

**Белорусский национальный технический университет**

**Факультет транспортных коммуникаций  
Кафедра «Мосты и тоннели»**

Электронный учебно-методический комплекс  
по учебной дисциплине

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТ-  
НОГО СТРОИТЕЛЬСТВА И ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

для специальности  
1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений»

**Составитель:**

В.А. Гречухин

**Рецензенты:**

зав. кафедрой «Химическая технология вяжущих материалов» УО БГТУ,  
кандидат технических наук, доцент Мечай А.А.;  
начальник отдела инженерных сооружений службы пути Управления Бело-  
русской железной дороги, кандидат технических наук Черкасов Д.В.

Электронное учебно-методический комплекс предназначен для магистрантов специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений».

Комплекс содержит данные о назначении и содержании дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения».

В процессе изучения дисциплины магистранты получают знания и умения необходимые для достижения современных инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения, для разработки и внедрения инноваций в дорожной отрасли и умение использовать для выполнения научных исследований современное оборудование, вычислительную технику и информационные технологии.

Белорусский национальный технический университет  
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь  
Тел. (017) 265 96 77  
E-mail: mit\_ftk@bntu.by  
<http://www.bntu.by>

© Гречухин В.А., 2020

© БНТУ, 2020

## **Перечень материалов**

Учебно-методический комплекс состоит из взаимосвязанных основных методических материалов: конспекта лекций для магистрантов и списка литературы. В его состав также входят: рабочая программа, типовые вопросы, касающиеся изучения основ успешного освоения учебной программы и получения магистрантами знаний об инновационных технологиях транспортного строительства и геодезического обеспечения.

Предложенные материалы являются теоретической основой для решения практических задач, связанных с получением знаний по профильным дисциплинам.

## **Пояснительная записка**

### ***Цели ЭУМК***

Цель ЭУМК заключается в подготовке магистра технических наук по специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений» ознакомить магистранта с системой подготовки магистра технических наук. Для этого в учебной программе предусматривается комплекс вопросов, касающихся ознакомления с системой обучения, получения магистрантами представления и навыков для усвоения дисциплин учебного плана.

### ***Особенности структурирования и подачи учебного материала***

ЭУМК включает учебные, научные и методические материалы по дисциплине «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения». Состоит из четырех разделов: теоретического, практического, контроля знаний и литературы. В теоретический раздел входит краткий конспект лекций по изучению дисциплины. В практический раздел входят материалы для выполнения лабораторных работ и примеры тем для выполнения курсового проекта. Раздел контроля знаний включает вопросы для подготовки к сдаче экзамена. Литература состоит из перечня нормативно-правовых актов по вопросам высшего образования в Республике Беларусь и список литературных источников.

### ***Рекомендации по организации работы с ЭУМК***

Электронный документ открывается в среде Windows на IBM PC – совместимом персональном компьютере стандартной конфигурации.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ОГЛАВЛЕНИЕ .....	4
ВВЕДЕНИЕ .....	5
ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	7
КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ.....	7
Тема 1. Введение. Основные понятия.....	7
Тема 2. Консалтинговое сопровождение инновационных проектов.....	23
Тема 3. Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений .....	30
Тема 4. Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений .....	48
Тема 5. Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости.....	57
Тема 6. Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений.....	59
Тема 7. Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь .....	65
Тема 8. Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений .....	70
Тема 9. Инновации в проектировании транспортных сооружений.....	74
ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ.....	110
ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ .....	110
КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ .....	151
ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.....	151
ЛИТЕРАТУРА .....	159

## ВВЕДЕНИЕ

Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» разработан в соответствии с требованиями образовательного стандарта высшего образования II ступени по специальности 1-70 80 01 «Строительство зданий и сооружений». Он предусматривает комплекс вопросов, касающихся ознакомления с системой обучения, получения магистрантами представления и навыков для усвоения дисциплин учебного плана.

Целью изучения учебной дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» является формирование у будущих магистров мировоззрения в области инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения, которое отвечало бы соответствующим современным мировым стандартам, изучению форм и средств транспортного строительства и геодезического обеспечения инновационных технологий, приобретению навыков поиска, анализа и применения современных высокотехнологичных средств, применяемых в мировой и отечественной практике транспортного строительства.

В результате изучения учебной дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» магистранты ознакомятся с достижениями современных инновационных технологий и геодезического обеспечения, для разработки и внедрения инноваций в дорожной отрасли. Научатся использовать для выполнения научных исследований современное оборудование, вычислительную технику и информационные технологии. Овладеют навыками применения и осуществления на современном уровне новых научных, производственных и организационных решений с использованием современных машин, механизмов и оборудования. Научатся готовить данные для выбора и обоснования научно-технических и инновационных решений; выполнять инженерные изыскания с проведением геодезических, гидрометрических и инженерно-геологических работ; использовать методы оценки основных производственных ресурсов и технико-экономических показателей производства.

В задачи комплекса входит:

– овладение магистрантами комплексом знаний, включающих принципы изучения и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности;

[К оглавлению](#)

– постановка научно-технических задач, выбор методических способов и средств ее решения, подготовки данных для составления обзоров, отчетов, научных и иных публикаций;

– математическое моделирование процессов в конструкциях и системах, компьютерных методов реализации моделей, разработки расчетных методов и средств автоматизации проектирования;

– постановка и проведение экспериментов, метрологического обеспечения, сбора, обработки и анализа результатов, идентификации теории и эксперимента;

– разработка и использование баз данных и информационных технологий для решения научно-технических и технико-экономических задач по профилю деятельности;

– представление результатов выполненных работ, организации внедрения результатов исследований и практических разработок.

– оценка технического состояния сооружений, их частей и инженерного оборудования, разработка экспертных заключений;

– сбор, систематизация и анализ информационных исходных данных для проектирования сооружений, инженерных систем и оборудования, технико-экономическое обоснование и принятие проектных решений в целом по объекту, координация работ по частям проекта, проектирование деталей и конструкций;

– разработка методов и программных средств расчета объекта проектирования, расчетное обеспечение проектной и рабочей документации, оформление законченных проектных работ;

– проведение авторского надзора за реализацией проекта.

При написании электронного учебно-методического комплекса использованы материалы, изложенные в учебниках, учебных пособиях, методических указаниях, нормативных документах, научных статьях, материалах научно-практических конференций. Настоящий электронный учебно-методический комплекс отражает опыт преподавания, накопленный на кафедре «Мосты и тоннели» БНТУ.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ КРАТКИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ Тема 1. Введение. Основные понятия

Задачи, цель и предмет курса «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения».

## Цель и задачи курса «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения».

Цель учебной дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» - формирование у будущих магистров мировоззрения в области инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения, отвечающего современным мировым стандартам, изучению форм и средств транспортного строительства и геодезического обеспечения с инновационными технологиями, приобретению навыков поиска, анализа и применения современных высокотехнологичных средств, применяемых в мировой и отечественной практике транспортного строительства

## Задачи учебной дисциплины:

овладение комплексом знаний, включающих принципы изучения и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности; постановки научно-технических задач, выбор методических способов и средств ее решения, подготовки данных для составления обзоров, отчетов, научных и иных публикаций; математического моделирования процессов в конструкциях и системах, компьютерных методов реализации моделей, разработки расчетных методов и средств автоматизации проектирования; постановки и проведения экспериментов, метрологического обеспечения, сбора, обработки и анализа результатов, идентификации теории и эксперимента; разработки и использования баз данных и информационных технологий для решения научно-технических и технико-экономических задач по профилю деятельности; представления результатов выполненных работ, организации внедрения результатов исследований и практических разработок.

- оценка технического состояния сооружений, их частей и инженерного оборудования, разработка экспертных заключений; сбор, систематизация и анализ данных для проектирования сооружений и инженерных систем, технико-экономическое обоснование и принятие проектных решений в целом по объекту, координация работ по частям проекта, проектирование конструкций; разработка методов и программных средств расчета объекта проектирования, расчетное обеспечение проектной и рабочей документации, оформление законченных проектных работ; проведение авторского надзора за реализацией проекта.

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

В результате изучения учебной дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» студент должен:

**знать:**

– достижения современных инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения, для разработки и внедрения инноваций в дорожной отрасли.

**уметь:**

– использовать для выполнения научных исследований современное оборудование, вычислительную технику и информационные технологии.

**владеть:**

– применять и осуществлять на современном уровне новые научные, производственные и организационные решения в области транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и оборудования;

- способностью готовить данные для выбора и обоснования научно-технических и инновационных решений;

- способность выполнять инженерные изыскания транспортных сооружений с проведением геодезических, гидрометрических и инженерно-геологических работ;

- способность использовать методы оценки основных производственных ресурсов и технико-экономических показателей производства.

Внедрение в практику компьютерных методов моделирования стадий строительного цикла и других передовых IT-технологий изменили лицо строительной отрасли.

Транспортное строительство является многосоставной отраслью, различные сегменты которой обладают большой автономией по отношению друг к другу, тогда как общий уровень системной интеграции этих составляющих весьма незначителен.

Процесс широкого внедрения новых технологий и инновационных решений в строительной отрасли осложняется тем, что отдельные строительные компании не имеют достаточных экономических стимулов и финансовых ресурсов для доступа к «коллективной технологической базе знаний» отрасли в целом и последующего практического применения новых технологий.

Проблемой отрасли являются отходы производства, низкая энергоэффективность и высокий уровень общего энергопотребления. В издержках отрасли, примерно 30% приходится на «неэкономические факторы», такие как производственные сбои и ошибки, неизрасходованные материалы, недоиспользование рабочей силы и т. п.».

Из-за разделения проектно-конструкторской стадии и строительного процесса, а также отсутствия общей системной интеграции в отрасли, значительная часть технологических решений остается на стадии опытных образцов и макетов».

Фактором воздействия на темпы технологического обновления отрасли стало истощение запасов ряда невозобновляемых природных материалов.

Важнейшей тенденцией, является влияние на технологическое развитие стройиндустрии, внедрение и интеграция компьютерного моделирования на всех стадиях строительства. Комплексное компьютерное моделирование перешло в разряд практики, игнорирование которой в реальном бизнес-процессе чревато значительным риском оказаться в хвосте конкурентной гонки. Подлинный бум наблюдается в использовании BIM-модели (Building Information Modeling) - системы информационного моделирования строительных объектов на базе трехмерной визуализации физических объектов, а также взаимосвязанного учета всех архитектурно-конструкторских, технологических, финансово-экономических данных и информации о сооружениях.

BIM-система разработана в середине 1990-х гг. BIM-модели базируются на 5D-подходе, который включает в себя учет трехмерных геометрических данных объектов и различных материальных ресурсов, необходимых для реализации строительных проектов (стройматериалов, производственного оборудования, рабочей силы и т. д.), и детальную информацию о календарном графике выполнения работ и всех взаимосвязанных подпроцессах, о последующей эксплуатации и ремонте построенных объектов.

Значительные резервы для инновационных решений скрыты в строительных материалах. Бетон является самым используемым из искусственно созданных материалов. В мире ежегодно производится порядка 7 куб. километров бетона, что делает его важнейшим элементом процесса «экологизации» стройматериалов. На долю бетона ежегодно приходится от 5% до 10% совокупных выбросов углекислоты в атмосферу.

Вторым направлением исследований эффективности и полезных свойств бетона является снижение энергозатрат при его производстве и последующей эксплуатации.

Для улучшения качества в бетон добавляют:

– наноразмерные частицы кварцевой пыли, которые увеличивают долговечность бетонных конструкций, подвергающихся воздействию различных противообледенительных химических реагентов;

[к оглавлению](#)

– включение в состав бетона 1% углеродных нанотрубок улучшает механические свойства бетона;

– исследования наночастиц гематита (красного железняка,  $Fe_2O_3$ ) продемонстрировали, что при добавлении этих частиц бетон становится более прочным.

Многие новые материалы и технологии, могут в будущем стать катализаторами роста стройиндустрии, и в настоящее время находятся на различных стадиях исследований, разработки и коммерческого внедрения. Целый ряд разработанных материалов уже созрел для внедрения в стройиндустрии.

Одна из таких категорий – самовосстанавливающиеся бетоны, металлы, композиты и прочие, в перспективе могут обеспечить снижение эксплуатационных расходов в строительной индустрии и увеличить продолжительность жизни сооружений. Благодаря повышенной долговечности, их использование будет способствовать сокращению удельных энергозатрат. Применение таких материалов повысит технологическую безопасность, и снизит уровень производственного травматизма. Внедрение самовосстанавливающихся стройматериалов следствие развития нанотехнологических разработок в материаловедении. Принцип действия механизма самовосстановления материалов основывается на том, что в их состав искусственно инкорпорируются особые сферические наночастицы, которые содержат связующие химические агенты. В случае возникновения повреждений «вмонтированные» в них наносферы саморазрушаются и выбрасывают свое содержимое, которое переносится в проблемную зону для восстановления. Например, в случае с самовосстанавливающимся бетоном такие наносферы эффективно инкорпорируются напрямую в бетонную смесь, тогда как в самовосстанавливающихся металлах эти наночастицы используются в поверхностных слоях, например, в оцинкованных участках.

Другое обширное семейство перспективных инновационных стройматериалов, возникновение которого также стало возможным благодаря серьезному прогрессу, достигнутому в сфере нанотехнологий - «стеклообразные металлы», гибридные искусственные материалы, одновременно обладающие свойствами стекла и металла. Потенциальные конструкционные достоинства таких гибридных материалов достаточно очевидны - в них сочетается эластичность, пластичность, трещиностойкость и прочность с прозрачностью.

[К оглавлению](#)

Благодаря кумулятивному воздействию целого ряда очень мощных факторов в строительной отрасли произойдут радикальные изменения. Внедрение компьютерных методов моделирования всех ключевых стадий строительного цикла и прочих передовых IT-технологий в значительной степени изменило базовый *modus operandi* строительной отрасли в целом.

### **Основные понятия и терминология инновационных технологий. Структура инновационных решений. Роль курса в инновационном развитии дорожной отрасли Республики Беларусь**

Повышение инновационной и инвестиционной активности - важнейшая задача современной экономики государства.

Инновационная деятельность, инновационные процессы - понятия, имеющие самые разнообразные и широкие толкования. Размытость и распространение этих понятий на процессы, относящиеся ко всему новому, включая новые научные достижения, новые технологии, новые фундаментальные и прикладные научно-исследовательские разработки, проектные решения, порождаются бытовым представлением и смешиванием двух понятий: инновационное и новое.

Широкое толкование инновационной деятельности как нового охватывает все, что понимается под научно-техническим прогрессом, смешивает научные и инновационные приоритеты, порождает ложные представления об одинаковости требований к инфраструктурам, обеспечивающим научное, проектное, технологическое или инновационное развитие.

Необходимо выделить приоритетное направление развития инновационной деятельности, не смешивая эту деятельность с научной деятельностью в области фундаментальных и прикладных исследований.

Для повышения инновационной и инвестиционной активности необходимо развитие приоритетного направления - целевого создания специальной инновационно-инвестиционной сетевой инфраструктуры, распределенной по всем регионам страны.

#### **Научно-технический прогресс в целом состоит из двух составляющих:**

1. Научных достижений – результатом являются новые знания, технологии, оборудование;
2. Производственных достижений, инноваций – результатом являются улучшенные характеристики производства новых товаров или услуг.

Приоритетной для современного целевого развития является инфраструктура, которая использует уже существующие и проверенные знания, технологии, оборудование и обеспечивает с ответственностью за конечный результат создание (модернизацию) эффективных производств «под ключ».

Основой инновационно-инвестиционной инфраструктуры являются талантливые ученые-организаторы руководители инновационных проектов. Инфраструктура должна быть универсальной, конкурентоспособно реализующей развитие любых производств. Руководитель инновационного проекта находит, обосновывает и получает новый инновационный проект, структурирует развиваемое производство на подсистемы, формирует оптимальный набор составляющих технологий, создает временный коллектив контрагентов (соисполнителей), организует полный цикл реализации проекта «под ключ».

С учетом приведенных выше рассуждений и пояснений, принимая во внимание, совместно выработанное понимание сущности и основной цели инновационной деятельности, рассмотрим смысловое содержание основных терминов, применяемых в инноватике.

**Инновационная деятельность** – обеспечение улучшения за счет использования (применения) существующих проверенных научно-технических достижений уровня развиваемой или создаваемой производственной системы, приводящей к производству продукции (товаров, продуктов питания, услуг) высокого спроса.

**Инновация как процесс** – реализация инновационной деятельности.

**Инновация как результат** – производственное достижение, повышающее эффективность производственной системы (предприятия) и, как следствие, приводящее к появлению на рынке дополнительной продукции высокого спроса.

**Инновационный проект** – инновационный процесс, заданный целью, временем исполнения, ограниченными ресурсами и достигаемыми результатами.

**Инноватика** – область (направление) научной деятельности, изучающая инновационные процессы, исследующая основные закономерности этих процессов и позволяющая ими эффективно управлять, т. е. охватывающая вопросы методологии и организации инновационной деятельности.

**Инноватика** – название нового направления высшего профессионального образования.

**Управление инновационным процессом (инновационным проектом)** – формирование управляющих воздействий, обеспечивающих заданное поведение (протекание) инновационного процесса (проекта).

**Руководитель инновационного проекта (управляющий инновационного проекта, ученый-организатор, менеджер инноватики)** – личность, принимающая решения при реализации инновационного проекта и отвечающая за конечный результат.

**Технология** – совокупность приемов и способов получения, обработки или переработки сырья, полуфабрикатов или изделий в различных отраслях промышленности.

В более широком смысле термин «технология» распространяют на приемы формирования информационной продукции, разнообразных услуг, включая организационные технологии, позволяющие оптимизировать (улучшать) организационную структуру предприятия. Например, технологии создания систем управления качеством на предприятии.

**Ноу-хау** – секрет технологии производства, результат технического и технологического творчества, техническая информация, необходимая для производства, но не защищенная на уровне изобретений и патентов. Один из признаков ноу-хау – элемент секретности. Ее охрана отечественными законами (в отличие от зарубежных) не регламентируется и осуществляется в договорном порядке в соответствии с условиями лицензионных соглашений (**лицензия** – разрешение на использование).

**Инновационные технологии** – набор методов, средств и мероприятий, обеспечивающих инновационную деятельность.

Существуют следующие виды инновационных технологий:

1. **Внедрение** – инновационная технология, при которой инновационный процесс осуществляется самим разработчиком или владельцем научно-технического достижения. Недостатки технологии проистекают из того, что разработчик (изобретатель) далеко не всегда обладает талантом и опытом организатора и инноватора.

2. **Консалтинг** (буквально, консультирование) – инновационная технология, поддерживающая этап выбора стратегии и планирования инновационной деятельности. Консалтинговые фирмы проводят исследования рынка, бизнес-планирование.

3. **Передача технологий** или трансфер технологий – инновационная технология, обеспечивающая реализацию инновационных проектов за счет передачи освоенной технологии в иную предметную сферу.

4. **Трансфер** подразумевает наличие источника технологии (университет, научный институт, технологический центр, фирму и т. д.), наличие получателя технологии (обычно крупная, средняя или малая промышленная компания) и присутствие расположенных между ними каналов передачи и сил поддержки, регулирующих возникшие проблемы (инновационный центр или инжиниринговая фирма).

5. **Обучение** – инновационная технология, обеспечивающая кадровое сопровождение инновационных процессов, вплоть до создания малого предприятия. Технология реализуется фирмами, специализирующимися в этом виде инновационной деятельности (инкубаторами, технопарками, инновационными центрами).

6. **Инжиниринг** – комплексная инновационная технология, наиболее полно охватывающая все этапы инновационного процесса (проекта): предпроектное обследование предприятия и рынка, бизнес-планирование, разработку проекта и комплектную поставку оборудования, кадровое сопровождение, наладку оборудования и сдачу объекта «под ключ», сервисное сопровождение. Реализуется инжиниринг специализированными или универсальными инновационными центрами и фирмами, включая компании системного инжиниринга.

7. **Реинжиниринг** – комплексная инновационная технология, предусматривающая комплексное совершенствование и переоснащение действующего промышленного предприятия, включая обучение персонала, с целью повышения конкурентоспособности выпускаемой продукции. В первую очередь обеспечивается освоение средств автоматизации проектирования и подготовки производства, а также средств автоматизации управления предприятием.

1. **Модифицирующие инновации** ведут к определенным, но не очень значительным улучшениям конечного продукта, производственного процесса или процедуры. Обычно позволяют быстрее и дешевле достичь немного лучших результатов. Характерны для любой отрасли промышленности, реализуются в основном усилиями технологов и других специалистов.

2. **Улучшающие инновации** обеспечивают улучшения и преимущества, но не базируются на принципиально новых научно-технических достижениях. Обычно связаны с освоением новых моделей продукции. Реализуются улучшающие инновации усилиями отраслевых и заводских конструкторских бюро и научно-исследовательских институтов.

**3. Интегрирующие инновации** реализуются за счет использования оптимального набора ранее накопленных и проверенных в мировой практике научно-технических достижений (знаний, технологий, оборудования). Интегрирующие инновации обеспечивают наиболее эффективное вложение средств в производственную деятельность, исходя из потребностей рынка. Реализуются такие инновации специалистами инноватики, учеными-организаторами, руководителями инновационных проектов, опирающимися на помощь инновационных или инновационно-инвестиционных структур: фирм, центров. Инновации аккумулируют достижения механики, электротехники, электроники, инженерной психологии и т. д.

**4. Прорывные инновации** – инновации, в основе которых лежат фундаментальные научные достижения. Они позволяют выполнить ранее недоступные функции новым способом (продукция нового поколения). К прорывным инновациям первой половины XX века можно отнести использование изобретения двигателя внутреннего сгорания в автомобилестроении, создание электроэнергетики на базе фундаментальных достижений электротехники, развитие радиосвязи и телевидения. К прорывным инновациям относится создание атомной энергетики, развитие вычислительной техники и оптоэлектроники, создание локальных и глобальных вычислительных сетей.

**Жизненный цикл продукта** – совокупность процессов, выполняемых с момента выявления потребностей общества в определенной продукции до момента удовлетворения этих потребностей и утилизации этой продукции.

CALS (Continuous Acquisition and Life Cycle Support – **непрерывная информационная поддержка** жизненного цикла продукта) – это система единой стандартной электронной документации и единой терминологии, сопровождающих продукт на протяжении его жизненного цикла и облегчающих обмен и взаимодействие различных проектировщиков и производителей.

CALS-технологии – **класс информационных технологий**, направленных на обеспечение безбумажной поддержки жизненного цикла продукции.

**Логистика** (древнегреческое слово, означающее непрерывное снабжение армии всем необходимым) – наука о взаимодействии снабжения со сбытом и транспортом готовой продукции, о планировании, управлении и контроле поступающего на предприятие, обрабатываемого там и покидающего это предприятие материального и соответствующего ему информационного потока.

**Логистика инноваций** – это интегральный инструмент управления, применяемый к информационным, материальным и финансовым потокам в инновационном процессе.

**Инвестиции** – помещение капитала, денежных средств в какое-либо предприятие, организацию, инновационный проект. Инвестициями являются не только денежные средства и ценные бумаги, но и машины, оборудование, любое другое имущество, а также технологии, лицензии и другие интеллектуальные ценности.

**Инфраструктура** – совокупность средств и систем, включая персонал, обеспечивающих создание, жизнеобеспечение и развитие соответствующего вида деятельности. Инфраструктура транспорта - дороги, заправочные станции, ремонтные мастерские и др.

**Инновационная инфраструктура** – совокупность инновационных организаций, фирм, центров, включая персонал и связь между ними, обеспечивающая реализацию инновационных процессов (проектов).

**Инновационно-инвестиционная структура** – структура (центр, фирма, компания, комплекс), объединяющая под единым управлением реализацию инновационных процессов и проектов и обеспечение инвестиций, необходимых для этой реализации.

**Инновационно-инвестиционная инфраструктура (сеть)** – совокупность инновационно-инвестиционных структур (организаций, центров), включая сети связи между ними, обеспечивающая производство инновационно-инвестиционных услуг на соответствующей территории.

Понятие «**инновация**» впервые появилось в научных исследованиях культурологов еще в XIX в. И означало введение некоторых элементов одной культуры в другую. Обычно, речь шла об инфильтрации европейских обычаев и способов организации в традиционные азиатские и африканские общества. В начале XX столетия стали изучаться закономерности технических нововведений.

Основоположником теории инноваций считают Й. Шумпетера. Он в своей работе «Теория экономического развития», изданной в 1912 г., рассматривал инновацию как средство предпринимательства для получения прибыли. Предпринимателями он называл «хозяйственных субъектов, функцией которых является осуществление новых комбинаций и которые выступают как его активный элемент».

Позднее, в 30-х годах Й. Шумпетер выделил пять типичных изменений в экономическом развитии:

– использование новой техники, новых технологических процессов или нового рыночного обеспечения производства (купля-продажа);

- внедрение продукции с новыми свойствами;
- использование нового сырья;
- изменения в организации производства и его материально-технического обеспечения;
- появление новых рынков сбыта.

Значительный вклад в исследование инноваций внес Н.Д. Кондратьев, который обосновал теорию больших циклов продолжительностью 50-60 лет, разработал модели циклов конъюнктуры. Он доказал, что переход к новому циклу связан с расширением запаса капитальных благ, создающих условия массового внедрения накопившихся изобретений. Н.Д. Кондратьев связывал переход к новому циклу с техническим прогрессом: «Перед началом повышательной волны каждого большого цикла, а иногда в самом ее начале – писал он – наблюдаются изменения в условиях хозяйственной жизни общества. Изменения обычно выражаются в той или иной комбинации, в значительных технических изобретениях и открытиях, в глубоких изменениях техники производства и обмена». Главную роль в изменениях экономической жизни общества Н.Д. Кондратьев отводил научно-техническим новациям.

В терминологических словарях термин «инновация» является синонимом нововведения или новшества.

Существует множество определений понятия «инновация». Систематизация толкований понятия «инновация» приведена в таблице 1.

Анализ приведенных определений термина «инновация» позволяет констатировать, что распространены три точки зрения. Первая – инновация отождествляется с нововведением, новшеством. Вторая точка зрения, инновация рассматривается как процесс создания новой продукции, технологии, новшество в сфере организации, экономики и управления производством. Третья – инновация как процесс внедрения в производство новых изделий, элементов, подходов, качественно отличных от предшествующего аналога.

Таблица 1.1. – Определение понятия «инновация»

Определение	Автор, источник
Инновация - это процесс, который через практическое использование идей и изобретений приводит к созданию лучших по своим свойствам изделий, технологий.	Санто Б. Инновация как средство ..., 1990, с. 24

[К оглавлению](#)

Под инновацией подразумевается объект, внедренный в производство в результате проведенного исследования или сделанного открытия, качественно отличный от предшествующего аналога	Уткин Э.А., Морозова Н.И., Морозова Г.И. Инновационный менеджмент..., 1996, с. 10
Инновация - это процесс реализации новой идеи в любой сфере жизнедеятельности человека, способствующей удовлетворению существующей потребности на рынке и приносящий экономический эффект	Бездудный Ф.Ф., Смирнова Г.А., Нечаева О.Д. Сущность понятия..., 1998, с. 8
Инновация - использование результатов научных исследований и разработок, направленных на совершенствование процесса производства и других сфер деятельности	Суворова А.Л. Инновационный менеджмент, 1999, с. 15
Инновация есть результат деятельности по обновлению, преобразованию предыдущей деятельности, приводящей к замене одних элементов другими, либо дополнению уже имеющихся новыми	Кокурин Д.И. Инновационная деятельность, 2001, с. 10
Инновация - это результат практического или научно-технического освоения новшества	Авсянников Н.М. Инновационный менеджмент, 2002, с. 12
Инновация - объект, внедренный в производство в результате проведенного научного исследования или сделанного открытия, качественно отличный от предшествующего аналога	Медынский В.Г. Инновационный менеджмент, 2002, с. 5
Инновация - конечный результат научного исследования или открытия, качественно отличный от предшествующего аналога и внедренный в производство. Понятие инновации применяется ко всем новшествам в организационной, производственной и прочих сферах деятельности, к любым усовершенствованиям, обеспечивающим снижение затрат	Минниханов Р.Н., Алексеев В.В., Файзрахманов Д.И., Сагдиев М.А. Инновационный менеджмент ..., 2003, с. 13
Инновация есть процесс разработки, освоения, эксплуатации и исчерпания производственно-экономического и социального потенциала, лежащего в основе новации	Морозов Ю.П., Гаврилов А.И., Городков А.Г. Инновационный менеджмент, 2003, с. 17

[К оглавлению](#)

Слово «инновация» выступает синонимом нововведения или новшества, и может использоваться наряду с ними	Аврашков Л.Я. Инновационный менеджмент, 2005, с. 5
Инновация - это конечный результат внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения экономического, социального, экологического, научно-технического или другого вида эффекта	Фатхутдинов Р.А. Инновационный менеджмент, 2005, с. 15
Инновация - вовлечение в экономический оборот результатов интеллектуальной деятельности, содержащих новые, в том числе научные, знания с целью удовлетворения общественных потребностей и (или) получения прибыли	Волынкина Н.В. Правовая сущность..., 2006, с. 13
Инновация - нововведение в области техники, технологии, организации труда и управления, основанные на использовании достижений науки и передового опыта, а также использование этих новшеств в самых разных областях и сферах деятельности	Райзберг Б.А. Лозовский Л.Ш. Стародубцева Е.Б. Современный экономический..., 1999, с. 136
Инновация: 1. Нововведение, новшество. 2. Комплекс мероприятий, направленных на внедрение в экономику новой техники, технологий, изобретений и т.п.; модернизация	Большой толковый..., 2003, с. 393

Таким образом, новшество выступает как конкретный результат научных исследований и разработок в виде новой продукции, техники, технологии, информации, методики и т.д. Инновация представляет собой процесс внедрения новшества с целью изменения объекта управления и получения научно-технического, экономического и социального эффекта.

Инновация должна обладать следующими свойствами: новизна, применимость в сфере деятельности, реализация на рынке, экономический эффект и другие виды.

Инновация – коммерциализация научных знаний, получивших воплощение в виде новой или усовершенствованной продукции (услуги), техники, технологии, организации производства, управления и приносящих различные виды эффекта.

[К оглавлению](#)

Инновационный процесс представляет собой последовательность действий по преобразованию научной идеи в конкретный продукт, услугу или технологию и обеспечению их практического использования в народном хозяйстве.

Этот процесс направлен на создание востребованных рынком новых товаров (продуктов, услуг и технологий), поэтому целевая ориентация и темпы осуществляемой в его рамках инновационной деятельности существенно зависят от состояния социально-экономической среды, в которой он осуществляется.

Ввиду не полноты первоначальных представлений о полном наборе потребительских свойств нового товара может происходить расширение (по сравнению с первоначально предполагавшейся) области его применения. При этом инновационный процесс может продолжаться за счет выхода нового товара (при осуществлении некоторой его модификации) в новые для него области применения и на новые рынки.

В целом инновационный процесс охватывает проведение фундаментальных исследований, прикладных исследований и разработок, опытно-конструкторских работ, организацию производства новых товаров, продвижение новых товаров на рынки и обеспечение их использования конечными потребителями.

Фундаментальные исследования - экспериментальные или теоретические исследования, направленные на получение новых знаний, выявление существенных закономерностей в исследуемых сферах материального мира и общества. Эти исследования осуществляются без ориентации на какую-либо конкретную цель, связанную с использованием этих знаний. Их результат - гипотезы, теории, методы и т. п. - не предназначаются для непосредственного использования в практической деятельности. Только около 5% полученных результатов фундаментальных исследований находят воплощение в новых товарах. Учитывая риски данного вида деятельности, им могут заниматься только особо крупные субъекты рыночного сектора экономики и некоммерческие организации, финансируемые государством (НИИ и лаборатории, университеты и т. п.).

Ключевое значение фундаментальных исследований состоит в том, что они выступают в качестве генератора полезных идей, которые могут стать основой для разработки перспективных новых товаров.

[К Оглавлению](#)

Прикладные исследования предназначены для нахождения путей практического применения полученных в ходе фундаментальных исследований знаний, разработки новых методов решения ранее сформулированных проблем.

Прикладные исследования - оригинальные работы, направленные на получение новых знаний, позволяющих решать конкретные практические задачи.

Прикладные исследования определяют возможные пути использования результатов фундаментальных исследований и служат основой для разработок.

Разработки - систематические работы, основанные на знаниях, полученных в результате прикладных научных исследований и/или практического опыта, и направленные на создание новых материалов, продуктов или устройств, внедрение новых процессов, систем и услуг или значительное усовершенствование уже выпускаемых или введенных в действие.

Результаты разработок представляют собой лабораторные (демонстрационные) образцы и модели новых товаров и в дальнейшем используются в качестве научно-технического задела для опытно-конструкторских работ.

Опытно-конструкторские работы предназначены для создания конкретных образцов новой продукции (материалов, изделий), а также технических систем, предназначенных для реализации новых технологий. Они позволяют осуществить переход от лабораторного (экспериментального) образца, демонстрирующего возможности реализации полезного эффекта в определенной технологии или в виде определенного продукта, к промышленным образцам.

Данные работы включают в себя разработку определенной конструкции изделия или технической системы (конструкторские работы), разработку технологических процессов их промышленного производства (технологические работы), а также изготовление и испытание образцов новых изделий и технологических систем.

Результатами ОКР являются соответствующая техническая документация и промышленные образцы новых изделий и технологий. Эти результаты используются при организации промышленного (серийного, крупнотоннажного) производства новых продуктов или комплектов технологического оборудования (для реализации новых технологий).

[к оглавлению](#)

Организация промышленного производства новых товаров (продукции, услуг, комплектов технологического оборудования для технологий и т. п.) предполагает осуществление комплекса работ, начиная от маркетинга новых товаров до достижения проектных показателей объемов выпуска нового товара.

Результатом этого является выход инновационного предприятия на рынок (предложение) новых товаров в объемах, предусмотренных бизнес-планом инновационного проекта.

Инновационный процесс полностью завершается приобретением и использованием новой продукции, технологии конечным потребителем. Для осуществления этого потребитель должен быть готов к использованию новой продукции, технологии. Кроме того, на этой стадии выполняется широкий комплекс работ информационного, коммуникационного, сбытового, финансового и сервисного характера.

Результатом осуществления данной стадии является широкое использование новых товаров их конечными пользователями.

[К Оглавлению](#)

## Тема 2. Консалтинговое сопровождение инновационных проектов

*Понятие консалтинговых услуг. Принципы консалтингового сопровождения инновационных проектов. Примеры консалтингового сопровождения инновационных проектов в технологиях дорожного строительства и при получении дорожно-строительных материалов.*

Реализация каждой стадии инновационного процесса предполагает осуществление определенного набора функций, обеспечивающих необходимый для инновационного процесса результат.

### **Проведение фундаментальных научных исследований и анализ результатов предполагает:**

- определение приоритетных областей и направлений фундаментальных исследований;
- выявление актуальных проблем, требующих проведения фундаментальных исследований;
- организация научных исследований, направленных на разрешение выявленных проблем;
- отбор результатов фундаментальных исследований, которые могут стать основой для разработки новой продукции или технологий.

