

5.1 ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ

Акимов А.Е., Ядыкина В.В. (БГТУ им Шухова, г. Белгород, РФ)

В статье представлены результаты исследований воздействия электромагнитных полей сверхвысокой частоты на свойства органических вяжущих, применяемых в дорожном строительстве.

Возрастающие объёмы пассажирских и грузовых перевозок предъявляют всё более высокие требования к автомобильным дорогам, в том числе и к дорожно-строительным материалам. Одной из проблем в современной промышленности дорожно-строительных материалов является низкое качество органических вяжущих – битумов. Основной их недостаток – слабая адгезия к каменным материалам, что приводит к сильному снижению таких важных качеств асфальтобетона, как прочность, водо- и морозостойкость. В результате на дорожном покрытии появляются трещины, выбоины, снижается скорость и комфорт движения по дороге, увеличиваются затраты на перевозку грузов, снижается срок службы дорожного покрытия, увеличиваются затраты на содержание и ремонт автомобильной дороги.

Наиболее распространённый способ улучшения качества битумов – введение добавок ПАВ. В этом способе существует ряд недостатков: необходимость закупки дорогостоящих ПАВ, соблюдения их точной дозировки и температуры приготовления асфальтобетонной смеси, необходимость дооборудования АБЗ ёмкостями для хранения ПАВ, дозаторами и смешивающей установкой. На сегодняшний день известны альтернативные способы [1-4] улучшения свойств битумов: воздействие различных электромагнитных излучений, ультразвука, ультрафиолетового света, магнитного поля.

В данной работе исследуется возможность применения токов сверхвысокой частоты для улучшения свойств дорожных битумов.

В процессе исследований битум подвергался обработке в микроволновой печи «Самсунг» (2,45 ГГц) мощностью 850 Вт, после чего выявлялось изменение адгезии к каменным материалам, а также изменения качественного состава и структуры самого битума. Оптимальное время воздействия СВЧ поля определялось по максимальному приросту адгезии.

Адгезия битума БНД 60/90 к минеральным материалам определялась методом адсорбции красителя метиленового голубого. Применялись следующие образцы каменного материала: гранит Кременчугского месторождения, кварцитопесчаник Лебединского ГОКа КМА, известняк. Была определена зависимость изменения адгезионной способности битума от времени его обработки в СВЧ поле. Время обработки битума в СВЧ поле составляло от 30 с до 4 мин при мощности 850 Вт. Диаграмма прироста адгезии битума представлена на рисунке 1.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Из рисунка 1 видно, что значительно возрастает сцепление активированного в СВЧ поле битума с поверхностью известняка (на 50%), гранита (на 40%) и кварцитопесчаника (на 30%).

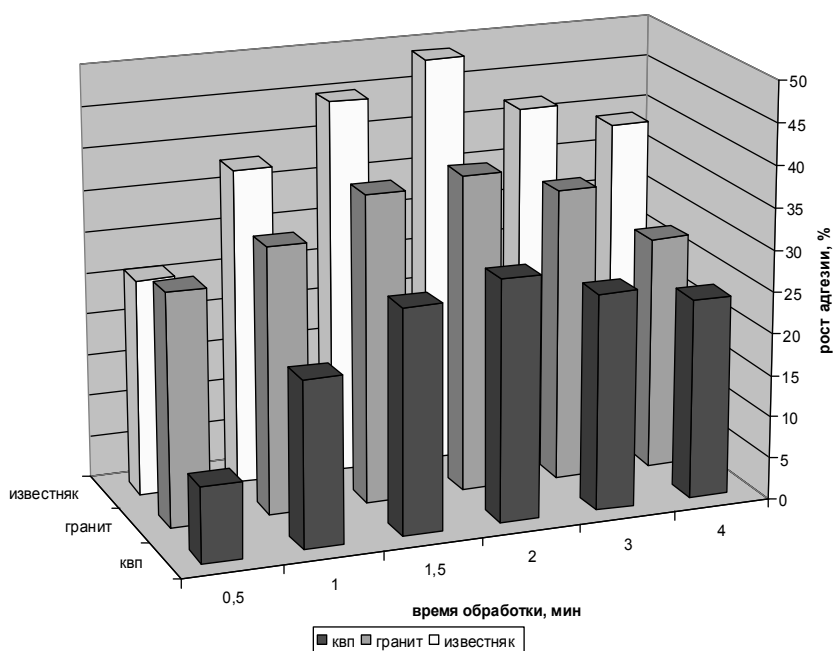


Рисунок 1 - Изменение адгезии битума при воздействии СВЧ-энергии.

