

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
Белорусский национальный технический университет

Факультет транспортных коммуникаций

НАУКА – ОБРАЗОВАНИЮ, ПРОИЗВОДСТВУ, ЭКОНОМИКЕ

Материалы 17-й международной научно-технической конференции (72-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ)

Минск
БНТУ
2019

Редакционная коллегия:

Главный редактор:

кандидат технических наук, доцент С.Е. Кравченко.

Редакторы:

доктор технических наук, профессор А.В. Вавилов;
кандидат математических наук, доцент А.В. Капусто;

Старший преподаватель М.А. Кисель;

Старший преподаватель К.А. Мациевич;

Старший преподаватель С.Н. Соболевская.

Технический редактор:

старший преподаватель В.А. Ходяков.

В сборник включены тезисы докладов, представленные на 72-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных работников, докторантов и аспирантов БНТУ. Факультет транспортных коммуникаций.

© Белорусский национальный
технический университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Секция АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

Зиневич С.И., Босаков С.В., Соболевская С.Н.

Плита для сборных дорожных покрытий повышенной жесткости 18

Бородич А.А., Мытько Л.Р.

Причины аварийности на автомобильных дорогах 19

Жуковский Е. М.

Реализация вспенивающего эффекта битума при производстве асфальтобетонных смесей 20

Жуковский Е. М., Куприянчик А. А.

Способы утилизации отходов нефтепереработки в дорожном строительстве 21

Куприянчик А. А.

Применение отходов нефтепереработки для стабилизации глинистых грунтов 22

Бондаренко С.Н., Вишняков Н.В.

Современные системы мониторинга уровня токсичных выбросов в атмосферу в районе пересечения автомобильных дорог 23

Бондаренко С.Н., Васильева Е.И., Зиневич С.И.

Использование техногенных отходов для производства светоотражающих покрытий автомобильных дорог 24

Солодка М.Г.

Динамические взаимодействия грузового автомобиля с неровной поверхностью автомобильной дороги 25

Ходан Е.П.

Эффективность применения защитных слоев и пропиточных составов для обеспечения водонепроницаемости асфальтобетона 26

Ходан Е.П.

Исследование износостойкости асфальтобетонов 28

Бандюк Н.В., Ковалев Я.Н.

Перспективы утилизации и применения полимерных отходов в дорожном асфальтобетоне 30

Франкевич И.Д.

О необходимости моделирования транспортных потоков на дорогах Беларуси..... 31

Гиринский В.В.

Регенерация местных автомобильных дорог – условие эффективного развития сельскохозяйственных регионов Беларуси 32

Шохалевич Т.М.

Акустическая эффективность шумозащитных экранов на транспортных магистралях 33

Пшембаев М.К.

Перспективы содержания автомобильных дорог с цементобетонным покрытием в условиях резкоконтинентального климата Казахстана 34

Реут Ж.В.

Обеспечение транспортно-эксплуатационных характеристик местных дорог в зимний период..... 35

Ковалев Я.Н., Кравченко С.Е., Мытько Л.Р.

О повышении квалификации руководящих специалистов дорожного хозяйства 36

Зленко Л.В.

Проектирование нежестких дорожных одежд с армирующими прослойками 37

Секция МОСТЫ И ТОННЕЛИ

Ляхевич Г.Д., Гречухин В.А.

Теоретические аспекты создания фибробетона для мостовых и тоннельных конструкций метрополитена..... 39

Ляхевич Г.Д., Гречухин В.А.

Мост Миллениум через реку Тайн 40

Лосев А.Ю.

Бесшовная напыляемая гидроизоляция «Дорфлекс» для мостовых и тоннельных конструкций..... 41

Лосев А.Ю.

Гидроизоляционная система «Икопал» для гидроизоляции мостовых и подземных сооружений 42

Пастушков В.Г., Шикуть К.К.

Методы определения НДС при статических испытаниях мостов 43

Шикуть К.К.

Применение закладного тензометрического оборудования при мониторинге строительных конструкций 44

Нестеренко В.В.

Надежность плитных несущих конструкций пролетных строений железобетонных мостов 45

Нестеренко В.В.

Влияние изменчивости толщины защитного слоя бетона на прочность отдельных несущих элементов железобетонных мостов..... 46

Вайтович А.Н., Далидовская А.А.

Напряжения в конструкциях перегонных тоннелей при устройстве шпунтовой стенки 47

Далидовская А.А. Минимизации воздействия транспортного сооружения на тоннели метрополитена	48
Кисель М.А., Пастушков Г.П. Моделирование работы односводчатой станции метрополитена при ее реконструкции	49
Кисель М.А. Усиление основания стены станции метрополитена в ходе ее реконструкции	50
Костюкович О.В. Экспериментальное моделирование перенапряжённого деревянного пролетного строения	51
Костюкович О.В. Оценка технического состояния мостового полотна и ее влияние на динамический коэффициент	52
Ходяков В.А. Динамическое воздействие подвижной нагрузки на автодорожные мосты Республики Беларусь	53
Ходяков В.А. Методика измерения динамических характеристик пролётных строений	54
Савина Е.Н., Кулан А.В. Увеличение устойчивости бетона к замерзанию/оттаиванию, сопротивления бетона удару и устойчивости бетона к истиранию	55
Кулан А.В., Савина Е.Н., Особенности конструкции и эксплуатации висячего моста через реку Темза	56
Гулицкая Л.В. Основные показатели морального износа мостовых сооружений	57

Гулицкая Л.В.

Основные дефекты грузоподъемности железобетонных
пролетных строений мостовых сооружений 58

Шиманская О.С.

Особенности повышения грузоподъемности и пропускной
способности монолитных рамных путепроводов,
построенных в 1947 – 1953 г.г. 59

Шиманская О.С.

Исследование эксплуатационного состояния моста через
мелиоративный канал на автомобильной дороге
Р-23 Минск – Микашевичи, км 190,713 60

Король Е.А.

Устранение дефектов существующих водопропускных труб..... 61

Яковлев А.А.

Химическое закрепление и усиление грунтов при строительстве
минского метрополитена методом инъецирования
с применением составов WEBAC..... 62

Яковлев А.А.

Урбанизация городов и тенденции развития подземного
пространства..... 63

Секция
МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ ДОРОЖНО-
СТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Вавилов А.В.

Инновационное оборудование для получения вторичных
материальных ресурсов из твердых коммунальных отходов 65

Вавилов А.В., Грецкий А.А.

К созданию конкурентно-способного отечественного крана
безоголовочного типа 66

Гарост М.М., Гарост А.И., Ракович В.А.

Повышение долговечности траков грузоподъемного крана ДЭК-401 67

Хилько И.И., Гарост М.М.

Антикоррозионная защита внутренних поверхностей полых
несущих металлоконструкций 68

Антоневич А.И.

Применение платформы «Arduino» в учебном процессе 69

Антоневич А.И.

Электронный конструктор 70

Смоляк А.Н.

Новые технические решения в конструкциях бульдозеров 71

Смоляк А.Н.

Автоматические системы смазки в конструкциях
дорожно-строительных машин 72

Шавель А.А., Бежик А.А.

Математическое описание динамики вибрационного катка 73

Шавель А.А., Бежик А.А.

Математическое описание взаимодействия вибрационного
катка с уплотняемой материалом 75

Бурмак И.В.

Оборудование для переработки отходов рубероида 76

Бурмак И.В.

Сравнительный анализ машин для подготовки оснований
дорог с цементобетонным покрытием 78

Черепанов И.М.

Экологобезопасная технология и оборудование для
рекультивации карьеров 80

Дашко А.Л., Черепанов И.М., Замула А.А.

Анализ применения оборудования для сортировки твердых
коммунальных отходов 81

Замула А.А., Дашко А.Л.

Исследование комплекта оборудования для получения
продуктов из отработанных строительных конструкций 83

Лапёнок В.В.

Модернизация рабочего оборудования погрузчика Амкодор 332 84

Лапёнок В.В.

Модернизация рабочего оборудования экскаватора Амкодор 923 86

Лабанов Е.А.

Эффективная технология расчистки полосы отвода дорог от
нежелательной древесно-кустарниковой растительности 87

Лабанов Е.А.

О снижении затрат на расчистку полосы отвода дорог
от нежелательной древесно-кустарниковой растительности 88

Довидович А.А.

Энергоэффективные технологические комплекты
для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог 89

Лесковец И.В.

Имитационная модель бульдозера 90

Жданович Е.П.

Ковш-дробилка к отечественному одноковшовому экскаватору 91

Семененко Д.В., Котович Д.В., Хейфец М.Л.

Влияние химических добавок на физические свойства
строительных растворов 93

**Секция
ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

Толпинский А.С., Хвиневич В.А.

Проектирование и составление карты охотничьих ресурсов
Республики Беларусь 95

Хрущёва Е.О.

Использование мультиспектральной камеры Parrot Sequoia для
производства съёмки с беспилотного летательного аппарата
и обработка полученных данных 96

Хрущёва Е.О., Асипенко И.С.

Применение беспилотных летательных аппаратов для
крупномасштабного картографирования 97

Герман А.Р.

Технико-графические возможности использования программы
Adobe Illustrator при создании 3D-изображений
городского ландшафта 98

Волосюк А.И.

Мониторинг лесной растительности по спутниковым
данным Sentinel-2 99

Жумарь П.В., Дорошевич И.В.

Картографирование общих категорий местообитаний
по материалам дистанционного зондирования Земли 100

Лукашик А.А.

3D картографирование на основе материалов аэрофотосъёмки
БПЛА Sovzond Air-Con 3 101

Тоназ А.А., Левковец Е.В.

Анализ методов автоматизированной обработки данных БКА
для определения видов земель 102

<i>Храмов В.М., Пейхвассер В.Н., Карпыза Д.С.</i>	
Составление геногеографических карт	103
<i>Шалькевич Ф.Е., Давидович Ю.С.</i>	
Использование спектрометрической съемки при изучении почв.....	104
<i>Храмов В.М., Романчук А.С., Орех Д.Н.</i>	
Картографирование исчезнувших населенных пунктов Беларуси	105
<i>Макарова М.В.</i>	
Особенности определения границ административно-территориальных единиц по данным дистанционного зондирования Земли	106
<i>Маркович К.И., Ялтыхов В.В.</i>	
Анализ влияния конфигурации и площади конечных элементов на точность определения компонентов деформации на примере геодинамического полигона «Полоцкая ГЭС».....	107
<i>Шароглазова Г.А., Маркович К.И., Долгий П.С.</i>	
Проявление геодинамических процессов в условиях техногенеза.....	108
<i>Шевелев И.П., Калугин Д.Н.</i>	
Геоинформационные системы в картографо-геодезическом производстве.....	109
<i>Подшивалов В.П., Кашура В.Н.</i>	
Современная концепция формирования цифровых картографических планов.....	110
<i>Кашура В.Н., Рак И.Е.</i>	
Технология обмена топографо-геодезическими данными между ПП CREDO и ПП Autodesk	111
<i>Рак И. Е.</i>	
Обработка данных лазерного сканирования.....	112

Позняк А. С., Внуков П. Ю.

О нормативных требованиях к геодезическим работам в строительстве 113

Гармаза О.Е. Мысливчик Е.Ю.

Уравнивание геодезических сетей методами нелинейного программирования 114

Мысливчик Е.Ю., Гармаза О.Е.

Применение метода свободной станции при строительстве подземных сооружений 115

Кобацкий А.В., Куприенко Н.О., Забавко С.И.

Определение координат центра сооружения башенного типа..... 116

Карлович М.Ф.

Геодезическое обеспечение стыка границ Республики Беларусь..... 117

Будо А.Ю., Кукс Д.Ф.

Фоторедуцирование оптического центра 118

Будо А.Ю., Будо Ю.П.

Новые возможности проектирования в КРЕДО НИВЕЛИР версии 3.0..... 119

Михайлов В. И., Кононович С. И., Белов А. А.

Измерения деформаций сооружений, находящихся в зоне строительства новых объектов 120

Мкртычян В.В., Горячий Г.Ф.

Современные высокоэффективные приборы в инженерно-геодезических изысканиях 121

Позняк А.С., Крупица С.М.

Автоматизация геодезических вычислений на смартфоне 122

Пожелаева К.А., Мацевич П.С., Гапон А.А.

Построение реалистичной цифровой трёхмерной модели
объекта на стадии рекогносцировки по материалам полевого
фотографирования 123

Пожелаева К.А., Мацевич П.С.

Построение трёхмерной модели инженерного сооружения
в программе Autodesk ReCap Photo 124

Секция МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Акимов В.А.

Расчет плоского напряженно – деформируемого состояния
операторно - символическим методом 126

Акимов В.А.

О построении замкнутого решения плоской задачи теории
упругости 127

Бачило Е.Д.

О создании электронного учебника по высшей математике..... 128

Голубева И.А., Мороз О.А.

Математическое образование инженера как фундамент его
профессиональной подготовки 129

Дичковский Н.И.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса
математики 130

Ерошевская Е.Л.

Изучение поверхностей второго порядка студентами
архитектурного факультета в БНГУ 131

Забавская А.В.

Дополненная учебная программа по математике для
студентов специальности «Автомобильные дороги» 132

Капусто А.В., Кузнецова А.А.

Практико-ориентированные задачи по математике
для студентов-строителей 133

Крушевский Е.А.

Проблема обращения Якоби с точки зрения приложений из
нематематических дисциплин..... 134

Куранова О.В.

О характерных особенностях моделирования в рациональной механике 135

Новиков А.А

Математическая природа физических взаимодействии 136

Новиков А.А

Дифференциально-дискретная модель самообучения нейрона 137

Подкопаев П.А, Корчменко С.В.

О приближенном вычислении интегралов с сингулярными и слабыми особенностями в задаче теории упругости 139

Подкопаев П.А, Подкопаева Н.А.

Некоторые методические аспекты математического образования студентов инженерного профиля в современных условиях 140

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

О связи систем уравнений Льенара с уравнением Абеля 141

Хотомцева М.А.

Опыт использования системы GeoGebra в преподавании раздела «Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве» 142

Секция

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

ПЛИТА ДЛЯ СБОРНЫХ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ ПОВЫШЕННОЙ ЖЕСТКОСТИ

*Зиневич С.И., Босаков С.В., Соболевская С.Н.
Белорусский национальный технический университет*

Для увеличения жесткости плиты (т.е. уменьшения ее осадков при проезде транспорта), авторами предложено плиты устраивать с двумя продольными ребрами треугольного поперечного сечения. По сравнению с типовой плитой (плитой без продольных ребер) наличие продольных ребер треугольного поперечного сечения увеличивает жесткость плиты примерно на 50 %.

Для определения оптимальной высоты ребра выполнены исследования и получена зависимость жесткости плиты от высоты продольных треугольных ребер. При постоянном объеме плиты и постоянном размере основания ребра 32 см (примерная ширина колеса расчетного автомобиля), изменялись высота ребра и толщина плиты. Плита загружалась нагрузкой эквивалентной нагрузке от колеса расчетного автомобиля. Расчеты выполнены с использованием метода конечных элементов на ПК «Лира». Упругое основание моделировалось упругими вертикальными связями, находящимися в каждом нижнем узле. В результате проведенных расчетов получен график зависимости перепада высот поверхности плиты от высоты поперечного сечения продольного ребра. Результаты представлены на рис. 1.

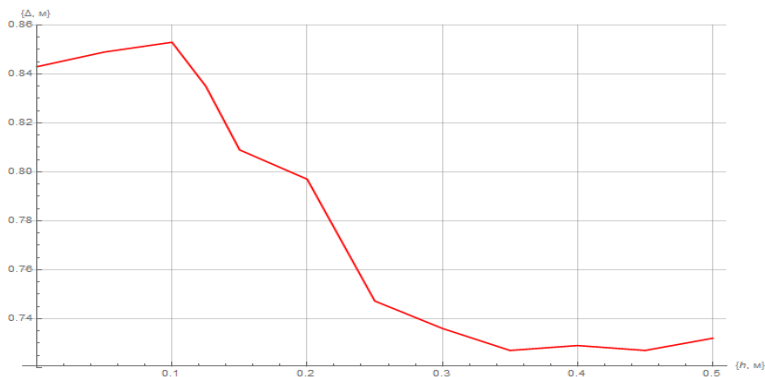


Рис. 1.

Из графика видно, что для данного объема и размеров плиты оптимальной высотой поперечного сечения продольного ребра является 35см.

ПРИЧИНЫ АВАРИЙНОСТИ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Бородич А.А., Мытько Л.Р.

Белорусский национальный технический университет

Проблема обеспечения безопасности и организации движения на автомобильных дорогах привлекает большое внимание пользователей дорогами и общественности в связи со значительными человеческими жертвами и материальными потерями при дорожно-транспортных происшествиях. К причинам аварийности на автомобильных дорогах можно отнести:

- рост интенсивности движения, и особенно тяжелых грузовиков. Изменился и состав движения. В общем составе грузового движения опережающими темпами возрастает доля тяжелых грузовиков с грузоподъемностью 8 и более тонн и транспортных средств со сверхнормативными нагрузками.

- недостаточное финансирование на фоне роста интенсивности движения и величины нагрузок на дорожное покрытие.

- вандализм на дорогах. В результате умышленных и других действий участников дорожного движения (кражи и мелкие хищения, умышленное или неумышленное уничтожение и повреждение дорожного имущества и др.) и при дорожно-транспортных происшествиях дорожному хозяйству наносится значительный материальный ущерб, на возмещение которого расходуются государственные средства. Еще не стало всецелым правилом возмещение ущерба, причиненного дорогам и дорожным сооружениям в результате ДТП, за счет виновных, а также с использованием законодательства через страховые компании.

Дорожными организациями республики ежегодно проводится работа по улучшению транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и повышению безопасности движения на них.

Рост парка автомобильной техники и интенсивность движения привели к некоторому увеличению дорожно-транспортных происшествий. Однако анализ их причин показывает, что чаще всего ДТП происходят не из-за дорожных условий, а по причине грубого нарушения правил дорожного движения его участниками.

В дорожно-транспортных происшествиях с участием пешеходов не всегда виноват водитель транспортных средств, в 50% случаях наезда автомобиля на пешехода виновны сами пешеходы. Основные нарушения Правил дорожного движения водителями, которые приводят к совершению ДТП – это превышение скорости движения и нарушение правил проезда пешеходных переходов.

РЕАЛИЗАЦИЯ ВСПЕНИВАЮЩЕГО ЭФФЕКТА БИТУМА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Жуковский Е. М.

Белорусский национальный технический университет

Вспененный битум, получаемый при взаимодействии горячего битума с водой или паром, обладает повышенной поверхностной активностью и меньшей вязкостью. Это положительно сказывается на смачивающей и адгезионной способности битума. Так же использование вспененных битумов позволяет уменьшить содержание битума в смеси на 8..10% от его первоначальной массы.

В настоящее время, для получения вспененного битума могут применяться такие методы как: распыление битума в форсунках паром, предварительное насыщение битума водой или паром в процессе подачи к смесительному агрегату, или использование предварительно обводненных или не обезвоженных битумов.

Однако такие способы получения вспененных битумов при традиционной технологии приготовления асфальтобетонных смесей нельзя назвать эффективными. В таком случае необходимо первоначально затратить большое количество энергии для нагрева и сушки компонентов смеси, а затем, в зависимости от принятой технологии, добавить воду или пар, при этом снова затратив энергию на его получение.

Вспенивающий эффект битума может быть реализован за счет воды, содержащейся в песке при естественной влажности. В таком случае, нагреву подвергается только часть каменных материалов (щебень и крупные фракции песка). При смешении горячих каменных материалов с холодным и влажным песком происходит его нагрев интенсивное образование пара, что при добавлении битума вызывает его вспенивание.

Данный метод может применяться для приготовления как теплых, так и горячих асфальтобетонных смесей. В случае теплых смесей минеральные материалы нагреваются до рабочей температуры 160..180 °С, как и при традиционной технологии. Для приготовления горячих смесей, каменные материалы необходимо нагревать до большей температуры, которая определяется из уравнения теплового баланса и зависит от исходной влажности песка, его количества подвергаемое нагреву и ограничивается температурой, при которой щебень теряет свою прочность.

Использование данной технологии позволяет снизить энергозатраты, содержание битума, а так же сделать производство асфальтобетонной смеси более экологичным.

СПОСОБЫ УТИЛИЗАЦИИ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

*Жуковский Е. М., Куприянчик А. А.
Белорусский национальный технический университет*

Современные ресурсосберегающие дорожно-строительные материалы на основе природного и техногенного сырья позволяют значительно снизить стоимость автомобильных дорог и улучшить экологическую обстановку районов строительства. Учитывая экономические и экологические предпосылки в дорожном строительстве, для обработки минеральных материалов и грунтов дорожные вяжущие применяются в минимальном количестве, основную часть материала составляют техногенное сырье и отходы промышленности, в том числе нефтяной шлам. В Беларуси имеются значительные запасы малопрочных минеральных материалов и грунтов, которые после специальной обработки вяжущими можно использовать вместо дорогостоящих привозных прочных материалов при строительстве автомобильных дорог.

При укреплении грунтов чаще всего используют дорогостоящие вяжущие материалы, которые в свою очередь повышают себестоимость автомобильных дорог.

В сточные воды промпредприятий, связанных с очисткой нефтехимстоков попадает значительное количество органических и минеральных веществ, которые при очистке образуют сильнообводненные шламopodobные отходы различного состава.

Органическая часть нефтешлама по своему составу соответствует составу перерабатываемой нефти и содержит метановые, ароматические и амициклические углеводороды.

Химический анализ показывает, что в усредненной пробе шлама содержится от 35 до 40 % органических веществ, причем большая часть растворима в четыреххлористом углероде CCl_4 .

Таким образом, нефтешламы в дорожном строительстве можно применять, как и обычное органическое вяжущее, для:

- активации минеральных материалов;
- приготовления органоминеральных смесей;
- стабилизации глинистых грунтов;
- обеспыливания гравийных и грунтовых дорог;
- устройства поверхностной обработки дорожных одежд переходного типа;
- стабилизации активной зоны земляного полотна.

ПРИМЕНЕНИЕ ОТХОДОВ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Куприянчик А. А.

Белорусский национальный технический университет

Для обеспечения устойчивости и прочности верхней части земляного полотна из глинистых грунтов требуется обеспечить возвышение поверхности дорожного покрытия над уровнем грунтовых или стоящих поверхностных вод в 2 раза больше, чем из песчаных грунтов. Применение технической мелиорации грунтов земляного полотна верхней части позволяет снижать объемы работ, более рационально использовать материалы, идущие на устройство дорожных одежд.

Одним из возможных направлений решения этой задачи является обработка верхней части земляного полотна, возводимого из глинистых грунтов, нефтешламом, являющимся отходом нефтеперерабатывающих заводов.

Шламовые отходы нефтехимических производств накапливаются в результате очистки песколовков, нефтеотделителей, нефтеловушек и представляют собой смесь нефтепродуктов с водой и механическими примесями. Выход нефтяных шламов на 1 т перерабатываемой нефти составляет около 7 кг.

При хранении нефтешламы расслаиваются с образованием:

первого (верхнего) слоя, состоящего из сырой нефти;

второго слоя – стойкой эмульсии, включающей 40% нефтепродуктов, 55% воды и 5% механических примесей;

третьего слоя, содержащего воду, в которой 5-8% нефти и 2-3% механических примесей;

четвертого слоя, состоящего из 50% механических примесей, 20-25% воды и 25% органической части в виде отходов тяжелой фракции перегонки нефти.

При обработке глинистых грунтов нефтешламом последние приобретают гидрофобные свойства, что в итоге приводит к повышению механической прочности и погодоустойчивости грунтов. Положительные результаты достигаются при введении 6-10% нефтешлама по массе обрабатываемого грунта, в частности значительно повышается водостойкость и возрастает модуль упругости в 1,3-1,5 раза.

Применение нефтешлама позволит более эффективно использовать глинистые грунты в верхней части земляного полотна автомобильных дорог, и тем самым снизить себестоимость дорожно-строительных работ.

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА УРОВНЯ ТОКСИЧНЫХ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ В РАЙОНЕ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ.

Бондаренко С.Н., Вишняков Н.В.

Белорусский национальный технический университет

При экологической оценке показателей загрязнения атмосферного воздуха наибольшую значимость имеет непосредственное измерение концентрации токсичных выбросов с использованием сенсоров - современных датчиков на содержание CO, NO₂, углеводородов и продуктов неполного сгорания автомобильного топлива (C, C_xH_y, C_xH_yO_z). Современное оборудование для контроля качества воздушной среды с использованием высокочувствительных сенсоров позволяет вести непрерывный мониторинг вредных выбросов в непосредственной близости от дорожного полотна в режиме реального времени. Непрерывный контроль изменения качества атмосферного воздуха в районе транспортных развязок и пересечения автомобильных дорог даёт возможность оперативного принятия организационных и технических решений по регулированию и управлению безопасностью транспортных потоков. Проведение этих мероприятий повышает уровень экологической безопасности в зоне дорожного движения.

В последнее время, вследствие повышения интенсивности дорожного движения, в воздушном бассейне наиболее загруженных районов г. Минска всё чаще обнаруживаются значительные концентрации угарного газа. Особую опасность в этом отношении представляют места развязок и пересечения автомобильных дорог*. Для регистрации наиболее токсичных компонентов выхлопных газов на малом кольцевом пересечении автомобильной дороги и на подъезде к нему предлагается использовать высокочувствительные полупроводниковые датчики на CO, NO₂ и акролеин. После регистрации датчиком сигнала, интенсивность которого зависит от концентрации упомянутых загрязнителей, обработка и формирование управляющей дорожным движением информации проводится по специальной компьютерной программе. При обработке информации, поступающей от сенсорных датчиков, в программе учитываются для дальнейшей обработки только пороговые концентрации выбросов от точечных источников загрязнения. Эти концентрации, на уровне предельно допустимых, будут регистрироваться только при наиболее неблагоприятных сочетаниях режимов работы автомобильных двигателей в течение определённого промежутка времени.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СВЕТООТРАЖАЮЩИХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

*Бондаренко С.Н., Васильева Е.И., Зиневич С.И.
Белорусский национальный технический университет*

Проблема утилизации техногенных отходов – фосфогипса и стеклобоя (бытового и промышленного) по прежнему является одной из самых актуальных проблем. Одним из перспективных направлений утилизации фосфогипса является получение на его основе гипсовых вяжущих для дорожного строительства. Приоритетным направлением применения стеклобоя в мировой практике становится его использование в качестве альтернативного портландцементу неорганического вяжущего путём его переработки с использованием механохимических процессов.

Нами была опробована технологическая схема получения композиционного светоотражающего состава для дорожных покрытий на основе фосфогипса, ультрадисперсного стеклянного порошка, также обладающего вяжущими свойствами и светоотражающего заполнителя определённой крупности с фракционным составом от 3 до 6 мм. В качестве дисперсной светоотражающей компоненты использовался продукт после предварительного дробления, измельчения стеклобоя в щековой и центробежно-ударной дробилке, классификации и последующей механохимической обработки классифицированного порошка.

Для механохимической обработки стеклянной поверхности порошков светоотражающей компоненты использовались специальные полирующие составы. Процедура полирования предполагала снятие тончайшего слоя материала с помощью абразива, химических реагентов, других физико-химических методов, придающее микро шероховатость и блеск стеклянной поверхности. В структуре стекла существуют аморфная и кристаллическая фазы, находящиеся в состоянии неустойчивого равновесия. В процессе механохимической обработки равновесие почти полностью сдвигается в сторону аморфной фазы, то есть поверхность стекла получает преимущественно аморфную структуру. Для полирования используют физико-химические процессы, в результате которых верхний слой стекла становится пластичным, поэтому в процессе механических воздействий неровности и бугорки на поверхности стеклянных частиц превращаются в сплошную гладкую поверхность, обеспечивающую необходимые для покрытия светоотражающие характеристики.

ДИНАМИЧЕСКИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ С НЕРОВНОЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Солодка М.Г.

Белорусский национальный технический университет

Организация транспортных потоков построена на взаимодействии двух антагонистов - автомобиля и дороги. От эксплуатационных качеств каждого зависит время перевозок, что в итоге определяет их себестоимость. По этой причине в дорожных нормативах большинства стран мира наметилась тенденция ужесточения, в первую очередь, требований к значениям показателей ровности покрытий автомобильных дорог. Очевидно, что повышение качества дорог, а равно и автомобилей, будут совместно определять надежность перевозок и их безопасность.

При контакте автомобиля с такой неровности загруженный автомобиль при движении на скорости 60 км/ч при длине неровности 0,5м воздействует на покрытие с динамической силой, превосходящей статическую нагрузку на эти колеса примерно в 1,5 раза (коэффициент динамичности $K_d = 1,45$). Очевидно, что для большей высоты неровности нагрузка возрастет более существенно. Поэтому задача своевременной оценки накопления негативных воздействий транспорта, текущего состояния и поддержания требуемого качества покрытия является, по-прежнему, важной и актуальной.

В процессе движения автомобиля на кузов, ведущие мосты и колеса воздействует комплекс переменных усилий. Как показывают исследования, наибольшее время (до 95%) на автомобиль воздействуют колебания вертикальной нагрузки, вызванной неровностями дороги. Система подвески и несущая система автомобиля также подвержены дополнительному нагружению при действии силы ветра и прохождения автомобилем поворота (примерно до 5% времени). Остальные факторы при расчете колебаний трансмиссий и несущих систем имеют меньшее влияние.

Исследования позволили определить поле максимальных (допускаемых) коэффициентов динамичности ($K_{дин}$) для различных значений IRI и скоростей движения автомобилей. Несоответствие эксплуатационных характеристик показателя ровности требуемым значениям $K_{дин}$ будет способствовать преждевременному разрушению дороги и повреждению автомобиля, снижению безопасности движения, сохранности грузов и комфорту для пассажиров в процессе перевозки.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ СЛОЕВ И ПРОПИТОЧНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДОНЕПРОНИЦАЕМОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Важнейшим свойством асфальтобетона, предопределяющим долговечность этого материала, является устойчивость его структуры в условиях изменяющегося влажностного и температурного режимов.

