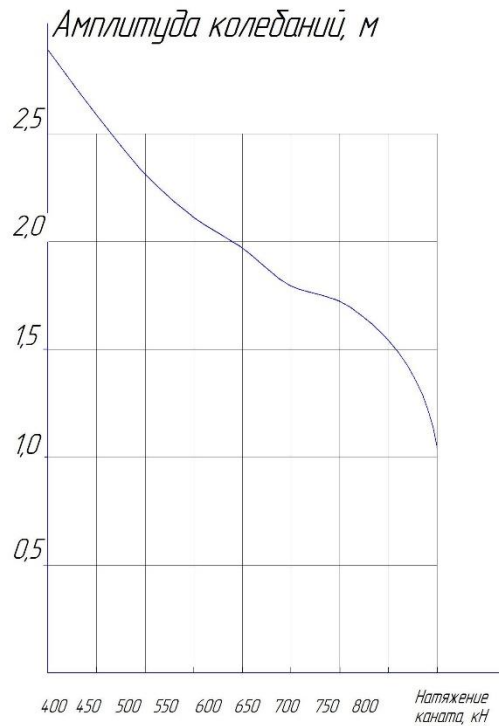


Рисунок 4 – Зависимость амплитуды колебаний кабины от натяжения

С увеличением натяжения в несуще-тяговом канате максимальный провес в пролете также уменьшается. Зависимость величины провеса от натяжения представлена на (Рис. 5).

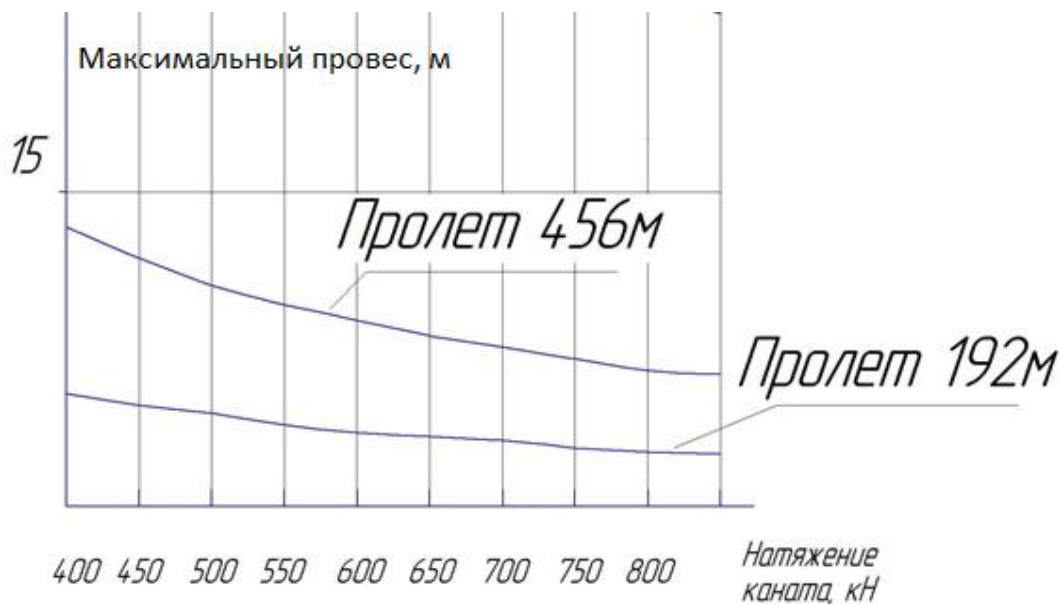


Рисунок 5 – Зависимость провеса от натяжения каната

Литература:

1. Чезари Л. Асимптотическое поведение и устойчивость решений обыкновенных дифференциальных уравнений. – М.: Мир, 1964. 477с.
2. Кирьянов Д. В. Mathcad 14. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 704с.

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ В ТЯГОВОЙ СИСТЕМЕ ПАССАЖИРСКОЙ ПОДВЕСНОЙ КАНАТНОЙ ДОРОГИ

*Игнатович Никита Сергеевич, магистрант кафедры
«Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шавель А.А., канд. техн. наук, доцент)*

Канатная дорога (ППКД), как система с гибкой связью обладает рядом особенностей, к которым, в первую очередь, следует отнести ее поведение в период неустановившегося движения. Исследование состояния неустановившегося движения может помочь выявить ряд неясностей, относящихся к ее работе в статическом положении и положении установившегося движения. Одними из весьма сложных, ввиду произвольного положения ветвей дороги и нагрузки на них систем с гибкой связью, являются тяговые системы канатных дорог.

Будем считать данными следующие основные параметры и дороги:

ρ — плотность тягового каната;

E — модуль упругости тягового каната;

F — площадь поперечного металлического сечения каната;

R_1 — рабочий радиус приводного шкива;

R_2 — рабочий радиус натяжного шкива;

P_0 — усилие натяжения.

Требуется найти аналитическое выражение основных параметров, определяющих поведение канатной дороги (динамических усилий, удлинений), в функции времени и координат.

Сформулируем основные допущения, в пределах которых будет разрешаться поставленная в предыдущем разделе задача:

1. Тяговый канат будем считать «обтянутым», т.е. получившим под влиянием нагрузки некоторую вытяжку. При этом условии, его модуль упругости E может считаться постоянным; сам канат подчиняется закону Гука. Под напряжением в канате будем понимать среднее по металлическому сечению.

2. Будем считать тяговый канат упругой системой и, в соответствии с этим, пренебрегать влиянием внутренних сопротивлений на его продольные колебания.

3. Все внешние усилия, действующие на находящийся в пролете тяговый канат, будем считать направленными по касательным к его продольной оси.

4. Коэффициент трения каната о приводной шкив считаем постоянным.

5. Коэффициенты сопротивления перемещению тягового каната по роликовым батареям считаем постоянными.

6. Ролики и блоки для поддержания и отклонения несуще-тягового каната, а также натяжной и приводной шкивы считаем абсолютно жесткими.

Наличие футеровки на приводном шкиве почти не влияет на продольные деформации несуще-тягового каната и, следовательно на рассматриваемые явления, порождаемые ими (если не учитывать изменений размеров футеровки в радиальном направлении).

7. Будем пренебрегать влиянием вертикальных провесов тягового каната на величину динамических усилий в нем. Это пренебрежение допустимо по следующим соображениям:

а) Поперечная жесткость подвешенного тягового каната значительно меньше его продольной жесткости. Следовательно, и усилия в канате, возникающие в процессе поперечных колебаний, значительно меньше усилий, возникающих при его продольных колебаниях.

б) Энергия приводного двигателя, передаваемая тяговому канату от приводного шкива посредством трения между ними, затрачивается на продольное деформирование каната, его перемещение как твердого тела и вертикальное перемещение каната при поперечных колебаниях.

Отсюда следует, что последующее решение строго описывает случай замкнутой, однородной, изотропной, упругой и гибкой нити, с небольшими отклонениями ее положения от прямой, касательной к приводному и концевому шкивам.

Прежде чем переходить к рассмотрению динамических явлений в тяговой системе канатной дороги, необходимо рассмотреть ее статическое состояние. Известно, что статическое состояние системы определяет ее динамическое поведение в неустановившемся движении, являясь составной частью начальных условий для динамических уравнений.

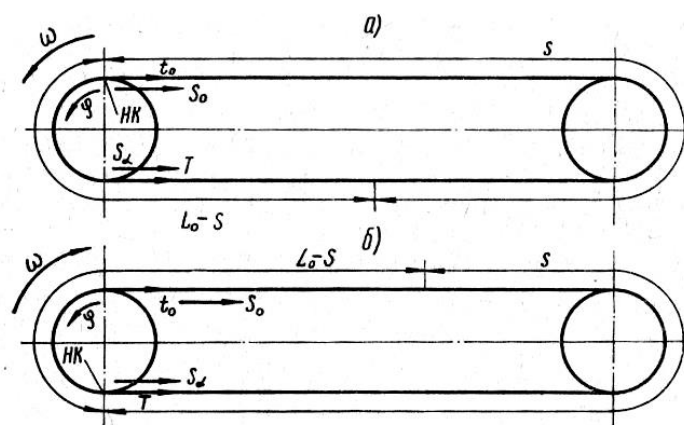


Рисунок 1 – Определение систем координат

Для описания явлений, происходящих в канатной дороге в статическом состоянии, выберем следующие системы координат (рис. 1):

1. С независимой угловой переменной φ и началом координат в точке набегания ветви каната на приводной шкив (для описания явлений, происходящих на приводном шкиве).

2. С независимой линейной координатой s , отсчитываемой вдоль продольной оси тягового каната, с началом в точке набегания его на приводной шкив и положительным направлением, противоположном направлению движения дороги.

Для дальнейшего потребуются результаты следующей задачи: пусть гибкая растяжимая нить охватывает на угле α абсолютно жесткий шкив радиуса R , причем приложенные к ее свободным концам силы T и t_0 таковы, что:

$$\frac{T}{t_0} = e^{\mu \times \alpha_0} \leq e^{\mu \times \alpha};$$

$$\alpha_0 = \frac{1}{\mu} \times \ln \frac{T}{t_0} = \frac{1}{0,3} \times \ln \frac{49820}{40550} = 0,68.$$

где T - натяжение на набегающей ветви, 49820 кг (488567 Н),
 t_0 - натяжение на сбегающей ветви, 40550 кг (397660 Н),
 μ - коэффициент трения между канатом и приводным шкивом 0,3,
 α - угол охвата шкива, 3,02рад,
 α_0 - некоторое число.

Если предположить, что несущее-тяговый канат одевается на шкив и только после этого к нему прикладываются усилия T и t_0 , то распределение усилий определится из соотношения:

$$S = \begin{cases} t_0 \times e^{-\mu\varphi}, & \text{если } 0 \leq \varphi \leq \alpha_{\text{п}} \\ T \times e^{\mu(\varphi-\alpha)}, & \text{если } \alpha_{\text{п}} \leq \varphi \leq \alpha \end{cases},$$

где $\alpha_{\text{п}}$ - переходная точка приводного шкива, деформации каната в которой отсутствуют.

Определим переходную точку по формуле:

$$\alpha_{\text{п}} = \frac{\alpha - \alpha_0}{2} = \frac{3,02 - 0,68}{2} = 1,17 \text{ рад.}$$

Физический смысл существования переходной точки заключается в том, что в набегающей ветви несущее-тягового каната деформации уменьшаются от

некоторого максимального значения до нуля в переходной точке, соответствующей $\varphi = \alpha_n$. Затем деформации начинают возрастать до некоторого значения в точке сбегания каната с приводного шкива.

Графическое решение распределения усилий в канате в зависимости от угла φ представлено на (Рис. 2).

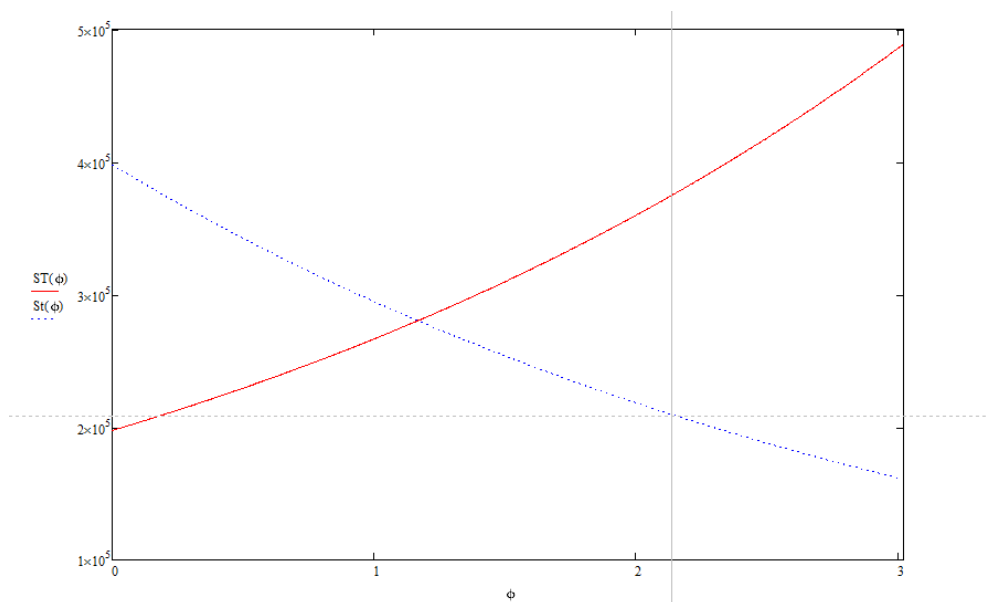


Рисунок 2 – Распределение усилий в канате на приводном шкиве

Из рисунка 2. видно, что усилие $S(\varphi)$ начинает убывать от t_0 (усилие в точке набегания на приводной шкив) до минимального значения $S(1,17) = 280$ кН, соответствующего $\varphi = \alpha_n$.

Распределение деформаций в канате найдем по формуле:

$$U(\varphi) = \frac{t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{-\mu \alpha_n} \times |\varphi - \alpha_n|,$$

$$U(\varphi) = \frac{40550 \times 9,81 \times 2,45}{0,3 \times 1,2 \times 10^{11} \times 1,225 \times 10^{-3}} \times e^{-0,3 \times 1,17} \times |\varphi - 1,17|,$$

где R – радиус приводного шкива, 2,45 м,

μ – коэффициент трения каната о шкив, 0,3,

E – эквивалентный модуль упругости, $1,2 \times 10^{11}$ Н/м²,

F – площадь сечения каната, $1,225 \times 10^{-3}$ м².

Графическое решение распределения деформаций в канате в зависимости от угла φ представлено при равномерном (установившемся) движении на рис. 3.

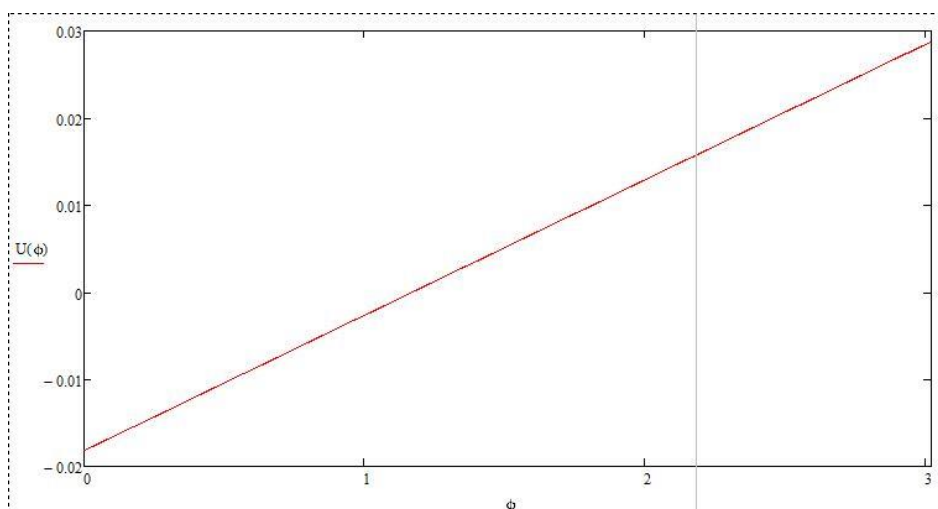


Рисунок 3 – Распределение деформаций в канате на приводном шкиве

Из рисунке 3. видно, что деформации каната начинают линейно уменьшаться от некоторого значения в точке сбегания каната с приводного шкива $\varphi=0$ до нулевого значения в переходной точке $\varphi=\alpha_{п}$. Затем деформации каната начинают линейно возрастать до максимального значения в точке набегания на шкив $\varphi=0$.

Тяговый канат считается однородной упругой (растяжимой) нитью. Это обстоятельство в значительной мере определяет особенности разгона канатной дороги.

В момент включения двигателя, в силу допущений все точки шкива одновременно придут в движение с одной и той же скоростью. Вследствие трения, возникшего между шкивом и охватывающим его канатом в статическом состоянии, канат получит силовой импульс и в нем, как и во всяком упругом теле, возникнет колебательный процесс.

В любом состоянии движения шкива существует точка на дуге обхвата, в котором деформация каната равна нулю.

Отсюда следует, что эта точка может рассматриваться как общее начало двух полубесконечных струн (ветвей каната дороги), от которой распространяются по ветвям дороги бегущие волны.

Таким образом, мы имеем процесс установившихся колебаний каната (на приводном шкиве) и процесс распространения бегущих волн по ветвям дороги. Временем, в течение которого волны «пробегают» отрезок каната, охватывающего шкив, можно пренебречь, ввиду очень малой его длины и большой скорости распространения волн (равной скорости распространения звука в канате).

Поэтому в дальнейшем будем считать началом каждой полубесконечной струны (ветви дороги) точку ее входа на приводной шкив.

Указанные выше колебания связаны между собой очевидным образом: бегущие волны на ветвях дороги порождаются колебаниями каната на приводном шкиве в крайних точках дуги обхвата (граничные режимы).

Скорость распространения звука в канате (скорость распространения волны) будем считать постоянной. В силу этого допущения, «обтянутый» канат может считаться однородным упругим стержнем с постоянным модулем упругости E и плотностью, а поэтому должна быть постоянна и величина скорости звука в канате:

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} = \sqrt{\frac{1,2 \times 10^{11}}{\frac{10,92}{1,225 \times 10^{-3}}}} = 3670 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

При распространении упругой волны вдоль ветвей тягового каната, несомая волной энергия тратится на преодоление работы сопротивления перемещению вагонеток по канату, самого каната по роликовым батареям и т. п. Однако, при этом скорость упругой волны не изменяется, но изменяется величина «несомого» волной усилия.

Движение растяжимого каната канатной дороги может быть рассмотрено состоящим из двух движений: а) движения нерастяжимого каната. Это движение будем называть переносным; б) смещения каждой точки каната, вследствие его деформируемости, относительно того его положения, которое он занимал бы в тот же самый момент времени, будучи абсолютно жестким. Это движение будем называть относительным.

Полные динамические усилия определяются, естественно, с учетом динамических усилий переносного движения. При определении последних мы воспользуемся известными теоремами динамики о сложении ускорений при поступательном и вращательном переносных движениях.

Из этих теорем следует, что если пренебречь кориолисовым и центробежным ускорениями при вращательном переносном движении, полные динамические усилия получаются алгебраическим сложением динамических усилий переносного и относительного движений, поскольку направления переносного и относительного ускорений либо совпадают, либо прямо противоположны.

Поскольку на канатных дорогах нагрузка принципиально дискретна, поскольку движение приводного шкива всегда происходит неравномерно, с ускорением или замедлением. Так как источником волн деформаций на ветвях дороги является начало неравномерного вращения приводного шкива (импульс), то динамические усилия в них имеют место во все время ее работы.

Полученный вывод весьма существенен, ибо он означает, что расчет каната должен быть не статическим, а обязательно динамическим.

Очевидно, что профиль и скорость дороги также влияют на ускорение (или замедление) в течение, превышающее период разгона.

Если бы тяговый канат был нерастяжим, то в некоторой точке его, совпадающей с фиксированной точкой пространства, при перемещении вагонеток, усилия менялись бы только статически. В случае растяжимого каната, усилие в любой его точке будет складываться из статического и динамического, порождаемого колебаниями каната.

При определении динамических усилий, возникающих на приводном шкиве, нужно учитывать, что на нем возникают собственные колебательные процессы, независимые от колебательных процессов на ветвях. Отсюда следует, что динамические усилия в канате, охватывающем приводной шкив, определяются в результате сложения динамических усилий, порождаемых обоим колебаниями порознь.

Аналитическое описание явлений, происходящих в тяговой системе ППКД, находящейся в состоянии разгона. Введем следующие обозначения:

U — упругое скольжение каната по приводному шкиву, т.е. абсолютное смещение точек каната относительно точек шкива, которыми они совпадали до приложения к канату нагрузок;

j — текущее линейное ускорение приводного шкива.

Усилие, возникающее при деформации элементарной части каната массой dm определяется из выражения:

$$dF_y = \frac{EF}{R} - \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} d\varphi.$$

Усилие, возникающее при деформации элементарной части каната массой dm определяется из выражения:

$$dF_y = \frac{EF}{R} - \frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} d\varphi.$$

Сила трения, действующая на участок каната dm , определяется из выражения:

$$F_{тр} = \mu N,$$

Где μ - коэффициент трение между канатом и шкивом,

N - реакция опоры, определяемая по формуле:

$$N = \frac{EF}{R} \times \frac{\partial U}{\partial \varphi} \times d\varphi.$$

Сила инерции в относительном движении определим по формуле:

$$F_{отн} = dm \frac{\partial^2 U}{\partial t^2}.$$

Динамические усилия в тяговом канате складываются из возбуждаемых волнами усилий в относительном движении и усилий, возникающих в переносном движении с неравным нулю ускорением. Можно сказать, что динамические усилия в тяговом канате складываются из усилий, которые возникают в канате, если бы он был абсолютно жесток и нерастяжим (усилия в переносном движении) и усилий, возникающих в растяжимом канате (усилия в относительном движении). Из сказанного следует, что в первый период разгона переносное движение с достаточной точностью можно считать отсутствующим.

Определим усилия в относительном движении. Сначала рассмотрим относительное движение на приводном шкиве. При составлении уравнений равновесия пренебрежем кориолисовой и центробежными силами инерции, поскольку вторые пропорциональны квадратам малых величин — угловой скорости и скорости упругого скольжения, — а первая — произведению малых величин — угловой скорости и скорости относительного движения (упругого скольжения).

Рассматривая относительное движение каната на приводном шкиве (рис. 4.), получим уравнение:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial \varphi^2} - \mu \frac{\partial U}{\partial \varphi} - \frac{R^2}{c^2} \times \frac{\partial y}{\partial x} = \pm \frac{R^3}{c^2} \times \frac{d\omega}{dt},$$

где $c^2 = \frac{E}{\rho}$.

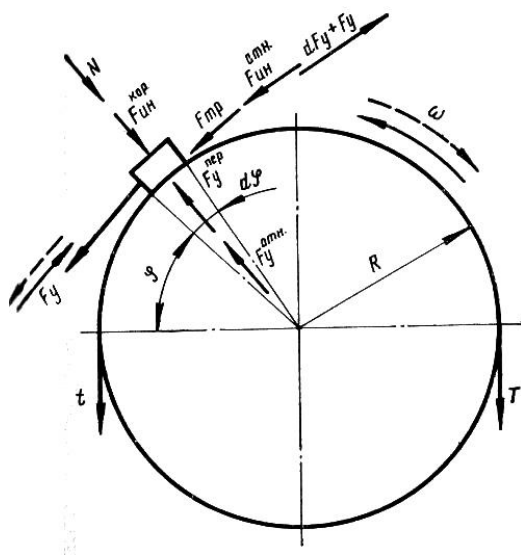


Рисунок 4 – Равновесие каната в относительном движении на абсолютно жестком шкиве

Плотность каната предполагается постоянной ввиду малости относительного удлинения его сравнительно с единицей.