### **Проведение прикладных научных исследований должно обеспечить выполнение таких функций как:**

- разработка концепции применения полезных идей и эффектов;
- определение возможных сфер и основных направлений их использования;
- разработка общего замысла, базирующегося на применении новых полезных идей и эффектов.

### **Стратегическое планирование и управление инновационным проектом предполагает:**

- поиск и экспертизу новых идей и решений;
- формирование пакета проектов;
- экспертиза проектов;
- сопровождение инновационных и инвестиционных проектов;
- анализ и первичную экспертизу инвестиционных предложений;
- консультирование при разработке инвестиционных проектов;
- оценку риска финансирования научно-прикладных разработок и инновационных проектов;

[К оглавлению](#)

- подготовку проектов для привлечения средств инвесторов;
- помощь в поиске и привлечении партнеров для осуществления различных этапов инновационного процесса;
- поиск потенциальных инвесторов для финансирования инновационных проектов и выработку приемлемых условий их привлечения.

Организация и управление инновационным процессом включает функции:

- формулирования цели проекта и установление основных технических и стоимостных параметров, а также общих сроков реализации проекта;
- взаимодействия с инвесторами по обеспечению финансовыми ресурсами и с другими внешними организациями, привлекаемыми для выполнения различных работ по этапам реализации инновационного проекта;
- планирования общего графика выполнения работ по инновационному проекту;
- распределения ресурсов между исполнителями отдельных работ;
- контроля выполнения общего графика работ и его корректировки при возникновении не запланированных ситуаций;
- перераспределения ресурсов между этапами и видами работ при корректировках общего графика работ по проекту;
- привлечения специалиста для осуществления функций инновационного менеджера.

Обеспечение технической поддержки инновационных проектов предполагает:

- выполнение конструкторско-технологических работ;
- изготовление и испытание лабораторных (экспериментальных) и опытных образцов новой продукции и технологий на собственной технической базе;
- монтажно-наладочных работ при создании и освоении новых технологий;
- стажировку работников малой фирмы в основных и вспомогательных производственных подразделениях с целью освоения новых технологий.

Обеспечение соответствия характеристик новой продукции требованиям рынка достигается за счет:

- проведения сертификации новой продукции;

[к оглавлению](#)

– осуществления системы мероприятий в области метрологии и стандартизации (испытательных стендов и метрологических подразделений), а также предоставления комплекта необходимого контрольно-измерительного оборудования и приборов;

– создания системы контроля качества на фирме

Проведение маркетинговых исследований связано с:

– исследованием рынков сбыта наукоемкой продукции и технологий, поиском новых потребителей;

– изучением научно-технической и коммерческой политики потенциальных конкурентов на рынках наукоемкой продукции и технологий;

– систематизацией данных о потребительских свойствах товаров конкурирующих фирм и т. п.

Осуществление рекламы новых товаров (продуктов и услуг) предполагает:

– организацию выставок, конференций, симпозиумов, семинаров, совещаний;

– изучение, обобщение отечественного и зарубежного опыта инновационной деятельности;

– осуществление рекламно-издательской, консультационной и лекционной деятельности, направленной на ознакомление потенциальных потребителей с новыми товарами.

Обеспечение информационной поддержки инновационной деятельности включает:

– создание и пополнение банков научно-технических результатов и потенциальных возможностей исполнителей научно-технических программ и проектов по приоритетным направлениям;

– осуществление связи с удаленными информационными центрами и базами данных, в том числе зарубежными, с использованием телекоммуникационных систем;

– обеспечение доступа к информационным базам данных и информационным ресурсам в области инновационной деятельности;

– поиск и отбор инновационных проектов, предложений по производству наукоемкой продукции для организаций и физических лиц, заинтересованных в их финансировании;

– создание и пополнение банков данных о потребительских свойствах товаров ведущих фирм и т. п.

Защита интеллектуальной собственности требует:

- разработки процедур информирования работником руководства фирмы о созданном научно-техническом результате;
- определения собственника научно-технического результата;
- определения обязанностей фирмы и работника по охране научно-технического результата, а также его защите от несанкционированного использования третьими лицами;
- определения возможных форм использования научно-технического результата работником, в том числе и после окончания его трудовой деятельности в фирме;
- выявления причастности работников фирмы к конфиденциальной информации, принадлежащей третьим лицам и исключение возможного нарушения прав последних;
- нормативно-правового и лицензионного (проведение патентно-лицензионных работ) сопровождения научно-технической и инновационной деятельности.

Обеспечение финансирования инновационной деятельности (инновационных проектов) на различных этапах ее осуществления и осуществление управления финансовыми потоками достигается за счет:

- предоставления финансовых средств (на основе участия в бизнесе или заемных);
- гарантирования по обязательствам малой инновационной фирмы;
- разработки финансово-кредитных и инвестиционных схем и механизмов;
- предоставления услуг по учету и расчету при реализации инновационного проекта.

Обучение персонала инновационного предприятия включает:

- подготовку инновационных менеджеров и иных специалистов, необходимых для осуществления инновационной деятельности;
- переподготовку кадров для работы в области инновационной деятельности, формирование инновационного менталитета у руководителей и специалистов повышение их инновационной активности и степени коммерциализации результатов научных исследований.

В ходе разработки и реализации инновационных проектов специалистам, участвующим в реализации, приходится готовить и принимать разнообразные решения, для обоснования которых необходимы различные данные о состоянии внешней среды (научно-технической, финансово-экономической, производственно-технологической, рыночной и др.).

При этом необходимо обеспечить:

- возможности для каждого из участников инновационного процесса получать как общую, так и специальную (соответствующую решаемым им задачам) информацию;

- возможность наращивания сведений о научно-технической разработке (создание и хранение истории разработки начиная от получения

- полезной идеи до осуществления выпуска новой продукции и сфер ее применения);

- обеспечение доступа к различным источникам информации, необходимым для принятия решения, а при ее отсутствии – к потенциальным контрагентам, которые могут располагать или подготовить данную информацию;

- наличие сведений о потенциальных партнерах по осуществлению инновационного процесса на всех этапах его осуществления в разрезе основных функций (от инновационного менеджмента до оказания содействия использованию новой продукции/услуги конечным потребителем);

- выполнение некоторых “интеллектуальных” функций.

Последнее предполагает, что при отсутствии в базах данных объектов с параметрами, необходимых участнику инновационного процесса, выдавать не только отрицательный ответ, но давать также:

- перечни объектов, частично соответствующих запросу (по отдельным параметрам или их сочетаниям);

- разработки с близкими к запрашиваемым значениями параметров объектов;

- адреса субъектов, которые могут осуществить разработку подобных объектов.

Информацией должны обеспечиваться, прежде всего, лица, принимающие ключевые решения в ходе реализации инновационного процесса:

- научный руководитель инновационного проекта (автор идеи или основанной на ней научно-технической разработки);

- инновационный менеджер (исполнительный директор или технический руководитель проекта);

- исследователь (исполнитель прикладных НИР, отрабатывающих концепцию и основные способы реализации идеи в определенных видах новой продукции/услуг и технологий);
- конструктор (разработчик конструктивных решений и структуры конфигураций продукции и модификаций услуг);
- технолог (разработчик технологических процессов производства продукции и предоставления услуг);
- проектировщик (разработчик проектов инновационных предприятий и встраивания технологий производства продукции и услуг в производственную систему предприятия);
- метролог (специалист по проблемам качества продукции и производства, сертификации и метрологии);
- руководители инновационного предприятия и конечного потребителя продукции/услуг.

Состав внешней информации, которой должны быть обеспечены участники инновационного процесса, определяется несколькими группами факторов.

Во-первых, это типы задач, решаемых участниками инновационного процесса. В их составе могут быть многократно решаемые и разовые задачи. Информационная система должна быть способной непосредственно обеспечивать внешней информацией задачи, многократно (постоянно) решаемые участниками инновационных процессов и обращение к иным источникам информации для решения разовых (специальных) задач.

Во-вторых, это характер вырабатываемых участниками решений. Решаться могут присущие большинству инновационных процессов и уникальные задачи. Для первого типа задач отработаны процедуры принятия решений, определен перечень условий и состав параметров, необходимых для принятия соответствующих решений. В рамках информационной системы для решения задач формируются и поддерживаются базы данных и “прецедентов” решения подобных задач, создаваться алгоритмы и программные комплексы, формализующие процедуры получения данных.

Для решения второго типа задач используют специальные методы, и каждый раз требуется уникальный набор показателей, обеспечивающий принятие обоснованных решений.

В-третьих, это зависимость информационных потребностей участников инновационного процесса от применяемых ими методов решения задач. У каждого из участников инновационного процесса на момент подготовки решений существует определенный набор доступных ему методов решения соответствующих задач, который определяется:

- наличием готовых к практическому применению методик решения задач;
- характеристиками имеющихся у него программных продуктов и технических средств, позволяющих реализовать существующие методики решения задач;
- уровнем его подготовки (квалификации);
- временем, которое он может затратить для получения решения поставленных задач;
- требуемым качеством получаемых решений (точное или приближенное решение задач).

В-четвертых, это возможности участников самостоятельно создавать и поддерживать необходимые им специальные базы данных. При создании отдельными участниками инновационного процесса баз данных, информационная система выполняет либо функции пополнения этих баз, за счет предоставления имеющейся в ней информации, либо функции доступа к иным информационным системам, содержащим необходимые «внешние» данные.

При этом в рамках системы в первую очередь должны формироваться информационные массивы, позволяющие решать задачи нескольким различным участникам инновационного процесса.

### Тема 3. Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений

*Пути и структура инновационных решений при разработке эффективных дорожно-строительных материалов и конструкций зданий и сооружений*

#### **Научный руководитель:**

- выбор (определение области, целей и результатов) инновационного проекта;
- формулировки задачи прикладных исследований;
  - определения условий реализации поставленной задачи;
- контроль результатов, получаемых на каждом из этапов реализации проекта;
- корректировка целей и конечных результатов проекта в связи с получением непредвиденных результатов и изменениями во внешней среде.

[К оглавлению](#)

## Инновационный менеджер:

- общее планирование работ по инновационному проекту;
- формирование технического задания и графика выполнения исследований;
- утверждение предварительной сметы затрат на выполнение исследований;
- формирование коллектива работников для выполнения инновационного проекта;
- обеспечение проекта необходимыми ресурсами (финансовыми, материальными и иными);
- организация процесса выполнения работ по проекту и коммуникаций между его участниками;
- контроль сроков выполнения этапов исследований и работы в целом;
- контроль расходования финансовых и иных ресурсов;
- разрешение непредвиденных проблем, возникающих из-за изменений во внешней среде и нарушений графика и иных плановых параметров проекта;
- принятие решений о корректировке целей реализуемого проекта, графика и иных параметров его реализации, а также решения о прекращении работ по проекту.

## Исследователь:

- мониторинг прикладных исследований по аналогичной или близкой тематике, выполняемых потенциальными конкурентами;
- прогнозирование областей и способов возможного применения полученной идеи;
- анализ возможностей создания продукции/услуги на основе реализации идеи;
- разработка концепции и принципиальных решений по продукции/услуге;
- изучение возможностей использования различных технологических процессов для создания продукции и предоставления услуги;
- создание лабораторной модели (экспериментального образца) продукции (изделия или комплекта технических средств для предоставления услуг или осуществления технологии).

В условиях современной рыночной экономики, когда информация является одним из важнейших видов товаров, решение проблем информационного обеспечения участников инновационного процесса во многом зависит от их финансовых возможностей.

Для многих из них практически невозможно получение полных массивов необходимой информации и самостоятельное осуществление поиска нужных данных.

Вместе с тем, участникам инновационных процессов необходимы сведения, имеющиеся в различных базах данных.

**Для стадии фундаментальных исследований** это базы данных:

о направлениях фундаментальных исследований, направленных на получение новых знаний, которые могут быть положены в основу прикладных разработок в определенных (заданных) областях (состояние исследований, период их осуществления, участники, полученные теоретические и прикладные результаты);

о полученных в ходе фундаментальных исследований по конкретным их направлениям полезных идеях, моделях, эффектах и т. п.

**Для стадии прикладных исследований** и разработок это базы данных:

о направлениях поисковых и прикладных исследований, направленных на определение конкретных применений полученных полезных идей, моделей, эффектов (состояние исследований, период их осуществления, участники, полученные результаты);

о разработках по превращению результатов прикладных научных исследований в замыслы новых товаров, их лабораторные модели или экспериментальные образцы (состояние исследований, период их осуществления, участники, цели разработок и полученные результаты);

о степени защищенности проводимых исследований и разработок (закрытие сведений о разработках, подача заявок на патенты, полученные патенты или иные документы о праве на объекты интеллектуальной собственности).

Следует отметить, что часть данных этих баз фактически используется не только на указанной стадии, но также и на других стадиях инновационного процесса, поскольку в отношении одних и тех же объектов на разных стадиях могут приниматься предварительные, промежуточные и окончательные решения.

Выходом из положения, когда невозможно прямое получение полного объема необходимой информации значительной частью участников инновационного процесса, является **разделение информационного пространства** на два уровня:

- общая информация о направлениях исследований, научно-технических разработках, потенциальных партнерах по инновационной деятельности и т.п.

- детальная информация для принятия решений в рамках осуществляемого инновационного процесса.

Первый уровень представляет интерес не только для потребителя, но и для «продавца» информации (возможность вступления в контакты и реализация полученных результатов). Для этого уровня возможна реализация концепции свободного доступа к информации пользователями и бесплатного пополнения баз данных заинтересованными владельцами соответствующей информации.

Использование информации первого уровня информационной среды позволит пользователю сократить сферу и время поиска источников информации, а также расходы на ее получение.

На уровне «технологической» информации возможны два различных подхода:

- покупка информации у владельцев фирм, создающих и поддерживающих соответствующие базы данных;

- формирование баз данных с бесплатным доступом. Расходы на создание таких баз должно осуществлять государственные структуры или общества, объединяемые по профессиональным или иным признакам. Прежде всего, это могут быть базы, содержащие нормативно-правовые условия осуществления инновационной и иных видов деятельности.

Ниже представлены **примеры инновационных строительных материалов и конструкций**.

В практике мостостроения широко применяются **сборные униблочные конструкции деформационных швов** с резинометаллическими компенсаторами (КРМ). Однако выпускаемые сегодня в нашей республике униблочные элементы КРМ позволяют воспринимать максимальные перемещения  $\pm 37,5$  мм (КРГ-75). Для больших перемещений применяют либо ненадежные в эксплуатации конструкции деформационных швов с металлическим перекрывающим листом, либо дорогостоящие швы типа Maurer.

Разработана конструкция деформационного шва с резинометаллическим компенсатором КРМ-120 для больших перемещений  $\pm 60$  мм.

Данный деформационный шов рекомендуется для применения в Республике Беларусь, как для нового строительства, так и для ремонта существующих мостовых сооружений с длиной температурной плети от 50 до 200 м.

Испытания элементов (компенсаторов) деформационного шва КРМ-120 показали, что этот шов, способный воспринимать перемещения с амплитудой до 120 мм, обладает долговечностью согласно требованиям ТКП 45-3.03-232, которая обеспечивается применяемыми материалами (высококачественная неопреновая резина, армированная стальными пластинами, соответствует СТБ 1622), а также конструктивным исполнением. Применение конструкции ДШ КРМ-120 позволит прекратить закупки за границей ДШ, обеспечивающих линейные температурные перемещения пролетных строений до 120 мм. Обеспечит снижение затрат при проектировании, строительстве и эксплуатации мостов за счет минимизации количества деформационных швов на сооружении, а также обеспечит перекрытие температурных зазоров (более 50 мм) между балками смежных пролетов существующих мостов, превышающих нормативные.

Методика **оценки напряженно-деформированного состояния пролетных** конструкций больших мостов на международных транспортных коридорах. Важнейшей проблемой при строительстве больших мостов, и в частности **при надвижке пролетных строений**, является контроль напряженно-деформированного состояния конструкций. Имеющаяся в настоящее время аппаратура контроля в виде различного рода тензометров не позволяет вести наблюдение за изменением механических напряжений в режиме реального времени в характерных сечениях мостовой конструкции на всех этапах строительства. Разработана комплексная система автоматического контроля динамики изменения внутренних механических напряжений в металлических конструкциях. Разработана дистанционная система сбора, и обработки информации в режиме реального времени. Методика устанавливает порядок назначения контролируемых сечений в зависимости от статической схемы сооружения, требования к применяемому оборудованию, к местам установки контролирующего оборудования и к подготовке поверхности конструкций перед его установкой, а также определяет порядок снятия, обработки и хранения полученной информации о напряженно-деформированном состоянии в контролируемых сечениях.

Методика предназначена для оценки напряженно-деформированного состояния стальных конструкций пролетных строений эксплуатируемых мостовых сооружений и установления фактической грузоподъемности сооружения в соответствии с ТКП 45-3.03-60 при пропуске по сооружениям тяжеловесных и сверхнормативных нагрузок, а также при назначении режима эксплуатации сооружения. Эффективность достигается за счет принятия решений при монтаже пролетных строений, исключающих возникновение аварийных и других нештатных ситуаций, а также решений по эксплуатации мостовых сооружений для определения возможности пропуска по сооружению максимально допустимых нагрузок при неконтролируемом пропуске транспортных средств в общем потоке и при контролируемом пропуске ТКТС и СНН.

**Несъемная опалубка из фибробетона** для монолитных железобетонных мостовых конструкций. Использование несъемной опалубки, изготавливаемой из бетона в заводских условиях, является одним из возможных путей повышения долговечности мостовых сооружений, снижения материалоемкости и трудоемкости работ, повышения темпов и качества строительства. Внедрение несъемной опалубки позволит существенно повысить долговечность и эксплуатационную надежность, повысить стойкость к воздействию процессов карбонизации бетона за счет увеличения толщины защитного слоя бетона и снизить стоимость строительства (снижение стоимости бетона за счет снижения дозировки или отказа от применения химических добавок и отсутствия необходимости в изготовлении съемной опалубки).

Опалубка предназначена для изготовления монолитных железобетонных мостовых несущих и ограждающих конструкций при строительстве и ремонте мостовых сооружений. Применение несъемных опалубочных элементов при строительстве мостовых сооружений позволяет:

- снизить материалоемкость строительства;
- уменьшить трудозатраты;
- сократить сроки строительства;
- обеспечить дополнительную защиту бетона конструкций.

В зависимости от бетонируемой конструкции элементы несъемной опалубки изготавливаются любых видов и типоразмеров. Толщина опалубочного элемента не более 50 мм. Показатели свойств бетона опалубки:

- класс прочности на сжатие В20–В60;
- марка по морозостойкости при испытании по второму базовому методу (в солях) до F200;
- марка по водонепроницаемости до W16.

**Основания повышенной деформационной устойчивости** из материалов, укрепленных цементом и модифицирующими добавками. Актуальность использования укрепленных цементом материалов обусловлена все возрастающим дефицитом и высокой стоимостью щебня, и других каменных материалов, применяемых для устройства оснований при строительстве, ремонте и реконструкции автомобильных дорог. В то же время конструктивные слои дорожной одежды из укрепленных цементом материалов имеют существенный недостаток, заключающийся в повышенном трещинообразовании, которое возникает не только из-за прилагаемых динамических нагрузок, но и из-за особенности структуры данного материала, что приводит к последующему избыточному трещинообразованию в вышележащих слоях на основе битумосодержащих материалов. Одним из путей преодоления этого недостатка является улучшение деформативных свойств материалов, укрепленных цементом, посредством введения модифицирующих добавок.

Технология применяется при устройстве оснований под асфальто- и цементобетонные покрытия и покрытий автомобильных дорог общего пользования из грунтов, укрепленных цементом, а также при ремонте отслуживших гравийных и не подлежащих восстановлению асфальтобетонных покрытий. Применение технологии позволяет:

- повысить эксплуатационную надежность и долговечность дорожных оснований за счет увеличения деформативности применяемых укрепленных цементом материалов не менее чем на 10 %;
- снизить расход цемента на единицу достигаемой прочности укрепленного материала за счет применения модифицирующих добавок не менее чем на 10 %;
- сократить расход или исключить применение щебня при устройстве оснований и покрытий;
- снизить стоимость устройства дорожных одежд на 5–15 % в зависимости от применяемых технологической схемы и материалов. Основания устраиваются из материалов, укрепленных цементом, получаемых смешением:
  - в смесительных установках;
  - непосредственно на автомобильной дороге с использованием грунтосмесительных машин типа ресайклера Caterpillar RM-500 или других механизмов.

Предпочтительно грунтосмесительные машины должны быть оборудованы системой введения в укрепительный материал цемента, в том числе в виде водной суспензии, добавок и воды с одновременным перемешиванием образующейся смеси за один проход машины. Для снижения расхода цемента, повышения прочностных характеристик, морозостойкости и деформационной устойчивости оснований из укрепленных цементом материалов, а также улучшения технологических характеристик укрепленных смесей рекомендуется применять модифицирующие добавки.

**Применение геосинтетических материалов в конструкции земляного полотна** автомобильных дорог. При укреплении откосов и конусов у мостовых сооружений под монолитными и сборными покрытиями применяется конструкция обратного фильтра из фракционного гранитного щебня. Кроме возникновения трудностей технологического характера при укладке и уплотнении щебня на откосе, в последнее время у строителей наблюдается дефицит данного материала. Проблемы также возникают и при капитальном ремонте автомобильных дорог, когда необходимо производить замену песчаного дренирующего грунта под обочиной, заилившегося в процессе эксплуатации дороги, или устраивать дренажные воронки из щебня или гравия для выпуска воды из дренирующего слоя. Для решения задачи снижения потребности в щебне при выполнении укрепительных работ на откосах и конусах, а также при осушении верхней части земляного полотна разработана технология применения геосинтетических материалов и изделий на их основе.

Геосинтетические материалы и изделия на их основе (композиционные материалы) применяют для устройства:

- обратного фильтра под сборные и монолитные бетонные укрепления откосов и конусов у мостовых сооружений;
- дренажей глубокого и мелкого заложения для перехвата и понижения уровня грунтовых вод, а также осушения откосов выемок и конструктивных слоев дорожной одежды;
- капилляропрерывающих и гидроизолирующих прослоек, препятствующих переувлажнению грунтов земляного полотна капиллярной, пленочной и парообразной влагой; - защитных покрытий откосов насыпей и водоотводных сооружений от размывов поверхностной водой;
- дренирующих прослоек для осушения грунтов земляного полотна и дополнительных слоев дорожной одежды;
- армирующих прослоек для обеспечения устойчивости откосов насыпей, а также самих насыпей на слабых грунтах и др.

При использовании геосинтетических материалов в конструкции земляного полотна достигается:

- снижение толщины дренирующего слоя дорожной одежды;
- уменьшение высоты насыпи на участках местности 2 и 3 типов по степени увлажнения;
- исключение применения фракционированного щебня в конструкции обратного фильтра под сборные и монолитные бетонные покрытия укреплений откосов и конусов у мостовых сооружений;
- снижение затрат на устройство дренажей для осушения земляного полотна и конструктивных слоев дорожных одежд;
- повышение прочности дорожных одежд в неблагоприятные по степени увлажнения периоды года и др.

Геосинтетические материалы в земляном полотне могут выполнять следующие функции:

- армирования – усиления дорожных насыпей (в том числе их откосов) и оснований в результате перераспределения ГМ напряжений, возникающих в грунтовом массиве при действии нагрузок от транспортных средств и собственного веса;
- защиты – предотвращения процесса эрозии грунтовых откосов;
- разделения – предотвращения процесса проникания мелкодисперсных грунтовых частиц в дренажи (фильтр) или их выноса (обратный фильтр);
- дренирования – ускорения отвода грунтовой воды;
- гидроизоляции – уменьшения или исключения поступления грунтовой воды в рабочий слой земляного полотна и нижние слои дорожной одежды.

**Составы бетона с эффективными замедлителями** потери удобоукладываемости бетонной смеси и технология бетонирования монолитной плиты пролетных строений больших мостов. При строительстве больших мостов возникают серьезные проблемы, связанные с посекционным бетонированием монолитной сталежелезобетонной плиты пролетного строения. Для обеспечения надежной совместной работы стальных конструкций и монолитной железобетонной плиты необходимо в сжатые сроки укладывать значительные объемы бетона (до 100–150 м<sup>3</sup> /смену). Необходимо не только обеспечить выпуск и доставку на большие расстояния бетонной смеси с заданными технологическими характеристиками, но и в течение всего времени бетонирования обеспечить сохраняемость удобоукладываемости уже уложенной бетонной смеси, а затем интенсивное

твердение бетона в конструкции. Указанная проблема может быть решена за счет использования специальных комплексных химических добавок в бетон и методов пространственного расчета конструкции.

Бетонные смеси, с повышенной сохраняемостью удобоукладываемости, рекомендуется применять для бетонирования:

- мостовых конструкций и несущих конструкций в промышленном и гражданском строительстве;
- крупногабаритных монолитных конструкций и фундаментов;
- при повышенных температурах воздуха;
- при непрерывном бетонировании монолитных конструкций.

Применение бетонных смесей, с повышенной сохраняемостью удобоукладываемости во времени, позволяет:

- увеличить время их транспортирования;
- увеличить время технологического передела на распределение и уплотнение бетонной смеси в конструкции;
- обеспечить равномерность распределения тепла от гидратации цемента и компенсировать температурные напряжения в ранние сроки твердения бетона, предотвращая трещинообразование;
- бетонировать конструкции без холодных рабочих швов.

В состав бетонной смеси вводятся химические добавки, представляющие собой высокоэффективный пластификатор (гиперпластификатор), газообразующую добавку и добавку-замедлитель потери удобоукладываемости бетонной смеси. Синергический эффект от действия добавок обеспечивает удобоукладываемость бетонной смеси до 24 ч. Все химические добавки вводятся в состав бетонной смеси при ее приготовлении на бетоносмесительном узле. Для доставки бетонной смеси используют автобетоносмесители. Подача бетонной смеси в тело бетонируемой конструкции осуществляется бетононасосом или способом «кран-бадья», а уплотнение – глубинными вибраторами и виброрейками. Удобоукладываемость уже уложенной бетонной смеси должна сохраняться в течение всего времени бетонирования каждой секции. Показатели свойств бетона:

- класс по прочности на сжатие до В70;
- марка по морозостойкости по второму базовому методу испытаний F200;
- марка по водонепроницаемости W20.

[к оглавлению](#)

В условиях роста интенсивности движения автотранспортных средств, в целом, и тяжелых колесных нагрузок в частности, с учетом тенденции развития мирового и отечественного автомобилестроения в сторону увеличения осевых нагрузок, обеспечение сохранности автомобильных дорог и увеличение сроков службы дорожных одежд является одной из важнейших задач, стоящих перед дорожным хозяйством. Одним из путей решения поставленной задачи является строительство **цементобетонных дорожных покрытий**.

Проектирование и строительство новых и реконструируемых жестких дорожных одежд автомобильных дорог общего и необщего пользования. Накопленный опыт строительства и эксплуатации цементобетонных покрытий показал, что они обладают рядом существенных преимуществ в сравнении с асфальтобетонными:

- высокой прочностью, долговечностью и способностью пропускать тяжелые осевые нагрузки.

Реальный срок службы цементобетонных покрытий почти в 2 раза превосходит реальный срок службы асфальтобетонных;

- отсутствием колееобразования;
- отсутствием ограничений для проезда в осенне-весенний и жаркий периоды года;
- более низкой стоимостью содержания;
- по показателю ровности цементобетонные покрытия имеют преимущество перед асфальтобетонными покрытиями ввиду более низких темпов ухудшения состояния и, соответственно, более высокой надежности.

Исследования показывают, что на эксплуатируемых дорогах при большой интенсивности движения и сроке службы цементобетонные покрытия имеют не только лучшую ровность, но и более медленные темпы ее ухудшения. Цементобетонные покрытия устраивают на месте строительства из свежеложенного бетона. Толщину бетонной плиты назначают по расчету, обычно она колеблется в пределах 15–30 см. Бетонное покрытие укладывают на искусственное основание из грунта или песка, обработанного цементом; щебня; щебня, обработанного вяжущим, или из других прочных материалов. Обеспечение необходимой ровности и прочности основания позволяет существенно снизить напряжения в цементобетонном покрытии, повысить его работоспособность. В настоящее время применяют в основном прогрессивную технологию устройства цементобетонных покрытий в скользящих формах. Во избежание разрушения бетона от совместного действия транспортной нагрузки и колебаний температуры, существенно увеличивающихся с ростом

длины плит, в бетонных покрытиях устраивают деформационные швы различного назначения. К работе по строительству цементобетонного покрытия приступают после завершения подготовительных работ, включая подготовку путей подвоза бетонной смеси, готовность к работе ЦБЗ и бетоноукладочного комплекта, наличие материалов для ухода за бетоном и т. д. Обочины, по которым к бетоноукладчику будет доставляться цементобетонная смесь, должны быть укреплены и тщательно спланированы. В качестве основных уплотняющих органов на бетоноукладчике используют гидравлические или электрические глубинные вибраторы. В качестве дополнительного оборудования на бетоноукладчики устанавливается оборудование для армирования поперечных и продольных швов, а также боковой грани покрытия. Эффективность отделки покрытия и особенно мест погружения арматурных штырей достигается применением экструзионного бруса. Он совершает возвратно-поступательные движения поперек полосы укладки, и продольной выглаживающей плиты, осуществляющей сложные возвратно-поступательные движения вдоль укладываемой полосы и одновременное перемещение поперек полосы. Система для армирования поперечных швов позволяет автоматически устанавливать штыри в процессе укладки покрытия и отказаться от технологии, предусматривающей размещение штырей на основании в специальных корзинах перед укладкой бетона. При этом отпадает необходимость использования распределителя, а самосвалы могут разгружаться на основание непосредственно перед бетоноукладчиком. Чистовую отделку поверхности свежешуложенного бетонного покрытия выполняют сразу после прохода бетоноукладчика. Бороздки поперечной шероховатости на поверхности свежешуложенного бетонного покрытия устраивают с помощью специальных заглубляемых в бетон щеток, установленных на машине для нанесения пленкообразующих материалов. Мероприятия по уходу за свежешуложенным бетонным покрытием начинают сразу после отделки его поверхности, если устройство деформационных швов производится не в свежешуложенном бетоне. В противном случае его следует начинать после устройства деформационных швов. Продолжительность ухода за бетоном назначается до набора бетоном проектной (требуемой) прочности, но не менее 28 сут. Основной этап ухода за бетоном осуществляется с применением пленкообразующих материалов. При устройстве цементобетонных покрытий на местных дорогах применяются следующие технологии:

- устройство покрытий из укатываемого бетона;
- устройство покрытий с применением несъемной опалубки;

- стабилизация грунта цементом;
- устройство железобетонных монолитных покрытий;
- устройство железобетонных сборных покрытий;
- устройство покрытий из плит тротуарных.

**Энергосберегающая технология изготовления сборных железобетонных мостовых конструкций.** Рост мировых цен на энергоносители оказывает влияние на стоимость сборных железобетонных конструкций, производимых с использованием тепловлажностной обработки. Удельный вес затрат на тепловую обработку в стоимости продукции ежегодно существенно возрастает, что приводит к увеличению стоимости сборного железобетона и бетона и, как следствие, к увеличению стоимости строительства мостовых сооружений. Задача снижения энергоемкости производства сборного мостового железобетона может быть решена за счет использования комплексных химических добавок в бетон, включающих эффективный суперпластификатор и ускоряющий твердение бетона комплекс, который не оказывает коррозионного воздействия на бетон и на состояние стальной арматуры в бетоне. Комплексные химические добавки позволят существенно снизить затраты энергии на тепловлажностную обработку изделий в холодный период года и отказаться от ее применения в теплый период года.

Энергосберегающая технология предназначена для изготовления сборных железобетонных изделий и конструкций для мостовых сооружений на автомобильных дорогах общего пользования. Экономический эффект от внедрения энергосберегающей технологии достигается за счет существенного снижения (или исключения) энергозатрат на тепло-влажностную (тепловую) обработку изделий и конструкций и уменьшения расхода цемента до 10 %. Технология включает в себя две разновидности: беспрогревную и малоэнергоемкую. При использовании беспрогревной технологии твердение отформованных изделий и конструкций происходит естественным путем без подвода тепла от внешних источников. При реализации малоэнергоемкой технологии отформованные изделия и конструкции подвергаются тепловлажностной обработке при пониженной температуре до 40°C–50°C, с сокращенным временем изотермического прогрева. В теплый период года может быть реализована беспрогревная технология изготовления сборных железобетонных конструкций и изделий. Для повышения ее эффективности (обеспечения отпускной прочности бетона конструкций за минимально возможный период времени) рекомендуется использовать термосное выдерживание забетонированных конструкций в пропарочной камере.

[К оглавлению](#)

Отпускная прочность бетона конструкций обеспечивается в течение 1,5–2 суток естественного твердения. В холодный период года и для конструкций со 100-процентной отпускной прочностью реализуется малоэнергетическая технология. Изотермический прогрев в пропарочной камере производят в течение 4–6 ч при температуре греющей среды 35°С–40°С, а затем осуществляют термосное выдерживание конструкций. Отпускная прочность бетона обеспечивается через 24–30 ч после окончания бетонирования конструкций. Для реализации энергосберегающей технологии изготовления сборных изделий и конструкций и обеспечения нормируемых показателей качества бетона в состав бетонной смеси рекомендуется вводить следующие химические добавки:

- пластифицирующие (водоредуцирующие);
- ускоряющие твердение бетона;
- воздухововлекающие.

**Инновационные технологии для обеспечения водонепроницаемости подземных конструкций.** В XX веке начало активно развиваться строительство больших развлекательных, торговых и бизнес центров, объединяющих в одном здании сразу несколько направлений: брендовые магазины, рестораны, кафе, кинотеатры, развлекательные площадки и т. д.

Самым удачными местами размещения ТРЦ, с точки зрения посещаемости, являются места с большим потоком людей и в непосредственной близости с крупными транспортными узлами. Бизнес центры также стараются размещать вблизи станций метрополитена. Чаще всего это значит – размещение в плотной городской застройке и стеснённых условиях. Чем крупнее торговый или бизнес центр, тем больше требуется парковочных мест, а, следовательно, и большая площадь застройки.

Такие же проблемы возникают при строительстве элитных жилых многоквартирных домов в центральных и прилегающих к ним районах. Стоимость таких квартир намного выше, чем аналогичных, размещённых на окраинах городов и на них существует спрос. Для комфортного проживания в таких домах требуется и обеспечение парковочными местами. Зачастую устроить большую парковку в центре просто невозможно.

Одним из оптимальных конструктивных решений описанной проблемы является устройство подземного паркинга, непосредственно под зданием. Это позволяет уменьшить площадь застройки. Данное решение было использовано при строительстве в г. Минске ТРЦ Dana Mall, ТЦ МОМО и др.

При этом возникает необходимость строительства подземной части сооружения, к которым предъявляются определённые требования по защите строительных конструкций от воздействия грунтовых вод и её проникновения внутрь здания через фундамент.

Задача обеспечения необходимой водонепроницаемости подземной части конструкции должна решаться каждый раз при устройстве помещений, расположенных ниже уровня поверхности: подземные парковки многоквартирных домов и ТРЦ, подвалы жилых зданий, подземные объекты метрополитенов и т. д.

