

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ И РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**
**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ**

**ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И
ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

по направлению 08.04.01 «Строительство»

**Направленность (профиль): Проектирование, строительство и
эксплуатация автомобильных дорог**

Ставрополь

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития дорожно-строительной отрасли Российской Федерации характеризуется масштабным переходом к использованию инновационных материалов, технологий и методов проектирования. Дисциплина «Инновационные материалы для строительства и эксплуатации автомобильных дорог» является важнейшим элементом подготовки магистров, способных решать сложные инженерные и научно-исследовательские задачи в условиях растущих транспортных нагрузок и жестких климатических воздействий.

Актуальность изучения инновационных материалов продиктована необходимостью повышения надежности, долговечности и безопасности автомобильных дорог при одновременном снижении стоимости их жизненного цикла (LCC). Внедрение новых технологических решений требует глубокого понимания физико-механических и реологических свойств материалов, а также владения современными методами их испытаний и оценки.

В настоящее время дорожная отрасль опирается на обновленную нормативную базу, включающую требования Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог», новую систему национальных стандартов (ГОСТ Р) и предварительных национальных стандартов (ПНСТ). Это обуславливает необходимость формирования у обучающихся компетенций по работе с актуальной нормативно-технической документацией, регламентирующей применение модифицированных вяжущих, геосинтетики, полимерных добавок и других инноваций.

Важным вектором развития является концепция устойчивого развития и ресурсосбережения. Использование вторичных ресурсов, таких как переработанный асфальтобетон (RAP), металлургические шлаки и золошлаковые отходы, позволяет существенно снизить углеродный след дорожного строительства. Оценка экологической эффективности и разработка биоматериалов становятся неотъемлемой частью современного инженерного подхода.

Цифровизация дорожной отрасли также диктует новые требования к материаловедению. Разработка цифровых паспортов инновационных материалов и их последующая интеграция в технологии информационного моделирования (BIM/TIM) обеспечивают прозрачность данных на всех этапах жизненного цикла дорожной одежды: от проектирования до эксплуатации и утилизации.

Настоящие методические указания предназначены для проведения практических занятий, в ходе которых магистранты закрепляют теоретические знания и приобретают навыки расчета, проектирования и анализа свойств передовых дорожных материалов. Структура работ охватывает весь спектр современных технологий: от нанодобавок и

фазопереходных материалов до систем самовосстановления и инструментальной диагностики покрытий.

Выполнение представленного комплекса практических работ позволит будущим специалистам уверенно осуществлять подбор составов высокоэксплуатационных смесей (в том числе по методологии Superpave), разрабатывать регламенты строительного контроля и принимать экономически обоснованные решения на основе анализа стоимости жизненного цикла.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Практическая работа №1. Анализ нормативной базы и классификация инновационных дорожных материалов
2. Практическая работа №2. Подбор и оценка реологических свойств модифицированных битумных вяжущих
3. Практическая работа №3. Проектирование состава высокоэксплуатационных асфальтобетонных смесей
4. Практическая работа №4. Расчет технологических параметров теплого и холодного асфальтобетона
5. Практическая работа №5. Оптимизация состава фибробетона для дорожных покрытий и оснований
6. Практическая работа №6. Расчет эффективности применения геосинтетических материалов в конструкции дорожной одежды
7. Практическая работа №7. Моделирование влияния нанодобавок на физико-механические свойства дорожных материалов
8. Практическая работа №8. Проектирование смесей с высоким содержанием вторичных и рециклированных материалов
9. Практическая работа №9. Анализ технологий самовосстановления и встраивания датчиков в дорожные покрытия
10. Практическая работа №10. Расчет терморегулирующего эффекта покрытий с фазопереходными материалами
11. Практическая работа №11. Оценка экологической эффективности биоматериалов в дорожных конструкциях
12. Практическая работа №12. Проектирование тонкослойных противоскользящих и защитных покрытий
13. Практическая работа №13. Подбор и оценка эффективности гидрофобизирующих составов для дорожных материалов
14. Практическая работа №14. Проведение комплексных испытаний модифицированных материалов на усталость и трещиностойкость
15. Практическая работа №15. Разработка регламента строительного контроля для инновационных дорожных материалов
16. Практическая работа №16. Интерпретация данных инструментальной диагностики покрытий из инновационных материалов
17. Практическая работа №17. Расчет экономической эффективности и стоимости жизненного цикла при применении инновационных материалов
18. Практическая работа №18. Формирование цифровых паспортов инновационных материалов и их интеграция в BIM-модель дорожной одежды

Общие требования к оформлению отчета по практической работе
Критерии оценивания

Рекомендуемая литература и нормативные источники

Примечание: Последовательность выполнения практических работ может уточняться преподавателем в зависимости от графика учебного процесса.

Практическая работа №1. Анализ нормативной базы и классификация инновационных дорожных материалов

Цель работы

Изучить структуру современной нормативно-технической базы дорожного строительства РФ и освоить принципы классификации инновационных материалов в соответствии с действующими регламентами.

Задачи

1. Изучить иерархию нормативных документов: ТР ТС, ГОСТ, ПНСТ, СП, ОДМ.
2. Провести поиск и анализ актуальных стандартов на инновационные дорожные материалы.
3. Разработать классификационную схему материалов нового поколения.

Теоретическая часть

Система технического регулирования в дорожном хозяйстве РФ базируется на Техническом регламенте Таможенного союза ТР ТС 014/2011 «Безопасность автомобильных дорог». Данный документ устанавливает минимально необходимые требования к безопасности при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации дорог, а также к применяемым материалам.

Разработка и внедрение инновационных материалов сопровождается процессом стандартизации. Для ускоренного внедрения передовых разработок в РФ применяется формат Предварительных национальных стандартов (ПНСТ), которые действуют ограниченное время (до 3 лет) для накопления опыта применения, после чего переводятся в статус ГОСТ Р. Важную роль также играют Отраслевые дорожные методические документы (ОДМ), выпускаемые Федеральным дорожным агентством (Росавтодор), и Своды правил (СП).

Критерии отнесения материалов к инновационным включают: существенное улучшение физико-механических характеристик, повышение долговечности (увеличение межремонтных сроков), снижение негативного воздействия на окружающую среду, возможность применения в экстремальных климатических условиях и наличие новых эксплуатационных функций (самовосстановление, терморегуляция). Классификация таких материалов может осуществляться по природе сырья (полимерные, минеральные, композитные), назначению (конструкционные, защитные, функциональные) и уровню технологической готовности.

Задания

1. Составить иерархическую схему нормативно-технических документов РФ, регулирующих качество дорожно-строительных материалов.
2. С использованием информационно-справочных систем подобрать не менее 5 актуальных ГОСТ Р и 3 ПНСТ, регламентирующих применение модифицированных вяжущих и полимерных добавок.
3. Разработать таблицу классификации инновационных материалов по их функциональному назначению в конструкции дорожной одежды.

Вопросы для самопроверки

1. Какова область применения ТР ТС 014/2011?
2. В чем отличие ПНСТ от ГОСТ Р?
3. Какие организации утверждают ОДМ и СТО?
4. Назовите основные критерии отнесения дорожного материала к категории инновационных.
5. Как осуществляется подтверждение соответствия новых материалов требованиям безопасности?

Форма представления результатов

Письменный отчет, содержащий классификационные схемы, реестр подобранных нормативных документов и ответы на контрольные вопросы.

Практическая работа №2. Подбор и оценка реологических свойств модифицированных битумных вяжущих

Цель работы

Освоить методы оценки реологических характеристик модифицированных битумных вяжущих и принципы их классификации по системе PG (Performance Grade).

Задачи

1. Изучить механизмы модификации битумов полимерами (СБС, ЭВА и др.).
2. Ознакомиться с методологией испытаний DSR и BBR.
3. Выполнить расчетно-графическую оценку параметров старения вяжущего.

Теоретическая часть

Традиционные показатели битумов (пенетрация, температура размягчения, дуктильность) не всегда корректно отражают их поведение в реальных условиях эксплуатации. В современной практике применяется система классификации вяжущих по эксплуатационным характеристикам (PG – Performance Grade), базирующаяся на реологических испытаниях.

Динамический сдвиговой реометр (DSR) используется для определения комплексного модуля сдвига (G^*) и фазового угла (δ) при высоких и средних температурах эксплуатации. Эти параметры позволяют оценить устойчивость вяжущего к колееобразованию (руттингу) и усталостному трещинообразованию. Реометр изгибающей балочки (BBR) применяется для оценки низкотемпературных свойств — жесткости на изгиб (S) и параметра релаксации напряжений (m -value), что характеризует стойкость к низкотемпературным трещинам.