Влияние водного фактора на прочность и деформационные свойства асфальтобетона проявляется значительно. При длительном или кратковременном, но часто повторяющемся контакте асфальтовых материалов и битумов с водной средой изменяется их структура, что наиболее отчетливо проявляется в изменении их структурно-механических свойств - прочности, вязкости, пластичности и т. п.

Доказано, что совместное действие попеременного замораживания-оттаивания в присутствии химически агрессивной среды ускоряет деструктивные процессы, происходящие в асфальтобетоне.

На водо- и морозоустойчивость асфальтобетона большое влияние оказывают: плотность, однородность структуры и водонепроницаемость асфальтобетона, а также характер имеющихся в нем пор; характер адгезии битума к поверхности минеральных зерен; водо- и морозостойкость используемых минеральных материалов, интенсивность процессов старения асфальтобетона.

Сущность метода определения водонепроницаемости асфальтобетона заключается в определении водонепроницаемости образца-керна при гидростатическом давлении $(0,30 \pm 0,02)$ МПа в течение 10 мин.

Для проведения испытаний были изготовлены асфальтобетонные образцы в соответствии с СТБ 1033-2016 методом прессования под давлением 40 МПа диаметром 101 мм и высотой 50 мм.

Перед испытанием образцы покрывались защитными слоями и пропиточными составами.

Результаты исследований показали, что наиболее эффективными техническими решениями по повышению водонепроницаемости асфальтобетонного покрытия являются мембранная технология и вибролитой асфальтобетон. Пропиточная технология, поверхностная обработка и защитные слои по технологии «Тонфриз» снижают водонепроницаемость, но не предотвращают полностью проникновение воды в структуру.

Таким образом, применение защитных слоев, предотвращающих попадание воды в слои дорожной одежды, является одним из важнейших факторов, способствующих увеличению сроков службы покрытий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Ходан Е.П.

Белорусский национальный технический университет

Многочисленными наблюдениями установлено, что одной из основных причин сокращения сроков службы дорожных покрытий, на участках дорог со значительной интенсивностью движения и продольным уклоном, в местах торможения и разгона, кривых малых радиусов и т.п., является их преждевременный износ. Износ дорожных покрытий так же значительно возрастает при интенсивном воздействии переменных климатических условий - температуры и влажности.

Регламентируя износ асфальтобетонных покрытий, можно существенно повысить надежность дорожных покрытий, а наиболее доступный и достаточно надежный критерий оценки износостойкости может быть внесен в СТБ 1033-2016, наряду с такими характеристиками материалов, как прочность, пористость и др.

При экспериментальной оценке износа должны быть учтены основные факторы износа (истирания) дорожного покрытия, к которым относятся, прежде всего, механические воздействия – трения качения, трение скольжения и ударная нагрузка от колес автомобиля, вызванная неровностями проезжей части, в сочетании с изменяющимися во времени метеорологическими воздействиями (влажность, температура и т.д.).

Износ можно классифицировать как физико-механический (от воздействия колесной нагрузки и атмосферных факторов), физико-химический или коррозионный (от воздействия химических реагентов и климатических факторов) и комплексный (от одновременного воздействия всех факторов).

Износостойкость – сопротивление асфальтобетона действию сил трения, вызываемых проскальзыванием колес автомобиля по поверхности покрытия, и вакуумных сил в пятне контакта колес с дорогой.

Для оценки износа асфальтобетона предложено использовать истирающий круг ЛКИ-3. Истираемость асфальтобетона на круге истирания G1 в г, характеризующую потерей массы образца, определяют с погрешностью до 0,1 г для отдельного образца по формуле:

$$G_1 = m_1 - m_2$$

где m_1 – масса образца до испытания, г;

m_2 – масса образца после испытания, г.

Износ асфальтобетонного покрытия – это прогрессирующее со временем уменьшение толщины покрытия под истирающим воздействием движения автомобилей, метеорологических и других факторов.

ПЕРСПЕКТИВЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПРИМЕНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ В ДОРОЖНОМ АСФАЛЬТОБЕТОНЕ

*Бандюк Н.В., аспирант, Ковалев Я.Н., д.т.н., профессор
Белорусский национальный технический университет*

Анализируя мировой и отечественный опыт установлено, что, например, срок службы асфальтобетонных покрытий, устроенных с применением модифицированных битумов, значительно превышает срок службы покрытий с использованием не модифицированных битумов при тех же условиях эксплуатации. В качестве модификаторов используются многие полимерные отходы. Однако, применение той или иной добавки требует индивидуального подхода в соответствии с искомыми свойствами, поскольку затраты на добавленную модификацию удорожает асфальтобетон. Поэтому, компенсируя затраты за счет увеличения срока службы асфальтобетонных покрытий, актуальным является поиск более дешевых модификаторов и эффективных методов их применения. Наиболее эффективным методом утилизации полимерных отходов является их повторное использование в качестве новой ресурсной базы. В дорожной отрасли - это направление является одним из наиболее динамично развивающихся и новым в области переработки полимерных отходов и их применения при получении высококачественных асфальтобетонов. Переработка полимерных отходов реализуется различными способами, наиболее известны – химический и химико-механический. При применении химического способа получают продукты деполимеризации отходов, которые повторно используют для получения полимеров, пластификаторов, лаков и других материалов. При химико-механическом способе, не требующем дорогостоящего оборудования, отходы подвергают измельчению, химической модификации. Их дозируют и применяют в виде компонентной добавки в асфальтобетонных смесях. Полимерная отрасль промышленности ищет новые рынки сбыта, а мировой опыт показывает, что применение полимерных отходов позволяет значительно улучшить качество покрытий дорог и увеличить срок их службы. В связи с этим открываются широкие перспективы утилизации и применения полимерных отходов в дорожном асфальтобетоне.

О НЕОБХОДИМОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ДОРОГАХ БЕЛАРУСИ

Франкевич И.Д., аспирант

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время в нашей стране наблюдается активное транспортно-логических центров с их потенциалом во внешнеэкономической деятельности, в расширении географии достаток, привлечении дополнительных транзитных потоков, что способствует увеличению объемов переработки грузов, росту контейнерных и пакетированных грузов, развитию интермодальных перевозок.

Сюда относятся процесс осуществления рациональной и недорогой доставки (перевозки) грузов (товаров) от мест их производства до мест потребления, наблюдение и мониторинг над всеми транспортными и другими операциями, возникающими в пути следования грузов с использованием современных средств информационных технологий, предоставление соответствующей информации грузовладельцам.

В настоящее время транспортный потенциал полностью обеспечивает спрос экономики и населения на транспортные услуги. Одновременно, необходима оптимизация перевозок, которая позволит рационально использовать транспорт.

Современное состояние транспортного комплекса Республики Беларусь и масштабность стратегических задач, стоящих перед отраслью, предполагают перевод практики транспортного планирования городов, регионов и страны в целом на качественно иной уровень с применением автоматизированной информационно-аналитической системы. Таким образом, потребность в разработке моделирования транспортных потоков на дорогах Беларуси, что являются своевременной актуальной задачей.

Одним инструментов анализа всех перечисленных задач по моделированию транспортных потоков является программный комплекс PTV Visijon® VISUM, в разработке которого принимал участие автор настоящей публикации.

**РЕГЕНЕРАЦИЯ МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ –
УСЛОВИЕ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РЕГИОНОВ БЕЛАРУСИ**

*Гирицкий В.В., аспирант**

Белорусский национальный технический университет.

В настоящее время ускоренными темпами осуществляется экономическое и социальное развитие сельских районов. В этих условиях значение автомобильных перевозок для нужд сельского хозяйства еще более возрастает. Эффективность таких перевозок во многом зависит от четкой организации и планирования объектов перевозок и требует специфических подходов при проектировании и строительстве автомобильных дорог местного значения. В Республике Беларусь протяженность сети местных автомобильных дорог составила 82% от общей протяженности сети. Практически все местные автомобильные дороги имеют усовершенствованное или гравийное покрытие, которое требует регенерации для улучшения транспортно - эксплуатационных характеристик. Кроме того, 11542 километров местных автомобильных дорог вообще не имеют твердого покрытия, являются грунтовыми, проезд по которым при неблагоприятных погодных условиях проблематичен. В современных условиях доля транспортных расходов в себестоимости валовой сельскохозяйственной продукции составляет 20...40%, а в бездорожных районах достигает 47% и более. Иными словами, сельскохозяйственные работы там наполовину являются транспортными, поэтому можно считать, что автоперевозки по местным дорогам - важнейшая составная часть технологического процесса производства сельскохозяйственной продукции.

В рамках работ по совершенствованию местных автомобильных дорог в области дорожного строительства наряду с традиционными методами ремонта, реконструкции и усиления автомобильных дорог, появились принципиально новые технологии. Совершенствованию одной из них посвящены исследования, проводимые в БНТУ применительно к регенерации местных дорог Республики Беларусь.

*Научный руководитель д.т.н., профессор Я.Н. Ковалёв

АКУСТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ШУМОЗАЩИТНЫХ ЭКРАНОВ НА ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЯХ

Шохалевич Т.М.

Белорусский национальный технический университет

Оценка акустической эффективности экрана после завершения строительства производится путем сравнения уровня ослабления шума экраном. Ослабление шума – уровень звукового давления в данном приемнике перед строительством минус уровень звука в том же самом приемнике после установки экрана. Международный Практический опыт по защите от автотранспортного шума показал достаточную эффективность шумозащитных экранов, которые могут снизить уровень шума в расчетной точке до 12 дБА. Реальная эффективность шумозащитных экранов оказывается значительно ниже расчетных величин. Эффективность экранов зависит от ряда факторов: расположения относительно источника шума и защищаемого объекта; конструктивных характеристик экрана (высота, ширина, форма, многослойность); акустических свойств применяемых материалов, к которым относят их звукоизоляционные и звукопоглощающие свойства. Звукоизоляционные свойства экранов зависят от поверхностной плотности (кг/м^2) экранов. Чем выше их поверхностная плотность тем выше акустическая эффективность. Звукопоглощение оценивается количеством поглощенной звуковой энергии, которое определяется коэффициентом звукопоглощения. Следует также отметить, что наряду с этими факторами большое значение имеет качество сборки и монтажа отдельных элементов конструкции на месте установки. При эксплуатации шумозащитного экрана в течении времени наблюдается снижение его эффективности. Влияние погодных и климатических воздействий, механических повреждений, содержание дорог в зимний период и т. п. негативно отражаются на эксплуатационных качествах шумозащитного экрана. Способность экрана сохранять заданные свойства в период гарантийного срока службы называют акустической долговечностью. Поэтому важно, на стадии разработки проектной документации и изготовления обеспечить высокий уровень надежности конструкции шумозащитного экрана. Применять материалы, обеспечивающие долговременную акустическую эффективность на весь заявляемый производителем срок эксплуатации.

ПЕРСПЕКТИВЫ СОДЕРЖАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ В УСЛОВИЯХ РЕЗКОКОНТИНЕНТАЛЬНОГО КЛИМАТА КАЗАХСТАНА

Пшембаев М.К., докторант

Белорусский национальный технический университет

В Республике Казахстан за последние 7 лет протяженность бетонных дорог I-II технической категории с 4 и 6 полосами движения увеличилось более чем в 15 раз и составляет примерно 6% от всей республиканской сети. Строительство дорог с бетонным покрытием продолжает расширяться и будет доминирующим в рамках следующей фазы государственной программы развития дорог «Нурлы Жол» на 2020-2024 годы.

Строительство таких дорог осуществляется с применением современной техники и качественного бетона. Вместе с тем, вызывает озабоченность проблема содержания бетонных покрытий в условиях резкоконтинентального климата. Суровая климатическая обстановка требует особого подхода к технологии защиты таких покрытий от коррозионных разрушений и скользкости в послепостроечный период. Общеизвестные мероприятия, вписывающиеся в традиционное понятие «содержание бетонных покрытий» (очистка от пыли и грязи, ремонт деформационных швов, мелких деформаций) являются явно недостаточными в настоящее время. Тяжелые климатические условия в различных ландшафтных зонах Казахстана характеризуют климат этой огромной территории (особенно в северной части) как «сухой с коротким летом и продолжительным суровым зимнем периодом». Нормальная обстановка работы бетонных покрытий в такой обстановке требует проведения превентивных и экстренных (в отдельных случаях) мероприятий, не допускающих развитие образования микротрещин и шелушения в поверхностном слое покрытий, что приводит к постепенному макроразрушению структуры бетонов в конструктивном слое дорожной одежды. Такая ситуация впервые потребовала корректного изменения политики в области содержания бетонных покрытий. Полученный опыт и проведенные исследования позволили снять часть имеющихся ограничений по бюджетному финансированию работ, связанных с содержанием бетонных автомобильных дорог республиканского значения, что значительно улучшает условия их защиты от коррозионных разрушений.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕСТНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Рейт Ж.В.

Белорусский национальный технический университет

Воздействие погодно-климатических факторов, вид и состояние дорожного покрытия, интенсивность и состав транспортного потока, оказывают влияние на взаимодействие колеса автомобиля с покрытием автомобильных дорог. Тип покрытия, его прочностные характеристики, показатели шероховатости и ровность, наличие дефектов на нем, а также снега или гололеда влияют на коэффициент сопротивления качению колеса автомобиля и коэффициент сцепления его с покрытием. На сухом покрытии основную часть силы сцепления составляет молекулярное взаимодействие или адгезия, а на влажной или мокрой поверхности она значительно снижается, поскольку на ней образуется слой смазки в виде пленки воды, причем перемешанной с остатками масел, бензина и грязи. Для обеспечения достаточного коэффициента сцепления покрытие должно иметь гомогенную структуру, которая позволяет разорвать образовавшуюся пленку и обеспечивает непосредственный контакт резины протектора с поверхностью покрытия. Выступы шероховатости вдавливаются в протектор, увеличивая деформационную составляющую силы трения. Наличие на покрытии даже сухого снега приводит к увеличению сопротивления качению в зависимости от толщины снежных отложений в 10 – 15 раз по сравнению с движением по чистому покрытию. Движение колес автомобилей по снежному накату сопровождается образованием колеи и увеличению сопротивлению качения, что приводит к снижению скорости. Анализ опыта зимнего содержания автомобильных дорог показывает, что незначительная интенсивность движения (дороги низких категорий) и определенных объемах снегоприноса допускает наличие уплотненного снежного покрова, который может удовлетворять требованиям безопасности и потребительских качеств. Такие покрытия необходимо профилировать и создавать шероховатый слой из фрикционных материалов. Применение таких покрытий снижает расходы на распределение противогололедных материалов и очистку покрытия от снега, увеличивает сроки службы покрытий дорог и снижает его износ.

О ПОВЫШЕНИИ КВАЛИФИКАЦИИ РУКОВОДЯЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА

*Ковалев Я.Н., Кравченко С.Е., Мытько Л.Р.
Белорусский национальный технический университет*

В дорожном хозяйстве особую, определяющую роль играет квалификация руководителей отдельных подразделений. От их видения перспектив развития научно-технического прогресса зависит экономическая эффективность руководимых ими организаций. В СССР существовала апробированная практика подготовки и повышения квалификации всех рангов руководящих специалистов – от инженера до министра определенной отрасли народного хозяйства. Такая система имела строгую периодичность и оценочные показатели эффективности. Дефицит высококвалифицированных кадров имеет количественный и качественный аспекты. Как правило, темпы реализации строительных объектов опережают темпы роста потребных кадров, что вызывает часто их недостаток. С другой стороны, развитие современных технологий строительства и ремонта дорог выдвигают повышенные требования к уровню квалификации руководящего персонала, которому отдельные руководители, адаптировавшиеся к определенному типу организации производства, не всегда соответствуют. В настоящее время повышением квалификации специалистов дорожного хозяйства занимается государственное учреждение образования «Центр повышения квалификации руководящих работников и специалистов «Белдорстрой», но уровень подготовки качественно обеспечивается для рабочих и специалистов среднего звена. Зарубежный и отечественный опыт показывает, что для руководителей производства требуются специальные программы и «учителя» с соответствующей научной квалификацией.

На современных условиях повышение квалификации руководящих кадров дорожной отрасли может осуществлять только в БНТУ, обладающий высоким научным кадровым потенциалом и способным организовать такой процесс через краткосрочные курсы или целевую заочную магистратуру. В БНТУ более 50 лет ведется подготовка инженеров для дорожного хозяйства. За эти годы подготовлено много высококвалифицированных специалистов, которые занимают ведущие посты в дорожных организациях.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С АРМИРУЮЩИМИ ПРОСЛОЙКАМИ

Зленко Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Армирование несущих оснований применяется при новом строительстве, реконструкции и капитальном ремонте, предусматривающем переустройство существующей дорожной одежды. В данном случае армирующая прослойка укладывается на всю ширину слоя основания из зернистого материала понизу, плюс не менее 0,1 м предусматривается на запас с каждой стороны. Армирование основания может также применяться при реконструкции или капитальном ремонте, в процессе которых предусматривается уширение дорожной конструкции. В этом случае армирующая прослойка укладывается под уширяемой частью основания. При укладке прослойки со стороны оси дороги необходимо предусматривать устройство полки в существующем основании шириной 0,3-0,5 м с целью связи уширяемой части дорожной одежды с существующей. Со стороны обочины должен предусматриваться запас материала на уровне низа слоя основания не менее 0,1 м. В рассмотренных случаях для принятия решения о применении георешеток (геосеток) определяющим фактором является выполнение ими функций разделения (предотвращение взаимопроникания материалов смежных слоев, ведущего к снижению долговечности конструкции). Поэтому технологический слой, состоящий из ПГС, ЩПГС, асфальтогранулята или шлака, из дорожной конструкции исключается, а армирующая прослойка укладывается по песчаному дренирующему (морозозащитному) слою основания или песчаному грунту рабочего слоя земляного полотна. Применяемые в дорожных конструкциях автомобильных дорог геосинтетические материалы должны иметь срок службы, превышающий срок службы дорожных одежд. В качестве армирующих прослоек рекомендуется использовать плоские полимерные двусноориентированные (двуосные) георешетки, изготавливаемые экструзионным методом, или нитепрошивные геосетки с защитным покрытием с размерами ячеек в пределах от 33 до 40 мм. Двусноные георешетки должны изготавливаться из высокопрочного (высокой плотности) полипропилена.

При проектировании и строительстве нежестких дорожных одежд на дорогах I-II категорий в качестве армирующих прослоек рекомендуется применять плоские двусноные георешетки (геосетки) с прочностью при разрыве не ниже 40 кН/м., дорог III-IV категории - не ниже 30 кН/м., на дорогах V-VI категорий при соответствующем техникоэкономическом обосновании допускается применение георешеток с прочностью при разрыве не ниже 20 кН/м.

Секция

МОСТЫ И ТОННЕЛИ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ ФИБРОБЕТОНА ДЛЯ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ МЕТРОПОЛИТЕНА

Ляхевич Г.Д., Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Армирующие волокна вводятся в состав бетонов мостовых и тоннельных конструкций с целью улучшения их строительно-технических и эксплуатационных свойств. Дисперсное армирование обеспечивает трехмерное упрочнение композиционных материалов и позволяет принципиально изменять свойства цементного камня. Введение в цементную матрицу структурообразующего компонента (волокон) изменяет пористость концентрацию мелких пор, уменьшает расстояния между ними, сокращает размеры и количество капиллярных пор. Волокна повышают плотность цементного камня, водонепроницаемость и морозостойкость бетона. Нами было исследовано 60 подобранных составов. Было установлено, что добавление в бетоны полипропиленовых волокон уменьшает риск потери несущей способности бетона. Добавление полипропиленовых волокон в мостовые и тоннельные конструкции позволит избежать хрупкого разрушения и потери сопротивления в нормальных и экстремальных условиях. Испытания на сжатие высокопрочных бетонов показали, что оптимальным является добавление полипропиленовых фибр с волокнами длиной 12мм.

На основании проведенных исследований разработан состав фибробетона с полипропиленовыми волокнами для создания мостовых и тоннельных конструкций. Теоретически и экспериментально подтверждено, что полученный фибробетон имеет следующие преимущества: более высокую плотность, повышенную морозостойкость и стойкость к химическим воздействиям, повышенное сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию бетона; более высокую начальную прочность что обеспечить уменьшение сроков ввода в эксплуатацию сооружения; снижает риск разлома; меньшее поперечное сечения конструкций при сохранении несущей способности конструкций, работающих, прежде всего, на изгиб; большую длину пролетов мостовых конструкций; повышенную долговечность мостовых и тоннельных конструкций, что позволит увеличить межремонтный период сооружений, а это приведет к значительной экономии материальных и трудовых ресурсов.

МОСТ МИЛЛЕНИУМ ЧЕРЕЗ РЕКУ ТАЙН

Ляхевич Г.Д., Гречухин В.А.

Белорусский национальный технический университет

Мост Миллениум (мост Тысячелетия- Gateshead Millennium Bridge) — мост через реку Тайн, (Северная Англия); первый в мире наклоняемый мост.

Область применения	пешеходно-велосипедный,
Тип конструкции	наклоняемый мост
Общая длина	126 м
Открытие	сентябрь 2001

Строительство моста Тысячелетия являлось масштабным инженерным проектом; проект реализовывали более двух лет. Стальную конструкцию моста отлили на заводе, а затем по частям переправили для её сборки в устье Тайна. Собранную конструкцию переправили на 10 км вверх по реке с помощью крупнейшего в Европе плавучего подъёмного крана. В силу малой ширины Тайна конструкцию размером 126 м и весом 850 т приходилось время от времени поворачивать. В сентябре 2001 года мост был введён в эксплуатацию. Мост «поворачивается» около 200 раз в году. Основа моста — две стальные арки. Одна из них вздымается над поверхностью воды на 50 м; по другой, расположенной практически горизонтально, движутся пешеходы и велосипедисты, а под ней могут проходить суда небольшой высоты. Когда к мосту приближается высокое судно, неспособное пройти под горизонтальной частью, обе арки как единое целое поворачиваются на 40° вокруг оси, соединяющей их концы: пешеходно-велосипедная палуба моста поднимается, верхняя же арка, наоборот, опускается. Поворот длится не более 4,5 минут, в зависимости от скорости ветра. Когда он завершается, две арки оказываются в «равновесно-поднятом» положении, в котором верхние точки арок возвышаются над поверхностью воды на 25 метров. За этот манёвр мост получил прозвище «Подмигивающий глаз».



БЕСШОВНАЯ НАПЫЛЯЕМАЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИЯ «ДОРФЛЕКС» ДЛЯ МОСТОВЫХ И ТОННЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Лосев А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Dorflex® - представляет собой дисперсную систему, состоящую из двух взаимно нерастворимых жидкостей (битум-вода), из которых одна дисперсная фаза (битум) распределена в другой дисперсной среде (воде) в виде мельчайших частиц диаметром 5...10 мкм, покрытых очень тонким слоем эмульгатора на основе жирных кислот, обеспечивающего технологическую устойчивость такой гидроизоляционной системы. Введение наполнителя, - полихлоропренового латекса, - значительно увеличивает прочностные и эластичные свойства материала. Материал не токсичен и не горюч, обеспечивает возможность выполнения работ в закрытых помещениях без специальных средств защиты. Особенностью материала является простота гидроизоляции поверхностей любой геометрической формы, бесшовность и достигаемая гарантированная адгезия в каждой точке покрытия. Высокая скорость выполнения работ позволяет в среднем обеспечивать производительность до 1200 м² в смену, что даже с учетом технологического периода стабилизации в 4-5 раза выше производительности выполнения работ традиционными рулонными напыляемыми материалами.

Напыляемая битумно-полимерная эмульсия, предназначенная для гидроизоляции и антикоррозийной защиты мостовых конструкций, эстакад путепроводов, тоннелей, в том числе тоннелей метрополитена, и других искусственных сооружений во всех климатических районах, получаемая гидроизоляционная мембрана сохраняет физико-механические свойства при температуре до +260°С, что позволяет выполнять укладку по ней горячих а/б и литых смесей. Покрытие обеспечивает нормативные характеристики адгезии с металлическими и бетонными поверхностями. Полученная мембрана обеспечивает хорошую водонепроницаемость, материал имеет низкое водопоглощение, высокая эластичность позволяет воспринимать широкий диапазон пластических деформаций, показатели условной прочности удовлетворяют требованиям эксплуатации.

Научный руководитель профессор Ляхевич Г.Д.

ГИДРОИЗОЛЯЦИОННАЯ СИСТЕМА «ИКОПАЛ» ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ МОСТОВЫХ И ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Лосев А.Ю.

Белорусский национальный технический университет

ИКОПАЛ Мост СБС - система: однослойная; тип материала: битумно-полимерный; технология: «защитный профиль». Для устройства гидроизоляции и защитно-сцепляющего слоя при новом строительстве, а также при ведении ремонтных работ на пролетных строениях мостовых сооружений применяются рулонные битумно-полимерные материалы ИКОПАЛ Мост. Продукция этой марки производится путем нанесения на высокопрочную полиэфирную основу модифицированного битума с дальнейшим нанесением мелкозернистой посыпки с внешней стороны и созданием «защитного профиля» с наплавляемой стороны.

Преимущества использования материалов ИКОПАЛ Мост:

-возможность применения в различных конструктивных решениях (с устройством защитного бетонного слоя, либо непосредственно на контакте с дорожной одеждой), в любых типах дорожных одежд, в том числе под литые асфальтобетонные смеси с -температурой укладки до 230°С;

-высокие показатели адгезии со всеми типами оснований;

-полное соответствие действующей нормативной документации как по физико-механическим характеристикам, так и по методикам их испытаний;

-наличие запатентованной технологии «защитный профиль», позволяющей увеличить темпы производства работ, сократить расход газо-воздушной смеси, увеличить межремонтные сроки и надежность всей системы в целом.

Область применения материалов ИКОПАЛ Мост применяется под защитный бетонный слой на железобетонных пролетных строениях мостовых сооружений, а также для гидроизоляции горизонтальных и вертикальных поверхностей при прокладке тоннелей открытым способом. Применение материала гарантирует долговечную бездефектную работу всей гидроизоляционной системы.

Научный руководитель профессор Ляхевич Г.Д.

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НДС ПРИ СТАТИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЯХ МОСТОВ

Пастушков В.Г., Шикуть К.К.

Белорусский национальный технический университет

В соответствии с ТКП 45-3.03-60-2009 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» испытаниям при приемке в эксплуатацию должны, как правило, подвергаться мосты с опытными и впервые применяемыми конструкциями.

Испытания других вводимых в эксплуатацию мостов могут проводиться по решениям приемочных комиссий, по требованиям проектных и эксплуатационных организаций, а также в связи с выполнением соответствующими организациями научно-исследовательских работ.

Испытания мостовых конструкций связаны с определением большого числа параметров, характеризующих поведение конструкций под нагрузкой. К таким параметрам относятся перемещения, деформации, углы поворота и др. При проведении натурных испытаний предпочтение отдают приборам, которые имеют малый вес, широкий диапазон измеряемых величин и могут быстро устанавливаться. При использовании большого числа измерительных приборов к ним выдвигаются дополнительные требования к скорости регистрации показаний. Такими качествами обладают современные электронные приборы.

Для измерения НДС конструкций мостовых сооружений используются самые различные приборы: механические, оптомеханические, электромеханические, электронные и их комбинации. К механическим приборам относятся прогибомеры рычажного и часового типа, различные системы тензометров, инклинометров. К оптомеханическим относится основная масса геодезических приборов (нивелиры, теодолиты). К электромеханическим относится инклинометр Аистова и струнный тензометр Шеффера. Все перечисленные выше приборы требуют обязательного присутствия человека для съема полученных данных.

Только электронные приборы позволяют автоматизировать сбор, обработку и сохранение полученных данных, образуя измерительные системы. Такая измерительная система, дополненная специальной программным обеспечением, имеющим алгоритм принятия решения, позволяет собирать и обрабатывать данные с большого количества датчиков различного типа и назначения, сравнивать измеренные данные с проектными, а в случае возникновения недопустимого НДС - выдать тревожный сигнал для предотвращения аварийной ситуации.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКЛАДНОГО ТЕНЗОМЕТРИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Шикуть К.К.

Белорусский национальный технический университет

Система мониторинга состояния строительных конструкций включает в себя контрольно-измерительное оборудование с передачей цифровых данных на ПК и автоматическим построением графиков изменения напряженно-деформированного состояния строительных конструкций в режиме «онлайн».

Состоит из:

- измерительного оборудования (тензометры, инклинометры);
- пункт считывания данных с измерительного оборудования (регистратор);
- автоматизированное рабочее место (АРМ), имеющий в своем составе специализированное программное обеспечение.

Закладной струнный тензометр предназначен для установки внутри бетонных конструкций.

Применение закладного тензометра – измерение деформаций в бетонных и железобетонных конструкциях зданий, инженерных и гидротехнических сооружений, мостов и вышек.

В основу работы струнного тензометра положен принцип зависимости частоты колебаний струны от степени ее натяжения. При деформации конструкции, на которой установлен датчик, изменяется натяжение струны. Для правильной работы тензометров необходимо обеспечить их жесткое крепление к строительным конструкциям в контрольных точках измерения деформаций таким образом, чтобы была обеспечена совместная работа «конструкция-измерительное оборудование». Для обеспечения совместной работы измерительное оборудование крепится к арматурному каркасу свай, ростверка и др. железобетонных строительных конструкций при помощи сварки электродами.