Улучшение сцепления битума с каменным материалом происходит из-за процессов окисления, происходящих в нем под действием СВЧ волн. Возрастает содержание алифатических нафтеновых и асфальтогеновых кислот, ароматических и гетероциклических структур.

В составе битума произошли изменения, что повлияло на его взаимодействие с минеральными материалами. Проследить взаимодействие активированного и неактивированного битума с минеральными порошками различной природы позволил метод конической пластометрии. Обработанный СВЧ энергией при оптимальном времени битум смешивался с минеральным порошком, затем определялось напряжение сдвига, возникающее при погружении тарированного конуса в смесь битума и минерального порошка. Результаты представлены на рисунке 2.

Из графиков видно, что применение СВЧ обработка битума значительно улучшает структурирующие взаимодействия с минеральными порошками. Происходит сильный рост предельного напряжения сдвига (до 70% на кварцитопесчанике, до 40% на граните и известняке, более чем в 2 раза на шлаке). Это связано с изменением структуры битума и увеличением его активности. При применении такого битума в асфальтобетонах должны значительно улучшиться физико-механические характеристики композита.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

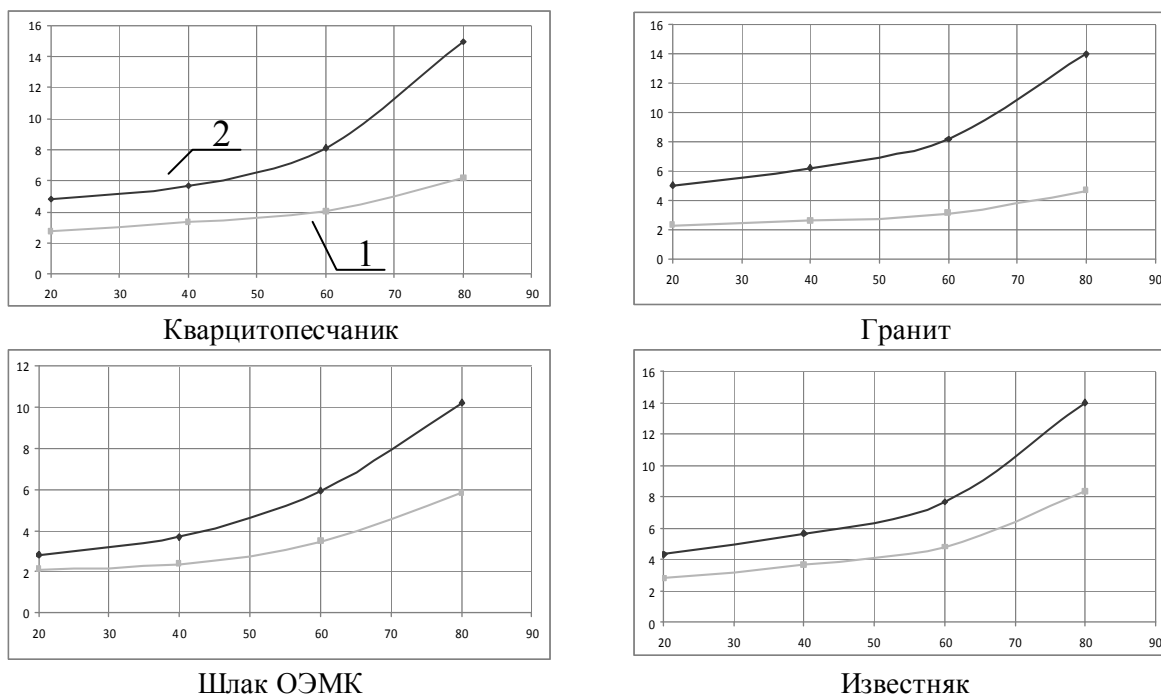


Рисунок 2 – предельное напряжение сдвига в смеси битума и минерального порошка.
1 - Битум до СВЧ-обработки; 2 – Битум после СВЧ-обработки

Заключение

Процессы, происходящие в битуме при кратковременном воздействии СВЧ поля, существенно улучшают его важнейшие характеристики: повышается адгезия к каменным материалам, как кислым так и основным, улучшается структурирование битума минеральными порошками различной природы. Таким образом, предложенный способ активации битума излучением СВЧ диапазона, позволит получить органические вяжущие очень высокого качества.