Модификация битума термоэластопластами (например, стирол-бутадиен-стиролом - СБС) приводит к формированию непрерывной полимерной матрицы внутри битумной среды, что существенно расширяет температурный интервал работоспособности. Особое внимание уделяется адгезионным свойствам модифицированных вяжущих и их поведению после имитации краткосрочного (RTFO) и долгосрочного (PAV) старения.

Задания

1. По заданным преподавателем значениям температур климатического района рассчитать требуемую марку вяжущего по системе PG.
2. Проанализировать протокол испытаний вяжущего на DSR: рассчитать параметр $G^*/\sin(\delta)$ для исходного состояния и после старения RTFO. Сделать вывод о колееустойчивости.

3. Построить график зависимости параметра m -value от температуры по данным испытаний BBR и определить критическую температуру хрупкости.

Вопросы для самопроверки

1. Что физически означают комплексный модуль сдвига и фазовый угол?
2. С какой целью проводится старение вяжущего по методам RTFO и PAV?
3. В чем преимущества СБС-полимеров по сравнению с пластиками при модификации битума?
4. Как расшифровывается марка вяжущего, например, PG 64-28?
5. Какой прибор используется для оценки усталостных характеристик вяжущего при средних температурах?

Форма представления результатов

Отчет с выполненными расчетами марки PG, графиками реологических испытаний и выводами о применимости заданного вяжущего.

Практическая работа №3. Проектирование состава высоко эксплуатационных асфальтобетонных смесей

Цель работы

Освоить принципы и алгоритмы объемно-функционального проектирования составов асфальтобетонных смесей (по методологии Superpave).

Задачи

1. Изучить требования к каменным материалам и гранулометрическому составу.
2. Выполнить подбор оптимального содержания вяжущего.
3. Оценить объемные свойства смеси и ее стойкость к колееобразованию и влаге.

Теоретическая часть

Проектирование составов асфальтобетонных смесей нового поколения (в РФ регулируется соответствующими ГОСТ Р на основе системы Superpave) принципиально отличается от традиционного метода Маршалла. Основой выступает объемно-функциональное проектирование, учитывающее климатические условия и интенсивность транспортного потока.

Каменные материалы оцениваются по строгим критериям: эквивалент песка, содержание дробленых зерен, лещадность, потеря массы при истирании. Гранулометрический состав каркаса подбирается с учетом контрольных точек и зон ограничения (restricted zone) на графике кривой зернового состава.

Уплотнение образцов производится на гираторном компакторе, который имитирует уплотнение смеси катками на дороге. Оптимальное содержание вяжущего определяется при достижении заданного объема воздушных пустот (обычно 4,0%) при расчетном числе оборотов компактора. Ключевыми объемными показателями являются: VMA (пустоты в минеральном остове) и VFA (пустоты, заполненные битумом). Эксплуатационные характеристики проверяются дополнительными тестами: оценка колееустойчивости на анализаторе (например, Hamburg Wheel-Tracking Device) и определение водостойкости (TSR).

Задания

1. Спроектировать кривую гранулометрического состава минеральной части из 3-4 заданных фракций щебня и песка, убедиться в соответствии контрольным точкам.

2. Рассчитать объемные свойства смеси (VMA, VFA, пустотность) при трех различных содержаниях битума (например, 4.5%, 5.0%, 5.5%).
3. Определить оптимальное содержание вяжущего графическим методом (построение зависимостей объемных свойств от содержания вяжущего).
4. Оценить соответствие полученного состава требованиям к колееустойчивости и водостойкости (по заданным справочным данным).

Вопросы для самопроверки

1. В чем ключевое отличие гираторного уплотнения от уплотнения по Маршаллу?
2. Что такое показатель VMA и почему он критически важен для долговечности смеси?
3. Как транспортная нагрузка влияет на выбор расчетного числа оборотов вращательного компактора?
4. Каковы основные способы повышения водостойкости асфальтобетона?
5. Для чего на графике зернового состава выделяется «зона ограничения»?

Форма представления результатов

Таблицы расчета гранулометрического состава, графики зависимости объемных параметров от содержания битума, итоговое заключение о пригодности состава.

Практическая работа №4. Расчет технологических параметров теплого и холодного асфальтобетона

Цель работы

Изучить особенности применения энергосберегающих технологий (WMA, CMA) и освоить методы расчета температурно-временных режимов их устройства.

Задачи

1. Сравнить традиционные (горячие), теплые и холодные смеси.
2. Оценить энергосберегающий эффект от снижения рабочих температур.
3. Выполнить расчет допустимой дальности транспортировки и времени уплотнения.

Теоретическая часть

Теплые асфальтобетонные смеси (WMA - Warm Mix Asphalt) производятся и укладываются при температурах на 20–40 °С ниже, чем традиционные горячие смеси. Это достигается за счет введения специальных химических поверхностно-активных веществ, синтетических цеолитов (вспенивающих воду) или использования технологий механического вспенивания битума. Данная технология позволяет снизить расход энергоносителей на АБЗ, уменьшить эмиссию парниковых газов, а также увеличить дальность транспортировки и продлить строительный сезон.

Холодные смеси (CMA) изготавливаются с применением битумных эмульсий или вспененного битума при температурах окружающей среды. Они применяются преимущественно для ямочного ремонта, слоев износа или регенерации оснований.

При использовании технологии WMA критически важно контролировать процесс уплотнения. Риски недоуплотнения возникают при быстром остывании тонких слоев. Технологические параметры (температура выпуска, температура начала и окончания уплотнения) рассчитываются с учетом погодных условий (температура воздуха, скорость ветра) и типа применяемой добавки.

Задания

1. Рассчитать объем снижения расхода условного топлива и выбросов CO₂ при переходе от выпуска 10 000 тонн горячей смеси (160 °С) к теплой (120 °С).
2. Определить максимально допустимое время транспортировки теплой смеси с учетом заданных коэффициентов теплоотдачи кузова автосамосвала и температуры наружного воздуха.

3. Разработать технологическую схему укладки и уплотнения теплого асфальтобетона с указанием типов катков и температурных интервалов укатки.

Вопросы для самопроверки

1. Какие механизмы обеспечивают снижение вязкости битума в теплых смесях?
2. В чем разница между химическими добавками для WMA и цеолитами?
3. Какие риски возникают при уплотнении смесей с нарушением температурного режима?
4. Почему применение теплых смесей актуально в условиях отрицательных температур воздуха?
5. Какие вяжущие используются для производства холодного асфальтобетона?

Форма представления результатов

Расчетно-пояснительная записка с вычислениями энергетического и экологического эффекта, технологическая карта-схема.

Практическая работа №5. Оптимизация состава фибробетона для дорожных покрытий и оснований

Цель работы

Изучить влияние дисперсного армирования на физико-механические характеристики цементобетонов и асфальтобетонов.

Задачи

1. Изучить виды фиброволокна. 2. Рассчитать оптимальную дозировку. 3. Оценить изменение трещиностойкости.

Теоретическая часть

Дисперсное армирование (фибробетон) предполагает введение в бетонную или асфальтобетонную матрицу равномерно распределенных волокон (фибр). В дорожном строительстве применяются стальные, базальтовые, стеклянные, полимерные (полипропиленовые, ПАН) волокна.

В цементобетонных покрытиях микрофибра (полипропилен) эффективно предотвращает образование пластической усадки на ранних стадиях твердения. Макрофибра (стальная, крупная синтетическая) повышает прочность на растяжение при изгибе, морозостойкость и ударную вязкость. В асфальтобетонах волокна выполняют роль микроарматуры, стабилизируют избыточный битум (в ЩМА применяются целлюлозные волокна), повышают сдвигоустойчивость и сопротивление усталостным трещинам.

Ключевой задачей при проектировании является обеспечение равномерного распределения фибры и предотвращение образования «ежей» (комкований) в процессе перемешивания.

Задания

1. Подобрать тип и длину фибры для заданных условий (тонкослойное покрытие моста / жесткое основание автомобильной дороги).
2. Рассчитать количество фибры (кг/м³) для обеспечения требуемого остаточного прочностного показателя после образования первичной трещины.
3. Сравнить показатели усадочных деформаций эталонного бетона и фибробетона по предоставленным экспериментальным данным.

Вопросы для самопроверки

1. Какие виды фибр применяются для стабилизации ЩМА?
2. Каков механизм работы полипропиленовой фибры при предотвращении усадочных трещин?

3. Что такое анкеровка фибры и от чего она зависит?
4. Как введение стальной фибры влияет на удобоукладываемость бетонной смеси?
5. В чем отличие макрофибры от микрофибры?

Форма представления результатов

Отчет с обоснованием выбора типа фиброволокна и расчетом его дозировки.

Практическая работа №6. Расчет эффективности применения геосинтетических материалов в конструкции дорожной одежды

Цель работы

Освоить методику выбора и расчета параметров геосинтетических материалов для армирования, разделения и дренирования дорожных конструкций.