Связь датчиков с регистратором обеспечивается за счет сетевых проводов. Для исключения механических повреждений сетевые провода укладываются в специальные металлические трубы и прокладываются, по возможности, между верхними арматурными сетками ростверка.

При непрерывном мониторинге регистратор в режиме реального времени передает показания датчиков через программный или аппаратный хост в базу данных системы мониторинга. Обмен данных происходит по при помощи проводного соединения.

НАДЕЖНОСТЬ ПЛИТНЫХ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

Рассмотрены типовые несущие плитные конструкции по серии 3.503–12 «Унифицированные сборные пролетные строения из предварительно напряженного железобетона для мостов и путепроводов на автомобильных и городских дорогах. Выпуск 16. Пролетные строения из пустотных плит длиной от 6 до 18 метров, армированных стержневой арматурой классов А–IV и А–V. Москва, 1973 год» при классе бетона по прочности на осевое сжатие С25/30 и классе арматуры S800.

Задача по оценке надежности плитных конструкций решалась следующим образом:

определялись средние значения проектной \overline{M}_R^{not} и фактической \overline{M}_R^{act} несущей способности плит;

определялись проектный $\sigma_{M_R}^{not}$ и фактический $\sigma_{M_R}^{act}$ стандарты прочности нормального сечения плит (по методу линеаризации функции);

определялась минимальная несущая способность нормального сечения плиты по проекту $M_{R, \min}^{not}$;

определялось количество стандартов (индекс надежности) по проекту и фактически, на которое отстоят средние значения несущей способности плит от проектной минимальной несущей способности:

$$n^{not} = \frac{\overline{M}_R^{not} - M_{R, \min}^{not}}{\sigma_{M_R}^{not}} ; \quad n^{act} = \frac{\overline{M}_R^{act} - M_{R, \min}^{not}}{\sigma_{M_R}^{act}} .$$

В результате выполненных вероятностных расчетов установлено, что: значения проектного и фактического уровней (индексов) надежности по каждому типу плит серии 3.503–12 практически одинаковые.

для всех типов плит значения проектного и фактического уровней (индексов) надежности (для плит П–18 соответственно 2,71 и 2,68; П–15 – 2,07, 2,06; П–12 – 2,45, 2,42; П–9 – 2,87, 2,83; П–6 – 2,97, 2,93) несколько ниже требуемого значения, равного 3.

наименьшие значения уровня (индекса) надежности получены для пустотных плит П–15 (пролет 15 метров).

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА НА ПРОЧНОСТЬ ОТДЕЛЬНЫХ НЕСУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ МОСТОВ

Нестеренко В.В.

Белорусский национальный технический университет

В балочных пролетных строениях железобетонных мостов наименьшее значение защитного слоя бетона в плитах проезжей части толщиной до 300 мм равно 20 мм. Вероятностные расчеты были выполнены при следующих исходных данных: толщина плиты проезжей части 120 мм, бетон класса С25/30, рабочая арматура класса S400, диаметр стержней арматуры 10 мм, шаг стержней 200 мм.

По ГОСТ 13015–2003 предельные отклонения по толщине защитного слоя бетона при линейных размерах поперечного сечения 101...200 мм – (+8; –5) мм.

В результате выполненных вероятностных расчетов установлено, что изменчивость толщины защитного слоя бетона по ГОСТ 13015–2003 не влияет на обеспеченность по прочности нормального сечения плиты проезжей части.

С другой стороны, фактическая обеспеченность по прочности нормального сечения плиты проезжей части меньше требуемого значения.

В связи с этим, при расчете прочности нормального сечения плиты проезжей части, рекомендуется учитывать коэффициент надежности $\gamma_{n,1}$ по условиям расчета, значение которого определяется из формулы

$$\bar{M}_R^{not} = \gamma_{n,1} \cdot M_{R,min}^{not} + n^{not} \cdot \sigma_{M_R}^{act},$$

где: $n^{not} = 3$ (индекс надежности по проекту); \bar{M}_R^{not} – среднее значение проектной несущей способности плиты; $\sigma_{M_R}^{act}$ – фактический стандарт прочности нормального сечения плиты (можно вычислять по методу линеаризации функции).

В нашем случае (исходные данные приведены выше) условие прочности для плиты проезжей части будет иметь вид

$$M_{Ed} \leq 0,72 \cdot M_{Rd},$$

где: M_{Ed} – расчетное значение изгибающего момента от внешних воздействий; M_{Rd} – прочность нормального сечения плиты проезжей части по проекту; коэффициент надежности $\gamma_{n,1} = 0,72$.

НАПРЯЖЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ПЕРЕГОННЫХ ТОННЕЛЕЙ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ШПУНТОВОЙ СТЕНКИ

Вайтович А.Н., Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

Объектом исследования являются конструкции перегонных тоннелей линии Минского метрополитена от станции «Площадь Ленина» до станции «Октябрьская» на участке зоны влияния производства строительных работ. Основными несущими конструкциями перегонных тоннелей является чугунная тубинговая обделка круглого очертания $d_n / d_v = 5,49 / 5,1$ м. Нормальные чугунные кольца шириной 1,0 м. Каждое кольцо состоит из ключевого, двух смежных и семи нормальных тубингов, выполняемых из чугуна марки СЧ21-40. Обделка выполнена без перевязки продольных стыков. Соединение тубингов в кольцо и соединение колец между собой выполнено на болтах М27. Средняя глубина заложения тоннелей в зоне строительства составляет 5,3 м до верха тоннеля. По данным инженерно-геологических изысканий основанием подземных сооружений на обследуемом участке служит песок гравелистый ($\gamma = 18,5$ кН/м³, $\phi = 42^\circ$, $c = 0,002$ МПа). Грунтовые воды по данным изысканий не обнаружены.

Моделирование производилось в специализированном геотехническом программном обеспечении. Конечно-элементная расчетная схема состоит из двухмерных (тоннели) и трехмерных (окружающая застройка и грунтовый массив) элементов, а также интерфейсов, которые моделируют контакт между конструкциями и грунтом. Был выполнен расчет взаимодействия системы «сооружение – грунтовый массив» в трехмерной постановке с учетом производства работ и функционирования объекта. Такой расчет позволил рассмотреть систему на разных стадиях строительства и эксплуатации, подробно изучить процессы вертикальных перемещений и формирования напряженно-деформированного состояния грунтового массива.

На основании выполненных расчетов конструкций перегонных тоннелей можно сделать выводы, что максимальные перемещения и напряжения возникают при производстве работ по разработке котлована для устройства шпунтовых ограждений вдоль первого тоннеля. Прогнозируемые перемещения конструкций перегонных тоннелей в зоне производства работ составили 9,5 мм, напряжения – 3,9 МПа.

МИНИМИЗАЦИИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНОГО СООРУЖЕНИЯ НА ТОННЕЛИ МЕТРОПОЛИТЕНА

Далидовская А.А.

Белорусский национальный технический университет

Городской автодорожный путепровод запроектирован для транспортной развязки, в зону влияния строительства которой попадают перегонные тоннели 3-й линии метрополитена. Для оценки влияния нового строительства был выполнен расчет по минимизации воздействия.

Длина путепровода 193,54 м, ширина – 12,5 м. Пролетное строение индивидуального изготовления с монолитной плитой пролетного строения. В поперечном сечении путепровода 11 балок с переменным шагом. Опоры железобетонные монолитные индивидуальной проектировки на буронабивных сваях диаметром 0,8 м и 1,2 м с монолитными ростверками высотой 1,2 м и 1,5 м. Бетон опор – класса В30, кроме встроенных ригелей – бетон класса В35, арматура класса S500 и S240.

Напряженно-деформированное состояние системы «грунт-сооружение» рассчитывалось методом конечных элементов в условиях трехмерной задачи. Конечно-элементная расчетная схема состоит из одномерных (буронабивные сваи) и трехмерных элементов (ростверки, тоннели, вентсбойка, санузел, насыпи съездов). Для разграничения получаемых результатов между упругим поведением свайных ростверков буронабивных свай и окружающего грунтового массива, использованы специальные интерфейсные элементы. В расчетной модели давление, передаваемое непосредственно от ростверков опор путепровода между сваями на конструкции тоннелей метрополитена, происходит через трехмерные конечные элементы с заданными жесткостными параметрами в соответствии с характеристиками грунтов. Нагрузки от сооружения задавались по результатам расчета выполненном в ПК SOFiSTiK. Расчетная модель разрабатывалась с учетом технологии производства работ. По результатам расчета были получены напряжения и деформации сооружений метрополитена на всех стадиях строительства и эксплуатации сооружения. Максимальные деформации в конструкциях возникают на стадии монтажа балок пролетных строений в непосредственной близости от левого тоннеля. Также расчетом была определена зона влияния и дополнительные осадки сооружений. Размеры зоны влияния определены из условия осадки грунтового массива или основания существующего сооружения окружающей застройки, не превышающей 1,0 мм.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ОДНОСВОДЧАТОЙ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА ПРИ ЕЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Кисель М.А., Пастушков Г.П.

Белорусский национальный технический университет

Статическая работа конструкции односводчатой станции, выполненной в виде монолитного железобетонного свода, достаточно изучена. Поэтому при рассмотрении напряженно-деформированного состояния конструкции односводчатой станции в ходе ее реконструкции, основное внимание уделяется вопросу деформации несущих стен после снятия бокового давления грунта со стороны котлована при различной подъемности свода и условиях сопряжения со стенами.

Наиболее подходящим методом моделирования данной задачи является метод с помощью эквивалентных материалов, из которых изготавливаются как модель грунтового массива, так и конструкция станции. Для различных грунтовых условий модель массива изготавливают либо из смеси песка, молотой слюды и резиновой крошки (супеси, суглинки), либо из смеси песка, технического вазелина и молотой слюды (плотные глины). Материалом для модели обделки станции служит затвердевшая смесь гипса, песка и молотой слюды, затворенной водой. Подготовительный этап в серии экспериментов проводится в соответствии с описанной выше методикой построения модели грунтового массива.

После снятия начальных показаний приборов выполняется «разработка» грунта котлована со стержневыми элементами крепления. Верхний свод станции устанавливается на стены в различных вариантах: в одной серии моделей свод шарнирно опирается на стены, в другой обеспечивается жесткое их соединение. Изменяется также подъемность свода. После обратной засыпки модель загружается равномерно распределенной нагрузкой. Максимальное значение нагрузки соответствует ее расчетному значению при особом сочетании.

По результатам моделирования можно сделать вывод о том, что при шарнирном опирании пологого свода в слабых грунтах горизонтальное перемещение верхней точки стены менее 20 мм. С возрастанием упругих характеристик грунта перемещение существенно уменьшаются и в плотных глинах снижаются в 3,5 – 4 раза. Следовательно, при расположении опорных тоннелей в грунтах с коэффициентом упругого отпора около $200 \text{H}/\text{см}^3$ вопрос о шарнирном или жестком сопряжении свода со стенами, с точки зрения их устойчивости не будет являться приоритетным.

УСИЛЕНИЕ ОСНОВАНИЯ СТЕНЫ СТАНЦИИ МЕТРОПОЛИТЕНА В ХОДЕ ЕЕ РЕКОНСТРУКЦИИ

Кисель М.А.

Белорусский национальный технический университет

Для повышения несущей способности фундаментов при их усилении используется способ передачи части нагрузки от стен станции на инъекционные сваи. Под инъекционными понимают сваи, которые формируются в предварительно подготовленных скважинах путем инъекции под давлением подвижной бетонной смеси с последующей опрессовкой системы «свая – грунт основания».

Усиление существующей станции метрополитена, по результатам технико-экономического обоснования, наиболее рационально выполнять при помощи технологии струйной цементации грунтов. Устройство цементно-грунтового массива необходимо выполнять на двух участках в три этапа. Участок 1 – устройство грунтоцементных армированных свай усиления существующей «стены в грунте» станции, участок 2 – закрепление грунта струйной технологией под лотковой плитой станции. Первый этап включает устройство вертикального ряда грунтоцементных армированных свай усиления существующих конструкций станции. Второй этап включает устройство рядов 2 и 3 наклонных грунтоцементных армированных свай усиления существующих конструкций станции (под углом 20°).

Устройство вертикальных и наклонных грунтоцементных свай усиления, существующих конструкции методом струйной цементации, выполняется по трехкомпонентной технологии. Трехкомпонентная технология предусматривает, что подача раствора и воды осуществляется дифференцированно. Размыв грунтов осуществляется напором водяной струи, помещаемой внутри струи сжатого воздуха, а перемешивание и закрепление – напорной струей цементного раствора, который при излиянии через торцевое сопло не перемешивается с пульпой, а вытесняет ее по мере извлечения монитора из скважины.

Грунтоцементные сваи усиления существующей «стены в грунте» станции необходимо армировать одиночными арматурными стержнями.

Для уменьшения срока схватываемости раствора необходимо применять ускоряющие добавки. Для предотвращения разуплотнения грунта под существующими конструкциями станции, сооружение цементногрунтовых элементов вести с интервалом четыре сваи. Выполнение соседней сваи возможно не менее чем через трое суток.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕНАПРЯЖЁННОГО ДЕРЕВЯННОГО ПРОЛЕТНОГО СТРОЕНИЯ

Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Конструкция перенапряжённого деревянного пролетного строения. Для такой конфигурации пролетного строения пиломатериалы располагаются бок о бок в продольном направлении относительно оси моста. Чтобы обеспечить равномерное распределение нагрузки между пиломатериалами через заранее проделанные отверстия заводятся высокопрочные стальные стержни, которые стягиваются, что обеспечивает достаточную силу сцепления. Такая конструкция обеспечивает совместную работу отдельных элементов (рисунок 1). Проектирование конструкции перенапряжённого деревянного пролетного строения выполнено в соответствии с ТКП EN 1995-2-2009 Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 2. Мосты [12]. ТКП EN 1995-2-2009 утвержден и введен в действие приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 5 декабря 2011 г. № 422 взамен ТКП EN 1995-2-2009. Настоящий технический кодекс установившейся практики идентичен европейскому стандарту EN 1995-2:2004 Eurocode 5: Design of timber structures — Part 2: Bridges (Еврокод 5. Проектирование деревянных конструкций. Часть 2. Мосты).

Основным материалом для преднапряжённых конструкций была выбрана сосна.

В качестве временной нагрузки от транспортных средств использовалась грузовая модель LM1 в составе тележки (тандема), равномерно распределенной нагрузки по площади, в комбинации с пешеходной нагрузкой на тротуар – 3 кПа.

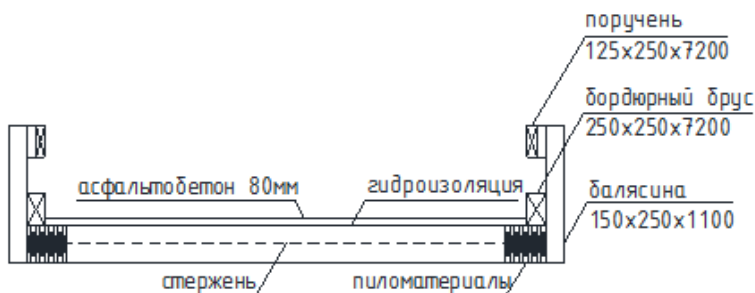


Рис. 1. Конструкция преднапряжённого пролетного строения

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ МОСТОВОГО ПОЛОТНА И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ДИНАМИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Костюкович О.В.

Белорусский национальный технический университет

Влияние продольного профиля на условия движения проявляется в появлении вертикальных ускорений автомобилей и, как следствие, – дополнительных нагрузок на несущие конструкции. Перегрузки от нарушения плавности движения при наличии углов перелома над опорами воспринимаются несущими конструкциями пролетного строения. При этом с увеличением углов перелома возрастает динамический коэффициент при неизменной скорости или снижается допустимая (безопасная) скорость, при которой неизменной остается величина перегрузки.

При определении грузоподъемности мостов, в соответствии со специальными нормативными документами, учитывают дополнительные динамические воздействия. Оценка состояния сооружения по показателю грузоподъемности дается с учетом безопасных условий движения и перегрузки как при установлении класса грузоподъемности элемента, так и при определении предельной массы автомобилей или предельной нагрузки на ось автомобиля.

Продольный профиль проезжей части в соответствии с ТКП 45-3.03-232-2018 (33020) «Мосты и трубы. Строительные нормы проектирования» должен отвечать требованиям, при которых обеспечивается плавность движения автомобилей с расчетной скоростью. В частности, при расчётных скоростях углы перелома в профиле над опорами мостового сооружения не должны превышать по условиям плавности 24 ‰ — для полосовой автомобильной нагрузки АК и 13 ‰ — для одиночных автомобильных нагрузок НК.

ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОДВИЖНОЙ НАГРУЗКИ НА АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Ходяков В.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее часто упоминаемый фактор, вызывающий динамическое воздействие подвижной нагрузки на пролётные строения, это неровности и выбоины на асфальтобетонном покрытии, появившиеся в процессе длительной эксплуатации сооружения.

Однако одним из наиболее интересных современных факторов, также вызывающий повышенное динамическое воздействие, является неровная стыковка участков асфальтобетонного покрытия на подходах к мосту.

Данная неровность встречается довольно часто на сооружениях в случаях, когда имеется необходимость скорой сдачи их в эксплуатацию по тем или иным причинам. В случаях, когда подгоняемые сжатыми сроками строительные организации передают на приёмку в эксплуатацию сооружение и дорогу по отдельности, а не как единое сооружение.

Практика показывает, что после устройства финишного дорожного покрытия на таких сооружениях имеются серьёзные переломы продольного профиля до 60 промилле на коротких дистанциях от 0,5 до 3 метров. Располагаются эти переломы на подходах, на расстоянии от 3 до 10 метров от крайних опор моста, то есть в зоне нивелируемых при диагностике сооружения подходов.

Сегодня часто можно встретить мнение о том, что комиссия принимает в эксплуатацию только сооружение, а подходы к этому сооружению не являются частью принимаемого в эксплуатацию объекта.

Практика показывает, что, несмотря на серьёзные проблемы с переломами покрытия на подходах, сооружение всё же принимается и передаётся эксплуатирующей организации. После чего уже эксплуатирующая организация заказывает обследование нового сооружения. По результатам обследования, как правило, рекомендуется установка знаков серьёзного ограничения скорости и в дальнейшем скорый ремонт дорожного покрытия на подходах.

Тот факт, что после ввода в эксплуатацию сооружения до полугода пропускает по себе нагрузку без каких-либо ограничений по скорости, может лечь в основе гипотезы о том, что в начальный период эксплуатации многие сооружения переживают серьёзные динамические воздействия без какого-либо контроля, что может повлечь за собой определённые последствия для долговечности сооружений.

МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЛЁТНЫХ СТРОЕНИЙ

Ходяков В. А.

Белорусский национальный технический университет

Основные измеряемые характеристики при динамическом испытании пролётных строений мостов и путепроводов – это относительное удлинение (напряжение), возникающее в наиболее нагруженных балках, а также линейное ускорение точек на наиболее деформируемых элементах пролётных строений.

Частота, с которой измеряются эти параметры, на прямую влияет на точность измерения. При этом частоты от 100 до 400 Гц вполне хватает для снятия показаний с большинства типовых сооружений на территории Республики Беларусь. Увеличение частоты измерения приводит к сильному увеличению объёма записываемых данных, при этом точность измерения растёт незначительно.

Измеренные напряжения дают информацию о величине фактического динамического коэффициента.

Измеренные ускорения дают информацию о величине ударных нагрузок, кроме того, дважды интегрируя полученные осциллограммы, можно получить значения динамических перемещений точки. Что, в свою очередь, является ещё одним источником получения данных о динамическом коэффициенте к подвижной нагрузке.

Имеются зарубежные исследования подтверждающие, что величина всех трёх измеряемых величин зависит от конструкции подвески автомобиля, используемого при испытании. В частности, приводится разница между воздействием автомобиля с пневматической и рессорной подвеской. Это говорит о том, что при динамическом испытании необходимо также учитывать и конструкцию автомобиля. При этом однозначного ответа на то, какой автомобиль оказывает меньшее динамическое воздействие, получить сложно. Разные автомобили при прохождении на разных скоростях по одним и тем же неровностям ведут себя по-разному.

Эти факты могут лечь в основу гипотезы о том, что при динамическом испытании сооружений необходимо собирать статистические данные при естественном движении нагрузки, без перекрытия движения и специального испытания.

УВЕЛИЧЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОНА К ЗАМЕРЗАНИЮ/ОТТАИВАНИЮ, СОПРОТИВЛЕНИЯ БЕТОНА УДАРУ И УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОНА К ИСТИРАНИЮ

Савина Е.Н., Кулан А.В.

Белорусский национальный технический университет

Бетон, содержащий волокна, имеет более высокие морозостойкие характеристики, и можно считать, что по долговечности он не уступает бетону с воздухововлекающими добавками.

Механизм повышения морозостойкости следующий:

- Волокна вносят в бетон незначительное количество воздуха. Эти воздушные пузырьки позволяют свободной воде, которая может замерзнуть, расширяться и сжиматься в цикле замораживание/оттаивание. Таким образом, снижаются разрушительные эффекты мороза на раннем этапе.

- Волокна повышая устойчивость бетона к пластическому растрескиванию, уменьшает количество водных каналов в бетоне, и в результате снижения проницаемости придает большую устойчивость к промерзанию. Добавление волокон контролирует перемещение воды в бетоне, обеспечивая более эффективную гидратацию цемента, и повышает прочность на сжатие в первый день.

- Бетон, содержащий волокна, имеет значительно большее сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию по сравнению с обычным бетоном. Полипропиленовая фибра придает значительно большую устойчивость и сопротивление удару по сравнению с обычным бетоном, тесты показывают 5-кратное превышение по данному фактору.

Повышенное сопротивление удару и устойчивость к раскалыванию бетона с волокнами могут быть приписаны большому количеству энергии, поглощенной при натяжении волокон после образования трещин в цементном растворе. Таким образом, волокна обеспечивают большую защиту от разрушения краев соединений в бетонных плитах покрытий и сборных железобетонных конструкциях. Его свойства, увеличивающие сопротивление удару, означают, что волокна можно использовать в тяжелой промышленности, военных целях для повышения взрывоустойчивости и в местах повышенной сейсмической активности.

Устойчивость к истиранию бетона с полипропиленовой фиброй через 6 часов повышается примерно на 10% и в целом может быть выше на 30%. Это зависит от содержания цемента и качества заполнителя.

Научный руководитель профессор Ляхевич Г.Д.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ВИСЯЧЕГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ТЕМЗА

*Кулан А.В., Савина Е.Н.,
Белорусский национальный технический университет*

Длина моста составляет 244 метров, каждая из двух башен имеет высоту 65 метров. Центральный пролёт между башнями имеет длину 61 метр и состоит из двух разводных крыльев, которые в случае необходимости поднимаются вверх на 86 градусов для обеспечения прохода судов по Темзе. Разводные крылья весят 1000 тонн каждое; для их подъёма используется специальная система противовесов для того, чтобы минимизировать усилие и время, необходимое для разведения моста. Первоначально система была основана на гидравлических аккумуляторах, в которых под давлением 5,2 МПа хранилась вода. Вода нагнеталась в аккумуляторы двумя паровыми двигателями мощностью 270 киловатт каждый. В 1974 году эта система была заменена на электрогидравлическую. В ней вместо воды используется специальное масло, а двигатели заменены на электрические. Секции моста между башнями и берегами Темзы представляют собой подвесные мосты длиной 82 метров каждый. Цепи, поддерживающие мост, крепятся с одной стороны к башням, а с другой — к береговым устоям моста. Конструкция Тауэрского моста предусматривала возможность его пересечения пешеходами даже во время развода пролётов. Для этого, кроме обычных пешеходных тротуаров, расположенных по обе стороны проезжей части, между двумя башнями на высоте 44 метров над уровнем реки были сооружены две пешеходные галереи.

Научный руководитель профессор Ляхевич Г.Д.



Рис. 1. Общий вид Тауэрского моста



Рис. 2. Гидравлическая система для разведения моста

ОСНОВНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гулицкая Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Срок службы мостового сооружения определяется физическим и моральным износом конструкций. Физическим износом считается накопление дефектов и повреждений элементов сооружения, из-за чего сооружение перестает воспринимать необходимую нагрузку. Моральный износ соответствует положению, при котором сооружение перестает удовлетворять требованиям к его потребительским качествам (пропускной и несущей способности). Моральный износ — это несоответствие возможностей мостового сооружения актуальным требованиям по грузоподъемности, интенсивности, скорости и безопасности движения.

По данным, полученным специалистами НИЛ мостов и инженерных сооружений БНТУ при обследовании мостовых сооружений, основными показателями морального износа эксплуатируемых мостов и путепроводов в РБ являются:

- несоответствие пропускной способности мостового перехода современным нормативным требованиям — недостаточный габарит мостового полотна в зависимости от технической категории автомобильной дороги, на которой расположено мостовое сооружение;
- несоответствие высоты и конструкции дорожных и перильных ограждений мостового полотна и подходов современным нормативным требованиям;
- снижение грузоподъемности сооружения относительно требований современных ТНПА;
- несоответствие действующим нормативным требованиям конструктивных и технологических решений, примененных при проектировании и строительстве мостовых сооружений, например:
 - особенности конструкции рамно-консольного пролетного строения с опиранием въездных консолей непосредственно на насыпи подходов,
 - водоотвод с поверхности мостового полотна без водоотводных трубок на фасады сооружения,
 - устройство зон сопряжения мостового полотна и подходов без переходных плит,
 - отсутствие гидроизоляции и деформационных швов на тротуарах мостовых сооружений,
 - отсутствие водоотводных лотков и лестничных сходов на подходах к мостовым переходам.

ОСНОВНЫЕ ДЕФЕКТЫ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЙ МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Гулицкая Л.В.

Белорусский национальный технический университет

Согласно ТКП 45-3.03-60-2009 «Мосты и трубы. Правила обследований и испытаний» при обследовании мостовых сооружений выявляются дефекты конструкций с фиксацией их характера, мест расположения, объемов и обязательной классификацией по их влиянию на технико-эксплуатационное состояние сооружения, а именно:

- дефекты, влияющие на грузоподъемность сооружения,
- дефекты, влияющие на безопасность движения транспортных средств и пешеходов,
- дефекты, влияющие на долговечность сооружения.

По данным, полученным специалистами НИЛ мостов и инженерных сооружений БНТУ при обследовании мостовых сооружений РБ, основными дефектами грузоподъемности железобетонных пролетных строений мостовых сооружений, которые обязательно учитываются при определении грузоподъемности пролетных строений, являются:

- изменение расчетной схемы диафрагменного сборного пролетного строения с каркасной или предварительно напрягаемой арматурой, вызванное расстройством работы сварных стыков полудиафрагм,
- изменение расчетной схемы плитного сборного пролетного строения, вызванное отсутствием шпоночного стыка между плитами,
- уменьшение сечения рабочей арматуры (в результате коррозии) в расчетных сечениях плит или балок пролетных строений,
- уменьшение рабочего сечения бетона (в результате размораживания или механического повреждения) в элементах железобетонных пролетных строений,
- механические повреждения и подрывы рабочей арматуры плит или балок пролетных строений в результате удара автотранспорта,
- проломы в плитах проезжей части железобетонных балочных диафрагменных пролетных строений,
- трещины по клеевым стыкам в составных по длине балках с предварительно напрягаемой арматурой,
- повышенная толщина слоев дорожной одежды мостового полотна, что увеличивает постоянную нагрузку на конструкцию пролетного строения.

ОСОБЕННОСТИ ПОВЫШЕНИЯ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ МОНОЛИТНЫХ РАМНЫХ ПУТЕПРОВОДОВ, ПОСТРОЕННЫХ В 1947 – 1953 Г.Г.

Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

Сотрудниками НИЛ МИС БНТУ в 2018 г. было выполнено обследование трех монолитных рамных путепроводов через железную дорогу, расположенных на автомобильной дороге Р-2 Столбцы – Ивацевичи – Кобрин. Все сооружения идентичны и представляют собой однопролетную железобетонную раму с въездными консолями. Пролетное строение путепроводов состоит из двух главных балок переменной высоты, жестко объединенных со стойками опор, образуя рамную конструкцию. Главные балки объединены монолитной плитой проезжей части, поперечными балками и распорками, выполненными в осях опор. Путепроводы построены в 1952÷1953 г.г., запроектированы под нагрузки Н-10 и НГ-60. Грузоподъемность в рамках проведенного обследования определялась с использованием ПК MIDAS CIVIL и ЛИРА (рис.1).

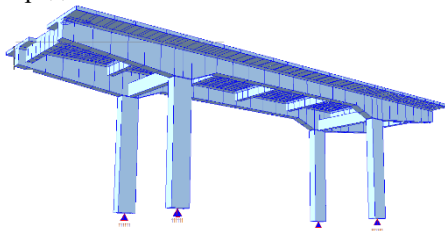


Рис. 1. Расчетная схема

Результаты определения грузоподъемности показали, что при расчете по первой группе предельных состояний (по прочности), наиболее слабым местом при неконтролируемом движении колонн является плита пролетного строения, с классом грузоподъемности А8÷А9, а при

пропуске одиночной колесной нагрузки – главные балки, с классом грузоподъемности НК-68÷НК-73.

Повышение грузоподъемности таких сооружений до уровня современных нагрузок А14 и НК-112 возможно с помощью устройства накладной монолитной плиты усиления пролетного строения, включенной в совместную работу с главными балками. Кроме того, устройство такой плиты одновременно поможет решить вопрос увеличения габарита проезда по сооружениям, что позволит увеличить их пропускную способность и повысит безопасность движения. Решение данных проблем носит актуальный характер, так как подобные сооружения, построенные в 1947 – 1953 г.г., функционируют на дорогах нашей страны и, не смотря на солидный срок службы, находятся в удовлетворительном состоянии.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ
МОСТА ЧЕРЕЗ МЕЛИОРАТИВНЫЙ КАНАЛ НА
АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГЕ
Р-23 МИНСК – МИКАШЕВИЧИ, КМ 190,713**

Шиманская О.С.