Литература

1 Вендриховски В. А. Влияние радиоволн на сцепление битума с каменными материалами / В. А. Вендриховски // Строительные материалы. – 1995. – №8. – С. 29-30.

2 Бурминский Н. И.. Перспективы использования СВЧ-технологии для приготовления дорожных битумов / Н.И.Бурминский, Е.М.Барачова // Изв. вузов. Строительство. - 1999. - №2-3. - С. 114-115.

3 Генцлер И. В.. Влияние ультразвука на органические вяжущие / И.В.Генцлер, А.С.Карапетян // Известия вузов. Строительство. – 2001. - №1. – С. 36-39.

4 Шадрин Б.К. Омагничивание битумов / Б.К.Шадрин // Известия вузов. Строительство. – 2003. - №6. – С. 12-16.

5.2 ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

Архангельский А.Н. (БГИТА, г.Брянск, РФ)

The original technique of definition of expenses on transportation of cargoes and passengers on a highway of the given plan and structure is offered. The account is carried out by the special program on the computer.

При проектировании и эксплуатации автомобильных дорог необходимо иметь обоснование целесообразности дополнительных капиталовложений в конструкцию дороги, направленные на повышение ее транспортно-эксплуатационных показателей.

Обобщенным показателем транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги является сумма затрат на перемещение грузов или пассажиров от начального до конечного ее пунктов.

Дорога характеризуется:

- протяженностью;
- параметрами плана дороги (количество и радиусы плановых кривых);
- параметрами профиля дороги (величины продольных уклонов, протяженность участков с различными величинами уклонов, радиусы вогнутых и выпуклых вертикальных кривых);

В состав затрат рекомендуется включать:

- автотранспортные затраты, включающие расходы на осуществление перевозок грузов и пассажиров;
- затраты, связанные с затратами времени в пути следования;
- затраты, связанные с дорожно-транспортными происшествиями.

Размер текущих затрат определяется суммированием.

В действующих нормативных документах параметры плана и профиля дороги не принимаются во внимание. Такой подход не позволяет определить адекватные конкретной дороге затраты.

Рассмотрим структуру затрат на автомобильные перевозки и методы их определения.

Из общей совокупности затрат можно разделить те ее виды, размер которых в какой степени связан с параметрами и характеристиками автомобильной дороги:

- затраты на горюче-смазочные материалы (бензин или газ или дизельное топливо и масла);
- затраты на шины;
- затраты на восстановление подвижного состава;
- заработная плата водителя

Расход топлива АТС зависит от его типа, степени использования грузоподъемности, основного и дополнительного сопротивления движению, скорости движения и стиля управления водителем.

Важнейшим и первым является вопрос об определении скорости движения автотранспортного средства заданного типа по рассматриваемому участку дороги.

Скорость движения автомобиля на конкретном участке автомобильной дороги зависит от параметров дороги (уклон, радиус плановой кривой, коэффициента сцепления, расстояния видимости поверхности дороги), тягово-скоростных характеристик автотранспортного средства (АТС), условий движения (метеорологические условия, интенсивность движения) и стиля управления водителем АТС.

Скорость движения автомобиля можно определить путем интегрирования уравнения его движения. Обычно такие расчеты производят по внешней характеристике двигателя, что не соответствует реальным режимам движения и экономически нецелесообразно по условиям расхода топлива. Кроме того, интегрирование уравнения движения требует привлечения очень большого объема информации по конкретному автомобилю. Для оценочных расчетов нужна более простая модель для оценки материальных и временных затрат на движение транспортного потока в конкретных дорожных условиях.

Такая модель предложена в работе 1. При определении скорости учитываются:

- тягово-скоростные характеристики конкретного типа подвижного состава;
- ограничение по условиям видимости и комфорта;
- ограничения при проезде плановых кривых;
- ограничения, обусловленные правилами дорожного движения и дорожными знаками;
- состояние покрытия дороги

Рассмотренный алгоритм расчета реализован в виде программы на ЭВМ.

Пример реализации приведен на рисунке 1.