Задачи

1. Классифицировать геосинтетические материалы по функциям. 2. Рассчитать эквивалентный модуль упругости армированного слоя. 3. Оценить экономический эффект за счет уменьшения толщины зернистого слоя.

Теоретическая часть

Геосинтетические материалы широко применяются в дорожном строительстве для выполнения функций армирования, разделения слоев, фильтрации и дренирования. Геотекстили (тканые и нетканые) используются преимущественно для разделения слабых грунтов и дренирующих слоев. Георешетки (плоские, объемные) и геосетки предназначены для армирования оснований и асфальтобетонных покрытий.

Применение георешеток в слоях из зернистых материалов (щебень, песок) приводит к эффекту «заклинивания» частиц в ячейках решетки, что ограничивает их горизонтальные перемещения под действием колесной нагрузки. Это позволяет повысить общий модуль упругости конструкции или уменьшить толщину несущего слоя при сохранении требуемой прочности.

При расчете конструкций дорожных одежд применение армирующих геосинтетических материалов учитывается через повышающие коэффициенты к модулю упругости армированного слоя или через увеличение расчетного угла внутреннего трения грунта.

Задания

1. Подобрать марку георешетки (по прочности на разрыв) для армирования щебеночного основания на слабом грунте (модуль упругости грунта 25 МПа).
2. Рассчитать требуемую толщину основания из фракционированного щебня без армирования и с применением георешетки.
3. Определить экономическую целесообразность применения геотекстиля в качестве разделяющего слоя (расчет сокращения потерь песка в подстилающий грунт).

Вопросы для самопроверки

1. В чем разница между тканым и нетканым геотекстилем?
2. Как работает механизм «заклинивания» (interlocking) в георешетках?
3. Какие геосинтетические материалы применяются для предотвращения отраженных трещин в асфальтобетоне?
4. Что такое геомембрана и где она используется?
5. Какие параметры георешетки необходимо учитывать при подборе фракции щебня?

Форма представления результатов

Схемы армирования дорожной одежды, теплотехнические и прочностные расчеты конструктивных слоев.

Практическая работа №7. Моделирование влияния нанодобавок на физико-механические свойства дорожных материалов

Цель работы

Изучить влияние наноразмерных модификаторов на структуру и эксплуатационные характеристики битумных вяжущих и минеральных композитов.

Задачи

1. Изучить типы нанодобавок (нанокремнезем, углеродные нанотрубки). 2. Выявить механизмы модифицирования. 3. Рассчитать изменение физико-механических показателей.

Теоретическая часть

Применение нанотехнологий в дорожном материаловедении позволяет целенаправленно изменять структуру материалов на молекулярном уровне. В качестве нанодобавок используются нанокремнезем (nano-SiO_2), наноксид титана (nano-TiO_2), графеновые структуры, углеродные нанотрубки и наноглины.

Нанодобавки обладают огромной удельной площадью поверхности, что обеспечивает их высокую химическую активность. Введение нанокремнезема в битум повышает его устойчивость к старению за счет блокирования процессов окисления и снижает температурную чувствительность. Наноксид титана способен придавать покрытию фотокаталитические свойства (очистка воздуха от выхлопных газов).

Главной технологической проблемой применения нанодобавок является риск их агломерации (слипания частиц). Для достижения эффективности требуется мощное диспергирующее оборудование (ультразвуковые кавитаторы, коллоидные мельницы) и применение поверхностно-активных веществ.

Задания

1. Проанализировать графики зависимости вязкости битума от процента введения углеродных нанотрубок, определить порог перколяции.
2. Рассчитать удельную поверхность нанокремнезема при заданном диаметре сферических наночастиц.
3. Разработать теоретическую технологическую схему введения нанопорошка в битум с учетом необходимости предотвращения агломерации.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое нанотехнологии применительно к дорожно-строительным материалам?
2. Почему наночастицы склонны к образованию агломератов?
3. В чем заключается эффект фотокатализа в дорожных покрытиях с TiO_2 ?
4. Как наноглины влияют на устойчивость битума к колееобразованию?
5. Каковы основные методы диспергирования наночастиц в вязких средах?

Форма представления результатов

Аналитическая записка с расчетами удельной поверхности и блок-схемой процесса диспергирования.

Практическая работа №8. Проектирование смесей с высоким содержанием вторичных и рециклированных материалов

Цель работы

Освоить методы проектирования дорожно-строительных смесей с использованием техногенных отходов и регенерированного асфальтобетона.

Задачи

1. Оценить свойства переработанного асфальтобетона (RAP). 2. Изучить влияние промышленных шлаков. 3. Подобрать состав смеси с максимальным содержанием вторичных ресурсов.

Теоретическая часть

Повторное использование материалов (ресайклинг) является основой концепции циркулярной экономики в дорожном строительстве. Наиболее распространенным ресурсом является асфальтобетонный гранулят (RAP - Reclaimed Asphalt Pavement) и битумосодержащие кровельные отходы (RAS). Их использование снижает потребность в свежем битуме и каменных материалах.

Проектирование смесей с высоким содержанием RAP (более 20-30%) требует детального анализа состояния старого битума, который подвергся окислительному старению и приобрел высокую жесткость. Для восстановления его реологических свойств применяются специальные добавки-реювенаторы (пластификаторы), которые восстанавливают баланс мальтенов и асфальтенов.

Кроме RAP, в качестве заполнителей активно применяются металлургические (доменные, сталеплавильные) шлаки, золошлаковые материалы ТЭЦ и строительный лом (переработанный бетон). При их использовании критически важно оценивать экологическую безопасность, объемную стабильность (риск силикатного и известкового распада шлаков) и водопоглощение.

Задания

1. Выполнить экстрагирование (теоретический расчет) состава RAP: определить содержание старого битума и зерновой состав минеральной части.
2. Рассчитать требуемое количество свежего битума и реювенатора для проектирования новой смеси, содержащей 40% RAP, с учетом правила смешивания вязкостей (blending charts).
3. Оценить пригодность заданного доменного шлака для устройства основания дороги по критериям объемной стабильности и прочности.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое RAP и каковы методы его получения?
2. Почему при добавлении более 25% RAP необходимо использовать более мягкий свежий битум или реювенатор?
3. В чем опасность использования невыдержанного сталеплавленного шлака?
4. Что такое реювенатор и каков механизм его действия?
5. Какие ограничения существуют при применении строительного лома в асфальтобетоне?

Форма представления результатов

Номограммы смешивания вяжущих (blending charts), расчетные ведомости состава смеси с RAP.

Практическая работа №9. Анализ технологий самовосстановления и встраивания датчиков в дорожные покрытия

Цель работы

Изучить концепции «умных» дорог (Smart Roads), механизмы самозалечивания материалов и системы непрерывного мониторинга состояния покрытий.

Задачи

1. Изучить принципы самозалечивания битумных матриц.
2. Рассмотреть технологии микрокапсулирования и индукционного нагрева.
3. Проанализировать типы встраиваемых сенсоров.

Теоретическая часть

Самовосстанавливающиеся (self-healing) материалы способны автономно или при внешнем стимулировании устранять микротрещины, предотвращая их развитие. Битум по своей природе обладает способностью к релаксации напряжений и закрытию микротрещин в периоды покоя при высоких температурах.

Для интенсификации этого процесса применяются две основные инновационные технологии: введение микрокапсул с реювенатором и применение индукционного нагрева. В первом случае, при образовании трещины микрокапсула разрушается, высвобождая пластификатор, который размягчает старый битум и склеивает трещину. Во втором случае в асфальтобетон вводятся электропроводящие волокна (стальные фибры); при прохождении специальной машины с индукционной катушкой покрытие локально нагревается, битум плавится и затягивает микродефекты.

Интеграция датчиков (сенсоров деформации, температуры, влажности, оптоволоконных систем) позволяет перейти от реактивного ремонта к предиктивному обслуживанию, непрерывно оценивая напряженно-деформированное состояние дорожной одежды.

Задания

1. Рассчитать энергозатраты на проведение индукционного нагрева 1 км полосы движения для обеспечения эффекта самозалечивания.
2. Спроектировать схему расстановки оптоволоконных датчиков деформации (FBG) в слоях дорожной одежды для мониторинга колеи.
3. Определить эффективность капсульного залечивания по заданным графикам изменения прочности при расколе (до и после периода «отдыха»).

Вопросы для самопроверки

1. Каковы природные механизмы самозалечивания битума?
2. Как работает технология микрокапсулирования восстанавливающего агента?
3. Какие компоненты необходимо добавить в смесь для реализации технологии индукционного нагрева?
4. Для каких целей в дорожное покрытие встраиваются тензодатчики и датчики влажности?
5. В чем сложности массового внедрения датчиков в слои асфальтобетона?