Белорусский национальный технический университет

В 2018 г. было выполнено исследование эксплуатационного состояния моста через канал на автомобильной дороге Р-23 Минск – Микашевичи, км 190,713. Мост был построен в 1971 г. по схеме 6+14,06+6 м, а в 1982 г. – уширен до современного состояния. Опоры – свайные однорядные, пролетные строения длиной 6 м выполнены из плит сплошного сечения со шпоночным объединением, пролет длиной 14,06 м – из диафрагменных балок по типовому проекту выпуск 56 Союздорпроекта. При обследовании выявлены значительные разрушения элементов пролетного строения длиной 14,06 м – деструкция бетона балок, коррозия рабочей арматуры, разрушение стыков диафрагм, разломы по консолям плит балок.



Рис. 1.



Рис. 2.

Все эти дефекты возникли в результате многолетнего воздействия агрессивных стоков с мостового полотна на нижележащие конструкции, при отсутствии действий со стороны служб эксплуатации по устранению дефектов и причин их появления.

По результатам перерасчета при наличии таких дефектов грузоподъемность сооружения составила А10 и НК-77, что ниже требований современных норм. Учитывая прогрессирующий характер разрушений в балке Б6, рекомендовано произвести её аварийный ремонт с усилением путем установки швеллера в нижней зоне балки. Для полного восстановления сооружения, рекомендовано выполнить капитальный ремонт моста с устройством накладной монолитной плиты пролетных строений и температурно-неразрезной проезжей части, а также новых слоев дорожной одежды мостового полотна, включая гидроизоляцию.

УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ СУЩЕСТВУЮЩИХ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ

Король Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Специалистами НИЛ МИС БНТУ в 2018-2019 г. г. была выполнена исследовательская работа по данным, полученным в ходе осмотра водопропускных труб на М-6.

При осмотре были определены дефекты, которые были выявлены на частично оставленных существующих трубах, которые в ходе строительства и увеличения грузоподъемности получили дальнейшее развитие.

Так, например, трещины (разломы) по всей длине третьего и четвертого звена (ширина раскрытия увеличилась от 6,5 мм до 10 мм), вертикальная деформация – до 8 см, горизонтальная до 5 см. Диаметр трубы 1,4 м. Ширина раскрытия трещин более 1мм свидетельствует, что напряжения в арматуре значительно превысили предельные значения. По низу трубы грязь и камни слоем до 35 см, поэтому разломов не видно. Рекомендуется провести ремонт или замену по проекту, согласованному с ГИПом. До проведения ремонтных работ рекомендуется незамедлительно в дефектных звеньях установить страховочные подпорки между днищем и сводом.

Также еще в одной железобетонной трубе она не входит в раструбы и зазоры по стыкам 20 см (ширина раструба 20 см). По стыкам происходит интенсивное высыпание грунта. И данные три звена не объединены между собой и сооружение не является цельным. До проведения ремонта рекомендуется устроить страховочное временное перекрытие швов на подпорках. Страховочные конструкции не должны стеснять отверстие трубы более чем на 10 см.

Таким образом, при реконструкции автомобильной дороги М-6, работа водопропускных труб будет изучена и проанализирована при дальнейшей эксплуатации, что позволит сделать выводы о дальнейшей перспективе использования существующих конструкций. При дальнейшем использовании существующих водопропускных труб, необходимо обращать пристальное внимание при обследовании, а также учитывать, что проектный срок службы по ТКП45-3.03-232 водопропускных труб – 50 лет, а также к этому сроку прибавить и срок дальнейшей перспективы после реконструкции (а это двадцать лет). Поэтому на реконструируемых дорогах необходимо не оставлять водопропускные трубы со сроком службы не более 30 лет.

ХИМИЧЕСКОЕ ЗАКРЕПЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ ГРУНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ МИНСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА МЕТОДОМ ИНЪЕЦИРОВАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОСТАВОВ WEBAC

Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Освоение подземного пространства всегда связано со сложностями, одна из таких – инженерно-геологические условия – при проходке в объеме строительной площадки и в зоне, где расположены существующие здания и сооружения, оказывающей влияние на возводимые конструкции.

Технология выполнения работ – через фундамент, плиту, грунт просверливают несколько отверстий для инъецирования двух компонентного состава (WEBAC) и устанавливают пакеры. Затем с помощью насоса выполняется инъецирование. Состав заполняет поры в грунтовом массиве и в зависимости от давления в насосе регулируется диаметр его распространения. Время схватывания зависит от пропорции введённого состава (рис. 1).



Рис. 1. Этапы выполнения работ

На станции метро «Юбилейная» была выделена экспериментальная площадка для выполнения контрольных инъекций. Работы выполнялись в феврале месяце 2019 при неблагоприятных температурных условиях, в стеснённых условиях. Набор прочности состава 80% заявлен производителем через 2 часа. На следующие сутки было выполнено вскрытие свай и отбор образцов для испытания. Химическое закрепление грунта прошло равномерно с учетом фактической его пористости. Фактические прочностные показатели превысили ожидаемые результаты.

УРБАНИЗАЦИЯ ГОРОДОВ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

Яковлев А.А.

Белорусский национальный технический университет

Быстрый экономический рост и урбанизация в последние 20 лет привели к развитию подземного пространства. На сегодняшний день в г. Минске уже начали прорабатывать вопрос об устройстве подземных паркингов в спальных районах. Не смотря на то что существующая система оценки городского развития является усовершенствованной, не существует общепризнанной системы критериев оценки развития подземного пространства. Корреляция между городскими показателями и освоением подземного пространства, а также между каждым подземным показателем на сегодняшний день изучены не были.

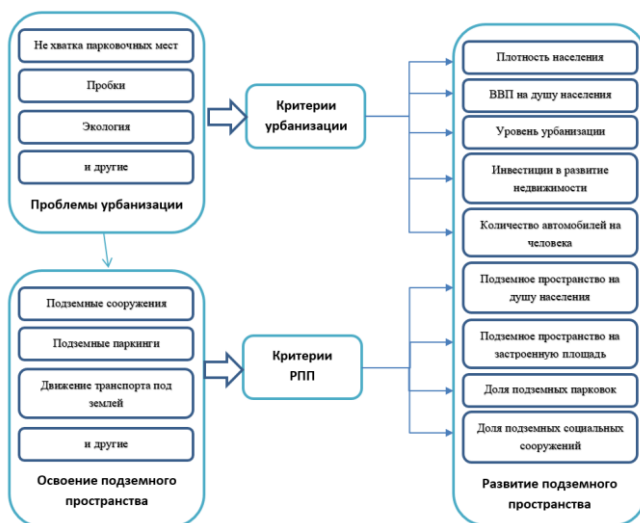


Рис. 1. Основные критерии оценки

Основная задача при освоении подземного пространства получение выгоды для городского развития, что решает сложные проблемы урбанизации больших городов. Для значительного количества средних городов, которые еще не освоили метро, своевременное и эффективное планирование освоения подземного пространства сыграет положительную роль в развитии города.

Секция

**МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ
ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО
КОМПЛЕКСА**

ИННОВАЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ИЗ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Вавилов А.В.

Белорусский национальный технический университет

В процессе жизнедеятельности человека и его хозяйственной деятельности образуются твердые коммунальные отходы (ТКО), которые, в основном, поступают на свалки, усложняя экологическую обстановку, особенно вокруг крупных городов.

Постепенно решается вопрос использования отходов в виде бумаги, стекла и пластмассы. Тоже можно сказать в отношении отходов, извлекаемых из мусоропроводов многоэтажных жилых домов. Эти отходы везут в частности, на мусороперерабатывающий сортировочный завод в районе полигона «Тростенецкий» (Минский р-н). Однако там имеет место большой объем ручного труда по извлечению вторичных ресурсов количество которых не превышает 30%. При этом отсортированные пищевые отходы пополняют свалку, хотя есть технологии по производству из них органического удобрения или энергии, путем газификации.

Тоже можно сказать об использовании отработанных строительных материалов и конструкций: битумосодержащих (рубероид) или минерального происхождения (бетонные, железобетонные конструкции, битый кирпич и т.д.).

Для получения вторичных материальных ресурсов из вышеупомянутых ТКО необходимо инновационное оборудование, которое необходимо приобрести или создать отечественные образцы. Это прежде всего шредеры – оборудование, с помощью которого отходы органического происхождения измельчаются до мелких частиц из которых затем получают востребованные вторичные продукты: битум, мульчу и т.д.

Строительные отходы минерального происхождения также требуют инновационного оборудования для получения из них вторичных материальных ресурсов. В частности фирма Liebherr предлагает установку в мобильном исполнении для утилизации остатков бетона и воды, использованных для промывки бетоносмесителей и бетонных заводов. Эти отходы повторно используются при получении «нового» бетона.

Для получения щебня из бетонных и железобетонных отработанных конструкций в порядке импортозамещения нами разработана конструкция гидронулжниц с помощью которых крупногабаритные плиты дробятся до размеров кусков, которые можно далее измельчать на щековых дробилках.

К СОЗДАНИЮ КОНКУРЕНТНО-СПОСОБНОГО ОТЕЧЕСТВЕННОГО КРАНА БЕЗОГОЛОВОЧНОГО ТИПА

¹Вавилов А.В., ²Грецкий А.А.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Унитарное предприятие «НТО Промтехбезопасность»

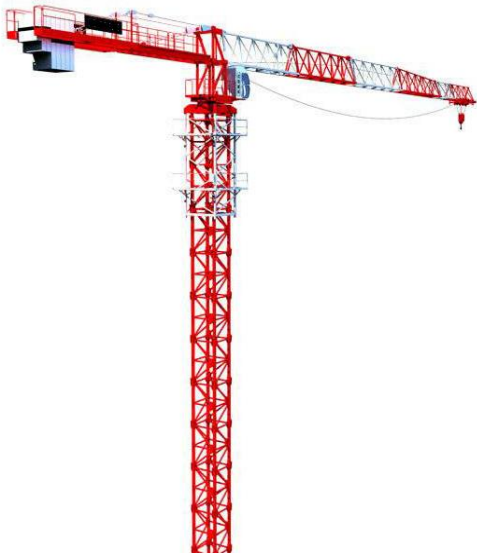


Рис. 1. Создаваемый кран безоголовочного типа

В больших городах Беларуси за последние годы увеличились объемы строительства высотных жилых домов. Для механизации строительства таких домов потребовались безрельсовые башенные краны безоголовочного типа с большим вылетом стрелы. К сожалению, такие краны в Беларуси не выпускались и строители стали их закупать за рубежом, тратя на это немалые валютные средства. Учитывая перспективы таких кранов поставлена задача создать отечественный кран безоголовочного типа, не уступающий по своей технической характеристике

и надежности лучшим зарубежным аналогам.

Поскольку в Беларуси уже длительное время эксплуатируются импортные краны безоголовочного типа, накоплен богатый опыт их эксплуатации. Поэтому поставлена задача провести исследования результатов эксплуатации таких кранов в Республике Беларусь, чтобы учесть это при создании конструкции отечественного крана.

В результате анализа таких исследований будут определены основные параметры проектируемого крана, который будет востребован строителями, а именно: грузоподъемность, вылет стрелы, грузовой момент, высота подъема груза и т.д.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ТРАКОВ ГРУЗОПОДЪЕМНОГО КРАНА ДЭК-401

¹Гарост М.М., ²Гарост А.И., ³Ракович В.А.

¹Белорусский национальный технический университет,

²Белорусский государственный технологический университет,

³ОАО «УМ-12»

Опыт эксплуатации грузоподъемного крана ДЭК-401 в ОАО «УМ-12» (г. Минск) показал, что наиболее слабым звеном являются движители. При перемещении крана на строительной площадке по щебеночному покрытию интенсивно изнашивались проушины башмака, порой происходил их отрыв. Химический анализ материала, из которого изготовлен башмак, показал, что он близок химсоставу стали 40Г2. Для башмака гусеницы также применяются стали 40Г1Р, 32ХФР, 35ГЛ, высокомарганцовистая сталь 110Г13Л.

Для повышения износостойкости и усталостной прочности деталей ходовой части гусеничных машин необходимо выполнение следующих положений: снижать контакт с источниками воздействия на детали либо существенное изменение конструкции; изготовление деталей ходовой части из износостойкого материала; общее повышение износостойкости другими известными методами.

Применение уплотнительного шарнира со смазкой в конструкции гусеницы при работе в условиях абразивного износа увеличивает ресурс цепи в 2 раза по сравнению с гусеницей с шарниром открытого типа. Специалисты компании Caterpillar разработали новую конструкцию ходовой системы SystemOne. Вращающиеся втулки (при работе гусеничного движителя) позволили значительно увеличить интервалы проведения регламентных работ технического обслуживания и капитального ремонта. Для изготовления деталей ходовой части фирма «Син Катерпиллер Мицубиси» разработала так называемые тафустали, что позволяет повысить срок службы деталей ходовой части на 15-30 %. Ученые Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии для повышения износостойкости и усталостной прочности деталей гусеничных машин из высокомарганцовистой стали 110Г13Л рекомендуют применять дополнительное легирование (1,3 % Cr, 1,2 % Ni, 0,6 % Mo, 0,03 % Ti) с комплексом редкоземельных металлов. Комплексное легирование меняет структуру стали, что отражается и на усталостных характеристиках металла.

Для уменьшения износа звеньев и пальцев специалисты рекомендуют проверять натяжение гусениц ежедневно и при изменении грунтовых условий.

АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПОЛЫХ НЕСУЩИХ МЕТАЛЛОКОНСТРУКЦИЙ

¹Хилько И.И., ²Гарост М.М.

¹Белорусский государственный аграрный технический университет

²Белорусский национальный технический университет

В практике эксплуатации, особенно долговременной (5 лет и более) подъемно-транспортных, строительных и сельскохозяйственных машин отмечаются случаи разрушения несущих конструкций из-за коррозии, особенно в зоне сварных соединений. Впервые на это обратили внимание специалисты фирмы Skania, поставившие себе задачу создать кузов автобуса с непревзойденным качеством защиты от коррозии. В итоге ими гарантировался десятилетний срок службы кузов автобусов до появления первых признаков коррозии. Важнейшей составной частью этого результата стало использование защиты внутренних поверхностей несущих металлоконструкций каркаса кузова. Это достигалось тем, что в них сверлились технологические отверстия, через которые наносилось консервационное покрытие, после чего в отверстия вставлялись полимерные заглушки.



В качестве основного технологического оборудования при проведении исследования по нанесению антикоррозионного покрытия на внутренние поверхности полых металлоконструкций использовалась установка окраски безвоздушным распылением собственной конструкции (рисунок). Ее пистолет снабжен адаптером в виде поворотной иглы с вмонтированным соплом, обеспечивающим формирование факела распыляемого материала в направлении продольной оси профиля. Наносились консервационные материалы вязкостью от 40 до 100 с по ВЗ-246. Дальность выброса струи и ее дисперсность зависела от давления в сети сжатого воздуха (изменялось от 3 до 6 бар) и достигала до 1 м и более. Также была установлена необходимость строго ориентированного расположения сопла в обрабатываемом профиле по центру поперечного сечения и его направления вдоль продольной оси. Реализация данной технологии гарантирует экономическую эффективность при производстве за счет более экономного расходования консервационных материалов, уменьшения количества технологических отверстий и повышения производительности. Потребитель получит более надежную технику с эффективной защитой силовых элементов от коррозионного разрушения.

ПРИМЕНЕНИЕ ПЛАТФОРМЫ «ARDUINO» В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

Антоневич А.И.

Белорусский национальный технический университет

В настоящее время практически невозможно найти регулируемый электропривод, неуправляемый контроллером. Так контроллеры широко используются в системах управления двигателем, коробкой передач, противоугонных системах, а также построения активных связей между компонентами машины.

Программирование на компьютере (например, виртуальных исполнителей) при всей его полезности для развития умственных способностей во многом уступает программированию автономного устройства, действующего в реальной окружающей среде. В процессе подготовки студентов широко используется метод обучения от просто к сложному. В связи интерес на первой стадии изучения контроллеров представляет платформа «Arduino». Особенность «Ардуино» в том, что для его первого использования не требуются специфические знания, касающиеся устройства и принципа работы и устройства микроконтроллера, а также нет необходимости в навыках программирования. «Ардуино» реализует концепцию “plug and play” – включил и работай (играй). Разработчики вместо уменьшения числа выводов в микросхеме, наоборот увеличили возможное число выводов. Платформа была рассчитана на студентов, т.е. на возможности их кошелька (30 долларов). Быстрое распространение в интернете привело к тому, что она является наиболее популярной среди любителей и новичков. Оригинальные платы производятся в Турино (Италия) и США (Нью-Йорк). Plug and Play (сокр. PnP) - технология, предназначенная для быстрого определения и конфигурирования устройств в компьютере и других технических устройствах. Технология PnP основана на использовании объектно-ориентированной архитектуры, её объектами являются внешние устройства и программы. Операционная система автоматически распознаёт объекты и вносит изменения в конфигурацию абонентской системы. Arduino Uno - флагманская платформа для разработки на базе микроконтроллера ATmega328P. Ардуино — это открытая платформа. По сути, любой желающий может скачать схему с официального сайта или одного из популярных форумов, а затем собрать плату на основе контроллера ATmega. Необходимые электронные компоненты можно весьма не дорого купить во множестве интернет-магазинов. В Arduino Uno достаточно удобно реализована работа с популярными протоколами: UART, SPI, I2C. Есть даже встроенный светодиод, которым можно помогать в своем первом скетче.

ЭЛЕКТРОННЫЙ КОНСТРУКТОР

Антоневич А.И.

Белорусский национальный технический университет

Электронный конструктор базируется на основе платформы «Ардуино» для разработки электронных устройств новичками и профессионалами. Платформа пользуется огромной популярностью во всем мире благодаря удобству и простоте языка программирования, а также открытой архитектуре и программному коду. Устройство программируется через USB без использования программаторов.

Согласно существующей концепции автоматизации для построения автоматической системы управления, контроля и т.д. помимо контроллера понадобятся устройства ввода/вывода, привода, электронные компоненты. Датчики и системы ввода информации – специализированный комплекс, который, с помощью устройств, обрабатывает и добывает информацию из внешней и внутренней среды. Они представлены широким спектром следующих изделий: GSM и GPRS модули, модули часов реального времени, датчики атмосферного давления; датчики веса, проводной и беспроводной Ethernet, плееры, проигрывающий WAV и MP3 файлы, В настоящее время для платформы «Ардуино» имеются следующие компоненты и изделия: датчики атмосферного давления bmp180, bmp280, bme280, с помощью которых можно предсказать погоду или измерить высоту над уровнем моря; GPS-модули, с помощью которых можно определять точное местоположение (географические координаты, высота над уровнем моря), скорость перемещения, дату, время. GPS модули представлены следующим рядом: EM-411; VK2828U7G5LF; SKM53 GPS; Neo-6M GPS; locosys 1513; GY-NEO6MV2.

Сенсорные кнопки «ощущают» нажатие даже через небольшой слой неметаллического материала, что обеспечивает стабильное функционирование и простоту при работе. Модули сенсорных кнопок: Тройка touch sensor; Grove Touch Sensor; TTP223B Arduino Digital Touch Sensor и др. достаточно дешевы и доступны в большом количестве интернет-магазинов, добавить такой интересный и современный интерфейс к своему ардуино-проекту не составляет никакого труда.

Bluetooth в Arduino позволяет объединять различные устройства по беспроводному каналу связи. Можно передавать сообщения от датчиков и контроллеров Arduino на Android устройства и наоборот, получать команды со смартфонов по bluetooth. Самыми популярными модулями являются устройства на основе чипа BC417. Эта серия называется HC.

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ БУЛЬДОЗЕРОВ

Смоляк А.Н.

Белорусский национальный технический университет

С целью повышения эффективности процессов разработки грунтов в условиях строительства в Беларуси, возникает необходимость создания конкурентоспособных, высокопроизводительных, экономичных и экологически защищенных конструкций гидроприводов бульдозеров нового поколения, отвечающих современному мировому техническому уровню и представляющих несомненный интерес для потребителей такого вида землеройной техники.

Важнейшим показателем эффективности бульдозеров является - надежность работы в условиях реверсивных нагрузок.

На основе проведенных исследований существующих конструкций элементов бульдозеров с привлечением новых технических решений, разработана конструктивная схема рабочего и ходового оборудования бульдозера для условий строительства в Беларуси.

Основной отличительной особенностью проектируемых бульдозеров нового поколения является применение гидростатического привода трансмиссии ходового оборудования, который позволяет существенно упростить построение силовой передачи, достичь модульного принципа компоновки, отказаться от столь традиционных трансмиссионных узлов, как гидротрансформатор, коробка передач, главная передача, механизмы поворота и тормоза.

Предлагаемая конструкция усовершенствованного бульдозера базируется на четырех ходовых гусеничных тележках. Благодаря такой конструкции скорость передвижения бульдозера, как транспортная, так и рабочая - существенно увеличится – до 35 км/ч, даже по неукатанным грунтам.

Наличие гидравлически управляемой шарнирно-сочлененной рамы бульдозера существенно уменьшит радиус его поворота, увеличит маневренность при выполнении работ в стесненных условиях.

Резиновый гусеничный ход не повреждает поверхность асфальтового покрытия, что позволяет передвигаться бульдозеру по дорогам общего назначения без дополнительных транспортных средств.

Каждая из четырех приводных тележек ходового оборудования бульдозера приводится во вращение с помощью гидромоторов.

Управление бульдозером осуществляется из кабины водителя при помощи современных джойстиков с электрогидравлическим приводом.

АВТОМАТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ СМАЗКИ В КОНСТРУКЦИЯХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Смоляк А.Н.

Белорусский национальный технический университет

Интенсивное развитие гидропривода в качестве интеллектуальной приводной технологии в настоящее время создает базу стремительному росту объемов строительства автомобильных дорог и мостов.

Задача создания мощных и высокопроизводительных дорожно-строительных машин определяет несколько направлений исследования, среди которых: оптимизация структуры и основных параметров автоматических систем смазки элементов конструкций, реализующих новые энергосберегающие технологии, повышение надежности, мощности и производительности рабочего оборудования.

Система централизованной автоматической смазки предназначена для подачи смазочного материала к сборочным единицам трения, расположенным на дорожно-строительной машине.

Экономическая целесообразность применения систем такого типа обосновывается сокращением затрат труда и времени, которые присутствуют при обычном способе смазывания сборочных единиц; уменьшением количества потребляемого смазочного материала за счет его более эффективного дозирования. Исключаются работы по смазыванию сборочных единиц трения при ТО-1. Заправка чистым смазочным материалом при герметичности всего оборудования гарантирует невозможность попадания абразива (пыли, песка) к элементам конструкции трения. Существенно сокращаются расходы на ремонт, а также убытки от простоя оборудования.

Процесс смазки происходит в автоматическом режиме во время работы дорожно-строительной машины.

Смазочный материал подается к точкам сборочных единиц трения регулярно и заранее определенными порциями в соответствии с заданным циклом (время пауз и время работы). Контроль над циклом осуществляется с помощью электронной платы, встраиваемой в центральный смазочный насос. Максимальное рабочее давление в системе - 35 МПа, которое обеспечивает надежную подачу смазки даже к подшипникам, работающим под большими нагрузками.

Насос для автоматической системы смазки имеет три независимых выхода для подачи смазочного материала и обеспечивается: резервуаром на несколько литров; электронной платой, снабженной функцией регулировки времени и датчиком низкого уровня смазочного материала.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ДИНАМИКИ ВИБРАЦИОННОГО КАТКА

Шавель А.А., Бежик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Дифференциальные уравнения колебательной системы «остов катка» – «вальцы» – «уплотняемый материал» можно записать в виде системы

$$1. \ddot{y}_1 = \frac{1}{m_1} \cdot [F_1(t) - C_{y_1}(y_1 - y_3) - b_{y_1}(\dot{y}_1 - \dot{y}_3) - G_1 - F_{g_1} \cdot \sin(\omega_1 t + \psi_1)];$$

$$2. \ddot{y}_2 = \frac{1}{m_2} \cdot [F_2(t) - C_{y_2}(y_2 - y_4) - b_{y_2}(\dot{y}_2 - \dot{y}_4) - G_2 - F_{g_2} \cdot \sin(\omega_2 t + \psi_2)];$$

$$3. \ddot{y}_3 = \frac{m \cdot b^2 + I}{I \cdot m} [C_{y_1}(y_1 - y_3) + b_{y_1}(\dot{y}_1 - \dot{y}_3) - G_3] - \\ - \frac{m \cdot a^2 + I}{I \cdot m} [C_{y_2}(y_2 - y_4) + b_{y_2}(\dot{y}_2 - \dot{y}_4) - G_4];$$

$$4. \ddot{y}_4 = \frac{m \cdot a \cdot b - I}{I \cdot m} [C_{y_2}(y_2 - y_4) + b_{y_2}(\dot{y}_2 - \dot{y}_4) - G_4] - \\ - \frac{m \cdot a^2 + I}{I \cdot m} [C_{y_1}(y_1 - y_3) + b_{y_1}(\dot{y}_1 - \dot{y}_3) - G_3];$$

$$5. \ddot{\varphi}_1 = \frac{1}{I_1} (T_1 - F_1(t) \cdot a_1 - F_{k_{\tau_1}} \cdot r_{k_1});$$

$$6. \ddot{\varphi}_2 = \frac{1}{I_2} (T_2 - F_2(t) \cdot a_2 - F_{k_{\tau_2}} \cdot r_{k_2});$$

$$7. \ddot{x} = \frac{1}{m + m_1 + m_2} \left(F_{k_{\tau_1}} + F_{k_{\tau_2}} - \frac{F_1(t) \cdot a_1}{r_{k_1}} - \frac{F_2(t) \cdot a_2}{r_{k_2}} - \right. \\ \left. - F_{д1} \cdot \cos(\omega_1 t + \psi_1) - F_{д2} \cdot \cos(\omega_2 t + \psi_2) \right),$$

где I , I_i – моменты инерции соответственно остова катка и вибрационных вальцов; m , m_i – массы соответственно остова катка и вибрационных вальцов; G , G_i – веса соответственно остова катка, вибрационных вальцов; $F_{дi}$ – амплитуда вынуждающей силы соответствующих дебалансов; T_i – крутящие моменты, приложенные извне к вальцам; c_{yi} – коэффициенты линейной жесткости; b_{yi} – коэффициенты линейного сопротивления; y_i – вертикальное перемещение соответствующих масс катка; a , b – геометрический параметр катка, ψ_i – начальные фазы колебаний; $F_i(t)$ – реакция на валец со стороны уплотняемого материала; ω_i – угловые скорости вращения валов вибровозбудителей; $F_{k\tau i}$ – касательная силы тяги вальцов; t – время; r_{ki} – радиусы вальцов; a_i – величина смещения равнодействующей вертикальных реакций уплотняемого материала; φ_i – угловые перемещения соответствующих вальцов.

Решая систему уравнений можно найти частоты собственных колебаний, амплитуды резонансных колебаний, провести исследования влияния технических характеристик катка и параметров движения вальцов на эффективность уплотнения материала катком и его тягово-сцепные качества.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВИБРАЦИОННОГО КАТКА С УПЛОТНЯЕМОЙ МАТЕРИАЛОМ

Шавель А.А., Бежик А.А.

Белорусский национальный технический университет

Уравнения описывающие гармонические колебания вальцов исследуемого катка и реологические свойства асфальтобетонной смеси принимают вид

$$L_{AB(t)i} = \frac{(m_{i+2} + m_i) \cdot g}{\sigma_{k(t)i} \cdot B} + \frac{F_{di} \sin(\omega_i t + \psi_i)}{\sigma_{k(t)i} \cdot B} - \frac{(0,02 \cdot m_{i+2} + m_i) h_{сл(t)i}}{\sigma_{k(t)i} \cdot B} \cdot \frac{d^2 \varepsilon(t)_i}{dt^2};$$

$$\frac{d^2 \sigma_{k(t)i}}{dt^2} = -C_{1i}(n_i \theta_{2i} + m_i \theta_{3i}) \cdot \frac{d \sigma_{ki}}{dt} - C_{2i} [\sigma_{k(t)i} - \sigma_m^y] +$$

$$+ \frac{C_{3i} E_0(t)_i \cdot (n_i + m_i)}{m_i \theta_2 + n_i \theta_3} \cdot \frac{d \varepsilon(t)_i}{dt} + C_{3i} E_0(t)_i \frac{d^2 \varepsilon(t)_i}{dt^2},$$

где $\theta_2, \theta_3, \eta_2, \eta_3$ – время быстрой и медленной релаксации напряжений и вязкость смеси, соответственно; n, m – коэффициенты; σ_m^y – предел текучести модели Сен-Венана; m_1 – масса рамы вальца, приходящаяся на вибрирующий валец; m_2 – масса вальца, которому сообщаются гармонические колебания от вибровозбудителя; c_i – коэффициенты; ε – относительная деформация уплотняемой смеси; $h_{сл}(t)$ – толщина слоя смеси; $E_0(t)$ – модуль деформации; ψ_i – начальные фазы колебаний; ω_i – угловые скорости вращения валов вибровозбудителей; B – ширина вальца; t – время.

По полученным значениям длины дуги контакта вальца с уплотняемым материалом $L_{AB(t)}$ и контактного давления вальца $\sigma_{k(t)}$ (рис. 1) на уплотняемый материал по известным формулам можно определить площадь пятна контакта, величину касательной силы тяги вальца и значение силы реакции на валец со стороны уплотняемого материала.