Для учета дорожного фактора при определении расхода топлива предлагается следующий подход. В технических характеристиках конкретного типа подвижного состава приведен показатель контрольного расхода топлива. В соответствии с ГОСТ 20306-90 2, его определение осуществляется на горизонтальном прямом участке дороги. Используя модель 1 определяется величина работы на преодоление сил сопротивления движению автомобиля при соответствующих испытанию условиях. Это позволяет получить коэффициент перехода от затрачиваемой работы к расходу топлива и рассчитать его расход по длине дороги. В соответствии с рекомендациями 3 расход смазочных материалов устанавливается в килограммах на 100 литров израсходованного топлива.

Для учета дорожного фактора при определении затрат на шины предлагается следующий подход.

Износ шин зависит от большого числа факторов. В нормативной литературе 4 износ зависит только от ее пробега. С целью уточнения величины этих затрат необходимо учесть влияние силового фактора при движении на

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

износ шин. Учет этого фактора является наиболее существенным для ведущих колес в режиме тяги и для всех колес в режиме торможения.

Многочисленными экспериментами установлено, что износ шины зависит величины передаваемого ее тягового момента (степенная зависимость с показателем 2,2) и от величины тормозного момента (показатель 2,8). При использовании модели 1 для любого участка анализируемой дороги затраты мощности и скорость движения – известные величины, что позволяет учесть влияние силового фактора на ресурс шины. При этом, за исходный ресурс принимается норма по рекомендациям 4.

Определение затрат на восстановление подвижного состава и заработную плату водителя при известном пробеге и времени движения выполняется обычным методом.

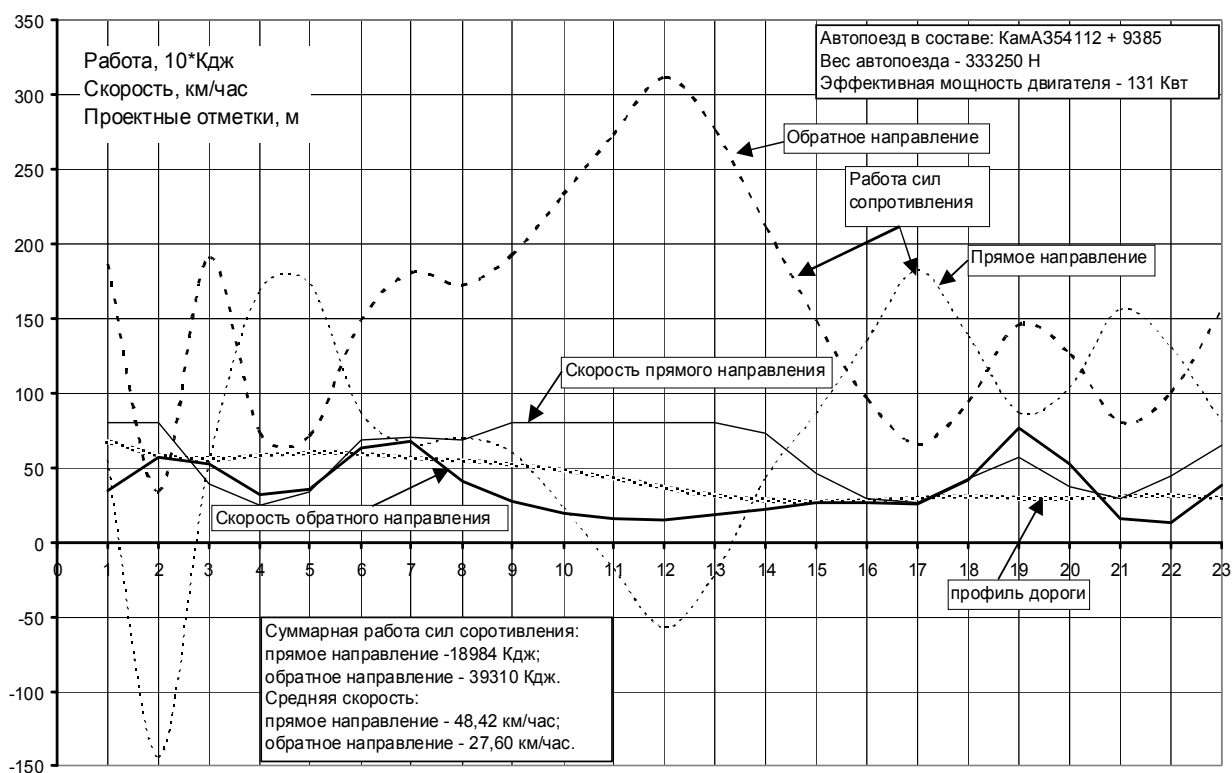


Рисунок 1 - Пример оценки параметров дороги по величине работы сил сопротивления движению

Заключение

Предлагаемая методика определения суммарных затрат на перевозку грузов и пассажиров позволяет полно учесть влияние параметры профиля и плана автомобильной дороги.