Форма представления результатов

Схемы расстановки измерительного оборудования, теплотехнический расчет индукционного нагрева.

Практическая работа №10. Расчет терморегулирующего эффекта покрытий с фазопереходными материалами

Цель работы

Освоить принципы теплотехнического регулирования дорожных конструкций с помощью материалов с фазовым переходом (PCM).

Задачи

1. Изучить физику фазопереходных материалов. 2. Оценить влияние PCM на температуру покрытия. 3. Рассчитать снижение риска образования колеи и низкотемпературных трещин.

Теоретическая часть

Фазопереходные материалы (Phase Change Materials, PCM) способны поглощать и выделять большое количество скрытой теплоты при изменении своего агрегатного состояния (как правило, плавление и кристаллизация). Интеграция PCM (например, парафинов или полиэтиленгликолей) в асфальтобетон позволяет стабилизировать температурный режим покрытия.

В летний период, когда покрытие нагревается, PCM плавится, поглощая тепло, тем самым снижая пиковую температуру асфальтобетона и уменьшая вероятность колееобразования. Зимой, при охлаждении, PCM кристаллизуется, выделяя тепло, что замедляет падение температуры покрытия, предотвращая образование ледяной корки и снижая риск низкотемпературного растрескивания.

Для предотвращения утечки расплавленного PCM применяются методы макро- и микрокапсулирования, а также пропитка пористых заполнителей (например, керамзита) фазопереходным составом с последующей герметизацией оболочки.

Задания

1. Рассчитать требуемое количество PCM ($\text{кг}/\text{м}^2$) для снижения пиковой летней температуры слоя износа толщиной 5 см на 5°C .
2. Сравнить графики суточного колебания температур эталонного покрытия и покрытия, модифицированного PCM.
3. Оценить риски снижения механической прочности асфальтобетона из-за введения микрокапсул с PCM.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое скрытая теплота фазового перехода?

2. Почему прямой ввод парафина в битум негативно сказывается на свойствах вяжущего?
3. Каковы основные способы инкапсуляции РСМ?
4. Как терморегулирующее покрытие влияет на безопасность дорожного движения в зимний период?
5. Какие параметры определяют выбор температуры плавления РСМ для конкретного региона?

Форма представления результатов

Теплотехнические расчеты и графики суточных колебаний температур.

Практическая работа №11. Оценка экологической эффективности биоматериалов в дорожных конструкциях

Цель работы

Изучить номенклатуру биоматериалов, применяемых в дорожном строительстве, и методы оценки их экологической и технологической эффективности.

Задачи

1. Изучить свойства лигнина, биополимеров и биовязующих. 2. Рассчитать углеродный след. 3. Оценить ограничения по долговечности органических модификаторов.

Теоретическая часть

Экологизация дорожного строительства (Green Roads) требует поиска альтернатив традиционным материалам нефтехимического синтеза. Биоматериалы получают из возобновляемого сырья растительного или животного происхождения. Одним из наиболее перспективных направлений является использование лигнина (побочный продукт целлюлозно-бумажной промышленности) в качестве частичной замены битума или минерального порошка.

Биополимеры и ферментные добавки активно применяются для стабилизации слабых грунтов. Ферменты действуют как катализаторы реакций смачивания и уплотнения, снижая поверхностное натяжение воды и улучшая сцепление грунтовых частиц. Растительные масла (например, рапсовое, соевое) используются в качестве экологически чистых реювенаторов для регенерации старого асфальтобетона.

Применение биоматериалов требует строгого контроля их долговечности, так как органические соединения подвержены биodeградации и окислению под воздействием влаги и ультрафиолета.

Задания

1. Рассчитать снижение объема выбросов парниковых газов (углеродного следа) при замене 10% нефтяного битума на биовязующее растительного происхождения.
2. Проанализировать протокол испытаний грунтобетона, стабилизированного ферментной добавкой, оценить прирост прочности и водостойкости.
3. Разработать критерии применимости лигнина для дорожно-климатических зон с высокой влажностью.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое биобитум и из какого сырья его производят?
2. Каков механизм стабилизации глинистых грунтов ферментными добавками?
3. В чем заключаются основные риски применения биоматериалов в дорожной конструкции?
4. Как оценивается углеродный след дорожно-строительного материала?
5. Что такое лигнин и каковы перспективы его использования в РФ?

Форма представления результатов

Аналитический отчет с экологическими расчетами и обоснованием применения биоматериалов.

Практическая работа №12. Проектирование тонкослойных противоскользящих и защитных покрытий

Цель работы

Освоить методы подбора составов и оценки эффективности тонкослойных защитных слоев износа.

Задачи

1. Изучить технологии Слари Сил, Микросюрфейсинг, Новачип. 2. Оценить макро- и микротекстуру. 3. Выполнить расчет расхода материалов.

Теоретическая часть

Тонкослойные покрытия предназначены для защиты основной конструкции дорожной одежды от погодно-климатических факторов, обеспечения высоких сцепных качеств, герметизации микротрещин и ликвидации колеи. Наиболее популярные технологии: литые эмульсионно-минеральные смеси (ЛЭМС) типа Слари Сил (Slurry Seal) и Микросюрфейсинг (Micro-surfacing), а также тонкослойные горячие покрытия на битумной мастике (технология типа Новачип / Силкоут).

Безопасность движения обеспечивается за счет шероховатости покрытия, которая делится на микротекстуру (зависит от крупности и расположения зерен щебня) и микротекстуру (зависит от минералогии самого камня и его стойкости к полируемости). Микросюрфейсинг, благодаря применению полимермодифицированных эмульсий и 100% дробленого щебня, позволяет быстро формировать жесткий, шероховатый и водонепроницаемый слой.

Эффективность водоотвода с поверхности контакта колеса с дорогой напрямую зависит от показателя средней глубины впадин микротекстуры, измеряемого методом «песчаного пятна» или лазерным профилометром.

Задания

1. Спроектировать состав ЛЭМС (Микросюрфейсинг): рассчитать дозировки эмульсии, воды, цемента и каменного материала.
2. По результатам испытаний методом «песчаного пятна» определить среднюю глубину впадин микротекстуры и сделать вывод о допустимой скорости движения на участке.
3. Сравнить технико-экономические показатели устройства защитного слоя по технологии ЛЭМС и горячей укладки слоя износа из ЩМА-10.

Вопросы для самопроверки

1. В чем отличие технологии Микросюрфейсинг от Слари Сил?
2. Что такое показатель полируемости щебня (PSV) и почему он важен для слоев износа?
3. Как макротекстура покрытия влияет на эффект аквапланирования?
4. Для чего в состав ЛЭМС добавляют цемент или известь?
5. Каковы ограничения по погодным условиям при укладке эмульсионных смесей?

Форма представления результатов

Расчетно-технологическая карта на устройство тонкослойного покрытия.

Практическая работа №13. Подбор и оценка эффективности гидрофобизирующих составов для дорожных материалов

Цель работы

Изучить механизмы защиты дорожных материалов от водонасыщения и морозного разрушения с применением инновационных гидрофобизаторов.

Задачи

1. Изучить физику капиллярного всасывания. 2. Оценить краевой угол смачивания. 3. Рассчитать повышение морозо-солевой стойкости бетонов.

Теоретическая часть

Разрушение цементобетонных и асфальтобетонных покрытий часто связано с проникновением влаги и растворов антигололедных реагентов в поровую структуру. Гидрофобизаторы (кремнийорганические соединения, силаны, силоксаны) при нанесении на поверхность или введении в объем материала химически связываются с минеральной матрицей, образуя водоотталкивающую пленку на стенках пор, при этом не блокируя паропроницаемость.

Эффективность гидрофобизации оценивается по изменению контактного (краевого) угла смачивания капли воды на поверхности материала. Если угол больше 90° , поверхность считается гидрофобной. Блокирование капиллярного всасывания радикально повышает морозостойкость и устойчивость к морозо-солевому воздействию (шелушению), предотвращает коррозию арматуры в искусственных сооружениях.

Современные проникающие составы способны проникать вглубь бетона на несколько миллиметров, обеспечивая долговечную защиту даже при истирании поверхностного слоя.

Задания

1. Рассчитать высоту капиллярного поднятия воды в бетоне до и после поверхностной обработки гидрофобизатором (с изменением угла смачивания).
2. По данным лабораторных испытаний определить коэффициент снижения водопоглощения образцов, обработанных силановым пропиточным составом.
3. Спроектировать технологический регламент обработки цементобетонного покрытия гидрофобизирующим раствором.