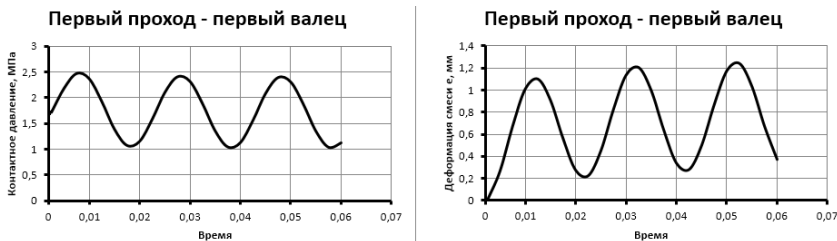


Рис. 1. Контактное давления вальца на уплотняемый материал и абсолютная величина деформации уплотняемого слоя материала

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ РУБЕРОИДА

Бурмак И.В.

Белорусский национальный технический университет

Рубероид является одним из самых распространенных гидроизоляционных материалов для кровли практически любого строения (жилые дома, промышленные здания, гаражи и пр.). Широкое применение он получил в последние несколько десятилетий, особенно для зданий построенных еще во времена СССР.

Учитывая то, что у рубероида относительно невысокая прочность, а также чувствительность к резким колебаниям температуры (размягчение в жару и хрупкость на морозе), следовательно, со временем возникает необходимость в проведении кровельных работ. В результате образуется старый материал из которого, в случае вторичной переработки получается битумный порошок, который в дальнейшем можно использовать при создании рулонных и кровельных материалов, а также при строительстве и ремонте дорог с асфальтобетонным покрытием. Например, при замене кровли площадью 1500 м² пятиэтажного пятиподъездного дома при вторичной переработке можно получить 1500 м² x 7,5 кг = 38250 кг отходов, из которых 30,6 т – битумный порошок (стоимость 1 т битумного порошка варьируется от 70 до 90 \$).

Для вторичной переработки отходов рубероида целесообразно использовать механический способ, суть которого сводится к выполнению следующих операций, увязанных в единую технологическую линию (рисунок 1):



Рис. 1. Технологическая линия для переработки отходов рубероида:
1 – ленточный транспортер; 2 – дробильный агрегат; 3 – отводящий короб; 4 – сортировочный агрегат; 5 – контейнеры

- 1) Снятие старого рубероида с помощью специального резчика кровли производительностью до нескольких сотен м²/ч;
- 2) Подача отходов посредством ленточного транспортёра в дробильный агрегат;
- 3) Измельчение кусков-пластин кровельного битумного материала в дробилке;
- 4) Сортировка измельченного материала на фракции, которые направляются в соответствующие контейнеры.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАШИН ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОСНОВАНИЙ ДОРОГ С ЦЕМЕНТОБЕТОННЫМ ПОКРЫТИЕМ

Бурмак И.В.

Белорусский национальный технический университет

Активная фаза строительства автомобильных дорог, взлетно-посадочных полос и др. с цементобетонным покрытием наблюдается последние пять лет в Республике Беларусь согласно принятой еще в конце 2014 г. Государственной программы. Строительство таких объектов (например, МКАД 2, вторая взлетно-посадочная полоса в Национальном аэропорту Минск и др.) позволяет в дальнейшем значительно снизить затраты на капитальный ремонт (через 20-25 лет), а также эффективно использовать мощности организаций цементной промышленности.

В настоящее время в мире основными производителями бетоноукладочных комплексов являются фирмы Gomaco (США) и Wirtgen Group (Германия). Одной из ключевых задач при строительстве автодорог в цементобетонном исполнении является разравнивание грунта, песка, щебня и др. с целью достижения максимальной ровности покрытия. Для этих целей используются профилировщики оснований (например, Gomaco TP9500) и автогрейдеры (например, САТ 160К).

Сравнение данных машин по ключевым показателям сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ машин для подготовки основания

Значения Показатели	Автогрейдер САТ 160 К 	Gomaco TP9500 
Стоимость, бел.руб.	584 647	1 622 349
Производительность, м ² /сутки	8500	23940
Затраты, бел.руб./смена	1 228	2 089
Себестоимость бел.руб./м ²	0,14	0,09

Вывод: Профилировщик Gomaco TP9500 является более производительной (на 65%) и дешевой по себестоимости (на 40%) машины в сравнении с автогрейдером САТ 160 К. Кроме того, погрешность профилировщика на ширине 5,69 м составляет всего 3 мм (машина управляется системой 3D, то есть может работать без струны). Так же применение профилировщика в качестве перегружателя (за счет замены

профилировочного органа на загрузочный бункер $V = 1,2 \text{ м}^3$) является ещё одним важным преимуществом машины, повышающим ее универсальность.

ЭКОЛОГ БЕЗОПАСНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ КАРЬЕРОВ

Черепанов И.М.

Белорусский национальный технический университет

Процедура вторичного использования отходов для рекультивации месторождений песчано-гравийной смеси и песка считается несложной. Она делится на следующие этапы: сбор и транспортировка строительного мусора; оценка его пригодности для переработки, так как некоторые отходы не могут использоваться для этих целей ввиду полного отсутствия нужных параметров; крупные куски природного камня, бетона или иных элементов предварительно измельчаются, для чего используется гидравлический молот или специальные ножницы, а затем осуществляется их дробление на дробилках. При этом выполняется выборка всевозможных включений, причем наиболее часто встречаются разные металлы и стекло, которые должны быть удалены.

За счёт использования дроблёного материала вторично используемых отходов можно исключить образование пустот и увеличить объём складированных отходов.

Конкретней технологический процесс производства вторично используемых строительных отходов включает следующее: экскаватор одноковшовый, оснащенный гидромолотом превращает природный камень, бетон или иные элементы в мелкие куски примерно размером 200х200 мм. Бульдозер перемещает раздробленный материал от экскаватора, образуя отвал из отходов требуемого размера. Затем с помощью экскаватора, оснащенного обратной лопатой полученные куски высыплются в щековую дробилку. После прохождения строительных отходов через дробилку получают вторичные строительные отходы фракцией от 20 до 200 мм, которые скапливаются у дробилки. Переработанный дробленый материал из строительных отходов перемещают одноковшовым погрузчиком на площадку складирования и дальнейшего использования.

При необходимости используются ручные бензорезы для разрезания металлической арматуры, выделенной из железобетонных конструкций

Технологический процесс производства вторично используемых древесных отходов, включающих сучья, ветви, вершины и отходы корчевания пней заключается в измельчении этих отходов с помощью шредера и получении мульчи.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОРТИРОВКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Дашко А.Л., Черепанов И.М., Замула А.А.
Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время на каждого жителя нашей планеты приходится в среднем около одной тонны мусора в год.

Основными причинами увеличения количества мусора можно назвать рост производства товаров массового потребления одноразового использования; увеличение количества упаковки; повышение уровня жизни, позволяющее пригодные к использованию вещи заменить новыми. Большая часть бытового мусора не разлагается в естественных условиях или имеет очень длительный срок разложения. Поэтому проблема утилизации бытовых отходов в больших городах становится все более актуальной.

Оборудование мусороперерабатывающего сортировочного завода предназначено для механизации и автоматизации процесса сортировки твердых бытовых отходов с целью выделения вторичного сырья из общей массы поступающих отходов и пакетирования вторсырья.

Основные функции линии сортировки завода: приём-транспортирование-сортировка ТКО и прессование вторсырья.

Однако в первый год эксплуатации завода, стало ясно, что он не справляется с поставленной задачей.

В связи с чем был проведен экспертный анализ проекта мусороперерабатывающего сортировочного завода по критерию «производительность».

Согласно проведенному анализу использования оборудования были выявлены следующие недостатки:

1. Производительность мешкоразрывателя с бункером, цепным конвейером составляет – 2,7 т/ч. 2. Транспортёр ленточно-цепной наклонный, согласно результатам замеров имеет производительность 2,7 т/ч, это означает что данный транспортёр загружен на 100 %, тогда как с увеличением производительности мешкоразрывателя производительности данного транспортёра будет недостаточно. 3. Пресс-станция, имеет среднюю производительность 3,32 т/ч, либо с коротким циклом работы – 4,15 т/ч. Загруженность пресс-станции составляет от 105 до 131%. Это означает, что производительности пресс-станции явно недостаточно, т.к. она должна быть не менее 4,5 т/ч при существующей загруженности завода.

Отсюда следует, что годовая производительность завода, в зависимости от производительности пресс-станции (либо 3,32 – либо 4,15 т/ч) составляет от 34,5 тыс. т/год до 38,5 тыс. т/год.

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКТА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРОДУКТОВ ИЗ ОТРАБОТАННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Замула А.А., Дашко А.Л.

Белорусский национальный технический университет

Исследования, проводимые на кафедре «Механизация и автоматизация дорожно-строительного комплекса» БНТУ, направлены на решение проблемы вторичного использования строительных отходов. Эта проблема в последнее время выходит на передний план в Республике Беларусь, так как объемы отходов непрерывно растут. В Республике Беларусь после ремонтов и реновации старых застроек на свалки поставляют большое количество отходов:

- отработанных бетонных и железобетонных конструкций;
- отходы битумосодержащих материалов (рубероид).
- отходы древесины;

Вследствие этого рассматривается комплект машин для получения продуктов из отработанных строительных конструкций. Получить вторичный продукт можно путем измельчения отходов до нужных размеров. На выходе можно получить: щебень, топливную щепу и битумный порошок. Все эти материалы хорошо подходят в качестве материала для строительства местных дорог.

Исходным материалами переработки являются прочные некондиционные бетонные конструкции, железобетонные шпалы, отходы от разборки зданий, бой кирпича, газосиликатные блоки рубероид и отходы древесины. Строительные отходы могут быть размерами от нескольких сантиметров до нескольких метров. Путем измельчения можно получить: щебень вторичный фракция 5-10 мм, 10-20 мм, 20-40 мм, 40-80 мм; битумный порошок 0-5 мм; щепу топливную 20-200 мм.

Для получения вторичного щебня применяют передвижные или стационарные дробилки и грохоты с сепараторами для удаления металла.

Для измельчения отходов древесины и битумосодержащих отходов возможны различные варианты оборудования: молотковые дробилки, шредеры, ножевые измельчители.

Для выбора комплекта оборудования необходимо исследовать в конкретных условиях состав отходов, регулярность их поступления, сезонность работ, сортировку. На основе этих данных можно подобрать наиболее предпочтительное оборудование.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ПОГРУЗЧИКА АМКОДОР 332

Лапёнок В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одноковшовый погрузчик АМКОДОР 332 выполняет погрузочно-разгрузочные работы с разработкой предварительно разрыхленных грунтов, для погрузки сыпучих и мелкокусковых материалов в транспортные средства или отвал. Растущий с каждым годом объём погрузочно-разгрузочных работ, требует сокращения стоимости и трудоёмкости, повышения эффективности и производительности труда, все это может быть достигнуто путем усовершенствования, как самой машины, так и ее рабочих органов. Поэтому модернизация рабочего оборудования с целью увеличения спектра выполняемых работ погрузчиком и сокращения времени простоя техники очень актуальны для экономики нашей страны. Проанализировав источники использующиеся на производстве, а также патентные материалы предлагается применять принудительное устройство для разгрузки (рисунок 1), не требующее сложности в изготовлении и не требующие вложение больших материальных и финансовых затрат.

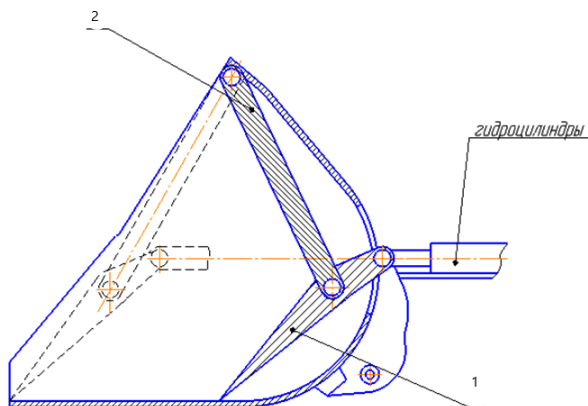


Рис. 1. Ковш погрузчика

Для разгрузки ковша включаются гидроцилиндры, шток каждого воздействует на скребок (1) и выдвигает вперед толкатель (2), в результате чего скребок прижимается к днищу ковша и «выгребает» весь грунт из ковша. Предлагаемая модернизация проста в изготовлении, позволяет

повысить эффективность разгрузки ковша, в результате чего увеличивается производительность машины в целом.

При проведении экономических расчетов доказано (лист 8), что при изготовлении и введении в эксплуатацию предложенной конструкции рабочего органа погрузчика, суммарный эффект в народное хозяйство на одно изделие равен 2410,60 руб.

МОДЕРНИЗАЦИЯ РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭКСКАВАТОРА АМКОДОР 923

Лапёнок В.В.

Белорусский национальный технический университет

Одноковшовый экскаватор - землеройная машина, которая предназначена для разработки полезных ископаемых и грунтов, с последующим перемещением и выгрузкой их в отвал или в транспорт.

В процессе работы экскаватора часто требуется погружать и переносить негабаритные грузы (камни, бревна и трубы) при уборке завалов и на площадках строительства зданий.

Для модернизации экскаватора Амкодор 923 предлагается рабочее оборудование оборудовать зубом-захватом (рисунок 1), который может быть использован с экскавационным ковшом как захватно-клещевой орган, для захвата и перемещения грузов, размеры которых не позволяют размещаться в экскавационном ковше.

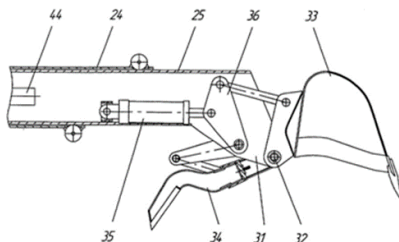


Рис.1. Предлагаемый вариант модернизации

На внешнем конце выдвижной секции 25 стрелы выполнен гусек 31, на конце выступающей части которого выполнены проушины с осью 32, на которой шарнирно установлены экскавационный ковш 33, и зуб – захват 34, расположенный под экскавационным ковшом. Поворот ковша 33 при его работе относительно оси 32 (поворот ковша в плоскости стрелы 23) осуществляется короткоходовым гидроцилиндром 35, установленным в полости выдвижной секции 25 через трехзвенный рычажный механизм 36.

Это простая и универсальная конструкция. В предлагаемом решении обеспечиваются функциональные возможности рабочего оборудования и возможность работы отдельно зубьев и ковша экскаватора. Таким образом два зуба имеют 2 отдельных гидроцилиндра и приводятся в движение отдельно от гидропривода ковша, что позволяет работать отдельно ковшом экскаватора.

ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РАСЧИСТКИ ПОЛОСЫ ОТВОДА ДОРОГ ОТ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Лабанов Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Работы по удалению порубочных остатков, пней, кустарника и мелколесья являются обязательной частью комплекса мер по содержанию и эксплуатации полос отвода автомобильных дорог, которые должны выполняться с наименьшими затратами.

В настоящее время дорожные-эксплуатационные организации проводят работы по удалению нежелательной древесно-кустарниковой растительности в основном вручную и механизированным способом, который имеет ряд недостатков.

Так рубка деревьев и кустарников вручную трудоёмка и малоэффективна. Повторная рубка необходима уже через 2-3 года, а у некоторых пород деревьев - через год, что экономически нецелесообразно.

Удаление пней и древесно-кустарниковой растительности (ДКР) с помощью бульдозера приводит к уничтожению плодородного слоя почвы и образованию валов, которые зарастают сорняковой растительностью. К тому же необходима вывозка и утилизация пней и ДКР.

Технология мульчирования завоевывает все большую популярность за счет своей экономической эффективности и экологической безопасности. Метод мульчирования позволяет за одну операцию срезать растительность, измельчать её, частично перемешивать щепу с почвой.

Более эффективной является технология расчистки полос отвода дорог от нежелательной ДКР и пней, основанная на использовании сменных рабочих органов к гидравлическому экскаватору. При таком способе пни удаляются из почвы вместе с корневой системой с помощью быстросменного рабочего органа «корчеватель», корни отряхиваются от грунта и пни складываются в кучи. Далее с помощью рабочего органа «мульчер», который также является быстросменным, производится измельчение (фрезерование) складированных пней в мульчу. Таким образом исключается быстрое возобновление роста ДКР так как она удаляется вместе с корневой системой. Также мульчер позволяет измельчать кустарник и мелколесье.

Ещё одно преимущество данной технологии заключается в отсутствии необходимости погрузки выкорчеванных пней и ДКР, их вывоза и утилизации т.к. полученная в результате фрезерования пней мульча рассыпается по поверхности земли, что также значительно замедляет повторное зарастание полосы отвода дорог растительностью и сорняками.

О СНИЖЕНИИ ЗАТРАТ НА РАСЧИСТКУ ПОЛОСЫ ОТВОДА ДОРОГ ОТ НЕЖЕЛАТЕЛЬНОЙ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Лабанов Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Наиболее эффективным способом расчистки полос отвода дорог от нежелательной древесной растительности (ДКР) и пней является мульчерная технология, в основе которой лежит использование сменных рабочих органов к гидравлическому экскаватору – корчевателя и мульчера. При таком способе пни удаляются из почвы вместе с корневой системой с помощью быстросменного рабочего органа «корчеватель», корни отряхиваются от грунта и пни складываются в кучи. Далее с помощью рабочего органа «мульчер», который также является быстросменным, производится измельчение (фрезерование) складированных пней и ДКР в мульчу. Таким образом исключается быстрое возобновление роста ДКР так как она удаляется вместе с корневой системой.

В процессе исследования было подсчитано, что работы по расчистке полосы отвода дорог с применением гидравлического экскаватора с комплектом быстросменного рабочего оборудования (корчевателя и мульчера) в сравнении с использованием бульдозера с корчующим рабочим органом и с дальнейшим вывозом выкорчеванных пней требуют на 20 % затрат меньше, причём необходимое время на выполнение работ экскаватором увеличивается лишь на 5%.

Себестоимость единицы продукции комплексно-механизированных процессов при работе экскаватора со сменными рабочими органами в сравнении с работой двух экскаваторов (один с корчевателем, второй с мульчером) при расчистке полосы отвода дорог от нежелательной ДКР позволяет сократить расходы с 7,05 руб до 4,45 руб (на 36,9 %). При этом производительность снижается всего на 18,4 %.

Таким образом применение сменных рабочих органов к гидравлическому экскаватору позволяет снизить стоимость работ по содержанию полос отвода дорог, исключить повторное зарастание, исключить ручной труд, и как итог – улучшить эксплуатационные показатели дорог.

Также рассматривается вариант сбора и реализации полученной мульчи, которая сегодня востребована аграрным сектором и организациями зеленостроя, например, в декоративных целях при облагораживании дворовых и парковых территорий. В этом случае есть возможность получения дополнительной прибыли и, соответственно, удешевления стоимости работ по расчистке площадей от древесно-кустарниковой растительности.

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКТЫ ДЛЯ УСТРОЙСТВА И УКРЕПЛЕНИЯ ОБОЧИН АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Довидович А.А.

Белорусский национальный технический университет

На настоящий момент для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог используется комплект машин, состоящий из автогрейдера, автомобиля-самосвала, вибрационного катка, а в случае необходимости увлажнения и поливомоечной машины, который в свою очередь имеет ряд недостатков:

- автомобиль-самосвал производит выгрузку строительного материала, находясь на проезжей части, преграждая сразу две полосы движения.

- автогрейдер послойно распределяет строительный материал отвалом-планировщиком из места выгрузки за 2-3 прохода с обеспечением необходимой ровности слоя.

- исправление дефектных мест укрепленной обочины и уборка излишков щебеночно-песчаной смеси с проезжей части автомобильной дороги выполняется дорожными рабочими с помощью ручного инструмента.

Наряду с упомянутым выше технологическим циклом при распределении строительного материала получает распространение применение вместо автогрейдера, специализированного высокопроизводительного технического средства для устройства и укрепления обочин, состоящего из навесного оборудования и базового шасси, которое исключает данные недостатки. Производство технического средства освоено как в Республике Беларусь, так и в других странах.

Разработанный Довидовичем А.А. метод включает: определение производительности технического средства, расчет тягового сопротивления и мощности, затрачиваемой на его работу, определение энергоемкости технологического цикла распределения строительного материала, что в свою очередь является основным критерием выбора энергоэффективного технического средства. Для расчета производительности введен коэффициент эффективности рабочего цикла. В соответствии с данным методом определения параметров энергоэффективного оборудования для устройства и укрепления обочин автомобильных дорог определен весь современный модельный и типоразмерный ряд технических средств с энергоэффективными параметрами, выпускаемых в Республике Беларусь. Выполнен эксперимент, подтверждающий адекватность предлагаемого метода.

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ БУЛЬДОЗЕРА

Лесковец И.В.

*Межгосударственное образовательное учреждение высшего
профессионального образования
БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ*

Гусеничный бульдозер это одна из самых распространенных машин, которые применяются в строительстве при производстве земляных работ. Простота конструкции, достаточно высокая производительность, невысокая стоимость обслуживания, универсальность обеспечивают бульдозерам высокую конкурентоспособность среди машин других типов. Современные бульдозеры характеризуются достаточно широким разнообразием по тяговому классу базовых тракторов и рабочему оборудованию.

В начале процесса проектирования определение основных параметров новой техники осуществляется на основании анализа аналогов и первичных проектировочных расчетов. Из-за различий производственной базы предприятий, как правило, машины, спроектированные на основе анализа аналогов, имеют худшие эксплуатационные показатели, чем их прототипы.

Выбор основных параметров машины и анализ её характеристик необходимо производить на этапе функционального проектирования. Основой для этого является набор динамических, математических и имитационных моделей составленных с достаточной степенью детализации. Такие модели необходимо разрабатывать на основе системного подхода, когда машина рассматривается в единой модели, включающей взаимодействующие механизмы и системы.

Облегчить решение задач функционального проектирования на этапе выбора основных параметров позволяют имитационные модели техники, в том числе и бульдозеров.

Имитационная модель бульдозера построена на основании принципов системного подхода, в соответствии с которым процессы, происходящие при работе машины, рассматриваются во взаимодействии наиболее значимых механизмов и систем бульдозера. Бульдозер рассматривается как система **ВНЕШНЯЯ СРЕДА-РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ-РАМА-ДВИЖИТЕЛЬ-ТРАНСМИССИЯ-ДВИГАТЕЛЬ-ОПЕРАТОР**. Создание динамической, математической и имитационной модели бульдозера позволяет проанализировать процессы, происходящие во время работы машины и выбрать наиболее оптимальные параметры.

КОВШ-ДРОБИЛКА К ОТЕЧЕСТВЕННОМУ ОДНОКОВШОВОМУ ЭКСКАВАТОРУ

Жданович Е.П.

Белорусский национальный технический университет

На сегодняшний день машинные парки строительных организаций громоздки, так как вынуждены иметь комплекты строительных машин на все виды работ, хотя многие из них носят временный или сезонный характер.

Применение большого числа машин в комплектах, которые охватывают все операции строительных технологий, обходится дорого, особенно при наличии небольших объемов работ и сезонной работе, из-за небольшой загрузки.

Для устранения отмеченных выше недостатков строительное и дорожное машиностроение идет по пути создания multifunctional средств механизации, когда с помощью одной базовой машины или энергетической установки можно выполнять целый ряд операций в строительстве. Востребованность, например, одноковшового гидравлического экскаватора для выполнения основных видов работ составляет около 60%. Однако они находят широкое применение за счет использования сменных рабочих органов различного функционального назначения, что позволяет повысить производительность и существенно расширить спектр решаемых задач и сократить машинокомплекты для строительства.

Поэтому, когда появилась большая потребность в щебне для устройства оснований местных дорог, возникла необходимость в создании сменного рабочего органа – ковша-дробилки к отечественному одноковшовому экскаватору, выпускаемому на ОАО «Амкодор» - управляющая компания холдинга.

Принято решение ковш выполнить в виде щековой дробилки со сложным движением подвижной щеки (рис. 1).



Рис. 1. Ковш-дробилка

Такой рабочий орган может успешно дробить камни, собираемые с сельскохозяйственных полей и полученный щебень можно использовать недалеко, прокладывая дорогу с твердым покрытием к ферме или другому с/х предприятию.

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

*Семененко Д.В., Котович Д.В., Хейфец М.Л.
Белорусский национальный технический университет*

Для проведения исследований по получению строительных растворов, удовлетворяющих требованиям аддитивного процесса формирования, нами были использованы различные химические добавки, среди которых CaCl_2 , Na_2SO_4 , «Стахимент 3000» и «Темп» производства ООО «Стахема-М». При приготовлении цементно-песчаных смесей использовался цемент марки М500Д0 и песок фракции $1,5 \div 2,5$ мм в соотношениях Ц/П = 1:2,4. При этом воды добавлялось такое количество, чтобы водоцементное соотношение составляло В/Ц = 0,5; 0,55; 0,6.

Определение сроков схватывания строительных растворов проводилось по ГОСТ 310.3-76. Химические добавки приготавливались с водой затворения. Хлорид кальция вводился в количестве 3% от массы сухого цемента, сульфат натрия – 2%, «Темп» – 0,5%, «Стахимент 3000» – 1,2%. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сроки начала схватывания строительных растворов

Водоцементное соотношение раствора	Сроки начала схватывания строительного раствора, в зависимости от использованной химической добавки, мин				
	CaCl_2	Na_2SO_4	Темп	Стахимент 3000	Без добавки
В/Ц = 0,5	52	45	32	48	58
В/Ц = 0,55	64	45	55	56	79
В/Ц = 0,6	59	45	51	55	78

Исследования подвижности строительных растворов проводились по ГОСТ 5802-86 и СТБ 1307-2002. Их результаты показали, что при В/Ц = 0,5 приготовленные смеси соответствуют марке подвижности П_{к2}, а при В/Ц = 0,55 и В/Ц = 0,6 – марке подвижности П_{к3}.

Механические испытания кубиков с длиной ребра 70,7 мм, отформованных из строительных растворов с добавлением химических добавок, проводились по ГОСТ 5802-86 на Тестпрессе ТП-1-100 (РФ). Полученные результаты показали, что в возрасте 3 суток наибольшая прочность на сжатие достигается при использовании добавки «Темп». А при сроке 28 суток и В/Ц = $0,5 \div 0,55$ вышеперечисленные химические добавки почти не влияют на прочность готовых изделий. При этом для аддитивного формирования предпочтительной является величина В/Ц = 0,55.

Секция

**ГЕОДЕЗИЯ И АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ
ГЕОТЕХНОЛОГИИ**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ ОХОТНИЧЬИХ РЕСУРСОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Толпинский А.С., Хвиневич В.А.

Белорусский государственный университет

Охотничьи ресурсы Республики Беларусь представлены охотничьими животными, которыми называют такие виды (подвиды) зверей и птиц, которые добывались человеком в прошлом или добываются в настоящее время в целях получения определенной продукции — мяса, шкуры, пера, пуха, рогов, желез. Деятельность охотничьих хозяйств и состояние охотничьих ресурсов находятся под контролем государства, с целью не только получения выгоды, но и охраны животного мира и его разнообразия.

Необходимо вести точный анализ количественных показателей охотничьих видов животных, особенностей и закономерностей их распределения по территории страны. Оптимальным средством для решения данных задач является картографический метод исследования.

При проектировании и составлении карты охотничьих ресурсов Республики Беларусь первостепенное значение имели: максимально подробное нанесение границ охотничьих угодий на карту и отображение закономерностей распространения основных охотничьих животных.

В условиях отсутствия в открытом доступе карт с достаточно подробно нанесенными охотничьими хозяйствами Республики Беларусь, особой сложностью представился сбор и обработка картографических материалов по границам учреждений РГОО «БООР» и лесохозяйственных хозяйств Минлесхоза. Основными источниками являлись план-схемы охотничьих угодий, предоставленные отделом охотничьего хозяйства Министерства лесного хозяйства Республики Беларусь.

Наносились количественные характеристики охотничьих животных в процентах на единицу площади от общей фактической численности в каждом охотхозяйстве. Основными были выбраны способы картодиаграмм и наглядных значков, отрисованных вручную в виде зверей и птиц.

В результате исследования была спроектирована и составлена карта охотничьих ресурсов Республики Беларусь отображающая основные количественные показатели и качественные характеристики охотничьих ресурсов страны. На карте имеется 6 карт-врезок отображающих распространение нормируемых охотничьих животных в хозяйствах способом картограмм. В результате исследования была произведена оценка состояния охотничьих хозяйств, видового разнообразия и соотношения численности основных охотничьих видов животных на территории республики.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНОЙ КАМЕРЫ PARROT SEQUOIA ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СЪЁМКИ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА И ОБРАБОТКА ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

Хрущёва Е.О.

Белорусский Государственный университет

В последнее время в сфере аэрофотогеодезии становится всё более популярным применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в фотограмметрических целях. Ключевыми факторами подобной тенденции являются оперативность получения данных и относительно низкая стоимость реализации подобных проектов. Использование полезной нагрузки позволяет расширить области применения БПЛА.

Мультиспектральная камера Parrot Sequoia – мощный инструмент для оптимизации сельскохозяйственных полей. С её помощью можно получать данные о состоянии растений и решать проблемы точно.

Мультиспектральная камера устанавливается на трёхосевом подвесе, который крепится на платформе беспилотника. Сенсор с камерой соединяются с помощью micro-USB кабеля, подключённого к разъёмам USB device. Настройка параметров съёмки производится посредством сети Wi-Fi с помощью планшета, смартфона или компьютера. Внутри сенсора Sequoia встроен собственный GPS, что значительно повышает точность съёмки. Внутренние датчики постоянно передают информацию о высоте, скорости и положении во время полёта. Таким образом, камера сама формирует скорость съёмки, в зависимости от внешних условий. Во время мультиспектральной съёмки все полученные снимки автоматически сохраняются в памяти камеры. После завершения съёмки, снимки передаются на подключённое к камере устройство при помощи Wi-Fi сигнала.