Начальные условия, учитывая, что канат, охватывающий шкив в момент включения приводного двигателя, можно считать неподвижным получим в следующем виде:

$$U|_{t=0} = \frac{t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{-\mu\alpha_n} \times |\varphi - \alpha_n|,$$

$$U|_{t=0} = \frac{40550 \times 9,81 \times 2,45}{0,3 \times 1,2 \times 10^{11} \times 1,225 \times 10^{-3}} \times e^{-0,3 \times 1,17} \times |\varphi - 1,17|,$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} \Big|_{t=0} = 0,$$

Для выяснения граничных условий уравнения будем рассуждать следующим образом. Упругое удлинение каната в точках входа и схода его с приводного шкива, вообще говоря, зависит от времени. Однако, эта зависимость не может не быть монотонной, ибо в этом случае не удовлетворится исходное уравнение с начальными условиями. Отклонение упругого удлинения от его статического значения — периодически и невелико. Исходя из этого получим выражения деформации в граничных точках:

$$U|_{\varphi=0} = \frac{t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{-\mu\alpha_n} \times \alpha_n,$$

$$U|_{\varphi=\alpha} = \frac{t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{-\mu\alpha_n} \times |\alpha - \alpha_n|.$$

Решение уравнения относительного движения каната на приводном шкиве с известными начальными и граничными условиями определяется по формуле:

$$U = \frac{t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{-\mu\alpha_n} \times |\varphi - \alpha_n| + \frac{4 \times t_0 \times R}{\mu \times E \times F} \times e^{\frac{\mu(\varphi-\alpha)}{2}} \times \left(3 + 2e^{\frac{\mu\alpha}{2}}\right) \times \sin \frac{\pi\varphi}{\alpha} \times \cos \frac{\pi ct}{R\alpha},$$

Сравним деформации при равномерном движении и в начальный момент разгона ППКД, соответствующий максимальному значению динамических нагрузок в несущем-тяговом канате. Переходная точка каната, деформации в которой равны нулю смещается в сторону набегающей ветви. В случае, если переходная точка совпадет с точкой набегания, то тяговая система окажется в критическом состоянии, которое характеризуется проскальзыванием каната по приводному шкиву. Это означает, что окружное усилие достигло своего максимального значения, и дальнейшее увеличение мощности привода не имеет смысла.

Сравнивая выражения для статического и динамического удлинений каната, можно заметить, что динамическое упругое удлинение представляет собой небольшие периодические отклонения от статического.

Дифференцируя выражение для динамических деформаций по φ , обозначив через $P_{\text{перв}}$ распределение с t_0 и T , получим распределение динамических усилий в канате, охватывающем шкив в виде:

$$P_{\text{дин}} = P_{\text{перв}} + \frac{2 \times (3 + 2e^{\frac{\mu\alpha}{2}})}{\pi^3} \times \mu^2 \times \alpha^2 \times e^{-\frac{\mu\alpha}{2}} \times t_0 \times e^{-\frac{\mu(\alpha-\alpha_0)}{2}} \times \frac{\sin(\frac{\pi\varphi}{\alpha} + \gamma)}{\cos \gamma} \times e^{\frac{\mu\varphi}{2}} \times \cos \frac{\pi ct}{R\alpha},$$

где $\tan \gamma = -\frac{2\pi}{\alpha\mu}$.

В данной работе были описаны физические явления, происходящие в тяговой системе ППКД, описаны аналитически явления, происходящие в тяговой системе при равномерном движении и при разгоне. Определены деформации несущего-тягового каната на приводном шкиве для разных режимов работы ППКД. Деформации каната между точками сбегания и набегания в режиме разгона превышают статические значения и изменяются по экспоненциальной зависимости, а не по линейной.

Усилия в канате при разгоне ППКД также отличаются от статических значений. Появляется динамическая составляющая. Причем, усилия со стороны сбегания с приводного шкива уменьшаются в начальный период разгона (с 405 кН до 370 кН), а со стороны набегания, наоборот, увеличиваются (с 486 кН до 560 кН). Также было показано, что существуют точки каната, где усилия максимальны, т.е. амплитуды колебаний, распространяющихся от точек сбегания и набегания, совпадают. Усилие в этих точках равно 885 кН, причем разрывное усилие каната составляет 2220 кН.

Литература:

1. Демидович Б.П. Лекции по математической теории устойчивости. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1998. 480с.
2. Кирьянов Д. В. Mathcad 14. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. 704с.

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНА

*Ильютчик Дмитрий Николаевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Множество автомобильных дорог требует постоянного обслуживания, включая капитальный ремонт, при котором образуется большое количество старого асфальтобетона. Несколько десятилетий назад старый асфальтобетон относили только к отходам, и попросту свозили на свалки, где в дальнейшем утилизировали, но на сегодняшний день асфальтная крошка пользуется спросом у предприятий дорожно-строительной отрасли.

Основные причины вторичного использования асфальтобетона следующие: вторичное использование материала положительно сказывается на экологии; высокий спрос на такой материал; возможность применения асфальтовой крошки в установках ресайклинга для приготовления новой смеси [1].

Ресайклинг – технология, которая позволяет осуществлять дорожный ремонт с использованием отработанного (старого) асфальтобетона. Ресайклеры измельчают старое дорожное покрытие, вводят специальные стабилизирующие добавки, которые улучшают качество получаемого дорожного покрытия. После ресайклера смесь подается в асфальтоукладчик, где в дальнейшем смесь распределяется и выравнивается по ширине дороги и далее, либо профилируется непосредственно ресайклером. Дальнейшее уплотнение смеси производят дорожными катками [2].

На рисунке 1 представлена машина для холодного ресайклинга дорожного покрытия.

На рисунке 2 показан асфальтобетон который получается на выходе из ресайклера (без введения добавок и в неуплотненном виде).



Рисунок 1 – Машина для холодного ресайклинга



Рисунок 2 – Внешний вид асфальтобетона после ресайклинга

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://nflg.ru/stati/post/asfaltovaya-kroshka-roluchenie-primenenie-gostu> Дата доступа: 19.12.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <http://stroit.ru/stati/tehnologiya-holodnogo-resayklinga/> - Дата доступа: 19.12.2022.

ПЛУЖНЫЙ СНЕГООЧИСТИТЕЛЬ

*Ильютчик Дмитрий Николаевич, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Данные машины предназначены для очистки дорог от свежеснегавшего неуплотненного снега, с помощью отвала обычно устанавливающегося обычно спереди автомобиля (трактора), снег сгребается и смещается в сторону от направления движения, тем самым формируется вал снега, который в дальнейшем подлежит уборке с помощью соответствующих машин. Оставшийся слой снега (приблизительно 1 см.) подметается и смещается в сторону подметальной щеткой [1].

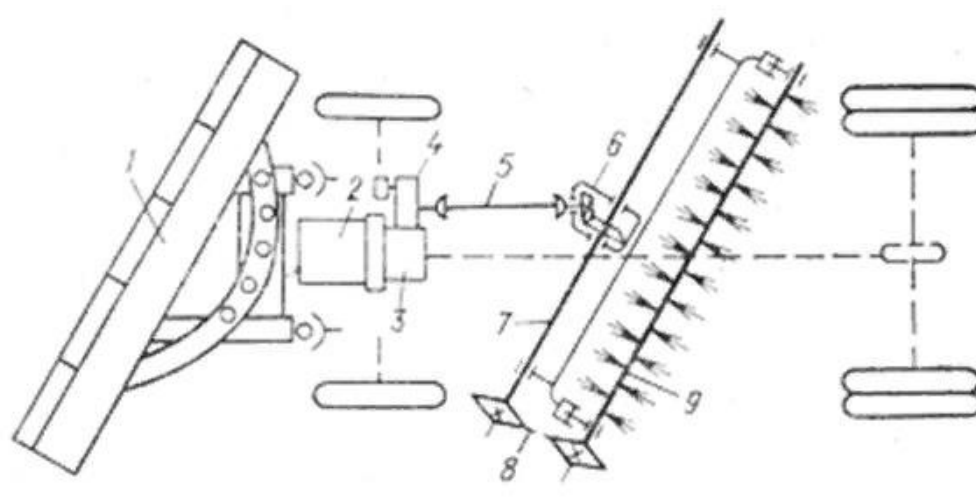


Рисунок 1 – Плужный снегоочиститель

1 – отвал; 2 – двигатель; 3 – коробка передач; 4 – раздаточная коробка; 5 – карданная передача; 6 – угловой редуктор; 7 – вал; 8 – цепная передача; 9 – щётка

Классификация снегоочистителей:

1. По типу базовой машины:
 - автомобильные;
 - тракторные.
2. По числу отвальных поверхностей:
 - одноотвальные;
 - двухотвальные.

3. По форме отвала
 - цилиндрические;
 - корнические.
4. По типу рабочего оборудования:
 - плужно-щеточные;
 - плужные;
 - роторные.

Плужные снегоочистители, применяемые для работы в городских условиях, обычно одноотвальные, рабочие скорости их небольшие, так как они предназначены для образования снежных валов, а не для отбрасывания снега далеко в сторону. Для патрульной снегоочистки на загородных дорогах плужные снегоочистители являются скоростными машинами и оборудуются плугами особой конфигурации, обеспечивающей отбрасывание убираемого снега на большое расстояние. Отвал у этих машин имеют большую кривизну рабочей поверхности, чем у тихоходных, и профиль переменной высоты. При рабочей скорости движения 50—60 км/ч они отбрасывают снег в сторону на расстояние 15—20 м [2].

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3570145/page:8/> Дата доступа: 19.12.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/4085121/page:102/> Дата доступа: 19.12.2022.

КОНТРОЛЬНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ

*Левкович Владислав Викторович, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Контрольное приспособление предназначено для контроля толщины зуба по делительному диаметру. Приспособление состоит из основания 1, на котором закреплены две стойки 2 и 3. В стойке 3 закреплён неподвижный центр 4, а в стойке 2 – регулируемый, который фиксируется фиксатором 20, за счёт чего происходит поджим и отжим детали. Корпус состоит из двух призм соединенных поперечиной, державки, рычага, втулки и винта [1].

На рисунке ниже приведено разработанное контрольное приспособление для проверки заготовок, деталей и узлов машин на промежуточных этапах обработки и при окончательной приемке, выявляя точность размеров, взаимного положения поверхностей и правильность их геометрической формы (Рис. 1).

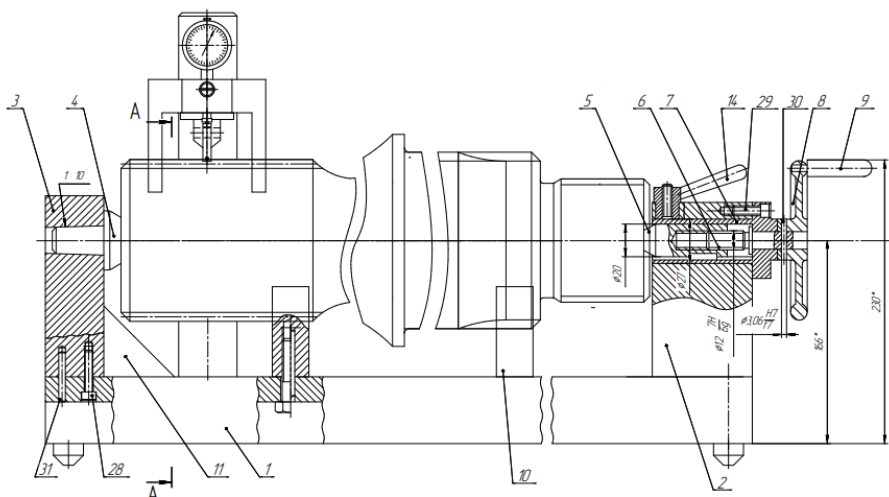


Рисунок 1 – Контрольное приспособление

Перед контролем приспособление настраивают по эталону. По точному значению размера эталона, измеренного с точностью до 0,0005 мм, стрелку индикатора устанавливают таким образом, чтобы нулевое показание соответствовало номинальному размеру контролируемой детали [2].

Для измерения необходимо установить приспособление на вал таким образом, чтобы шарики находились на боковых поверхностях зуба. Для

настройки приспособления служит винт. Толщина зуба шлицев определяется по показаниям [2].

Так же ниже показано контрольное приспособление выполненное в программе SolidWorks (Рис. 2).

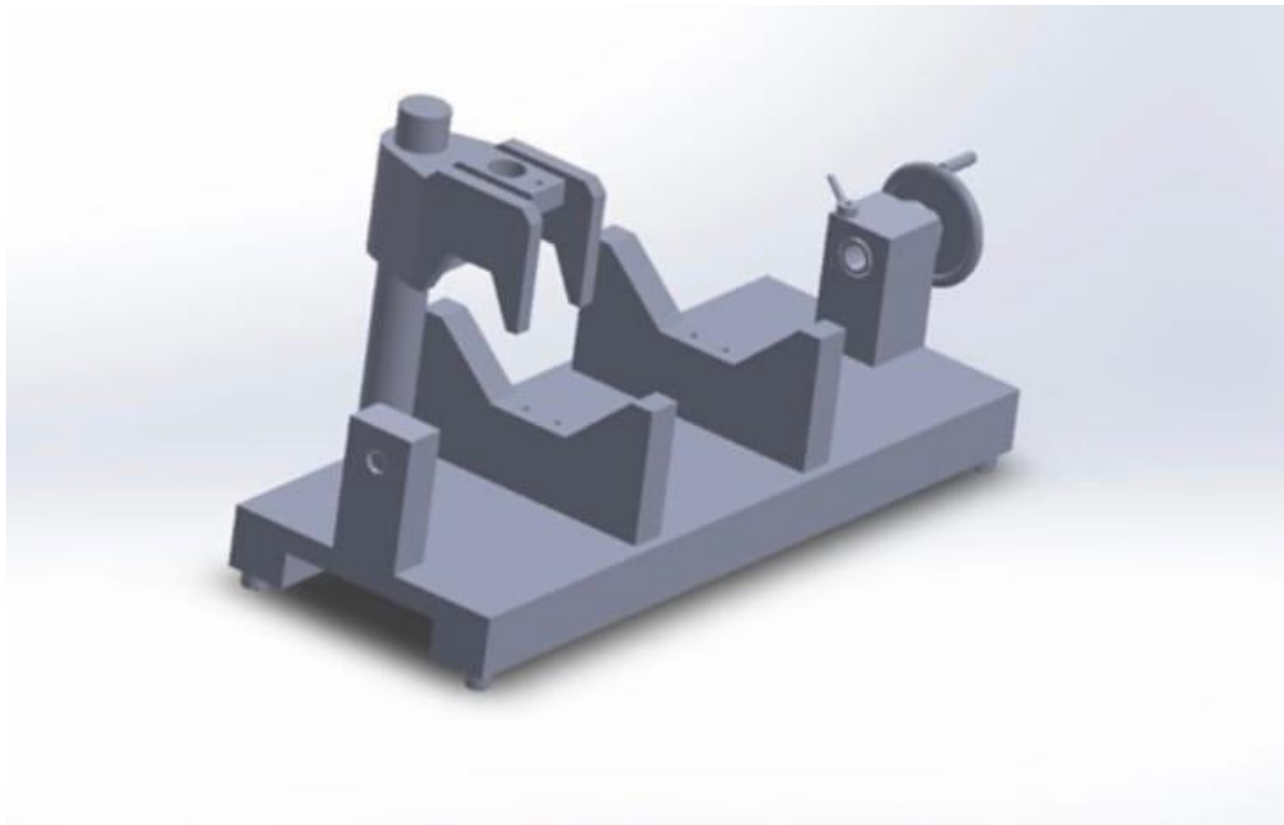


Рисунок 2 – 3D модель приспособления

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/8656839/page:26/> - Дата доступа: 15.12.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://infopedia.su/1x4ed0.html> - Дата доступа: 18.12.2022.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРОВ

Козловский Алексей Сергеевич, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Бульдозер - самоходная экскаваторная машина, представляющая собой гусеничный или колесный трактор, трактор или другое шасси с поворотным рабочим органом, изогнутым щитом, расположенным за пределами ходовой части машины.

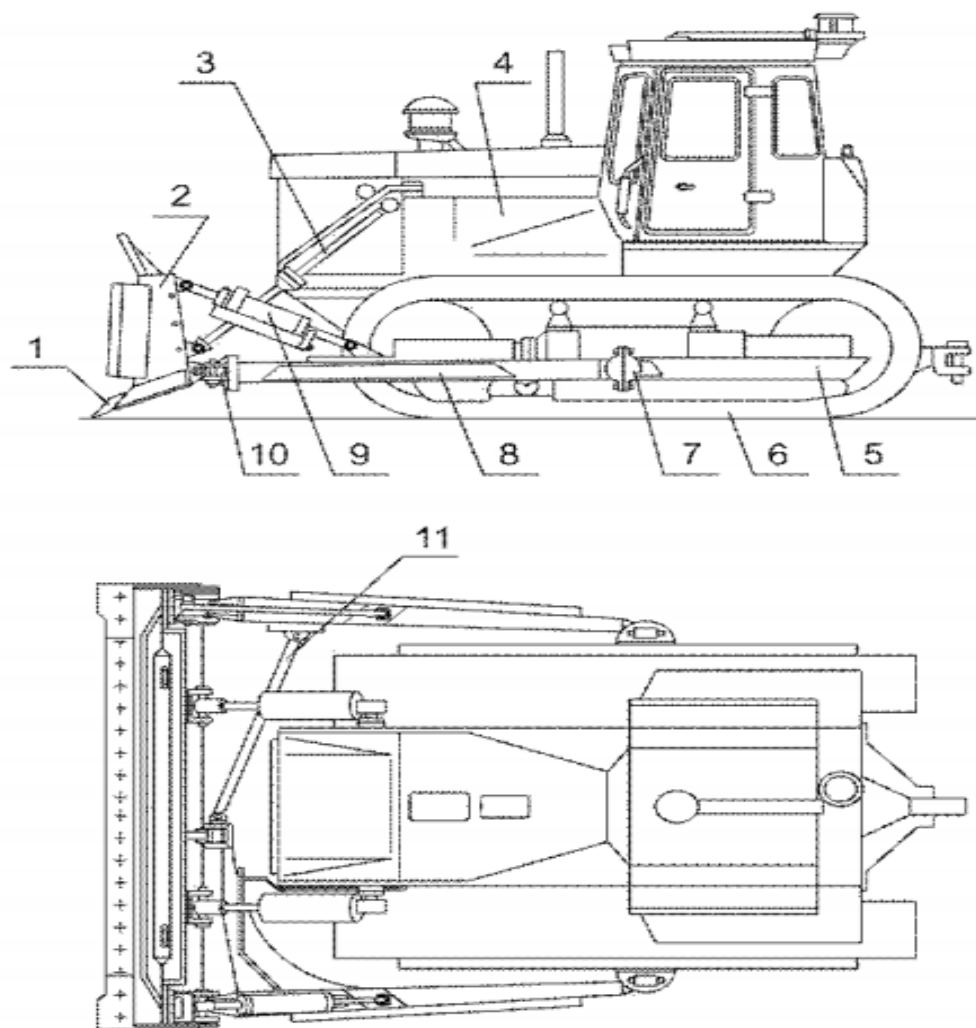


Рисунок 1 – Конструктивная схема бульдозера с неврещающим щитом: 1 - нож; 2 - щит; 3 - гидроцилиндр для подъема и опускания щита; 4 - силовая установка с: коробкой передач; 5 - гусеничная тележка; 6 - гусеницы; 7 - шарнир; 8 - толкатель; 9 - гидронасос; 10 - Универсальный шарнир; 11 - Компенсаторный механизм

Сегодня бульдозер активно используется в дорожной отрасли, строительстве, горнодобывающей промышленности и других отраслях бизнеса. Способность техники разрезать, копать и перемещать грунт, камни и другие сыпучие материалы также используется для механизации таких работ, как:

- выровняйте участки и очистите пологие склоны;
удаление плодородной почвы во время подготовки участка;
создание каналов малой глубины;
- строительство насыпей;
чистка фундаментов сооружений;
- разработка почвы на склонах;
- заполнение траншей и других углублений;
- очистка зоны добычи полезных ископаемых и т. д;

Бульдозер классифицируется: по назначению, типу шасси, конструкции рабочего оборудования, типу привода рабочего оборудования, классу тяги базовой машины (мощность двигателя).

По типу техники вождения различают колесные и гусеничные машины. Предпочтение отдается гусеничным бульдозерам, которые обладают большой тягой и повышенной проходимостью.

- При использовании по назначению различают бульдозеры общего назначения для различных работ (земляные работы, проектирование, строительство и т. Д.) И специальные бульдозеры для определенных работ (дорожные работы, уборка снега, торфоразработки, подземные работы, толкание скребками и т. п.). Эти бульдозеры могут использоваться для различных работ, таких как ремонт дорог, уборка снега, торфоразработки, подземные работы, толкание скребками и т. д.).

В зависимости от номинальной тяги и мощности бульдозеры делятся на:

- легкие,
- средние,
- тяжелые,
- сверхтяжелые

Бульдозеры различаются по конструкции рабочего оборудования:

- с неповоротным отвалом,
- с поворотным отвалом,
- универсальный,
- бульдозеры погрузчики .

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/> HYPERLINK "https://extxe.com/28230/buldozer-vidy-ustrojstvo-i-rabota-buldozera/"28230 HYPERLINK "https://extxe.com/28230/buldozer-vidy-ustrojstvo-i-rabota-buldozera"/buldozer-vidy-ustrojstvo-i-rabota-buldozera/ - Дата доступа: 03.12.2022
2. [Электронный ресурс].–Режим доступа: <https://www.vost-tech.ru/wiki/buldozer/>- Дата доступа: 03.12.2022

ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ КАНАТНО- БЛОЧНОЙ СИСТЕМЫ

Конопацкий Артем Викторович, магистрант

*кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Шавель А.А., канд техн. наук, доцент)*

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 [1].

Суммируя все вышесказанное предлагается создать эффективную высокопроизводительную мобильную дождевальную установку с использованием канатно-блочной системы.

Актуальными в настоящее время являются вопросы расширения области применения дождевальных установок, модернизация существующих, также внедрение новых решений, направленных на повышение производительности, точности выполнения работ, увеличения коэффициента использования полезной площади, уменьшения металлоемкости, применения современных систем, направленных на уменьшение потребления рабочей жидкости.

На рисунке 1 показан штанговый опрыскиватель. Штанга опрыскивателя включает в себя навесное устройство 1, металлические секции: центральную, выполненную в виде плоской фермы 2, навешенной шарнирно к задней части навесного устройства посредством двух соединительных серег 3, образующих маятниковую подвеску штанги, две средние 4 и две крайние 5 секции, выполненные в виде несущих балок 6, усиленных в вертикальной плоскости шпренгельными растяжками 7, жесткость крепления которых задается талрепами 8 [2].