Вопросы для самопроверки

1. Чем гидрофобизация отличается от гидроизоляции пленками?
2. Как определяется краевой угол смачивания?
3. Почему важно сохранять паропроницаемость защищаемых конструкций?
4. Как хлориды из антигололедных реагентов разрушают цементобетон?
5. Что такое силаны и силоксаны?

Форма представления результатов

Физические расчеты капиллярного поднятия, технологический регламент обработки.

Практическая работа №14. Проведение комплексных испытаний модифицированных материалов на усталость и трещиностойкость

Цель работы

Освоить современные методы лабораторных испытаний дорожных материалов для прогнозирования их долговечности при циклических нагрузках.

Задачи

1. Изучить тесты ITS, TSR, SCB, четырехточечный изгиб. 2. Обработать данные циклического нагружения. 3. Интерпретировать результаты испытаний.

Теоретическая часть

Традиционные показатели статической прочности не позволяют прогнозировать долговечность дорожной одежды под воздействием многократных транспортных нагрузок. Для комплексной оценки инновационных смесей применяются динамические испытания.

Метод непрямого растяжения (ITS - Indirect Tensile Strength) и оценка водостойкости (TSR - Tensile Strength Ratio) являются базовыми для оценки прочностных качеств и влагоустойчивости. Для изучения усталостной долговечности применяется метод четырехточечного изгиба (4PB) призматического образца при заданном уровне микродеформаций (обычно от 200 до 800 микрон). Усталость фиксируется при снижении первоначального модуля жесткости на 50%.

Оценка низкотемпературной трещиностойкости и сопротивления распространению трещин выполняется методом изгиба полукруглого образца с надрезом (SCB - Semi-Circular Bending). Расчет энергии разрушения (Fracture Energy) позволяет объективно сравнивать модифицированные и немодифицированные смеси.

Задания

1. Построить кривую усталости Велера (Wöhler curve) на основе данных испытаний на четырехточечный изгиб при различных амплитудах деформации.
2. Определить значение TSR по предоставленным результатам испытаний серий образцов до и после водонасыщения с циклом замораживания-оттаивания.
3. Рассчитать энергию разрушения (интеграл площади под кривой «нагрузка-деформация») по результатам теста SCB.

Вопросы для самопроверки

1. Что показывает коэффициент TSR?
2. В чем суть метода непрямого растяжения по цилиндрической образующей?
3. Каков критерий разрушения образца при испытаниях на усталость (четырёхточечный изгиб)?
4. Почему образец для теста SCB имеет искусственный надрез?
5. Как модификаторы типа СБС влияют на энергию разрушения асфальтобетона?

Форма представления результатов

Отчет с построенными графиками (кривые усталости, диаграммы разрушения) и расчетными значениями показателей.

Практическая работа №15. Разработка регламента строительного контроля для инновационных дорожных материалов

Цель работы

Освоить принципы организации входного, операционного и приемочного контроля при применении инновационных материалов в дорожном строительстве.

Задачи

1. Изучить состав и структуру регламента строительного контроля.
2. Определить контрольные точки технологического процесса.
3. Разработать формы фиксации результатов испытаний и прослеживаемости партий.

Теоретическая часть

Применение инновационных дорожных материалов требует усиленного строительного контроля, поскольку даже материал, обладающий высокими лабораторными характеристиками, может потерять проектные свойства при нарушении условий транспортирования, хранения, дозирования или укладки. Регламент строительного контроля представляет собой организационно-технологический документ, устанавливающий состав операций контроля, методы испытаний, точки отбора проб, периодичность проверки показателей и критерии приемки.

На стадии входного контроля проверяются сопроводительная документация, сертификаты или декларации соответствия, паспорта качества, результаты заводских испытаний, идентификация партии материала и соответствие условиям хранения. Для модифицированных вяжущих, геосинтетики, волокон, химических добавок и рециклированных компонентов необходимо отдельно устанавливать критические показатели, влияющие на технологичность и долговечность: вязкость, гранулометрический состав, влажность, разрывную прочность, устойчивость к старению, равномерность дозирования.

Операционный контроль направлен на наблюдение за соблюдением проектных и технологических параметров в процессе производства и укладки. В него входят контроль температуры смеси, времени транспортирования, режима уплотнения, толщины слоя, содержания вяжущего, плотности, ровности, прочности сцепления слоев и соблюдения погодных ограничений. Приемочный контроль подтверждает соответствие выполненных работ проекту и нормативным требованиям, включая лабораторные и полевые испытания готового слоя. В современных условиях особое значение имеют цифровые журналы работ, фотофиксация, маркировка партий и интеграция данных контроля в единую информационную среду.

Задания

1. Составить структуру регламента строительного контроля для объекта, на котором применяются модифицированное вяжущее, геосетка и RAP.
2. Определить перечень контролируемых показателей на стадиях входного, операционного и приемочного контроля.
3. Разработать форму цифрового журнала для фиксации температуры смеси, времени доставки, количества проходов катков и результатов испытаний кернов.
4. Установить критерии браковки партии инновационного материала при отклонении ключевых показателей от нормативных требований.

Вопросы для самопроверки

1. Чем входной контроль отличается от операционного и приемочного?
2. Какие документы обязательно проверяются при поступлении инновационного материала на объект?
3. Какие параметры смеси наиболее критичны во время укладки и уплотнения?
4. Что понимается под прослеживаемостью партии материала?
5. Для чего применяются цифровые журналы строительного контроля?
6. Какие критерии приемки следует установить для модифицированного асфальтобетона?

Форма представления результатов

Проект регламента строительного контроля с таблицей контрольных операций, периодичности проверок и критериев приемки.

Практическая работа №16. Интерпретация данных инструментальной диагностики покрытий из инновационных материалов

Цель работы

Освоить методы обработки и интерпретации результатов инструментальной диагностики дорожных покрытий, выполненных с применением инновационных материалов.

Задачи

1. Изучить назначение методов FWD, GPR, лазерного профилирования и ИК-диагностики.
2. Научиться сопоставлять результаты различных методов обследования.
3. Выявлять дефекты, связанные с потерей несущей способности, неоднородностью структуры и технологическими отклонениями.

Теоретическая часть

Инструментальная диагностика является основой объективной оценки состояния дорожных покрытий в течение жизненного цикла. Для конструкций из инновационных материалов особенно важно подтверждать проектные преимущества не только в лаборатории, но и в условиях эксплуатации. Установка FWD (Falling Weight Deflectometer) позволяет измерять чашу прогиба покрытия под импульсной нагрузкой и по результатам обратного расчета оценивать модули упругости слоев, в том числе выявлять ослабленные зоны основания или потерю структурной целостности армированных слоев.

Георадарное обследование (GPR) используется для определения толщины слоев, выявления участков с повышенной влажностью, пустотами, расслоением и неоднородным распределением материалов. Лазерное профилирование позволяет оценить ровность, глубину колеи, поперечную и продольную текстуру, а также динамику износа тонкослойных покрытий. Инфракрасная диагностика применяется для выявления температурной сегрегации асфальтобетонной смеси и локальных участков, потенциально склонных к преждевременному разрушению.

Корректная интерпретация данных требует предварительной очистки массива измерений, удаления выбросов, привязки к координатам и увязки с результатами отбора кернов, лабораторных испытаний и исполнительной документации. Комплексный подход позволяет отделить дефекты материала от технологических нарушений и обоснованно назначать ремонтные мероприятия.

Задания

1. По заданным данным FWD выполнить качественную интерпретацию чаш прогиба и выделить участки с пониженной несущей способностью.
2. Проанализировать георадарограммы и определить возможные зоны переувлажнения или расслоения конструкции.
3. По данным лазерного профилирования рассчитать показатели ровности и глубины колеи на обследуемом участке.
4. Сопоставить результаты ИК-диагностики с картой температурной сегрегации и предложить меры по устранению причин дефекта.

Вопросы для самопроверки

1. Какие параметры оцениваются при обследовании FWD?
2. Какие дефекты наиболее эффективно выявляются с помощью GPR?
3. Для чего выполняется фильтрация и очистка диагностических данных?
4. Как температурная сегрегация влияет на долговечность покрытия?
5. В чем преимущества комплексного применения нескольких методов диагностики?
6. Почему результаты инструментальной диагностики необходимо сопоставлять с кернами и лабораторными испытаниями?

Форма представления результатов

Аналитический отчет с таблицей результатов диагностики, картой дефектов и выводами о техническом состоянии покрытия.

Практическая работа №17. Расчет экономической эффективности и стоимости жизненного цикла при применении инновационных материалов

Цель работы

Научиться оценивать экономическую целесообразность применения инновационных материалов с учетом капитальных, эксплуатационных и внешних затрат на протяжении всего жизненного цикла дорожной конструкции.