Наиболее удобным программным продуктом для обработки мультиспектральных данных с камеры является швейцарская программа Pix4Dmapper. Она имеет несколько шаблонов для обработки данных. После загрузки снимков необходимо выбрать шаблон, затем программа автоматически выравнивает снимки, создаёт ортофотоплан. Программа позволяет генерировать различные вегетационные индексы для оценки почвенно-растительного покрова.

Мультиспектральная камера Parrot Sequoia может выполнять съёмку в четырёх диапазонах спектра. Эти данные могут быть использованы для анализа растительного покрова и визуализированы в виде индексов NDVI, GNDVI, LCI и др.

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ КРУПНОМАСШТАБНОГО КАРТОГРАФИРОВАНИЯ

*Хрущева Е.О., Асипенко И.С.
Белорусский государственный университет*

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) — это летательный аппарат без экипажа на борту, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы с помощью фиксированного или вращающегося крыла (БПЛА самолетного и вертолетного типа), оснащенный двигателем и имеющий полезную нагрузку и продолжительность полета, достаточные для выполнения специальных задач. На сегодняшний день по данным UVS International (ведущей международной ассоциации беспилотных систем) БПЛА производят в 52 странах мира.

Для решения задач землеустройства, геодезии и картографии необходимы беспилотные аппараты, которые позволяют устанавливать на них специализированные приборы GPS/INS, а также камеры, имеющие крупную матрицу и центральный затвор, на гидростабилизирующей платформе, которая независимо от порывов ветра и других воздействующих факторов сохраняет камеру в одном и том же положении на протяжении всего полета. БПЛА осуществляют полет на заданной местности в автоматическом и полув автоматическом режиме, снимки с камеры обрабатывают с помощью специализированного программного обеспечения для создания цифровых моделей местности, рельефа и ортофотопланов.

Преимущества аэрофотосъемки с БПЛА – оперативность, создание цифровых карт и планов труднодоступных, а также небольших объектов и малых по площади территорий, на которых отсутствует практическая возможность или экономическая целесообразность детального изучения местности по космическим снимкам или материалам традиционной аэрофотосъемки, а также использование при необходимости проведения регулярной съемки в целях мониторинга протяженных объектов: трубопроводы, ЛЭП, транспортные магистрали. Преимуществом БПЛА является возможность их применения на территориях, покрытых тенью и облаками на аэрокосмических снимках, а также в зонах чрезвычайных ситуаций без риска для жизни и здоровья пилотов.

Проблемы в использовании БПЛА - отсутствие нормативно-правовой базы для интеграции БПЛА в единое воздушное пространство, повышенная аварийность БПЛА, не урегулированы до конца вопросы сертификации, страхования и регистрации.

ТЕХНИКО-ГРАФИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРАММЫ ADOBE ILLUSTRATOR ПРИ СОЗДАНИИ 3D-ИЗОБРАЖЕНИЙ ГОРОДСКОГО ЛАНДШАФТА

Герман А.Р.

Белорусский государственный университет

Использование графических редакторов позволяет в значительной степени облегчить многие этапы построения трехмерного картографического изображения.

Технология создания 3D-карты может быть представлена следующими этапами. В первую очередь на основе аэрофотоснимков в программе векторной графики Adobe Illustrator составляется план местности. Особо выдающиеся достопримечательности на плане выделяются цветом (штриховкой, символами) в соответствии с выбранной системой условных обозначений, что придает схеме вид земельно-кадастрового плана. В дальнейшем данная информация будет использована для выделения объектов в зависимости от степени их значимости для карт различной тематики.

Следующим этапом создания 3D-изображения местности является построение перспективы. Для этой цели используется инструмент «Свободное трансформирование» (и его разновидность - «Искажение в перспективе»), позволяющий трансформировать любое векторное изображение по различным параметрам (изменение высоты горизонта, перемещение точки лучей схода проекции и точки наблюдения).

Непосредственно построение трехмерного изображения с применением Adobe Illustrator начинается с создания каркаса зданий. Инструмент «Сетка перспективы» (Perspective Grid Tool) позволяет размещать простейшие конструктивные элементы (геометрические фигуры) в различных плоскостях перспективы. Для упрощения процесса «поднятия» зданий целесообразно предварительно создать библиотеку конструктивных элементов, при помощи которых впоследствии создаются скаты крыш, окна, двери, декоративные выступы на фасадах и др.

Завершающим этапом графического построения 3D-изображения является наполнение его элементарными конструктивными элементами и их сочетаниями (например, окна на фасадах, ворота, трубы на крышах, арки и декоративная лепнина над ними и др.).

Цветовое оформление 3D-карты также может быть выполнено с использованием исключительно графического редактора Adobe Illustrator.

МОНИТОРИНГ ЛЕСНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ SENTINEL-2

Волосюк А.И.

Белорусский государственный университет

На современном этапе для устойчивого эффективного управления лесами органам лесного и лесопаркового хозяйства необходима постоянно поступающая актуальная и объективная информация о состоянии и динамике лесных экосистем.

Цель исследования заключалась в освоении обработки материалов ДЗЗ со спутников Sentinel-2 A-B с использованием открытого программного обеспечения и языка программирования Python, а также оценке возможности их применения для проведения мониторинга лесной растительности. Для достижения данной цели потребовалось решение следующих задач:

- выполнить анализ современного состояния открытого программного обеспечения в сфере обработки материалов ДЗЗ;
- освоить и произвести расчет основных индексных показателей;
- сравнить результаты расчета в единой и абсолютной шкалах с целью установления преимуществ отдельных индексных показателей при изучении лесной растительности;
- сделать вывод о потенциале применения открытого программного обеспечения в процессе обучения и при мониторинге лесной растительности.

В качестве объекта исследования для оценки информативности данных ДЗЗ была выбрана территория заказника «Оброво», представляющая собой сложный лесной природный комплекс. При выполнении работ использовались программные продукты python 3.7.2, eo-learn 0.4.2.

В ходе исследования было установлено, что наличие открытых данных наблюдения Земли (ДДЗ) в рамках программы Copernicus (ESA) представляет собой беспрецедентный ресурс при решении многих задач ДЗЗ. В целом, по результатам работы стоит отметить, что библиотека EO-learn в значительной мере упрощает процесс проведения выборочных исследований, производимых для оценки состояния изучаемого объекта либо явления; обладает необходимым функционалом, а также значительным потенциалом дополнения для создания сложных многоуровневых процессов обработки материалов ДЗЗ, интегрированных в производственный процесс, а также самостоятельных программных продуктов, предоставляющих пользователю информацию, базирующуюся на данных ДЗЗ.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ОБЩИХ КАТЕГОРИЙ МЕСТООБИТАНИЙ ПО МАТЕРИАЛАМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

*Жумарь П.В., Дорошевич И.В.
Белорусский государственный университет*

Основной операционной единицей экологического картографирования местообитаний является их общая категория (общая категория местообитаний – ОКМ). Под ОКМ понимается относительно однородная территория, на которой совокупность природных условий и характера ее использования обусловили доминирование растительных сообществ, доминирующие виды растений в которых относятся к одной-двум жизненным формам (погруженные гидрофиты, надводные гидрофиты, гелофиты, гемикриптофиты, терофиты, геофиты, хамефиты, фанерофиты и др.).

Работу по выделению и картографированию ОКМ можно разделить на следующие этапы: подготовительный, основной, завершающий и постобработка (если требуется). На подготовительном этапе производятся выбор программного обеспечения; подбор аэрофотоснимка и его привязка; загрузка базовой карты; согласование проекций обоих геоизображений; создание шейп-файла контуров площадных объектов и их отрисовка; ввод атрибутов в атрибутивную таблицу данного шейп-файла; формирование итоговой компоновки и экспорт ее в приложение для постобработки.

Основной этап заключается в дешифрировании объектов, в отрисовке их границ и задание им атрибутивной информации исходя из соответствующих параметров атрибутивных полей. Контурам присваивается буквенный код (ОКМ).

Далее работа ведется с таблицей атрибутов (с реляционной базой данных). В первое поле таблицы вводится трехзначный код ОКМ. Каждый из них уникален. Во втором отражаются ее экологические характеристики (режим увлажнения, морфометрические характеристики рельефа, характер подстилающей поверхности и др.). В третьем передается характер рельефа, геологического строения, тип почв, сведения об археологии (более 100 признаков). В четвертом указывается направление использования данного участка местностей по 150 признакам. В пятом раскрывается видовой состав растений с указанием не более двух видов-доминантов из выделяемой жизненной формы.

На завершающем этапе проводится проверка контуров по снимку, и топологии на электронной карте, с последующей компоновкой итоговой для ее экспорта либо печати.

3D КАРТОГРАФИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ АЭРОФОТОСЪЁМКИ БПЛА SOVZOND AIR-CON 3

Лукашик А.А.

Белорусский государственный университет

За последнее десятилетие произошёл рост применения беспилотных летательных аппаратов в гражданских целях. В совокупности с развитием технологий цифровой фотограмметрической обработки снимков это позволило использовать БЛА в целях картографирования территории. Объемы данных, полученных путём выполнения съёмки с БЛА позволяют получать трёхмерные модели местности по точности сопоставимые с использованием лазерных сканирующих устройств, являющимися значительно более дорогими в сравнении с беспилотными авиационными комплексами.

В случаях, когда необходимо оперативно получить материалы для создания трёхмерной модели местности на небольшие территории с минимальными затратами наиболее оправдано использование БЛА.

Цель данной работы – создание трёхмерных картографических моделей по материалам съёмки БЛА.

Исследуемая территория – питомник декоративных растений УП «Щемяслица» БГУ.

В качестве съёмочной системы использовался гексокоптер Sovzond Air-con 3. Обработка полученных в результате съёмки аэроснимков выполнялась в Agisoft PhotoScan. В результате фотограмметрической обработки аэрофотоснимков получено плотное облако точек, из которого впоследствии автоматическим способом строится высокополигональная цифровая модель поверхности.

Создание архитектурных и малых архитектурных форм производится в 3DsMax, где построенная на предыдущем этапе модель является референсом (образцом) по которому строится низкополигональная модель.

Финальная трёхмерная картографическая модель получается в Infraworks 360, путём сборки и настройки отображения в одном проекте цифровой модели рельефа, объектов ситуации, зданий и растительности.

Полученная по материалам аэрофотосъёмки трёхмерная модель местности, во-первых, : намного подробнее и точней моделей, построенных по результатам линейных измерений объектов или на основе воспоминаний и фотореференсных изображений, во-вторых: охватывает большую территорию в сравнении с наземной лазерной съёмкой, при этом не уступая в точности.

АНАЛИЗ МЕТОДОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ БКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ

*Топаз А.А., Левковец Е.В.
Белорусский государственный университет*

Цифровая тематическая обработка многозонального изображения представляет собой сложный процесс, включающий в себя несколько этапов обработки и анализа полученных результатов.

В ходе выполнения исследований был проведен анализ методов классификации космических снимков Белорусского космического аппарата (БКА) при помощи программного продукта ENVI 5.3.

На первом этапе с целью улучшения интерпретируемости изображения проводилось улучшение пространственного разрешения многозонального снимка путем его слияния с панхроматическим снимком более высокого разрешения методом Грамма – Шмидта. Для проведения тематической обработки был разработан классификатор видов земель в соответствии с Кодексом Республики Беларусь о земле, а также создана обучающая выборка.

В ходе работы были изучены два метода неконтролируемой классификации: K-Means и IsoData, и пять методов контролируемой классификации: минимального расстояния, расстояния Махаланобиса, параллелепипеда, максимального правдоподобия и спектрального угла.

Результаты неконтролируемой классификации оказались неудовлетворительными, поэтому использовать этот инструмент для определения видов земель нежелательно. Неконтролируемую классификацию можно использовать в качестве предварительного этапа контролируемой классификации.

Анализ результатов контролируемой классификации показал, что наибольшая точность характерна для классификации методом максимального правдоподобия (96,20 %), наименьшая – для классификации методом параллелепипеда (69,92 %). Кроме расчета общей точности, для каждой классификации была получена матрица ошибок.

После оценки точности результатов классификации для изображения, классифицированного методом максимального правдоподобия, была проведена генерализация методами Clump Classes и Majority Analysis.

Таким образом, значение дистанционных методов однозначно велико, особенно при работе с автоматизированными процессами определения видов земель. Осуществление автоматизации позволяет экономить различные ресурсы, в первую очередь временные, и получать итоговые материалы обработки достаточно высокого уровня точности.

СОСТАВЛЕНИЕ ГЕНОГЕОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ

*Храмов В.М., Пейхвассер В.Н., Карпыза Д.С.
Белорусский государственный университет*

Геногеография сегодня открывает новую научную область на стыке наук: генетики, истории и географии. Определяющую роль при этом играет эволюция человека, где карта – это одновременно и средство отображения, и важнейший инструмент анализа данных по географической изменчивости генетических признаков. В связи с накоплением большого количества данных о ДНК человека и стремительным развитием компьютерных технологий широкое распространение получили геногеографические карты гаплогрупп – групп схожих гаплотипов, имеющих общего предка, у которого произошла мутация, унаследованная всеми потомками. Геногеографические карты часто строятся по одному необобщенному или малообобщенному показателю (аналитические), например, карты отдельных генетических признаков. Более интересными являются карты синтетические, построенные на основе интегральных показателей. Примерами могут служить карты гетерозиготности, генетических расстояний. Для создания геногеографических карт могут использоваться различные способы картографического изображения. Самыми распространёнными являются способы: знаков движения, ареалов, качественного фона, псевдоизолиний, картограммы и картодиаграммы.

Наиболее сложным с точки зрения выбора способа картографического отображения и визуализации является показ структуры генофонда на определённой территории. Обычно строятся самостоятельные аналитические карты для каждой отдельной гаплогруппы ДНК. Имеются карты, на которых делаются попытки отобразить структуру генофонда на определенных территориях способом картодиаграммы с дополнением структурных диаграмм. Но данные попытки следует признать не всегда удовлетворительными, так картодиаграммы используются для показа количественных различий по суммарным абсолютным показателям между отдельными территориальными единицами.

В результате проведённых исследований и анализа по применению разных способов показа структуры генофонда на картах распространения гаплогрупп ДНК мы пришли к выводу, что целесообразнее использовать способ картограммы, в её усовершенствованной форме – структурной картограммы. Работы выполнены в компьютерной графической программе для возможности сравнения применения данного способа на территории государств Центральной и Восточной Европы.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ПОЧВ

*Шалькевич Ф.Е., Давидович Ю.С.
Белорусский государственный университет*

Спектрометрическая съёмка является одним из видов нефотографических съёмок. Её отличительной особенностью является то, что информация об объектах земной поверхности фиксируется не в виде видеоизображения, а кривых спектральной яркости.

Почва является одним из важнейших объектов сельскохозяйственного производства, основой для рационального использования которого служат различные тематические карты, объективно характеризующие почвенный покров. Однако составление детальных почвенных карт возможно только на основе материалов дистанционных съёмок. Данные спектрометрической съёмки могут служить основой для составления различных тематических карт, характеризующих отдельные свойства почв.

Спектрометрирование может выполняться в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне спектра электромагнитного излучения. Для спектрометрической съёмки используются специальные приборы, которые называются спектрометрами. Они регистрируют спектральные характеристики отражения. Спектрометрические исследования подразделяются на 4 вида: лабораторные, полевые, воздушные и космические.

В систему базисных показателей спектральной отражательной способности почв входят: спектральный коэффициент отражения, интегральный коэффициент отражения, абсолютная величина перегиба и др. Однако, на эти показатели влияют различные свойства почв, которые можно разделить на 2 группы: постоянно действующие (содержание и состояние органических веществ (гумуса), минеральный и гранулометрический состав почвы) и временно действующие (влажность, структура поверхностного слоя (степень обработки) и наличие процессов эрозии и засоления).

Задача спектрометрического исследования почв связана с установлением зависимости между спектральными характеристиками с одной стороны, и конкретными свойствами почв, с другой. Данному вопросу посвящены работы ряда авторов (Орлов, 1987; Караванова, 2003). Их исследования показали, что сильное влияние на спектральную отражательную способность почв оказывают их распаханность, влажность, гумусность, гранулометрический состав, эродированность, содержание закисных и окисных форм железа, марганца и другие агрохимические свойства почв.

КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ИСЧЕЗНУВШИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ БЕЛАРУСИ

*Храмов В.М., Романчук А.С., Орех Д.Н.
Белорусский государственный университет*

Картографирование исчезнувших населенных пунктов Беларуси является актуальной и еще не решенной задачей. Карт, где бы были отображены исчезнувшие населенные пункты практически нет. При картографировании исчезнувших населенных пунктов важно было правильно выбрать источники. Поскольку в архивных материалах исчезновение населенных пунктов точно фиксировалось только тогда, когда их присоединяли к другим [1], а также не одинаковую детальность информации на разные периоды, то наиболее подходящими источниками для картографирования являются топографические карты масштаба 1:100 000 и крупнее издания первой половины XX в. Для картографирования использовались программные продукты ГИС-пакет ArcGIS – для создания базы данных исчезнувших населенных пунктов, и Adobe Illustrator – для окончательного оформления карты. В программе ArcCatalog для составления карты исчезнувших населенных пунктов был разработан шаблон и создана база данных. Затем, выполнялась загрузка необходимых растровых и векторных материалов в программу (векторные слои границ административно-территориальных единиц Беларуси, гидрографии, современной сети населенных пунктов; растровые файлы: геопривязанные листы советских и польских топографических карт 1920 – 1930-х гг. масштабов 1:42 000 – 1:100 000. Далее оцифровывались исчезнувшие населенные пункты, при чем населенный пункт считался исчезнувшим, если он присутствовал на одной из топографических карт 1920 – 1930-х гг., но отсутствовал в слое существующих населенных пунктов, и считался включенным в состав других населенных пунктов, если он не был обнаружен на слое современной сети населенных пунктов, но его территория входит в состав существующих населенных пунктов. Затем был произведен экспорт полученных данных в программу векторной графики Adobe Illustrator, где производилась дальнейшая обработка и оформление карты в масштабе 1:500 000.

Таким образом, составление карты исчезнувших населенных пунктов условно можно разделить на два этапа: 1) создание базы геоданных и предварительное форматирование полученных результатов в программах пакета ArcGIS; 2) экспорт данных в среду Adobe Illustrator для финальной обработки оформления и компоновки карты.

1. Вялікі гістарычны атлас Беларусі / Дзяржаўны камітэт па маёмасці Рэспублікі Беларусь. – Мінск : Белкартаграфія, 2018. – 268 с.

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ АДМИНИСТРАТИВНО-ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ЕДИНИЦ ПО ДАНЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Макарова М.В.

Полоцкий государственный университет

В настоящее время спутниковые снимки являются источниками актуальной и оперативной пространственной информации и широко используются для решения различных задач землеустройства.

В процессе землеустроительных работ по нормализации границы районов совмещаются с твердыми объектами, которые должны бесспорно распознаваться на местности и на данных дистанционного зондирования Земли.

В докладе представлен ряд особенностей, которые были выявлены в рамках исследования возможности дешифрования объектов местности по космическим снимкам различного пространственного разрешения. Применение космических изображений среднего разрешения, получаемых со съемочных систем Landsat и SPOT, позволяет распознать только часть линейных и других крупных объектов, необходимых для определения местоположения и проектирования границ. Однако, данные снимки обладают высоким спектральным разрешением и при затруднительном визуальном дешифрировании контуров земель возможна объектная классификация и векторизация данных.

По изображениям земной поверхности спутника WorldView 2-3 хорошо дешифрируются границы населенных пунктов, линейные, водные объекты, мелиоративные каналы, объекты инфраструктуры, границы угодий (пашни, луга) хорошо различимы, в отличие от объектов, расположенных в лесных массивах. В качестве альтернативы этому предлагается использовать космические снимки невегетационного периода.

Использовать максимальные возможности космических снимков позволяет только ортотрансформация, которая выполняется с привлечением дополнительной информации. Таким образом, для координирования поворотных точек границы, а также для метрически точных измерений, вышеуказанные данные не подходят.

Однако при отсутствии обновленных ортофотопланов на территорию работ, необходимо наличие альтернативных источников данных с целью актуализации имеющихся материалов, что особенно важно для районов, интенсивно меняющихся за счет хозяйственной деятельности.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ КОНФИГУРАЦИИ И ПЛОЩАДИ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ ДЕФОРМАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКОГО ПОЛИГОНА «ПОЛОЦКАЯ ГЭС»

*Маркович К.И., Ялтыхов В.В.
Полоцкий государственный университет*

При изучении современных горизонтальных движений земной коры всегда возникают вопросы правильной постановки геодезических работ и интерпретации получаемых результатов. Один из наиболее остро стоящих вопросов – соблюдение принципов инвариантности при выполнении интерпретации результатов геодезических измерений. Подобный подход к обработке геодезических измерений является ключевым при определении компонентов деформации, использующих метод конечных элементов для аппроксимации изучаемой территории.

В представленной работе для проверки предположения о влиянии конфигурации и площади конечного элемента на точность определения параметров деформации проведен численный эксперимент на моделях треугольных элементов для пунктов геодинамического полигона Полоцкой гидроэлектростанции, расположенной в зоне взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры.

Результаты моделирования среднеквадратических ошибок определения деформации показали, что с изменением конфигурации и размера элемента сети точность определения деформации существенно изменяется. При проектировании конечно-элементной сети следует отказаться от создания треугольников малой площади, так как они обладают невысокой точностью определения компонентов деформации и в замкнутом контуре автоматически влекут создание треугольников большого размера, имеющих невысокую детальность описания деформации. Выполнение представленного условия требует создания сети треугольников оптимального размера, что возможно лишь при их стремлении к правильной форме. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что при построении геодезических сетей, контролирующих деформации земной коры, точность определения компонентов деформации будет зависеть в первую очередь от конфигурации элементов сети. Результаты показывают, что конфигурация элементов сети, близкая к равностороннему треугольнику, является оптимальной при равенстве средних квадратических ошибок ($m_x = m_y$) в каждом цикле измерений и стремится к вытянутому равнобедренному с отклонением соотношения (m_x/m_y) от единицы.

ПРОЯВЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕНЕЗА

*Шароглазова Г.А., Маркович К.И., Долгий П.С.
Полоцкий государственный университет*

Общеизвестно, что геодинамика и техногенез являются двумя основополагающими факторами, влияющими на облик нашей планеты и отвечающими за общую безопасность. Поэтому проблема взаимообусловленного влияния тектонических и техногенных факторов на состояние земной коры в районах активной хозяйственной деятельности человека актуальна во всем мире.

В настоящей работе приведены результаты анализа проявления геодинамики в условиях техногенеза на геодинамическом полигоне «Полоцкая ГЭС», территория которого включает не только одну из гидроэлектростанций каскада ГЭС на реке Западной Двине, но и тектонические разломы (Чашникский, Полоцкий, Туровлянский), в зоне влияния которых она расположена; Старобинском месторождении и связанной с ним геодинамикой; трассах магистральных нефтепроводов, пересекающих активные тектонические структуры.

Сделан вывод, что проявление деформаций по данным ГНСС наблюдений на Полоцком ГДП коррелирует как с расположением тектонических разломов, так и с этапами строительства и введения в эксплуатацию ГЭС. Наблюдается повышение уровня сейсмичности и ухудшение экологии в районе Старобинского месторождения. Аварии на магистральных трубопроводах приурочены к активным тектоническим разломам.

Проведенные исследования убедительно показывают, что проблема геодинамики и техногенеза с каждым годом становится все актуальнее. Поэтому необходимость организации комплексных исследований (дистанционного зондирования с анализом и обработкой космоаэрофотоснимков, высокоточных повторных геодезических измерений (спутниковые и наземные), геоинформационных технологий) по оценке влияния тектонических и техногенных факторов на окружающую среду в режиме мониторинга уже не вызывает сомнения.

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В КАРТОГРАФО- ГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Шевелев И.П., Калугин Д.Н.

Полоцкий государственный университет

Географические информационные системы являются основной технологией, привлекающей внимание к системам управления пространственными базами данных (СУПБД). Геоинформационные технологии можно определить как совокупность программно-технологических средств получения новых видов информации об окружающем мире.

ГИС представляет удобный механизм анализа и визуализации географических данных. Географические данные – это пространственные данные, для которых базовой системой координат является земная поверхность. ГИС обеспечивают богатый набор функций анализа, дающих пользователям возможность выполнять разнообразные преобразования географических данных. Великое множество технологий, встроенных географами в ГИС - это именно та причина, которая вызвала феноменальный рост этих систем и послужила причиной появления междисциплинарных приложений.

ГИС позволяют создавать карты непосредственно в цифровом виде по координатам, полученным в результате измерений на местности или при обработке материалов дистанционного зондирования. При создании цифровых карт в среде ГИС упор делается на создание структуры пространственных отношений между объектами: четко различаются понятия точного и неточного совпадения границ, легко осуществимо использование уже ранее оцифрованных границ при создании смежных объектов, в том числе и при работе в других отраслях, легко и в явном виде фиксируются отношения связности, соседства, смежности, вложенности, пересечения и др. пространственных объектов, необходимые при решении широкого круга аналитических и практических задач. Твердые копии согласованных цифровых карт в виде изображений на бумажных и других носителях при этом рассматриваются как производный продукт работ в среде ГИС. Цифровые карты, в отличие от бумажных не подвержены естественной деформации при хранении и копировании и т.д.

Таким образом геоинформационные системы различного назначения могут широко применяться в топографо-геодезическом производстве Республики Беларусь.

СОВРЕМЕННАЯ КОНЦЕПЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПЛАНОВ

Подшивалов В.П., Кашура В.Н.

Белорусский национальный технический университет

Современная концепция формирования цифровых картографических планов заключается в создании цифровых моделей местности, где информация об объектах является метаданными[1].

Цифровая форма представления геопространственной информации позволяет представлять положение объектов в географических координатах непосредственно на поверхности относимости. Это снимает необходимость в использовании какой-либо картографической проекции и не вносит погрешности за изображение.

Вследствие этого, отпадает понятие масштаба как меры трансформации цифровой модели местности. Отпадают и ограничения, которые масштаб бумажных планов накладывал на полноту состава изображаемых объектов. В цифровую базу данных можно вносить информацию о неограниченном числе любых объектов.

При этом цифровая модель представляет собой точное воспроизведение относительно геоида, что не требует никакой разграфки (нарезки на отдельные листы). Заодно открывается возможность оперировать (обновлять, уточнять, строить производные модели) с площадями любой конфигурации, с любыми группами объектов или с отдельными объектами.

Наконец, цифровая форма представления отменяет любые ограничения (в том числе и освященные многовековым опытом традиционной картографии) на состав описываемых объектов. Сведения о них могут получаться из самых разных источников и с самой различной точностью. Последнее реализуется с помощью развитой системы метаданных, сопровождающих каждый отдельный объект, каждую характеристику

В случае геоинформационных систем, метаданные существенно упрощают управление, создание запросов, полноценное использование и понимание данных. Генерирование, хранение и управление метаданными помогают в поддержке использования огромных объемов информации, доступных в наши дни в любой электронной форме [2].

1. Грушков, А.С. Хранилище данных / А.С. Грушков, Е.В. Костюков. – СПб.: СЗИМИ, 2007. – 864 с.

2. Единая электронная картографическая основа: проблемы и перспективы. Источник: ComNews.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБМЕНА ТОПОГРАФО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ ДАННЫМИ МЕЖДУ ПП CREDO И ПП AUTODESK

Кашура В.Н., Рак И.Е.

Белорусский национальный технический университет

Современные требования к качеству и оперативности проектирования для поддержания технологий BIM, т.е., параллельного проектирования и инжиниринга, определяются следующими ключевыми моментами:

необходимостью вариантного проектирования с быстрой детальной проработкой, а также с экономической и экологической оценкой;

организацией сквозной технологии инженерных изысканий и проектирования на основе единого набора данных для всех элементов и разделов проекта.

Важной задачей является обмен информацией между пользователями различных программных продуктов при создании единого проекта.

Обмен данными проектов между **ЛИНЕЙНЫМИ ИЗЫСКАНИЯМИ** и AutoCAD осуществляется в формате DXF. При создании проекта в **ЛИНЕЙНЫХ ИЗЫСКАНИЯХ** активно используются так называемые разделяемые ресурсы, в состав которых входят схемы соответствия – для импорта и экспорта файлов DXF. Соответствия создаются и настраиваются в диалоге настройки импорта и экспорта. При их настройке, используются текстовые файлы с описанием штриховок, мультилиний, типов линий и символов, которые используются при описании объектов в AutoCad, а также шрифтов. Настройки выполняются в два этапа. На первом этапе настраиваются соответствия для свойства элементов всего файла:

для типов линий – в виде типа линии графической маски и/или линейного объекта классификатора;

для типов штриховок – в виде штриховки региона и/или площадного объекта классификатора;

для блоков – в виде ситуационной точки (без высоты или с высотой) или рельефной точки, или точечного объекта классификатора;

На втором этапе настраиваются соответствия для типов элементов по каждому слою.

Если линия является 3D-полилинией, то в соответствии со значениями Z ее вершин создаются профили линейных тематических объектов или структурных линий.

Все настройки сохраняются в схеме соответствия и могут быть повторно использованы для обмена данными последующих проектов.

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ

Рак И. Е.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня лазерные сканеры успешно применяются в самых разных сферах: инженерных изысканиях, машиностроении, промышленной модернизации, архитектурной реставрации, дорожном строительстве. Такая широкая сфера применения этого вида измерений обусловлена тем, что позволяет применять многие проектные решения только на основании данных съёмки и, таким образом, экономить ресурсы.

Лазерное сканирование, в зависимости от используемых приборов, может быть наземным, мобильным и воздушным. Результатом лазерного сканирования, не зависимо от применяемого метода, является облако точек, которое представляет набор вершин в трёхмерной системе координат (X, Y, Z) для представления внешней поверхности объекта.