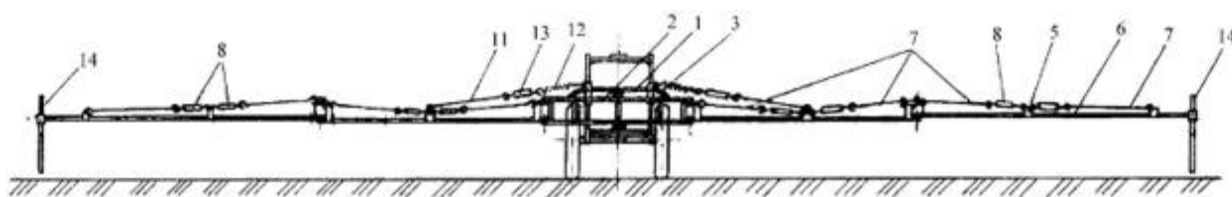


Рисунок 1 – Штанга опрыскивателя

Известны дождевальные самоходные агрегаты мостового типа, перемещающиеся вдоль орошаемого участка с трубной системой, наполненной водой.

На рисунке 2 изображен дождевальнй самоходный аппарат мостового типа с дополнительными стойками (вид сбоку).

Мостовая металлическая ферма 1 дождевального аппарата помещается на двух самоходных опорах 2 тракторного типа. В трубную систему агрегата вода подается в его рабочем положении по шлангу от гидранта 3. При этом водитель агрегата опускает откидные дополнительные опоры 4, которые предохраняют ферму 1 агрегата от значительной нагрузки ее водой, поступающей по шлангу от гидранта. При окончании дождевания участка дополнительные опоры вновь поднимаются, вода из трубной системы агрегата спускается и он перемещается на самоходных опорах 2 на новую позицию на которой возобновляется процесс дождевания участка [3].

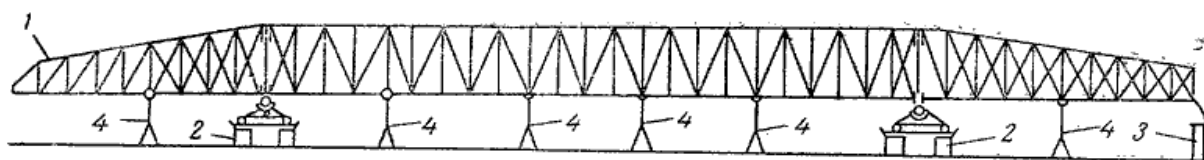


Рисунок 2 – Дождевальный агрегат мостового типа

Извесна конструкция мостового трактора рис.3, который движется по участку поля, по краям которого проложены рельсы. Тележка с орудием передвигается вдоль фермы, обрабатывая междурядье. Доехав до конца фермы, она нажимает на конечный выключатель и останавливается. Орудие поднимается над растениями, и ферма перемещается на один ряд. Орудие разворачивается на 180°, и тележка движется вдоль фермы к другому ее концу, обрабатывая следующий ряд.

Конструкция данного мостового трактора имеет большую металлоемкость, большое энергопотребление, малую маневренность и коэффициент полезного использования [4].

К недостаткам рассмотренных конструкций, кроме неизбежных, относят большую металлоемкость дождевальных установок, затраты на транспортировку дождевальной техники, значительные энергозатраты на их перемещение при работе и др.

Указанные выше недостатки предлагается решать путем применения канатных блочных систем, которые способны обслуживать значительные производственные площади. Предлагается использовать канатно-блочную

систему в передвижных дождевальных системах для удержания на требуемом по вертикали расстоянии трубопроводов, распределяющих воду по орошаемой поверхности, и рабочих органов дождевальных устройств. Предлагаемая канатно-блочная система может быть выполнена на базе автомобиля, трактора или специальной мобильной машины с колесной или гусеничной ходовой частью, рисунок 4.



Рисунок 3 – Мостовой трактор

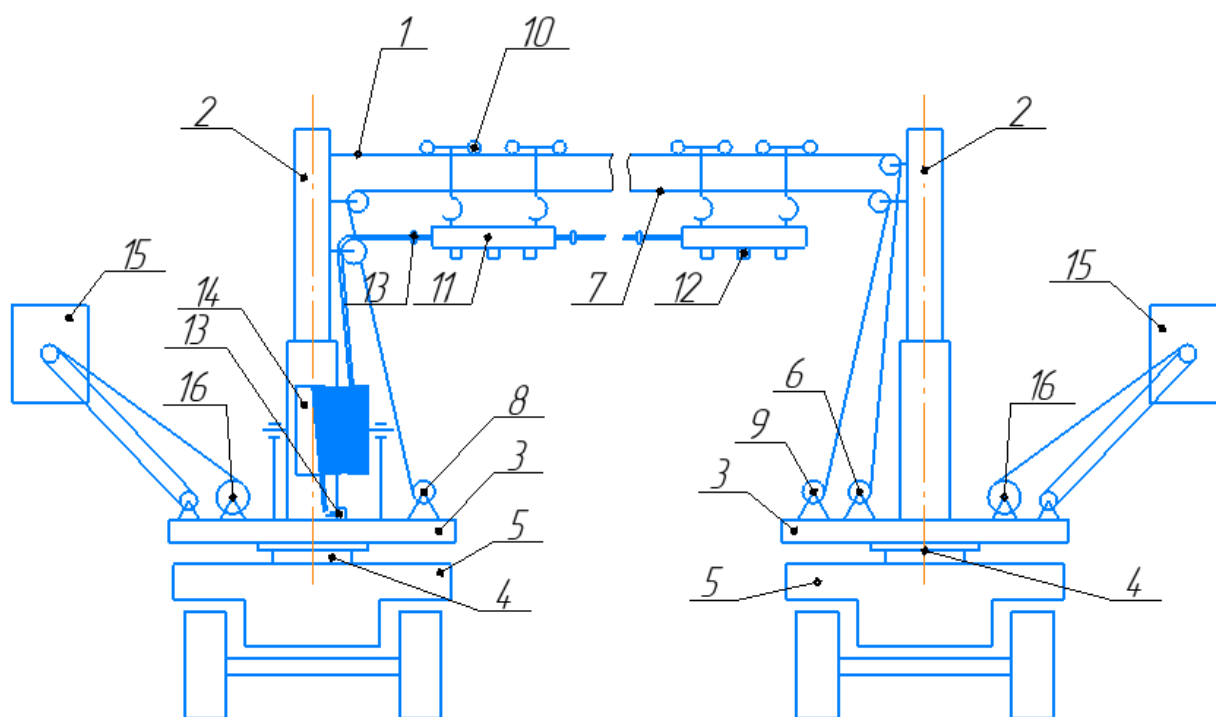


Рисунок 4 – Мобильная дождевальная установка с использованием канатно-блочной системы
 1 – силовой канат, 2 – подвижная (выдвижная) мачта, 3 – поворотная платформа,
 4 – ОПУ (круг), 5 – несущая рама ТС, 6 – лебедка силового (несущего) каната, 7 – тяговый канат (строп), 8, 9 – лебедка тягового каната, 10 – тележка, 11 – секция трубопровода,
 12 – распылитель (рабочий элемент), 13 – замок (соединительная головка поворотного замыкания), 14 – барабан, 15 – противовес, 16 – лебедка противовеса

Несущий канат 1 поддерживается на заданной высоте вертикальными опорами 2, выполненными в виде телескопических мачт, установленных на поворотных платформах 3, опирающихся через опорно-поворотные круги 4 на раме транспортных средств 5 и 5'. Один конец несущего каната закреплен на месте одного транспортного средства, а второй конец на барабане лебедки 6, установленный на платформе второго транспортного средства. Такое крепление несущего каната позволяет менять прямолинейность и обеспечивать его необходимое натяжение. Мачты имеют опорно-поворотные устройства, что позволяет обеспечивать требуемую ориентацию рабочего оборудования дождевальной установки более точным в установке. Особенно при переводе установки из рабочего положения, когда несущий канат расположен вдоль продольных осей транспортных средств. Необходимость перевода установки в транспортное положение возникает при перездах с одного участка орошения на другой.

При монтаже дождевальной установки по несущему канату с помощью тягового каната 7 и лебедок 8 и 9, передвигаются грузовые тележки 10 с грузозахватным устройством, например, крюком. Тяговый канат огибает блоки, расположенные на обеих мачтах. Наличие лебедок 8 и 9 обеспечивает легкость монтажа тележек и возможность изменения пролета установки и перевода установки из рабочего в транспортное положение и наоборот.

На грузозахватные устройства тележек, с целью удобства монтажа, навешиваются секции 11 трубопровода, распределяющего воду по орошаемой поверхности, оснащенных дождевальными аппаратами 12. Секции соединяются между собой при помощи стандартных металлических головок поворотного замыкания 13.

Для обеспечения полива дождеванием на участке L_1 , меняем пролет L установки, см. рис. 5, на поворотной платформе 3 установлен барабан 14 с определенным запасом трубопровода.

Конец трубопровода оснащен соединительной головкой 13 для соединения с трубопроводом от насосной станции.

Применение трубопровода в виде секций дает возможность обрабатывать площади внутри пролета L установки, на которой есть поливные и неполивные участки. Над неполивными участками располагается трубопровод без дождевальных аппаратов, что дает снижение расхода воды.

Для уменьшения моментов, изгибающих колонны 2, более равномерного распределения нагрузки на опорные элементы транспортных средств, обеспечения необходимой устойчивости установки в рабочем и нерабочем состоянии на поворотных платформах 3 установлены противовесы 15 вылет

которых, а следовательно, и величина уравнивающих моментов регулируются при помощи лебедок 16.

Выводы: полив дождеванием – один из основных факторов интереса сельскохозяйственного производства.

Предлагается в создание новой широкозахватной дождевальной техники на базе мобильного дождевальной установки. Предлагаемая техника может быть использована и для внесения удобрений, микроэлементов, пестицидов и др.

По сравнению с существующей дождевальной техникой предлагаемая конструкция менее металлоемкая, не требует затрат на транспортировку, не оказывает механического воздействия на орошаемую поверхность. При отсутствии необходимости дождевания мобильная дождевальная установка может быть переоборудована для транспортирования убранных урожаев с посевных площадей на технологические дороги, что исключает использование каких-либо транспортных средств на посевных площадях и вызываемое ими уплотнение почвы, что приведет к снижению энергозатрат на ее последующие предпосевные обработки.

Для обеспечения эффективного использования дождевальной установки, орошаемая площадь должна иметь соответствующие параллельные технологические дороги, расстояние между которыми будет влиять на грузовые характеристики мобильной дождевальной установки.

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. Патент RU2302110C1, 10.07.2007. Штанга опрыскивателя // Российский патент 2007 года по МПК А01М7/00 А01С15/00/ Волгин Ю.Н., Бондаренко А.М.
3. Дождевальный агрегат мостового типа: авторское свидетельство 209136 СССР : МПК А 01 g/ Р.П. Заднепровский (СССР). – № 926089/30-15; заявлен 06.08.1964; опубликован 17.01.1968, Бюллетень № 4. – 2 с.
4. Келлер, Н. Мостовое земледелие / Келлер, Н // Юный техник. – 1976. – № 8. – С. 25.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПЛАСТИКА В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ ДЛЯ УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ

Поляков Никита Владимирович, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

С увеличением интенсивности дорожного движения возрастают требования к дорожным покрытиям, поэтому необходимо улучшать их структурные и функциональные характеристики. Одним из методов, который может значительно улучшить качество дорожных покрытий, является добавление пластиковых отходов в асфальтобетонные смеси.

Существует два основных метода добавления пластиковых отходов в асфальтобетонные смеси:

- путем изменения битума (мокрый процесс);
- путем добавок твердых полимеров в асфальтобетонные смеси (сухой процесс).

Однако наиболее широко применяемым для этой цели процессом является изменение битума. Так как мокрый способ требует специализированного оборудования для смешивания и хранения, и он лучше подходит для контроля свойств модифицированного асфальтового вяжущего. Модифицированное асфальтовое вяжущее, полученное мокрым способом, имеет более высокую вязкость, что позволяет лучше покрывать частицы заполнителя, без экссудации или проблем с дренажом.

Основные причины модификации асфальтов полимерами:

- получение более мягких смесей при низких температурах эксплуатации и уменьшение растрескивания;
- получение более жестких смесей при высоких температурах и уменьшения колейности;
- снижение вязкости при температурах эксплуатации;
- повышение стабильности и прочности смесей;
- повышение абразивостойкости смесей;
- повышение усталостной прочности смесей;
- повышение стойкости к окислению и старению;
- уменьшение структурной толщины дорожных покрытий;

Добавление небольшого количества полимера резко изменяет реологические свойства асфальта. А также модификация битума даже небольшим количеством полимеров увеличит срок службы дорожного покрытия.

Основными источниками отходов пластика в окружающей среде являются пластиковые контейнеры, пластиковая упаковка и другие распространенные пластиковые промышленные изделия. В частности, большинство одноразовых пластиковых изделий, таких как бутылки, упаковка и одноразовая продукция, производятся из полиэтилена низкой плотности (ПЭНП), полиэтилена высокой плотности (ПЭВП), и полистирола (ПС), а пластиковые изделия длительного пользования – из полиэтилентерефталата (ПЭТ), полипропилена (ПП), поливинилхлорида (ПВХ), сополимера этиленвинилацетата (ЭВА) и других.

Температура плавления является одной из основных характеристик, используемых для определения возможности использования отходов пластика в качестве модификатора асфальта. Существует очевидная разница между температурами плавления отходов пластмасс. ПЭТ имеет температуру плавления около 260 °С, что намного выше, чем температуры, характерные для производства и хранения асфальтового вяжущего. ПВХ также не соответствует необходимым критериям, поскольку его температура плавления составляет 160-210 °С. Если отходы пластмасс со значительно отличающимися точками плавления нагреть вместе, то одни из них расплавятся, а другие нет. Некоторые пластмассы могут еще не расплавиться, в то время как другие могут вот-вот достичь температуры разложения. Более того, характеристики смешанных отходов пластмасс могут различаться, причем некоторые пластмассы могут разрушаться при совместном нагревании нескольких видов пластмасс.

Таким образом, необходимо классифицировать и восстанавливать отходы пластмасс перед утилизацией. Такие отходы пластмасс, как ПЭТ, ПВХ и ПС, больше подходят для модификации сухим способом, поскольку их температуры плавления выше, чем температура нагрева для приготовления модифицированного асфальта. Отходы пластмасс, такие как ПЭВД, ПЭНД, ПП и ЭВА, которые имеют температуру плавления ниже температуры производства обычного асфальта, предпочтительнее использовать в мокрых процессах в качестве модификаторов при производстве асфальта.

Использование отходов пластика в качестве модификатора асфальта является эффективным способом решения проблемы утилизации отходов пластика и снижения загрязнения окружающей среды. Выбросы CO₂ могут быть снижены на 10,2% при замене 8% первичного ПП таким же количеством отходов ПП, а при использовании отходов ПП для замены SBS выбросы снижаются на 15,6%.

Модифицированный отходами пластика асфальт является важным подходом, доступным в настоящее время для снижения воздействия на окружающую среду и истощения природных ресурсов, и он заслуживает большего внимания для улучшения свойств асфальта и эксплуатационных характеристик дорожного покрытия.

Литература:

1. Using waste plastics as asphalt modifier [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8745802/#!po=50.6623>. – Дата доступа: 25.11.2022.
2. Incorporation of waste plastic in asphalt binders to improve their performance in the pavement. Liliana MB Costa, HMRD Silva, Joel RM Oliveira, Sara RM Fernandes Int. J. Pavement Res, 2013.
3. A review of using waste and virgin polymer in pavement [Электронный ресурс]. – https://eprints.um.edu.my/8767/1/A_review_of_using_waste_and_virgin_polymer_in_pavement.pdf. – Дата доступа: 26.11.2022.
4. Polymer modified asphalt [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.e-asfalto.com/ingles/venezuela.pdf>. – Дата доступа: 26.11.2022.

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ ЗАЖИМНОЕ ДЛЯ ЗАГОТОВОК

Рудович Илья Валерьянович, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Приспособление зажимное, основанное на принципе зажимного устройства, которое используется для базирования и закрепления заготовок валов при фрезеровании шпоночных пазов.[1]

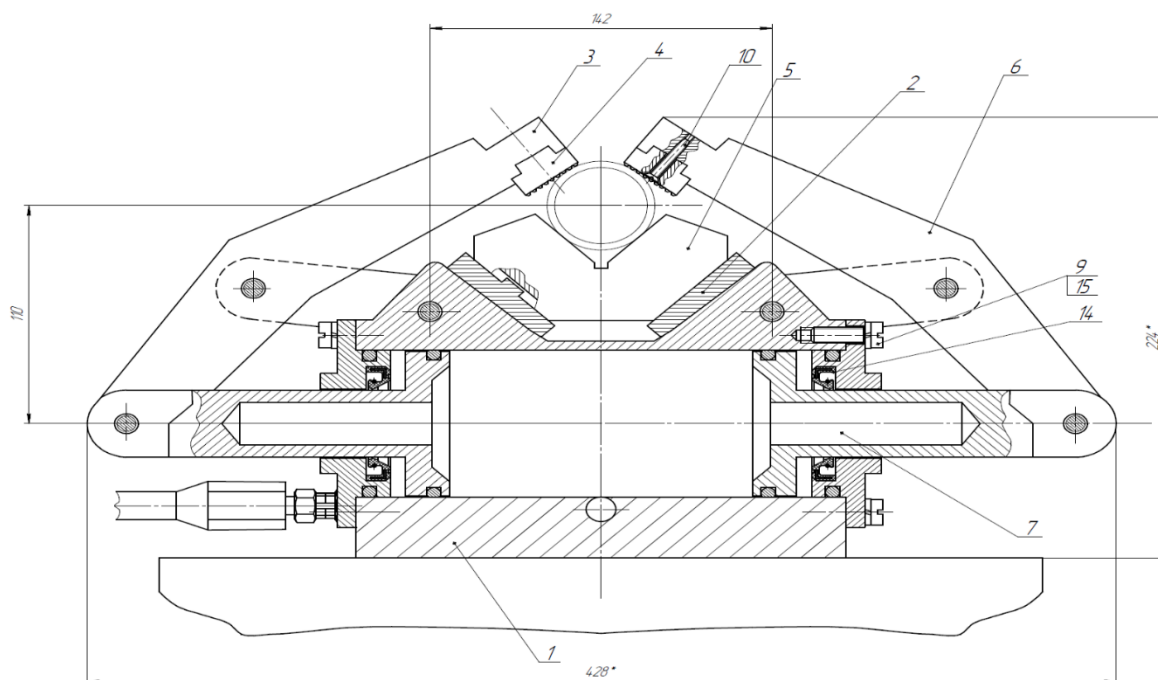


Рисунок 1 – Приспособление зажимное

1 – корпус; 2 – планки; 3 – прихваты; 4 – вставки; 5 – призма; 6 – рычаг; 7 – поршень

Приспособление работает следующим образом. Заготовка крепится на призме с помощью прихватов. Подается воздух в полость пневмоцилиндра, поршень вместе со штоком движется вправо, тем самым давит на прихваты, которые прижимают с необходимым усилием заготовку к призме. Усилие крепления на прихваты передается от шток-поршня пневмоцилиндра через проушину и ось. Так осуществляется крепление заготовки. Для разжатия заготовки давление воздуха уменьшают, толкатель отходит в начальное положение и тянет за собой прихваты, тем самым освобождая вал.[2]

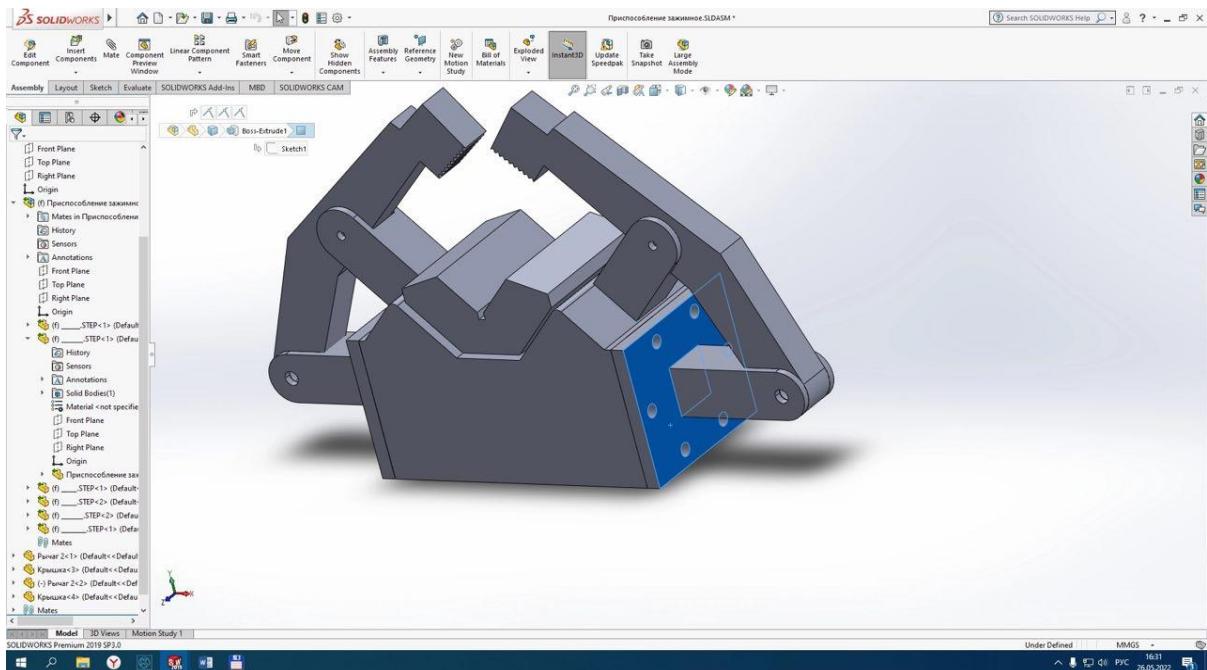


Рисунок 2 – Приспособление зажимное для заготовок в 3D

Данное зажимное приспособление применяют, так как оно позволяет повысить точность обработки и увеличивает производительность труда.[3]

Литература:

1. Станочные приспособления: справочник в двух томах под ред. Б.Н. Вардашкина и В.В. Данилевского. – Москва, «Машиностроение», 1984. – 656 с.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: https://nashaucheba.ru/v15273/курсовой_проект_-_проектирование_сверлильного_и_фрезерного_приспособлений
3. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://www.webkursovnik.ru/kartgotrab.asp?id=123837>
4. Научно-исследовательская работа студентов : методическое пособие для сотрудников ответственных за организацию НИРС на кафедрах ФТК / В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2020. – 39 с.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Строк Владислав Дмитриевич, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Данная машина предназначена для распределения по поверхности дорожного покрытия технических материалов (пескосоляная смесь). Благодаря соли обеспечивается высокая скорость плавления льда, а благодаря песку обеспечивается коэффициент сцепления колес машин с дорожным покрытием благодаря его абразивным свойствам. Пескосоляная смесь получила свое распространение из-за ее доступности и дешевизны, а также из-за относительной простоты распределительного устройства [1].

Данное оборудование является навесным и входит в качестве сменного для КДМ (комбинированная дорожная машина). На рисунке ниже приведено общее устройство данной машины (Рис. 1).