Предлагаемая методика может быть использована для выбора оптимального по общегосударственному подходу варианта автомобильной дороги.

Литература

1 Архангельский А.Н. Комплексный критерий оценки транспортно-эксплуатационных параметров автомобильной дороги./Проблемы строительного и дорожного комплексов.//Сб.науч.тр. по итогам международной научно-технической конференции. Вып.4.- Брянск:БГИТА.2006. -С.5-7.

2 ГОСТ 20306-90 Топливная экономичность автотранспортных средств.

3 РД 3112194-0366-03 "Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте" (утв. Минтранс РФ 14 марта 2008г.).

4 РД3112199-1085-02 «Временные нормы эксплуатационного пробега шин автотранспортных средств (утв. Минтранс РФ 4апреля 2002г.).

5.3 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТИВОГОЛОЛЕДНЫХ РЕАГЕНТОВ НА ПРИДОРОЖНУЮ ТЕРРИТОРИЮ

Гайлитис Д.И. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

The chemical way of struggle against winter ice is the most effective, however it is the most harmful to environment for many reasons. The most widespread reactant - table salt harms coverings, promotes corrosion of elements of cars, pollution of soils and adjoining territories. Therefore has ripened necessity for wider application of alternative means of struggle against ice.

Появление на дорожных покрытиях снежно-ледяных отложений в зимних условиях является неизбежным природным явлением, которое во многих регионах наблюдается в течение 2 - 4 месяцев, а в отдельных регионах доходит до 6 - 8 месяцев в году. На скользких дорогах снижаются скорость движения и производительность транспортных средств, увеличиваются себестоимость перевозок и количество ДТП. Улучшение транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог и улиц достигается двумя методами: предварительной обработкой покрытий антигололедными средствами, предотвращающими образование снежно-ледяных отложений, и/или повышением сцепных качеств образовавшихся на проезжей части дорожных одежд снежно-ледяных отложений за счет создания шероховатой поверхности фрикционными или комбинированными противогололедными материалами [3].

Однако применение наиболее распространенных на сегодняшний день химических реагентов значительно ухудшает состояние природной среды на прилегающей к дороге территории.

Воздействие агрессивных факторов противогололедных материалов на окружающую среду в придорожной полосе сводится к следующим основным проявлениям:

- возникновению эффекта циклически (годовой цикл) действующей буферно-накопительной зоны для придорожной полосы по отношению к окружающим природным объектам;

- возникновению агрессивных аэрозолей и попаданию в почву (воду) при стекании с поддона кузова транспортного средства вредных веществ и соединений, образующихся в результате взаимодействия транспортируемых рабочих смесей и рассолов с влагой атмосферы;

- попаданию солей в почвы и водоёмы в процессе хранения противогололедных материалов на площадках и базах;

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

- попаданию в окружающую среду солей в результате рассыпания и пролива в процессе приготовления рабочих смесей и рассолов на открытых площадках, а также при смыве с площадок в поверхностных стоках;
- засолению почв и водоёмов в результате проникновения компонентов противогололёдных материалов через дорожные покрытия и грунт;
- засолению почв и водоёмов при удалении использованных противогололёдных материалов с дорожного покрытия через придорожную полосу;
- вторичному загрязнению окружающей среды при использовании несертифицированных компонентов, предотвращающих слеживаемость противогололёдных материалов.

Для противогололёдных материалов, полученных из часто встречающихся в природе веществ, критерием экологической безопасности является недопущение превышения предельно допустимых концентраций; для материалов, не относящихся к ним, даже для малых концентраций существует риск существенного влияния на окружающую среду.