Обработка облаков точек и формирование объектов в цифровом виде, соответствующих требованиям потребителя в различных отраслях деятельности, является наиболее трудоемким процессом. Облака с количеством точек в сотни миллионов или даже миллиарды совершенно избыточно, когда речь идёт о построении ЦМР. Поэтому первый шаг в обработке облака точек – это выделить необходимые точки, относящиеся только к рельефу, выполнить прореживание с заданной точностью и далее на основе полученных данных создать матрицу высот и выполнить посторенние триангуляции.

Создание цифровой модели ситуации может происходить методами как ручного нанесения условных знаков непосредственно по облаку, а также полуавтоматическим методом, который позволяет в интерактивном режиме распознать основные точечные и линейные объекты: столбы, провода линий электропередач, наземные трубопроводы, ограждения и бортовые камни, стены зданий и другие объекты.

В зависимости от применяемых программных продуктов для обработки облаков точек, порядок действий может меняться. Но принципиальная схема остается такой же.

Таким образом, с малыми затратами на полевые работы будет сформирован цифровой топографический план, состоящий из модели рельефа и объектов местности.

О НОРМАТИВНЫХ ТРЕБОВАНИЯХ К ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Позняк А. С., Внуков П. Ю.

Белорусский национальный технический университет

Геодезисты, выполняющие работы в строительстве, ориентируются на требования, изложенные в многочисленных нормативных документах, не могли не заметить существующие между ними противоречия и нестыковки, зачастую затрудняющие практическое выполнение инженерно-геодезических работ. Основным нормативным документом является технический кодекс установившейся практики «ТКП 45-1.03-313-2018 (33020). Геодезические работы в строительстве. Правила проведения», который распространяется на геодезические работы при строительстве новых, реконструкции и ремонте существующих зданий, сооружений и их частей и устанавливает правила их проведения. В этом документе имеются некоторые необоснованные требования. Например, в пункте 4.20 «Предельные (допустимые) отклонения при контроле определяются по формуле

$$\delta_{0, \text{доп}} \leq \delta_{\text{доп}} / K,$$

где $\delta_{0, \text{доп}}$ – допустимая погрешность, принимается по таблице 2 или рассчитывается для объектов, возводимых с повышенной геометрической точностью; K – коэффициент, принимаемый равным 2; 2,5; 3 (обосновывается при разработке проекта производства работ (ППР) или ППГР)». В этой формуле вместо знака деления необходим знак умножения в соответствии с теорией погрешностей измерений и ранее действующим СНИП 3.01.03-84 "Геодезические работы в строительстве".

Мы предлагаем разработать научно-обоснованную методику геодезического обеспечения строительства высотных зданий и сооружений в условиях городской среды, основанную на применении геодезических приборов с наилучшими точностными характеристиками. Так на основании опубликованных расчетов сделаны выводы о том, что:

- средняя квадратическая погрешность (СКП) построения внешней разбивочной основы здания в зависимости от выбранного метода построения составит 1,5 – 3,6мм;
- СКП построения разбивочной основы с внешним или внутренним закреплением пунктов на исходном горизонте составит 3,3 – 4,3мм;
- СКП перенесение основных осей (базисной фигуры или сети) на рабочий горизонт и их закрепление - 2,0 мм;
- СКП производство разбивочных работ на рабочем горизонте и вынос разбивочных осей и отметок - 5,3 мм.

УРАВНИВАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕТОДАМИ НЕЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Гармаза О.Е. Мысливчик Е.Ю.

Белорусский национальный технический университет

Цель применения методов нелинейного программирования на этапе предварительных вычислений заключалась в поиске вектора координат определяемых пунктов $X^{(0)}$ с точностью, необходимой для последующего уравнивания геодезической сети с тем, чтобы процесс итераций был сходящимся к вектору оценок параметров X . Если раньше применялась целевая функция, то теперь для *решения* необходимо использовать другую целевую функцию:

$$\Phi(X) = \sum_{i=1}^K \left(\frac{\sigma_0}{\sigma_i} \right)^n |L_i^n(X)|$$

где K - число измерений; σ_0 - среднее квадратическое отклонение для измерения, вес которого равен единице; σ_i - стандарт измерения; n - показатель степени.

Если $n = 1$, получаем целевую функцию:

$$\Phi(X) = \sum_{i=1}^K \frac{\sigma_0}{\sigma_i} |L_i(X)|$$

для метода наименьших модулей.

При $n = 2$ имеем критериальную функцию:

$$\Phi(X) = \sum_{i=1}^K \left(\frac{\sigma_0^2}{\sigma_i^2} \right)^n |L_i^2(X)|$$

для метода наименьших квадратов.

Минимизируя целевую функцию при $1 < n < 2$, получим робастные оценки параметров. Если $2 < n < \infty$, то получим чебышевские оценки.

ывод: для уравнивания геодезической сети под любым критерием оптимальности решения можно применять одни и те же методы нелинейного программирования, изменяя лишь вид целевой функции.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СВОБОДНОЙ СТАНЦИИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ

Мысливчик Е.Ю., Гармаза О.Е.

Белорусский национальный технический университет

Строительство подземных сооружений является одним из сложнейших видов строительных работ. Трудности возникают из-за изменчивости горно-геологических условий по мере продвижения забоя, особых требований техники безопасности, а также ввиду стесненных условий работ, в которых приходится работать строителям и маркшейдерам. Прогрессивное развитие геодезического приборостроения открыло возможность для совершенствования технологий маркшейдерско-геодезических работ. В частности, стало возможным использование метода свободной станции, который предполагает выполнение съемочных и разбивочных работ без непосредственной установки прибора над знаком. В современных тахеометрах имеется соответствующее встроенное программное обеспечение, позволяющее работать в различных режимах. При внецентренной установке прибора возникают следующие задачи: передача координат с опорных пунктов на внецентрированную станцию, передача координат с точки внецентренной установки на вновь определяемый пункт и приведение измеренных тахеометром расстояний и углов (направлений) к центрам пунктов. Для однозначного определения планово-высотного положения геометрического центра прибора и его ориентировки в принятой системе координат достаточно произвести наблюдения на два исходных пункта, планово-высотные координаты которых известны. При этом измеряются две наклонные дальности, один горизонтальный и два вертикальных угла. Оптимально координирование и ориентирование центра прибора указанным методом необходимо производить от трех - четырех исходных пунктов. Больше не стоит, так как учитываются ошибки исходных пунктов, соответственно, чем больше пунктов, тем ниже будет точность и увеличится трудоемкость работ. В этом случае прибор дает не только искомые величины, но и ошибки их определения. Более трех исходных пунктов берут в случаях, когда имеет место изменение планово-высотного положения центров исходных пунктов и необходимо произвести анализ их стабильности.

Таким образом, метод свободной станции нашел своё применение в стесненных условиях при строительстве подземных сооружений, показав высокую эффективность, поскольку позволяет в процессе измерений установить прибор в оптимальном месте и помогает исключить ошибку центрирования прибора над точкой стояния.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА СООРУЖЕНИЯ БАШЕННОГО ТИПА

*Кабацкий А.В., Куприенко Н.О., Забавко С.И.
Белорусский национальный технический университет*

Для определения центра башенного сооружения традиционно используется способ прямой угловой засечки.

Когда на практике возникла задача определения центра такого сооружения, то используя тахеометр появилась возможность применить ещё один из способов. Суть его заключается в следующем:

- определяем угол между левой и правой касательными (φ);
- вычисляем его среднее значение ($\varphi/2$);
- выставляем тахеометр по заданному направлению и в безотражательном режиме измеряем расстояние (горизонтальное проложение d).

Зная эти данные и координаты станции не сложно определить координаты центра окружности.

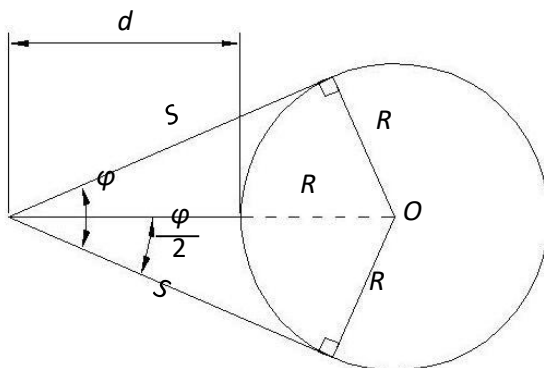


Рисунок 1 – Схема наблюдения на сооружение башенного типа.
Результаты вычислений приведены в следующей таблице.

Способы определения центра башенного сооружения	Координаты центра, м	
	X	Y
Способ угловой засечки	553,874	565,446
Альтернативный способ		
-станция 1	553,884	565,459
-станция 2	553,879	565,444

ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СТЫКА ГРАНИЦ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Карлович М.Ф.

Белорусский национальный технический университет

Республика Беларусь имеет пять стыков государственной границы с сопредельными государствами: стык с Латвией и Литвой; стык с Литвой и Польшей; стык с Латвией и Россией; относительно стыков с Польшей и Украиной, Россией и Украиной ведутся консультации о заключении соответствующих международных договоров об их установлении.

Геодезические работы по обеспечению установленных стыков государственной границы выполнялись в несколько этапов:

- создание общей геодезической сети;
- вынос в натуру проекта расстановки пограничных столбов;
- спутниковое определение координат пограничных столбов;
- определение координат точки стыка;
- топографическая съемка непосредственного района точки стыка;
- создание демаркационной карты района точки стыка;
- подготовка к изданию и издание итоговых документов демаркации.

Общее геодезическое обоснование, включало три пункта ГГС, расположенных на территории сопредельных стран и контрольного пункта.

Для исключения влияния на последующие измерения случайных и систематических погрешностей национальных сетей, создание общей сети сопредельных государств выполнялось в три этапа:

- апробирование спутниковой аппаратуры трех стран на предмет ее совместимости;
- одновременные спутниковые измерения на исходных пунктах;
- совместное уравнивание всех имеющихся данных.

Измерения на исходных пунктах трех стран выполнялись лучевым (статическим) методом продолжительностью 40 минут.

Уравнивание координат выполнялось с помощью программного обеспечения Topcon Tools 7.1 и Leica Geo Office 7.0. Средняя квадратическая погрешность определения координат контрольной точки составила $\pm 0,02$ м в плановом отношении, при допуске 0.15 м. и $\pm 0,03$ м в высотном, при допуске 0.30 м.

В результате спутниковых наблюдений и уравнивания получены геодезические координаты общей геодезической сети в единой системе координат WGS-84, т. е. создана система геодезического обеспечения для определения с достаточной точностью координат пограничных столбов сопредельных государств в точке стыка.

ФОТОРЕДУЦИРОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ЦЕНТРИРА

Будо А.Ю., Кукс Д.Ф.

Белорусский национальный технический университет

При построении плановых геодезических сетей возникает необходимость приведения прибора в рабочее положение, то есть его центрирование и горизонтирование. Данные процедуры производятся с неизбежной систематической ошибкой – при тщательном выставлении прибора по уровню сбивается оптический центрир и наоборот. От исполнителя требуется мастерство и значительное усердие, чтобы свести данную ошибку к минимуму. Мы предлагаем методику, с помощью которой можно определить влияние ошибки центрирования на измерения при помощи современных мобильных устройств (смартфоны, планшеты). Представляется возможным, сократить время на приведение прибора в рабочее положение путём выявления ошибок центрирования и ввода соответствующих поправок в измерения при дальнейшей камеральной обработке. Идея предлагаемого подхода заключается в том, что перед началом измерений необходимо поднести объектив фотокамеры, встроенной в мобильное устройство, к окуляру оптического центрира и произвести фотографирование. В настоящее время фотокамеры в мобильных устройствах позволяют получать детализированные снимки с минимальным количеством шумов даже в сумерках. Перед фотографированием на пункте необходимо разместить масштабирующую сетку (сетка квадратов с шагом 10×10 см с отверстием для пункта в центре) и сориентировать её на север по компасу или буссоли (для определения направления на север также можно использовать приложение в мобильном устройстве). Искажения снимков, полученных на станциях, могут быть устранены в КРЕДО ТРАНСФОРМ или аналогичном программном продукте, позволяющем выполнять трансформирование изображений и приведение их к требуемому масштабу. На обработанных фотоснимках выполняются измерения углового и линейного элементов редуциции (полярные координаты фактического центра прибора относительно центра положения пункта) и рассчитываются приращения dx , dy . Через полученные приращения по несложным формулам вычисляются поправки в измеренные на станциях углы и расстояния. Данные поправки можно условно разделить на 2 части: поправки за центрирование прибора и поправки за центрирование целей. После ввода данных поправок исправленные измерения принимаются в дальнейшую обработку и линейно-угловая сеть или ход уравниваются по методу наименьших квадратов.

НОВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В КРЕДО НИВЕЛИР ВЕРСИИ 3.0

¹Будо А.Ю., ²Будо Ю.П.

¹Белорусский национальный технический университет
²Полоцкий государственный университет

Программный продукт КРЕДО НИВЕЛИР предназначен для камеральной обработки и уравнивания результатов измерений геометрического нивелирования, которое выполняется как цифровыми, так и оптическими нивелирами. В новую версию 3.0 программы КРЕДО НИВЕЛИР внесён ряд важных дополнений. Значительно изменился внешний вид программы. Теперь он похож на интерфейс КРЕДО ДАТ 5.0. Добавлена Лента команд, которую пользователь может сконфигурировать под свои нужды. Добавлена Библиотека геодезических данных. Набор систем координат и параметры связи пространственных систем координат позаимствованы из КРЕДО ТРАНСКОР 3.0 и соответствуют действующему ГОСТ 2017. Наличие систем координат позволяет выполнять импорт web-карт Google, Bing и др. с учетом системы координат, заданной в свойствах проекта, с настраиваемым уровнем детализации. Добавлена возможность импорта матриц высот. Также можно выполнить импорт точек из текстовых файлов, содержащих плановые и высотные координаты, например, высоты SRTM. Добавлена возможность построения простых поверхностей по высотам. Параметры поверхности задаются в свойствах проекта.

Наличие перечисленного функционала позволяет геодезисту перед выездом на объект выполнить предварительную подготовку путём проектирования нивелирного хода или сети ходов. Для этого на требуемый участок работ подгружается веб-карта в виде растрового изображения и сетка точек с высотами, по которым строится поверхность. Поверхность может быть отображена в виде градиента или горизонталями с подписями и берг-штрихами. Растр веб-карты и поверхность отображаются в виде слоёв с настраиваемой степенью прозрачности каждого. Командой «Создание пунктов» в окне «План» необходимо последовательно разместить все точки проектируемого хода или сети. В окне «Точки нивелирных ходов» указываются пункты хода, а также расстояния между точками хода. В общих параметрах уравнивания свойства проекта необходимо указать «Режим проектирования» и выполнить уравнивание. После этого в ведомостях уравнивания можно просмотреть вычисленные характеристики хода или сети, например, СКП высотного положения пунктов. В зависимости от результатов ход можно перепроектировать или подсчитать требуемое число штативов на километр хода.

ИЗМЕРЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ СООРУЖЕНИЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЗОНЕ СТРОИТЕЛЬСТВА НОВЫХ ОБЪЕКТОВ

¹Михайлов В. И., ²Кононович С. И., ³Белов А. А.

¹Белорусский национальный технический университет

²ЗАО «Экомир»

При возведении новых зданий в стесненных условиях г. Минска возникает необходимость в деформационном мониторинге уже существующих сооружений. Это зависит от условий подстилающих грунтов, или когда фундаменты строящихся объектов находятся на расстоянии от двух до десяти м от существующих.

С целью предотвращения возможных ситуаций и прогнозирования технического состояния нами проводился мониторинг здания кинотеатра «Москва» в связи со строительством объекта «Современный многофункциональный торгово-развлекательный комплекс с гостиницей и паркингом», расположенного в г. Минске, по пр. Победителей, 9. Для получения сведений о деформациях здания кинотеатра использовался высокоточный роботизированный электронный тахеометр TCRA1201, оснащенный двумя дальномерами: традиционным ИК и безотражательным дальномером (RL) повышенной мощности. Опорная геодезическая сеть и деформационные знаки закреплены на соседних зданиях и на фасаде кинотеатра в виде самоклеющихся светоотражательных пленок с марками: шесть исходных пунктов и девять осадочных марок. Эти точки выбирались таким образом чтобы при проведении последующих наблюдений за деформациями здания кинотеатра можно было бы с минимального количества установок тахеометра измерять с достаточной точностью положение осадочных марок.

Электронным тахеометром были выполнены 3D измерения данных контрольных точек. С этой целью прибор устанавливался в произвольном месте, которая обеспечивала возможность наблюдения за марками кинотеатра. Измерения выполнялись в относительной системе координат с исходными данными: $X=0$, $Y=0$, $H=0$.

Встроенная программа «Обратная засечка» позволяет определять координаты стояния тахеометра путем выполнения наблюдений нескольких исходных пунктов с точностью до 1 мм. В ходе строительства данного объекта было выполнено шесть циклов измерений осадочных марок здания кинотеатра. Вычисленные их средние значения не превышали 1-2 мм, а горизонтальных смещений – 1-3 мм, что свидетельствует о высокой эффективности данной методики с применением электронного тахеометра TCRA1201.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЕ ПРИБОРЫ В ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ

Мкртычян В.В., Горячий Г.Ф.

Белорусского национального технического университета

В практику инженерно-геодезических изысканий успешно внедряются электронное геодезическое оборудование, спутниковые приемники. Изображение местности на основе топографических съемок представляется в виде цифровой модели местности (ЦММ) и рельефа (ЦМР). Современные геодезические приборы в инженерно-геодезических изысканиях можно разделить на несколько особо значимых групп: геодезическое GPS-оборудование, электронные тахеометры, лазерные сканеры, беспилотные летательные аппараты (БПЛА).

За последнее десятилетие темпы модернизации расширения их функциональных особенностей и улучшения технических характеристик, многократно выросли. Области применения современных геодезических приборов могут частично пересекаться. Например, в частном случае, GPS-приемники могут заменить электронные тахеометры(например, при съемке местности), и наоборот. Самые популярные современные геодезические приборы - электронные тахеометры. Это обусловлено тем, что они имеют самый широкий круг применения, т.к. имеет безотражательный режим работы. Линейка приборов различных производителей довольно велика, но, в основном TOPCON, SOKKIA, LEICA, TRIMBLE. В последнее время активно внедряются геодезические приборы китайского производства. Помимо высоких технических характеристик, не последнее место при выборе геодезического оборудования занимает стоимость приборов. БПЛА позволяют быстро и точно создавать высокоточные ортофотопланы и ЦМР с пространственным разрешением от 2.4 см в плане и от 4.8 см по высоте.

Проблемы внедрения современных высокоэффективных приборов:

1. Наличие в Беларуси большого количества местных систем координат МСК – более 250.
2. Имеются значительные деформации МСК и СК-63.
3. Точная государственная геодезическая сеть в СК-95 недоступна большинству потребителей.
4. Ограничения в использовании БПЛА.
5. Высокая стоимость современного геодезического оборудования.

Несмотря на отмеченные проблемы современное оборудование – это технологии, которые будут работать на вас с еще большей скоростью и точностью, комфортом и надежностью.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА СМАРТФОНЕ

Позняк А.С., Крупица С.М.

Белорусский национальный технический университет

Мобильные приложения DosBox Turbo и DosBox Manager позволяют запускать на смартфонах с операционной системой Android DOS-программы, тексты которых опубликованы нами в 2005 и 2008 годах для автоматизации различных геодезических расчетов. Эти программы разработаны на алгоритмических языках Фортран, Бейсик и Паскаль, апробированы многократно на практических примерах и позволяют:

- уравнивать измеренные на местности горизонтальные углы, вычислять дирекционные углы, приращения координат и уравненные координаты точек теодолитных и полигонометрических ходов;
- выполнять необходимые расчеты при проектировании вертикальной планировки незастроенных участков с обеспечением баланса объемов земляных масс в выемках и насыпях, соблюдением проектных уклонов;
- подготовить разбивочные данные для перенесения осей сооружения на местность способами полярных координат и угловых засечек;
- решать обратные угловые засечки (задача Потенота) по формулам Кнейссля и оформлением результатов вычислений координат в таблице;
- вычислять координаты точек по формулам Юнга (прямая угловая засечка), расстояния и направления между ними с оценкой точности;
- решать линейные засечки с возможностью контроля по измеренным углам;
- решать прямые геодезические задачи;
- решать обратные геодезические задачи;
- выполнять привязки к стенным знакам посредством линейной и линейно-угловой засечек;
- выполнять привязки к неприступным пунктам;
- решать задачи Ганзена;
- вычислять величины и направления изгибов (кренов) высотных сооружений при геодезических наблюдениях в стесненных условиях с двух изолированных пунктов;
- рассчитывать пространственные координаты контрольных точек при исполнительных съемках и наблюдениях деформации сооружений.

Тексты приведенных программ после компиляции (создания файлов с расширением *exe*) запускаются на выполнение и получают файл с результатами расчетов, в котором в табличной форме находятся исходные данные и окончательные результаты геодезических вычислений.

ПОСТРОЕНИЕ РЕАЛИСТИЧНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ОБЪЕКТА НА СТАДИИ РЕКОГНОСЦИРОВКИ ПО МАТЕРИАЛАМ ПОЛЕВОГО ФОТОГРАФИРОВАНИЯ

*Пожелаева К.А., Мациевич П.С., Гапон А.А.
Белорусского национального технического университета*

В геодезии при выполнении работ согласно техническому заданию на стадии рекогносцировки важным этапом является визуальное обследование будущего объекта работ. Одним из лучших видов визуализации является цифровая трёхмерная модель объекта, создание которой основывается на фотограмметрических принципах.

Построение реалистичной цифровой модели объекта имеет множество плюсов:

- трёхмерная модель строится по материалам фотографирования (снямкам);
- сбор фотоматериала проводится в кратчайшие сроки;
- фотографирование можно проводить различными устройствами для регистрации неподвижных изображений (от беспилотных летательных аппаратов до камер мобильных телефонов);
- процесс создания снимков прост и понятен;
- достаточное наличие доступных специализированных программ для постобработки фотоматериала и создания трёхмерной модели объекта.

Программные продукты, конвертирующие фотоснимки в цифровое трёхмерное изображение, позволяют не только получить модель объекта практически любого размера или любой точности, но также визуализировать его текстуры.

Чтобы получить модель высокого уровня детализации, необходимо использовать снимки с высоким разрешением.

Для выполнения инженерно-геодезических работ по рекогносцировке получаемого качества модели будет достаточно, так как всё же главное преимущество этого способа визуализации перед другими заключается в возможности проведения полевого фотографирования в первый день приезда на объект без использования специализированной техники, ограничиваясь собственным мобильным устройством с камерой. При этом от инженера не требуется специализированных знаний в процессе сбора фотоматериала и последующей его обработке.

ПОСТРОЕНИЕ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ИНЖЕНЕРНОГО СООРУЖЕНИЯ В ПРОГРАММЕ AUTODESK RECAP PHOTO

Пожелаяева К.А., Мацевич П.С.

Белорусского национального технического университета

При создании цифровых трёхмерных моделей инженерных сооружений различной сложности пользуются специализированными программными продуктами (ПП). Одним из таких ПП является программа Autodesk ReCap Photo. Она проста в эксплуатации и позволяет получить непосредственно цифровую трёхмерную модель объекта и сопровождающие её текстуры и материалы по снимкам, полученным даже со смартфона.

При фотографировании следует придерживаться следующих требований к объекту съёмки:

- объект должен быть неподвижен в пространстве, так как любое изменение его положения в процессе съёмки даст ошибочный, искажённый результат;

- объект не должен иметь светоотражающие (блестящие) поверхности, так как программа не сможет обработать засвеченный участок.

Стандартная съёмка включает в себя захват областей, которые представляют собой нижнюю и верхнюю половину объекта по отдельности. Фотографирование проводится по кругу вокруг снимаемого объекта так, чтобы на каждый отснятый круг после отбраковки фотоматериала из-за неправильных свето- и цветопараметров, а также неподходящей резкости и четкости, на конвертацию оставалось достаточное количество снимков для детального отображения модели объекта. Если снимаемый объект имеет сложные архитектурные формы, то для достоверного отображения этих элементов на трёхмерной модели требуется более подробное фотодокументирование отдельных их частей.

Фотоматериал должен быть высокого разрешения и детализации, что повысит качество построения и визуального отображения модели.

Программа на этапе конвертации снимков в трёхмерную модель позволяет измерить соответствия точек и присвоенных текстур, а также выбрать требуемое качество (точность) трёхмерной сетки. От сложности объекта и выбранной точности трёхмерной сетки зависит время обработки цифровой модели при открытии на другом портативном компьютере (ПК) или в другой программе.

Сохранять полученную модель можно в форматах, которые поддерживаются как на ПК, так и на смартфонах, что даёт преимущество в мобильности такой модели при решении каких-либо инженерных задач.

Секция

**МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В
СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

РАСЧЕТ ПЛОСКОГО НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРУЕМОГО СОСТОЯНИЯ ОПЕРАТОРНО - СИМВОЛИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Запишем дифференциальные уравнения равновесия упругой изотропной среды, находящейся в условиях плоской деформации без учета массовых сил и сил инерции в виде:

$$\begin{cases} \partial_1 \sigma_x + \partial_2 \tau_{xy} = 0 \\ \partial_1 \tau_{yx} + \partial_2 \sigma_y = 0 \end{cases} \quad (1)$$

Здесь обозначено: $\partial_1 = \partial/\partial x$ – частная производная по x , $\partial_2 = \partial/\partial y$ – частная производная по y . Напряжения выразим через функцию напряжений по известным формулам Эри:

$$\sigma_x = \partial_2^2 \varphi \quad \sigma_y = \partial_1^2 \varphi \quad \tau_{xy} = \tau_{yx} = -\partial_1 \partial_2 \varphi \quad (2)$$

Легко убедиться что соотношения (1) выполняются тождественно. А сама функция φ удовлетворяет бигармоническому уравнению вида:

$$(\partial_1^4 + 2\partial_1^2 \partial_2^2 + \partial_2^4) \varphi = 0 \quad (3)$$

Для решения поставленной задачи будем использовать операторно-символический метод. Тогда представим:

$$\begin{aligned} \varphi = [A(\partial_1) \sin(y\partial_1) + B(\partial_1) y \cos(y\partial_1) + C(\partial_1) \cos(y\partial_1) + \\ + D(\partial_1) y \sin(y\partial_1)] * f(x) \end{aligned} \quad (4)$$

Здесь A, B, C, D – операторные коэффициенты, а $f(x)$ – произвольная функция.

Можно непосредственно убедиться в том, что введенная формулой (4) функция напряжений удовлетворяет уравнению (3), а, следовательно, и соотношениям (2) и (1). Рассмотрим задачу о сжатии упругого прямоугольника $-a \leq x \leq a$ и $-b \leq y \leq b$ параболической нагрузкой $P = q(x^2 - a^2)$. Краевые условия должны быть следующие:

$$\sigma_y(x, \pm a) = P; \quad \tau_{xy}(\pm a, y) = \tau_{yx}(x, \pm b) = 0; \quad \sigma_x(x = \pm a) = g(y) \quad (5)$$

Как известно, данная задача не имеет замкнутого решения. Операторный метод позволяет построить новое функциональное уравнение, которое эффективно решает поставленную задачу. Так, например, можно подобрать такие операторные коэффициенты A, B, C, D , что касательные напряжения в (5) будут тождественно равны нулю.

О ПОСТРОЕНИИ ЗАМКНУТОГО РЕШЕНИЯ ПЛОСКОЙ ЗАДАЧИ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Акимов В.А.

Белорусский национальный технический университет

Вопрос об исследовании замкнутости решения появляется в связи с новым представлением бигармонической функции, положенной в основу решения плоской задачи теории упругости:

$$\begin{aligned} \varphi = \{ & [\frac{1}{\partial_1}(1 - b \operatorname{ctg}(b\partial_1)) \sin(y\partial_1) + y \cos(b\partial_1)] B(\partial_1) + \\ & + [\frac{1}{\partial_1}(1 - b \operatorname{ctg}(b\partial_1)) \cos(y\partial_1) + y \sin(y\partial_1)] D(\partial_1) \} * \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos(\frac{\pi n x}{a}) \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь A, B, C, D – произвольные операторные функциональные коэффициенты.

В качестве модельной задачи рассмотрим задачу о сжатии упругого прямоугольника $-a \leq x \leq a$ и $-b \leq y \leq b$ параболической нагрузкой $P(x) = q(x^2 - a^2)$. Возьмем следующие краевые условия:

$$\sigma_x(x, \pm b) = \mp P(x); \quad \tau_{xy}(\pm a, y) = \tau_{yx}(x, \pm b) = 0; \quad \sigma_x(\pm a, y) = G(y) \quad (2)$$

И тогда вопрос о замкнутости решения сведется к вопросу о том, какой части граничных условий (2) можно будет удовлетворить за счет произвола A, B, C, D, a_n . Можно непосредственно убедиться в том, что при такой записи бигармонической функции, граничные условия для касательных напряжений выполняются тождественно.

Коэффициенты a_n должны быть определены таким образом, чтобы удовлетворить оставшимся первому и третьему граничным условиям (2).

Первому граничному условию можно удовлетворить, если положить $D(\partial_1) = 0$, а коэффициенты a_n найти из условия разложения в ряд Фурье соотношения вида $\partial_1^2 \varphi(x, b) = P(x)$. Подставляя найденное значение коэффициентов в выражение $\partial_2^2 \varphi(\pm a)$, определим функцию $G(y)$.