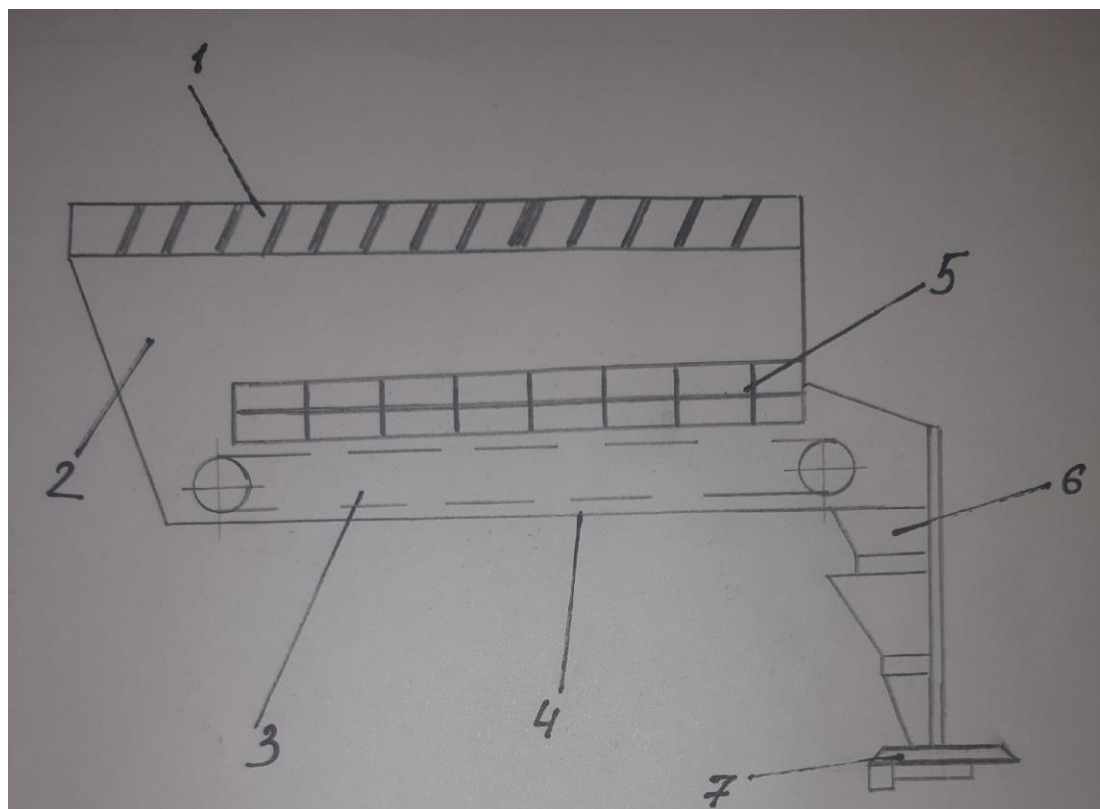


Рисунок 1 – Общее устройство машины для распределения технологических материалов

Решетка 1 предназначена для предотвращения попадания в бункер инертных материалов недопустимых размеров; под позицией 2 расположен бункер для пескосоляной смеси; позиция 3 – скребковый конвейер; 4 – днище; направляющий лоток закрываемый регулируемой шиберной заслонкой –б; позиция 7– распределительный диск [2].

Находящийся в бункере противогололедный материал (ПГМ) скребковым транспортером 3 подается в лоток и далее разбрасыватель (диск). ПГМ поступает в центр действия диска и под действием центробежных сил, преодолевая силы трения, двигаясь к периферии, а далее через ребра равномерно распределяется по ширине дороги. Плотность посыпки ПГМ может регулироваться путем: открытия шиберной заслонки на определенный угол, изменения частоты вращения распределительного диска, регулировки скорости движения цепи со скребками [3].

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/3570145/page:12/> - Дата доступа: 20.12.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://helpiks.org/4-74976.html> - Дата доступа: 20.12.2022.
3. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://stroy-technics.ru/article/raspredeliteli-tekhnologicheskikh-materialov> - Дата доступа: 20.12.2022.

АВТОМАТИЗАЦИЯ БУЛЬДОЗЕРА

Сушко Сергей Александрович, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Бульдозер — самоходная землеройная машина, представляющая собой гусеничный или колесный трактор, тракторное или другое шасси с подвешенным рабочим органом — отвалом криволинейной секции, расположенной снаружи нижней части рамы машины.

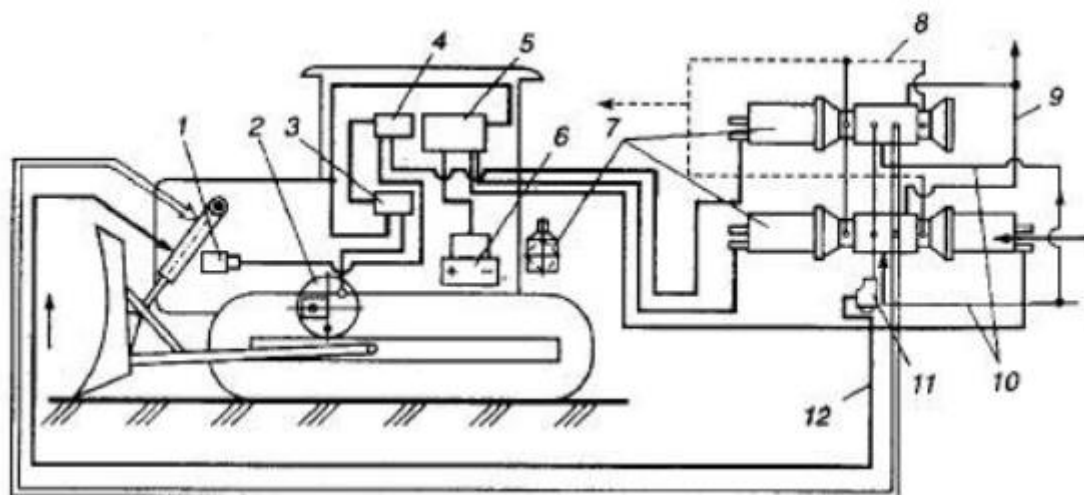


Рисунок 1 – Электрогидравлическая схема Автоплан-10 на бульдозере: 1 - тахогенератор; 2 – датчик углового положения лопасти; 3 - панель управления; 4 - блок перегрузки; 5 - блок управления; 6 - батарея; 7 - электрогидравлические распределители; 8 - канализационная труба; 9 - дренажная трубка; 10 - питательная трубка; 11-распределитель; 12 - напорная трубка

Бульдозер работает так. С учетом угла наклона обрабатываемой поверхности оператор устанавливает на пульте управления бульдозера нужный угол наклона толкателя, который соответствует положению режущей кромки ножа по отношению к опоре. поверхность. из дорожек. . Во время работы рельсы ударяются о неровности грунта, поэтому угол наклона толкателей (по горизонтали и вертикали) может меняться. В этом случае маятниковый датчик (типа ДКБ) подает на блок управления электрический сигнал - импульс тока, связанный с изменением угла наклона толкателя. Блок управления сравнивает полученный импульс с заданным пультом управления (соответствующим требуемому положению лопасти) и формирует управляющий сигнал. С другой

стороны, после усиления управляющий сигнал поступает в электрогидравлический распределитель 7, благодаря чему его вал перемещается и рабочая среда поступает в соответствующую полость гидроцилиндра. При этом шток гидроцилиндра перемещается и устанавливает отвал бульдозера в заданное рабочее положение. Это движение продолжается до тех пор, пока сигнал датчика положения толкателя не совпадет с сигналом, установленным пультом управления. При этом катушка гидрораспределителя занимает нейтральное положение, обе полости гидроцилиндра перекрываются, а его шток останавливается.

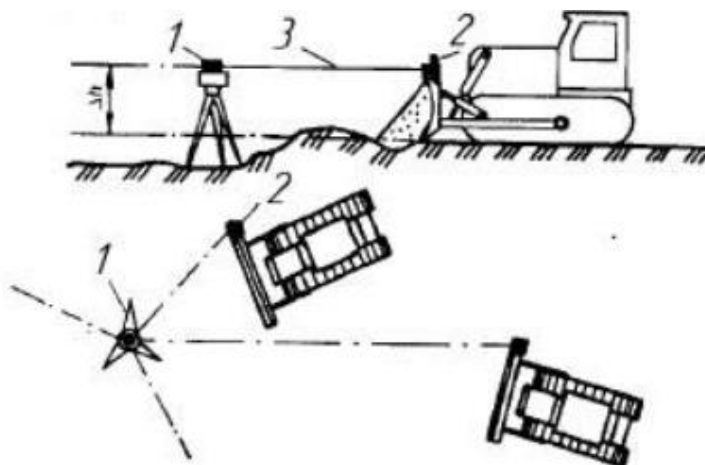


Рисунок 2 – Лазерная система управления планировкой рельефа местности бульдозером:
1 - лазерный нивелир; 2 - ресивер; 3 – лазерная плоскость

Это позволяет контролировать положение лопасти в продольной и поперечной плоскостях, а также защищает двигатель от перегрузок. Система состоит из лазерного луча 1 (на месте) и фотоприемника (ФПУ) 2 (на бульдозерном отвале), отслеживающего положение отвала относительно лазерного луча. Начальная глубина резания определяется оператором из кабины путем установки ПНК на нужную высоту H . Отклонение положения ПНК от заданного значения (например, при проезде машины по неровностям) вызывает сигнал, сбрасывающий запрос для положения рабочего органа. бульдозеры одинаковой стоимости. Преимущество этой системы в том, что одним лазерным уровнем можно контролировать работу нескольких бульдозеров на больших расстояниях и на больших площадях. Кроме того, точность выравнивания грунта лазерным лучом значительно выше, чем у других систем, и составляет ± 30 мм.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fccland.ru/dorozhno-stroitelnye-mashiny/244-avtomatizaciya-buldozerov.html> - Дата доступа: 19.12.202

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ СКРЕПЕРОВ

*Сушко Сергей Александрович, студент 4-го курса
кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)*

Скрепер — это землеройная машина, которая разрезает, перемещает и послойно укладывает грунт на специальные конструкции. В то же время этот прием уплотняет грунт, что снижает потребность в дополнительном использовании катков.

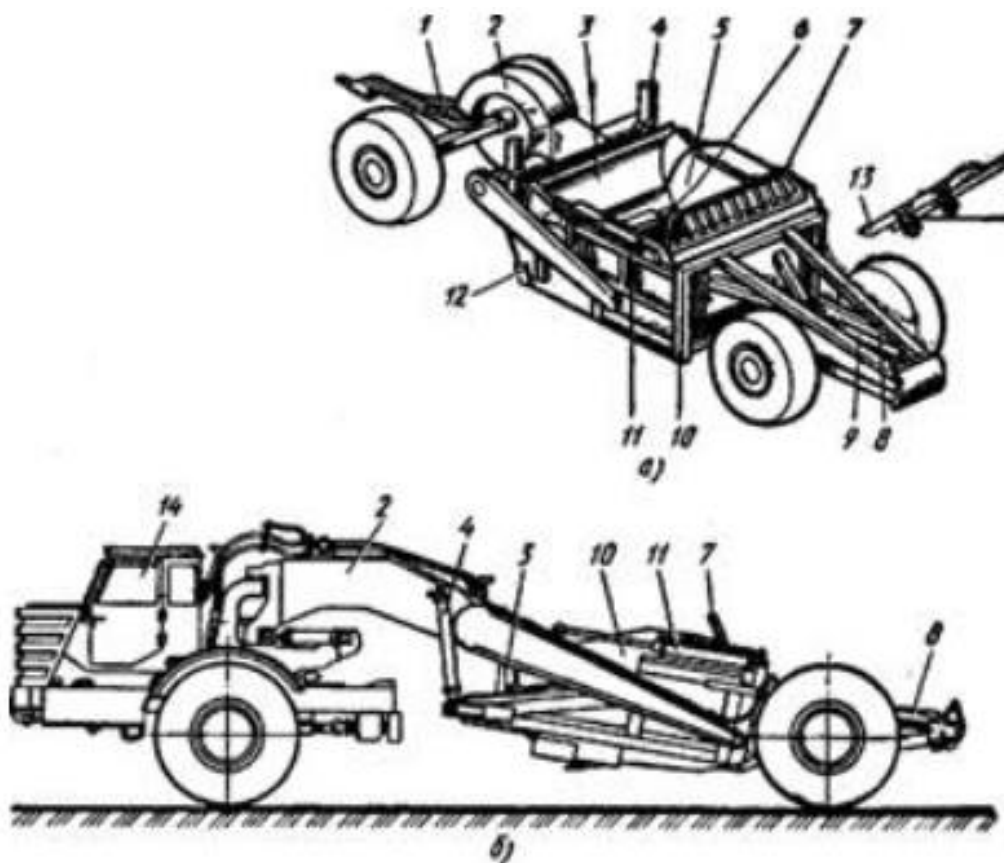


Рисунок 1 – Конструктивная схема буксируемого и самоходного скрепера: а - буксируемый, б - самоходный; 1 - передний мост, 2 - рама привода, 3 - амортизатор, 4, 9, 11 - гидроцилиндры, 5, 7 - стенки ковша, 6 - днище, 8 - амортизатор, 10 - ковш, 12, 13 - ножи, 14 - односторонний удар

В 21 веке скреперы активно используются в сфере строительства и добычи полезных ископаемых. Наличие такой техники позволяет решить следующие задачи:

- Обработка грунта в карьерах, каналах, колодцах.
- Организация массивных земляных работ: дамб, насыпей.
- Планирование строительных и ирригационных работ.
- Подготовка территории под строительство зданий. снятие растительного слоя, удаление лишнего грунта. Снятие поверхностного слоя при строительстве дорог.

Устройство наиболее эффективно при использовании в регионах с короткими зимами, когда грунт не промерзает более чем на 20 см. При большей глубине требуется предварительное ослабление. Прицепные, полунавесные и самоходные культиваторы лучше всего работают на почвах с влажностью ниже нормы. При использовании устройства на каменистой/твердой местности требуется предварительное ослабление (как при замерзании). В процессе выбора техники необходимо учитывать объем наземного движения, так как от этого зависит возможность использования той или иной модели.

Классификация скреперов:

В зависимости от емкости.

- малые - до 3 куб.м. метр
- средний – от 10 до 12 куб.м. метр
- большие - более 15-18 куб.м. метр

По способу передвижения:

- Прицепные скреперы Работает с тягачом или двухосным тягачом-прицепом на колесах. Они могут быть с одной или двумя осями. В этих моделях нагрузка воспринимается осями колес без добавления веса тягача-прицепа. Недостатком прицепных моделей является низкий КПД из-за малой скорости движения трактора по рельсам, поэтому их использование целесообразно в сложных дорожных условиях.

- Полуприцепные. Они состоят из 2-х элементов: трактора и оборудования для выполнения работ. Первые могут быть оснащены одной осью (в большинстве случаев) или двумя осями. В комплексе такая техника односторонняя, но при необходимости трактор можно отделить от рабочего оборудования и использовать для решения других задач. Вес конструкции частично переносится на ось трактора, что увеличивает его грузоподъемность и улучшает параметры устройства.

- Самоходные. Самостоятельный транспорт с собственным мотоциклом и встроенным оборудованием. Колеса этого оборудования выполняют функцию движения, а вес конструкции/земли нагружает обе оси примерно на 50%.

Литература:

1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://perevozka24.ru/pages/dostupno-oskreperah.-klassifikaciya-spectehniki-populyarnye-modeli>. - Дата доступа: 18.12.2022
2. [Электронный ресурс].–Режим доступа <https://perevozka24.ru/pages/dostupno-oskreperah.-klassifikaciya-spectehniki-populyarnye-modeli>

ВАЛКОВАЯ ДРОБИЛКА

Сушко Сергей Александрович, студент 4-го курса

кафедры «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Конопацкий А.В., старший преподаватель)

Валковая дробилка - оборудование для дробления материалов (руды, строительного камня и др.) с вращающимися в противоположных направлениях валками и неподвижной щекой. Валковые дробилки часто используются для измельчения мягких материалов, которые имеют тенденцию слипаться. Дробление материала в них происходит между валками, которые вращаются друг против друга с дроблением, дроблением и измельчением.

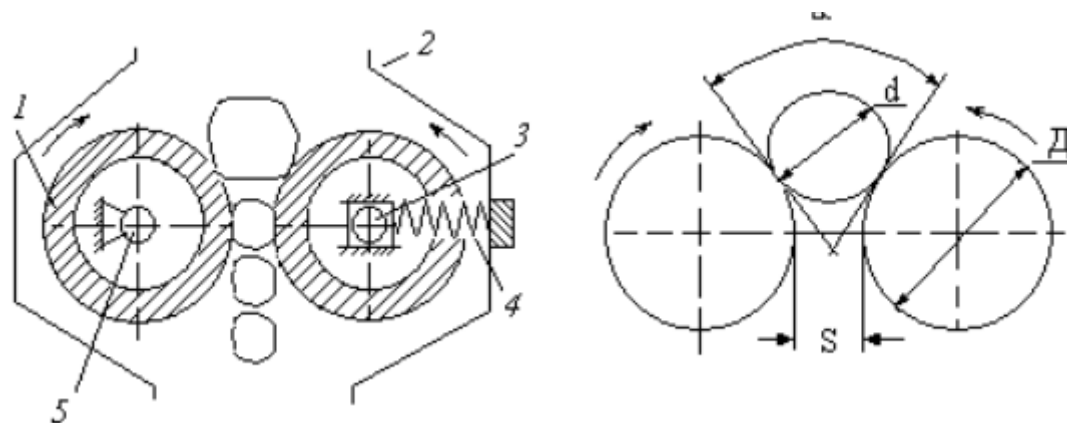


Рисунок 1 – Схема духвалковой дробилки : 1 – валок; 2 – корпус; 3 – подвижный подшипник; 4 – предохранительная пружина; 5 – неподвижный подшипник

Преимущества и недостатки валковых дробилок. К преимуществам валковых дробилок относятся:

- идеальная форма готового продукта;
- простота ремонта и обслуживания;
- небольшой износ гидравлической системы;
- надежность и безопасность;
- легкость и удобство монтажа;
- простота управления;

Плавное движение дробящих элементов в дробилке (позволяет не размазывать диски при дроблении достаточно вязких и пластичных материалов);

освобождение приемного бункера от дробящих элементов без остановки дробилки. Эффективность улавливания частиц измельчаемого материала, а

также производительность дробилки повышены за счет разной скорости вращения валков.

Недостатки: гладковалковые дробилки могут дробить относительно небольшие куски материала, низкая производительность, вибрация и необходимость равномерной непрерывной подачи во избежание снижения их эффективности. Одним из недостатков валковой дробилки является то, что при переработке твердых и абразивных материалов происходит неравномерный износ рабочих поверхностей валков. Бандаж изнашивается в основном в средней части валка, что не позволяет поддерживать стабильный размер входной щели по всей длине.

Классификация валковых дробилок:

По способу установки вальцов:

- дробилки с одной парой подвижных и другой парой неподвижных подшипников;
- дробилки с гибкими подшипниками;

В зависимости от конструкции цилиндров:

- дробилки с зубчатыми или ребристыми цилиндрами;
- гладкие валковые дробилки;

По количеству барабанов в дробилке:

- дробилки с одним барабаном;
- двухцилиндровые дробилки;
- дробилки с тремя и более цилиндрами.

В зависимости от привода:

- с помощью редуктора и карданного вала;
- использование ременной передачи; использование инструментов;

Литература:

1. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: https://rep.bntu.by/bitstream/handle/data/80645/Stroitelnye_dorozhnye_i_meliorativnye_mashiny2.pdf;jsessionid=BE3D336D0C5B75874C40DBB42BB676FC?sequence=1 Дата доступа: 18.12.2022.
2. [Электрон. ресурс]: — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/1825487/page:12/> Дата доступа: 18.12.2022.

Секция 5
МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ СЛУЖБЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПО СТАНЦИИ

*Павлий Владислав Владимирович, студент 1-го курса
кафедры «Управление процессами перевозок»*

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

В настоящее время большое количество действий компьютер выполняет за человека. Во многом это связано с тем, что машина делают данную работу точнее и быстрее, что необходимо в большинстве сфер жизни. Чтобы облегчить работу пишут специальные программы, которые помогают в выполнении нужных задач. Это и стало нашим основным направлением – написать программу, которая будет помогать работнику станции определять свободу путей, составлять маршрут, показывать информацию о составе.

Первый этап нашей работы – разработка математической модели нашей задачи и создание макетов возможных ситуаций. Изучение литературы для выбора среды программирования.

Второй этап – выбираем язык программирования, в нашем случае Python, и добавляем с помощью консоли специальные библиотеки, которые не идут в стандартном пакете Python.

Третий этап – пишем программу тремя отдельными частями, чтобы можно было отследить ошибки и недочеты каждой. После проверки и устранения ошибок соединяем все воедино. Прописываем условия выбора каждого модуля программы. Информация, получаемая в ходе выполнения программы, выводится в отдельное окно

Таким образом можно создать абсолютно любую программу, которая будет выполнять условия. Самое главное правильно понимать все условия задачи.

Литература:

1. <https://docs.python.org/3/library/tkinter.html>
2. <https://openpyxl.readthedocs.io/>
3. <https://pandas.pydata.org/docs/>

РОБОТ ДЛЯ РЕМОНТА ТРЕЩИН В МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЯХ

*Третьяков Дмитрий Вадимович, Чиженко Роман Игоревич,
Паксютов Владимир Владимирович,*

студенты 2-го курса факультета «Мосты и тоннели»

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

Трещины в металлоконструкциях – это одна из значимых проблем эксплуатации мостов. В зависимости от состояния элемента он подлежит замене или усилению. Усиление производится методами сварки или установки накладок на поврежденную часть.

Установка накладок возможна не во всех участках полотна, а сварка нежелательна, в связи со структурными изменениями металла под действием высоких температур [1]. Решением данной проблемы является пайка трещины.

Для обеспечения высокой точности пайки, автоматизации процесса и исключения риска травмирования рабочего, необходим специализированный робот, для ремонта трещин в металлоконструкциях.

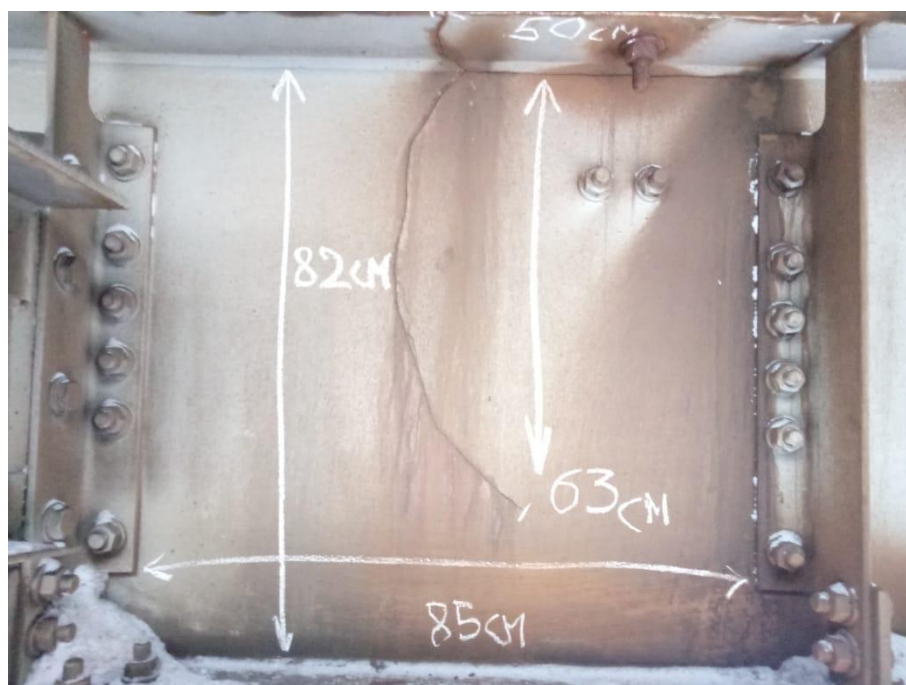


Рисунок 1 – Трещина в балке пролетного строения

Целью данной работы является определение траектории движения робота в плоскости трещины для дальнейшей её пайки, по изображению (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**), содержащее элемент с трещиной.