Несвоевременное распределение хлоридов при низкой температуре, недостаточно жесткое соблюдение технологии и режима уборки снежно-ледяной массы с проезжей части, использование устаревших методов борьбы со скользкостью, передозировка соли, повторяющиеся из сезона в сезон, ведут к большому перерасходу противогололёдных реагентов и ухудшению состояния окружающей среды, что требует новых подходов к решению данной проблемы.

Одним из важных условий использования химических ПГМ является определение наличия и остаточного количества этих материалов на дорожном покрытии. Имея эти данные, дорожная служба сможет не только корректировать нормы повторного распределения реагентов, но и осуществлять операционный контроль при борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах и городских улицах.

Наиболее целесообразным методом определения интегральной токсичности почвы является биотестирование. Показателем степени токсичности при биотестировании служит изменение выбранной тест-функции биоиндикаторного организма при его взаимодействии с пробой среды. Успешное применение биотестирования для диагностики состояния экосистемы во многом зависит от правильного подбора тест-объекта [1].

В качестве биоиндикаторов могут быть использованы животные, растения, микроорганизмы. Уровень организации тестируемой биологической системы может варьировать от доклеточного (макромолекулы) до надорганизменного (сообщества). Наиболее очевидными критериями выбора тест-организмов являются простота работы и точность получаемых в результате тестирования данных. Под простотой понимается легкость выделения тест-организма из природных источников, его хранения, размножения, постановки пробы на токсичность, обработки и интерпритации полученных результатов. Точность в данном случае – это наличие однозначных, ярко выраженных изменений тестируемой функции индикаторного организма в результате воздействия интересующего загрязнителя.

В нашей работе использовался метод биоиндикации с использованием семян гороха, являющегося хорошим биоиндикатором степени засоленности почв. Целью работы стала оценка экологического состояния улиц города Брянска методами биоиндикации и биомониторинга.

Отбиралась почва с участков, удаленных от городских дорог на расстояние от 5 до 100 м, а также исследовались образцы почвы в придорожной полосе за чертой г. Брянска (п. Супонево) и на газонах по ул. Куйбышева и по проспекту Московскому.

При изучении грунта с ул. Куйбышева были выявлены белесые высолы на поверхности почвы, а также мелкие кристаллы галита и сильвина. Образцы были отобраны в весенний период, после полного стаивания снега в сухую погоду. Такое состояние почвы может свидетельствовать о том, что количество соли, высыпаемой зимой таково, что даже интенсивный промывной режим не способен вымыть ее из почв и грунтов. Они сохраняются и мигрируют в растворах, в жаркую погоду, при интенсивном испарении кристаллизуются на поверхности, в дождь растворяются снова, и так далее. Это может привести и приводит к тому, что в придорожной полосе погибают деревья и другая растительность.

По итогам исследования образцов грунта можно сделать вывод, что самые худшие результаты показали грунты, отобранные с участка газона по ул. Куйбышева. Как упоминалось выше, даже визуально в этом грунте на поверхности были заметны кристаллы соли, которые в процессе проращивания семян и полива грунтовой поверхности приобрели вид соляной корки. Это свидетельствует о чрезмерной концентрации противогололедных солей в почве. Что касается проспекта Московского, то здесь наблюдается слабое загрязнение, проростки ровные, нормальной длины, у отдельные проростков незначительно меньше чем у других развита корневая система. На двух оставшихся участках загрязнение практически отсутствует, проростки крепкие, длинные без признаков уродства.

Кроме того, провели эксперимент по биоиндикации гороха в чистой почве, которую мы искусственно загрязняли песко-соляной смесью (пропорция ПСС 9:1), селитрой, а также экологически чистым противогололедным препаратом - бишофит. Результаты показали, что в грунте с бишофитом проростки показали всхожесть 97%, все ростки крепкие, ровные, листья блестящие, корневая система хорошо развита. В грунтах с традиционными солями проросших зерен оказалось не более 10%. При этом проросшие семена имели искривленные тонкие стебельки уродливой формы. Это свидетельствует о сильном загрязнении почв солями. Практически такая же ситуация может наблюдаться и на участках дорог с интенсивным движением, где явно наблюдается перерасход противогололедных реагентов в течение зимы.

Таким образом, нами были получены первые приблизительные результаты, свидетельствующие о засоленности грунтов вдоль автомагистралей, нерациональном расходовании противогололедных реагентов и о негативном влиянии солей на рост зеленых насаждений.