**Требования, предъявляемые к подземным конструкциям.** В зависимости от назначения и функций подземной части строительных конструкций к ним могут предъявляться и различные требования как эксплуатационные, так и эстетические.

К эксплуатационным характеристикам можно отнести:

- обеспечение устойчивой опоры здания и передача нагрузки от веса здания и конструкций на грунтовое основание;
- водонепроницаемость бетона и самой конструкции в целом;
- устойчивость к воздействию агрессивной среды.

Эстетический вид (отсутствие водопроявления на поверхности) внутренней части конструкции важен для постоянно эксплуатируемых зданий: подземные паркинги, объекты метрополитенов и др.

Так же повышение влажности в строительных конструкциях может привести, к потере требуемых физико-механических свойств (снижение прочности на сжатие, увеличение теплопроводности) и в тоже время обычно сокращается срок службы конструкции (отслаивание верхних слоёв бетона, разрушение кристаллов вяжущего, кристаллизация солей в порах).

### **Типы гидроизоляции подземных сооружений.**

Встречается следующее деление наиболее распространённых конструкций гидроизоляции подземных сооружений:

1. **Чёрная ванна** – гидроизоляция подземных сооружений, путем применения оклеечной гидроизоляции, наносимой на наружную поверхность конструкции. Так как все материалы преимущественно чёрного цвета, то этот тип гидроизоляции получил такое название.

2. **Коричневая ванна** – водонепроницаемость конструкции достигается комбинированием свойств самого бетона и гидроизоляционного слоя. В такой конструкции при низком давлении воды рабочие стыки не подлежат обязательной герметизации, так же ширина и расположение трещин в бетоне ограничены.

3. **Оранжевая ванна** – гидроизоляция обеспечивается бетоном, приготовленным по специальной дозировке (защищена патентом). Водонепроницаемость данной конструкции достигается за счёт герметизации всех швов, ограничения величины и расположения трещин, а водонепроницаемость самого бетона достигается за счёт применения специальных добавок.

4. **Белая ванна** – железобетонная монолитная конструкция, которая с несущей функцией принимает на себя и функцию гидроизоляции от грунтовых вод без применения дополнительных поверхностных гидроизоляционных материалов [1].

«Чёрная ванна» имеет ряд недостатков, которые в значительной степени влияют на водонепроницаемость конструкции:

- дорогостоящий ремонт не качественно выполненной гидроизоляции;
- водонепроницаемость конструкции значительно зависит от качества выполнения работ по нанесению гидроизоляционного слоя;
- отсутствие защиты от механических повреждений в процессе обратной засыпки;
- сложность определения точного места нарушения гидроизоляционного слоя.

В странах Европейского союза широкое распространение получила водонепроницаемая конструкция «Белая ванна». В Республики Беларусь данный тип конструкций до настоящего времени не применялся. Это связано с отсутствием нормативных документов для проектирования и применения, а также отсутствием исследований в этом направлении.

В условиях сложившейся ситуации с применением устаревших технологий, можно утверждать, что для строительной отрасли Республики Беларусь водонепроницаемая монолитная железобетонная конструкция «Белая ванна» с уверенностью может являться инновационной технологией и сможет найти своё применение в различных строительных конструкциях.

При современном строительстве автомобильных дорог повышенные **требования** предъявляются к **дорожно-строительным материалам**, особенно к вяжущим веществам, в частности, к битумам. Обычно асфальтобетонные покрытия на основе битума не способны обеспечить в условиях напряженного и интенсивного движения, требуемые транспортно-эксплуатационные и физико-механические свойства покрытий и, соответственно, их долговечность. Так, статистический анализ свидетельствует, что сроки службы дорожных покрытий, устроенных из асфальтобетонных смесей, составляют всего 50–70 % от нормативных.

Как один из способов повышения сроков службы этих покрытий может рассматриваться изменение структуры и свойств органических вяжущих материалов, используемых для приготовления асфальтобетонной смеси, что может быть реализовано путем:

- изменения свойств битумов за счет добавления модифицирующих добавок;
- изменения свойств битумов путем непосредственного введения в смеситель специальных многокомпонентных добавок;
- изменения структурного состояния битума путем его вспенивания.

Если рассмотреть все эти способы по энергозатратности, то можно предположить, что наименее затратным будет способ изменения структурного состояния битума путем его вспенивания.

**Вспененный битум**, представляет собой пленочную дисперсную систему, образованную множеством пузырьков воздуха, разделенных тонкими пленками вяжущего. Вспенивание осуществляется при введении в горячий битум воды или водяного пара. Такое состояние битума придает ему повышенную поверхностную активность, обусловленную меньшей условной вязкостью и большой удельной поверхностью, что при прочих равных условиях обеспечивает уменьшение расхода битума. Битумная пена за счет развитой удельной поверхности хорошо прилипает практически ко всем видам минеральных материалов и, что особенно важно, обеспечивает обволакивание самой мелкой фракции асфальтобетона – минерального порошка. Имеются исследования, подтверждающие сопоставимость эффекта от применения вспененного битума и битума с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Вспенивание битума происходит при взаимодействии горячего битума с водой или водяным паром, что сопровождается увеличением суммарной величины поверхности раздела битум – газ, что приводит к росту свободной энергии системы и, соответственно, к повышению смачивающей и адгезионной способности вспененного битума.

Вспененный битум характеризуется следующими свойствами:

- степень (кратность) вспенивания – отношение объема битума во вспененном состоянии к первоначальному;
- дисперсность – определяется средним диаметром преобладающей массы пузырьков и содержанием пузырьков различных размеров;
- стабильность – способность вяжущего сохранять свой объем во времени;
- вязкость – характеризует консистенцию вяжущего;

- смачивающая и адгезионная способность.

Одним из важных свойств вспененного битума является подвижность, которая определяется степенью вспенивания и дисперсностью, которые в свою очередь определяют условную вязкость битума. Смачивающая и адгезионная способность зависит от всех вышеуказанных свойств.

Основной целью вспенивания битума является создание высокоподвижной асфальтобетонной смеси с хорошо развитой поверхностью контакта между вяжущим и минеральным материалом. Таким образом, вспенивание битума во многом схоже с тонким распылением вяжущего.

[К оглавлению](#)

#### Тема 4. Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений

*Пути и структура инновационных решений при разработке инновационных технологий для ремонта транспортных сооружений. Обоснование выбора необходимых ремонтных материалов. Инновационные решения по замене традиционных строительных материалов, материалами, полученными с использованием нанотехнологий.*

При строительстве автомобильных дорог и искусственных сооружений большое значение имеют экономическая и экологическая составляющая. В случае использования цементных бетонов эти вопросы могут быть решены путем использования новых видов бетонов, таких как:

- самоуплотняющийся;
- самоочищающийся;
- реакционно-порошковый и др.

Их применение не должно снижать качество строительных работ и безопасность движения.

Одним из направлений повышения экологической безопасности и обеспечения устойчивого развития населенных пунктов и территорий является разработка экологически безопасных материалов и технологий для применения в строительстве транспортных объектов.

**Самоуплотняющийся бетон (СУБ)** - высокоподвижный материал, способный достигать высокой однородности и заполнять пространства любой конфигурации без дополнительного механического воздействия.

СУБ с разными свойствами используется при возведении гидротехнических сооружений, для производства сборного железобетона, обустройства высокопрочных бесшовных монолитных полов, реставрации и усиления конструкций, при строительстве зданий и объектов со значительным содержанием арматуры в сечениях. Также он применяется при изготовлении изделий с высокими требованиями к качеству поверхности, мостостроении, торкретбетоне и других областях. Благодаря своим свойствам, самоуплотняющийся легкий бетон используется при возведении уникальных сверхтонкостенных или ограждающих конструкций и в случаях, когда возникает потребность в снижении массы перекрытий.



Рисунок 4.1. – Укладка самоуплотняющегося бетона

Перед началом укладки важно убедиться в отсутствии в опалубке жидкости. Даже незначительное изменение содержания воды в бетонной смеси может негативно повлиять на ее свойства, привести к расслоению. Еще одно обязательное условие качественной укладки - непрерывность процесса. Если самоуплотняющийся бетон потерял необходимые для работы свойства, возможно восстановление его удобоукладываемости путем добавления специальных разжижителей. Уплотнять его нельзя.

Жидкие бетоны транспортируют автобетоносмесителями. С момента загрузки до полной разгрузки для исключения самоуплотнения раствор перемешивают. В зимних условиях барабаны миксеров утепляют. Время транспортирования к месту укладки - не более 2 часов. Не рекомендуется транспортирование продукции на расстояние свыше 50 км.

#### **Реакционно-порошковый бетон**

Отличие РПБ от других видов материалов – мелкая фракция заполнителя. Снижение процентного содержания цемента, его замена каменной мукой, микрокремнеземом позволило создать смеси с высокой текучестью, самоуплотняющиеся составы.

[к оглавлению](#)

## Состав реакционного порошкового бетона

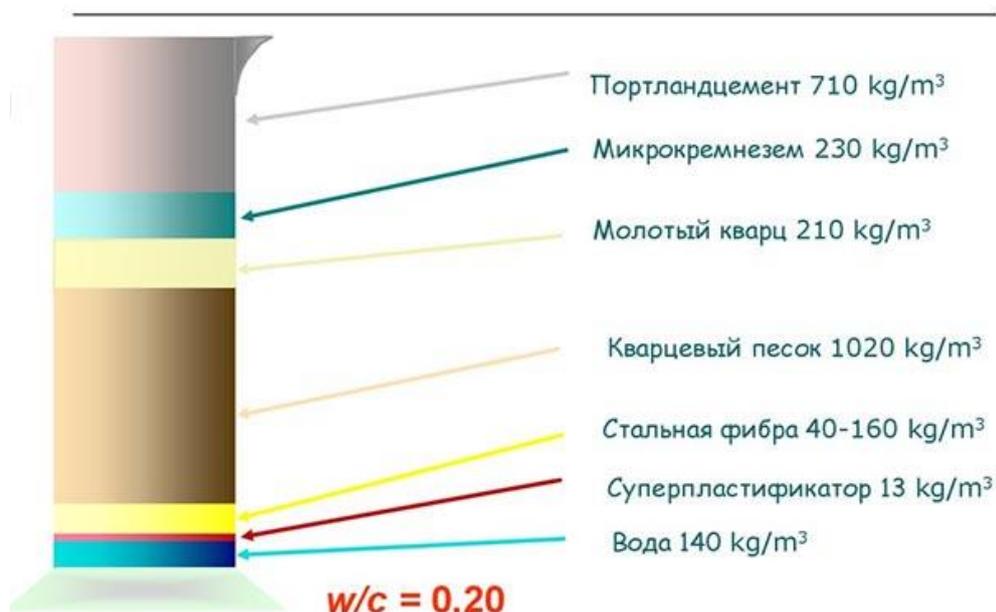


Рисунок 4.2. – Состав реакционно-порошкового бетона

**Свойства реакционно-порошковых бетонов.** Применение микрокремнезема и каменной муки снижает пропорции цемента и дорогих суперпластификаторов в РПБ. Это обусловило падение стоимости. В результате получен самоуплотняющийся порошковый сверхпрочный бетон с высокой степенью текучести. Поверхность получаемых изделий практически не требует механической доработки. Появилась возможность изготовления элементов с различной текстурой и шероховатостью поверхности, армирование стальной, целлюлозной фиброй. Прочность позволяет выполнять несущие элементы каркаса сооружения меньшей толщины.

Новая технология на основе реакционно-порошковой смеси позволяет создавать бетоны с улучшенными характеристиками и широкой областью использования:

1. Изготовление бордюрного камня.
2. Добавки значительно снижают водопоглощение.
3. Возведение мостов и тоннелей.
4. Изготовление архитектурных тонкостенных деталей с помощью тканевого армирования.
5. Высокопрочный бетон на гранитном щебне.

Во многих странах (Голландия, Бельгия, США и др.) ведутся разработки по использованию гетерогенного фотокатализа для решения экологических

проблем, характерных для больших городов.

Наибольшее распространение в качестве фотокатализатора в силу относительной дешевизны и высокой эффективности получил диоксид титана. Амфотерный оксид титана существует в виде нескольких модификаций: природные кристаллы с тетрагональной (анатаз, рутил) и ромбической сингонией (брукит), а также искусственные модификации с ромбической IV и гексагональной V сингониями. Фотокаталитические свойства диоксида титана в анатазной фазе применялись для создания различных материалов с середины 1990-х гг. Изначально диоксид титана применялся в качестве белого пигмента в лакокрасочной промышленности, позволяющего не только получать покрытия различной цветовой гаммы, но и значительно улучшать их свойства. Затем на поверхностях, обработанных диоксидом титана, были обнаружены явления самоочищения, т. н. «эффект лотоса», обусловленные их высокой гидрофобностью.

Исследуются возможности применения диоксида титана для разложения органических и неорганических веществ на поверхности материалов, так называемого процесса фотоокисления.

Самоочищение в сочетании с фотокаталитическим действием  $TiO_2$  делает его идеальной добавкой в строительные материалы в суровых городских условиях. В зависимости от применения  $TiO_2$  может использоваться в виде покрытий, добавки в бетоны, гипс или краски.  $TiO_2$  может быть использован для поверхностей элементов мощения или фасадов зданий, общественных туалетов, подпорных стен, тоннелей. При применении  $TiO_2$  в белых цементах поверхность здания остается яркой в течение длительного периода времени.

Инновационные решения для устройства поверхности автомобильной дороги позволяют сделать перемещение автотранспортных средств безопаснее, а дорожные одежды - долговечнее. Отдельные области приложения инноваций - дорожные основания и элементы транспортной инфраструктуры.

Повышение требований к безопасности и комфорту перемещения наиболее мощный драйвер в дорожно-строительной сфере. Важным является оптимизация расходов на строительство автотрасс и сопутствующей им инфраструктуры.

Особенно важны комплексные решения, позволяющие улучшить качество дорожного строительства, касающиеся сразу ряда эксплуатационных характеристик. К числу таких решений относится технология supergravel (асфальтовое покрытие с наилучшими характеристиками).

**Superpave** – комплексная система проектирования составов смесей, удовлетворяющих самым высоким требованиям к эксплуатационным характеристикам в зависимости от транспортной нагрузки, климатических и структурных условий на конкретном участке укладки покрытия. Улучшение эксплуатационных характеристик покрытия достигается за счет проектирования и сочетания битумного вяжущего, минерального компонента и модификатора. Такой подход позволяет существенно снизить количество таких дефектов дорожных покрытий, как образование колеи, а также усталостного и термического растрескивания.



Рисунок 4.3. – Superpave - комплексная система проектирования составов смесей



Рисунок 4.4. – Покрытие с улучшенными эксплуатационными характеристиками

[К оглавлению](#)

На этапах разработки технологии superpave участки автодорог подвергались воздействию реальных температур повседневной эксплуатации асфальта, кроме того, проверялась стойкость покрытия к возрастной деформации, механическим, химическим и другим воздействиям. В результате был получен комплект, объединяющий в единую систему проектирования и анализа смесей более 25 продуктов для дорожно-строительной отрасли. К их числу относятся технические условия на материалы, методы испытаний и проектирования смесей, др. При этом продукты superpave применимы к конкретным климатическим условиям и транспортным нагрузкам на любом участке дорожного покрытия. Система применима для свежих и рециклизованных плотных, горячих асфальтобетонных смесей (ГАС), с модификаторами или без них, для укладки новых покрытий, а также для ресайклинга их поверхностных слоев.

Испытания дорожных одежд нового типа продемонстрировали, что новое покрытие имеет срок службы на 20-30% больше, чем традиционное, в том числе за счет устойчивости к образованию колеи. Тестирование нового покрытия автодорог проходило на опытных участках трасс общей протяженностью в несколько сотен километров.

Технологии укладки дорожных одежд из сталефибробетона и основания трассы с использованием бетона из кремнезема были испытаны на двух экспериментальных участках длиной 150 метров каждый. Прочность такого материала значительно выше, чем у бетона обычных марок, что позволяет укладывать его более тонким слоем.

Микрокремнезем обеспечивает гибкость и возможность избежать трещин дорожного основания. Укладывается микрокремнезем с применением дорожной техники - автогрейдеров, асфальтоукладчиков. Дополнительное оборудование при работе с ним не требуется.

Значительной проблемой для дорожного полотна являются трещины. Вода, проникающая в микроскопические полости на дороге, при понижении температуры застывает и увеличивается в объеме. При оттаивании вода испаряется, оставляя в дорожном покрытии трещины. При эксплуатации дороги трещины становятся длиннее, глубже и шире, из-за чего дорожным одеждам требуется ремонт или замена. Усилия сотен новаторов со всего мира направлены на минимизацию и предотвращение образования трещин. Поиск оптимального средства для их заделки - либо создание самовосстанавливающегося дорожного полотна.

Ученые из университета города Делфт (Голландия) предлагают ввести в состав предназначенного для укладки асфальтобетона проводящие электричество волокна в конфигурации замкнутых контуров. При ремонте через волокна-наполнители вокруг трещины пропускается электрический ток, и в дорожном покрытии генерируется тепло такой температуры, что входящее в состав дорожного покрытия вяжущее плавится и заполняет трещину.

Швейцарские исследователи предлагают использовать при дорожном ремонте наночастицы оксида железа. Наночастицы вводят в область трещин и подвергают воздействию переменного магнитного поля. Материал дорожного полотна размягчается и восстанавливается - на заделку одной трещины требуется всего несколько секунд.

Ученые из университета Миннесоты-Дулит предложили при заделке дорожных трещин использовать местную железную руду, содержащую магнетит (1-2%), битум, крошку переработанных дорожных и тротуарных покрытий, а также черепицы. После заделки смесью трещина нагревается с помощью микроволнового блока. Участок дороги, отремонтированный таким способом, не требует повторного ремонта в несколько раз дольше, чем, восстановленный с помощью традиционного состава из битума и асфальтобетона.

Способ решения проблемы повреждения автодорог водой, попадающей в трещины дорожного покрытия, предложили ученые из Тюмени. Вместо асфальтобетона они использовали - диатомит. Построенные из него дороги отталкивают воду, что исключает образование трещин; к низким температурам окружающей среды этот материал также невосприимчив. Диатомит - кремниевая порода, обладающая высокими адсорбционными и теплоизолирующими свойствами. Залежи этого материала огромны и находятся практически на поверхности земли, добыча диатомита обходится недорого. Построено несколько участков автодорог на основе диатомита.

Мосты, эстакады и другие элементы транспортной инфраструктуры важная область приложения инноваций. Интересным решением является использование высокопрочного бетона Ductal, разработанного компанией LafargeHolcim. Прочность этого материала на сжатие составляет 130-150 МПа. Ductal характеризуется как УНРС, ультравысокопрочный бетон, позволяя получать из него конструкции в несколько раз тоньше и легче, чем из обычного бетона.

Бетон Ductal используют при строительстве мостов, дорожных развязок, эстакад.

Кроме того, что изготовленные из него элементы таких конструкций обладают небольшим весом, Ductal имеет рекордно низкий показатель пористости, не подвержен абразивному износу и легко выдерживает воздействие окружающей среды и химически активных веществ. Использование этого инновационного материала существенно увеличивает срок эксплуатации искусственных сооружений, будь то дорожная развязка или мост. Внешний вид позволяет использовать Ductal для изготовления декоративных конструкций самого разного рода.

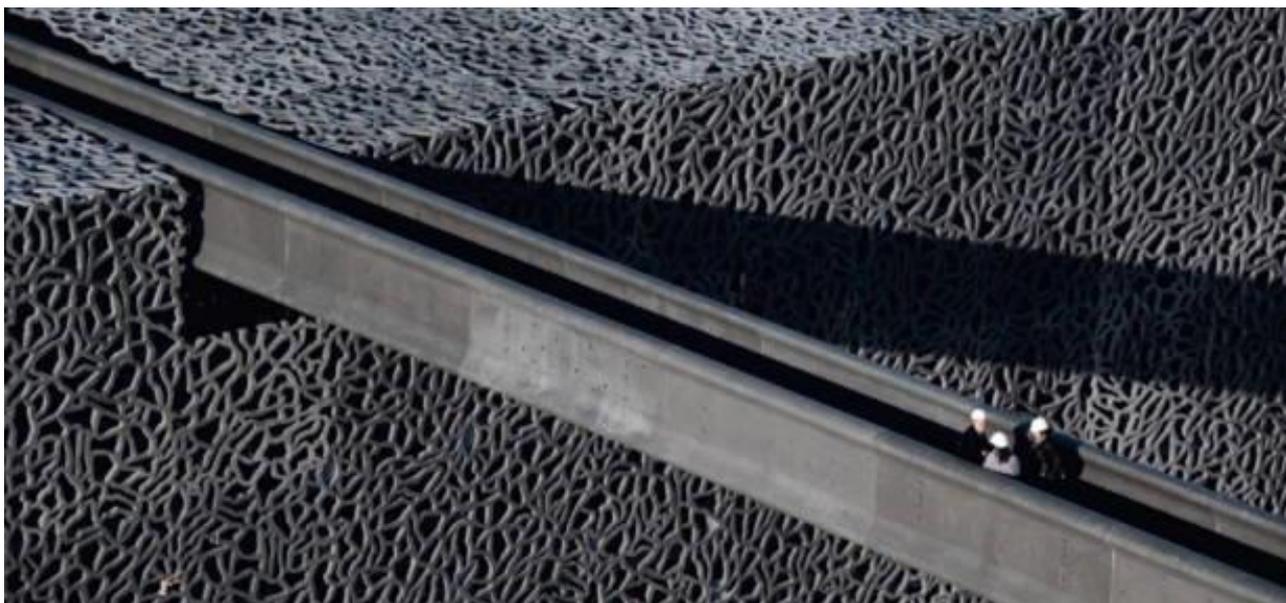


Рисунок 4.5. - Бетон Ductal

В дорожном строительстве важное место занимают методы для укрепления насыпей, склонов, откосов, колодцев и других элементов инфраструктуры. В этой области также имеются интересные решения. В 2011 году в пятерку изобретений, делающих мир чище и комфортнее, вошло бетонное полотно Concrete Canvas, разработанное учеными из Великобритании. За годы, прошедшие с тех пор, инновационная разработка получила распространение в строительной практике многих стран мира.

Бетонное полотно Concrete Canvas представляет собой два текстильных слоя с начинкой из сухой цементной смеси высокого качества. Слои соединены между собой текстильными волокнами. С внутренней стороны полотно покрыто слоем ПВХ.



Рисунок 4.6. - Бетонное полотно Concrete Canvas

Полотно хорошо гнется и легко раскатывается по любой поверхности. Его свойства кардинально меняются спустя пару часов после смачивания водой. Цементная смесь застывает - и полотно превращается в прочный слой армированного бетона. Таким образом, чтобы получить высокопрочное, долговечное, устойчивое к различным воздействиям и нагрузкам покрытие достаточно рулона бетонного полотна Concrete Canvas. Для крепления бетонного холста на поверхности используют обычные анкера или стальные колья со шляпками, чтобы скрепить слои между собой - герметик или строительный раствор. Полученное таким способом покрытие прочнее торкретбетона, не пропускает влагу, устойчиво к агрессивным средам и ультрафиолетовому излучению, выдерживает до 300 циклов замораживания/оттаивания. Укладка Concrete Canvas производится так, чтобы край предыдущего куска перекрывал край следующего для их последующего скрепления между собой, образуя стыки, которые усложняют движение транспортных средств. Кроме того, такая автодорога намного дороже монолитной бетонной. А вот для укрепления отдельных элементов дорожной инфраструктуры она подходит идеально.

[К оглавлению](#)

## Тема 5. Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости

### *Структура и возможности инновационных решений в технологии обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости транспортных сооружений.*

Существенным недостатком современного строительства является быстрое разрушение возведённых сооружений из-за возникновения в процессе эксплуатации большого числа различных повреждений. В связи с этим сооружения ранее расчётного срока эксплуатации выходят из строя или работают с пониженной эффективностью. Это приводит к значительному увеличению материальных, энергетических и трудовых затрат на их ремонт и восстановление, а, в ряде случаев на замену, снижает эффективность отдачи от их эксплуатации.

Одной из важнейших причин появления всё возрастающего числа повреждений, построенных бетонных и железобетонных сооружений является недостаточная **морозостойкость** этих сооружений, т.е. недостаточная способность выдерживать требуемое количество циклов попеременного замораживания и оттаивания в водонасыщенном состоянии без разрушения.

Опыт эксплуатации различных объектов показывает, что морозостойкость бетонов во многом определяет долговечность и надёжную работу как транспортных, так и других сооружений. Морозная деструкция бетона значительно снижает продолжительность срока службы сооружений, сокращает сроки межремонтных циклов, приводит к большим неоправданным материальным, трудовым и энергетическим затратам на ремонт и восстановление разрушающихся конструкций.

Таким образом, получение морозостойких бетонов транспортных, промышленных и гражданских сооружений является актуальной задачей современного материаловедения.

Цель лекционного курса - отработка физико-технологических основ получения бетонов высокой морозостойкости.

Для решения этой цели необходимо решить следующие основные задачи:

- установить основные факторы, определяющие морозостойкость бетонов, и их взаимосвязь со структурой бетонов;
- разработать физическую модель явлений, протекающих при циклическом попеременном замораживании и оттаивании бетонов;
- разработать технологические основы получения морозостойких бетонов;

[К оглавлению](#)

- провести производственную апробацию выполненных исследований.

Разработка теоретически обоснованной и экспериментально доказанной физической модели явлений, возникающих при попеременном замораживании и оттаивании бетонов;

- полученные результаты определения физических, механических и строительно-технологических свойств бетонов;

- разработанные способы повышения морозостойкости бетонов;

- результаты практического использования проведённых исследований и многолетний опыт эксплуатации разработанных составов бетонов.

Отметить научную новизну работы и ее практическую значимость.

[К оглавлению](#)

## Тема 6. Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений

### *Структура и возможности инновационных решений в технологии поверхностной обработки транспортных сооружений.*

**Поверхностная обработка** проводится с целью улучшения потребительских свойств сооружения или конструкции.

**Технология устройства** поверхностной обработки включает:

- подготовительные работы;
- устройство поверхностной обработки;
- уход за устроенной поверхностной обработкой;
- контроль качества сформированных слоев поверхностной обработки.

До начала работ по устройству поверхностной обработки необходимо:

- назначить конструкцию поверхностной обработки;
- установить вид, марку и норму расхода материалов для поверхностной обработки;
- выполнить контроль качества применяемых материалов и предварительный контроль дозировки и равномерности распределения материалов;
- назначить (при необходимости) по результатам лабораторных испытаний технологию введения целевых добавок;
- произвести ремонт поверхности с целью устранения имеющихся повреждений и деформаций (выбоин, просадок, наплывов, трещин и др.), устранить неровности покрытия фрезерованием или укладкой выравнивающего слоя.

Многие искусственные сооружения требуют ремонта. В связи с этим большое значение приобретает ремонт гидроизоляции мостовых конструкций. Традиционные технологии ремонта гидроизоляции мостов дорогостоящи и зачастую неэффективны. Государственным предприятием «БелдорНИИ» разработан состав вибролитого асфальтобетона на битумополимерном вяжущем для **устройства покрытий проезжей части мостовых сооружений**, который является не только основным покрытием, но и гидроизоляцией.

Технология предназначена для устройства покрытий мостового полотна искусственных сооружений из жесткой вибролитой асфальтобетонной смеси специального состава, приготовленной на основе битумополимерного вяжущего. Применяется как на мостах с железобетонными пролетными строениями, так и на мостах с металлическими пролетными строениями с ортотропными плитами. Технология позволяет:

[к оглавлению](#)

- отказаться от устройства дополнительной гидроизоляции мостового полотна за счет обеспечения водонепроницаемости вибролитого асфальтобетона; - повысить гидроизоляционные и деформационные свойства вибролитого асфальтобетона за счет содержания модифицированного битума (до 8%);

- обеспечить высокие показатели прочности и сдвигоустойчивости покрытия за счет высокого содержания щебня (до 65%).

В случае использования резиновой крошки возможно применение любого асфальтосмесительного оборудования. Покрытие мостового полотна из вибролитого асфальтобетона устраивается толщиной 4-5 см.

**В конструкциях дорожных одежд применяются основания из невязных каменных материалов (щебня, ЩПГС, ПГС).** На дорогах высших технических категорий в основном применяются щебеночные основания, устраиваемые по методу заклинки. Наряду с преимуществами технологического характера щебеночный слой обладает и недостатками, такими как дискретность по составу и недостаточная прочность по сдвигу в подстилающем грунте. Последнее свойство особенно отрицательно сказывается на конструкции дорожной одежды с высокой интенсивностью движения и большими нагрузками на ось автомобиля. Применение армирующих и разделяющих прослоек позволит повысить прочность и сдвигоустойчивость основания, уменьшить его толщину и достичь значительной экономии щебня, улучшить дренаж воды.

Геосинтетические материалы применяются для усиления и разделения конструктивных слоев нежестких дорожных одежд при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог общего пользования. В зависимости от назначения геосинтетические материалы могут применяться в дорожной конструкции в качестве армирующих, разделительных и дренирующих прослоек.

Армирование щебеночного основания георешетками (геосетками) позволяет:

- повысить несущую способность основания и всей конструкции дорожной одежды в целом, не увеличивая ее материалоемкость;

- исключить взаимопроникновение щебня и песка (особенно при вибрационном уплотнении);

- уменьшить толщину слоя из фракционированного щебня, обеспечивая требуемые параметры по прочности конструкции.

При этом значительно снижается динамика накопления и величина остаточных деформаций дорожной конструкции вследствие того, что снижается величина сдвигающих напряжений в слое, подстилающем щебеночное основание.

Применение разделительной прослойки из нетканого геотекстильного полотна взамен технологического слоя позволяет:

- снизить материалоемкость дорожной конструкции;
- предотвратить взаимопроникновение материала щебеночного основания и песка подстилающего слоя;
- обеспечить дренаж воды, попадающей на прослойку через материал обочины и дорожную одежду, или грунтовой воды, попадающей в зону прослойки за счет капиллярного поднятия или конденсации парообразной влаги;
- исключить загрязнение каменного материала основания тонкодисперсными грунтовыми частицами, перемещающимися под действием движения грунтовых вод.

Применение армирующей или разделительной прослойки под щебеночным основанием позволяет отказаться от устройства технологического слоя из песчано-гравийной смеси (ПГС) по ГОСТ 23735, ЩГПС по СТБ 2318 или асфальтогранулята по СТБ 1705.

**Мастика безгрунтовочная герметизирующая битумно-эластомерная** предназначена для герметизации швов при ремонтно-строительных работах на автомобильных дорогах, аэродромных покрытиях, мостах и путепроводах. Не требует применения грунтовочных составов. При рабочей температуре мастика безгрунтовочная прочно приклеивается на сухую чистую поверхность шва в бетоне или асфальтобетоне, образуя сплошное покрытие, не требуя предварительной подгрунтовки шва. Обладает высокими показателями адгезии к различным поверхностям и деформативности при отрицательных температурах и теплостойкости при высоких положительных температурах.

**Мастики, герметизирующие битумно-эластомерные**, предназначены для герметизации швов и трещин в покрытиях автомобильных дорог и аэродромов, устройства щебеночно-мастичных деформационных швов мостовых сооружений, а также гидроизоляции мостов, путепроводов, труб, фундаментов и цоколей зданий и сооружений в различных дорожноклиматических зонах.

[К оглавлению](#)

Битумно-эластомерные мастики обладают высокими показателями теплостойкости при высоких положительных температурах и деформативности при отрицательных температурах. По своим физико-механическим показателям битумно-эластомерные мастики не уступают аналогам известных мировых производителей.

**Мембранная технология ремонта жестких покрытий** автомобильных дорог и искусственных сооружений. В настоящее время большое количество участков автомобильных дорог с жестким покрытием и ездového полотна искусственных сооружений требуют ремонта. Одним из основных направлений решения этой проблемы является устройство мембранных промежуточных прослоек на границе «бетон – асфальтобетон», обеспечивающих компенсацию и снижение касательных напряжений, вследствие чего повышается долговечность покрытия.

Технология предназначена для устройства защитных и защитно-гидроизоляционных слоев покрытий при ремонте дорог и ездového полотна искусственных сооружений. Покрытие, устроенное по мембранной технологии, обладает высокой трещиностойкостью. Применение мембранной технологии на мостовых сооружениях придает асфальтобетону высокую водонепроницаемость, что способствует дополнительной гидроизоляции, обеспечивающей защиту от коррозионного разрушения несущих конструкций искусственных сооружений. Межремонтный срок службы таких покрытий увеличивается в 2–2,5 раза.

Основу данной технологии составляет специальный состав асфальтобетонной смеси с использованием модифицированного битума, укладываемой на предварительно распределенный модифицированный битум или битумополимерную эмульсию (мембрану) при устройстве защитных и защитно-гидроизоляционных покрытий автомобильных дорог и искусственных сооружений. Такой технологический прием обеспечивает насыщение нижней части защитного покрытия вяжущим в момент уплотнения укладываемой смеси на 2/3 его толщины. Это обстоятельство позволяет материалу защитного слоя приобретать повышенные деформативные свойства и обеспечивать ему высокую трещиностойкость, а также воспринимать температурные и динамические нагрузки без преждевременного разрушения покрытия.

**Пропиточные гидроизоляционные составы.** Одним из современных профилактических мероприятий, направленных на снижение интенсивности разрушения асфальтобетона и увеличение межремонтных сроков, является

[к оглавлению](#)

обработка покрытий эксплуатируемых автомобильных дорог пропиточными составами.

Технология предназначена для повышения коррозионной устойчивости асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог и мостовых сооружений. Пропиточный материал рекомендуется применять при восстановлении эксплуатационных характеристик асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог I–III категорий в местах шелушения и выкрашивания, а также на участках с повышенной пористостью и водонасыщением асфальтобетона. Положительный эффект достигается за счет способности пропиточного состава проникать в поры и трещины асфальтобетонного покрытия, а также частично пластифицировать битум, улучшая при этом его физико-химические и реологические свойства. Предлагаемая технология позволяет снизить интенсивность старения вяжущего, повысить водостойкость и морозостойкость асфальтобетона, увеличивая тем самым межремонтный срок службы покрытия.

**Тихие варианты асфальтового покрытия** делятся на четыре общие категории: мелкозернистые поверхности, пористые покрытия, прорезиненный асфальт и асфальт с каменной матрицей. Мелкозернистые поверхности – это обычные асфальтобетонные смеси, которые в основном состоят из мелкозернистых частиц. Это дает снижение дорожного шума, создаваемого воздухом, вытесненным из пустот в покрытии. Пористое покрытие представляет собой покрытие с открытыми порами, через которые воздух и вода могут свободно выходить. Прорезиненный асфальт содержит резиновую крошку из переработанных автошин, которая обеспечивает дополнительную пластичность дорожного покрытия, дающая воздуху больше времени выходить из пор на более низком давлении по мере того как автошины проходят над ним. Каменно-матричный асфальт главным образом использует грубый композит для создания каменного скелета, связанного волокнами асфальта. Каждый из этих вариантов имеет свои эксплуатационные свойства, и различны по стоимости. Ни одно решение не подходит для всех дорог. Недостатком тихого асфальтового покрытия является цена. В зависимости от выбранного варианта подготовка и укладка тихих асфальтовых покрытий может стоить дороже, чем обычные решения.