Начальным этапом является редактирование изображения и выделение границы трещины.

Нашей первоначальной идеей была обработка изображения вручную, но такой вариант работает на частных случаях трещин. Нужно же разработать такое решение, благодаря которому дефект конструкции будет определяться в реальном времени.

В настоящее время в жизни всё чаще стало применяться машинное обучение. Мы считаем, что на его основе возможно создание программного обеспечения робота, которое будет сегментировать и выводить координаты трещин на любых поверхностях пролетного строения.

По нашему мнению, такая реализация автоматического определения контура возможна при использовании сверточной нейронной сети на архитектуре UNet (Рис. 2), которая активно используется в медицине для сегментации изображений [2], где выполняет поиск аномалий в тканях и внутренних органах человека [3], и для обработки спутниковых фотоизображений с целью выделения крупных объектов [4], что приблизительно схоже с поставленной перед нами задачей по сегментации и выделению трещины в пролетном строении мостовых конструкций.



Рисунок 2 – Архитектура Unet

Начальной выборкой для дальнейшего обучения нейросети послужило несколько сотен фотографий, содержащих различные дефекты в элементах металлических конструкций. Для организации процесса обучения нейронной сети, все имеющиеся в наличии фотографии были поделены на обучающую и тестовую выборки. Была выполнена разметка трещин в виде бинарных

изображений (Рис. 3), на которых трещины выделены белым цветом, а фон – черным.

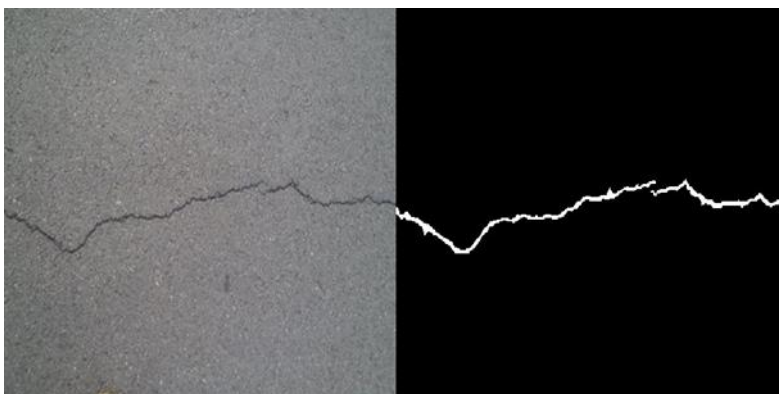


Рисунок 3 – Пример обучающей модели

Благодаря обученной нейронной сети сегментируем и выявляем трещину на нашей первоначальной фотографии, после чего выводим ее координаты относительно заданного начала координат на изображении.

Следующим этапом является написание программы, преобразующей изображение трещины в набор точек, которые позже будут представлены в виде траектории трещины, по которой будет производиться пайка роботом.

Алгоритм решения задачи по выводу координат трещины:

Для написания программы используем язык программирования Python 3.10.4. На выведенном изображении задаем координатную сетку и выводим значение каждой точки дефекта. После переводим каждую координату в масштаб плоскости пролетного строения через коэффициент по осям X и Y, который мы выводим из имеющихся значений длины и высоты конструкции.

Результатом работы программы является массив точек, принадлежащих трещине (Рис. 4).

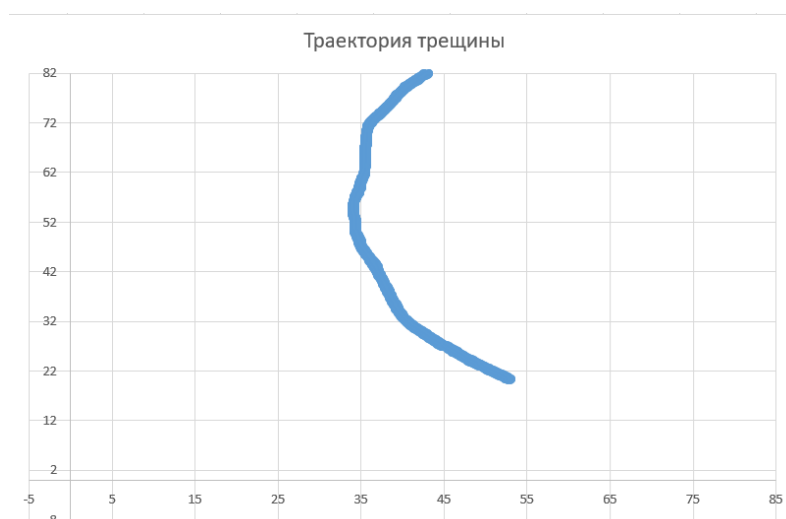


Рисунок 4 – График координат трещины в MS Excel

Посредством другого кода из общего массива точек оставляем только краевые значения. Полученные координаты являются контуром трещины (Рис. 5).

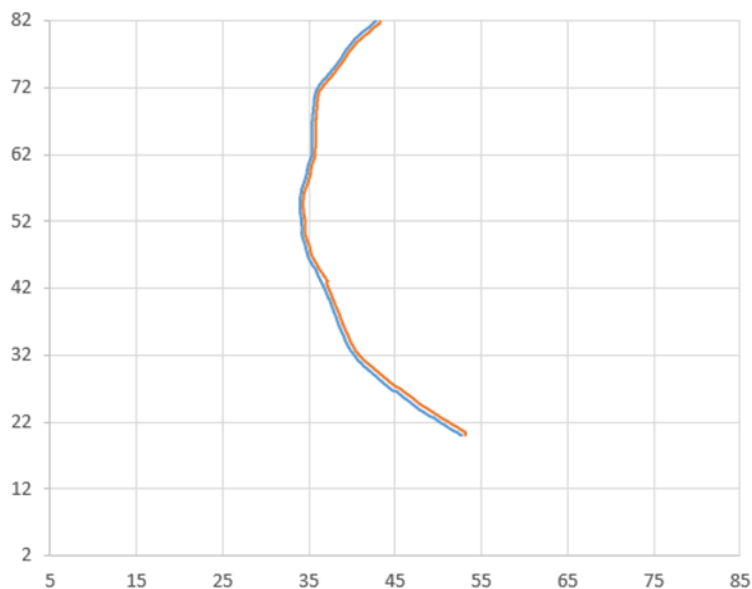


Рисунок 5 – Координаты граничных точек трещины

Координаты точек контура, являются координатами траектории движения паяльной установки робота. Движение будет задаваться векторами, начало которых $(X_i; Y_i)$ будет лежать на одной стороне трещины, а конец $(X_{i+1}; Y_{i+1})$ на противоположной, что позволит равномерно запаять всю площадь трещины.

По итогу работы была написана программа, позволяющая по изображению с трещиной, определить координаты контура трещины и задать траекторию движения паяльной установки робота. Данный результат является промежуточным этапом в разработке робота по ремонту металлоконструкций.

Литература:

1. ВСН 24-75 - Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог - М.:Транспорт, 1976.
2. Ronneberger O., Fischer F., Brox T. U-Net: Convolutional networks for biomedical image segmentation // International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, 2015. Vol. 9351. pp. 1097–1105.
3. Unet 3+: A full-scale connected Unet for medical image segmentation / H. Huang, L. Lin, H. Tong, H. Hu, Q. Zhang, Y. Iwamoto, X. Han, Y.-W. Chen, J. Wu, 2020.
4. DeepUNet: A deep fully convolutional network for pixel-level sea-land segmentation / R. Li, W. Liu, L. Yang, S. Sun, W. Hu, F. Zhang, W. Li, 2017.

ПОСТРОЕНИЕ ПЕРЕХОДНОЙ КРИВОЙ АВТОМОБИЛЬНОГО ПУТИ В СЛУЧАЕ 5-ОЙ СТЕПЕНИ, ОПИСЫВАЮЩЕГО ЕЕ ПОЛИНОМА

*Анципарович Владислав Витальевич, Ахалли Илья Саидович,
студенты 2-ого курса кафедры «Математические методы в строительстве»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Акимов В.А., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

Введение. Переходная кривая в дорожном строительстве является важным транспортным коммуникационным узлом в случае плавного соединения участков дорог разной кривизны. Целью данной работы является первое знакомство с данной проблемой студентов начальных курсов, специальности «Дорожное строительство» на уровне их профессиональной ориентации, в соответствии с выбранной ими профессией.

Рассмотрим простой пример. В начале обучения, на первом курсе, студентам, по дисциплине «Математика» предлагается задача на исследовании непрерывности в точке $x = 1$ функции $\begin{cases} y = 2^x, & -\infty < x \leq 1 \\ y = x^2 + 1, & x > 1 \end{cases}$

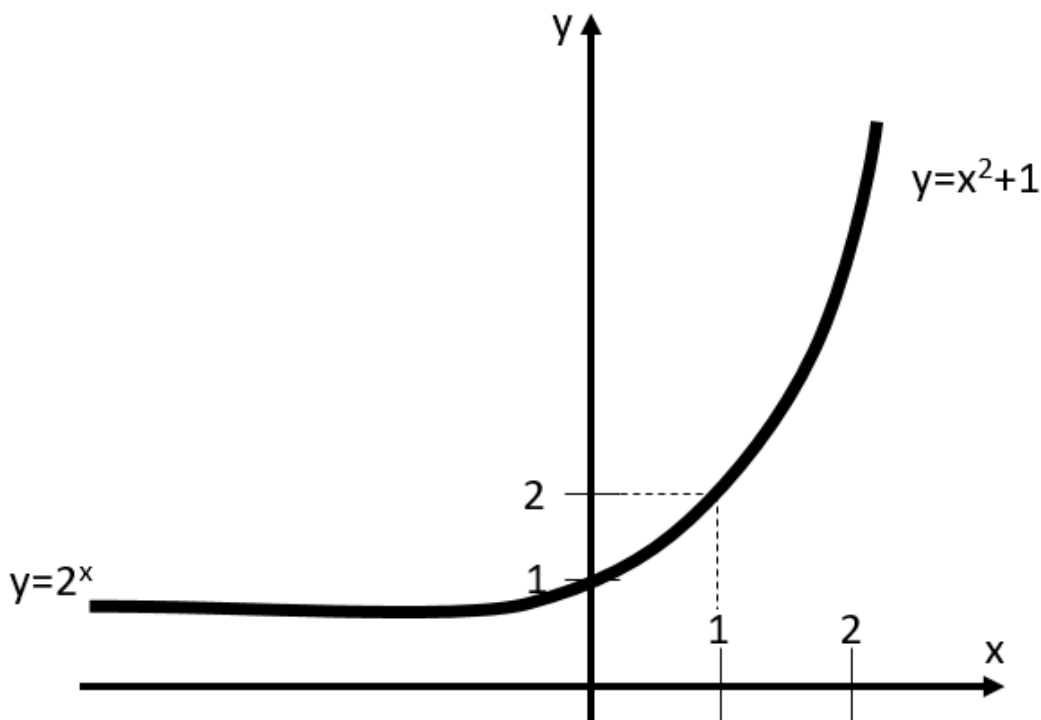


Рисунок 1 – Диаграмма

Если представить, что эта функция описывает дорогу, то эта задача отдаленно напоминает нашу проблему и сразу становится понятным, что в точке $x = 1$ дорога, оставаясь непрерывной, не является гладкой. В ней первые и вторые производные терпят разрыв. С физической точки зрения, наблюдатель в этой точке ощущает толчок.

А теперь вернемся к нашим исследованиям, которые в соответствии с работами [1] и [2] являются 3-ей частью. Итак, нами была выведена формула:

$$y = \frac{3(a - x_0)(y_0 - b)^2 - aR^2}{3a^2(y_0 - b)^3}x^3 + \frac{aR^2 - 2(a - x_0)(y_0 - b)^2}{4a^3(y_0 - b)^3}x^4 \quad (1)$$

Переходной является точка с координатами: $x = a$ и $y = b$. Подставляя эти значения в (1), получим соотношение вида:

$$R = \frac{\sqrt{6}(y_0 - b)}{a} + \sqrt{a(a - x_0) - 2b(y_0 - b)} \quad (2)$$

При проектировании транспортных коммуникаций, наряду с формулой (1) нужно учитывать и формулу (2), из которой следует зависимость вида:

$$\frac{a - x_0}{y_0 - b} > \frac{2b}{a} \quad (3)$$

Накладываемые ограничения не всегда удобны, и поэтому напрашивается записать аналитическое уравнение кривой в виде:

$$y = C_1x^3 + C_2x^4 + C_3x^5 \quad (4)$$

Для нахождения постоянных C_1, C_2, C_3 запишем систему 3-х уравнений вида:

$$\begin{cases} 3C_1 + 4C_2a + 5C_3a^2 = \frac{a - x_0}{a^2(y_0 - b)} \\ 3C_1 + 6C_2a + 10C_3a^2 = \frac{R^2}{2a(y_0 - b)^3} \\ C_1 + C_2a + C_3a^2 = \frac{b}{a^3} \end{cases}$$

Решив полученную систему алгебраических уравнений, определили:

$$C_1 = \frac{10b}{a^3} + \frac{R^2}{2a(y_0 - b)^3} - \frac{a(a - x_0)}{a^2(y_0 - b)}$$

$$C_2 = \frac{7(a - x_0)}{a^4(y_0 - b)} - \frac{R^2}{a^2(y_0 - b)^3} - \frac{15b}{a^4}$$

$$C_3 = \frac{R^2}{2a^2(y_0 - b)^3} - \frac{6b}{a^5} - \frac{3(a - x_0)}{a^4(y_0 - b)}$$

В результате получим:

$$y = \left[\frac{10b}{a^3} + \frac{R^2}{2a(y_0 - b)^3} - \frac{a(a - x_0)}{a^2(y_0 - b)} \right] + \left[\frac{7(a - x_0)}{a^4(y_0 - b)} - \frac{R^2}{a^2(y_0 - b)^3} - \frac{15b}{a^4} \right] x^4 \\ + \left[\frac{R^2}{2a^2(y_0 - b)^3} - \frac{6b}{a^5} - \frac{3(a - x_0)}{a^4(y_0 - b)} \right] x^5$$

Сделаем проверку. Если в полученную формулу подставить $x = a$, то должны получить $y = b$.

$$b = 10b + \frac{R^2 a^2}{2(y_0 - b)^3} - \frac{4a(a - x_0)}{y_0 - b} + \frac{7(a - x_0)}{y_0 - b} - \frac{R^2 a^2}{(y_0 - b)^3} - 15b + \frac{R^2 a^2}{2(y_0 - b)^3} \\ + 6b - \frac{3a(a - x_0)}{y_0 - b}$$

Все верно: $b = b$ или $0=0$

Аналогично, как и в [2] проверяются условия сопряжения:

$$y'|_{x=a} = \frac{a-x_0}{y_0-b} \quad \text{и} \quad y''|_{x=a} = \frac{R^2}{(y_0-b)^3}$$

Вывод. Изложен новый упрощенный подход, в котором для переходной кривой используется полином 5-ой степени, содержащей пять параметров a , b , R , x_0 , y_0 , связанных соотношениями:

$$(a - x_0)^2 + (b - y_0)^2 = R^2, \quad a > x_0, \quad y_0 > b.$$

Литература:

1. Ахалли, И. С. Упрощенная модель переходной кривой автомобильного пути / И. С. Ахалли, В. В. Анципарови; науч. рук. В. А. Акимов // Транспортные сооружения [Электронный ресурс] : материалы 78-й Студенческой научно-технической конференции, апрель-май 2022 / редкол.: С. Е. Кравченко (гл. ред.) [и др.] ; сост. В. А. Ходяков. – Минск : БНТУ, 2022. – С. 369-371.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ЛАБИРИНТОВ В WOLFRAM MATHEMATICA

*Бартошевич Анастасия Валерьевна, Семенович Ангелина Викторовна,
студенты строительного факультета (группа 11201222)
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Гундина М.А., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

Общая идея лабиринтов находит свое отражение в организации эффективных маршрутов к заданному пункту назначения. Также лабиринты устраиваются для развлечения.

Известно, что раньше лабиринты строили внутри некоторых зданий и под землей. Самый древний лабиринт находился на острове Крите. Это сооружение, описанное в древнегреческой мифологии, имело множество запутанных переходов.

Алгоритмы поиска решения лабиринта представляют собой автоматизированные методы поиска. Поиск решения лабиринта – это упрощенная версия задачи навигации, поэтому реализация алгоритмов навигации опирается на те же концепции, что и поиск решения лабиринта.

Существует очень простой способ прохода через лабиринт. Данный подход называется правилом правой руки. На нем, например, может быть построен алгоритм передвижения робота-пылесоса. После того, как робот наткнулся на препятствие, он начинает передвигаться в соответствии с этим правилом. Это значит, что и при входе в лабиринт необходимо коснуться его стенки одной рукой и во все время передвижения продолжать касаться стенки той же рукой.

Такой подход позволяет найти выход из лабиринта, однако это не значит, что это позволяет обойти все части лабиринта без исключения. В этой ситуации появляется возможность побывать только в тех местах, стенки которых так или иначе связаны с внешней стеной лабиринта. Но этот подход не позволяет пройти мимо тех участков лабиринта, стенки которых не имеют связи с наружными его стенами. Этим фактом пользовались при создании помещений запутанной структуры, содержащих комнаты с некоторой ценной информацией.

Существуют и другие известные алгоритмы, например, такие как алгоритм Тремо, алгоритм случайного поведения мыши, метод обнаружения тупиков. Информация об этих алгоритмах широко представлена в литературе [1–4].

Одна из реализаций представлена на рис. 1, алгоритм реализован в компьютерной системе Wolfram Mathematica [5].

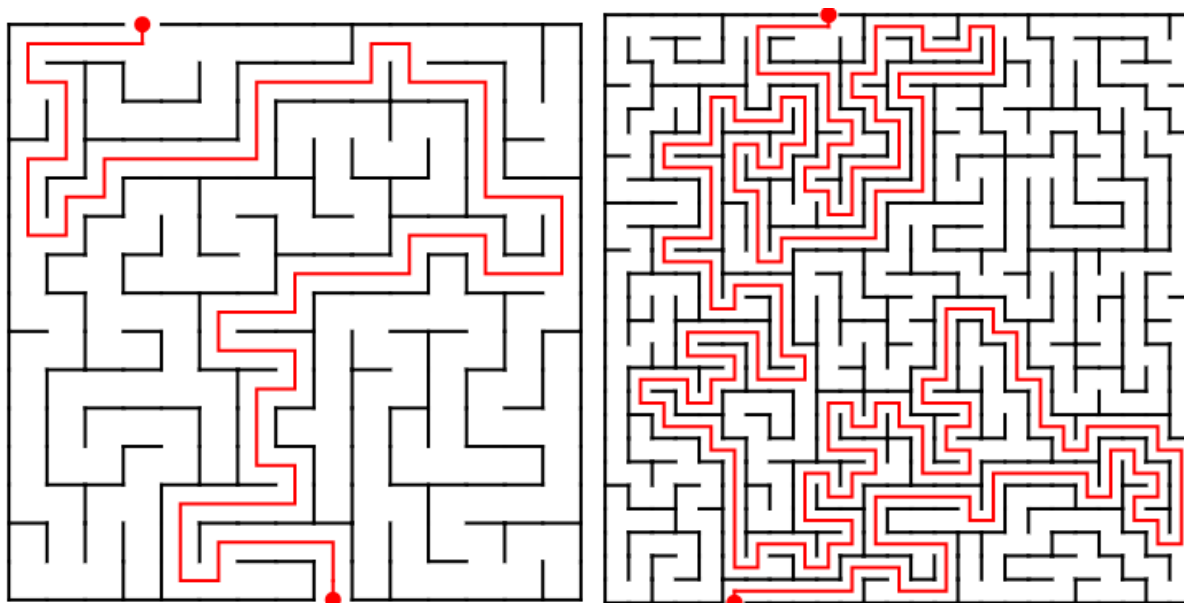


Рисунок 1 – Пример работы алгоритма поиска выхода из лабиринта, реализованный в системе Wolfram Mathematica

Лабиринты-головоломки довольно запутаны, и выбраться из их середины не так-то легко. По тому, насколько проворно справляется человек с прохождением лабиринта, можно судить о его сообразительности.

Таким способом в последнее время стали испытывать умения школьников проходить быстро лабиринт. Метод проведения испытания заключался в следующем, школьники получают тетради с этими лабиринтами и должны показать карандашной чертой, как надо по ним двигаться, чтобы от входа добраться до выхода самым коротким путем, минуя все тупики. Кто проходит безошибочно все двадцать лабиринтов за четыре минуты, у того сообразительность средняя, нормальная. Кто справляется раньше, тот сметливее, а у кого после четырех минут еще остаются непройденные лабиринты, тот по сообразительности хуже среднего, чем больше осталось у него непрочерченных лабиринтов.

Литература:

1. Gardner, M. Three-Dimensional Maze. §6.3 in *The Sixth Book of Mathematical Games from Scientific American* / M. Gardner // Chicago, IL: University of Chicago Press. – 1984. – P. 49–50.
2. Pappas, T. *Mazes. The Joy of Mathematics* / T. Pappas // San Carlos, CA: Wide World Publ.Tetra. – 1989. – P. 192–194.
3. Phillips, A. *The Topology of Roman Mazes* / A. Phillips // *Leonardo* 25. –1992. – P. 321–329.

4. Wolfram, S. A New Kind of Science / S. Wolfram // Champaign, IL: Wolfram Media. – 2022. – P. 43, 873.
5. Maze Generator And Solver [Electronic resource]. – Access mode: <https://demonstrations.wolfram.com/MazeGeneratorAndSolver>. – Access date: 1.10.2022.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В ЯЗЫКЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ

*Бобровиц Алексей Олегович, студент 1-го курса
кафедры «Интеллектуальные и мехатронные системы»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Бадак Б.А., преподаватель
кафедры «Высшая математика»)*

Python – это высокоуровневый язык программирования общего назначения с динамической строгой типизацией и автоматическим управлением памятью. Язык является полностью объектно-ориентированным в том плане, что всё является объектами, называемыми классами. Стандартная библиотека содержит в себе большой набор полезных переносимых функций, начиная с возможностей для работы с текстом и заканчивая средствами для написания сетевых приложений.