Одной из основных задач дорожного хозяйства в ближайшее время на наш взгляд является санкционирование выпуска качественных противогололедных материалов с экологически безопасными свойствами. Особые требования предъявляются к химическим ПГМ, применяемым для борьбы с зимней скользкостью на автодорожных металлических, железобетонных, сталежелезобетонных и других аналогичных мостовых сооружениях. К этим требованиям относятся:

- отсутствие агрессивного воздействия на цементобетон;
- отсутствие коррозионной активности на металл;
- отсутствие активности к защитным покрытиям (краскам, эмалям) мостовых конструкций;
- отсутствие влияния на биоту и состав воды [2].

Литература

- 1 Васильев А.П., Ушаков В.В. Анализ современного зарубежного опыта зимнего содержания дорог и разработка предложений по его использованию в условиях России. - М.: ФГУП «ИНФОРМАВТОДОР», 2003.
- 2 Дончева А. В., Казаков Л. К., Калуцков В. Н. Ландшафтная индикация загрязнения природной среды. - М.: Экология, 1992. - 254 с.
- 3 Требования к противогололедным материалам: ОДН 218.2.027-2003 / Минтранс России, Гос. служба дор. хоз-ва. - ГП «Информавтодор», 2003.

5.4 ПРИМЕНЕНИЕ ДОБАВОК ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНОГО И КОРРОЗИОННО-СТОЙКОГО БЕТОНА ДЛЯ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Гайлитис Д.И., Дударев И.В. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

В настоящее время достаточно большое внимание уделяется подбору материалов для устройства прочных и долговечных покрытий аэродромов. Проблема может быть решена с использованием суперпластификаторов, применяемых в цементобетонных смесях для увеличения несущей способности покрытий, снижения трещиностойкости и повышения морозоустойчивости материала.

В ближайшем будущем произойдет постепенное замещение обычных традиционных бетонов многокомпонентными. В таких бетонах используются как индивидуальные химические модификаторы, улучшающие удобоукладываемость бетонных смесей и способствующие повышению физико-механических показателей бетона, так и комплексные добавки, включающие зачастую до нескольких десятков индивидуальных химических добавок различного функционального назначения.

Одной из важнейших проблем, сдерживающих применение высокопрочных бетонов в транспортном строительстве, является отсутствие достаточно надежных данных об их усталостной прочности.

Коррозионная стойкость строительных конструкций - одна из актуальных проблем, над решением которой работают ученые всего мира. Они идут по двум направлениям. Первое - это создание бетонов повышенной плотности и коррозионной стойкости, состав которых делал бы их более надежными и защищенными от агрессивных воздействий среды. Второе направление - создание слоистых конструкций. Решение задачи состоит в том, чтобы создать покрытие на поверхности бетона, которое защитило бы его от негативного влияния внешней среды.

Наиболее перспективным направлением на современном этапе развития строительного производства стало использование различных органических и неорганических соединений в качестве специальных добавок к бетону, что позволяет направленно влиять на химические процессы его твердения, обеспечивающие повышение механических и физико-химических свойств. Этими добавками являются модификаторы, применение которых существенно изменяет структуру и свойства материала. В итоге создается модифицированный бетон - это высокая прочность и коррозионная стойкость, водопроницаемость и морозостойкость, регулируемая деформативность.

Модифицированный бетон представляет собой рационально подобранную смесь, состоящую из гидравлического вяжущего, крупного и мелкого заполнителя, воды и необходимых полифункциональных модификаторов. Применительно к цементным системам под модификаторами подразумеваются вещества, улучшающие технологические свойства бетонных смесей и строительно-технические свойства бетонов

Наиболее перспективным для применения в аэродромных покрытиях в настоящее время является дорожный цементный бетон с прочностью на растяжение при изгибе, с расчетной характеристикой, соответствующей классу не ниже Btb 4.8 (марок не ниже Rtb 60).

Эта величина прочности на растяжение при изгибе определяет высокую несущую способность цементобетонных покрытий, их выносливость и трещиностойкость. Такая прочность обеспечивается при использовании стандартных отечественных материалов за счет снижения водоцементного отношения (В/Ц) до величин 0,28—0,35 и применении комплексных химических добавок (воздухововлекающих добавок и суперпластификаторов).

Для обеспечения высокой долговечности цементобетонных покрытия важно получение бетона гарантированной высокой морозостойкости.