Рисунок 6.1. - Дорога с тихим асфальтовым покрытием

Вот почему тихое асфальтовое покрытие, как правило, является финансово оправданным только в городских районах с интенсивным движением, где дорожный шум вызывает серьезную озабоченность.

Пыль можно подавить, прежде чем она поднимется в воздух. **Пылеподавление** использует смесь полимеров для борьбы с эрозией и подавления пыли на дорожном покрытии и обочинах дороги. Также, грунтовая дорога, стабилизированная хлористым кальцием, сохраняет гладкую беспыльную поверхность и является эффективной альтернативой асфальтобетонной обработке.

## Тема 7. Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь

*Структура и возможности инновационных решений в технологии получения композиционных материалов для ремонта транспортных сооружений. Физико-химические основы использования для ремонтных композиционных материалов вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь.*

В Республике Беларусь утверждено Постановление Совета Министров 28.07.2017 № 567 Национальная стратегия по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года.

Национальной стратегией по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь на период до 2035 года (далее – Национальная стратегия) определяется система целей, задач, принципов, приоритетов и направлений действий. Они должны реализовываться в нормативных правовых актах, актах органов местного самоуправления, государственных и отраслевых программах, региональных программах, инвестиционных проектах, направленных на создание и обеспечение экологически безопасного и экономически эффективного обращения с твердыми коммунальными отходами (далее – ТКО) и вторичными материальными ресурсами (далее – ВМР) из состава ТКО. Национальная стратегия основывается на Конституции Республики Беларусь и законах Республики Беларусь, принципах и нормах международного права, а также на документах долгосрочного стратегического планирования, включая Национальную стратегию устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь до 2030 года, новая редакция которой была одобрена на заседании Президиума Совета Министров Республики Беларусь 2 мая 2017 г.

В соответствии с Положением о порядке организации и проведения общественных обсуждений проектов экологически значимых решений, экологических докладов по стратегической экологической оценке, отчетов об оценке воздействия на окружающую среду, учета принятых экологически значимых решений проведены общественные обсуждения Национальной стратегии.

Целью Национальной стратегии является определение основных направлений минимизации вредного воздействия ТКО на здоровье человека, окружающую среду и рациональное использование природных ресурсов путем предотвращения образования отходов и максимально возможного

извлечения компонентов, содержащихся в отходах, вовлечение их в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья, материалов, полуфабрикатов, иных изделий или продуктов для производства продукции, выполнения работ с внедрением современных технологий сбора и энергетического использования ТКО в виде RDF-топлива, тепловой и электрической энергии.

Задачами Национальной стратегии являются:

- оценка текущего состояния в области обращения с ТКО и ВМР в Республике Беларусь с учетом международного опыта;

- определение основных направлений развития системы обращения с ТКО и ВМР, ориентированных на улучшение экологической безопасности существующих и будущих мест захоронения ТКО, увеличение уровня переработки и использования ТКО, совершенствование инфраструктуры и выбор эффективных технологических решений по обращению с ТКО и ВМР;

- определение прогнозного объема необходимых инвестиций в соответствии с инвестиционным планом Национальной стратегии по обращению с отходами и вторичными материальными ресурсами в Республике Беларусь;

- обеспечение финансовой устойчивости системы обращения с ТКО и ВМР, определение законодательных и экономических условий для привлечения инвестиций. Национальная стратегия обеспечивает достижение показателей эффективности обращения с отходами в Республике Беларусь, установленных в Национальной стратегии устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь.

Необходимость решения проблемы отходов вызвала появление самостоятельной области природоохранной политики, направленной на развитие методов организации сбора отходов, их переработки (использования), а также стимулирование мероприятий по вовлечению отходов в хозяйственный оборот. Для обозначения этого направления в мире возник и получил распространение термин «управление отходами», обозначающий регламентацию и регулирование всех процессов, связанных с образованием, хранением, транспортировкой, переработкой, утилизацией и размещением отходов.

В международной практике теоретико-методологические основы формирования комплексной системы управления охраной окружающей среды и рациональным природопользованием, в том числе управления отходами, разработаны не в полной мере, а практические подходы к созданию такой системы, включая механизмы и инструменты реализации оптимальной политики в данной области, далеки от совершенства и различаются в разных государствах. Основные для мирового сообщества пути управления отходами были определены на Международной конференции по устойчивому развитию в г. Йоханнесбурге (ЮАР) в 2002 году. Они включают максимальное повторное использование и вторичную переработку.

В ЕС законодательные рамки в сфере обращения с отходами устанавливаются посредством двух основных директив – Директивы по отходам и Директивы по опасным отходам. В ЕС приняты также отдельные директивы, регулирующие обращение со специальными видами отходов.

В настоящее время в странах ЕС Директивой по отходам законодательно утверждена следующая иерархия методов обращения с отходами (по мере снижения приоритетности метода):

- повторное использование;
- рециклинг (переработка); энергетическое использование.

Организации, которые хотят отклониться от этой иерархии, должны обосновать, какие преимущества в этом случае возникнут для человека и окружающей среды.

Повторное использование обеспечивает общее сокращение объемов образования отходов.

Инвестиционный план является оценкой потребности объема инвестиций для реализации целей и задач Национальной стратегии и возможности их распределения по источникам и периодам до 2035 года. При разработке инвестиционного плана использованы материалы зарубежных исследований и экспертные оценки из отечественной практики обращения с ТКО и ВМР.

## Использование нефтяных шламов в дорожном строительстве

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 дорогие 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. Нефтяные шламы относятся к многотоннажным органо-минеральным отходам. Они представляют собой донные осадки механической очистки сточных вод, продукты зачистки резервуаров, а также шламы, собранные на установках флотационной и биологической очистки промстоков.

Нефтяные шламы на НПЗ бывают двух типов:

- постоянно образующиеся в процессе производства, в количестве примерно 0,007 т на 1 т перерабатываемой нефти;
- застаревшие, хранящиеся много лет в шламонакопителях, в количестве десятков тысяч тонн.

При длительном хранении резервуарные нефтешламы со временем разделяются на несколько слоев с характерными для каждого из них свойствами.

Верхний слой представляет собой обводненный нефтепродукт с содержанием до 5% тонкодисперсных механических примесей и относится к классу эмульсий «вода в масле».

Средний, сравнительно небольшой по объему слой представляет собой эмульсию типа «масло в воде».

Следующий слой целиком состоит из отстоявшейся минерализованной воды с плотностью 1,01–1,19 г/см<sup>3</sup>.

Придонный слой (донный ил) обычно представляет собой твердую фазу, включающую до 45 % органики, 52– 88 % твердых механических примесей, включая окислы железа.

[к оглавлению](#)

В дорожном строительстве находят применение шламы первого и четвертого слоя. Эти шламы используют при выполнении ряда дорожно-строительных работ:

- активация минеральных материалов;
- приготовление органоминеральных смесей;
- стабилизация глинистых грунтов;
- обеспыливание гравийных и грунтовых дорог;
- устройство поверхностной обработки дорожных одежд переходного типа;
- стабилизация активной зоны земляного полотна.

[К оглавлению](#)

## Тема 8. Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений

### *Структура и возможности инновационных решений в технологии зимнего содержания транспортных сооружений. Принципы действия противогололедных добавок, их классификация.*

В условиях растущей глобализации автомобильные дороги превратились в жизненно важную инфраструктуру, позволяющую перевозить людей и грузы, что делает весьма важным более эффективное развитие автомобильных дорог.

Инновации в дорожном строительстве предлагают важные преимущества для бизнеса и общества, например, использование более качественных и экологических материалов для дорожного строительства, таких как вспененный битум, повторное использование переработанных строительных материалов и т. д. Передовые технологии включают в себя автоматизированные компьютеризированные системы анализа движения потока, имеющие наиболее совершенные базы данных, использование солнечной электроэнергии т. д. Кроме того, государственные расходы на строительство дорог и их техническое обслуживание довольно высоки, поэтому необходимо также использовать инновации для поиска методов строительства, которые будут экономически эффективными.

**Пористое дорожное покрытие** - новое развитие экологически чистой технологии дорожного строительства. Оно содержит больше щебня и меньше битума, чем традиционный асфальт. Такая комбинация обеспечивает более высокое количество воздушных пустот в асфальтированной поверхности, в результате чего она, более проницаема, чем обычный асфальт. Пористое покрытие позволяет дождевой воде проходить через его пустоты в основание под ним и далее отфильтровываться в грунтовые воды, а не скапливаться на поверхности.



Рисунок 8.1. – Укладка пористого дорожного покрытия

**Антиобледенительная обработка дорог** (не путать с противогололедным покрытием) в последние годы приобретает все большее распространение, о чем свидетельствует все более часто наблюдаемый вид грузовиков, распыляющих соляной рассол перед крупными снегопадами. Антиобледенение предотвращает прилипание замерзших осадков к поверхности дороги. В некоторых случаях антиобледенение может значительно снизить затраты на поддержание безопасного дорожного покрытия по сравнению с обычным противогололедным покрытием. Основным антиобледенительным материалом является насыщенный раствор дорожной соли в воде, называемый рассолом.



Рисунок 8.2. – Антиобледенительная обработка дорог

[К оглавлению](#)

Антиобледенение имеет ряд преимуществ:

- поверхность дороги никогда не становится непроходимой.
- антиобледенение быстрее приводит дорожные покрытия в нормальное состояние, что приводит к меньшему количеству аварий и задержек.
- дорожные службы могут охватить больше территории, начав обработку дорог до снегопада.
- соль используется более эффективно, потому что жидкий рассол не отскакивает и не сдувается с дорожного покрытия. Это экономит деньги и минимизирует потери, наносимые окружающей среде.
- если снегопад задерживается, остатки соли остаются на дороге, до наступления непогоды.

**Пропиточный состав для защиты бетона «Олекор».** Применение противогололедных материалов для **повышения безопасности дорожного движения в зимний период**, ухудшение экологической обстановки и усиление в связи с этим вредного воздействия агрессивных факторов окружающей среды приводит к интенсивному износу бетонных и железобетонных сооружений на автомобильных дорогах. В этом случае большое значение приобретает вторичная защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии, которая заключается в ограничении или исключении воздействия агрессивной среды на конструкции после их изготовления или в процессе эксплуатации. Разработан пропиточный состав «Олекор», который предназначен для эффективной вторичной защиты от коррозии бетонных и железобетонных конструкций эксплуатируемых и вновь вводимых в эксплуатацию мостовых, и дорожных сооружений.

Состав «Олекор» предназначен для антикоррозионной защиты бетонных и железобетонных конструкций автомобильных дорог от воздействия агрессивных факторов внешней среды и противогололедных химических реагентов. Применяется для защиты бетона конструкций, подвергающихся в процессе эксплуатации воздействию противогололедных химических реагентов, на вновь построенных и эксплуатируемых мостовых сооружениях. Пропитка поверхностного слоя бетона защищаемых конструкций составом «Олекор» позволяет:

- снизить водопоглощение бетона в 6–10 раз;
- проницаемость хлор-ионами в 2,5 раза;
- повысить морозостойкость бетона мостовых конструкций на 2–3 марки.

[к оглавлению](#)

Наносится на подготовленную защищаемую поверхность в виде водного раствора краскораспылителем или другим способом с применением приспособлений для окрасочных работ. Расход - от 0,5 до 0,8 л/м<sup>2</sup> обрабатываемой поверхности.

[К оглавлению](#)

## Тема 9. Инновации в проектировании транспортных сооружений

### *Компьютерное моделирование и математическая обработка результатов. Компьютерные модели, их составление и расчет. 3D-сканирование транспортных сооружений*

Оборудование, применяемое при проектных работах

Проведение качественных измерений необходимо для любого объекта строительства. В настоящее время для измерений используется в основном электронное или лазерное оборудование, а полученные результаты подлежат обработке в специальных программах.

С помощью геодезических измерений выполняется сопровождение строительства автомобильных дорог, такие как – вынос осей трассы, вынос проектных отметок в натуру, расчет объемов земляных работ, составление исполнительных схем и другое.

Анализируя опыт зарубежных стран, можно сделать вывод, что качество изысканий влияет на срок службы и качество выполняемых работ, расход материалов и т.д. Все работы ведутся согласно установленным правилам изысканий.

С каждым годом стремительно развивается изобретение нового геодезического оборудования и программного обеспечения, благодаря которым удастся выполнять быстрее и эффективнее полевые измерения, а также значительно ускорить их обработку. Рассмотрим некоторые из приборов, которые могут применяться при проведении инженерно-геодезических работ.

Роботизированные тахеометры – современные электронные тахеометры, снабженные сервоприводами, дистанционным компьютерным управлением, системами автоматического слежения за целью и набором универсальных полевых геодезических программ и обеспечивающие прямой обмен информацией с полевыми и базовыми персональными компьютерами.

Роботизированный тахеометр позволяет осуществлять:

автоматическое измерение точек местности (объекта) в пределах выбранной прямоугольной области с заданным шагом (по указанному расстоянию между точками);

автоматическое измерение ранее измеренных мишеней с заданной периодичностью и автоматической записью данных в память прибора;

автоматические измерения по движущейся мишени с записью данных в память прибора через заданный интервал времени;

работу с проектами (создание, удаление, настройка);

импорт, экспорт данных различных форматов;

определение координат;

[К оглавлению](#)

обратную засечку;  
измерение недоступных расстояний и превышений;  
обмер рулеткой;  
измерения со смещениями;  
вынос на местность: точек, линий, точек относительно базиса, пересечений, кривых, спиралей, ЦМР, точек в направлении, трасс и т.д.;  
рисовку простейших элементов в процессе работы и т.д. Видимый лазерный луч малого диаметра позволяет производить измерения сквозь препятствия.

Актуальная линейка тахеометров компании Trimble серии Trimble S включает в себя три модели приборов: S5, S7, S9.



Рисунок 9.1. - Роботизированные тахеометры линейки Trimble S

Основные технологии тахеометров Trimble S:

**SurePoint**

автоматически корректирует значения по ГК при проведении вертикали;  
автоматически корректирует значения по ВК при проведении горизонтали;

автоматически корректирует вертикальное наведение за ошибку наклона;  
автоматически исправляет коллимационные ошибки следящей системы;

автоматически исправляет ошибки коллимации и наклона горизонтальной оси вращения.

## ActiveTrack

использование активных целей позволяет избежать захвата посторонних отражателей, марок или прочих объектов, имеющих достаточную отражательную способность для идентификации Autolock;

современные активные цели имеют возможность связи с контроллером через беспроводный интерфейс Bluetooth для передачи информации в полевое ПО о состоянии электронного уровня, заряде батарей и проч.

## Vision

позволяет в реальном времени получать видеоизображение поля зрения прибора на контроллере;

визуализация отснятых объектов на видеоизображении;

собранные фотоизображения можно использовать для документирования традиционной съёмки, а также для выполнения фотограмметрической обработки.



Рисунок 9.2. - Технология Vision

## SureScan

позволяет осуществлять сбор массивов точек (облаков точек) для выбранного объекта, зоны, панорамы;

получение максимально подробной информации об исследуемом объекте;

собранные облака точек можно использовать для построения поверхностей и 3D-моделей, определения параметров формы и расположения, объёмов выработки, градуировки резервуаров и многого другого.

[К оглавлению](#)

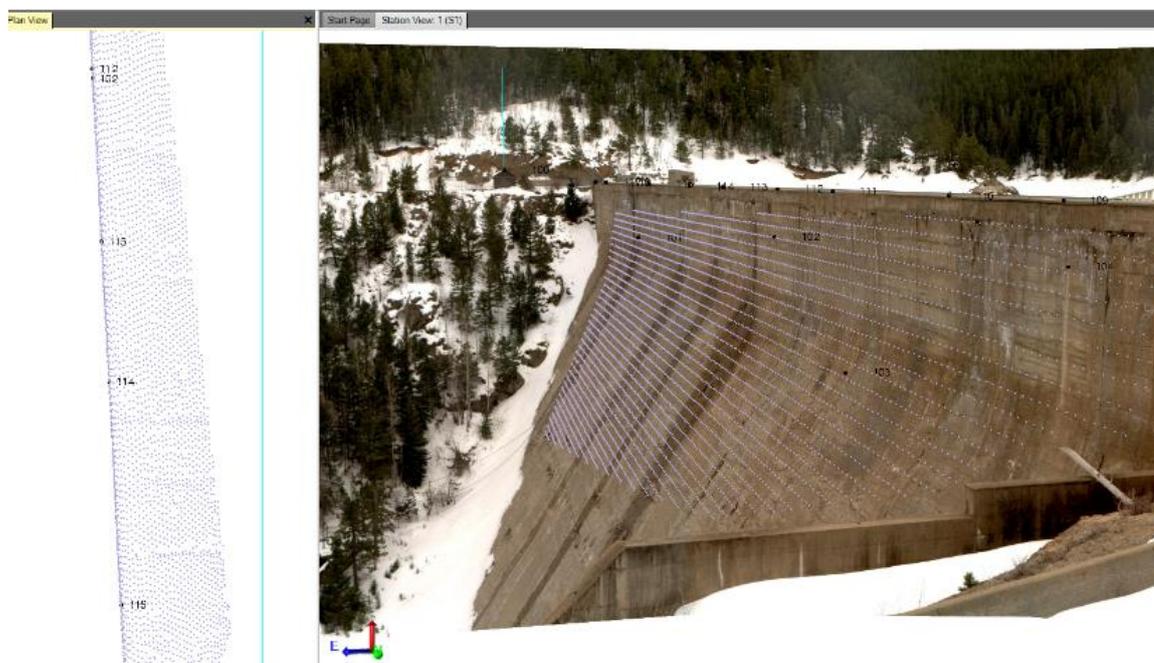


Рисунок 9.3. - Технология SureScan

### ***Спутниковые системы позиционирования***

Спутниковая система навигации (GNSS) представляет собой комплексную электронно-техническую систему, которая состоит из совокупности наземного и космического оборудования. GNSS системы предназначены для определения географических координат и высоты различных объектов, а также параметров их движения. Принцип работы спутниковых систем навигации заключается в измерении расстояния от антенны на объекте, координаты которого необходимо получить, до спутников.



Рисунок 9.4. - Применение ГНСС приемника

ГНСС приемники получили широкое распространение в различных отраслях, в т. ч. в строительстве. Спутниковое геодезическое оборудование позволяет получать точные координаты точек и границы земельных участков во время съемки или при выносе проектов в натуру. Дифференциальная коррекция измерений при помощи отдельного дополнительного базового приемника или сети базовых станций системы точного позиционирования обеспечивает сантиметровую точность результатов в режиме реального времени. Это существенно повышает производительность труда и снижает издержки при выполнении работ.

GPS/GNSS приёмники отличаются качеством изготовления компонентов (особенно антенн), используемым программным обеспечением, режимами работы (например, RTK), наличием системы подавления помех

(многолучевости) и т.д.

Использование беспилотных летательных аппаратов значительно упрощает проведение работ, сокращает временные затраты, повышает общую эффективность. Преимущества беспилотного аппарата над традиционными методами инструментальной съёмки очевидны: для БПЛА не существует труднодоступных мест, водных препятствий, особенностей рельефа. Чем больше площадь съёмки, тем экономически выгоднее становится использование беспилотного аппарата.

БПЛА можно применять для следующих работ:

- создание цифровых моделей местности и рельефа призваны решать задачи топографии, вести подсчет объемов, разрабатывать проекты планировки территории. Использование дронов с применением цифровых фотокамер значительно упрощает задачу построения 3D-поверхностей;

- аэрофотосъемка с БПЛА — это комплекс работ, включающий различные процессы от фотографирования земной поверхности с летящего самолета до получения фотосхем или фотопланов снятой местности. На данный момент развитие АФС БПЛА является приоритетным для развития геодезических технологий. На беспилотные аппараты может быть установлено различное оборудование для проведения изыскательских работ.

- создание ортофотопланов – один из самых востребованных продуктов БПЛА. Обработка снимков происходит с помощью специальных программ. Беспилотный аппарат совершает полет в автоматическом режиме по заданному курсу.

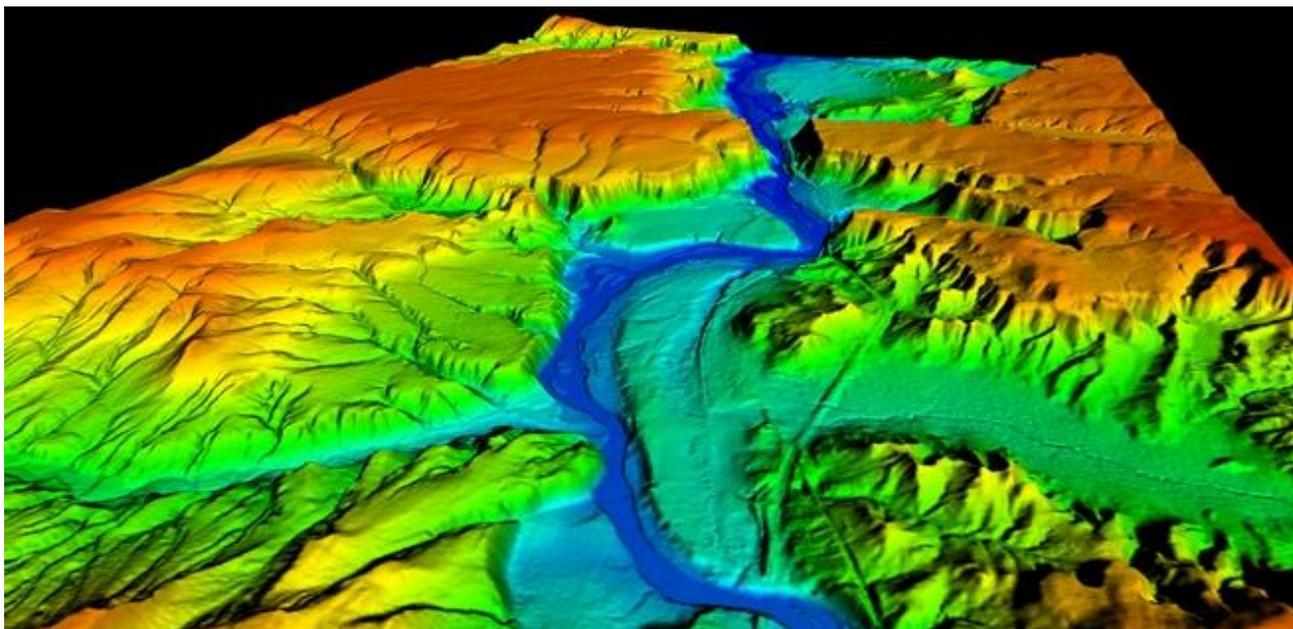


Рисунок 9.5. - Цифровая модель рельефа

[к оглавлению](#)



Рисунок 9.6. - Аэрофотосъемка участка



Рисунок 9.7. - Ортофотоплан

В настоящее время появляются бюджетные модели БПЛА, полученные доработкой любительских дронов до уровня профессиональных. Например, модель Topodrone DJI Phantom 4 Pro v2.0 L1/L2 RTK/PPK, разработанная компанией Topodrone.

[к оглавлению](#)



Рисунок 9.8. - Дрон DJI Phantom 4 Pro v2.0 L1/L2 RTK/PPK

- Основные характеристики и возможности:
- автоматическое выполнение съёмки и стабильный приём сигнала;
  - двухчастотный L1/L2 GNSS RTK/PPK приёмник на борту;
  - интеграция ГНСС приёмника с модифицированной камерой DJI Phantom 4 (20 Мп);
  - без вмешательства в конструкцию дрона, сохраняется гарантия производителя;
  - съёмная антенна позволяет использовать стандартный транспортировочный кейс;
  - датчики обнаружения препятствий защищают дрон от нештатных ситуаций;
  - точность до 3 см по x, y, z при пост-обработке без использования опорных точек;
  - поддержка современного ПО для планирования и выполнения миссий (Pix4Dcapture, Map Pilot, GS Pro);
  - поддержка фотограмметрических продуктов: Agisoft Metashape, Pix4Dmapper, Bentley Context Capture.

[К оглавлению](#)

В сентябре 2019 года, в г. Штутгарт проходила выставка INTERGEO 2019, где были представлены различные новинки. Приведем некоторые из них.

Компанией Tiny Mobile Robots был представлен беспилотный автодрон, способный отмечать точки для разбивки. Точки можно внести как в текстовом режиме, так и файлов в формате dxf, xml, geo. На дрон можно установить антенну GNSS приемника, либо следить за ним при помощи роботизированного тахеометра.



Рисунок 9.9. - Роботизированный тахеометр



Рисунок 9.10. - Дрон TinyPreMarker

Дрон может рисовать как точки, так и линии. Скорость разбивки – до 600 точек в час, в день дрон может проезжать до 32 километров. Данная модель может ускорить процесс полевых работ при межевании, при разметке автодорог, при разметке аэродромов.

Израильская компания Cividrone представила квадрокоптер с механизмом, способным проводить автоматическую разбивку. На борт дрона можно подгрузить либо координаты точек, либо dxf файл. Дрон будет выносить точки в режиме RTK с сантиметровой точностью. Технология все еще дорабатывается, в настоящее время продажа данной модели доступна в США и Израиле. Также прорабатывается вариант для выноса точек на твердые поверхности, такие как бетон и асфальт.



Рисунок 9.11. - Квадрокоптер Civdrone

Компания Dibit разработало устройство для инспекции и съемки тоннелей, последующей постройки 3D модели. Оно включает 10 камер, повернутых таким образом, чтобы осуществлялись снимки в диапазоне 360°, снаружи все устройство покрывают диоды, для обеспечения хорошего и качественного света, чтобы камеры успевали фотографировать с герцовой 100 кадров в секунду. Устройство разработано не для продажи, а для оказания услуг по инспекции тоннелей по Европе.

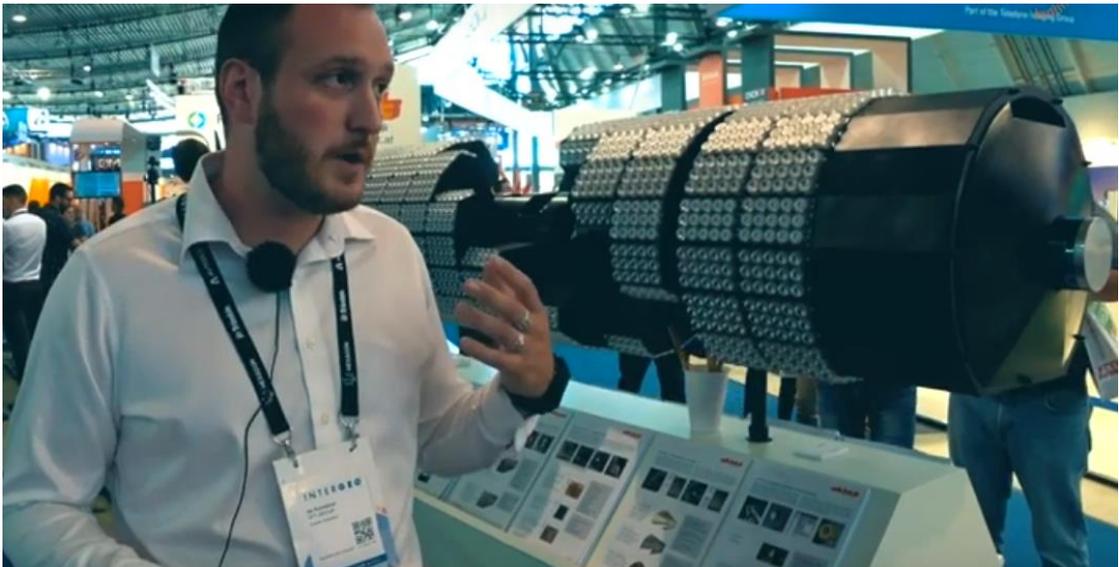


Рисунок 9.12 - Устройство компании Dibat

## *Система Trimble SiteVision 2*

При помощи данного устройства можно посмотреть на местности будущий проект сооружения. Модель подгружается в формате ifc.

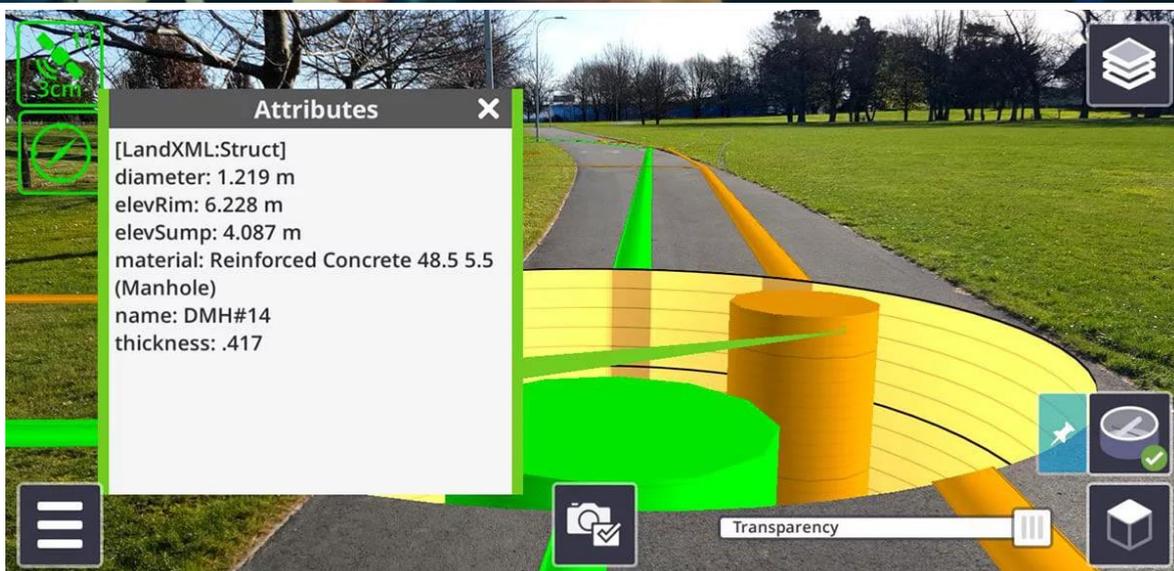


Рисунок 9.13. - Работа системы Trimble SiteVision

## *Портативный сканер Leica BLK2Go*

Leica BLK2Go – портативный беспроводной 3D-сканер с компактными габаритами, предназначенный для сканирования окружающего пространства в режиме реального времени с шестью степенями свободы (6DOF). Сканер Leica BLK2Go характеризуется простотой использования, высокой скоростью работы и максимальной эффективностью захвата рельефа и глубины объектов с любой геометрической сложностью. Благодаря этому, Leica BLK2Go оперативно оцифровывает изображение и формирует 3D-облака точек для их последующей обработки в графических редакторах.

Изображение выводится на экран телефона в реальном времени, скорость съемки 700 000/сек. Облако точек создается с точностью 15 мм. Дальность действия – 30 м.



Рисунок 9.14. - Портативный сканер Leica BLK2Go

Лазерный 3D-сканер Leica BLK2Go выполнен в форм-факторе автономного беспроводного устройства с удобной овальной ручкой-прорезью, позволяющей удерживать гаджет одной рукой. Корпус сканера изготовлен из облегченных алюминиевых сплавов, благодаря чему даже в комплекте с батареей общий вес устройства не превышает 775 грамм.

***Использование инновационных технологий в наблюдениях за геодинамическими явлениями на территориях горнодобывающих комплексов***

Геодинамика – научная дисциплина о динамических процессах, происходящих в системе «планета Земля», и о силовых полях, обуславливающих эти процессы. Основная теоретическая задача геодинамики состоит в том, чтобы, зная силовые поля, определять характер динамических процессов, происходящих под их воздействием, в теле, литосфере, и атмосфере Земли. Геодинамика, изучая динамику Земли, отчасти решает задачу определения характера силовых полей и их изменений во времени. Исходным материалом для изучения динамики Земли служат данные о фигуре (физической, гравитационной и динамической), внутреннем строении, литосфере, гидросфере и атмосфере Земли, солнечно-земные и лунно-земные связи, геогравитационное, геомагнитное, геотермическое и другие геофизические силовые поля, суточное вращение и годовое движение Земли.

[к оглавлению](#)

Для решения геодинимических задач требуется единая система отсчета – система геодезических координат ECRF и отсчета времени. Геодинимика как самостоятельная научная дисциплина развивается на стыке астрометрии, геодезии, геологии, геофизики, океанологии и других наук о Земле. В настоящее время совершенно ясно, что твердая, водная и воздушная оболочки Земли должны рассматриваться как единая динамическая система Земля-Космос, непрерывно изменяющаяся во времени. Наиболее стабильная часть этой системы – твердая оболочка Земли – тоже заметно меняет свою форму, в особенности на дне Мирового океана.

В результате недостаточных геодинимических исследований или неправильной добычи полезных ископаемых за последние 150 лет было затоплено более 80 калийных рудников:

- более 30 в Германии;
- 6 в Канаде;
- 2 в России (Пермский край).

В результате аварий две шахты одного из крупнейших в мире Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей были затоплены в 1986 и 2006 годах соответственно.

Основные факторы горно- и инженерно-геологических условий ведения добычных работ на калийных рудниках – особенно прочностные свойства водозащитной толщи пород, обусловленные повышенной степенью трещиноватости – определяются активностью новейшей тектоники и современной геодинимики и их проявлениями (геодинимическими активными зонами – ГАЗ), а также карстовыми процессами. Изучение их проводится в основном геолого-геофизическими и дистанционными методами. Методы аэрокосмогеологических исследований (АКГИ) в различных модификациях более 30 лет применяются в различных регионах мира.

В настоящее время в Республике Беларусь мониторинг геодинимических процессов осуществляется путем выполнения работ на основании инструментальных измерений высокоточными геодезическими приборами. Реализация такого подхода влечет значительные временные, трудовые и финансовые затраты. Такой подход не может быть и достаточно точным – реальную информацию о смещениях можно получить только в точке измерений или на нивелирном ходе, тогда как на всей территории данные получают путем интерполяции, а также надежным, поскольку за время между съемками могут произойти геодинимические и геомеханические изменения.

[к оглавлению](#)

Использование спутниковых радарных систем позволяет практически измерениями получить точную (миллиметровую) картину смещений земной поверхности и, таким образом, подтвердить и существенно уточнить расчетные ожидаемые параметры движения земной поверхности, возникающие при разработке месторождения.

Использование спутниковой радарной съемки позволяет:

получить точную картину смещений земной поверхности на всем участке и таким образом оценить техногенное влияние на окружающую среду в виде оседаний земной поверхности методами радиолокационной съемки;

подтвердить и существенно уточнить расчетные ожидаемые параметры вертикальных движений земной поверхности, возникающего при разработке месторождения;

осуществлять контроль за характером деформаций земной поверхности над обрабатываемыми участками месторождения.

Использование натуральных инструментальных измерений с использованием высокоточных геодезических приборов дает возможность верифицировать радарные данные, а совместное их использование позволяет с точностью до нескольких миллиметров получать численные значения смещений земной поверхности и их координаты на всей площади месторождения. Такая технология выполнения наблюдений для решения маркшейдерских задач на территории добычи калийных солей имеет преимущество по сравнению с традиционными геодезическими решениями, как по скорости получения результата, так и по стоимости.