Python изначально позиционировался как «язык для каждого», поэтому в нем сделан упор на читаемость кода и лаконичность синтаксиса. Эта философия делает язык более понятным и востребованным для новичков. [2]

В работе рассмотрим применение языка программирования Python для решения прикладных задач с помощью математических методов. Под решением прикладных будем понимать решение задач, поставленных вне математики и решаемых математическими средствами. **Рассмотрим пример такой задачи:**

Предприятие выпускает продукцию трёх видов: p_1 , p_2 , p_3 и использует сырьё двух и использует типов: s_1 и s_2 . Нормы расхода сырья характеризуются

матрицей $A = \begin{pmatrix} 2 & 3 \\ 5 & 2 \\ 1 & 4 \end{pmatrix}$, где каждый элемент a_{ij} ($i = 1, 2, 3; j = 1, 2$)

показывает, сколько единиц сырья j -го типа расходуется на производство единицы продукции i -го вида. План выпуска продукции задан матрицей-строкой $C = (100 \ 80 \ 130)$, стоимость единицы каждого типа сырья (ден.ед) — матрицей-столбцом $B = \begin{pmatrix} 30 \\ 50 \end{pmatrix}$. Определить затраты сырья, необходимые для планового выпуска продукции, и общую стоимость сырья. [1]

Для начала создадим переменные, содержащие матрицы A, B, C . Для создания матриц будем использовать модуль “**numpy**” (Рис. 1):


```
import numpy as np

A = np.array([[2, 5, 1], [3, 2, 4]]) # матрица A
B = np.array([[30], [50]]) # матрица B
C = np.array([100, 80, 130]) # матрица C
```

Рисунок 1 – Создание матриц A, B, C

Посчитаем затраты 1-го сырья. Занесем результаты в переменную s_1 (Рис. 2):

```
s1 = A[0][0] * C[0] + A[1][0] * C[1] + A[2][0] * C[2]
```

Рисунок 2 – Подсчет затрат 1-го сырья

В результате получим переменную: $s_1 = 730$.

Точно также сделаем с затратами 2-го сырья. Занесем результат в переменную s_2 (Рис. 3):

```
s2 = A[0][1] * C[0] + A[1][1] * C[1] + A[2][1] * C[2]
```

Рисунок 3 – Подсчет затрат 2-го сырья

В результате получим переменную: $s_2 = 980$.

Эти же затраты можно посчитать, перемножив матрицы A и C. Для будем использовать функцию **np.dot**, которая перемножает матрицы. В результате мы получим матрицу-строку, назовем ее s (Рис. 4):

```
s = np.dot(C, A)
```

Рисунок 4 – Перемножение матриц A и C для подсчета затрат 1-го и 2-го сырья

В результате получим матрицу-строку: $s = (730 \ 980)$.

Для подсчета общей стоимости сырья, сначала вычислим матрицу стоимостей затрат сырья на единицу продукции. Поместим эту матрицу в переменную R (Рис. 5):

```
R = np.dot(A, B)
```

Рисунок 5 – Вычисление матрицы стоимостей затрат сырья на единицу продукции

В результате получим матрицу: $R = \begin{pmatrix} 210 \\ 250 \\ 230 \end{pmatrix}$.

Теперь вычисляем общую стоимость сырья путем умножения матрицы C на R . Результат занесем в переменную Q (Рис. 6):

```
Q = np.dot(C, R)
```

Рисунок 6 – Вычисление общей стоимости сырья

Получим общую стоимость сырья, равная 70900. Вся программа выглядит следующим образом (Рис. 7):

```
import numpy as np
A = np.array([[2, 3], [5, 2], [1, 4]])
B = np.array([[30], [50]])
C = np.array([100, 80, 130])
s1 = A[0][0]*C[0] + A[1][0]*C[1] + A[2][0]*C[2]
s2 = A[0][1]*C[0] + A[1][1]*C[1] + A[2][1]*C[2]
s = np.dot(C, A)
R = np.dot(A, B)
Q = np.dot(C, R)
print('Затраты 1-го сырья: ', s1)
print('Затраты 2-го сырья: ', s2)
print('Общая стоимость сырья:', Q)
```

Рисунок 7 – Программа для решения задачи

Вывод программы:

Затраты 1-го сырья: **730**; Затраты 2-го сырья: **980**; Общая стоимость сырья: **70900**

Сегодня Python является популярным языком программирования, применяемым практически во всех сферах ИТ-отрасли, а также иных сфер нашей жизни. Python является универсальным языком. С помощью него можно писать современные веб-сайты, игры, обучать нейросети, работать с большим объемом данных. В этой статье мы рассмотрели решение прикладной производственной задачи с помощью языка Python, узнали, как создавать и работать с матрицами в данном языке программирования.

Литература:

1. Задачи с экономическим содержанием [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://studfile.net/preview/7083818/page:7/>. - Дата обращения: 17.11.2022.
2. История развития языка Python [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://ru.hexlet.io/courses/python-basics/lessons/history/theory_unit — Дата обращения: 10.11.2022.

НАХОЖДЕНИЕ ОБЪЕМА ЭЛЕМЕНТА МАЛОЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ФОРМЫ

*Иванцевич Александра Олеговна, Буян Дарья Аркадьевна, студенты 2-ого
курса кафедры «Профессиональное обучение и педагогика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Коваленок Н.В., старший преподаватель)*

Строительство является одной из ведущих отраслей промышленности, которая развивается и ее масштабы растут с каждым годом.

Математика играет огромную роль в проектировании и строительстве разного рода сооружений, так как изготовление любых конструкций требует точности математических расчетов. Необходимо уметь находить объемы и площади различной сложности фигур, центры тяжести, плотность и количество материала (бетон, кирпич, блоки и т.д.).

На примере малой архитектурной формы (декоративного ограждения), которую мы придумали и начертили в виде объемных элементов, соединенных друг с другом и закрепленных сверху и снизу арматурой (Схема 1), найдем объем одного такого элемента. Это необходимо для того, чтобы в дальнейшем рассчитать количество материала, вес нашей архитектурной формы, стоимость и др.

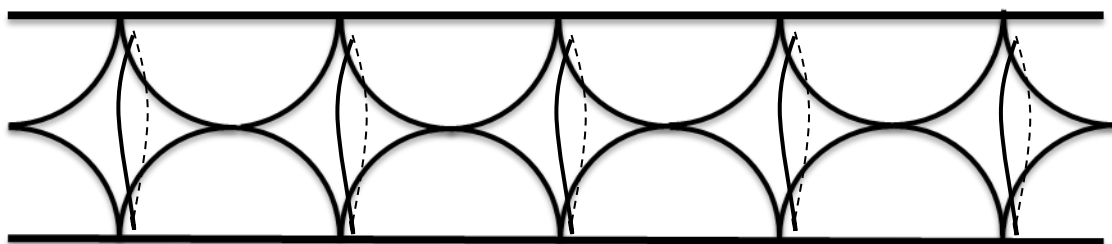


Рисунок 1 – Декоративное ограждение

Элемент нашего декоративного ограждения можно представить, в виде фигуры называемой астроидой, (рис.1) которая при вращении вокруг оси X образует тело вращения, объем которого определяется по формуле:

$$V = \frac{2}{3} \pi \int_{\alpha}^{\beta} r^3 \sin \varphi d\varphi$$

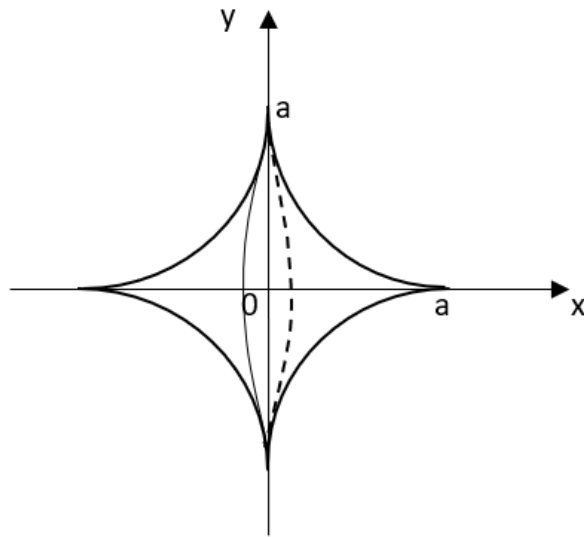


Рисунок 2 – Астроида

Из параметрических уравнений астроиды находим, что при $x=0$ $t=\frac{\pi}{2}$, при $x=a$ $t=0$.

Тогда

$$V = 2\pi \int_{\frac{\pi}{2}}^0 a^2 \sin^6 t (-3a) \cos^2 t \, dt =$$

$$6a^3 \pi \int_{\frac{\pi}{2}}^0 (1 - \cos^2 t)^3 \cos^2 t \, d(\cos t) = 6a^3 \pi \int_{\frac{\pi}{2}}^0 (\cos^2 t - 3\cos^4 t + 3\cos^6 t - \cos^8 t) d(\cos t) = 6a^3 \pi \left(\frac{1}{3} \cos^3 t - \frac{3}{5} \cos^5 t + \frac{3}{7} \cos^7 t - \frac{1}{9} \cos^9 t \right) \Big|_{\frac{\pi}{2}}^0 = \frac{32}{105} \pi a^3 .$$

Подставляя вместо параметра a нужное значение, получим искомый объем.

Мы рассмотрели только один фрагмент фигуры, исходя из этого можно рассчитать объем всех фигур (элементов декоративного ограждения)

«Математике должны учить еще с той целью, чтобы познания, здесь приобретаемые, были достаточными для обыкновенных потребностей в жизни» (Л. Карно).

Литература:

1. Т.А. Сухая, В.Ф. Бубнов. Задачи по высшей математике: учеб. пособие. В 1 ч.-Мн.: Выш. Шк., 1993.-338с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРЕДЕЛОВ ФУНКЦИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА И ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ В ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА

*Быстримович Артём Дмитриевич, студент 1-го курса,
Машиностроительного факультета, кафедры «Инженерная экономика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель кафедры
«Высшая математика»)*

Предел функций в курсе математики – это одно из основных понятий, которое служит «фундаментом» в разделе математического анализа для исследования функций на непрерывность, вычисления производных и интегралов. Первое устойчивое определение понятия «предела функций» дали чешский математик Бернард Больцано в 1816 году и французский математик Огюстен Луи Коши в 1821 году.

Определение предела функций считается одним из самых сложных терминов в высшей математике, так как студентам-первокурсникам классического технического вуза нелегко даётся восприятие данного понятия. В связи с этим фактором, в работе рассмотрим практическое применение понятия предела функций в различных сферах жизнедеятельности человека.

Пределы широко используются в экономических расчетах, например, в подсчете сложных процентов. В большинстве случаев применяют дискретные проценты. Дискретные проценты – это проценты, начисляемые с определенной периодичностью. Время – это дискретная переменная. В качестве примера рассмотрим следующую *задачу*:

Найти прибыль от 100000 рублей, положенных на депозит на 4 года под 12 % годовых, если к концу каждого года проценты добавлялись к депозитному вкладу.

Решение: Используя формулу $S = P * (1 + I)$, получим

$100000 \cdot (1 + \frac{12\%}{100\%})^4 = 100000 \cdot (1,12)^4 = 157352$ (рублей). В данном случае прибыль будет равна: $157352 - 100000 = 57352$ (рублей).

В медицине с помощью предела возможно рассчитать оптимальный угол ветвления кровеносных сосудов, а также объём вдыхания углекислого газа. Рассмотрим решение следующей задачи:

Человек при спокойном дыхании делает 18 дыхательных движений в минуту. При физической нагрузке количество дыхательных движений увеличивается на 50%. Сколько углекислого газа при физической нагрузке выдохнул человек за 4 минуты, если ЖЕЛ = 4000 см³ и количество выдыхаемого углекислого газа 4%.

ЖЕЛ – жизненный объём легких,

ЖЕЛ = ДО + РОВ + РОВ_{выд}, где

ДО – дыхательный объём = 0,5л,

РОВ – Резервный объём вдоха = 1,5л,

Резервный объём выдоха = 1,5л.

Решение: Пусть РОВ и РОВ_{выд} – x , тогда $\lim_{x \rightarrow 1,5} (18x \cdot 5 \text{ (мин)} \cdot x)^1 = 202,5$

– литров кислорода и $202,5 \cdot 0,04 = 8,1$ – литров углекислого газа. Тогда $\frac{8,1}{22,4} = 0,36$ моль. Следовательно, $M_r(\text{CO}_2) = 44\text{г/моль}$, $44 \cdot 0,36 = 15,84$ грамм углекислого газа.

В повседневной жизни человека понятие предела функций часто встречается в учебной деятельности, на работе, в спорте, даже период взросления можно отнести к этой категории. Рассмотрим примеры в жизни человека в трех случаях, где $x_1 \rightarrow +\infty$, $x_2 \rightarrow -\infty$, $x_3 \rightarrow 0$.

Случай при $x_1 \rightarrow +\infty$ можно представить в разных видах деятельности, таких как учеба, наука, спорт. Так, например, если человек начал заниматься определённой спортивной тренировкой или занимается n -ый промежуток времени, то с каждой последующей тренировкой он будет совершенствовать свои навыки и умения. В дальнейшем это проявится на соревнованиях, с каждым разом он будет набираться опыта и в дальнейшем сможет побеждать, идти дальше и перейти на профессиональный уровень, получить спортивный разряд.

Второй случай, при $x_2 \rightarrow -\infty$, можно объяснить как уменьшение возможностей человека, связанных с его увлечениями, деятельностью или работой, также деградацией человека как личности. Если человек работает усердно, то он будет получать высокую заработную плату, но если же человек не выполняет свою работу в полном объеме или же перестает выполнять нормы, характерные для его вида деятельности, то его работодатель может уменьшить его заработную плату или понизить его в должности. В случае, если же человек не предпримет какие-либо меры или не захочет ничего менять, то он и во все может быть уволен.

Последний случай, при $x_3 \rightarrow 0$, можно рассмотреть относительно стороны учебы в школе, при изучении новой темы. На уроке алгебры преподаватель объяснил новую тему, например, тригонометрию. Ученик выучил таблицу со значениями и научился решать простейшие тригонометрические уравнения и

тождества. На этом моменте он перестал изучать что-то новое в этой теме и применяет эти знания в узком направлении. Это показывает то, что ученик изучил новую тему и не применяет эти знания в других направлениях, например, в геометрии, при вычислении углов треугольника; в физике для решения задач по механике и оптики; в астрономии для определения положения небесных тел, для расчета падения солнечных лучей на Землю.

В заключение отметим, что понятие предел функций встречаются довольно часто в нашей жизни в различных сферах: медицине, образовании, экономике. Одна из важнейших сфер – медицина. Пределы в медицине широко применяются, с их помощью можно рассчитать необходимые данные без особых усилий и с меньшей тратой времени.

ПРОИЗВОДНАЯ В ЭКОНОМИКЕ

*Карпина Анастасия Игоревна, студент 1-го курса кафедры «Экономика, организация строительства и управление недвижимостью»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Мороз О.А., канд. физ.-мат. наук)*

К вопросу приложений производной.

Одним из важных приложений производной в экономических задачах является понятие эластичности, которое впервые возникло в работах А. Маршалла в 1885 г.

Понятие эластичности позволяет прояснить процесс адаптации рынка к изменению его факторов. Предприятие, повышая цену на продукцию, имеет возможность увеличить выручку от её продажи. Эластичность как раз и даёт ответ на вопрос о том, на какую величину изменится объём спроса и предложения при изменении цены.

Эластичность является мерой чувствительности одного из параметров по отношению к другому. Она показывает, на сколько процентов изменится первый показатель при изменении другого на 1%.

Рассмотрим функцию $y = f(x)$, которая получит приращение Δy , если x получит приращение Δx .

Отношение $\frac{\Delta y}{y}$ называется относительным приращением функции, а отношение $\frac{\Delta x}{x}$ – относительным приращением аргумента.

Тогда эластичность функции определяется как предел отношения относительного приращения функции к относительному приращению аргумента при $\Delta x \rightarrow 0$:

$$E_x(y) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \left(\frac{\Delta y}{y} : \frac{\Delta x}{x} \right) = \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta y}{\Delta x} \cdot \frac{x}{y} = y' \cdot \frac{x}{y}$$

Пример 1. Найти эластичность функции $y = (1 + 2x)e^{-x^2}$ в точке $x_0 = 1$.
Решение.

$$E_x(y) = y' \cdot \frac{x}{y}$$

$$y^1 = 2 \cdot e^{-x^2} + (1 + 2x)e^{-x^2} \cdot (-2x) = 2e^{-x^2}(1 - x - 2x^2)$$

$$y'(x_0) = -4e^{-1}$$

$$\frac{x}{y} \Big|_{x_0} = \frac{x}{(1+2x)e^{-x^2}} \Big|_{x_0=1} = \frac{1}{3e^{-1}}$$

$$E_x(y) = \frac{-4e^{-1}}{3e^{-1}} = -\frac{4}{3}.$$

Пример 2. Найти эластичность спроса q относительно цены p , если $q(p) = -3p^2 + 2p + 8$ при $p = 1$.

Решение.

$$E_p(q) = q' \cdot \frac{p}{q}$$

Если $|E_p(q)| > 1$, то спрос эластичен; $|E_p(q)| < 1$, то спрос неэластичен; $|E_p(q)| = 1$, то спрос нейтрален.

$$q'(p)|_{p=1} = (6p + 2)|_{p=1} = -4$$

$$E_p(q) = -4 \cdot \frac{p}{-3p^2 + 2p + 8} \Big|_{p=1} = -\frac{4}{7}$$

Таким образом, $|E_p(q)| = \frac{4}{7} < 1$. Это означает, что если цена возрастёт на 1% (т.е. станет 1,01), то спрос уменьшится на 0,57%.

Пример 3. Найти эластичность спроса q по доходу r , если $q(r) = 2 + 1,2r + 0,4r^2$. Как изменится спрос, если доход изменится от 100 до 150?

Решение.

$$q'(r) = 1,2 + 0,8r$$

$$E_r(q) = (1,2 + 0,8r) \cdot \frac{r}{2 + 1,2r + 0,4r^2} \Big|_{r=100} = 1,9699 \approx 1,97$$

$$E_r(q) = (1,2 + 0,8r) \cdot \frac{r}{2 + 1,2r + 0,4r^2} \Big|_{r=150} = 1,9799 \approx 1,98$$

Спрос практически не изменится.

ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ФОРМЫ И ИХ НАЗНАЧЕНИЯ В РАЗНЫХ АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ

*Клебча Екатерина Юрьевна, Бегеца Елена Владимировна, студентки 2-го
курса кафедры «Технологии и методика преподавания»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Коваленок Н.В., старший преподаватель)*

Архитектурные сооружения состоят из отдельных элементов, любые из которых в той или иной мере базируются на конкретных геометрических конфигурациях либо их комбинациях. Безусловно, о сопоставимости архитектурных форм с геометрическими фигурами возможно заявлять только примерно, отходя от мелких элементов. В архитектуре применяются практически все без исключения геометрические фигуры. Выбор применения той или иной формы в архитектурном сооружении находится в зависимости от множества факторов и потребностей: от эстетического и визуального типа сооружения, до его прочности и удобства применения.

К примеру, в Беларуси отель находящийся около международного аэропорта создан в виде конуса. Данная геометрическая конструкция способствует изменению направления попадающих в нее звуковых волн. Наглядным образцом применения данной функции является обычный рупор. Данное качество конуса весьма полезно для уменьшения шума в гостиничных номерах.

Надежность - один из основных критериев строительных сооружений. Данное качество зависит не только от используемых материалов, но и от конструктивных особенностей. Надежность сооружений в полной мере непосредственно сопряжена с их основополагающей геометрической формой. Наиболее надежным строительным сооружением античности считаются египетские пирамиды, которые обладают формой правильных четырехугольных пирамид. Данная геометрическая модель объясняет максимальную стабильность за счет значительной площади основания. «Рациональность» геометрической фигуры пирамиды дает возможность подбирать значительные масштабы, придает постройке достоинство, порождает чувство вечности.

На сегодняшний день наибольшей популярностью обладают железобетонные каркасные системы, что применяются при возведении нынешних сооружений из металла и стекла. В прошлые десятилетия были популярны такие металлоконструкции, как Эйфелева башня в Париже, и

конструкции из сборного железобетона, например телебашня на Шаболовке в Москве и др. Телебашня на Шаболовке составлена из нескольких установленных друг на друга элементов, в виде однополостных гиперболоидов. При этом каждая часть выполнена из двух семейств прямолинейных балок, которые несут свою определенную функцию. Есть еще много других примеров.

В рамках наших возможностей и практических знаний, мы постарались придумать и сделать виртуальный макет своего строительного сооружения в виде одной чаши двуполостного гиперболоида. (рис 1)

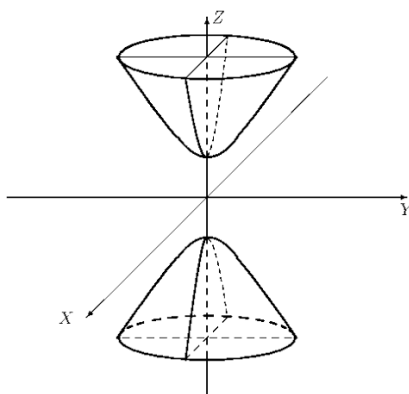


Рисунок 1 – двуполостный гиперболоид

Нашим проектом, является остановочный пункт общественного транспорта на загородной магистрали с большим трафиком движения (рис 2).

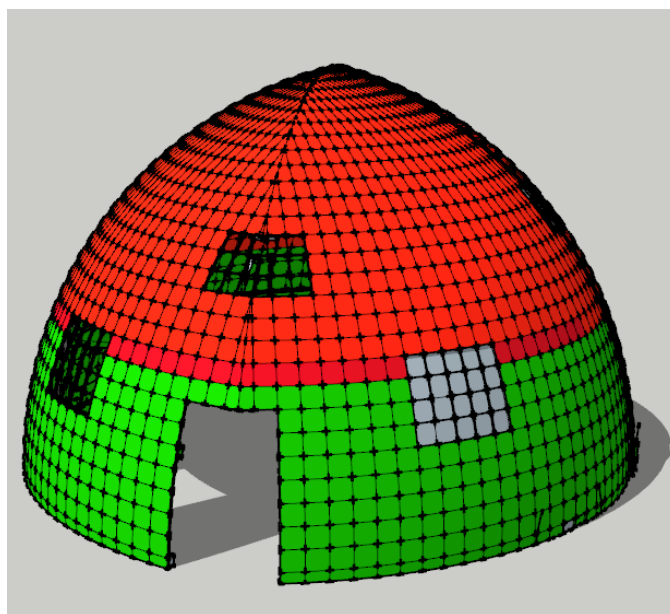


Рисунок 2 – макет остановочного пункта

Мы надеемся, что наш проект будет полезен для проектировщиков и строителей. Материал и форма могут варьироваться, но хотелось бы

остановиться на некоторых преимуществах данного объекта, который внешне напоминает купол или колокол.