Задачи

1. Изучить структуру CAPEX и OPEX для дорожных объектов.
2. Освоить методику расчета LCC и анализа чувствительности.
3. Сопоставить традиционное и инновационное проектные решения по критерию минимальной приведенной стоимости.

Теоретическая часть

Экономическая эффективность инновационного материала не может оцениваться только по первоначальной стоимости поставки. Во многих случаях более дорогое решение обеспечивает меньшую суммарную стоимость жизненного цикла за счет увеличения межремонтного интервала, снижения частоты ограничений движения, уменьшения расхода ресурсов и сокращения аварийности. Поэтому при обосновании выбора материала необходимо учитывать CAPEX — первоначальные капитальные вложения, и OPEX — последующие затраты на содержание, ремонт, диагностику и эксплуатацию.

Метод LCC (Life Cycle Cost) основан на приведении всех будущих затрат к одному расчетному моменту с учетом ставки дисконтирования и планового срока службы. В состав затрат включают стоимость материалов, транспортирования, производства работ, технического обслуживания, среднего и капитального ремонта, а при необходимости — внешние эффекты: задержки пользователей, выбросы загрязняющих веществ, шум, углеродный след. Для инновационных решений важно выполнять анализ рисков и чувствительности, поскольку срок службы и эксплуатационные преимущества могут зависеть от климатических условий, интенсивности движения и качества строительного контроля.

На практике сравнивают несколько альтернатив: базовую конструкцию и конструкцию с инновационным материалом. Выбор считается экономически обоснованным, если дисконтированная сумма затрат за расчетный период оказывается меньше либо если дополнительные капитальные вложения окупаются за счет снижения затрат на ремонт и содержание.

Задания

1. Составить структуру затрат CAPEX и OPEX для двух вариантов дорожной одежды: традиционной и инновационной.
2. Рассчитать приведенную стоимость жизненного цикла на расчетный период 20 лет при заданной ставке дисконтирования.
3. Выполнить анализ чувствительности результата к изменению срока службы, стоимости материала и межремонтного интервала.
4. Оценить влияние внешних эффектов, связанных с ограничением движения при ремонте, на итоговый выбор варианта.

Вопросы для самопроверки

1. Что включается в понятия CAPEX и OPEX?
2. В чем состоит принцип расчета LCC?
3. Почему инновационный материал с более высокой начальной стоимостью может быть выгоднее традиционного?
4. Для чего выполняется анализ чувствительности?
5. Какие внешние эффекты целесообразно учитывать при сравнении вариантов?
6. Как межремонтный интервал влияет на приведенную стоимость жизненного цикла?

Форма представления результатов

Расчетная таблица LCC, график накопленных затрат и заключение о выборе наиболее экономически эффективного варианта.

Практическая работа №18. Формирование цифровых паспортов инновационных материалов и их интеграция в BIM-модель дорожной одежды

Цель работы

Освоить принципы структурирования данных об инновационных материалах и включения этих данных в цифровую модель дорожной конструкции.

Задачи

1. Определить состав атрибутивных данных цифрового паспорта материала.
2. Изучить требования к идентификаторам, версиям и прослеживаемости данных.
3. Подготовить сведения для интеграции в BIM/IFC-среду дорожного объекта.

Теоретическая часть

Цифровой паспорт инновационного материала представляет собой структурированный набор сведений, обеспечивающий идентификацию, проверку и использование материала на всех стадиях жизненного цикла объекта. Паспорт должен содержать общие сведения о производителе, наименование и код материала, нормативные документы, область применения, физико-механические характеристики, условия хранения, требования к транспортированию, данные о контроле качества, экологические показатели, сведения о совместимости с другими материалами и ограничения применения.

Для эффективной цифровой среды важны единые идентификаторы партий, версионность записей, привязка результатов испытаний к конкретным поставкам и возможность машинной обработки данных. При интеграции в BIM-модель дорожной одежды сведения о материале становятся частью объектной структуры элементов конструкции: слоя покрытия, основания, армирующей прослойки, защитного слоя и т.д. Стандартизированные форматы обмена, включая IFC и связанные классификаторы, обеспечивают передачу атрибутов между проектировщиком, строительной организацией, лабораторией и эксплуатирующей службой.

Наличие цифрового паспорта позволяет повысить прозрачность строительного контроля, ускорить экспертизу решений, обеспечить анализ причин дефектов и формировать базы знаний по фактической долговечности инновационных решений. В рамках жизненного цикла объекта цифровые данные должны быть актуализируемыми, проверяемыми и защищенными от несанкционированного изменения.

Задания

1. Разработать структуру цифрового паспорта для одного из инновационных материалов: модифицированного вяжущего, геосетки, биодобавки или фибры.
2. Сформировать перечень обязательных и дополнительных атрибутов для передачи в BIM-модель дорожной одежды.
3. Определить правила кодирования и идентификации партии материала для обеспечения прослеживаемости.
4. Подготовить схему интеграции данных паспорта в модель объекта с указанием этапов обновления информации в течение жизненного цикла.

Вопросы для самопроверки

1. Что такое цифровой паспорт материала и какие задачи он решает?
2. Какие атрибутивные данные являются обязательными для инновационного материала?
3. Почему важна версионность и идентификация записей?
4. Как обеспечивается совместимость данных паспорта с BIM/IFC-средой?
5. Какие участники жизненного цикла используют цифровой паспорт?
6. Как цифровой паспорт помогает при расследовании причин дефектов и планировании ремонта?

Форма представления результатов

Макет цифрового паспорта материала, таблица атрибутов для BIM-модели и пояснительная записка по организации жизненного цикла данных.

Общие требования к оформлению отчета по практической работе

Отчет по каждой практической работе должен быть оформлен аккуратно, логично и в едином стиле. В состав отчета рекомендуется включать: титульный лист, тему и цель работы, исходные данные, краткие теоретические сведения, описание хода выполнения, расчетную часть, таблицы и графики, анализ полученных результатов, ответы на вопросы для самопроверки и итоговые выводы.

Текст отчета должен быть напечатан с соблюдением общепринятых требований к учебным работам: единый шрифт, нумерация страниц, подписи к таблицам и рисункам, ссылки на использованные нормативные документы и литературные источники. Все обозначения величин, единицы измерения и сокращения должны применяться последовательно и соответствовать нормативно-технической документации. Расчеты должны сопровождаться пояснениями, а промежуточные результаты — быть достаточными для проверки правильности выполнения работы.

При использовании цифровых данных, программных средств моделирования, результатов лабораторных испытаний или диагностических измерений в отчет необходимо включать сведения об источнике данных и условиях их получения. Выводы должны носить инженерный характер и отражать не только факт выполнения задания, но и оценку практической применимости полученных результатов.

Критерии оценивания

1. **Оценка «отлично»** выставляется при полном и правильном выполнении задания, корректных расчетах, грамотной интерпретации результатов, уверенном владении терминологией и аргументированных выводах.
2. **Оценка «хорошо»** выставляется при выполнении основного объема работы, наличии несущественных неточностей в оформлении или интерпретации, не влияющих на общий инженерный вывод.
3. **Оценка «удовлетворительно»** выставляется при частичном выполнении задания, наличии ошибок в расчетах или выводах, которые могут быть исправлены после замечаний преподавателя.
4. **Оценка «неудовлетворительно»** выставляется при невыполнении ключевых этапов работы, отсутствии расчетного или аналитического обоснования, а также при незнании базовых положений темы.

При оценивании учитываются: полнота выполнения задания, корректность применения нормативных и справочных данных, качество оформления отчета, самостоятельность анализа, способность обосновывать выбор инженерного решения и отвечать на контрольные вопросы.

Рекомендуемая литература и нормативные источники

1. ТР ТС 014/2011. Технический регламент Таможенного союза «Безопасность автомобильных дорог».
2. ГОСТ 33133. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования.
3. ГОСТ Р 58406.1–58406.4. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон.
4. ГОСТ Р 58401.1–58401.23. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон по методологии объемно-функционального проектирования.
5. ГОСТ Р 59122. Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные теплые. Технические требования.
6. ГОСТ 32761. Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Общие технические требования.
7. ГОСТ 32825. Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и песок шлаковые. Технические требования.
8. ГОСТ 30491. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства.
9. СП 34.13330. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85.
10. ОДМ 218.2.046. Рекомендации по проектированию нежестких дорожных одежд.
11. ОДМ 218.3.049. Методические рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог.
12. ПНСТ по инновационным битумным вяжущим, теплым смесям и материалам по методологии Superpave — по актуальной редакции, действующей на момент выполнения работы.
13. Руденский А. В., Матвеев В. Н. Дорожное материаловедение. Учебное издание для вузов.
14. Гезенцев Л. Б., Горелышев Н. В. Асфальтобетон и другие битумоминеральные материалы. Учебное издание.
15. Ушаков В. В., Баженов Ю. М. Строительные материалы для транспортного строительства. Учебное пособие.
16. Материалы профильных журналов: «Автомобильные дороги», «Наука и техника в дорожной отрасли», «Дороги и мосты» — за последние годы.