Таким образом, задача как бы решена с некоторой дополнительной нагрузкой $\sigma_x(x = \pm a) = G(y)$. Зная коэффициенты ряда Фурье функции $f(x) = q(x^2 - a^2)$, функцию $G(y)$ можно воспроизвести по этим коэффициентам таблично, а затем при помощи аппроксимации и аналитически.

О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ

Бачило Е.Д.

Белорусский национальный технический университет

В современном мире укрепляет свои позиции информационно-компьютерная парадигма образования. Это существенно меняет методику преподавания.

Для повышения качества математической подготовки выпускников технических ВУЗов является внедрение в учебный процесс электронного учебника. Это дидактическая система, целью которой является обучение студентов по индивидуальным учебным программам с управлением процесса обучения.

Преимущество электронного учебника заключается в том, что студенты сами контролируют скорость прохождения учебного материала, а встроенные тест-системы обеспечивают контроль усвоения данного материала. Также очень важно то, что можно постоянно корректировать учебный материал по мере появления новых данных.

Электронный учебник должен включать в себя следующие компоненты:

- 1) сведения о том, кому адресовано это издание;
- 2) рабочую программу;
- 3) указания и рекомендации по изучению теоретического материала и выполнению практических заданий;
- 4) учебное пособие;
- 5) практикум с примерами выполнения заданий;
- 6) справочник, содержащий определения и таблицы.

В электронном учебнике могут использоваться такие информационные технологии, как мультимедиа, гипертексты, профессиональные математические пакеты. Они предоставляют возможности презентации учебного материала (наглядность, анимация, звуковые эффекты), перехода по гиперссылкам, помогают устранить математические трудности при решении инженерных задач.

Электронный учебник не только дает возможность осуществлять полный цикл обучающих процедур, эффективен как средство для самостоятельной работы студентов, но и значительно повышает интерес студентов к изучаемому предмету, повышает успеваемость. Для улучшения качества и показательной характеристики учебника его можно сконструировать в форме презентации, которые выполняются в программе *auto play* и использовать систему *hyper test* для контроля изучения материала.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ ИНЖЕНЕРА КАК ФУНДАМЕНТ ЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ

Голубева И.А., Мороз О.А.

Белорусский национальный технический университет

Известно, что обучение в высшем учебном заведении предусматривает не только приобретение определенной специальности, но и формирование достаточно широкого научного кругозора, получение глобального представления об изучаемом разделе науки. Кроме того, при изучении конкретных предметов приобретаются умения и накапливаются навыки работы с литературой, зарождаются и развиваются элементы самостоятельного научно-производственного мышления. Глубина технической мысли специалиста зависит, в первую очередь, от его подготовки в области фундаментальных наук, т.е. математики, физики, химии. Доля этих наук в учебном плане той или иной инженерной специальности может меняться, но математика неизменно остается в фундаменте инженерного образования. Значительная часть инженерных разработок, фундаментальных и прикладных исследований, выполняемых в настоящее время специалистами инженерно-строительного профиля, нуждается в соответствующем математическом обосновании и правильно проведенных расчетах. Осуществить эти операции возможно лишь при достаточно высоком уровне математического образования, которое берет свое начало и прочно базируется на соответствующей математической подготовке студентов.

Совершенствование процесса обучения математике в высшей школе предполагает улучшение всех элементов содержания математической подготовки, которое практически должно реализовываться при проведении всех видов учебных занятий. Решение основных задач обучения математике во многом зависит от того, насколько высшая школа обеспечивает глубокое изучение курса математики, формирование у студентов умений применять математические знания для решения прикладных задач и приобретение навыков и способностей к систематическому овладению знаниями.

Центр тяжести в математической подготовке, особенно в приобретении навыков применения математического аппарата и понимания его сути, выпадает на семинарские и практические занятия. Объясняется это тем, что при чтении лекционного курса математики основное внимание уделяется изложению общетеоретических вопросов для всего контингента слушателей данной специальности и оно мало сопряжено с индивидуально-личностной работой с каждым студентом.

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА МАТЕМАТИКИ

Дичковский Н.И.

Белорусский национальный технический университет

При изучении курса математики самостоятельная работа студентов должна представлять единство трёх взаимосвязанных форм: 1) внеаудиторная самостоятельная работа; 2) аудиторная самостоятельная работа; 3) творческая, исследовательская работа. Внеаудиторная самостоятельная работа включает в себя подготовку рефератов, докладов, сообщений и других видов работ по заданной теме. Задание может выдаваться как индивидуально, так и на небольшую группу студентов. Чтобы развить положительное отношение к внеаудиторной самостоятельной работе, следует на каждом этапе разъяснять студентам цель работы, формируя у них умение самостоятельной постановки задачи и выбора методов её решения. Аудиторная самостоятельная работа может осуществляться при проведении практических, лабораторных занятий и во время чтения лекций. При чтении лекционного курса необходимо контролировать в аудитории усвоение материала путем проведения экспресс-опросов. На практических занятиях нужно не менее одного часа отводить на самостоятельное решение задач, после краткого опроса теоретического материала и решения типовых задач на доске. В конце текущего занятия целесообразно провести разбор типовых ошибок допущенных студентами и дать оценку проделанной ими работы. В начале лабораторного занятия желательно провести экспресс-опрос по теоретическому материалу, необходимому для выполнения работы, и проверить план её выполнения. В конце необходимо оценить работу студента с выставлением оценки за проделанную работу.

Результативность самостоятельной работы студентов во многом определяется наличием активных методов её контроля, среди которых различают следующие виды: 1) входной контроль знаний, 2) текущий контроль, 3) промежуточный контроль, по окончании раздела курса, 4) итоговый контроль в виде экзамена или зачета. В последние годы применяются новые технологии контроля знаний. К ним относятся рейтинговая система контроля, тестовый контроль и обучающе-контролирующие системы, позволяющие преподавателю и студенту контролировать уровень усвоения материала.

Конкретные пути и формы организации самостоятельной работы определяются преподавателем и нацелены на развитие устойчивых знаний и умению решать конкретно поставленные задачи.

ИЗУЧЕНИЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА СТУДЕНТАМИ АРХИТЕКТУРНОГО ФАКУЛЬТЕТАМИ В БНТУ

Ерошевская Е.Л.

Белорусский национальный технический университет

Сегодня каждого преподавателя ВУЗа волнует вопрос, как привести методы обучения в соответствие с требованиями жизни, позволяющие сократить обязательную аудиторную нагрузку обучаемых, освободить время для самостоятельной работы, усилить индивидуальный подход к каждому студенту. Для оперативного управления учебно-познавательной деятельностью студентов требуется тематический контроль и учет знаний текущей успеваемости обучаемых.

Система текущего контроля организует учебную работу студентов, делает ее систематической и целенаправленной. Отсутствие систематического текущего контроля за усвоением учебного материала, незнание фактического состояния уровня подготовленности студентов по математике является одной из причин низкого уровня усвоения предмета, что в свою очередь создает предпосылки к непониманию студентами многих тем при изучении других дисциплин как, на первой, так и на второй ступени получения высшего образования.

Тематический контроль и учет знаний мы связываем с такими формами текущего контроля как: опрос по теоретическому материалу курса на практических занятиях, регулярная проверка домашних заданий, выполнение контрольных работ по математике, проведение конференций.

У студентов архитектурного факультета при изучении дисциплины «Математика» большое внимание уделяется теме «Поверхности второго порядка». После изложения данной темы на лекции, студентам предлагается на практике сначала научиться распознавать поверхности по уравнениям, а затем, освоить их изображение. С этой целью на кафедре «Математические методы в строительстве» разработано методическое пособие, где задания представлены в двух уровнях сложности. После овладения практическими навыками, студенты готовят темы докладов и выступают перед своими одногруппниками. В своих выступлениях они показывают, как поверхности второго порядка применяют в проектировании зданий и сооружений и демонстрируют изображения уже готовых строительных объектов, что делает изучение темы «Поверхности второго порядка» не только наглядной, но и позволяет увидеть ее непосредственное применение в их будущей профессиональной деятельности, что в свою очередь способствует прочному закреплению полученных знаний.

ДОПОЛНЕННАЯ УЧЕБНАЯ ПРОГРАММА ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНОСТИ «АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»

Забавская А.В.

Белорусский национальный технический университет

Разработка и внедрение поэтапной методики оптимизации обучения математике студентов, будущих инженеров автомобильных дорог, с учетом специфики образовательных стандартов последнего поколения и современных тенденций развития образования, привели к необходимости изменения учебной программы по математике. Дополненная программа по математике предназначена для студентов специальности «Автомобильные дороги» и составлена на основе действующей для данной специальности. При этом основная программа откорректирована в направлении частичного перераспределения материала между практическими и лекционными занятиями. А именно представляет собой использование в учебном процессе:

информационных технологий (ЭУМК по математике, расположенный в облачных технологиях Google Disk, открытые образовательные ресурсы, on-line тестирование, программу KRAВ2, прикладные математические программы, личные мобильные устройства студентов, инфографику), выступающих средствами обучения математике для индивидуальной, групповой и фронтальной работы;

разработанных нами лабораторных работ с включением в них профессионально ориентированных задач по темам, наиболее востребованным в подготовке инженеров-дорожников;

сборника профессионально ориентированных упражнений и задач по математике, предусматривающего решение заданий как традиционным способом, так и с помощью электронно-образовательных ресурсов;

материалы докладов студентов, иллюстрирующие математические темы и разделы в специальных и общетехнических предметах;

обновленного списка рекомендуемой учебной литературы с дифференциацией ее на основную, дополнительную и вспомогательную.

Проведенный в БНТУ педагогический эксперимент подтвердил эффективность разработанной автором поэтапной методики оптимизации обучения математике и включенной в нее дополненной учебной программы. Считаем, что данная программа может быть рекомендована к использованию в качестве действующей (основной), применяемой в обучении математике будущих инженеров-строителей автомобильных дорог.

ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-СТРОИТЕЛЕЙ

Капусто А.В., Кузнецова А.А.

Белорусский национальный технический университет

Целью практико-ориентированного подхода в обучении математике является формирование у студентов понимания возможности использования полученных знаний при решении задач из реальной жизни, а также развитие умений и навыков по их применению. К практико-ориентированным задачам (ПОЗ) относят задачи, удовлетворяющие следующим условиям: содержание задачи предполагает привлечение к решению математического аппарата; решение задачи основывается на использовании изученного математического материала; результаты решения имеют прикладной характер. Кроме того, общим требованием к ПОЗ является соответствие как заданных, так и неизвестных величин решаемой задачи реальным возможным значениям.

В обучении решению ПОЗ выделяют три этапа: формирование умений решать данные задачи на алгоритмическом (шаблонном) уровне, на эвристическом уровне и на творческом уровне. В свою очередь это влечет за собой формирование умений формулировать прикладные задачи на операционном уровне, на технологическом уровне и на обобщенном уровне, соответственно.

Заметим, что формирование базы ПОЗ при построении курса математики, исходя непосредственно из потребностей специальности, является весьма трудоемким процессом, требующим от преподавателя знаний по смежным и специальным дисциплинам. По ряду причин некоторые разделы математики используют весьма ограниченный перечень ПОЗ. Вместе с тем, есть ряд разделов, когда каждая лекция и практическое занятие могут использовать ПОЗ. Для студентов-строителей это «Теория вероятностей» и «Математическая статистика». Все темы указанных разделов, от элементов комбинаторики и вычисления классической вероятности до корреляционно-регрессионного анализа и статистической проверки гипотез, позволяют привлечь разноплановые ПОЗ разного уровня сложности.

Таким образом, ПОЗ позволяют быстрее усвоить новый материал, активизировать студентов при отработке навыков использования изученного математического аппарата, укрепить связь теоретического материала и прикладных приложений, подготовить студентов к решению задач, возникающих в повседневной жизни и на производстве, сформировать у них готовность к применению полученных знаний и умений.

ПРОБЛЕМА ОБРАЩЕНИЯ ЯКОБИ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИЛОЖЕНИЙ ИЗ НЕМАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН

Крушевский Е.А.

Белорусский национальный технический университет

Классическая проблема обращения Якоби [1] для римановой поверхности с краем, реализация которой представлена как пространственная многосвязная область с h «дырками», решается векторной тэта-функцией Римана $\theta(\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}) = \sum_{n \in \mathbb{Z}^h} \exp\{-\pi \cdot {}^t \mathbf{n} \mathbf{B} \mathbf{n} + 2\pi i \cdot {}^t \mathbf{n} (\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e})\}$, которая возникает при подстановке векторного аргумента $\mathbf{w}(z) - i\mathbf{e}$ в качестве аргумента в классическую тэта-функцию, где $\mathbf{w}(z) = (w_1(z), \dots, w_h(z))$ – вектор базисных абелевых дифференциалов 1-го рода, $\mathbf{e} = (e_1, \dots, e_h)$ – вектор т.н. римановых констант, \mathbf{B} – матрица B -периодов, а верхний индекс t обозначает операцию транспонирования матрицы, записанной после него. Нули такой тэта-функции Римана ([2], [3]) дают решение стандартной проблемы обращения Якоби.

Проблема обращения Якоби (известная также как проблема обращения эллиптических интегралов) применяется в теории солитонов, исследовании кноидальных волн (химия), механики сплошных сред и многих других научных направлений.

Следует отметить, что многие приложения существенно используют только те случаи римановых поверхностей, уравнения которых достаточно хорошо изучены (например, гиперэллиптические поверхности). Приложение результатов для римановых поверхностей самого общего (абстрактного вида) сопряжено со значительными трудностями в получении уравнений гармонических мер граничных кривых, на основы которых можно выписать базис абелевых интегралов такой поверхности.

Литература

1. Чеботарев Н.Г., Теория алгебраических функций, М.: Гостехиздат, 1948, 400 с.
2. Зверович Э.И., Проблема обращения Якоби, ее аналоги и обобщения – В сб. Актуальные проблемы современного анализа, Гродно, 2009, с. 69-83.
3. Зверович Э.И., Долгополова О.Б., Крушевский Е.А. Вещественный аналог проблемы обращения Якоби на римановой поверхности с краем, его обобщения и приложения – Сиб. Мат. Ж., Том 57, № 2 (336), Новосибирск, Изд-во Института Математики, 2016, с. 312-331.

О ХАРАКТЕРНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ МОДЕЛИРОВАНИЯ В РАЦИОНАЛЬНОЙ МЕХАНИКЕ

Куранова О.В.

Белорусский национальный технический университет

В технической механике, как впрочем, и в математике, главной целью является получение решения поставленной задачи. Что касается вопроса о моделировании, то здесь имеют место значительные отличия. В математике, как правило, невозможно появление половины или трети теоремы. Теорема либо доказана, либо не доказана. Только в первом случае она и называется теоремой, в противном случае имеем дело с гипотезой. Ни одно понятие механики не возникло одновременно. Каждое из них вводилось на протяжении столетий и даже тысячелетий. Это относится и к силам, которые только относительно недавно обрели окончательное оформление, но использовались в частных и не вполне ясных, но ограниченно правильных, формулировках многие столетия. Это относится и к моментам, которые еще и в настоящее время не обрели статуса, аналогично силам, но используются со времен Архимеда. С большими трудностями обретает ясные очертания понятие энергии, которое, видимо, не обрело канонической формы и в настоящее время. Иными словами, всего полтора столетия тому назад принятая терминология для базовых понятий совершенно не совпадала с современной. В еще большей степени сказанное справедливо в отношении фундаментальных законов. Ни один из них не является плодом индивидуального творчества тех или иных ученых. Все они являются продуктом коллективного творчества многих поколений ученых. Одним из важнейших отличий рациональной механики от математики является то, что в механике очень трудно, если вообще возможно, достичь такого уровня формализации, который позволяет исключить интуицию из определения основных понятий.

Математическая модель никогда не бывает тождественна рассматриваемому объекту, она не передает всех его свойств и особенностей, а является приближенным описанием объекта и носит приближенный характер. Точность соответствия определяется порядком адекватности модели и объекта.

При построении математической модели приходится зачастую выдвигать дополнительные предположения – гипотезы. Модель поэтому еще называют гипотетической. Основным критерием применимости модели является эксперимент. Критерий практики позволяет сравнивать гипотетические модели и выбирать из них наиболее подходящую.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА ФИЗИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ

Новиков А.А.

Белорусский национальный технический университет

Для физика, как и любой естественной науки, изучение новых явлений включает два этапа. На первом (природоведческом) – обнаруживается качественная связь: поднимается солнце – становится теплее, на втором: замеряются углы φ , температуры T^v и устанавливается связь $T^v = k \sin(\varphi)$. Важно: замеряются φ и T^v – количественных характеристики взаимодействующей материи, а собственно само взаимодействие ... выражается математической операцией. Неприятная особенность наших знаний об окружающем мире: все взаимодействия и движения материи, все что в ЕЯ именуется словами – глаголами, не может иметь стационарных эталонов – принципиально! Эталон простейшей механической скорости – абстрактная (математическая) конструкция из двух стационарных эталонов: расстояния и времени. Опр. Количественная характеристика – свойство материальных объектов измеримое эталоном (сопоставимое по счету с эталоном). Выражается она, вообще-то говоря, натуральными числами N , но для удобства и Q_+ . Опр. N числа – неограниченная система $\{a_n\}_{1}^{\infty}$ строго упорядоченных имен собственных (по терминам ЕЯ – имен числительных) и порождающей их унарной рекурсивной операции счета $S(a_n) \rightarrow a_{n+1}$.

Типичный метод саморазвития динамических систем, включая математику, – разложение имеющихся объектов на взаимосвязанные части: предметы разделяются на взаимосвязанные предметы (детали), а действия на взаимосвязанные действия.

Первый этап развития математики, как динамической системы иерархического типа, обеспечен: принципами обратимости всех операций и равносоставимости чисел по прямым бинарным операциям. Так, требование неограниченной обратимости операции $S(a_n)$ приводит к появлению абстрактных отрицательных чисел (но не нуля!), а разделение операции счета на две согласованные операции счета (согласованное взаимодействие – не считать один и тот же объект дважды) создает первую бинарную операцию сложения и абстрактное число ноль. Этот этап породил числа (Z, Q, R, C, K) и завершился неполноценной бинарной операцией четвертого порядка – квартирования, которая не распространяема даже на Q_+ .

Последующее развитие связано напрямую с бинарными операциями порождения собственно самих операций-функций. Этот этап базируется на принципе восполнения по предельному переходу и известен как дифференциально-интегральное исчисление.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНО-ДИСКРЕТНАЯ МОДЕЛЬ САМООБУЧЕНИЯ НЕЙРОНА

Новиков А.А

Белорусский национальный технический университет

Нейрон, базовая клетка головного мозга, выполняет две информационные функции: передает, в режиме синхронизируемой параллельности и многоканальности, электромагнитные (точнее, медленные химические) сигналы соседям и постоянно реформирует сеть синапсов, непосредственных материальных носителей долговременной памяти.

Внутренность нейрона полагаем почти однородной субстанцией, в которой распространяется $H(\mathbf{r}, t)$ - «химическое напряжение», процесс описываем уравнением параболического типа (1), где $K(\mathbf{r})$ – коэффициент пространственной проводимости сигнала, α - коэффициент его затухания

$$H(\mathbf{r}, t)_t = \text{div}(K(\mathbf{r}) \text{grad } H(\mathbf{r}, t)) - H(\mathbf{r}, t). \quad (1)$$

Поверхность нейрона (граница для уравнения) фрагментирована площадками $S = \sum S_{ci} + S_{oi}$, где S_{ci} – место контакта с синапсом вход-выход, S_{oi} - нейтральная область. Начальное условие для (1): $H(\mathbf{r}, 0) = 0$. Нормальный режим работы нейрона: на нужные синапсы подается импульсное воздействие, которое через время достигает, с допустимым затуханием, нужных выходных синапсов. Режим «самообучения»: на нужные синапсы входа подается импульсный сигнал, который должен переформатировать внутреннюю структуру проводимости $K_o(\mathbf{r})$ в $K(\mathbf{r})$, чтобы этот сигнал достигал опять же нужных синапсов за время t . Изменения имеющейся внутренней структуры проводимости нейрона должны быть минимальны, т.к. нейрон должен обеспечивать максимум (все?) ранее заученные связи. А поскольку, в нашей модели функция $K(\mathbf{r})$ полагается дифференцируемой, то в качестве критерия оптимальности разумно воспользоваться метрикой Соболева (2) с весовым коэффициентом p - пропорциональном линейному размеру нейрона.

$$\text{Min}_{no K(\mathbf{r})} \iiint (K(\mathbf{r}) - K_o(\mathbf{r}))^2 + p(\text{grad}(K(\mathbf{r}) - K_o(\mathbf{r})))^2 dv \quad (2)$$

Реализация задачи (1)-(2) показала возникновение внутри нейронов канальных (псевдо одномерных и почти линейных) областей повышенной проводимости между нужными аксонами.

Выводы, по феноменологической модели и численным экспериментам:

- наиболее устойчивые во времени, т.е. при последующих «циклах самообучения», каналы проводимости наблюдаются между синапсами соседствующими на границе нейрона,
- для описания внутренней структуры нейрона и его оболочки вполне хватает двумерных, по пространству, моделей, но реальная структура сетей синапсов, разумеется, остается принципиально трехмерной.

О ПРИБЛИЖЕННОМ ВЫЧИСЛЕНИИ ИНТЕГРАЛОВ С СИНГУЛЯРНЫМИ И СЛАБЫМИ ОСОБЕННОСТЯМИ В ЗАДАЧЕ ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

*Подкопаев П.А, Корчеменко С.В.
Военная академия Республики Беларусь*

Анализ напряженно-деформированного состояния твердых тел различной конфигурации, а также изучение этого состояния в окрестности нерегулярных точек осуществляется посредством решения уравнений теории упругости с соответствующими начальными и граничными условиями. Аналитические решения таких задач, как правило, записываются в виде интегро-дифференциальных выражений, с особенностями. В работе рассматривается пример построения устойчивых алгоритмов численной аппроксимации аналитического решения одной из таких задач – первой краевой задачи динамической теории упругости для плоскости с полубесконечными разрезами. Аналитическое решение такой задачи в нестационарном случае имеет вид

$$\sigma_{iz}(x, y, t; \vec{f}) = (b_{iz} f_j)(x, y, t) \quad (i = 1, 2),$$

где σ_{iz} – компоненты тензора напряжений, b_{iz} – матричный оператор, компоненты $b_{ij}(i, j = 1, 2)$ которого действуют на заданные граничные

условия \vec{f} по формуле $(b_{ij} f_j) = \sum_{l=1}^2 (-1)^l (b_{ij}^l f_j + \tilde{b}_{ij}^l f_j)$ $(i, j = 1, 2)$.

Операторы $b_{ij}^l f_j$ и $\tilde{b}_{ij}^l f_j$ являются интегро-дифференциальными,

например, $(b_{ij} f_j)(x, y, t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^0 d\xi \int_0^t K_{ij}^l(x - \xi, y, t - \tau) f(\xi, \tau) d\tau$, причем их

ядра содержат сингулярные и слабые особенности порядка $1/2$. Применение численного дифференцирования в сочетании с квадратурными формулами приводит к неустойчивости численных алгоритмов.

Для получения устойчивости осуществлена регуляризация операторов. входящих в решение задачи, после чего построен устойчивый алгоритм численного решения на равномерной сетке $T_n \times \Omega_{kl}$. В работе получены оценки погрешностей построенного алгоритма для различного класса функций, входящих в начально-краевые условия. Приведены модельные примеры численной реализации точного и соответствующего ему приближенного решения. Численный эксперимент показал, что приближенное решение отличается от точного решения на величину погрешности разработанного численного алгоритма.

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ СТУДЕНТОВ ИНЖЕНЕРНОГО ПРОФИЛЯ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

*Подкопаев П.А., Подкопаева Н.А.
Военная академия Республики Беларусь
Белорусский национальный технический университет*

В настоящее время содержание образования в вузе изменяется в целях его корреляции с быстрым изменением содержания профессиональной деятельности в различных областях. Эти изменения приводят к сокращению часов на курс математики для инженерных специальностей вузов. В связи с этим большое значение имеет пересмотр содержания читаемого курса.

Несомненно, выбор разделов математики и их объем тесно связан с конкретной специальностью будущих инженеров, но не следует забывать, что человек, получивший хорошее фундаментальное образование, гораздо быстрее приспособится к условиям современной жизни, чем тот, кто поверхностно познакомился с многочисленными современными предметами, не понимая сути происходящих процессов. Современное познание природы должно быть основано на фундаментальном уровне знаний. К фундаментальным основам математики для инженеров относятся, несомненно, математические методы дифференциального и интегрального исчисления постоянных соперников и оппонентов Ньютона и Лейбница. К фундаментальным знаниям относятся и знания по векторному анализу, на который опирается вся классическая физика. Курс математики в техническом вузе должен включать основы теории вероятности и математической статистики для ознакомления с математическими методами систематизации и использования статических данных в практических целях. Каждый раз при разработке курса лекций по разделу, в связи с изменением числа часов на его изучение, остро стоит вопрос о приоритетах в изложении материала и предъявляемых к студентам требованиях при оценке их знаний. Требуется расширять набор задач по каждому разделу за счет включения задач прикладной направленности и уменьшать количество примеров на технику вычисления пределов, технику нахождения производных и неопределенных интегралов. Интерес студентов вызывают задания, для решения которых разрешается пользоваться любыми источниками информации.

Несмотря на то, что у большинства студентов в средствах мобильной связи есть подключение к интернету, для решения поставленной задачи обычно требуется некоторое время и у многих студентов поиск нужной информации вызывает затруднение.

О СВЯЗИ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ ЛЬЕНАРА С УРАВНЕНИЕМ АБЕЛЯ

Самодуров А.А., Федорако Е.И.

*Белорусский государственный университет
Белорусский национальный технический университет*

Рассмотрим уравнение Абеля первого рода

$$y' = f_3(x)y^3 + f_2(x)y^2 + f_1(x)y + f_0(x), \quad (1)$$

где $f_i(x)$ ($i=0,1,2,3$) – непрерывные функции.

Согласно [1] если $u(x)$ – решение уравнения (1), то подстановкой

$$y = u(x) + \frac{E(x)}{z(x)},$$

где

$$E(x) = \exp \int (3f_3u^2 + 2f_2u + f_1) dx,$$

оно приводится к виду

$$z'z + \Phi_2z + \Phi_1 = 0, \quad (2)$$

где

$$\Phi_1(x) = f_3E^2, \quad \Phi_2(x) = (3f_3u + f_2)E.$$

Уравнение (2) есть уравнение Льенара первого порядка, непосредственно связанное с уравнением траекторий для систем, соответствующих уравнениям второго порядка.

Системы уравнений Льенара описывают реальные физические процессы в теории колебаний и динамических систем, свойства их решений рассмотрены в пособии [2].

Иная связь между уравнениями Льенара и Абеля исследована в работе [3].

Литература

1. Камке Э. Справочник по обыкновенным дифференциальным уравнениям. – М. : гос. изд. физ.-мат. литературы, 1971. – 704 с.
2. Рейссиг Р., Сансоне Г., Контти Р. Качественная теория нелинейных дифференциальных уравнений. – М. : Наука, 1974. – 317 с.
3. Федорако Е. И., Самодуров А. А. Интегрирующий множитель для уравнения Абеля / Е. И. Федорако, А. А. Самодуров // Весці Беларускага дзяржаўнага педагагічнага ўніверсітэта. 2018. – Серыя 3. – с. 15–18.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ GEOGEBRA В ПРЕПОДАВАНИИ РАЗДЕЛА «АНАЛИТИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЯ НА ПЛОСКОСТИ И В ПРОСТРАНСТВЕ»

Хотомцева М.А.

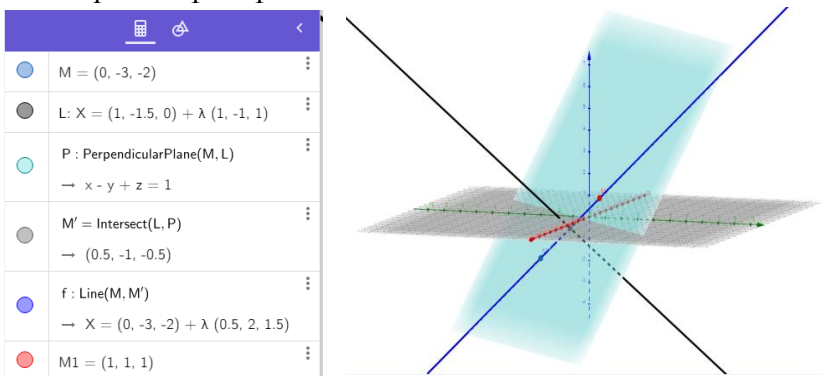
Белорусский национальный технический университет

Раздел «Аналитическая геометрия на плоскости и в пространстве» традиционно вызывает у студентов-геодезистов трудности. Но умение решать задачи о взаимном расположении прямых на плоскости и в пространстве, о взаимном расположении плоскостей, прямых и плоскостей в пространстве помогает развить пространственное мышление и заложить теоретические основы профессиональных знаний инженера – геодезиста.

Система GeoGebra позволяет облегчить построение пространственных моделей задач этого раздела. Система имеет приложение, адаптированное для мобильных платформ: мобильных телефонов и планшетов, что позволяет каждому студенту выполнять построения индивидуально. Автор разработал в этой системе комплект пошаговых иллюстраций к решению основных задач раздела. Предварительно студенты знакомятся с набором встроенных функций системы, использующихся в разделе «Векторная алгебра и аналитическая геометрия».

Пример 1. Найти точку, симметричную точке $M(0, -3, -2)$ относительно

прямой $\frac{x-1}{1} = \frac{y+1.5}{-1} = \frac{z}{1}$.



В дальнейшем студенты составляют алгоритмы решения самостоятельно и реализуют их в системе. Использование GeoGebra позволяет многократно увеличить количество решённых на занятиях задач и поддерживает интерес к изучению предмета.