Остановка, построенная в виде данной геометрической формы, имеет ряд преимуществ перед теми, что мы привыкли видеть на белорусских дорогах:

1. Безопасность

Максимальная закрытость данной конструкции, будет способствовать защите от опасных аварийных ситуаций, для находящихся на остановке людей. Если человек будет находится внутри, то этим он сможет максимально себя обезопасить, даже если в нее врежется грузовик.

2. Термозащита

В летние знойные дни максимально закрытая форма, создаст тень от солнца и в следствии даст необходимую прохладу, а в холодный период, наоборот, защитит от ветра (который, зачастую, присутствует на открытой местности), а также укроет от дождя или метели.

3. Шумоизоляция

Большой поток транспорта и высокий скоростной режим способствует шумовому дискомфорту в условиях длительного пребывания на трассе, и с этой проблемой максимально справится наше сооружение - «купол».

4. Защита от нападения диких животных

Закрытый тип (не широкая дверь и не большие окна) остановки исключат возможность нападения на людей таких животных как лоси, олени (численность которых в нашей Республике растет). Это, безусловно, является преимуществом на дороге между городами, зачастую окруженную лесом или полем. Но, не исключает возможности, служить убежищем для мелких животных и птиц.

5. Большое количество посадочных мест (по внутреннему периметру купола).

6. Узнаваемость/видимость

Различный нестандартный дизайн, например, в нашем случае, в виде колокола или купола ярко окрашенного, позволит автомобилистам издали замечать такую остановку даже при неблагоприятных погодных условиях и соблюдать правила скоростного режима, а водителям междугородных автобусов с легкостью ориентироваться вдоль всего маршрута.

7. Надежность и долговечность

При правильном расчете всех параметров, остановка куполовидной формы прослужит очень долго, игнорируя любую непогоду и давление атмосферных осадков.

Главные критерии формирования строительных сооружений определил еще Витрувий, ученый древнеримского зодчества: "Надежность, польза, красота". И эти критерии актуальны и по сей день.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ФУНКЦИЙ МНОГИХ ПЕРЕМЕННЫХ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КАЧЕСТВА ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

*Ковалевский Олег Сергеевич, Василенко Павел Васильевич,
студенты 2-го курса кафедры «Тракторостроение»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель)*

Большинство процессов, явлений в окружающем нас мире определяются не одной независимой переменной, а несколькими, функционально связанными между собой. Для изучения подобных зависимостей введено понятие **функции нескольких переменных**.

Например, площадь прямоугольника $S = ab$ есть функция двух независимых переменных сторон a и b . Объем прямоугольного параллелепипеда $V = abc$ является функцией трех независимых переменных – ребер a , b , c параллелепипеда.

Переменная z называется **функцией двух независимых переменных** x и y , если некоторым парам значений x и y по какому либо правилу или закону ставится в соответствие определенное значение z . Символически функция двух переменных обозначается так: $z = f(x, y)$ [1, с. 17].

Рассмотрим пример использования функции нескольких переменных при исследовании качества здоровья человека:

Воспользуемся 3 главными переменными, которые будут отвечать на данный вопрос:

- место жительства(x);
- условия проживания(y);
- текущий возраст(время)(z).

Для исследования данного вопроса необходимо учесть, что место жительства и условия проживания будут характеризоваться 10 - бальной шкалой, где от 1 до 10 будет увеличиваться их качество. Будем использовать следующий принцип:

1. Цифры от 1 до 3 будут означать «непригодное» место проживания, а для условия проживание будут характеризоваться как «плохое».
2. Цифры от 4 до 6 будут означать «умеренное» и «среднее» соответственно.
3. Цифры от 7 до 10 будут означать «хорошее или отличное» и «благоприятные» соответственно.

Следует отметить, что возраст ухудшает качество здоровья в силу природы человека, поэтому мы будем использовать z как отрицательный фактор, а числа как годы, прожитые человеком. Для вышеперечисленного рассмотрим функцию $f(x, y, z) = |x + y - z|$ (рис.1).

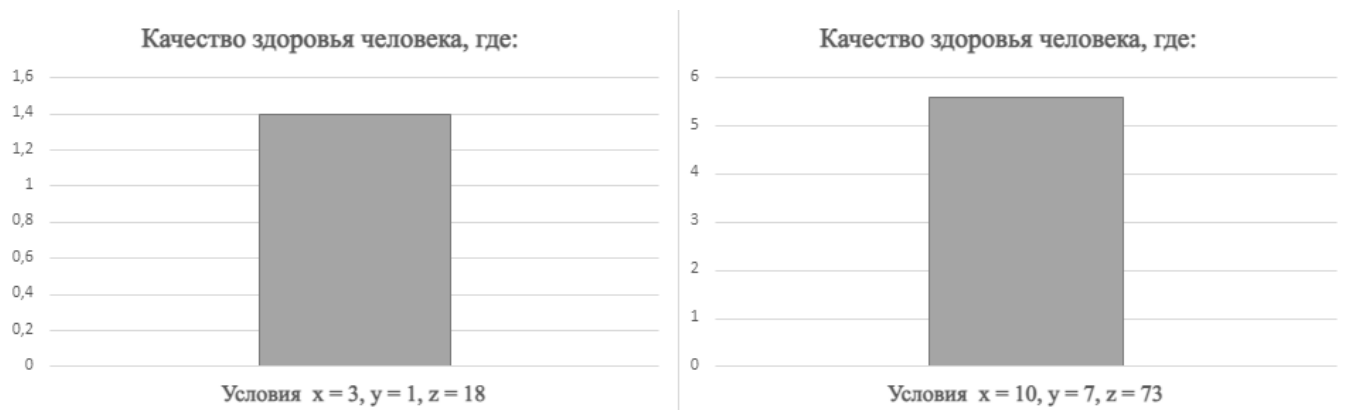


Рисунок 1 – График качества здоровья человека при двух возможных вариантах

В настоящее время функции многих переменных используются практически во всех промышленных производствах, начиная от ткацкого производства, заканчивая строительством космических ракет и шаттлов. В работе рассмотрено применение функции многих переменных для исследования качества здоровья человека в зависимости от факторов окружающей среды.

Литература:

1. Садовничая, И. В. Математический анализ. Функции многих переменных : учебник и практикум для вузов / И. В. Садовничая, Т. Н. Фоменко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 206 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MSEXCEL ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТИ И МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ В СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»

Лаппо Андрей Игоревич, студент 2-го курса

кафедры «Автомобильные дороги»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель

кафедры «Высшая математика»)

Ключевая цель курса «Математика» в техническом университете – обучить студентов математическому подходу к анализу прикладных задач, а также математическим способам исследования и решения таких задач. Сфера профессиональной деятельности в строительстве охватывает в себя: инженерные изыскания, проектирование, строительство, эксплуатацию, оценку и реконструкцию сооружений; инженерное обеспечение и знание оборудования строительных площадок и территорий; использование машин, оснащения и технологий для строительства и изготовления строительных материалов, изделий и конструкций. В связи этим фактором, одной из задач при освоении курса «Математика» для будущих инженеров-строителей является ориентация на использование математических методов при решении практических задач, появляющихся в их профессиональной деятельности.

Студенты строительных специальностей впервые встречаются с решением профессионально-ориентированных задач при изучении механики грунтов и инженерной геологии. Именно камеральная обработка результатов полевых и лабораторных исследований позволяет совместить выполненные инженерно-геологические работы с будущим строительством объекта, поэтому понимание хода и последовательности обработки результатов геологических исследований обязательно и в то же время является примером наглядного применения методов теории вероятностей и математической статистики.

В процессе обработки полученных результатов изучаемые грунты как правило разделяют на ИГЭ (*инженерно-геологические элементы*) отталкиваясь от таких характеристик как: происхождение, структурные и текстурные особенности грунтов и их типа или вида. В каждой категории характеристики грунтов исследуют на предмет значений сильно выделяющихся от подавляющей части, которые могут быть результатом экспериментальных ошибок, а также удаление значений относящихся к другой категории или инженерно-

геологическому элементу. Конечный результат данного мероприятия заключается в оценивании вариативности составных частей почвы и их коэффициента вариации: $Vc = \frac{S}{Xn - Xmin}$, где $Xmin$ – минимальное значение в выборочной совокупности исследовательских данных, Xn – стандартное значение характеристики грунтов, S – усредненное отклонение одной из характеристик.

Также внимание обращают на изменчивость в ранее установленных рамках одного из элементов сопутствующих характеристик почвы, т.е. они происходят случайно или происходит их закономерное изменение в одном из направлений. Для выявления этих самых изменений применяют физико-механические характеристики, например: *удельный вес, степень влажности, границы раскатывания и текучести глинистых грунтов*. Путем построения графиков таких как зондирования, так и рассеяния можно дать справедливую оценку изменчивости пространственных характеристик. Также прибегают к графикам изменения характеристик по направлению, а именно точечные графики и аппроксимирующие зависимости

Все выше указанные действия невозможны без базового представления о ряде терминов, положений и методов теории вероятностей и математической статистики. В них входят интеграл Неймана и его вероятность, законы распределения (Биноминальный, Геометрический, Гипергеометрический и др.), RSMD (среднеквадратичное отклонение) и ряд прочих понятий.

Математический аппарат теории вероятностей и математической статистики нашел свое применение также и в расчете конструкций. Зачастую характер внешних нагрузок рандомный, в эту категорию также попадают случайные физико-механические свойства материалов. На первый взгляд они не существенны и не регулируются т.е. не поддаются контролю. И тут приходит на помощь теория вероятностей и математическая статистика. Применение нужной теории может предположить достижение предельного состояние конструкции ведь оно своего рода тоже случайное событие.

Большие объемы данных, простые формулы для вычисления, все это свойственно табличным расчетам. Они не целесообразны, проще говоря относятся к рутинной работе, для ее выполнения стоит воспользоваться компьютером. Современные информационные технологии позволяют оптимизировать решение таких задач. Поэтому прибегают к использованию электронных таблиц, а самым удобным ПО является MSExcel который и занимается обработкой данных в табличной форме.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу и её решение в MSExcel:

Задача: На контроль качества грунтовых смесей обработанных вяжущими материалами поступила партия из $n = 6$ штук. Вероятность отклонения прочностных характеристик от допустимых исходя из точности дозирующего устройства в грунtosмесительной машине равна 0,33. Требуется найти вероятности $P_n(k)$ того, что число несоответствующих образцов k в партии составляет 0, 1, ... 6, а также наивероятнейшее число некачественных образцов.

Решение: Для нахождения вероятностей $P(X = k)$ используем формулу Бернулли: $P(X = k) = P_n(k) = C_n^k p^k (1 - p)^{n-k}$. Т.е.

$$P(X = 0) = C_8^0 \cdot 0,33^0 (1 - 0,33)^6 = 0,09045, \quad P(X = 1) = C_8^1 \cdot 0,33^1 (1 - 0,33)^5 = 0,04455.$$

Для проверки правильности вычислений и оптимизации расчётов решение задачи с помощью Microsoft Excel (Рис. 1). Для наглядности построим график. Найдем наивероятнейшее число брака из таблицы (или графика). Наибольшая вероятность 0,09045 соответствует числу образцов, равному $k_0 = 0$.

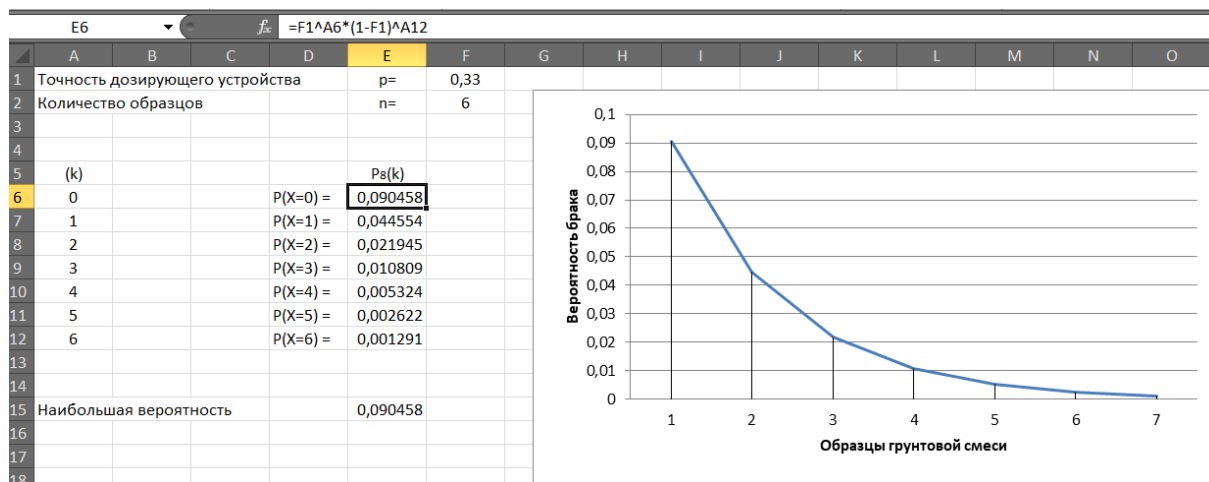


Рисунок 1 – Решение задачи с помощью Microsoft Excel

В данной статье рассмотрены вопросы касательно основной цели курса «Математика» в техническом вузе, которая заключается в обучении студентов математическому подходу к анализу прикладных задач. Решение данных задач в инженерной геологии и грунтоведении, метод обработки данных такой как ИГЭ, а также возможность использования MS Excel для решения данных задач.

Литература:

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов. стер. М.: Высш. шк., 2003. 479 с.
2. Уласик Т.М., Ерохина Ю.А. Учебно-методический комплекс по дисциплине «Инженерная геология». Минск: 2020. 160 с.
3. Чувакин, В.С. Основы инженерной геологии. Учебное пособие. Томск: Изд-во ТГУ, 2003. 101с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТРИЦ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА

*Ласкунов Станислав Сергеевич, Гарцуева Ульяна Сергеевна,
студенты 1-го курса кафедры «Экономика и логистика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Готина Л.Н., ассистент)*

Матрица – система $m \times n$ чисел расположенных в прямоугольной таблице из m строк и n столбцов.

Прямоугольное расположение означает, что элементы расположены в строках и столбцах. Объекты в матрице можно использовать для вычислений определенным образом, например, путем сложения или перемножения матриц. Эти математические объекты в основном являются числами, но также могут быть переменными или даже функциями. Она состоит из m строк и n столбцов. Элемент матрицы идентифицируется индексом mn , где m обозначает положение по горизонтали, а n — положение по вертикали. Например, a_{34} — это элемент в 3-й строке и 4-м столбце.

Наиболее ранняя – квадратная матрица коэффициентов и констант из системы уравнений. Эта концепция была впервые предложена Келли, британским математиком в 19 веке. Как инструмент для решения линейных уравнений матрицы. Вскоре такие операции как умножение строки на число и одной строки на другую, стали эквивалентны элементарному преобразованию матрицы. Но в то время не было матричного понятия.

Матрицы формально появились как объект исследования в математике после того, как развились исследования определителей. Логически понятие матрицы предшествует определителю, но в реальной истории верно обратное. Японский математик Сэки Такава (1683 г.) и Готфрид Вильгельм Лейбниц (1693 г.), один из первооткрывателей исчисления, почти одновременно независимо друг от друга создали теорию определителей. Позже определитель постепенно развивался как инструмент для решения линейных уравнений. В 1750 году Габриэль Крамер открыл закон Крамера.

Понятие матрицы постепенно складывалось в 19 веке. В 1800-х годах Гаусс и Уильям Джордан разработали метод исключения Гаусса-Джордана. В 1844 году немецкий математик Фердинанд Эйзенштейн обсуждал «преобразования» (матрицы) и их произведения. Термин «матрица» был впервые использован английским математиком Джеймсом Джозефом Сильвестром в 1850 году. Матрицы являются важной частью линейной алгебры и встречаются почти во

всех областях математики. Они ясно представляют линейные зависимости и, таким образом, облегчают расчеты. В частности, они используются для представления линейных отображений, а также для описания и решения систем линейных уравнений.

Рассмотрим таблицу:

Таблица 1 – Производительность некоторых предприятий

Вид изделия №	Количество производимого товара (в день)					Затраты сырья на единицу изделия		
	1 пред	2 пред	3 пред	4 пред	5 пред	1 вид	2 вид	3 вид
1 №	2	5	6	7	8	2	3	4
2 №	2	4	5	3	1	4	5	8
3 №	8	14	2	8	4	3	6	8
4 №	3	10	10	4	5	5	7	9
	Количество полных рабочих дней в году					Цена различного сырья		
	1 пред	2 пред	3 пред	4 пред	5 пред	1 вид	2 вид	3 вид
	200	180	150	140	160	40	60	80

Далее запишем матрицу, показывающую весь экономический спектр производства. Составим матрицу производительности предприятий по всем типам продукции (строка – вид n-го изделия, столбец – номер n-го предприятия).

$$\begin{pmatrix} 2 & 5 & 6 & 7 & 8 \\ 2 & 4 & 5 & 3 & 1 \\ 8 & 14 & 2 & 8 & 4 \\ 3 & 10 & 10 & 4 & 5 \end{pmatrix} = M$$

Производительность n-го предприятия за год по n-ому типу сырья можно получить через произведение каждого столбца на строку, которая показывает соответствующее количество рабочих дней в году:

$$\begin{pmatrix} 400 & 900 & 900 & 980 & 1280 \\ 400 & 720 & 750 & 420 & 160 \\ 1600 & 2520 & 300 & 1120 & 640 \\ 600 & 1800 & 1500 & 560 & 800 \end{pmatrix} = H$$

Рассчитаем затраты сырья на единицу изделия, чтобы это сделать запишем матрицу затрат сырья на 1 единицу n-го изделия (строка – вид сырья, столбец – вид изделия).

$$\begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 5 \\ 3 & 5 & 6 & 7 \\ 4 & 8 & 8 & 9 \end{pmatrix} = S$$

Для расчета затрат на сырье на каждом предприятии умножим матрицу S на M:

$$\begin{pmatrix} 51 & 118 & 88 & 70 & 57 \\ 85 & 189 & 125 & 112 & 88 \\ 115 & 254 & 170 & 152 & 117 \end{pmatrix} = SM$$

Теперь можно рассчитать потребность сырья на n -ом предприятии за год, для этого умножим матрицу DM на количество рабочих дней в году n -го предприятия.

$$\begin{pmatrix} 10200 & 21240 & 13200 & 9800 & 9120 \\ 17000 & 34020 & 18750 & 15680 & 14080 \\ 23000 & 45720 & 25500 & 21280 & 18720 \end{pmatrix} = SM_1$$

Составим матрицу, которая показывает стоимость сырья:

$$(40 \quad 60 \quad 80) = F$$

Теперь рассчитаем стоимость n -го вида сырья за год умножив матрицу F на SM_1 :

$$(3268000 \quad 6548400 \quad 3693000 \quad 3035200 \quad 2707200) = P$$

Таким образом можно выделить следующие преимущества матриц:

- Простая запись экономических процессов
- Помощь в решении сложных задач
- Минимизация затрат труда и времени на обработку данных

Литература:

1. История создания матрицы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ehto-etotakoe.ru/matrix> - Дата доступа 11.12.2022
2. Понятие матрицы [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Матрица_\(математика\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Матрица_(математика)) - Дата доступа 11.12.2022
3. Применение матриц в экономике [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=14118> - Дата доступа 11.12.2022

ПОДГОТОВКА СТУДЕНТОВ К ИСПОЛЬЗОВАНИЮ МАТЕМАТИКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ДОРОГ

*Лобач Марьян Геннадьевич, Еска Алексей Андреевич,
студенты 1-го курса кафедры «Экономика и логистика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Готина Л.Н., ассистент кафедры «Высшая
математика»)*

Влияние реальных или прикладных задач на уроки математики всегда было и остается предметом дидактических рассуждений.

Известные личности неоднократно указывали на необходимость задач, ориентированных на реальность. К примеру, Фройденталь представляет себе, как студенты изобретают «математический элемент», наблюдают за его поведением, его и делают выводы. Это и есть главной и ответственной задачей дидактики для него. Связь математики с «переживаемой реальностью учащегося является скелетом, к которому прикреплена математика...»

Для живого и понятного урока идеи и опыт учащихся должны быть использованы снова и снова. Например, Клейн говорит: «В школе всегда придется сначала опираться на живое конкретное восприятие и лишь постепенно суметь вывести на первый план логические элементы».

Взаимодействие реальности и математики можно охарактеризовать включением прикладных задач. Целью уроков математики, особенно в старших классах средней школы, должно стать предоставление учащимся «сбалансированной» картины математики как всеобщего культурного и социального феномена.

Студентам нужно показать хотя бы на примере, где и как можно использовать математику. Таким образом, они получают более реалистичную оценку роли математики и получают теоретическое понимание предмета.

Например, рассматривая аспекты дорожного строительства, можно создать сбалансированную картину.

На основе реального газетного сообщения может быть создана следующая информация, которая сформулирована очень доступно, дает только ключевые данные и позволяет учащимся проскользнуть в роли планировщика дорожного движения.

Проблема может заключаться в следующем:

Города А, В и С планируют построить объездную дорогу, чтобы улучшить качество жизни своих жителей. Это предназначено для разгрузки грузовых и автомобильных перевозок между городами А и В.

Для реализации этого проекта муниципалитеты создали комиссию, состоящую из представителей всех трех муниципалитетов. Задача комиссии состоит в том, чтобы объявлять тендеры и получать различные проектные предложения, из которых выбираются и присуждаются наиболее подходящие.

Группы планирования должны подробно задокументировать свои соображения и расчеты, чтобы соответствующие преимущества можно было подробно аргументировать в окончательной презентации.

Развитие темы на занятии

Рабочий процесс студентов можно разделить на несколько разделов. Начало ознаменовано подробным сбором данных. В ходе этой деятельности учащиеся будут наткнуться на все новые и новые детали, которые могут породить первоначальное представление о моделировании. Преподаватели должны быть доступны здесь в качестве контактных лиц, чтобы указать студентам на возможные модельные предложения, которые не могут быть решены, - если студенты этого желают.

После сбора достаточного количества данных можно разработать и сформулировать первую модель. Для этого имеет смысл сначала записать различные подходы в группах, а затем обсудить их в группе. Как только модель, которую можно использовать, будет четко обозначена, студентов просят записать подход с помощью обязательных рекомендаций. Затем может быть выработано решение для математической модели, а полученные результаты могут быть интерпретированы и проверены полностью в смысле цикла моделирования.

Возможное решение исходной задачи будет показано ниже. Тем не менее, хотелось бы прямо указать, что это лишь одна из многих возможностей. Особая роль отводится использованию технических средств, так как без таких средств решение в данном случае вряд ли было бы возможно.

Сбор данных

Данные могут быть собраны в соответствии с широким спектром лиц и областей фокусировки. Возможности сбора данных варьируются от сбора географических данных до сбора демографических данных. Если собрать географические данные, то можно более подробно рассказать в модели о расположении мест, которые необходимо учитывать, и о возможной планировке дорог. Если в модель также включены демографические данные, можно также учитывать пригородные перевозки.