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования

«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**ИНСТИТУТ ПЕРСПЕКТИВНОЙ ИНЖЕНЕРИИ
ДЕПАРТАМЕНТ «СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНЖЕНЕРИИ И ПРОТОТИПИРОВАНИЯ»**

Методические указания по выполнению самостоятельных работ

Для студентов направления
08.04.01 «Строительство»
Направленность профиль «Проектирование, строительство и эксплуатация
автомобильных дорог»

В современный период востребованы высокий уровень знаний, академическая и социальная мобильность, профессионализм специалистов, готовность к самообразованию и самосовершенствованию. В связи с этим должны измениться подходы к планированию, организации учебно-воспитательной работы, в том числе и самостоятельной работы аспирантов. Прежде всего, это касается изменения характера и содержания учебного процесса, переноса акцента на самостоятельный вид деятельности, который является не просто самоцелью, а средством достижения глубоких и прочных знаний, инструментом формирования у аспирантов активности и самостоятельности.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности учебного процесса, в том числе благодаря самостоятельной работе, в которой студент становится активным субъектом обучения, что означает:

- способность занимать в обучении активную позицию;
- готовность мобилизовать интеллектуальные и волевые усилия для достижения учебных целей;
- умение проектировать, планировать и прогнозировать учебную деятельность;
- привычку инициировать свою познавательную деятельность на основе внутренней положительной мотивации;
- осознание своих потенциальных учебных возможностей и психологическую готовность составить программу действий по саморазвитию.

Виды самостоятельной работы студентов

Репродуктивная самостоятельная работа

Самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы, прослушивание лекций, магнитофонных записей, заучивание, пересказ, запоминание, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала и др.

Познавательно-поисковая самостоятельная работа

Подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам, написание рефератов, контрольных, курсовых работ и др.

Творческая самостоятельная работа

Написание рефератов, научных статей, участие в научно-исследовательской работе, подготовка дипломной работы (проекта). Выполнение специальных заданий и др., участие в научной конференции.

Организация и контроль самостоятельной работы

Для успешного выполнения самостоятельной работы студентов необходимо планирование и контроль со стороны преподавателей. Аудиторная самостоятельная работа выполняется студентами на лекциях, семинарских занятиях, и, следовательно, преподаватель должен заранее выстроить систему самостоятельной работы, учитывая все ее формы, цели, отбирая учебную и научную информацию и средства (методических) коммуникаций, продумывая роль студента в этом процессе и свое участие в нем.

Вопросы для самостоятельной работы студентов, указанные в рабочей программе дисциплины, предлагаются преподавателями в начале изучения дисциплины. Студенты имеют право выбирать дополнительно интересующие их темы для самостоятельной работы.

Не умаляя значения аудиторной самостоятельной работы, в данных методических рекомендациях акцентируется внимание на проблемах, связанных с внеаудиторной самостоятельной работой и ее организацией. Внеаудиторная самостоятельная работа студентов (далее самостоятельная работа) – планируемая учебная, учебно-исследовательская, научно-исследовательская деятельность студентов, осуществляемая во внеаудиторное время по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Она включает в себя:

- подготовку к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, семинарским, лабораторным работам и др.) и выполнение соответствующих заданий;
 - самостоятельную работу над отдельными темами учебных дисциплин в соответствии с учебно-тематическими планами;
 - написание рефератов, докладов, эссе;
 - подготовку ко всем видам практики и выполнение предусмотренных ими заданий;
 - выполнение письменных расчетно-графических работ;
 - подготовку ко всем видам контрольных испытаний, в том числе к комплексным экзаменам и зачетам;
 - подготовку к итоговой государственной аттестации, в том числе выполнение выпускной квалификационной (дипломной) работы (проекта);
 - работу в студенческих научных обществах, кружках, семинарах и др.;
 - участие в работе факультативов, спецсеминаров и т.п.;
 - участие в научной и научно-методической работе кафедры/департамента;
 - участие в научных и научно-практических конференциях, семинарах, конгрессах и т.п.;
 - другие виды деятельности, организуемой и осуществляемой вузом, или кафедрой.
- Выполнение любого вида самостоятельной работы предполагает прохождение студентами следующих этапов:
- определение цели самостоятельной работы;
 - конкретизация познавательной (проблемной или практической) задачи;
 - самооценка готовности к самостоятельной работе по решению поставленной или выбранной задачи;
 - выбор адекватного способа действий, ведущего к решению задачи (выбор путей и средств для ее решения);
 - планирование (самостоятельно или с помощью преподавателя) самостоятельной работы по решению задачи;
 - реализация программы выполнения самостоятельной работы.

Методические советы и рекомендации к заданиям

Все типы заданий, выполняемых студентами, в том числе в процессе самостоятельной работы, так или иначе содержат установку на приобретение и закрепление определенного Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования объема знаний и уровня компетенций, а также на формирование в рамках этих знаний некоторых навыков мыслительных операций - умения оценивать, анализировать, сравнивать, комментировать и т.д. Некоторые задания требуют пояснения:

1. Прокомментировать высказывание - объяснить, какая идея заключена в отрывке, о какой позиции ее автора она свидетельствует.
2. Сравнить – выявить сходство и различие позиций по определенным признакам.
3. Обосновать один из нескольких предложенных вариантов ответа – привести аргументы в пользу правильности выбранного варианта ответа и указать, в чем ошибочность других вариантов.
4. Аргументировать (обосновать, доказать, объяснить) ответ – значит: а) оправдать (опровергнуть) некоторую точку зрения; б) обосновать свою точку зрения, опираясь на теоретические или практические обобщения, данные и т.д.
5. Провести анализ – разложить изучаемые явления на составные части, сопоставить их с целью выявления в них существенного, необходимого и определяющего.
6. Тезисно изложить идею, концепцию, теорию – используя материал учебных пособий и другой литературы, кратко, но не в ущерб содержанию сформулировать основные положения учения.

7. Дать характеристику, охарактеризовать явления – значит назвать существенные, необходимые признаки какого-либо явления (положения какой-либо теории) и выявить особенности.

8. Изобразить схематически – значит раскрыть содержание ответа в виде таблицы, рисунка, диаграммы и других графических форм.

Работа с литературой

Важной составляющей самостоятельной внеаудиторной подготовки является работа с литературой ко всем видам занятий: семинарским, практическим, при подготовке к зачетам, экзаменам, тестированию, участию в научных конференциях.

Умение работать с литературой означает научиться осмысленно пользоваться источниками. Прежде чем приступить к освоению научной литературы, рекомендуется чтение учебников и учебных пособий.

Существует несколько методов работы с литературой.

Один из них – самый известный – метод повторения: прочитанный текст можно заучить наизусть. Простое повторение воздействует на память механически и поверхностно. Полученные таким путем сведения легко забываются.

Наиболее эффективный метод – метод кодирования: прочитанный текст нужно подвергнуть большей, чем простое заучивание, обработке. Чтобы основательно обработать информацию и закодировать ее для хранения, важно произвести целый ряд мыслительных операций: прокомментировать новые данные; оценить их значение; поставить вопросы; сопоставить полученные сведения с ранее известными.

Для улучшения обработки информации очень важно устанавливать осмысленные связи, структурировать новые сведения.

Изучение научной, учебной и иной литературы требует ведения рабочих записей.

Форма записей может быть весьма разнообразной: простой или развернутый план, тезисы, цитаты, конспект.

План – первооснова, каркас какой-либо письменной работы, определяющие последовательность изложения материала.

План является наиболее краткой и потому самой доступной и распространенной формой записей содержания исходного источника информации. По существу, это перечень основных вопросов, рассматриваемых в источнике. План может быть простым и развернутым. Их отличие состоит в степени детализации содержания и, соответственно, в объеме.

Преимущество плана состоит в следующем.

Во-первых, план позволяет наилучшим образом уяснить логику мысли автора, упрощает понимание главных моментов произведения.

Во-вторых, план позволяет быстро и глубоко проникнуть в сущность построения произведения и, следовательно, гораздо легче ориентироваться в его содержании.

В-третьих, план позволяет – при последующем возвращении к нему – быстрее обычного вспомнить прочитанное.

В-четвертых, с помощью плана гораздо удобнее отыскивать в источнике нужные места, факты, цитаты и т. д.

Выписки – небольшие фрагменты текста (неполные и полные предложения, отдельные абзацы, а также дословные и близкие к дословным записи об излагаемых в нем фактах), содержащие в себе квинтэссенцию содержания прочитанного.