Полученные результаты позволяют оценить влияние горного производства на окружающую среду путем прогнозирования изменения уровня и миграции загрязнений в подземных водах, снижения урожайности сельхозкультур в результате колебаний уровней грунтовых вод. Спутниковый мониторинг вертикальных смещений земной поверхности на данной территории может служить основой для последующей разработки природоохранных мероприятий.

### ***Инновационные технологии в аэрофотосъемке с беспилотных летательных аппаратов для составления цифровых моделей местности***

В связи с быстрым развитием космических и аэрокосмических технологий фотограмметрия как наука так же быстро выходит на новый уровень своего развития. За рубежом повсеместно используют новые методы аэрокосмических съёмок с использованием последнего передового оборудования.

[к оглавлению](#)

При этом новейшие технологии помогают не только оптимизировать процесс съёмки, обработки данных и составления по ним ортофотопланов и цифровых моделей местности, но также сэкономить средства на производства этих работ и уменьшить количество человеко-часов.

Обзор популярных специализированных программных продуктов для обработки данных с БПЛА для составления 3D моделей.

Рассмотрены основные настройки камеры на БПЛА, результаты аэрофотосъёмки которой будут использованы в создании цифровой модели местности. А также приведены сведения о БПЛА с модулем RTK, предназначенным для точного картографирования местности.

Актуальность применения беспилотных летательных аппаратов для создания цифровых моделей местности.

Цифровая модель местности – цифровая картографическая модель, содержащая данные об объектах местности и её характеристиках.

Цифровые модели местности формируют на основе использования материалов наземных и аэрокосмических изысканий, которые включают в себя лазерное сканирование, топографические и фотограмметрические съёмки.

Наиболее перспективным методом получения фотограмметрических данных является метод аэрофотосъёмки поверхности земли с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Беспилотные технологии берут свое начало в 20-м веке. Дорогостоящие комплексы первоначально использовались исключительно в военных целях. Однако в течение последнего десятилетия в области беспилотных технологий произошли большие изменения. Прогресс в производстве малых по размеру вычислительных систем, а также быстрое развитие спутниковой навигации позволили создавать малогабаритные БПЛА, с меньшей массой и стоимостью. В настоящее время наблюдается повсеместное внедрение беспилотных летательных аппаратов в различные области деятельности человека.

Данный вид аэрофотосъёмки прекрасно подходит для составления цифровых моделей местности.

Традиционный способ аэрофотосъёмки подразумевает использование крупногабаритных пилотируемых самолётов с подготовленным пилотом на борту. Данный способ затратный и имеет ряд ограничений из-за учёта габаритов самолёта и проведения съёмки исключительно при благоприятных условиях.

[к оглавлению](#)

Использование беспилотных летательных аппаратов имеет ряд преимуществ перед традиционным методом аэрофотосъемки: мобильность, высокое разрешение получаемых изображений, минимальное влияние человеческого фактора на погрешности съёмки, автоматизированность проводимых работ и малая трудозатратность.

Благодаря быстрой развёртываемости аппаратуры и оперативной подготовке к запуску БПЛА на выполнение полевых работ отводится меньшее время. Для запуска БПЛА не нужна специальная взлётно-посадочная площадка. На съёмку не повлияют атмосферные явления, такие как, например, облачность, так как БПЛА может летать при минимальной высоте в 150-200 метров, что позволяет находиться под облаками практически в любое время. Высокое разрешение получаемых снимков позволяет зафиксировать и в дальнейшем расшифровать мельчайшие детали рельефа и объекты даже сантиметровой точности. Определенно самым большим плюсом использования БПЛА является возможность детальной съёмки небольших объектов, так как данный вид аэрофотосъемки позволяет проводить работы по аэрофотосъемке небольших объектов и малых площадок там, где сделать это другим видам аэрофотосъемки нерентабельно, а в ряде случаев технически невозможно.

Совокупность данных факторов позволяет сделать вывод об актуальности на сегодняшний день использования беспилотных летательных аппаратов для проведения аэрофотосъёмок с целью составления цифровых моделей местности, которые в дальнейшем будут востребованы в землеустройстве, градостроительстве, картографировании, проектировании и строительстве уникальных инженерных сооружений.

### **Обзор специализированных программных продуктов для обработки данных с БПЛА для составления 3d-моделей**

Среди различных специализированных программных продуктов, представленных на рынке и поддерживающих функцию обработки данных с БПЛА, а также построение 3D-моделей, хочется отдельно выделить Agisoft PhotoScan, RealityCapture и Pix4D.

Agisoft PhotoScan - это автономный программный продукт, который выполняет фотограмметрическую обработку цифровых изображений и генерирует трехмерные пространственные данные для использования в приложениях ГИС, документирования культурного наследия и создания визуальных эффектов, а также для косвенных измерений объектов различного масштаба.

[к оглавлению](#)

Внедренная техника цифровой фотограмметрии, основанная на методах компьютерного зрения, приводит к интеллектуальной автоматизированной системе обработки, которой, с одной стороны, может управлять новичок в области фотограмметрии, но, с другой стороны, есть также, что предложить специалисту, который может приспособить рабочий процесс к многочисленным конкретным задачам и различным типам данных.

В программе Agisoft PhotoScan реализована современная технология создания трехмерных моделей высокого качества на основе цифровых фотографий. Для реконструкции 3D модели объекта Agisoft PhotoScan позволяет использовать фотографии, снятые любыми цифровыми фотокамерами с любых ракурсов (при условии, что каждый элемент реконструируемой сцены виден, по крайней мере, с двух позиций съемки). Процесс создания трехмерной модели полностью автоматизирован. Для моделей с заданным масштабом, Agisoft PhotoScan также позволяет измерять расстояния и рассчитывать площадь поверхности и объем. Масштабирование модели производится на основании предварительных измерений в пределах реконструируемой сцены.

RealityCapture (RC) – это программное обеспечение для фотограмметрии, которое создает 3D-модели из неупорядоченных фотографий (наземных и/или аэрофотоснимков) или лазерных сканирований без швов. Наиболее распространенными областями его текущего использования являются: искусство и архитектура, картография, визуальные эффекты (VFX) и виртуальная реальность (VR).

Он включает в себя:

- выравнивание изображений;
- автоматическую калибровку;
- вычисление полигональной сетки;
- раскраску, текстурирование;
- параллельные проекции;
- географическую привязку;
- преобразование системы координат;
- упрощение;
- масштабирование;
- фильтрацию;
- сглаживание;
- измерение;
- проверку и различные операции экспорта и импорта.

Программа может быть запущена из командной строки.

[К оглавлению](#)

Также имеется комплект разработчика программного обеспечения. RealityCapture может смешивать изображения с камеры и лазерное сканирование. Он разработан с целью уменьшения требования к съемочному оборудованию. Он работает линейно, что означает, что если объемы обрабатываемой информации удвоятся, то и время обработки также удвоится, что можно отнести к недостаткам этого программного продукта.

Pix4D – программное обеспечение для фотограмметрии, которое включает в себя несколько отдельных продуктов:

Pix4Dmapper - программное обеспечение для фотограмметрии для профессионального картографирования с дронов, уникальная среда, соединяющая исходные изображения с каждой точкой 3D-карты или 3D-модели для визуальной проверки и повышения точности проекта;

Pix4Dbim - 3D картографическое программное обеспечение для земляных работ и управления строительством, собирает изображения с помощью БПЛА и портативных камер;

Pix4Dcapture – приложение для планирования полетов дронов для оптимального трехмерного картографирования и моделирования;

Pix4Dengine – это набор программных модулей, связывающих с помощью нескольких строк кода рабочие процессы и приложения для моделирования реальности с изображениями с любого устройства, включая БПЛА или портативные камеры;

Pix4Dfields – программное обеспечение для составления карт сельского хозяйства, для анализа воздушных культур и цифрового земледелия;

Pix4Dmodel – программное обеспечение для создания 3D-моделей из изображений с БПЛА;

Pix4Dreact – 2D моментальное картографирование для аварийных служб и общественной безопасности;

Pix4Dsurvey – программное обеспечение для использования фотограмметрической модели как системы автоматизированного проектирования.

На территории Республики Беларусь большее распространение получил программный продукт Agisoft PhotoScan, так как его среда русифицирована и интуитивно понятна, он подходит для решения большинства задач согласно техническому заданию по созданию цифровых моделей местности.

**Возможности встроенного в БПЛА модуля RTK для точного позиционирования.**

Для составления цифровой модели местности необходимо проведение высокоточной картографической съемки.

[К оглавлению](#)

С этой целью целесообразно использовать БПЛА со встроенным модулем RTK. Например, специально разработанный для картографии и геодезии, мощный и компактный дрон Phantom 4 Pro (рис.4) марки DJI, которая известна своими дронами профессиональной серии DJI Matrice 200.



Рисунок 9.15. - DJI Phantom 4 RTK с пультом управления

Ранее необходимо было задавать до 40 точек маршрута на квадратный километр, в итоге съемка могла занять несколько часов. DJI Phantom 4 RTK способен осуществлять навигацию и позиционирование с точностью до сантиметра, с минимальной абсолютной погрешностью метаданных изображения. Он обладает мощной системой обработки изображений.

Модуль позиционирования RTK (включает в себя GPS L1 L2, GLONASS L1 L2, Galileo E1 E5a и BeiDou B1 B2) позволяет минимизировать количество точек, а следовательно, экономит как минимум 75% времени, затрачиваемого на настройку параметров. Под приемником RTK расположен модуль спутниковых систем позиционирования (GNSS), обеспечивающий стабильность полета в местности со слабым сигналом, например, в крупных городах.

Совмещение этих двух модулей DJI Phantom 4 RTK способствует безопасности полета и получению точных данных для геодезии и картографии.

Точность позиционирования RTK модуля в горизонтальной плоскости: 1 см+1 мд; точность позиционирования в вертикальной плоскости: 1,5 см+1 мд.

Phantom 4 RTK можно легко внедрить в любой процесс, подсоединив систему позиционирования к мобильной станции D-RTK 2 (рис.9.16) при помощи модема 4G или WiFi, используя протокол NTRIP (сетевая передача RTCM через интернет). Мобильная станция D-RTK 2 передает дифференциальный сигнал в Phantom 4 RTK в режиме реального времени, что позволяет получить точные данные при картографировании. Благодаря прочной конструкции мобильной станции и системе передачи данных OcuSync пользователи Phantom 4 RTK получают данные с точностью до сантиметра даже в сложных условиях.



Рисунок 9.16. - Мобильная станция D-RTK 2

Для более эффективного использования модулей позиционирования Phantom 4 RTK была создана система TimeSync. Она обеспечивает постоянную связь между полетным контроллером, камерой и модулем RTK. Система TimeSync позволяет DJI Phantom 4 RTK учитывать заводские настройки объектива в сочетании с данными местоположения, высоты и т.д. для каждого снимка, отправляя данные в центр матрицы CMOS и оптимизируя результаты фотограмметрии.

Благодаря большой матрице с диагональю 1" с разрешением 20Мп и механическому затвору стало возможно получать четкие изображения даже в движении для идеального выполнения любой задачи, будь то картографирование или сбор данных. Такое высокое разрешение матрицы позволяет получать наземное разрешение 2,74 см с высоты 100м.

С целью достижения максимальной точности, объектив каждого летательного аппарата Phantom 4 RTK проходит процесс калибровки с измерением радиальной и тангенциальной дисторсии. Параметры искажения сохраняются в метаданных каждого изображения, что позволяет применить индивидуальный подход в каждом отдельном случае при обработке снимков.

Система передачи видео OcuSync Phantom 4 RTK обеспечивает стабильное соединение дрона с пультом дистанционного управления и является помехоустойчивой. Передача видео 720p осуществляется на расстоянии до 7 км, что идеально для картографирования больших площадей. 30 минут полетного времени позволяет пилоту выполнять длительные задачи без необходимости посадки дрона для заряда аккумуляторов. Даже если задачу невозможно завершить на одном аккумуляторе - в приложении GS RTK доступна функция продолжения съемки (Operation Resumption), которая позволяет продолжить работу с того же места после замены аккумулятора.

Приложение GS RTK позволяет пилотам осуществлять управление Phantom 4 RTK в двух режимах: «Фотограмметрия» и «Полет по точкам». В них можно составить маршрут и одновременно регулировать степень наложения кадров, скорость, параметры камеры и т.д. в процессе картографирования.

Приложение GS RTK имеет множество полезных функций для картографирования и инспекций. Файлы KLM, используемые для планирования полета, можно загрузить прямо в приложение. Режим приоритета выдержки автоматически контролирует экспозицию на всех снимках. В случае возникновения неблагоприятных условий, например, сильного ветра, пилот получит предупреждение в приложении.

### **Совмещение фотограмметрической и лидарной съемок**

Компания Eхun Technologies разработала систему, позволяющую дронам совершать автономные полеты в опасных местах и составлять 3D-карты. Благодаря этой технологии дроны «видят» в темноте и исследуют шахты.

БПЛА использует встроенные датчики и камеры, чтобы просканировать территорию. Он может анализировать 300 000 точек пространства в секунду и составлять карту по мере движения. В отличие от большинства дронов, этот аппарат не использует GPS, так как в пещерах или шахтах навигация не работает. Вместо этого в систему встроены лидарные датчики, схожие с теми, которые установлены в автономных машинах.

На лидаре для БПЛА устанавливается лазерный дальномер для измерения высоты точек местности под БПЛА. В чем, собственно, и состоит суть лидара (активный дальномер оптического диапазона). Лидарные дальномеры могут покрывать сотни квадратных километров в день. При измерении 10-80 точек на квадратный метр, можно создать очень подробную цифровую модель местности.

Датчики лидаров могут проникать сквозь лесной покров и растительность, что позволяет снимать скрытый рельеф местности, который не виден со спутников, а также достаточно подробно снимать почвенный покров, обеспечивая категоризацию и контроль изменения растительности.

Применение фотограмметрического и лидарного картографирования с БПЛА позволило создать множество продуктов с использованием аэрофотоснимков. К таким продуктам относятся:

Технологии DEM / DTM / DSM (для моделирования поверхности)

Ортофотосъемка (аэроснимки с геопространственной коррекцией)

3D-модели зданий

Контурные карты

Съемка планиметрических особенностей (края дороги, возвышенности, объекты, застроенные участки и т. д.)

### **Пространственные исследования**

Ниже перечислены основные области применения фотограмметрического и лидарного картографирования. Для осуществления проектов в данных областях с успехом используются 3D-изображения. Экономия также достигается в результате повышения эффективности и снижения затрат по сравнению с использованием самолетов.

Управление и планирование в области лесного хозяйства

Создание моделей наводнений

Создание моделей загрязнений

Топографическая съёмка и картография

Градостроительное проектирование

Съёмка побережья

Транспортное планирование

Нефте- и газоразведка

Разработка карьеров и добыча полезных ископаемых (расчёт параметров и разведка)

Археология

Проектирование сотовых сетей.

## **Особенности настройки параметров камеры на БПЛА для аэрофотосъёмки с целью создания ЦММ**

С плохими фотографиями сложно получить хорошее качество 3D-моделей даже при наличии отличного программного обеспечения. Фотографии должны иметь максимальную резкость. При увеличении аэрофотоснимка, мелкие детали получаются размытыми. Это необходимо учитывать, если требуется улучшить качество 3D-изображения.

Программное обеспечение должно получать информацию только с высоким разрешением. Если при картографировании скульптуры или здания задний план не нужен, то его необходимо замаскировать.

Если какое-то изображение не совпадает или не является правильно выровненным в ряду других изображений, то его всегда можно удалить. Все-таки вы умнее программного обеспечения, которое будет сшивать все изображения. Убрав некачественные или не выровненные фотографии до начала работы программного обеспечения, вы облегчите его работу, и фотограмметрическое 3D-изображение получится максимально ровным. Если плохих фотографий не будет при съемке, то их не будет на сетке и в 3D-изображении. Удостоверьтесь в полном охвате того, что вам необходимо, со всеми деталями, так как повторная съемка в одинаковых условиях – сложная задача.

Использование БПЛА для картографирования в строительстве имеет множество преимуществ. Они значительно упрощают рабочий процесс. 3D-моделирование возможно и при традиционных методах картографирования, но получаемые при помощи БПЛА цифровые модели местности или рельефа обеспечивают более высокую плотность точек, а следовательно, и более детальное изображение.

Создание карт с применением лидаров и фотограмметрических систем, установленных на БПЛА, становится все более распространенным, так как БПЛА с поддержкой GPS для аэрофотосъемки обходятся намного дешевле, чем аэрофотосъемка для фотограмметрии.

Поскольку беспилотные летательные аппараты относительно недороги, многие организации имеют возможность держать собственный отдел, что позволит им при необходимости быстро проводить съёмку местности на большой территории. С помощью дронов, оборудованных GPS, цифровыми камерами и мощными компьютерами, вполне возможна съемка с точностью до 1-2 см.

[к оглавлению](#)

Использование программного обеспечения для автоматизированного проектирования произвело революцию в проектировании шоссе в начале 90-х. Стандартизированные цифровые форматы данных позволили инженерам обмениваться проектами на различных уровнях планирования. После компьютеризации процесса проектирования горизонтальное планирование, профили поперечных сечений и объем земляных работ могут быть легко рассчитаны для многих вариантов строительства.

В наше время практически все расчеты строительных конструкций выполняются с помощью специализированных программ. Эти программы имеют простой интерфейс, позволяют выполнить сложнейшие вычисления, и многие современные инженеры уже давно забыли, как эти расчеты выполняются «вручную». Если раньше результаты этих расчетов проверялись вручную, при проектировании ответственных конструкций, то теперь проверяются в другой программе. Если две программы показали одинаковый результат, значит расчеты правильные. Такой подход к расчетам у современных инженеров. Хорошо это или плохо, это отдельный вопрос. Уметь выполнять расчеты «вручную», конечно, важно, т.к. при конструировании инженер, понимающий формулы расчета конструкций, более оптимально придумает конструктивное решение.

Часто бывает, что сложность конструкций не позволяет выполнить проверочный расчет «вручную» и требуется проверка расчета в другой программе. В связи с этим мы рассмотрим программы для расчета строительных конструкций, что бы при необходимости можно было подобрать аналог программы для проверочного расчета.

### **Программы для расчета строительных конструкций**

Autodesk Robot Structural Analysis Professional - программа выполняет расчеты методом конечных элементов. Позволяет выполнить статический и динамический расчет. Программа может рассчитывать стержни, плиты, оболочки и объемные элементы. Хорошо подойдет для расчета стальных, алюминиевых и железобетонных конструкций, а также основания (грунты).

SOFiSTiK - мощный программный комплекс для расчета строительных конструкций любой сложности. Позволяет выполнить расчеты всех типов зданий, мостов, туннелей, мачт и других сооружений, а также оснований. В комплексе реализуется комплексный анализ «грунт-сооружения».

SCAD Office - позволяет выполнить всевозможные расчеты строительных конструкций и оснований (грунтов). Программный продукт содержит небольшие приложения, которые позволяют быстро выполнять расчеты отдельных конструкций: балки, колонны, грунты и т.п.

ЛИРА - полноценный аналог программы SCAD. Обладает практически теми же самыми возможностями. При расчете ответственных конструкций имеет смысл выполнить расчеты в этих программах, сравнить результаты и если они совпадают, то вполне можно верить.

МОНОМАХ-САПР - позволяет проектировать железобетонные, каменные и армокаменные конструкции.

Программы ООО «Еврософт» - программный комплекс Старкон, в состав которого входят программы: Stark ES 2018 R3, Металл 4.2, Одиссей 2.0, TouchAt/Poseidon 2.0. Комплекс позволяет выполнить расчеты строительных конструкций, фундаментов, оснований.

ООО «ФОК Софт» - программные продукты для расчета строительных конструкций: ФОК Комплекс; ФОК Комплекс Столб; ФОК Комплекс Лента; ФОК Комплекс Парус; ФОК Комплекс Столб+Лента. Эти программы позволяют выполнить весь комплекс инженерных расчетов.

ООО «Центр развития систем автоматизированного проектирования «Сапротон» - Российская компания по разработке программного обеспечения предоставляет следующие программные продукты: NormCAD, NormFEM. Программы позволяют выполнить весь комплекс инженерных расчетов.

Компания НТЦ «АПМ» зарегистрирована в инновационном центре «Сколково» и представляет передовые технологии в расчетах строительных конструкций. Компания разработала следующие программные продукты: APM Multiphysics; APM WinMachine; APM StructFEM; APM Mechanic; APM EMA; APM FGA; APM ECA; APM FEM; APM Civil Engineering. С помощью этих программ можно выполнить полный комплекс инженерных расчетов.

Компания ООО «ТЕХСОФТ» – компания по разработке программного обеспечения для инженерных расчетов. Программа продает по небольшим ценам следующие продукты: • MicroFe-СДК, Статика, COSTRUC (Сталебетон), ViCADo.

Компания ООО «ИнжПроектСтрой» (группу компаний Malinin Group) - Компания представляет следующие программные продукты: COSTRUC (Сталебетон); GeoSoft (геотехнические расчеты); GeoAnchor (расчет анкеров); GeoPile (расчет свай TITAN); GeoPlate (расчет осадки фундаментов); GeoStab (расчет откосов и котлованов), GeoWall (расчет ограждения котлованов).

[К Оглавлению](#)

MSC Nastran - обеспечивает полный набор расчетов, включая расчет напряженно-деформированного состояния, запасов прочности, собственных частот и форм колебаний, анализ устойчивости, исследование установившихся и неустановившихся динамических процессов, решение задач теплопередачи, акустических явлений, нелинейных статических и нелинейных переходных процессов, анализ сложного контактного взаимодействия, расчет критических частот и вибраций роторных машин, анализ частотных характеристик при воздействии случайных нагрузок и импульсного широкополосного воздействия, исследование аэроупругости на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Предусмотрена возможность моделирования практически всех типов материалов, включая композитные и гиперупругие. В состав расширенных функций входит технология суперэлементов (подконструкций), включая продвинутые методы динамических конденсаций, модальный синтез и развитые методы анализа динамики сложных структур на основе суперэлементов.

Autodesk Inventor Nastran (Nastran In-CAD) – это расчетная система для проведения прочностных и тепловых расчетов деталей и узлов непосредственно в среде Autodesk Inventor. Тесная интеграция этих двух программ позволяет значительно упростить проектирование изделий и сократить время разработки.

Autodesk Robot Structural Analysis - это комплекс конечно-элементного расчета и проектирования, созданный специально для инженеров-конструкторов в области строительного проектирования. Продукт представляет собой решение «всё в одном», предлагая специалистам, выполняющим прочностные расчеты, инструменты для решения различных задач.

Autodesk Robot Structural Analysis является результатом многолетнего развития и опыта использования этого продукта. Первой коммерческой версией решения компании Robobat стал вышедший в 1985 году Robot Structures. Спустя шесть лет следующая версия Robot Structures под названием Robot V6 поставлялась уже в 40 стран мира. Далее были версии Robot 97 и Robot Millennium. С каждой новой версией программа делала шаг вперед как в функциональности, так и в удобстве использования. Всё это в 2008 году привело к тому, что права на программу приобрел всемирно известный лидер в области САПР - компания Autodesk. Тогда она получила название Autodesk Robot Structural Analysis и стала важным звеном комплексного BIM-решения Autodesk.

[К Оглавлению](#)

За годы применения в различных строительных проектах, среди которых такие грандиозные, как олимпийский стадион «Спирос Луис» в Афинах, стадионы «Уэмбли» в Лондоне и «Стад де Франс» в Париже, виадук «Милло» во Франции, и многие другие, программный продукт продемонстрировал свои выдающиеся возможности, что является для него самой лучшей рекомендацией.

Основные функции Autodesk Robot Structural Analysis. Он позволяет работать на большом количестве языков, используя различные нормы проектирования. Autodesk Robot Structural Analysis - это уникальное приложение, в котором можно независимо задавать региональные настройки (нормы, базы данных), рабочий язык и язык распечатки.

Прежде всего, следует отметить удобный и дружелюбный интерфейс, который может быть настроен пользователем в соответствии с его требованиями, начиная от языка, цвета рабочего экрана и меню до необходимых единиц измерения и стилей печати.

Создание модели конструкции является одним из самых трудоемких этапов при подготовке к процессу расчета. Назначение разбивочных осей позволяет необходимым образом разметить рабочее пространство модели для удобства при дальнейшем размещении конструктивных элементов.

Доступны следующие типы конструкций:

- стержневые (фермы, рамы, ростверки с учетом упругого основания);
- поверхностные (пластины, оболочки, плоское напряженное состояние, плоская деформация, осевая симметрия);
- конструкции из объемных элементов;
- смешанные конструкции (стержни + плиты /оболочки + объемные элементы).

Базы данных металлопроката позволяют использовать необходимые типы сечений разных стран, в том числе СНГ и России, а конструктор сечений помогает в нестандартных ситуациях.

Программа предлагает очень широкие возможности по выбору материалов для элементов конструкций - как стандартных, взятых из готовых библиотек, так и заданных по определенным параметрам самим пользователем. Кроме того, можно использовать библиотеки типовых конструкций для быстрого параметрического моделирования таких объектов, как фермы различной геометрии, рамные конструкции, плиты и оболочки.

Панель редактирования дает возможность пользоваться привычными для любого графического редактора опциями перемещения, вращения, копирования, разделения и т.д.

Разнообразные варианты определения и приложения нагрузок позволяют задавать всевозможные воздействия (статические, динамические, сейсмические, гармонические, температурные, подвижные) на расчетную конструкцию. Библиотека основных нагрузок от стандартных строительных материалов обеспечивает ускорение процесса определения и назначения веса на покрытия и перекрытия. В процессе расчета используются как автоматические, согласно выбранным нормам, так и ручные сочетания нагрузок.

Широк и набор граничных условий, позволяющий в полной мере воспроизвести модель опирания конструкции.

Одним из важнейших преимуществ программы, является автоматизированное, использующее самые передовые алгоритмы разбиение сетки КЭ. Сетка выполняется быстро и качественно. Ручное создание параметров сетки КЭ может быть выполнено независимо для каждой пластины с применением методов Кунса и Делано в тех случаях, когда в этом есть необходимость. Для поверхностных элементов выполняется разбиение сетки на трех и четырехугольные КЭ, для объемных элементов - на четырех и восьмиугольные КЭ. В характеристических точках для сгущения сетки КЭ применяются эмиттеры (рисунок 9.17).

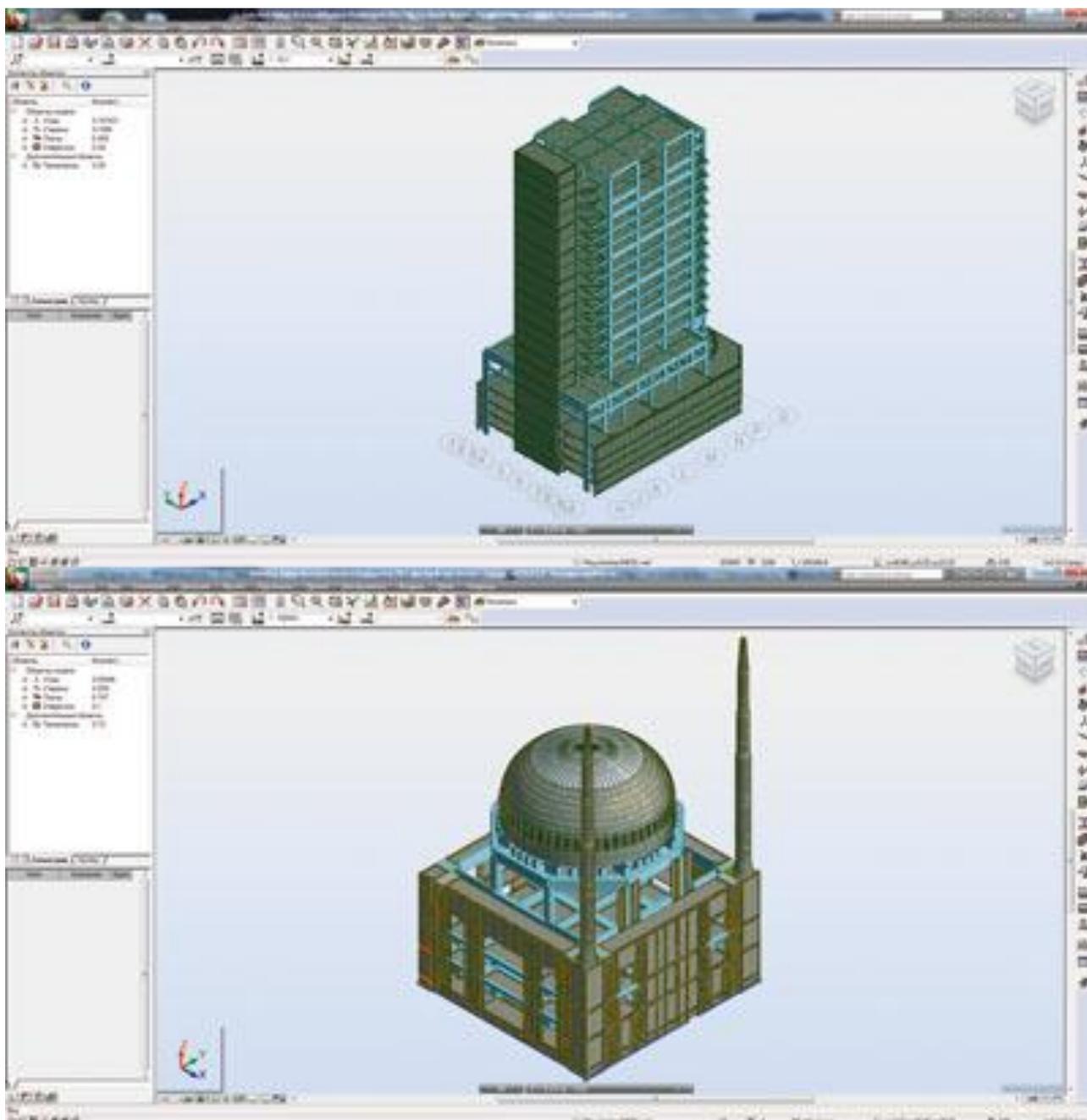


Рис. 9.17. - Разбивка сетки КЭ

Типы выполняемых расчетов весьма многообразны. Среди них - статический расчет (линейный и нелинейный), динамический расчет (расчет форм колебаний, гармонический, сейсмический, спектральный, временной), анализ предельного равновесия. Применение передовых расчетных алгоритмов обеспечивает ускорение и оптимизацию расчетов на современных многоядерных процессорах (рисунок 9.18).

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

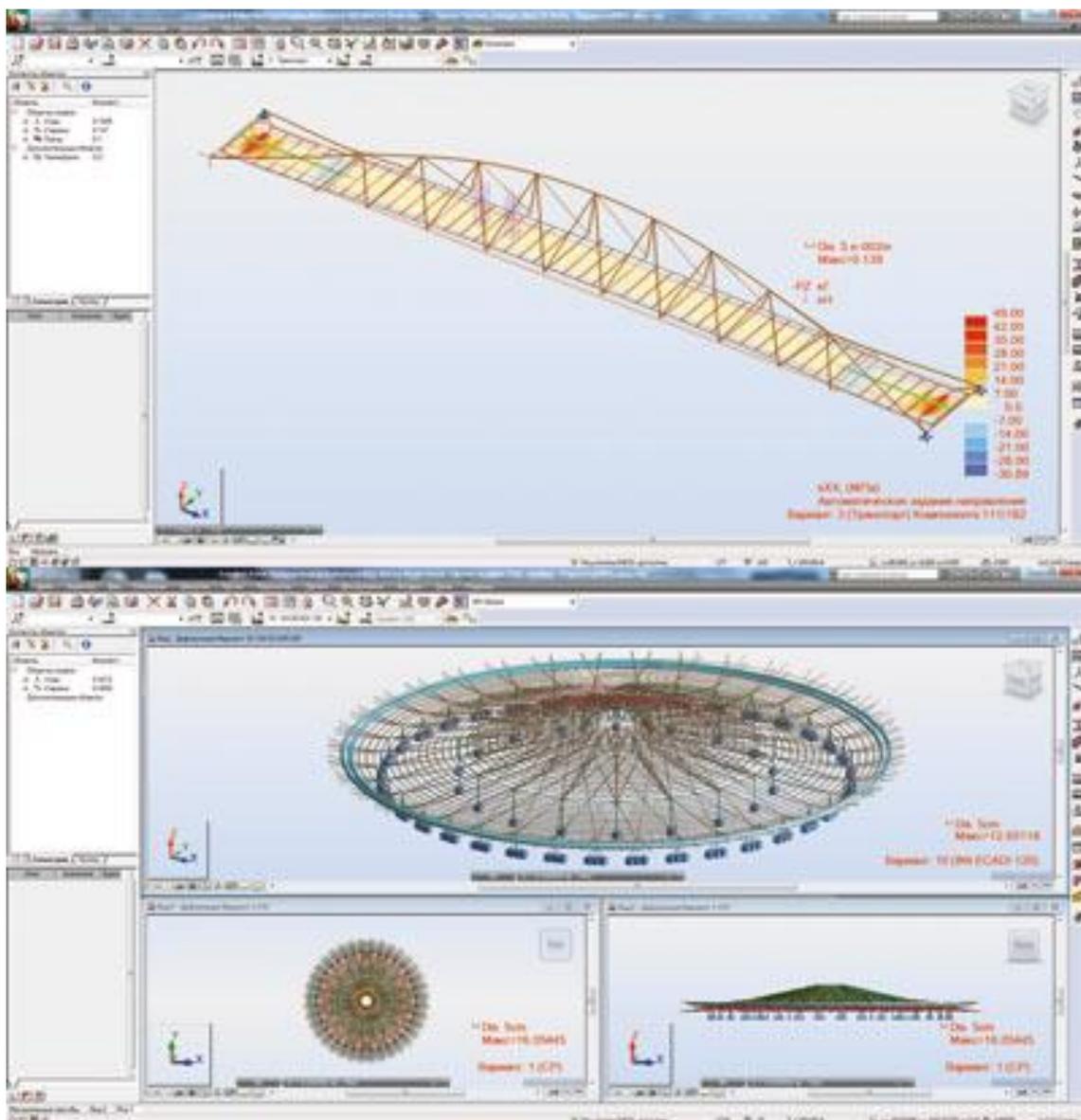


Рисунок 9.18. - Применение передовых расчетных алгоритмов

Результаты расчетов программа позволяет всесторонне исследовать с помощью графической информации (эпюр и карт), таблиц и анимации. Широкий спектр настроек фильтрации дает возможность анализировать только интересующую пользователя информацию, а многооконный режим отображения демонстрирует различные данные и проекции модели. Далее результаты расчетов можно использовать в модулях проектирования программы с применением национальных норм.

В модуле стального проектирования можно оптимизировать и подобрать реальные сечения элементов металлоконструкций на основе внутренних усилий, а также рассчитать узлы сопряжения элементов.