Географические данные могут быть собраны несколькими способами. Помимо использования существующих карт, можно использовать (онлайн) планировщики маршрутов или ГИС-приложения. Каждое приложение имеет различные преимущества для пользователя, особенно с точки зрения обработки и доступных функций.

Процесс сбора данных уже демонстрирует первый подход к моделированию. Реальную модель уже можно сформулировать в явном виде. Таким образом, создание математической модели может быть значительно упрощено.

Расчет

Первым шагом решения является преобразование данных карты в координаты. Для этого на карту перемещают локальную систему координат, определяют ее начало координат и масштаб. Измеренные координаты можно легко преобразовывать с помощью электронной таблицы.

В данном модельном решении использовалась цифровая карта.

После преобразования координат моделирование может значительно улучшить понимание ситуации. В этом случае рекомендуется использовать систему динамической геометрии.

Следующим шагом является расчет решения. Поскольку все дороги здесь моделируются прямыми линиями, необходимо создать уравнение этих прямых линий. Кроме того, должны быть определены пересечения и все длины маршрутов. Для расчета общей длины улиц я использую аналитическую формулу уравнения прямой линии ($y=kx+d$).

Расчет длины соединительных участков осуществить уже не так просто. Это можно сделать с помощью CAS.

Чтобы затраты на строительство были меньше, общая длина всех заданных частичных длин должна быть минимальной.

Конечно, представленное здесь решение требует критического рассмотрения, так как оно не учитывает влияния окружающей среды. Можно ли на самом деле выбрать точку Р таким образом, должно определяться с помощью используемого картографического материала. В этом случае это было бы возможно, хотя сомнительно, не будет ли точка Р, например, по-прежнему находиться в чувствительной ландшафтной зоне или на выбор точки Р повлияют другие факторы. Однако это не является предметом настоящей задачи, поэтому экспериментально найденное решение можно интерпретировать как подходящее.

Несмотря на успешное моделирование, студенты должны осознавать любые трудности, которые могут возникнуть. Для данной модели я хотел бы перечислить несколько:

- Р нельзя «ставить» в каждой точке – причиной этого можно назвать введение городской черты и нормальное состояние въездов в город.
- Использование CAS для целевой функции – это очень сложно и может быть решено только в том случае, если с самого начала будет соблюдаться правильное определение отдельных функций.

Такие примеры из реальной жизни, как представленные здесь, вполне подходят для того, чтобы представить моделирование и деятельность по моделированию в интересной форме для студентов и сделать ее доступной. Это также подтверждается оценками опросов студентов в дни моделирования.

Многие студенты, принявшие участие в таких проектных днях, смогли открыть для себя и познакомиться с совершенно новой гранью математики. В результате мотивация к предмету математика может быть устойчиво повышена.

МАТЕМАТИКА И АРХИТЕКТУРА СУЩЕСТВЕННОЕ ДОПОЛНЕНИЕ ОДНА ДРУГОЙ

*Муляров Елисей Владимирович, студент 2-го курса
кафедры «Автомобилестроение»*

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель - Готина Л.Н. преподаватель кафедры «Высшая
математика»)*

Математика как наука является четкой системой теорем, законов и задач, но и уникальное средство познания красоты и окружающей среды. Многие математические теории часто кажутся просто необъяснимыми, оторванными от реальной жизни и не всегда нам понятными. Подойдя и рассмотрев эти существующие проблемы с позиции исторического развития, выявляется их необходимость и глубокий жизненный смысл.

Архитектура – это искусство проектирования и строительства зданий, сооружений и их комплексов, то есть искусство создания материально-организованной среды человека. Однозначно можно сказать, что как область строительной деятельности человека, архитектура отражает уровень научно-технического развития всего нашего общества.

Однозначно можно утверждать, что математика и архитектура как науки развивались одновременно, шли параллельно «рука об руку», то есть невозможно обозначить точную линию между этими видами искусств. В древние времена архитектуру и математику приравнивали к искусствам. Если человек совместно с музыкой, поэзией и философией, не изучал математику, то есть не умел правильно сформулировать и решать поставленные задачи, полностью доказывать теоремы считался не полностью образованным. Развитие архитектуры требовало определенных знаний математики и естественно наоборот. Начальные шаги в строительстве и возникшей вслед за ним архитектуры явились первыми толчками, благодаря которым возникла и сделала первые шаги математика как наука.

По сути, каждую из этих наук можно рассматривать существенным и необходимым дополнением другой. В построении архитектурных зданий, сложных конструкций и различных сооружений используются математические методы измерений и вычислений, чтобы создать интересные, разнообразные или сложные линейные орнаменты для сооружений и различных конструкций необходимо произвести следующие преобразования: параллельный перенос;

зеркальная симметрия с вертикальной осью; зеркальная симметрия с горизонтальной осью; поворотная (центральная симметрия). Не секрет, что для начала строительства здания, сложного или простого сооружения, необходимо произвести точные математические расчеты, чтобы точно определить, где, как и сколько потребуется материалов и затрат для строительства пусть даже не большого дома. Поэтому основной задачей архитектора является – совместить комфортность, красоту, функциональность, долговечность и экономичность, можно точно сказать, что в этом и помогают знания математики: формулы для расчета площади; знания единиц измерения; учет среднего роста человека; планировку здания, для создания комфортных условий. Не менее важным для постройки сооружения нужен правильный чертеж, а для него также необходимы знания математики: при нанесении размеров земельного участка и проецировании здания или сооружения архитектор пользуется признаками подобия фигур, т.е. он изображает объект не в натуральную величину, а использует масштаб, стандартное отношение которого равно 1: 100; известная теорема Фалеса используется при планировке для построения последовательно равных отрезков; вычерчивание планов начинают с изображения координационных или разбивочных осей, которые определяют расположение колонн и стен в здании или сооружении; при проектировании вертикальной планировки используют графоаналитический метод, то есть с помощью математических решений строится сложная аналитическая модель проектируемого и существующего рельефов. Возводя различные здания и сооружения, мы думаем в первую очередь об их прочности, которая связана с долговечностью, для этого производят расчеты на прочность здания или строительной конструкции, которая составляется с учетом специфики и особенностей строительных и ряда других сопутствующих видов работ, которые выполняются при строительстве зданий и сооружений различного назначения. Расчеты прочности нужны для обеспечения эффективной эксплуатации строительных конструкций, зданий и разного вида сооружений после окончания строительства, сохранность имущества и безопасность людей, а также отсутствие возможности различных видов разрушений и деформаций. Особенности проведения прочностных расчетов заключаются в том, что для каждого вида материала, который используется в строительстве, и для каждого конкретного элемента, существуют свои предельно допустимые нормы нагрузок. Индивидуальный расчет на прочность с учетом указанных факторов выполняется для каждого нового строительного объекта.

Можно сказать, что архитектор должен знать математический анализ и аналитическую геометрию, теории матриц и основы высшей математики, владеть методами математического моделирования и оптимизации.

Фундаментальные закономерности математики являются формообразующими в архитектуре, что архитектура и математика, являясь соответствующими проявлениями человеческой культуры, на протяжении веков активно влияли друг на друга. Они давали друг другу новые идеи и стимулы, совместно ставили и решали задачи.

Математика является незаменимой частью архитектуры. Математика очень эффективно помогает решать самые сложные строительные задачи, связанные не только с обмером и разметкой, но и геометрическими фигурами. В общем, математика – это «Царица наук», при правильном применении решает почти самые сложные задачи.

ПРИМЕНЕНИЕ «КОУЧИНГ»-ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ МАТЕМАТИКИ В ВЫСШЕЙ ШКОЛЕ

*Самотиевич Екатерина Сергеевна, Стеганцева Милана Ивановна,
студенты 1-го курса кафедры «Инженерная экономика»
Белорусский национальный технический университет, г. Минск
(Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель кафедры
«Высшая математика»)*

Коучингом называется индивидуальный подход к развитию каждого студента, который осуществляется при помощи объединения групп, результатом применения которого является выявление скрытого потенциала студентов, систематизация их знаний и достижение ими поставленных целей [1].

Применение «коучинг»-технологии помогает в актуализации способностей студентов в любой сфере деятельности. Данная технология используется преподавателями в вузах с целью дать возможность студентам понять, что знания, которыми они владеют на данном этапе, помогают им достичь поставленной задачи.

Впервые метод коучинга был разработан в Америке. Понятие «коучинг» начало формироваться в 90-е годы XX столетия в спорте, когда преподаватель Гарвардского университета и теннисист Тимоти Гэллвей начал рассказывать своим студентам о том, что победа в спорте определяется только самим спортсменом, а именно его внутренним состоянием и его внутренними чувствами, душевным состоянием и физической подготовкой [2, с. 13]. Позже, под коучингом стали подразумевать работу с клиентами в сфере бизнеса.

В наше время технологии коучинга применяются во многих направлениях. Также этот метод начал приобретать популярность в образовании. В нашей работе рассмотрим использование «коучинг»-технологии в математике.

Взаимодействие студентов в группах помогает легче справиться с поставленной задачей. Метод коучинга на парах математики можно применять для того, чтобы студенты лучше усваивали информацию и, следствием этого, показывали хорошие результаты.

Студенты-первокурсники сталкиваются с большим количеством сложных тем при изучении математического анализа. Анкетирование среди студентов машиностроительного факультета показывает, что успешно тему «Производные функций» усвоили только 37 % из 82 тестируемых человек. Считаем, что

разрешить данную проблему возможно посредством применения «коучинг»-технологии.

В качестве примера рассмотрим один из способов применения «коучинг»-технологии при изучении темы «Производная функций». Рассмотрим «Пирамиду знаний: Производная функции» (рис.1).

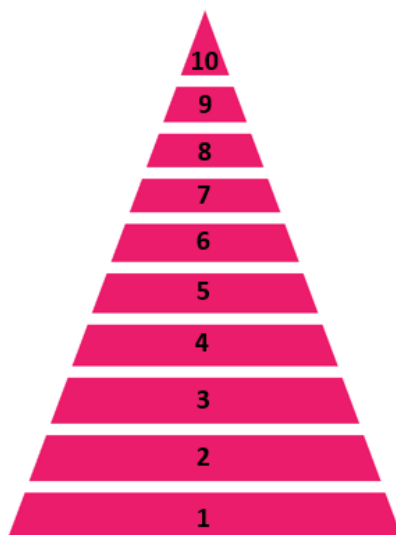


Рисунок 1 – Пирамида знаний: Производная функции

В данной пирамиде присутствует 10 уровней. Под каждым из них закреплён свой вопрос по теме «Производная». На каждый из вопросов студенты должны дать ответ. Тем самым, преподаватель имеет возможность проследить, насколько студенты владеют темой.

Перечень вопросов:

1. Что такое производная?
2. Напишите формулу производной функции $y = \ln x$.
3. Что называется приращением функции?
4. Чему равна производная функции $y = \text{arcctg} x$?
5. Что такое дифференцируемая функция?
6. Чему равна производная функции $y = \text{arcsin} x$?
7. Физический смысл производной?
8. Механический смысл производной?
9. Геометрический смысл производной?
10. Какие вы знаете теоремы о непрерывности функции?

Каждый из студентов строит свою пирамиду в тетради, отталкиваясь от правильных ответов на поставленные вопросы. Если студент выучил понятие производной, то он записывает в 1-й уровень пирамиды цифру «1». Далее, если может написать формулу производной $y = \ln x$ – записывает цифру «2». В такой последовательности он продолжает строить пирамиду. Данный способ

систематизации знаний проходит в комфортной обстановке без выставления итоговых отметок, из-за которых переживает каждый студент. Преподаватель, подводя итоги построенных пирамид, помогает студентам разобраться с вопросами, на которые они не дали ответ. И, тем самым, он коммуницирует с группой.

Подводя итоги, можно прийти к выводу, что использование «коучинг»-технологии обязательно при обучении студентов математики. Студенты станут более заинтересованными в предмете, что позволит им с легкостью выучить тему, разобрать ее с преподавателем и получать хорошие результаты на практике.

Литература:

1. Сущность и роль коучинга в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/>. – Дата доступа: 14.12.2022.
2. Сапронова, В.В. История становления и развития коучинга в образовании / В. В. Сапронова, Л.В. Харина. – Текст: непосредственный // Актуальные вопросы современной педагогики: материалы VIII Междунар. науч. конф. (г. Самара, март 2016 г.). – Самара: ООО «Издательство АСГАРД», 2016. – С. 13-15. – URL: <https://moluch.ru/conf/ped/archive/188/9944/> (дата обращения: 02.12.2022).

ОПТИМИЗАЦИЯ ЛОГИСТИКИ РАБОТЫ КАРЬЕРА

Синяговский Алексей Павлович, студент 1-го курса ФММП,

Герасименко Павел Владимирович, магистрант

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

(Научный руководитель – Воронова Н.П., канд. техн. наук, доцент)

Оптимизация логистики работы карьера зависит в том числе от выбора оптимального количества автомобилей, обеспечивающих транспортировку полного объема сырья, произведенного за смену [1]. При строительстве и эксплуатации автомобильных дорог необходимо достаточное количество строительных материалов в виде песка, гравия и щебня.

Рассмотрим задачу по определению количества автомобилей в автопарке, обслуживающем карьер для вывоза произведенного за смену гравийно-песчаного сырья. Известно, что за смену в карьере добывается 1125 м³ песка, 225 м³ гравия, 150 м³ щебня. Автопарк состоит из 30 машин I типа, 70 машин II типа, 50 машин III типа. Стоимость работы за смену для этих машин соответственно обозначим c_1, c_2, c_3 (руб.).

Пусть x_1, x_2, x_3 – количество машин I типа, перевозящих за смену объемы произведенного за смену песка, гравия, щебня. Для машин II типа – x_4, x_5, x_6 и машин III типа – x_7, x_8, x_9 . В качестве целевой функции возьмем стоимость всех перевозок по вывозу всего количества сырья из карьера, т.е.

$$c_1(x_1 + x_2 + x_3) + c_2(x_4 + x_5 + x_6) + c_3(x_7 + x_8 + x_9) \rightarrow \min .$$

Эта функция минимизируется.

Примем, что объемы перевозимого песка для машин I, II и III типа составляют 15,3 м³, 10,1 м³ и 9,46 м³; объемы гравия – 12 м³, 7,8 м³ и 7,4 м³; объемы щебня – 10,8 м³, 7,2 м³ и 6,7 м³. Для решения задачи симплекс-методом [2] введем дополнительные переменные x_{10}, \dots, x_{15} , чтобы избавиться от ограничений задачи в виде неравенств. Задача сведется к системе уравнений:

$$\begin{aligned}
15,3x_1 + 10,1x_4 + 9,46x_7 + x_{10} &= 112,5, \\
12x_2 + 7,8x_5 + 7,4x_8 + x_{11} &= 225, \\
10,8x_3 + 7,2x_6 + 6,7x_9 + x_{12} &= 150, \\
x_1 + x_2 + x_3 + x_{13} &= 30, \\
x_4 + x_5 + x_6 + x_{14} &= 70, \\
x_7 + x_8 + x_9 + x_{15} &= 50.
\end{aligned}$$

В результате решения задачи симплекс методом получим: $x_1 = 11,25$; $x_2 = 18,75$; $x_3 = 0$; $x_4 = 49,17$; $x_5 = 0$; $x_6 = 20,83$; $x_7 = 48$; $x_8 = 0$; $x_9 = 0$; $x_{10} = x_{11} = x_{12} = x_{13} = x_{14} = 0$; $x_{15} = 1,77$. Решение этой задачи оптимизирует автопарк карьера в виде 30 машин I типа, 70 – II типа, 48 – III типа. Тогда оптимальная стоимость перевозок за смену составит $30c_1 + 70c_2 + 48c_3$. Для вывоза песка рекомендуется использовать 11 машин I типа, 49 – II типа, 48 – III типа. Аналогично для гравия – 19 машин I типа, 21 машину II типа; для щебня – 21 машину III типа. При этом две машины III типа не используются.

Литература:

1. Березовский, Н.И. Разработка математической модели оптимальной деятельности карьера по добыче нерудных строительных материалов / Н.И. Березовский; Н.П. Воронова, С.Г. Зиневич // Горная механика. – 2007. – №1. – С. 68-75.
2. Сборник задач и упражнений по высшей математике: Математическое программирование: Учеб. пособие / А.В.Кузнецов, В.А. Сакович, Н.И. Холод и др.; Под общ. ред. А.В. Кузнецова. – Мн.: Выш. шк. , 1995, – 382 с.: ил.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ MSExcel ДЛЯ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛИНЕЙНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ МЕТОДОМ КРАМЕРА

*Черняк Валерий Иванович, студент 1-го курса
кафедры «Интеллектуальные и мехатронные системы»
Белорусский национальный технический университет
(Научный руководитель – Бадак Б.А., старший преподаватель
кафедры «Высшая математика»)*

Большой объем расчетных математических задач приходится на решение систем линейных алгебраических уравнений. Многие задачи управленческого и экономического, а также технологического характера основаны на решении систем линейных алгебраических уравнений, или сводящихся к ним. Системы линейных уравнений широко используются в задачах экономики, физики, химии и других науках. Умение решать системы линейных уравнений – это лишь метод для решения более сложных практических задач. Одной из таких задач является задача планирования выпуска продукции.

В работе рассмотрим пример решения задачи о планировании выпуска продукции как аналитическим («ручным») методом, так и с использованием возможностей табличного процессора MSExcel. Исходные данные задачи приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Затраты на выпуск продукции

День	Объем выпуска продукции(единиц)			Затраты (тысяча у.е.)
	Костюмы	Плащи	Куртки	
1	30	25	25	158
2	25	30	30	176
3	35	25	40	185

Отметим, решение прикладной задачи ведётся по известной трехэтапной схеме: формализация; математизация; интерпретация.

Решение:

1 этап – Формализация (приведение каких-либо данных условий к определенной форме).

Пусть x тысяча у.е. - затраты на производство костюма, y - затраты на производство одного плаща, z - затраты на производство куртки. Зная затраты на каждый день и количество произведенной продукции за день, составим систему линейных уравнений:

$$\begin{cases} 30x + 25y + 25z = 158, \\ 25x + 30y + 30z = 176, \\ 35x + 25y + 40z = 185. \end{cases}$$

2 этап – Математизация (внедрение математических методов в определённую область деятельности).

Рассмотрим решение данной системы, применяя **метод Крамера**, так как число искомых значений эквивалентно количеству алгебраических уравнений в системе, то есть образуемая из системы основная матрица должна быть квадратной и не содержать нулевых строчек, а также если определитель не является нулевым. Вычислим определитель:

$$\Delta = \begin{vmatrix} 30 & 25 & 25 \\ 25 & 30 & 30 \\ 35 & 25 & 40 \end{vmatrix} =$$

$$= 30 \cdot 30 \cdot 40 + 25 \cdot 30 \cdot 35 + 25 \cdot 25 \cdot 25 - 25 \cdot 30 \cdot 35 - 25 \cdot 25 \cdot 40 - 30 \cdot 25 \cdot 30 = 4125.$$

Так как определитель не равен нулю, то система совместна и имеет решение.

$$\begin{aligned} \Delta x &= \begin{vmatrix} 158 & 25 & 25 \\ 176 & 30 & 30 \\ 185 & 25 & 40 \end{vmatrix} \\ &= 158 \cdot 30 \cdot 40 + 176 \cdot 25 \cdot 25 + 25 \cdot 30 \cdot 185 - 25 \cdot 30 \cdot 185 - 158 \cdot 25 \\ &\quad \cdot 30 - 176 \cdot 25 \cdot 40 = 5100 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta y &= \begin{vmatrix} 30 & 158 & 25 \\ 25 & 176 & 30 \\ 35 & 185 & 40 \end{vmatrix} \\ &= 30 \cdot 176 \cdot 40 + 25 \cdot 185 \cdot 25 + 158 \cdot 30 \cdot 35 - 25 \cdot 176 \cdot 35 - 25 \cdot 158 \\ &\quad \cdot 40 - 30 \cdot 185 \cdot 30 = 14225 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta z &= \begin{vmatrix} 30 & 20 & 158 \\ 25 & 30 & 176 \\ 35 & 25 & 185 \end{vmatrix} \\ &= 30 \cdot 30 \cdot 185 + 25 \cdot 25 \cdot 158 + 20 \cdot 176 \cdot 35 - 158 \cdot 30 \cdot 35 - 30 \cdot 25 \\ &\quad \cdot 176 - 25 \cdot 20 \cdot 185 = 5725 \end{aligned}$$

$$x = \frac{\Delta x}{\Delta} = \frac{5100}{4125} = 1,2; \quad y = \frac{\Delta y}{\Delta} = \frac{14225}{4125} = 3,4; \quad z = \frac{\Delta z}{\Delta} = \frac{5725}{4125} = 1,4.$$

С ростом числа переменных в системе, её решение усложняется и становится почти невозможным для вычислений «вручную». В таких случаях все вычисления производятся помощью современных компьютерных программ.

Рассмотрим решение данной задачи в Excel. В библиотеке Excel в разделе математических функций есть функции для работы с матрицами, одна из таких функций МОПР (параметр) - вычисление определителя [1]. Для решения систем линейных уравнений по формулам Крамера нужно применить функцию МОПРЕД (матрица) (рис.1), благодаря которой вычислим определители всех матриц и затем найдем решение системы, введя в ячейки формулы: (рис. 2).

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data and formulas:

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		30	25	25		4125		
2		25	30	30				
3		35	25	40				
4								
5		158	25	25		5100		
6		176	30	30				
7		185	25	40				
8								
9		30	158	25		14225		
10		25	176	30				
11		35	185	40				
12								
13		30	25	158		5725		
14		25	30	176				
15		35	25	185				
16								
17		1.236364						
18		3.448485						
19		1.387879						

Рисунок 1 – Формула вычисления определителя

The screenshot shows the same Excel spreadsheet as Figure 1, but with the formula bar set to '=F5/F1' and cell B17 selected. The data and results are identical to Figure 1.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		30	25	25		4125		
2		25	30	30				
3		35	25	40				
4								
5		158	25	25		5100		
6		176	30	30				
7		185	25	40				
8								
9		30	158	25		14225		
10		25	176	30				
11		35	185	40				
12								
13		30	25	158		5725		
14		25	30	176				
15		35	25	185				
16								
17		1.236364						
18		3.448485						
19		1.387879						

Рисунок 2 – Формула решения системы

3 этап – Интерпретация (процесс обобщения результатов процесса решения задачи).

Таким образом, себестоимость 1,2 тысяч у.е. для производства одного костюма, 3,4 тысяч у.е. – для производства одного плаща и 1,4 тысяч у.е. – для производства одной куртки.

В работе рассмотрен наиболее часто применяемый метод Крамера решения систем линейных уравнений с помощью MSExcel. При оценке методов решения задач значение имеют такие свойства, как универсальность и простота применения для вычислений.

Метод Крамера является наиболее простым, позволяет найти решение по формулам, через известные коэффициенты. Недостатком метода является трудоемкость вычисления определителей, когда число уравнений системы больше трех.

Литература:

1. Журнал новых технологий [Электронный журнал]. – Режим доступа: <https://office-guru.ru/excel/biblioteka-funkcii-v-excel-44.html>. – Дата обращения: 20.11.2022.