Выписки представляют собой более сложную форму записей содержания исходного источника информации. По сути, выписки – не что иное, как цитаты, заимствованные из текста. Выписки позволяют в концентрированной форме и с максимальной точностью воспроизвести в произвольном (чаще последовательном) порядке наиболее важные мысли автора, статистические и даталогические сведения. В отдельных случаях — когда это оправданно с точки зрения продолжения работы над текстом – вполне допустимо заменять цитирование изложением, близким к дословному.

Тезисы – сжатое изложение содержания изученного материала в утвердительной (реже опровергающей) форме. Отличие тезисов от обычных выписок состоит в следующем. Во-первых, тезисам присуща значительно более высокая степень концентрации материала. Во-вторых, в тезисах отмечается преобладание выводов над общими рассуждениями. В-третьих, чаще всего тезисы записываются близко к оригинальному тексту, т. е. без использования прямого цитирования. Исходя из сказанного, нетрудно выявить основное преимущество тезисов: они незаменимы для подготовки глубокой и всесторонней аргументации письменной работы любой сложности, а также для подготовки выступлений на защите, докладов и пр. Аннотация – краткое изложение основного содержания исходного источника информации, дающее о нем обобщенное представление. К написанию аннотаций прибегают в тех случаях, когда подлинная ценность и пригодность исходного источника информации исполнителю письменной работы окончательно неясна, но в то же время о нем необходимо оставить краткую запись с обобщающей характеристикой. Для указанной цели и используется аннотация. Характерной особенностью аннотации наряду с краткостью и обобщенностью ее содержания является и то, что пишется аннотация всегда после того, как (хотя бы в предварительном порядке) завершено ознакомление с содержанием исходного источника информации. Кроме того, пишется аннотация почти исключительно своими словами и лишь в крайне редких случаях содержит в себе небольшие выдержки оригинального текста. Резюме – краткая оценка изученного содержания исходного источника информации, полученная, прежде всего, на основе содержащихся в нем выводов. Резюме весьма сходно по своей сути с аннотацией. Однако, в отличие от последней, текст резюме концентрирует в себе данные не из основного содержания исходного источника информации, а из его заключительной части, прежде всего выводов. Но, как и в случае с аннотацией, резюме излагается своими словами – выдержки из оригинального текста в нем практически не встречаются. Конспект – сложная запись содержания исходного текста, включающая в себя заимствования (цитаты) наиболее примечательных мест в сочетании с планом источника, а также сжатый анализ записанного материала и выводы по нему. Для работы над конспектом следует: определить структуру конспектируемого материала, чему в значительной мере способствует письменное ведение плана по ходу изучения оригинального текста; в соответствии со структурой конспекта произвести отбор и последующую запись наиболее существенного содержания оригинального текста — в форме цитат или в изложении, близком к оригиналу; выполнить анализ записей и на его основе – дополнение записей собственными замечаниями, соображениями, "фактурой", заимствованной из других источников и т. п. (располагать все это следует на полях тетради для записей или на отдельных листах-вкладках); завершить формулирование и запись выводов по каждой из частей оригинального текста, а также общих выводов.

Систематизация изученных источников позволяет повысить эффективность их анализа и обобщения. Итогом этой работы должна стать логически выстроенная система сведений по существу исследуемого вопроса.

Необходимо из всего материала выделить существующие точки зрения на проблему, проанализировать их, сравнить, дать им оценку.

Кстати, этой процедуре должны подвергаться и материалы из Интернета во избежание механического скачивания готовых текстов. В записях и конспектах студенту очень важно указывать названия источников, авторов, год издания. Это организует его, а главное, пригодится в последующем обучении. Безусловно, студент должен взять за правило активно работать с литературой в библиотеке не только СКФУ, но и в других, библиотеках, используя, в том числе, их компьютерные возможности (электронная библиотека в сети Интернет).

Методические рекомендации по подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам.

Приступая к изучению новой учебной дисциплины, студенты должны ознакомиться с учебной программой, учебной, научной и методической литературой, имеющейся в библиотеке СКФУ, получить в библиотеке рекомендованные учебники и учебно-методические пособия, завести новую тетрадь для конспектирования лекций и работы с первоисточниками.

Помимо учебной, научной литературы студентами должны активно использоваться хрестоматии – сборники текстов, иллюстрирующих содержание учебника, а также словари, справочники. В хрестоматиях собраны материалы, которые позволяют расширить кругозор. При подготовке к семинарским занятиям, зачетам, экзаменам следует в полной мере использовать академический курс учебника, рекомендованного преподавателем. Они дают более углубленное представление о проблемах, получивших систематическое изложение в учебнике. Работа с хрестоматией позволит студенту самостоятельно изучить документы, фрагменты источников, другие произведения, разъясняющие сущность изучаемого вопроса.

Основными функциями экзамена, зачета являются: обучающая, оценочная и воспитательная. Экзамены и зачеты позволяют выработать ответственность, трудолюбие, принципиальность. При подготовке к экзамену студент повторяет, как правило, ранее изученный материал. В этот период сыграют большую роль правильно подготовленные заранее записи и конспекты.

Выполнение расчетно-графической работы

Расчетно-графическая работа является важным элементом учебного процесса, предусмотрена учебным планом.

Цель расчетно-графической работы – систематизация и закрепление теоретических знаний, и развитие практических навыков по решению задач в области теплогазоснабжения и вентиляции, выработка навыков анализа данных и формулирования выводов по полученным результатам.

Задачами расчетно-графической работы являются:

- развитие навыков самостоятельной работы в области решения практических задач;
- подбор и систематизация теоретического материала, являющегося основой для решения практической задачи, развитие навыков самостоятельной работы с учебной и методической литературой;
- проведение расчетов показателей по исходным данным и анализ полученных значений;
- формулирование выводов по полученным результатам.

Выполнение расчетно-графической работы проводится студентом по конкретному варианту задания, который необходимо уточнить у преподавателя.

Содержанием расчетно-графической работы является краткое изложение теоретического материала к каждой задаче, решение задачи по индивидуальному варианту, включающее в себя расчет основных показателей, анализ полученных результатов, формулирование выводов.

Расчетно-графическая работа должна содержать:

1. Титульный лист.
2. Условие задачи.
3. Теоретическая часть по каждой задаче (1-3 страницы).
4. Практическая часть и выводы по каждой задаче.
5. Библиографический список (не менее 5 источников).

Условие задачи оформляется по центру заголовком «Задача №».

Текст условия задачи должен совпадать с текстом в методических указаниях, включая таблицы, при их наличии.

Далее излагается теоретический материал, лежащий в основе решения задачи, включающий в себя основные определения, формулы расчетов показателей и др.

В практической части излагается подробное решение задачи. При необходимости результаты оформляются в виде сводной таблицы.

К каждой задаче необходимо сформулировать выводы, проанализировав полученные результаты.

Расчетно-графическая работа должна выполняться в соответствии с установленным графиком. В процессе выполнения расчетно-графической работы допускаются консультации у преподавателя на практических занятиях.

Выполнение основных этапов контролируется преподавателем и учитывается при проведении текущего контроля по дисциплине и при оценке расчетно-графической работы.

Критерии оценки самостоятельной работы

Компетенции (знания, умения и навыки) студентов оцениваются оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «зачтено»;
- «не зачтено».

Зачеты оцениваются отметкой: «зачтено», «не зачтено».

Зачеты с оценкой оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

По курсовым работам (проектам) в обязательном порядке выставляется зачет с оценкой.

Экзамены оцениваются по пятибалльной системе: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

Основные критерии оценивания компетенций:

Отметка «зачтено» ставится студентам, успешно обучающимся по данной дисциплине в семестре и не имеющим задолженностей по результатам текущего контроля успеваемости.

Отметка «не зачтено» ставится студенту, имеющему задолженности по результатам текущего контроля успеваемости по данной дисциплине.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся после начала экзамена отказался его сдавать.

Оценка «неудовлетворительно» проставляется только в экзаменационную ведомость, в зачетную книжку студента проставлять отметку «неудовлетворительно» не разрешается.

Критерии оценки уровня обученности и уровня сформированности компетенций по дисциплине устанавливает кафедра и отражает их в рабочей программе и фондах оценочных средств дисциплины.

Ответственность за единообразие требований, предъявляемых на экзаменах, несет заведующий кафедрой. По дисциплинам, изучаемым в течение двух и более семестров, итоговой оценкой является оценка, полученная на последнем экзамене.

Заключение

Самостоятельная работа всегда завершается какими-либо результатами. Таким образом, широкое использование методов самостоятельной работы, побуждающих к мыслительной и практической деятельности, развивает столь важные интеллектуальные качества человека, обеспечивающие в дальнейшем его стремление к постоянному овладению знаниями и применению их на практике.