Модуль железобетонного проектирования позволяет определить теоретическую площадь армирования железобетонных элементов (балок, колонн, плит, фундаментов), а также выполнить в них раскладку фактической арматуры. Результаты армирования могут быть выведены на печать в качестве предварительного чертежа (рисунок 9.19).

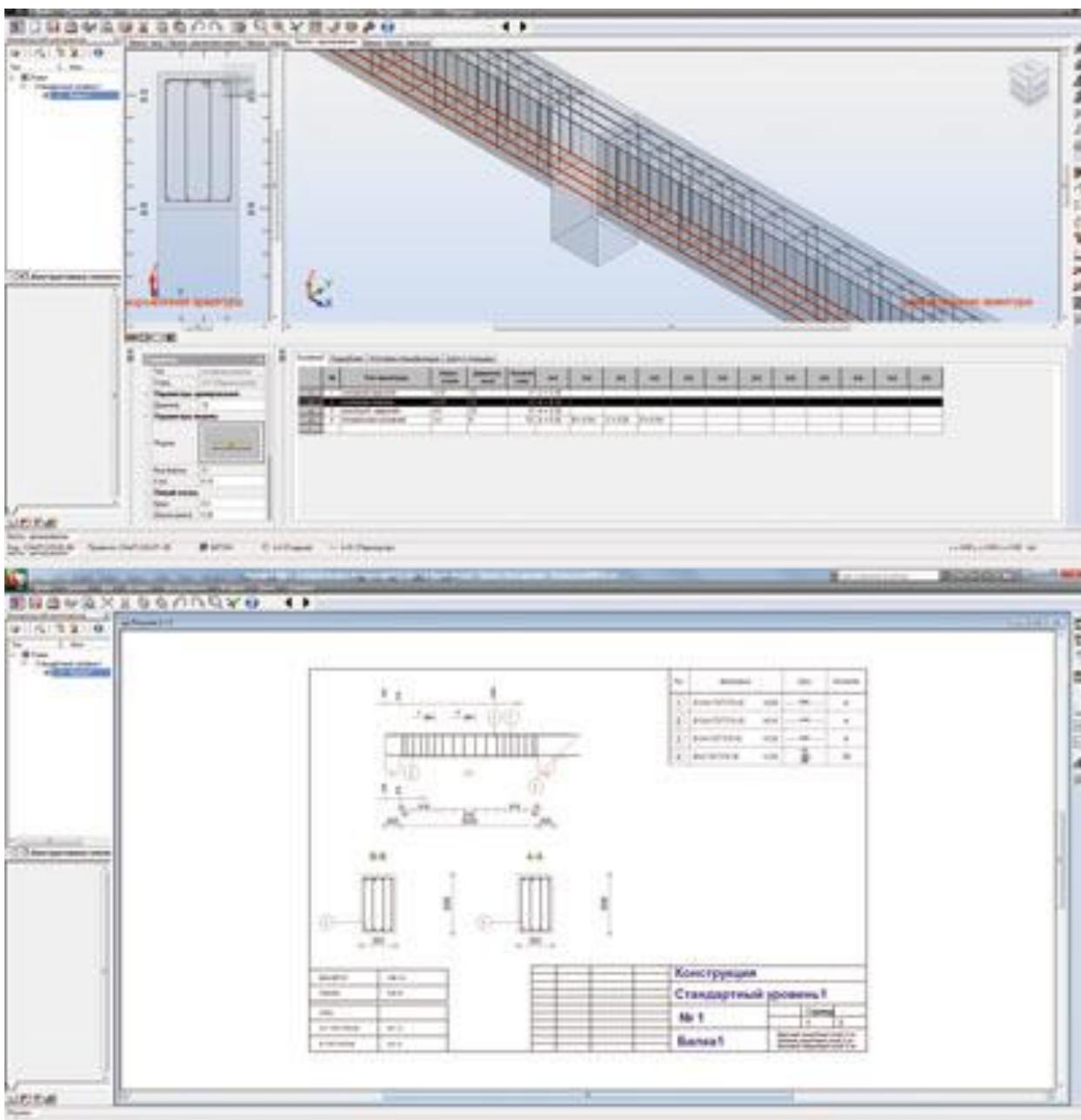


Рисунок 9.19. - Модуль железобетонного проектирования

Существенным преимуществом продукта является и прямая двусторонняя связь с программой Autodesk Revit Structure. Передача аналитической модели из Autodesk Robot Structural Analysis в Autodesk Revit Structure выполняется с помощью специальной опции.

[К оглавлению](#)

Можно отметить, что связь реализована на данный момент в максимальном объеме. Из Autodesk Revit Structure в Autodesk Robot Structural Analysis передаются элементы конструкции, нагрузки и граничные условия, что позволяет практически сразу переходить к расчету. После завершения расчета конструкцию с внесенными изменениями в Autodesk Robot Structural Analysis можно обновить в Autodesk Revit Structure. Это двустороннее взаимодействие заметно улучшается с каждой новой версией обеих программных продуктов, представляя собой очень удобную связку между конструированием и расчетами (рисунок 9.20).

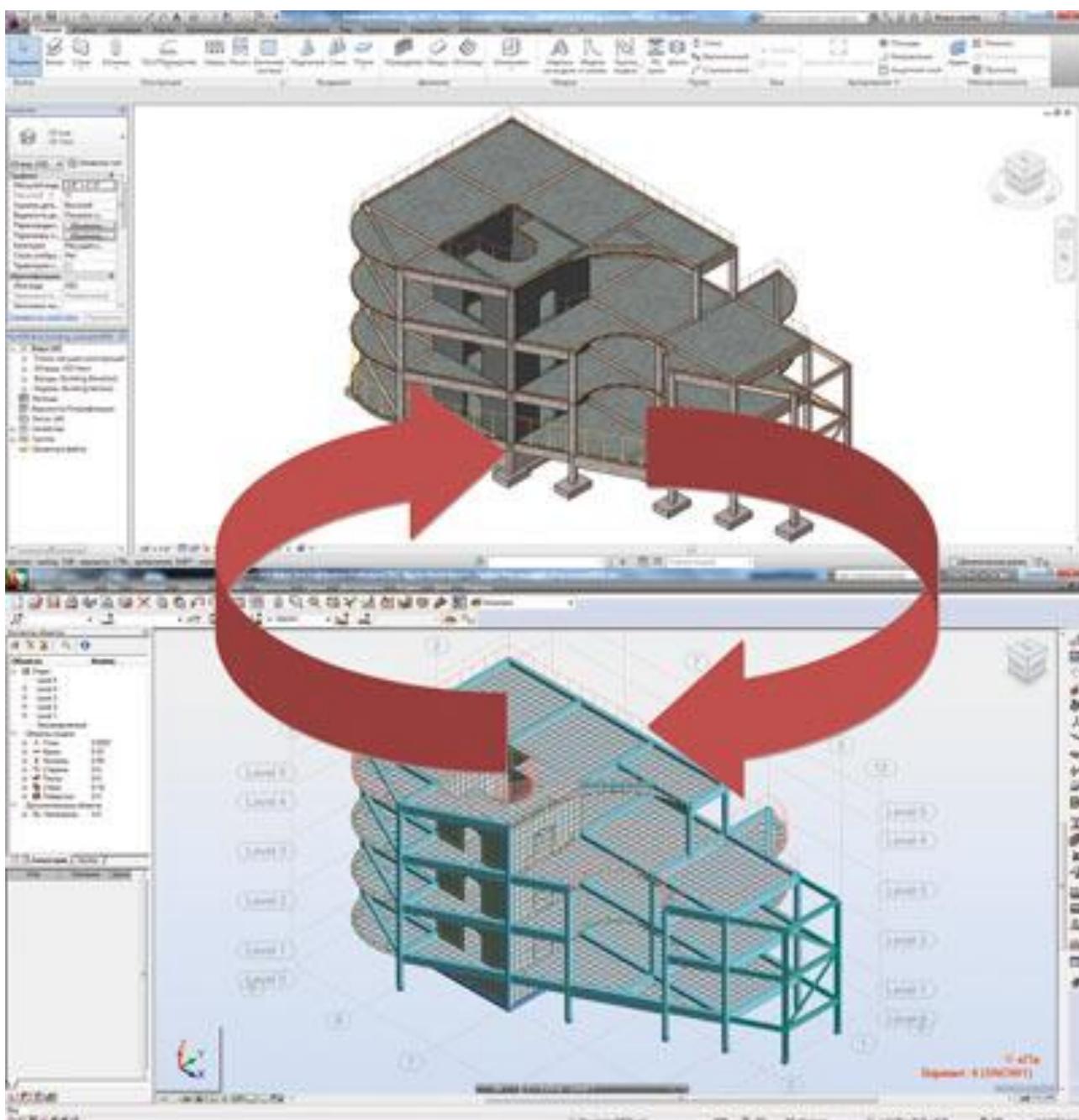


Рисунок 9.20. - Двустороннее взаимодействие программ

[к оглавлению](#)

Стандартные возможности продукта можно расширить с помощью Microsoft COM-среды, которая открывает архитектуру Autodesk Robot Structural Analysis и позволяет программировать любому инженеру. Расширить функциональность Autodesk Robot Structural Analysis можно, создавая пользовательские макросы в MS Word, MS Excel, AutoCAD и других платформах (например, моделирование, расчеты и проектирование параметрических конструкций).

Результирующая пояснительная записка формируется по заданным настройкам с возможностью добавления и редактирования интересующей информации, расположения необходимых графических материалов непосредственно в генераторе отчетов программы.

Использование Autodesk ROBOT structural analysis для расчета конструкции дорожной одежды.

В качестве расчетной модели принята бетонная плита, лежащая на основании из материала типа щебень, песчано-гравийная смесь, щебень, укрепленный вяжущим и др. Под ним грунт земляного полотна.

Над бетонной плитой лежат два слоя асфальтобетонного покрытия. Обычно нижний слой состоит из крупнозернистого асфальтобетона, а верхний из асфальтобетона мелкозернистого.

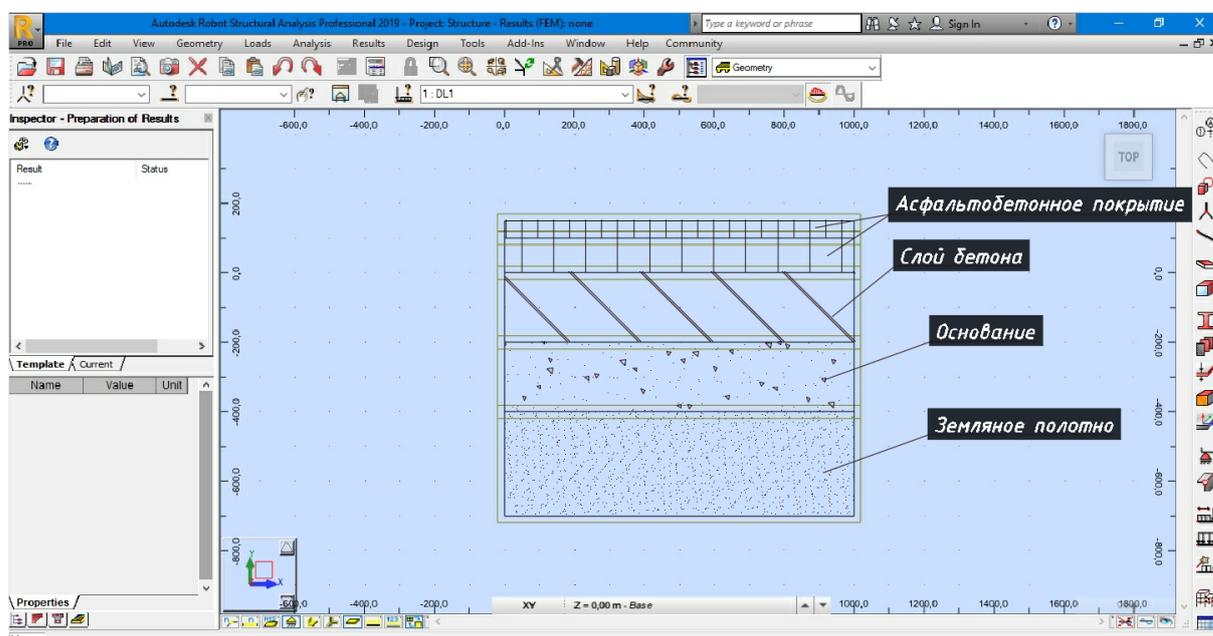


Рисунок 9.21. - Расчетная схема представлена как балка на упругом основании

В разделе представлены программы для расчета конструкций методом конечных элементов и оценка их пригодности для расчета дорожных одежд. Из программ: Autodesk Robot Structural Analysis Professional, SOFiStiK,

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

SCAD Office, ЛИРА, МОНОМАХ-САПР, Программы ООО «ЕВРОСОФТ», ООО «ФОК Софт», ООО «Центр развития систем автоматизированного проектирования «САПРОТОН», Компания НТЦ «АПМ», Компания ООО «ТЕХСОФТ», Компания ООО «ИнжПроектСтрой» (группу компаний Malinin Group), MSC Nastran, Autodesk Inventor Nastran, выбран Autodesk Robot Structural Analysis Professional. Составлена расчетная модель для оценки воздействия нагрузки на конструкцию дорожной одежды.

[К оглавлению](#)

## **ПРАКТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ ТРЕБОВАНИЯ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ**

Целью курсового проектирования по выбранной дисциплине является обеспечение практического освоения теоретического материала, выработка навыков инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения.

В ходе выполнения курсового проекта решаются следующие задачи:

- выбор совместно с руководителем инновационного направления исследований, в соответствии с темой магистерской диссертации;
- подбор методов и оборудования для проведения исследований;
- обработка и анализ полученных результатов.

Пояснительная записка содержит 50–60 листов формата А4 (210×297 мм).

В ней должны быть отражены:

- Цель исследования;
- Задачи исследования;
- Научная новизна исследования.

Графическая часть содержит чертежи формата А1 (841×594 мм).

На чертежах должны быть изображены полученные в процессе работы графические материалы. Схемы приборов, установок, инструменты, графики, диаграммы, рисунки и т.д., полученные в процессе выполнения работы.

### **Примерный перечень тем курсовых проектов**

1. Основные понятия и терминология инновационных технологий. Структура инновационных решений.
  2. Консалтинговое сопровождение инновационных проектов.
  3. Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений.
  4. Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений.
  5. Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и и морозостойкости.
  6. Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений.
  7. Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь.
  8. Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений.
  9. Инновации в проектировании транспортных сооружений.
- Согласно учебному плану на выполнение курсового проекта отведено 60 ч.

## Перечень тем лабораторных занятий

**Лабораторная работа №1.** Инновационный подход при выборе материалов для технологии ремонта конструкций инъекционным методом.

**Цель работы:** ознакомление с принципами выбора материалов для технологии ремонта конструкций инъекционным методом.

**Задачи работы:**

- ознакомление с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых материалов, последовательности и условий выполнения работ;
- провести сравнительный анализ, применяемых материалов;
- подобрать материалы, механизмы и технологии производства работ по устройству инъекционной гидроизоляции

В процессе лабораторных испытаний по выбору материалов для технологии ремонта конструкций инъекционным методом применяется ряд приборов и оборудование, которые предназначены для проведения работ и измерения, контролируемых при испытании величин.

**Термины и определения**

**Агрессивная среда:** среда эксплуатации объекта, вызывающая деградацию строительно-технических свойств материалов во времени.

**Влажностное состояние:** содержание влаги или воды в трещине; различают виды влажностного состояния (сухое, влажное, мокрое или с активной протечкой), которое оценивают по отсутствию/наличию воды и/или капиллярной влаги в трещине, а также по различию в цвете боковых поверхностей в устье трещины и поверхности бетона конструкции.

**Гидроизоляция:** защита строительных конструкций, зданий и сооружений от проникновения воды (антифильтрационная гидроизоляция) или материала сооружений от вредного воздействия агрессивной среды (антикоррозионная гидроизоляция).

**Жизнеспособность (инъекционно-уплотняющего состава):** период времени, в течение которого готовый к применению состав:

а) на полимерной основе повысит свою температуру на 15°С в результате тепловыделения при полимеризации (или до наибольшего значения, если она ниже 15 °С) или вязкость состава в результате загустевания повысится до значения 1000 МПа с;

б) на цементной основе достигнет зафиксированного понижения фильтрационной стабильности.

[К оглавлению](#)

Инъецирование (инъектирование): метод ремонта строительных конструкций путем нагнетания инъекционного материала под давлением для заполнения трещин, пустот и полостей в конструкции, а также прилегающей зоны за конструкцией для восстановления ее эксплуатационных свойств.

Инъекционный материал: материал, нагнетаемый под давлением в конструкцию или за нее для восстановления прочности, герметичности или гидроизоляции.

Инъекционный пакер: приспособление обеспечивающее герметичное соединение рукавов (пистолета) подачи инъекционного материала и конструкции для нагнетания материала под давлением.

Материал: компоненты, собранные по определенному рецепту в композит для ремонта или защиты строительных конструкций.

Нагнетаемость: Способность готового для применения состава заполнять трещину определенной ширины.

Подвижка трещины: раскрытие/смыкание (изменение ширины) трещины как функции времени, вызванное механическими воздействиями (например, от нагрузки при движении транспорта) и/или физическими (например, от солнечного излучения или изменения температуры) в течение суток и/или в разные сезоны года.

Технология: способы применения материала или системы с использованием специального оборудования или метода.

Ширина трещины: размер устья трещины, не подвергавшегося механической обработке, измеренный в миллиметрах по поверхности бетона конструкции.

### **Общие положения**

Для устройства инъекционной гидроизоляции и выбора требуемых материалов разработана последовательность и условия выполнения работ.

Оценка удобоукладываемости инъекционно-уплотняющих составов по нагнетаемости в песчаную колонку и испытание на растяжение при раскалывании».

Сущность метода заключается в нагнетании контрольной пробы составов на полимерной или цементной основах под принудительным давлением в прозрачный испытательный цилиндр, заполненный определенной фракцией сухого и увлажненного песка (песчаную колонку). Оценке подлежит время заполнения составов песчаной колонки, которое зависит от вязкости состава. Испытанию подлежат две песчаные колонки-одна с сухим песком (нагнетание в сухую среду), другая с увлажненным водой пеком (нагнетание во влажную среду).

Оценка проникающей способности составов на цементной основе осуществляется согласно Приложению Г ГОСТ-33762 «Методы подготовки и испытаний контрольных проб и образцов. Оценка проникающей способности инъекционно-уплотняющих составов на цементной основе» Сущность метода заключается в имитации процесса нагнетания инъекционных составов на цементной основе в тонкие трещины. Определению подлежит проникающая способность составов, которую поочередно оценивают по наименьшему типоразмеру ячеек сетчатого фильтра, через который в инъекционную колонку в обратном и прямом направлениях соответственно проникла и вышла смесь в объеме 20 мл или меньше без закупорки фильтра.

Оценка нагнетаемости инъекционных составов и определение адгезии уплотнений осуществляется согласно Приложению Д ГОСТ-33762 «Методы подготовки и испытаний контрольных проб и образцов. Оценка нагнетаемости инъекционно-уплотняющих составов и определение адгезии уплотнений».

Сущность метода заключается в изготовлении моделей конструкционных и неконструкционных уплотнений трещин, находящихся в различном влажностном состоянии (сухое, влажное, мокрое или с активной протечкой) из инъекционных составов на полимерной и цементной основе и испытании (в том числе после искусственного старения) контрольных образцов-кернов или образцов-призм на растяжение при разрыве (адгезия уплотнения).

### **Применяемые материалы и их назначение**

Инъекционная гидроизоляция включает в себя материалы, закачиваемые в строительную конструкцию под давлением, следующего происхождения:

- на минеральной основе;
- на полимерной основе.

Данные материалы обладают широким диапазоном реологических и физико-механических характеристик.

В каждом конкретном случае рабочие рецептуры инъекционных составов назначают после проведения комплекса лабораторных исследований.

Основные требования к выбору показателей свойств составов на полимерной и цементной основах отражены в п.4 ГОСТ-33762.

### **Инъекционные составы на минеральной основе**

Состав на минеральной основе рекомендуются для решения задачи гидроизоляции посредством жесткого склеивания несквозных трещин  $> 0,25$  мм, замыкаемых в толще конструктивный элемент, а также пустот в бетоне или кладке из мелкоштучных материалов.

[К оглавлению](#)

## **Инъекционные составы на полимерной основе**

Для обеспечения и создания водонепроницаемого сооружения рекомендуется система инъекционных эластомерных смол на полиуретановой основе, применимая при сухих и влажных условиях, при отсутствии и наличии давления воды.

### **Гидроактивные пены**

Гидроактивные пены-инъекционные смолы на основе гидроактивного полиуретана, с коротким временем пенообразования.

Гидроактивные пены применяются для быстрого перекрытия и герметизации трещин с активной водной течью под давлением.

При контакте с водой гидроактивные пены, в течение короткого времени, многократно увеличиваются в объеме, образуя пену с мелкими закрытыми порами.

Для обеспечения долговременной водонепроницаемости и надежности после применения гидроактивной пены необходимо провести дополнительный этап инъектирования с помощью полиуретановой смолы, которая не образует пену и придает соединению прочность и долговечность.

### **Полиуретановые смолы**

Основные преимущества полиуретановой инъекционной смолы:

- высокая проникающая способность в трещины с раскрытием менее 0,3 мм;
- способность выдерживать деформации с сохранением водонепроницаемости;
- высокая адгезия и эксплуатационные свойства;
- стабильность химического состава полиуретановых смол обеспечивает высокую долговечность и механическую прочность, а также способность противостоят высокому давлению воды.

Области применения полиуретановой инъекционной смолы:

- герметизация рабочих швов в железобетонных конструкциях;
- эластичная герметизация и заполнение сухих, влажных и водонасыщенных трещин, швов и стыков;
- заполнение микротрещин после ликвидации активных протечек вспенивающимися полиуретанами;
- герметизация швов и трещин в бетонных и прочих конструкциях при наличии водных течей.

### **Составы на базе эпоксидных смол**

Составы на базе эпоксидных смол рекомендуются для решения задачи гидроизоляции посредством жесткого склеивания несквозных трещин  $> 0,1$  мм, замыкаемых в толще конструктивный элемент, а также пустот в бетоне или кладке из мелкоштучных материалов.

Ограничением служат исключение возможных контактов с водой во время отверждения и проведение работ при температурах  $< 8^{\circ}\text{C}$ ,-

Технологическая жизнеспособность зависит от состава инъекционного

Основные преимущества эпоксидной смолы:

- низкая вязкость;
- высокая проникающая способность в поры бетона и микротрещины с раскрытием до 0,5 мм;
- отличная адгезия к основанию;
- быстрый набор прочности в короткие сроки;
- высокая химическая стойкость;
- возможность нанесения на влажное основание.

Области применения эпоксидной смолы:

- заполнение и герметизация сухих и влажных трещин и пустот, где требуется конструкционная прочность.

### **Акрилатные гели**

Акрилатные гели-наиболее распространенный на сегодня материал для проведения инъекционной гидроизоляции. Созданный на основе эфиров акриловой кислоты, он без проблем контактирует с водой и способен в ее присутствии образовывать с бетоном, кирпичом и другими материалами непреодолимые для влаги поверхности.

### **Организация и технология производство работ по устройству инъекционной гидроизоляции**

Подготовка рабочей поверхности

Подготовка бетонной и железобетонной поверхностей имеет исключительно важное значение для качества и долговечности устраиваемой инъекционной гидроизоляции.

При подготовке рабочей поверхности следует руководствоваться существующими нормативно-техническими документами: СНиП 3.04.01-87, СП 72.13330, п.4 ГОСТ 32016, а также требованиями, указанными в этом разделе.

До начала проведения работ по подготовке рабочей поверхности необходимо оценить ее состояние по следующим критериям:

Прочность на сжатие определяется механическими методами неразрушающего контроля: упругого отскока, пластической деформации, ударного импульса, отрыва, отрыва со скалыванием, в соответствии с ГОСТ 22690 Указанное значение должно быть не менее 20 МПа.

Прочность на отрыв должна быть не менее 1,5 МПа.

## **Трещиностойкость**

Все выявленные визуально трещины (обычно такие трещины имеют раскрытие не менее 0,5 мм) должны быть расшиты.

В случае наличия обнаженной арматуры и других металлических закладных элементов, соответствующие металлические поверхности должны быть защищены от окисных и гидроокисных соединений (ржавчины). Указанные работы рекомендуется проводить с использованием металлической щетки - вручную, или с применением дрели с насадкой - металлической щеткой.

Подготовленная поверхность не должна иметь:

- рыхлых, легко отслаивающихся элементов;
- трещин, сколов и раковин, участков непровибрированного бетона;
- грязи, пыли, цементного молочка, опалубочной смазки.

Подготовленная поверхность должна соответствовать классу шероховатости 2-Ш по СП 72.13330, при котором суммарная площадь отдельных раковин и углублений (при глубине раковин 3 мм) не должна превышать 0,2 % на 1 м<sup>2</sup> и расстояние между выступами и впадинами должно быть от 1,2 мм до 2,5 мм.

## **Гидроизоляция подвижной трещины**

Гидроизоляция подвижных трещин (рисунок 1) в различных вид железобетонных конструкциях выполняется с использованием полиуретановой смолы

- в случае если через трещину не наблюдается фильтрации воды на момент производства работ или с использованием гидроактивной полиуретановой смолы;
- при наличии фильтрации воды через трещину на момент производства работ.

[К оглавлению](#)



Рисунок 1. - Подвижная трещина. Общий вид

Гидроизоляция подвижных трещин без фильтрации воды через них на момент производства работ с использованием полиуретановой смолы

При помощи штрабореза и отбойного молотка выполнить штрабы П-образной конфигурации вдоль устья трещины (рисунок 2).



Рисунок 2. - Подготовка штрабы

При помощи щетки очистить подготовленную штрабу. Пробурить отверстия в бетоне под углом  $45^\circ$  к поверхности (рисунок 3). При этом расстояние от устья трещины должно быть равно половине толщины конструкции, т.е. шпуров должны пересекать полость трещины в середине конструкции. Диаметр отверстий должен на 1-2 мм превышать диаметр инъекторов.

[к оглавлению](#)



Рисунок 3. - Бурение отверстий для установки иньекторов

Для иньектирования смеси компонентов смолы необходимо использовать ручной поршневой насос.

Перед приготовлением смеси компонентов смолы необходимо выполнить пробное смешивание в небольшой ёмкости для оценки ее жизнеспособности в условиях объекта и окружающей температуры, так как вязкость смол увеличивается при понижении температуры, а при повышении температуры – снижается жизнеспособность смеси компонентов смолы.

Установить крайний металлический иньектор и начать процесс иньектирования.

Иньектирование производить до тех пор, пока не произойдет резкого повышения давления в системе, или давление долгое время (2-3 минуты) не повышается, либо пока иньекционная смесь не начнет вытекать из соседнего иньектора (рисунок 4).



Рисунок 4. - Выполнение иньекционных работ

Далее необходимо установить следующий иньектор и продолжить процесс иньектирования трещины (шва).

### **Технология нагнетания составов на цементной основе в конструкции**

Иньектирование составов на цементной основе в конструкции может осуществляться зажимным (рисунок 5) или циркуляционным (рисунок 6) способами.

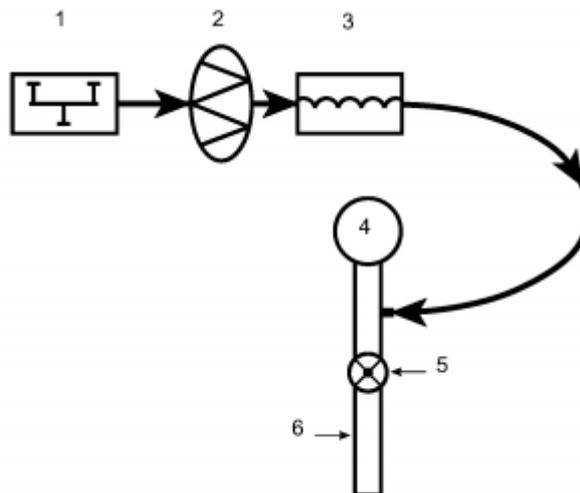


Рисунок 5. - Зажимной способ подачи раствора: 1 - смеситель, 2 - активатор, 3 - насос, 4 - манометр, 5 - кран, 6 - колонна труб

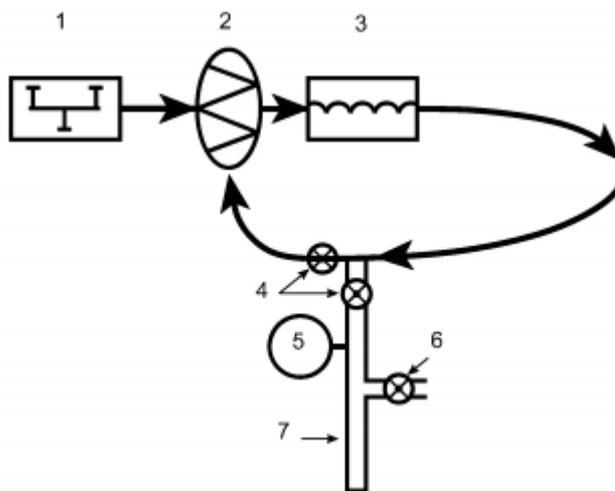


Рисунок 6 - Циркуляционный способ подачи раствора: 1 - смеситель, 2 - активатор, 3 - насос, 4 - краны, 5 - манометр, 6 - сливной кран, 7 - колонна труб

### **Инструменты, оборудование и технические средства, применяемые при организации гидроизоляционных работ**

Основные инструменты, применяемые при организации работ по устройству иньекционной гидроизоляции можно разделить на:

- ручной инструмент;
- механический инструмент;
- технические средства и оборудование.

### **Ручной инструмент**

К ручным инструментам, применяемым при нанесении материалов относятся: щетка с жестким ворсом, различные кисти, валики, штукатурные терки, полутеры, «маячки»-направляющие рабочей поверхности, шпатели, кельмы, правила (ровнители), мастерки и т.п.

### **Механический инструмент**

К механическим инструментам, при устройстве инъекционной гидроизоляции относятся:

- дрель;
- перфоратор;
- углошлифовальная машина;
- электротерки и т.п.

### **Оборудование**

К оборудованию при устройстве инъекционной гидроизоляции относятся:

- компрессоры высокого давления;
- пескоструйные и водоструйные агрегаты;
- шлифовальные и затирочные машины.

**Выполнение инъекционных работ** осуществляется по однокомпонентным и двухкомпонентным схемам, сущность которых состоит в нагнетании однокомпонентных и двухкомпонентных материалов.

### **Ручные механизмы**

Ремонт отдельных трещин с шириной раскрытия от 0,2 до 3 мм, глубиной 0,2-0,3 м и протяженностью до 2 -3 м осуществляется с помощью ручных механизмов.

Ручные инъекционные устройства применяются для осуществления одно- и двухкомпонентного нагнетания как жидких, так и пастообразных герметиков, при производстве работ в небольших объемах или в труднодоступных местах.

Для этих целей могут использоваться механические или пневматические пистолеты-герметизаторы и насосы с небольшим объемом подачи состава (рисунки 7).

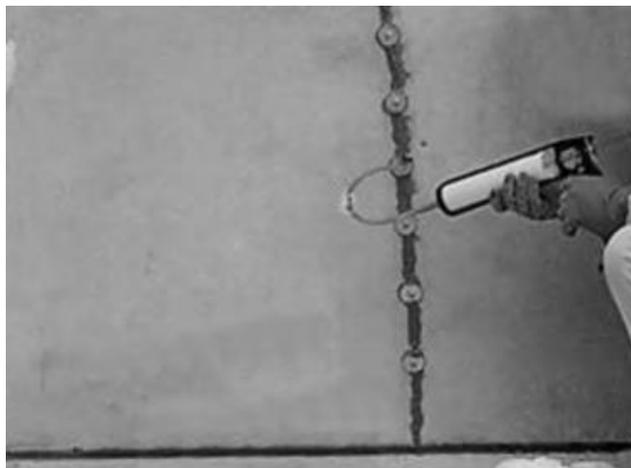


Рисунок 7. - Подача раствора в трещину через накладные иньекторы с помощью ручного пистолета-герметизатора и картриджа

Ручные механические пистолеты для иньекции имеют передаточное число от 1:7 до 1:26 (1:30) и позволяют подавать в трещину составы из пластиковых ампул (тубов) или картриджей от 0,05 до 0,6 л, а пневматические из объемов от 0,3 до 2,5 л (рисунок 8).

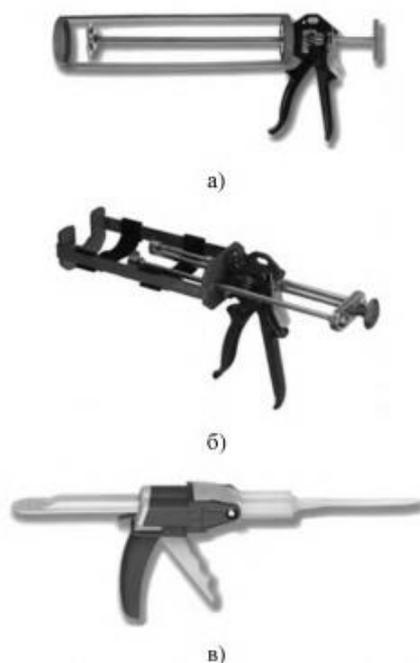


Рисунок 8. - Ручное иньекционное оборудование для герметизации: а) пистолет для подачи однокомпонентного материала из картриджа объемом 0,3 л; б) пистолет для подачи двухкомпонентного состава из параллельных картриджей; в) пистолет для двойных мини-картриджей (0,05 л)

По результатам лабораторной работы обобщить изученный материал, перечислить изученные приспособления и применяемые материалы. Подобрать схему производства работ с привязкой к теме магистерской диссертации.

[к оглавлению](#)

## **Лабораторная работа №2. Инновационный подход при выборе материалов для технологии ремонта конструкций методом торкретирования.**

**Цель работы:** ознакомление с принципами выбора материалов ремонта конструкций методом торкретирования.

### **Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых материалов, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми материалами и их назначением;
- изучение способов нанесения торкретбетона (сухой, мокрый);
- ознакомление с организацией и технологией производства работ по проведению работ.

В процессе лабораторных испытаний по выбору материалов для ремонта конструкций методом торкретирования применяется ряд приборов и оборудование, которые предназначены для проведения работ и измерения, контролируемых при испытании величин.

Торкретирование относится к специальным видам бетонных работ, при котором в одном технологическом процессе совмещаются транспортирование бетонной смеси к соплу, нанесение и уплотнение смеси. Продолжительность такого цикла составляет доли секунды. На поверхность усиливаемой конструкции смесь наносится под давлением из сопла установки. При этом частицы цемента ударно взаимодействуют с поверхностью, заполняя поры, трещины, раковины, ячейки арматуры. Большая скорость истечения смеси из сопла (до 170 м/сек) обеспечивает плотную её укладку.

### **Область применения**

В лабораторной работе изучен способ торкретирования бетонной смеси на поверхность конструкции.

### **Общие положения**

Торкретирование для железобетонных и бетонных строительных конструкций, имеющих повреждения (дефекты): разрушение поверхностных слоёв, обнажение арматуры, раскрытые трещины и пустоты, вмятины, раковины, расслоения и другие, приводящие к утрате монолитности, ослаблению сечения и аварийному состоянию.

Арматурную сетку 3 крепят стальными дюбелями 4 диаметром 6-10 мм, заделываемыми на цементном растворе М100 в просверленные отверстия на

глубину 80-100 мм. Шаг дюбелей по длине и высоте принимается 400-600 мм. Торкрет-бетон толщиной до 100 мм наносят слоями бетонной смеси для бетонов класса не менее В15. Арматурная сетка изготавливается с шагом 80-100 мм и диаметром 5-12 мм.



Для выполнения работы класс торкрет-бетона принимается на один выше, чем у бетона усиливаемой конструкции, но не ниже В15. Цементно-песчаная смесь готовится в соотношении от 1:3 до 1:5. Цемента марки не ниже 400 до 600 кг/м<sup>3</sup>. Фактическое В/Ц отношение на выходе из сопла от 0,3 до 0,4.

Минимальная толщина слоёв торкрет-бетона определяется по расчёту, а также в зависимости от типа строительной конструкции и технологических условий. Минимальная толщина слоёв торкрет-бетона указана в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Минимальная толщина торкрет-бетона

Строительная конструкция	Толщина, мм
Стена, колонна	50
Балка:	
боковая стенка,	30
нижний пояс	50
Плита перекрытия, усиление снизу	35

Максимальная толщина наносимого в один приём слоя торкрет-бетона от 20 до 50 мм. Перерыв между нанесением отдельных слоёв не должен превышать, как правило, 7-15 минут.

Для приготовления бетонной смеси применяют песок влажностью 2-6% при плотных и 4-8% при пористых заполнителях крупностью до 10-25 мм.

Бетонную смесь готовят в смесителях принудительного действия непосредственно перед торкретированием.

Оборудование для торкретирования - стационарные и самоходные (на автомобилях, прицепах) установки (цемент-пушки, шприц-машины), с помощью которого осуществляется приготовление, транспортирование и нанесение торкретбетона. Оборудование имеет аналогичное устройство и отличается друг от друга мощностью, габаритами и размерами отдельных узлов.

Поверхность, подлежащая торкретированию, готовят для лучшего сцепления старого и нового бетона: очищена от грязи, промыта, обработана пескоструйным аппаратом (или иным способом), увлажнена.

Работы по торкретированию производятся с применением инвентарных средств подмащивания (подмостей, лесов, фасадных подьёмников), а также автовышек, автогидроподъёмников и площадок, перемещаемых стрелой торкрет-установки.

Направление струи бетонной смеси выдерживают согласно схемы, показанной на рис.3.

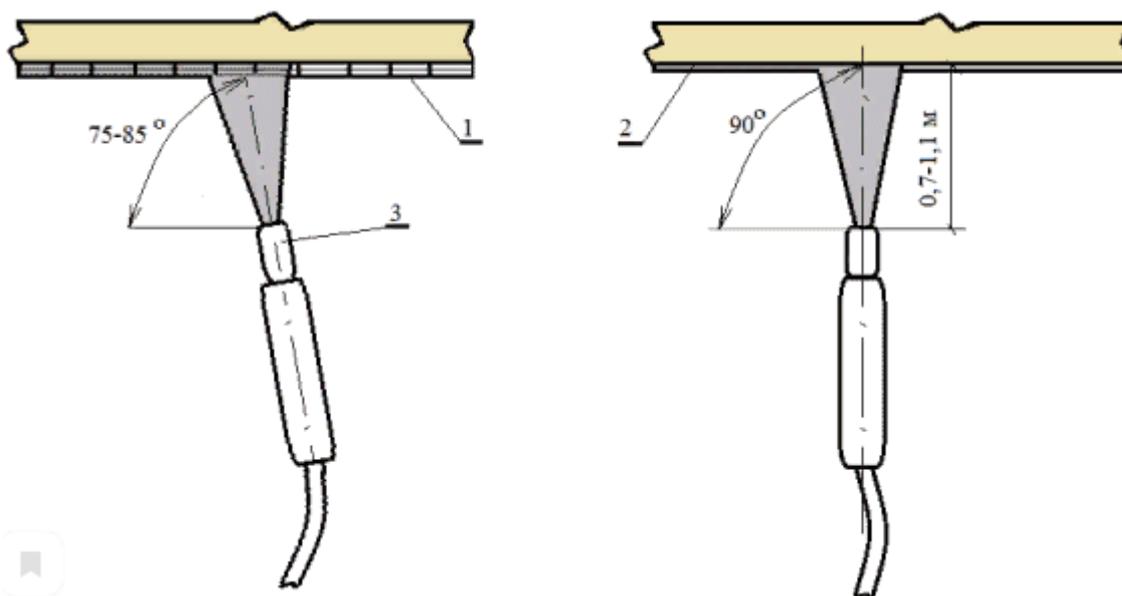


Рис.3 Направление струи к торкретируемой поверхности: 1 - армированная поверхность, 2 - неармированная поверхность, 3 - сопло

Оптимальное расстояние от сопла до поверхности подбирают в диапазоне 0,7-1,1 м, подбор обычно начинают от расстояния 1 м.

При нанесении на поверхность часть смеси отскакивает, наиболее интенсивно при первом слое. На поверхности остаётся цементное вяжущее и мелкие частицы заполнителя. В последующих слоях задерживаются всё более крупные частицы заполнителя. Процент отскока частиц не должен превышать значений, указанных в таблице 2.2.

Таблица 2.2. - Отскок частиц, %

Направление торкретирования	При плотных заполнителях	При пористых заполнителях (керамзит, пемза и др.)
Вверх	30	20
Горизонтально	20	15
Вниз	10	8

Перемещения сопла осуществляются согласно схеме на рис.4.

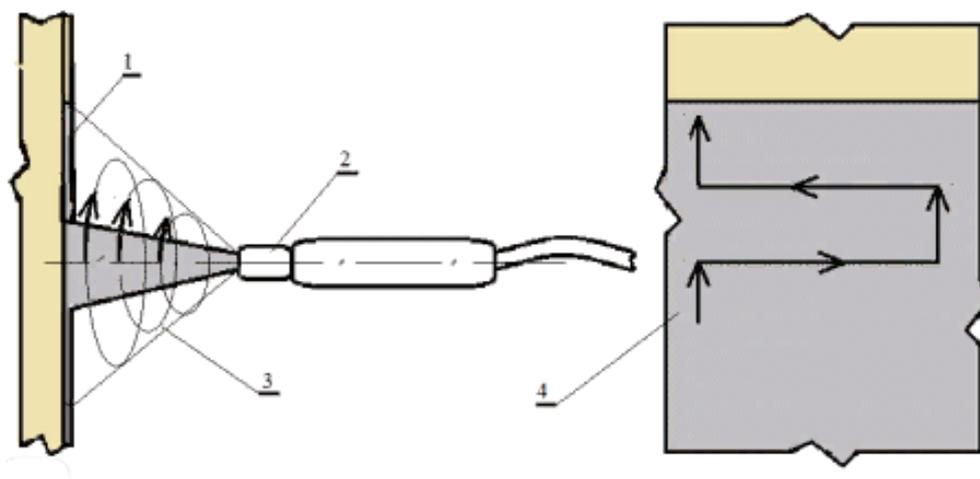


Рисунок 4. Перемещения сопла: 1 - торкретируемая поверхность, 2 - сопло, 3 - круговые движения сопла, 4 - возвратно-поступательные движения сопла

Круговые движения 3 сопла 2 выполняются для получения слоя одинаковой толщины. По торкретируемой поверхности 1 сопло совершает возвратно-поступательные движения 4.

При нанесении первого слоя, когда заполняются щели и трещины, смесь должна быть более влажной. При нанесении на потолочные и сырые поверхности смесь должна быть более сухой. Бетонная смесь должна плотно и равномерно покрывать поверхность, не сползая с неё. Поверхность торкрет-бетона должна иметь равномерный жирный блеск и не иметь сухих пятен.

[К оглавлению](#)

Торкретбетон наносится слоями с контролем толщины слоя по маякам. Каждый последующий слой наносится с интервалом, который не должен превышать времени схватывания цемента, чтобы обеспечить сцепление между слоями. Последний слой выравнивают и выдерживают влажным не менее 10 суток. После полного схватывания возможна затирка и железнение торкретбетона по нанесённому дополнительно тонкому слою.

Торкретирование производится способами сухим или мокрым. Особенности способов указаны в разделах 4.2 и 4.3.

Процесс торкретирования должен быть по возможности непрерывным. При перерывах свыше 20 минут технологическое оборудование (особо шланги) промывают водой (при мокром способе) или продувают воздухом (при сухом способе).

## Организация и технология торкретирования

### Подготовительные работы

До начала работ должны быть выполнены подготовительные работы, в частности, по организации рабочего места и безопасного производства работ.

Рабочее место обеспечивается временным электроснабжением, водой, источником сжатого воздуха для работы ручных машин.

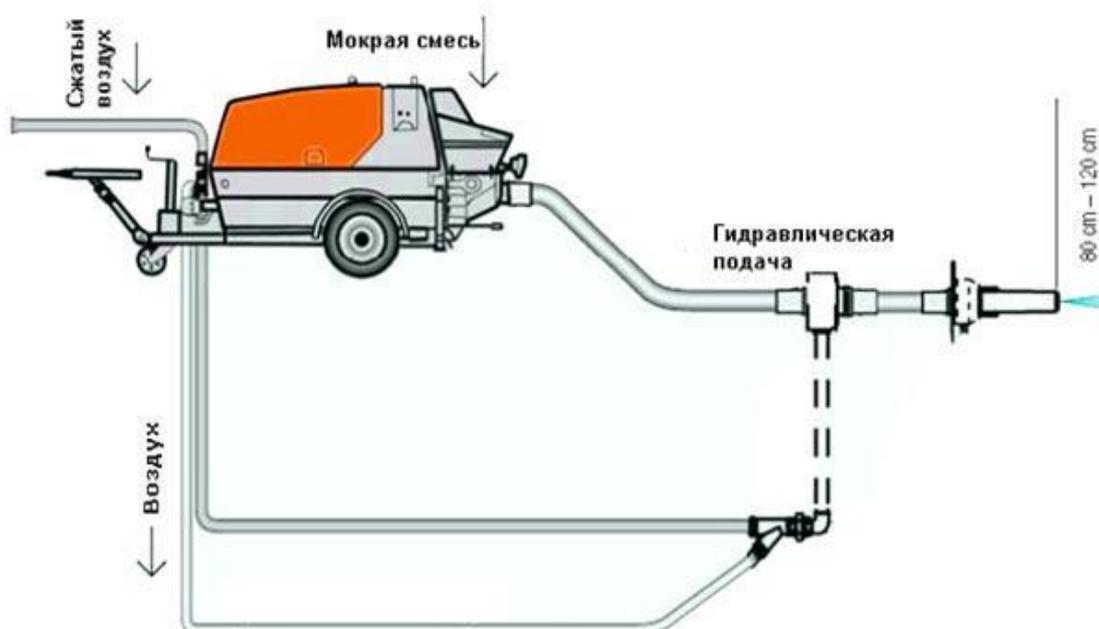


Рисунок 5. Схема установки для нанесения торкрет-бетона

По результатам лабораторной работы обобщить изученный материал, перечислить изученные приспособления и применяемые материалы. Подобрать схему производства работ с привязкой к теме магистерской диссертации.

[К оглавлению](#)

**Лабораторная работа №3.** Инновационные решения в технологии обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости конструкций транспортных сооружений.

**Цель работы:** ознакомление с решениями в технологии обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости конструкций транспортных сооружений.

**Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми методами и их назначением;
- ознакомление с организацией и технологией производства работ по определению морозостойкости.

***Проектирование и подбор состава бетона***

При проектировании состава морозостойких бетонов следует учитывать ограничения максимального водоцементного отношения и назначение необходимого объема вовлеченного воздуха в бетонной смеси, устанавливаемых в зависимости от проектной марки морозостойкости бетона, условий эксплуатации конструкции (состав воды-среды) и условий твердения бетона.

Таблица 2

Марка морозостойкости	Максимально допустимые В/Ц для бетона, оттаивающих в пресной или слабоминерализованной воде	
	твердевших в естественных условиях	подвергшихся тепловой обработке
F100	0,60	0,55
F150	0,57	0,52
F200	0,55	0,50
F300	0,47	0,45

Таблица 3

Марка морозостойкости	Максимально допустимые В/Ц для бетонов, оттаивающих в минерализованной и в морской воде с общим содержанием солей более 5 г/л	
	твердевших в естественных условиях	подвергшихся тепловой обработке
F100	0,55	0,50
F150	0,52	0,47
F200	0,50	0,45
F300	0,43	0,40

[К оглавлению](#)

Комплексные добавки, состоящие из пластификатора и воздухововлекающего или пластифицирующе-воздухововлекающего компонентов, следует применять для повышения морозостойкости бетона и одновременного улучшения свойств бетонной смеси и уменьшения расхода цемента.

Рекомендованные дозировки добавок, в том числе комплексных, приведены в таблице.

Таблица 4

Условное обозначение добавок	Количество добавок в расчете на сухое вещество, %, массы цемента
ЛСТ+(СКВ, СДО, КТП, СПД)	(0,1,0,2) +(0,003,0,05)
ЛСТ+ГКЖ-94	(0,1,0,2) + 0,15 кг
С-3+ (СНВ, СДО, КТП, СПД)	(0,3,0,7) + (0,002,0,05)
ЛСТМ-2+(СНВ, СДО, КТН)	(0,1,0,3)+(0,003,0,03)
С-3+ЛСТ	0,45 + (0,07,0,2)
С-3+ЩСПК	(0,3,0,7)+(0,15,0,30)
ЩСПК	0,15,0,35
ГКЖ-10	0,05,0,2
ГКЖ-11	0,05,0,2

#### 1. Теоретическая часть:

**Морозостойкость** – это свойство насыщенного водой или раствором соли материала выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание без значительных признаков разрушения и снижения прочности. Количественная характеристика морозостойкости – марка по морозостойкости (F), которая показывает число циклов попеременного замораживания и оттаивания насыщенного в жидкой среде материала, при которых потери прочности и массы не превышают указанных в ГОСТе и СНИПах значений.

$$\Delta R_n = \frac{R_0 - R_n}{R_0} 100\% ; \quad \Delta m_n = \frac{m_0 - m_n}{m_0} 100\%$$

$\Delta R_n, \Delta m_n$  - потеря прочности и массы, насыщенного в жидкой среде образца, после  $i$  циклов замораживания и оттаивания, %;

$R_n, m_n$  - предел прочности при сжатии (в МПа) и масса (в г) образца после  $n$  циклов замораживания и оттаивания образца;

$R_0, m_0$  - предел прочности при сжатии (в МПа) и масса образца (в г), насыщенного в жидкой среде, до замораживания.

[К оглавлению](#)

Для каждого материала устанавливают марки по морозостойкости. Марка обозначается буквой F, после которой указывается минимальное число циклов, которое должен выдержать материал (например, F100).

Марка по морозостойкости (F) для тяжелого цементного бетона – это количество циклов попеременного замораживания и оттаивания насыщенного водой стандартного образца, при которых потеря прочности не превышает 5%, а для бетона дорожных и аэродромных покрытий, кроме того, потеря массы не более чем на 3%.

Стандарт устанавливает три метода контроля морозостойкости:

I – для бетонов, кроме дорожных и аэродромных;

II – для дорожных и аэродромных бетонов и ускоренный для других бетонов;

III – ускоренный для всех видов бетона.

#### Методы контроля морозостойкости.

Метод	Размеры образцов, см	Температурный режим, время и среда			Число образцов	
		насыщения	замораживания	оттаивания	Основных (после замораживания)	контрольных (насыщенных водой)
I	10x10x10 или 15x15x15	Вода $t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 96$ ч	Воздух $t = -18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2,5 \pm 0,5$ ч	Вода $t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2 \pm 0,5$ ч	6	3
II	10x10x10 или 15x15x15	5% р-р NaCl $t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 96$ ч	Воздух $t = -18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2,5 \pm 0,5$ ч	5% р-р NaCl $t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2,5 \pm 0,5$ ч	6	3
5% раствор NaCl						
III	70x70x70	$t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 96$ ч	Понижение до $-50$ - $55^{\circ}\text{C}$ -2,5 ч выдержка при $-50$ - $55^{\circ}\text{C}$ -2,5 ч подъем до $-10^{\circ}\text{C}$ -2,5 ч	$t = 18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ $\tau = 2,5 \pm 0,5$ ч	6	3

Образцы насыщают в жидкой среде по следующей схеме:

На 1/3 высоты - 24 часа, на 2/3 высоты – на 24 часа, целиком – на 48 часов.

Соотношение между марками бетона по морозостойкости, установленными различными методами, приведены в ГОСТ 10060-95.

## 2. Материалы и оборудование:

- образцы-кубы тяжелого цементного бетона;
- ванны для насыщения образцов в жидкой среде;
- торговые весы с разновесами;
- гидравлический пресс;
- морозильная камера;
- ванна для размораживания.

## 3. Методика проведения работы.

- контрольные образцы через 2-4 ч после извлечения из ванны испытать на сжатие.

- основные образцы загрузить в морозильную камеру в контейнере или установить на сетчатый стеллаж камеры таким образом, чтобы расстояние между образцами, стенками контейнеров и вышележащими стеллажами было не менее 50 мм. Началом замораживания считать момент установления в камере требуемой температуры;

- число циклов переменного замораживания и оттаивания, после которых должно проводиться испытание прочности на сжатие образцов бетона после промежуточных и итоговых испытаний, установить в соответствии с таблицей ГОСТ 10060.0. В каждом возрасте испытать по шесть основных образцов.

- образцы испытать по режиму, указанному в таблице.

- образцы после замораживания оттаять в ванне с водой при температуре  $(18 \pm 2)^\circ\text{C}$ . При этом образцы должны быть погружены в воду таким образом, чтобы над верхней гранью был слой воды не менее 50 мм.

Исходные расчетные данные выдаются каждому студенту преподавателем на специальных карточках для бетона определенной марки.

## IV. Лабораторный журнал.

Кол-во циклов замор.-оттаив. n	$R_{сж}$ , МПа	Потеря прочности		Масса образца $m_i$ , Г	Потеря массы		Коэф. морозостойкости $K_{МРЗ} = \frac{R_{сж}^n}{R_{сж}^0}$
		$\Delta_i = R_0 - R_i$ , МПа	$\Delta R_i = \frac{\Delta_i}{R_0} 100\%$		$\Delta'_i = m_0 - m_i$ , Г	$\Delta m_i = \frac{\Delta m'_i}{m_0} 100\%$	
0							
50							
...							
n							

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

Полученные расчетные данные обработать в виде графиков:

$$\Delta R_i = f(n) \text{ и } \Delta m_i = f(n)$$

По построенным кривым определить морозостойкость бетона – допустимое число циклов замораживания и оттаивания, при которых потеря прочности равна 5% и потеря массы 3%. Установить марку бетона по морозостойкости – F, в соответствии с указанными марками в ГОСТе, как ближайшее количество циклов, найденных по графикам.

Марка по морозостойкости для дорожного и аэродромного бетона устанавливается как ближайшее круглое число циклов, менее или равное опытному, при котором:

$$\Delta R_{сж} \leq 5\% \text{ и } \Delta m \leq 3\%$$

для всех остальных видов бетона учитывается только потеря прочности.

Для образцов, не имеющих видимых следов разрушения после заданного числа циклов замораживания и оттаивания, вычисляют коэффициент морозостойкости:

$$K_{MPЗ} = \frac{R_{сж}^n}{R_{сж}^0}$$

Где  $R_{сж}^n$  и  $R_{сж}^0$  - пределы прочности при сжатии образцов материала, соответственно после испытания на морозостойкость и водонасыщенных образцов до замораживания, в МПа.

Таблица 1. Физико-механические свойства некоторых материалов [3]

Наименование материала	Прочность при сжатии, МПа	Истинная плотность, кг/м <sup>3</sup>	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/(м <sup>0</sup> С)
Известняк плотный	50-150	2400-2600	1800-2200	0,8-1,0
Бетон тяжелый	10-60	2500-2600	1800-2500	1,1-1,6
Бетон легкий	2-15	-	500-1800	0,35-0,8

По результатам лабораторной работы обобщить изученный материал, перечислить методы определения морозостойкости. Подобрать схему производства работ.

[К оглавлению](#)

**Лабораторная работа № 4.** Инновационный подход при выборе материала для технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений

**Цель работы:** ознакомление с решениями в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений.

**Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми методами и их назначением;
- ознакомление с организацией и технологией производства работ по поверхностной обработке конструкций транспортных сооружений. Выбор наиболее оптимального для своего задания.

Поверхностная обработка – технологический процесс устройства на дорожных покрытиях тонких слоев с целью обеспечить шероховатость, водонепроницаемость, износостойкость и плотность покрытий. Слой, устраиваемый этим способом, также называют поверхностной обработкой

Поверхностные обработки используются:

- как профилактический слой, который закрывает и предохраняет основные конструктивные слои дорожных покрытий от преждевременного разрушения;
- как слой износа, подверженный стиранию в процессе движения. Такому слою требуется периодическое обновление для придания структуре ее первоначальных качеств;
- как верхний слой дорожного покрытия с характеристиками шероховатости, обеспечивающими сцепление и хорошее дренирование поверхностных вод, приводящими к понижению порога аквапланирования и создающими, благодаря повышенному удельному давлению, хорошее сопротивление формированию гололеда.

#### ***Требования к материалам***

Щебень поверхностной обработки воспринимает и передает на нижележащие слои нагрузку от автомобилей, служит слоем износа и обеспечивает сцепление между дорогой и колесами автомобилей.

Каменный материал, применяемый для устройства поверхностной обработки, должен обладать высокими физико-механическими свойствами, такими как прочность, морозостойчивость, сопротивление удару и износу (истиранию), хорошей прочностью сцепления с вяжущим и т.д. Соответствие горной

породы вяжущему определяют путем испытания в лабораторных условиях на прочность сцепления.

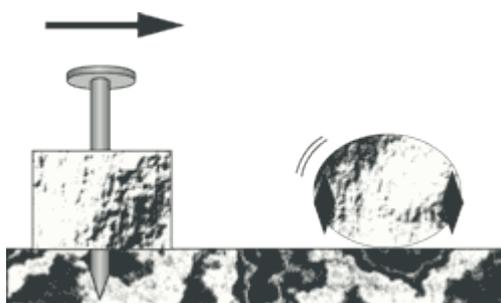


Рисунок 1 – Влияние формы щебенок на стабильность их положения

Форма щебенок должна быть кубической. Яйцевидная форма щебенок не имеет стабильного положения. Плоские плитки и щебенки в виде вытянутой иглы хрупки и плохо укладываются в покрытие (рис. 1).

Для устройства поверхностных обработок применяют щебень марки не ниже 1200 для автомобильных дорог I и II категорий, марки 1000 – для дорог III категории и марки не ниже 800 – для дорог IV категории.

### Вяжущее

При устройстве поверхностной обработки в качестве вяжущих используют вязкие битумы, битумы с добавками дегтей, битумы и дегти с добавками полимеров, битумные эмульсии.

### Виды поверхностных обработок

Различают несколько видов поверхностных обработок, каждая из которых имеет свою сферу наиболее эффективного применения.

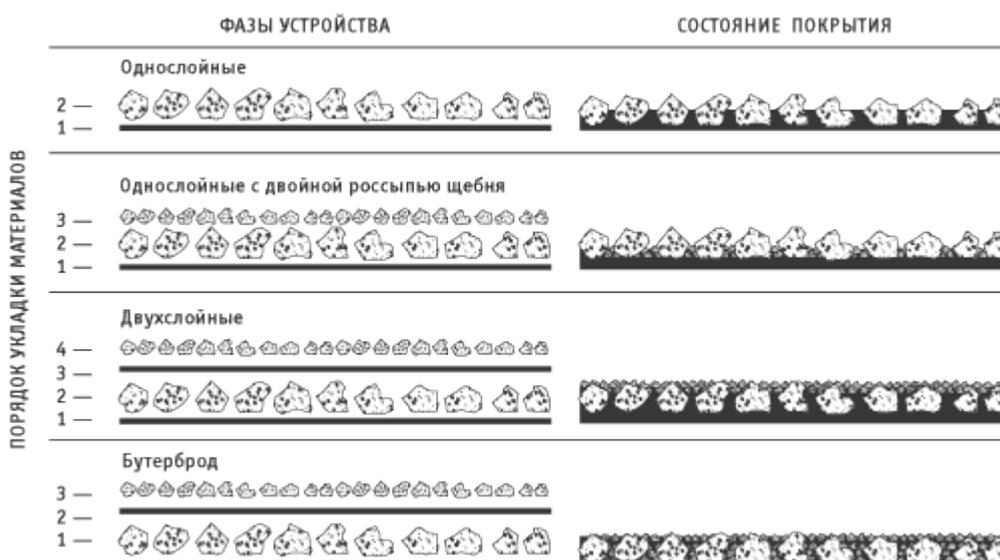


Рисунок 2 – Виды поверхностных обработок

**Однослойная поверхностная обработка с однократным распределением вяжущего и щебня.** Применяется для создания шероховатой поверхности и слоя износа дорожной одежды с достаточной прочностью. Это самый распространенный вид шероховатой поверхностной обработки, наиболее подходящий для всех видов движения. Чаще всего она устраивается из щебня фракций 5–10 мм.

**Однослойная поверхностная обработка с двойным распределением щебня.** На слой нанесенного вяжущего сначала рассыпают крупную фракцию щебня (например, 10–15 или 15–20 мм), прикатывают катком, а затем рассыпают более мелкую фракцию щебня (например, 5–10 мм) и уплотняют. Применяется на дорогах с интенсивным движением и высокой скоростью движения. Такая поверхностная обработка способствует улучшенной герметичности покрытия, устранению мелких неровностей и деформаций, лучше распределяет усилия от колес автомобилей. Особенно эффективно такая обработка работает на хорошем жестком основании.

**Двухслойная поверхностная обработка.** На первый слой разлитого вяжущего рассыпают крупную фракцию щебня и уплотняют. Затем разливают второй слой вяжущего, рассыпают более мелкую фракцию щебня и окончательно уплотняют. Применяется на покрытиях с недостаточной прочностью, при наличии сетки трещин, ямочности, колея, при высокой интенсивности движения, т.е. в тех случаях, когда необходимо не только создать шероховатый слой износа и защитный слой, но и улучшить ровность, несколько повысить прочность и сдвигоустойчивость. Применяется также на цементобетонных покрытиях.

**Поверхностная обработка типа «сэндвич».** На покрытие рассыпают щебень более крупной фракции, затем распределяют вяжущее, рассыпают щебень мелкой фракции и уплотняют. Структура получаемого слоя поверхностной обработки сравнима с однослойной поверхностной обработкой, устроенной путем розлива вяжущего и двойной россыпью щебня. Такая поверхностная обработка рекомендуется при неоднородном по ровности покрытии для его выравнивания и некоторого усиления. Применяется на дорогах второстепенного, местного значения.

При выборе способа устройства поверхностной обработки покрытий необходимо учитывать ее назначение, условия движения на дороге, климатические условия района строительства, показатель твердости дорожного покрытия, наличие материалов и средств механизации.

## ***Технология производства работ***

Существует два способа устройства поверхностных обработок:

- традиционный – с отдельным распределением материалов;
- способ с синхронным распределением вяжущего и щебня.

### **Традиционный способ**

Розлив вяжущего производят автогудронатором. Для равномерного розлива вяжущего необходимо обеспечить бесперебойность действия сопел, равномерность работы насоса и требуемую скорость перемещения гудронатора.

В зависимости от выбранного вяжущего и от ширины обрабатываемой поверхности водитель определяет, с помощью элементов регулировки гудронатора, необходимое соотношение между скоростью передвижения и количеством оборотов насоса.

Распределение щебня производят самоходным щебнераспределителем, автомобилем-самосвалом с навесным приспособлением или другим механизмом.

Поверхностную обработку с использованием битумных эмульсий выполняют в следующем порядке:

1. подготовка поверхности (очистка от пыли и грязи) и выполнение в случае необходимости ремонтных работ;
2. смачивание поверхности водой (в жаркую сухую погоду);
3. розлив эмульсии по покрытию в количестве 30% нормы;
4. распределение щебня в количестве 70% нормы;
5. розлив оставшейся эмульсии (70%);
6. распределение оставшегося щебня (30%);
7. укатка;
8. уход в период формирования.

Распределение щебня осуществляют так, чтобы щебень распределялся не далее 20 м от автогудронатора, разливающего эмульсию.

Уход за поверхностной обработкой с применением битумных эмульсий выполняется так же, как и при использовании битума. При использовании анионных эмульсий движение автомобилей открывается не ранее чем через 1 сутки после окончания работ.

Технология поверхностной обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня

Основным отличием новой технологии устройства поверхностной обработки является синхронное, практически одновременное распределение вяжущего и россыпь щебня.

[К оглавлению](#)

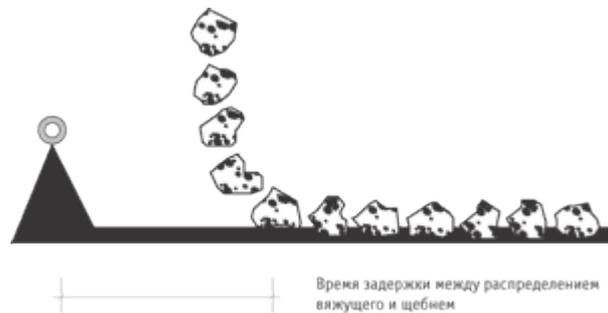


Рисунок 3 – Поверхностная обработка с синхронным распределением материалов

Уплотнение уложенного слоя происходит при горячем состоянии битума, что обеспечивает максимальный эффект уплотнения.

Для реализации идеи поверхностной обработки с синхронным распределением вяжущего и щебня фирма SECMAIR разработала и выпускает широкую номенклатуру битумощебнераспределителей различной производительности, а также других машин для содержания и ремонта дорожных покрытий с использованием щебня, обработанного битумом или битумной эмульсией.

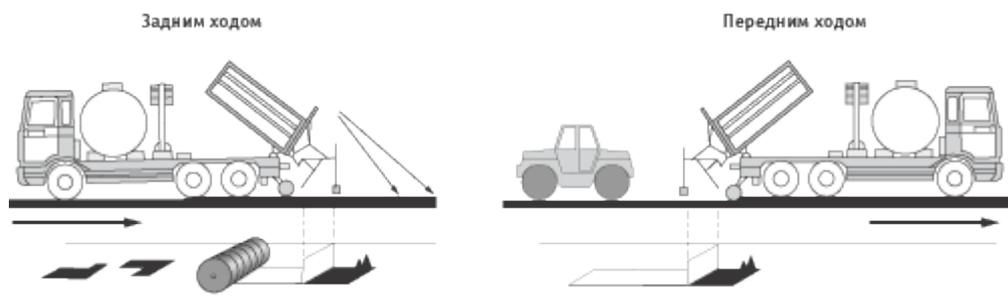


Рисунок 4 – Принципы работы машин для поверхностной обработки

В отчете по лабораторной работе отразить:

- какие бывают слои;
- применяемые материалы;
- машины и механизмы.

**Лабораторная работа № 5.** Инновационный подход при выборе шлакового щебеночного материала и полимер-битумного вяжущего для композиционного материала.

**Цель работы:** ознакомление с решениями в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений.

**Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми методами и их назначением;
- ознакомление с основами применения шлакового щебеночного материала и полимер-битумного вяжущего для композиционного материала.

Композиционные материалы представляют собой созданные в искусственных условиях неоднородные сплошные материалы, которые состоят из 2-х и более слоев с четко разделенной границей. В состав большинства композитов входит матрица и армирующие элементы, выполняющие функцию обеспечения механических свойств – жесткости, прочности. Чтобы сохранить исходные характеристики компонентов, используются специальные технологии, направленные на обеспечение их прочной связи. Все преимущества отдельно взятых материалов объединяются. Повышается устойчивость к появлению трещин и статическая прочность. Однородные материалы такими свойствами, как правило, не обладают.

Свойства композитов определяются высокой прочностью армирующих волокон, жесткостью матрицы и прочностью связи на границе «матрица-волокно».

По плотности композиционные строительные материалы подразделяют на следующие группы:

- особо легкие (средняя плотность  $< 400 \text{ кг/м}^3$ );
- легкие (средняя плотность  $400 \dots 1200 \text{ кг/м}^3$ );
- обычные (средняя плотность  $1200 \dots 2200 \text{ кг/м}^3$ );
- тяжелые (средняя плотность  $2200 \dots 2800 \text{ кг/м}^3$ );
- особо тяжелые (средняя плотность  $> 2800 \text{ кг/м}^3$ )

По способу твердения в зависимости от особенности микроструктуры композит строительные материалы подразделяют на следующие группы:

- твердеющие при понижении температуры (водные растворы, асфальтовые, битумные, металлические, керамические, стекла, каменное литье, серы, термопластичные полимеры);

– твердеющие в результате удаления части компонентов жидкой фазы – растворителей или разбавителей (лакокрасочные составы, эмульсии, холодные мастики и замазки);

– твердеющие в процессе физико-химического взаимодействия с газообразными средами (воздухом, углекислым газом, кислородом) – материалы на основе воздушной извести и жидкого стекла;

– твердеющие в результате физико-химического взаимодействия с жидкими средами (водой, растворами солей, щелочей, кислот) с образованием новых продуктов реакций – материалы на основе минеральных вяжущих;

– твердеющие в результате реакций полимеризации и поликонденсации термопластичных или термореактивных синтетических полимеров (замазки, шпаклевки, клеи, связующие полимеррастворов и полимербетонов, стеклопластики, дерево пластики и др.);

– твердеющие в результате высокотемпературных процессов.

В зависимости от строения макроструктуры композиционные строительные материалы подразделяют на следующие группы:

– дисперсно-наполненные (мастики, шпаклевки, замазки, клеи, растворы), содержащие связующее вещество и дисперсный наполнитель;

– растворы – материалы, состоящие из вяжущего вещества и мелкого заполнителя;

– бетоны – материалы, состоящие из вяжущего вещества, крупного и мелкого заполнителя (полимербетоны и бетонополимеры).

По виду вяжущего композиционные строительные материалы подразделяют на следующие группы:

– материалы на основе минеральных вяжущих веществ;

– материалы на основе органических вяжущих веществ;

– материалы на основе полимерных синтетических связующих;

– материалы на основе комплексных вяжущих веществ.

По назначению композиционные строительные материалы подразделяют на следующие группы:

– конструкционные материалы, предназначенные для изготовления строительных конструкций: несущих, ограждающих, технологических емкостей и оборудования;

– гидроизоляционные материалы, применяемые для производства гидроизоляционных, пароизоляционных, кровельных и отделочных работ;

– химически стойкие материалы, применяемые для устройства химически стойкой облицовки или отделки существующих объектов и сооружений;

– материалы специального назначения: радиационно-стойкие, огнестойкие, огнеупорные и др.

## *Полимеры*

Полимерные бетоны – цементные бетоны, в процессе приготовления которых в бетонную смесь добавляют кремнийорганические или водорастворимые полимеры. Такие бетоны имеют повышенную морозостойкость, водонепроницаемость.

Полимербетоны – это бетоны, в которых вяжущими материалами служат полимерные смолы, а заполнителем – неорганические минеральные материалы.

В отчете отразить что такое композиционные материалы их характеристики и принципы выбора и применения с привязкой к теме магистерской диссертации.

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

**Лабораторная работа № 6.** Инновационное оборудование для геодезического обеспечения транспортных сооружений.

**Цель работы:** ознакомление с инновационным оборудованием для геодезического обеспечения транспортных сооружений.

**Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми методами и их назначением;
- ознакомление с инновационным оборудованием для геодезического обеспечения транспортных сооружений.

**Общие требования**

Целью топографо-геодезических изысканий является получение материалов и данных для комплексной оценки местности, выполняемых для подготовки предпроектной, проектной и рабочей документации, а также осуществления строительства, реконструкции и ремонтов автомобильных дорог.

Техническое задание на ТГИ должно соответствовать требованиям [ГОСТ 32836](#) и дополнительно содержать следующее:

- состав ТГИ;
  - сведения о системе координат и высот;
  - данные о местоположении трассы;
  - указания о масштабе топографической съемки и высоте сечения рельефа, включая требования к съемке коммуникаций;
  - необходимые сведения для трассирования автомобильной дороги и др.
- ТГИ на автомобильных дорогах выполняют на трех этапах:
- планировочные и проектно-изыскательные работы для нового строительства;
  - в процессе выполнения строительных работ;
  - на эксплуатируемых автомобильных дорогах для подготовки проектной документации (с учетом требований 4.7) реконструкции и ремонтов автомобильных дорог и сооружений на них.

[к оглавлению](#)

## **Требования к оборудованию, инструментам и программам**

При проведении ТГИ следует применять следующие геодезические приборы и оборудование: теодолит; нивелир; тахеометр; оборудование глобальной навигационной спутниковой системы (ГНСС); лазерный сканер; аэрофотосъемочное оборудование; трассоискатель.

Программные продукты, с помощью которых осуществляется обработка результатов изысканий в автоматическом режиме, должны быть сертифицированы и лицензированы, иметь возможность построения, хранения и корректирования ИЦММ в соответствии с требованиями к топографическим планам и картам в цифровом виде. Получаемые материалы должны удовлетворять требованиям систем автоматизированного проектирования автомобильных дорог и автоматизированных систем управления трехмерной моделью.

## **Топографо-геодезическое обеспечение строительства**

При топографо-геодезическом обеспечении проведения строительных работ необходимо выполнять вынос в натуру всех элементов строящейся автомобильной дороги и транспортных сооружений, осуществлять контроль точности геометрических параметров в полном соответствии с проектными данными.

### **Нивелирование трассы**

Нивелирование следует выполнять для определения высот точек съемочного обоснования, реперов, нивелирования трасс, продольного и поперечных профилей.

Нивелирование должно быть выполнено отдельными ходами, системами ходов и замкнутыми полигонами между нивелирными реперами государственной геодезической сети. В исключительных случаях допускаются замкнутые ходы, опирающиеся на один исходный репер.

При совмещении трассы с осью существующей дороги, не имеющей твердого покрытия, и на дорогах с гравийно-песчаным покрытием нивелирование следует проводить по точкам, закрепленным по оси дороги. Если дорога имеет твердое покрытие, то нивелирование следует осуществлять по связующим точкам поперечного профиля, закрепленным по кромкам проезжих частей (бровкам земляного полотна), с одновременным нивелированием точек по оси дороги.

### **Камеральное трассирование**

Цель работы: Практически освоить проектирование трассы по топографической карте

Камеральное трассирование необходимо выполнить способом «построение линии заданного уклона», который применяется в пересеченной местности.

На карте масштаба 1:10000 имеется направление, задан проектный уклон  $i_{пр}$ .

На карте необходимо провести трассу в заданном направлении с предельным уклоном трассирования  $i_{пр}$ . По масштабу карты и по высоте сечения рельефа  $h=2,5$  м вычисляют величину заложения  $d$  для уклона  $i_{пр}$ .

$$d=h/ i_{пр}. (1)$$

или в масштабе карты

$$d= h/ i_{пр} \cdot 1/M (2)$$

Затем из начальной точки, придерживаясь основного направления трассы, раствором циркуля, равным  $d$ , засекают соседнюю горизонталь. Из полученной точки вновь засекают этим же раствором циркуля точку следующей горизонтали и т.д.

При пересечении оврагов к тальвегу не спускаются, а переходят сразу на другую сторону, засекая одноименную горизонталь. Так же поступают и при пересечении рек, стремясь, чтобы трасса была приблизительно перпендикулярна к направлению течения.

В местах, где расстояния между горизонталями больше принятого заложения, т. е., где естественный уклон местности меньше заданного уклона трассирования, точки выбираются свободно в необходимом направлении.

Полученные на карте точки образуют линию равных уклонов или линию нулевых работ, вдоль которой не требуется делать ни насыпей, ни выемок. Из-за сильной извилистости этой линии ее спрямляют таким образом, чтобы спрямляющая линия проходила между звеньями ломаной имела минимальное количество углов поворота. Затем вписывают кривые. Для этого по таблицам для разбивки круговых кривых или по формулам определяют значения элементов кривой:  $T$  – тангенс,  $K$  – длина кривой,  $B$  – биссектриса,  $D$  – домер. Кривую задают по  $T$ , который намечают на карте и определяют графически; измеряют при помощи транспортира угол поворота трассы  $\varphi$  и вычисляют радиус кривой по формуле

$$R = \frac{T}{\tan \frac{\varphi}{2}}$$

Затем округляют значение радиуса кривой до сотен метров и окончательно вычисляют

$$2 \varphi T R \operatorname{tg} \varphi,$$

$$K = R \cdot \varphi / \rho \quad (\rho=57,3^\circ), \quad \left| \int \right| \left( \int = \cdot -1 \ 2 \operatorname{sec} \varphi \ B \ R, \ D=2T-K. \ (3) \right)$$

$$T = R$$

Разбивают пикетаж. Пикеты наносят на карту через каждые 100 метров от начала трассы, после угла поворота трассы пикеты разбивают с учетом закругления (откладывают домер от предыдущей вершины угла по новому направлению и от этой точки продолжают разбивку трассы). Кроме того, намечают плюсовые точки – в местах изменения рельефа и ситуации на трассе, определяют их пикетаж от ближайших пикетов.

Дальше необходимо вычислить пикетажные значения главных точек кривой по формулам, например:

ВУ 17 + 3,00	Контроль: ВУ 17 + 3,00
-Т 150,06	+Т 150,06
НК 15 + 52,94	... 18 + 53,06
+К 294,94	-Д 5,18
КК 18 + 47,88	КК 18 + 47,88

ВУ – пикетажное значение вершины угла,

Т – тангенс кривой,

НК – начало кривой,

КК – конец кривой.

После этого на карту наносят главные точки кривой и вписывают кривую.

[К оглавлению](#)

## Лабораторная работа №7. Инновации в компьютерном моделировании

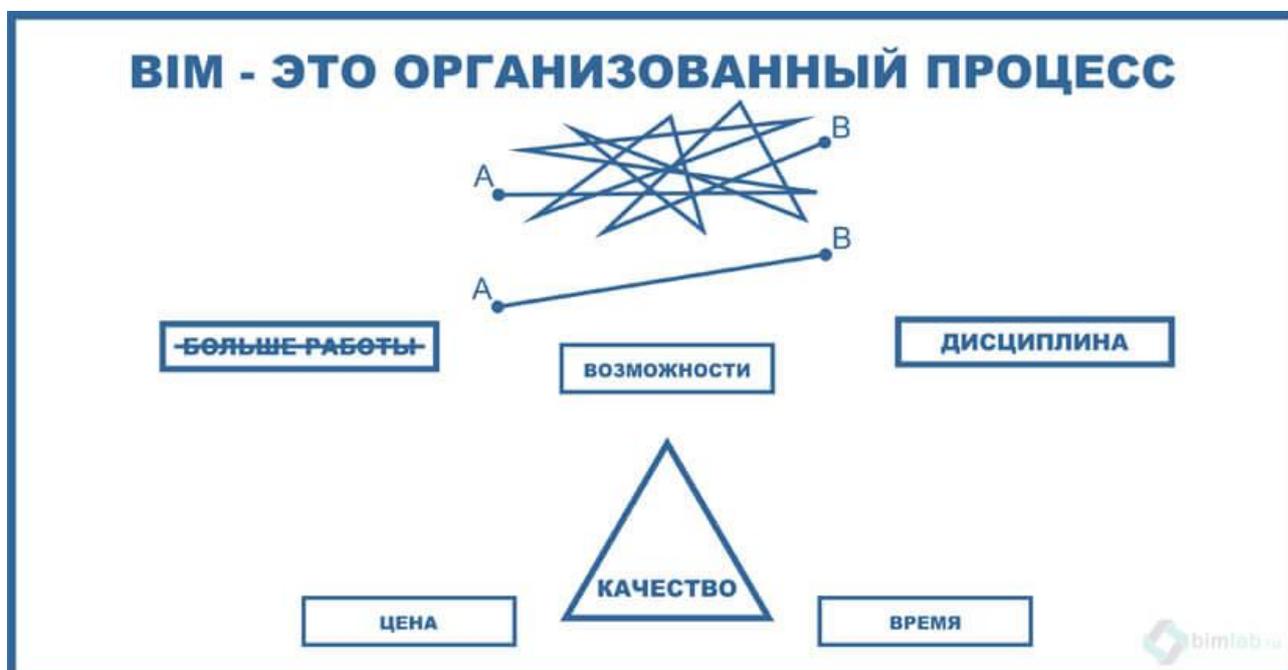
**Цель работы:** ознакомление с программными комплексами Allplan, Autodesk.

### Задачи работы:

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми программными комплексами и их назначением;
- подготовить архитектурно-строительный проект в среде BIM.

### Создать BIM-модель по следующему алгоритму:

- запрос на создание (Заказчик);
- формирование исполнителем ВЕР- плана реализации проекта;
- предпроект;
- конструкторские работы;
- проектные работы;
- актуализация модели в течение ЖЦ;
- архивирование.



## ***BIM - технология информационного моделирования: обзор, применение***

Информационное моделирование зданий (от англ. Building Information Modeling, BIM) – процесс, в результате которого формируется информационная модель здания (сооружения), при этом, для каждой стадии соответствует некоторая модель, которая отображает объем обработанной на этот момент информации (архитектурной, конструкторской, технологической, экономической) о здании или сооружении, к которой имеют доступ все заинтересованные лица.



Подготовка архитектурно-строительных проектов в среде BIM – совокупность взаимосвязанных процессов по созданию информационной модели на основе требований заказчика. Технология проектирования, возведения и эксплуатации объекта в BIM рассматривается в разрезе жизненного цикла (от англ. product life cycle, PLM) изделия, в данном случае объекта строительства или сооружения. Информационная модель (ИМ), являясь цифровым аналогом, так же переживает все стадии ЖЦ: от идеи создания объекта до его реконструкции\демонтажа.

Выполненную лабораторную работу представить в следующем виде.

[К оглавлению](#)



Рисунок. Пример оформления результата лабораторной работы

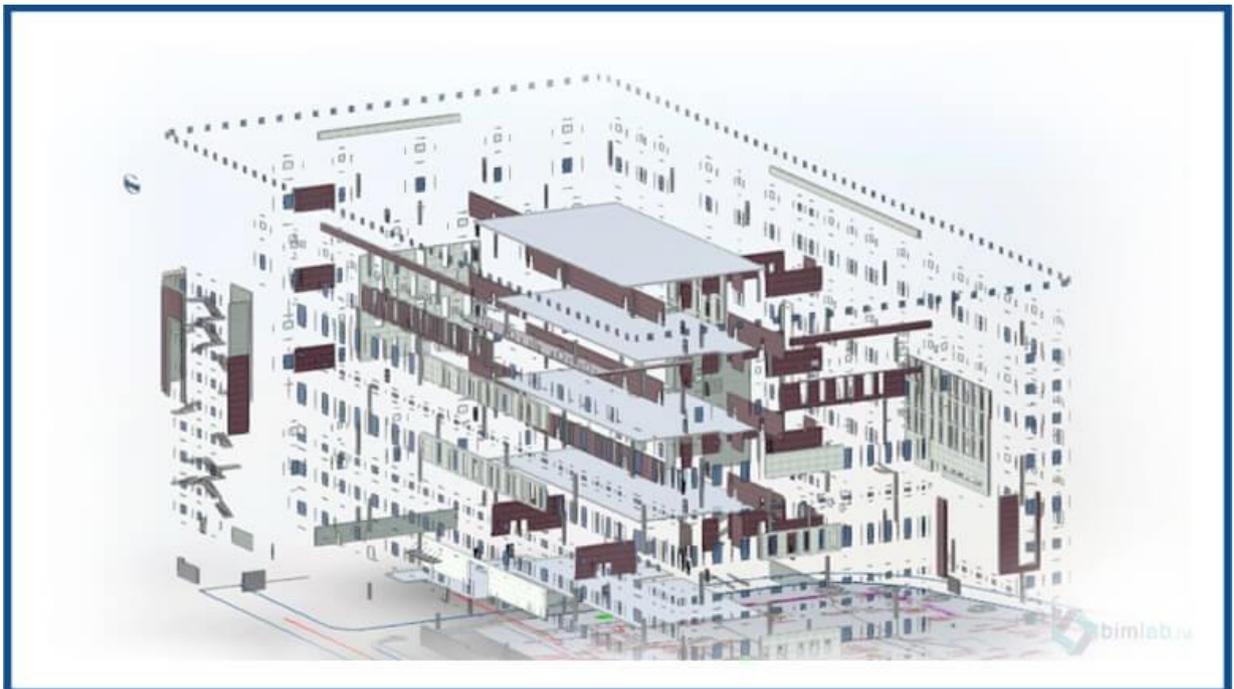


Рисунок. Пример оформления результата лабораторной работы

[К оглавлению](#)

## **Лабораторная работа № 8. Инновационные методы расчета конструкций**

Цель работы: ознакомление с инновационными методами расчета конструкций с использованием программных комплексов Sofistik, Midas.

### **Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми программными комплексами и их назначением;
- провести расчет архитектурно-строительного проекта в среде BIM.

### **Создать BIM-модель по следующему алгоритму:**

- запрос на создание (Заказчик);
- формирование исполнителем ВЕР- плана реализации проекта;
- предпроект;
- конструкторские работы;
- проектные работы;
- актуализация модели в течение ЖЦ;
- архивирование.

Предельное состояние, группы предельных состояний, надежность объекта, нормативная нагрузка, коэффициент надежности по нагрузке, расчетная нагрузка, нормативное сопротивление, коэффициент надежности по материалу, расчетное сопротивление, коэффициент условий работы, условие прочности. Допускаемое напряжение, коэффициент запаса прочности, условие прочности. Предельная (разрушающая) нагрузка, допускаемая нагрузка.

Критерии (гипотезы) прочности и пластичности.

Хрупкие материалы.

Основные понятия.

Критерии (гипотезы) прочности для хрупких и пластичных материалов, приведенное (эквивалентное) напряжение, условие предельного состояния, условие прочности.

## **Методы расчета строительных конструкций**

Сечения элементов конструкции должны быть определены так, чтобы в течение всего срока эксплуатации была исключена возможность разрушения или возникновения недопустимо больших деформаций конструкции при одновременном требовании экономии материала. Необходимые размеры сечений элементов конструкции определяются из расчетов на прочность, жесткость и устойчивость.

Расчет на прочность сводится к требованию, чтобы наибольшие напряжения в элементе конструкции (нормальные, касательные либо определенная комбинация этих напряжений) не превосходили некоторой допустимой для данного материала величины.

Расчет на жесткость сводится к требованию, чтобы наибольшие перемещения (удлинения стержней, прогибы) не превышали некоторых допустимых величин.

### **Метод предельных состояний**

Предельным считается состояние, при котором конструкция перестает удовлетворять эксплуатационным требованиям или требованиям, предъявляемым в процессе возведения здания или сооружения.

Различают две группы предельных состояний:

первая - непригодность к эксплуатации по причине потери несущей способности;

вторая - непригодность к нормальной эксплуатации в соответствии с предусмотренными технологическими или бытовыми условиями.

В правильно запроектированном сооружении не должно возникнуть ни одно из указанных предельных состояний, т. е. должна быть обеспечена его надежность.

Надежностью называется способность объекта сохранять в процессе эксплуатации качество, заложенное при проектировании.

### **Метод разрушающих нагрузок**

Для конструкции, изготовленной из материала с достаточно протяженной площадкой текучести, за разрушающую принимается нагрузка, при которой в ее элементах возникают значительные пластические деформации. При этом конструкция становится не способной воспринимать дальнейшее увеличение нагрузки.

[К оглавлению](#)

## **Лабораторная работа №9. Инновации в анализе и обработке полученных результатов**

**Цель работы:** ознакомление с программными комплексами Sofistik, Midas.

**Задачи работы:**

- ознакомиться с терминами и определениями;
- изучить общие положения выбора требуемых решений, последовательности и условий выполнения работ;
- ознакомление с применяемыми программными комплексами и их назначением;
- подготовить архитектурно-строительный проект в среде BIM;
- провести анализ напряженно-деформированного состояния конструкции.

**Создать BIM-модель по следующему алгоритму:**

- запрос на создание (Заказчик);
- формирование исполнителем ВЕР- плана реализации проекта;
- предпроект;
- конструкторские работы;
- проектные работы;
- актуализация модели в течение ЖЦ;
- архивирование.

Количественный (математико-статистический) анализ – совокупность процедур, методов описания и преобразования исследовательских данных на основе использования математико-статического аппарата.

Количественный анализ подразумевает возможность обращения с результатами как с числами – применение методов вычислений.

Типы методов математико-статического анализа:

- Методы описательной статистики направлены на описание характеристик исследуемого явления: распределения, особенностей связи и пр.
- Методы статического вывода служат для установления статистической значимости данных, полученных в ходе экспериментов.
- Методы преобразования данных направлены на преобразование данных с целью оптимизации их представления и анализа.

По результатам выполненной лабораторной работы представить результаты расчета с выводом диаграмм и проведение их анализа.

## **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы магистрантов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка разделов магистерской диссертации по индивидуальным заданиям в соответствии с планом исследований;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка материалов для публикации;
- изготовление макетов.

## **Методические рекомендации по организации и выполнению самостоятельной работы магистрантов**

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие формы самостоятельной работы:

- подготовка разделов магистерской диссертации по индивидуальным заданиям в соответствии с планом исследований;
- составление тематической подборки литературных источников, интернет-источников;
- подготовка сообщений, тематических докладов, презентаций по заданным темам;
- подготовка рефератов по индивидуальным темам, в том числе с использованием патентных материалов;
- подготовка материалов для публикации;
- изготовление макетов.

## **КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

### **Средства диагностики результатов учебной деятельности**

Оценка уровня знаний магистранта производится по десятибалльной шкале в соответствии с критериями, утвержденными Министерством образования Республики Беларусь.

Для оценки достижений магистранта используется следующий диагностический инструментарий:

- устный и письменный опрос во время лабораторных занятий;
- выступление магистранта на конференции по подготовленному реферату;
- защита курсового проекта по дисциплине;
- сдача экзамена по дисциплине.

### **Контрольные вопросы**

1. Введение. Основные понятия
2. Задачи, цель и предмет курса «Инновации в дорожном строительстве»
3. Основные понятия и терминология инновационных технологий
4. Структура инновационных решений
5. Роль курса в инновационном развитии дорожной отрасли Республики Беларусь
6. Инновации в геодезическом сопровождении
7. Консалтинговое сопровождение инновационных проектов
8. Понятие консалтинговых услуг
9. Принципы консалтингового сопровождения инновационных проектов
10. Примеры консалтингового сопровождения инновационных проектов в технологиях дорожного строительства и при получении дорожно-строительных материалов
11. Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений
12. Пути и структура инновационных решений при разработке эффективных дорожно-строительных материалов
13. Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений
14. Пути и структура инновационных решений при разработке инновационных технологий для ремонта транспортных сооружений
15. Обоснование выбора необходимых ремонтных материалов

16. Инновационные решения по замене традиционных строительных материалов, материалами, полученными с использованием нанотехнологий
17. Инновационное оборудование для геодезического обеспечения транспортных сооружений
18. Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости
19. Структура и возможности инновационных решений в технологии обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости транспортных сооружений
20. Состав и свойства добавок для повышения морозоустойчивости и морозостойкости
21. Физико-химические закономерности в системе «состав грунта – свойства ионного стабилизатора»
22. Инновации в повышении морозостойкости бетона
23. Инновации в повышении долговечности транспортных сооружений
24. Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений
25. Сравнительный анализ характеристик гидроизоляционных материалов
26. Исследование физико-механических свойств гидроизоляционных материалов
27. Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь
28. Сравнительный анализ физико-механических характеристик вторичных продуктов
29. Структура и возможности инновационных решений в технологии получения композиционных материалов для ремонта транспортных сооружений
30. Физико-химические основы использования для дорожных композиционных материалов вторичных продуктов. Инновационное оборудование. Принципы действия
31. Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений
32. Инновационные решения в технологии зимнего содержания транспортных сооружений. Структура и возможности
33. Классификация противогололедных добавок. Принципы их действия
34. Инновации в проектировании транспортных сооружений
35. Компьютерное моделирование и математическая обработка результатов. Инновации в компьютерном моделировании
36. Инновационные методы расчета конструкций
37. Инновации в анализе и обработке полученных результатов

## ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

В задачи дисциплины входит изучение:

- овладение магистрантами комплексом знаний, включающих принципы изучения и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности;
- постановки научно-технических задач, выбор методических способов и средств ее решения, подготовки данных для составления обзоров, отчетов, научных и иных публикаций;
- математического моделирования процессов в конструкциях и системах, компьютерных методов реализации моделей, разработки расчетных методов и средств автоматизации проектирования;
- постановки и проведения экспериментов, метрологического обеспечения, сбора, обработки и анализа результатов, идентификации теории и эксперимента;
- разработки и использования баз данных и информационных технологий для решения научно-технических и технико-экономических задач по профилю деятельности;
- представления результатов выполненных работ, организации внедрения результатов исследований и практических разработок;
- оценка технического состояния сооружений, их частей и инженерного оборудования, разработка экспертных заключений;
- сбор, систематизация и анализ информационных исходных данных для проектирования сооружений, инженерных систем и оборудования, технико-экономическое обоснование и принятие проектных решений в целом по объекту, координация работ по частям проекта, проектирование деталей и конструкций;
- разработка методов и программных средств расчета объекта проектирования, расчетное обеспечение проектной и рабочей документации, оформление законченных проектных работ;
- проведение авторского надзора за реализацией проекта.

В результате изучения учебной дисциплины «Инновационные технологии транспортного строительства и геодезического обеспечения» магистрант должен:

**знать:**

- достижения современных инновационных технологий транспортного строительства и геодезического обеспечения, для разработки и внедрения инноваций в дорожной отрасли.

**уметь:**

- использовать для выполнения научных исследований современное оборудование, вычислительную технику и информационные технологии.
- применять и осуществлять на современном уровне новые научные, производственные и организационные решения в области транспортных сооружений с использованием современных машин, механизмов и оборудования.

**владеть:**

- способностью готовить данные для выбора и обоснования научно-технических и инновационных решений;
- способность выполнять инженерные изыскания транспортных сооружений с проведением геодезических, гидрометрических и инженерно-геологических работ;
- способность использовать методы оценки основных производственных ресурсов и технико-экономических показателей производства.

[К ОГЛАВЛЕНИЮ](#)

Учебно-методическая карта учебной дисциплины (очная форма)

Номер темы, занятия	Название темы, занятия	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические	Семинарские занятия	Лабораторные	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1 семестр							
I	Введение. Основные понятия	14			6			
1.1	Задачи, цель и предмет курса «Инновации в дорожном строительстве»	2						
1.2	Основные понятия и терминология инновационных технологий	2						
1.3	Структура инновационных решений	2						
1.4	Роль курса в инновационном развитии дорожной отрасли Республики Беларусь	4						
1.5	Инновации в геодезическом сопровождении	4			6			Защита лаб. работы
II	Консалтинговое сопровождение инновационных проектов	8			4			
2.1	Понятие консалтинговых услуг	2						
2.2	Принципы консалтингового сопровождения инновационных проектов	2						
2.3	Примеры консалтингового сопровождения инновационных проектов в технологиях дорожного строительства и при получении дорожно-строительных материалов	4			4			Защита лаб. работы
III	Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений	6			4			
3.1	Пути и структура инновационных решений при разработке эффективных дорожно-строительных материалов	4						
3.2	Инновационные решения при разработке полимер-битумных вяжущих, композиционных материалов для ремонта и поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений	2			4			Защита лаб. работы

[К оглавлению](#)

IV	Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений	12			4			
4.1	Пути и структура инновационных решений при разработке инновационных технологий для ремонта транспортных сооружений	2						
4.2	Обоснование выбора необходимых ремонтных материалов	4						
4.3	Инновационные решения по замене традиционных строительных материалов, материалами, полученными с использованием нанотехнологий	4			4			Защита лаб. работы
4.4	Инновационное оборудование для геодезического обеспечения транспортных сооружений	2						
V	Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости	10						
5.1	Структура и возможности инновационных решений в технологии обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости транспортных сооружений	2						
5.2	Состав и свойства добавок для повышения морозоустойчивости и морозостойкости	2						
5.3	Физико-химические закономерности в системе «состав грунта – свойства ионного стабилизатора»	2						
5.4	Инновации в повышении морозостойкости бетона	2						
5.5	Инновации в повышении долговечности транспортных сооружений	2						
	Итого за семестр	50			18			экзамен
	Всего аудиторных часов				68			
	2 семестр							
VI	Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений	2			8			
6.1	Сравнительный анализ характеристик гидроизоляционных материалов				4			Защита лаб. работы
6.2	Исследование физико-механических свойств гидроизоляционных материалов				4			Защита лаб. работы

VII	Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь	4			16			
7.1	Сравнительный анализ физико-механических характеристик вторичных продуктов				2			
7.2	Структура и возможности инновационных решений в технологии получения композиционных материалов для ремонта транспортных сооружений				4			
7.3	Физико-химические основы использования для дорожных композиционных материалов вторичных продуктов. Инновационное оборудование. Принципы действия				2			
VIII	Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений	4			8			
8.1	Инновационные решения в технологии зимнего содержания транспортных сооружений. Структура и возможности	2			4			
8.2	Классификация противогололедных добавок. Принципы их действия	2			4			
IX	Инновации в проектировании транспортных сооружений	6						
9.1	Компьютерное моделирование и математическая обработка результатов. Инновации в компьютерном моделировании	2						
9.2	Инновационные методы расчета конструкций	2						
9.3	Инновации в анализе и обработке полученных результатов	2						
	Курсовой проект							Защита курсового проекта
	Итого за семестр	16			32			экзамен
	Всего аудиторных часов	48						
	Итого за год	66			48			
	Всего аудиторных часов	116						

Учебно-методическая карта учебной дисциплины (заочная форма)

Номер темы, занятия	Название темы, занятия	Количество аудиторных часов					Количество часов	Форма контроля знаний	
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
	1 семестр								
I	Введение. Основные понятия	2			2				
II.	Консалтинговое сопровождение инновационных проектов	2			2				
III.	Инновационные решения при разработке строительных материалов и конструкций зданий и сооружений	2			2				
	Итого за семестр	6			6			зачет	
	Всего аудиторных часов	12							
	2 семестр								
IV.	Инновационные технологии для содержания транспортных сооружений	2			2				
V.	Инновационные технологии для обеспечения морозоустойчивости и морозостойкости	2							
VI.	Инновации в технологии поверхностной обработки конструкций транспортных сооружений	2			2				
	Итого за семестр	6			4			экзамен	
	Всего аудиторных часов	10							
	3 семестр								
VII.	Инновации при использовании вторичных продуктов предприятий Республики Беларусь	1			1				
VIII	Инновационные технологии зимнего содержания транспортных сооружений	1			1				
IX	Инновации в проектировании транспортных сооружений	2			2				
	Курсовой проект							Защита курсового проекта	
	Итого за семестр	4			4			экзамен	
	Всего аудиторных часов	8							
	Итого за год	6			14				
	Всего аудиторных часов	30							

## ЛИТЕРАТУРА

### Основная литература

1. Государственная программа инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы. Указ Президента Республики Беларусь. 31 января 2017 г. № 31. «О Государственной программе инновационного развития Республики Беларусь на 2016–2020 годы» (в редакции Указов Президента Республики Беларусь от 25 июля 2017г. №258; от 30 ноября 2017г. №428; от 13 июня 2018г. №236; от 7 августа 2019г. №301) – 41 с.

2. Ганиева, Т. Ф. Современные дорожно-строительные материалы : учебное пособие для вузов по специальности - Транспортное строительство. Строительство. / Т. Ф. Ганиева, А. И. Абдуллин, М. Р. Идрисов; под ред. Т. Ф. Ганиевой. - Санкт-Петербург : Проспект Науки, 2015. - 142, [1] с.

3. Строительство автомобильных дорог : учеб. пособие / В. Н. Яромко [и др.] ; под общ. ред. В. Н. Яромко, Я. Н. Ковалева. – Минск : Вышэйшая школа, 2016. – 471 с. : ил.

### Дополнительная литература

1. Автомобильные дороги за рубежом [Электронный ресурс]: учебное пособие / сост. В. А. Павлова, Л. Г. Говердовская. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, 2011. - 100 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=144044>.

2. Иванова, Л. А. Органоминеральные композиции для ремонта покрытий автомобильных дорог [Электронный ресурс]: монография / Л. А. Иванова, В. А. Шевченко, В. П. Киселев. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2011. - 96 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229375>.

3. Зубков, А. Ф. Технология устройства покрытий нежесткого типа из асфальтобетонных горячих смесей [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. Ф. Зубков, К. А. Андрианов, Т. И. Любимова. - 2-е изд., стер. - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ». 2011. - 81 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278038>.

4. Мясникова, С. А. Поверхностная обработка покрытия автомобильных дорог на основе металлургических шлаков : монография / С. А. Мясникова, В. А. Шорин. - Вологда : ВоГТУ, 2011. - 123 с. - Режим доступа: [http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/mjasnikova/book3/2011\\_mjasnikova](http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/mjasnikova/book3/2011_mjasnikova).

5. Горчаков Г.И. Повышение морозостойкости и прочности бетона. - М.: Промстройиздат. - 1956. - 107 с.

[К оглавлению](#)

6. Добшиц Л. М., Портнов И. Г., Соломатов В. И. Морозостойкость бетонов транспортных сооружений: Учебное пособие. - М.: МИИТ, 1999. - 236 с.
7. Ефимов Б. А. Получение цементных бетонов заданной морозостойкости с учетом характеристик строения. Дисс. канд. тех. наук. - М.: МИСИ. - 1976. – 192 с.
8. Иванов Ф. М., Гладков В. С., Виноградов О. А. Определение морозостойкости бетона ускоренным методом. - Л., Энергия. - 1969.
9. Лифанов И. И. Морозостойкость бетона и температурные деформации его компонентов. Автореф. дисс. докт. техн. наук. - М. - 1977. – 47 с.
10. Малюк В. Д. Морозостойкость бетона транспортных искусственных сооружений, возводимых в сложных природных климатических условиях (на примере о. Сахалин): Автореферат дис. канд. техн. наук. - Днепропетровск, ДИСИ, 1984. – 23 с.
11. Панченко А. И. обеспечение стойкости бетона к физическим воздействиям внешней среды путём управления собственными деформациями. Автореферат дисс. доктора техн. наук. - Ростов-на-Дону, 1996. – 38 с.
12. Стольников В. В. О теоретических основах сопротивляемости цементного камня чередующимся циклам замораживания и оттаивания. - М.: Энергия. – 1972. – 67 с.
13. Technická pravidla ČBS 02. Bílé vany. Vodonepropustné betonové konstrukce. – Введ. октябрь 2007. – Прага. – 71 с.
14. Weiße Wannen - einfach und sicher: Konstruktion und Ausführung wasserundurchlässiger Bauwerke aus Beton (edition beton). Gottfried Lohmeyer, Karsten Ebeling.: VBT Verlag Bau und Technik, 2018. – 592 с.
15. Першин, М. Н. Вспененные битумы в дорожном строительстве / М. Н. Першин, Е. Н. Баринов, Г. В. Корневский. – М.: Транспорт, 1989. – 80 с.
16. Аррамбид, Ж. Органические вяжущие и смеси для дорожного строительства / Ж. Аррамбид, М. Дюрье ; сокр. пер. с франц. Г. И. Мачковского, С. К. Кашкина ; общ. ред. В. А. Бочина. – М. : Автотрансиздат, 1961. – 271 с.
17. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 3. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 1024 с.
18. Гринин А. С., Новиков В. Н. Промышленные и бытовые отходы: Хранение, утилизация, переработка. – М.: ФАИР-ПРЕСС, 2002. – 336 с.
19. Безрук В. М. Применение нефтегрунта в строительстве автомобильных дорог / В. М. Безрук, А. В. Линцер. – М.: Транспорт, 1975. – 72 с.

[К О Г Л А В Л Е Н И Ю](#)

20. Методы построения цифровых моделей местности и их точность [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.mobigeo.ru/metody-postroeniya-tsifrovyykh-modelei-mestnosti-i-ikh-tochnost.html>.

21. Explore the possibilities of RealityCapture [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.capturingreality.com>.

22. Pix4d. A unique photogrammetry software suite for drone mapping [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.pix4d.com>.

23. DJI Phantom 4 RTK — картография нового поколения [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/coptertime/blog/426659/>.

24. Информационное издание о цифровых изменениях в бизнесе и обществе робототехников [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://sldonline.ru/article/Kartografiya-po-bespilotnikam/>.

25. Robohunter. Сообщество робототехников [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://robo-hunter.com/news/ispolzuya-novuy-tehnologiy-dron-smojet-sostavlyat-karti-opasnih-mest11377>

26. Программы для расчетов конструкций. URL:<http://saitinpro.ru/programmy-dlya-stroitel'nogo-proektirovaniya/programmy-dlya-raschetov-konstruktsij/> (15.12.2019).

27. MSC Nastran Расчет и оптимизация конструкций URL:<http://www.mscsoftware.ru/products/msc-nastran> (11.12.2019).

28. Autodesk Robot Structural Analysis Professional: Учебное пособие: моделирование и расчет конструкции URL:<http://docs.autodesk.com/RSAPRO/2014/RUS/index.html?url=filesROBOT/GUID-88B74D07-4C31-46DF-B415-76658FFF549B.htm,topicNumber=ROBOTd30e5446> (19.11.2019).

29. Autodesk Robot Structural Analysis Professional 2014. Методическое пособие / Сыч С. - Москва, 2013. - 99 с.

30. Водобитумные эмульсии [Электронный ресурс]: учебное пособие / А. И. Абдуллин, Т. Ф. Ганиева, М. Р. Идрисов, Е. А. Емельянычева. - Казань : Издательство КНИТУ, 2012. – 116 с. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258625>