Для реализации свойств цементобетонных покрытий необходимо выполнить комплекс соответствующих мер. Должны выполняться все предписанные нормативно-технической документацией, требования к материалам и составу бетона, к условиям транспортирования, режиму распределения и уплотнения бетонной смеси, к технологии ухода за свежеложенным дорожным бетоном.

Для устройства покрытий малоподвижные и умеренно-жесткие бетонные смеси, уплотняемые с помощью вибрации (марок П 1, Ж 1 и Ж2 по удобоукладываемости по ГОСТ 7473-94), предпочтительнее с точки зрения морозостойкости и однородности, чем высокоподвижные и литые (марок ПЗ-П5)

или жесткие (марки Ж4). Предпочтительнее также бетоны естественного твердения, чем пропаренные.

В настоящее время в Российской Федерации практически ни одно производство бетона или ЖБИ не обходится без использования в своей технологии химических добавок. Правильно подобранный состав бетона (соотношение крупного, мелкого заполнителей и цемента) позволяет изменить их расход с уменьшением доли дорогих компонентов (цемента), получая при этом экономический эффект при сохранении потребительских свойств материалов [1].

Для исследования влияния на повышение коррозионной стойкости бетонов были рассмотрены следующие добавки-модификаторы отечественного производства: модификатор «ПФМ-НЛК», суперпластификатор С-3, модификатор «Реламикс», модификатор бетона «Бенотех Уником», добавки серии «Лигнопан Б», комплексная минерально-химическая добавка «Био-НМ» и полифункциональные модификаторы серии МБ-01.

Модификатор «ПФМ-НЛК» - комплексная добавка с пластифицирующим и воздухововлекающим эффектом. Модификатор «ПФМ-НЛК» на ранних сроках выступает как замедлитель срока схватывания, при этом дальнейший набор прочности бетона происходит быстрее. Рекомендуемый расход добавки составляет 0,2-0,7% от массы цемента.

Введение «ПФМ-НЛК» в состав бетонной смеси можно производить либо одновременно со всем количеством воды затворения, либо уже после приготовления бетонной смеси. Исследования показали, что прочность бетона с модификатором «ПФМ-НЛК» зависит от правильно выбранного водоцементного отношения. Укатанный модификатор может использоваться совместно с микрокремнеземом.

Суперпластификатор С-3 является модификатором бетона на основе натриевых солей продуктов конденсации нафталинсульфоокислотных и формальдегидных соединений. Разжижитель С-3 выступает как замедлитель схватывания. Однако дальнейший набор прочности в бетоне происходит быстрее и к 28 суткам достигает проектной. Суперпластификатор С-3 добавляется в бетоны в количестве 0,3-0,6% сухого вещества от массы цемента. Снижение водоцементного отношения на 20% при применении добавки позволило получить равноподвижную смесь. Прочность бетона при этом возросла на 30-50%.

Применение суперпластификатора С-3 позволяет значительно повысить прочностные характеристики, морозостойкость бетона при этом повышается на марку, водопроницаемость на 2-3 марки.

Модификатор «Реламикс» - комплексная добавка, по основным эффектам действия относится к суперпластификаторам и ускорителям твердения. Рекомендуемые дозировки добавки «Реламикс» составляют от 0,6 до 1,0% массы цемента. Добавка «Реламикс» уплотняет структуру бетона и обеспечивает повышение его водонепроницаемости и морозостойкости.

Результаты исследований показывают, что введение добавки без изменения расхода воды вызывает резкий рост подвижности бетонной смеси с ОК= от 3 см до 21см. При уменьшении расхода воды и получении равноподвижных смесей количество добавки увеличивается с 0,6 до 1,0%, при этом

происходит резкое увеличение прочности. Морозостойкость бетонов с добавкой «Реламикс» более F-300.

Модификатор бетона «Бенотех Уником» представляет собой комплексную многофункциональную добавку. По основным эффектам действия добавка «Бенотех Уником» относится одновременно к нескольким видам добавок: пластифицирующей, ускоряющей твердение, воздухоредуцирующей и кольматирующей. Действие добавки в бетоне обеспечивается за счет содержащейся в составе добавки пластификаторов, кремнийсодержащего вещества и других соединений.

Добавку следует вводить вместе с сухими компонентами, время перемешивания при этом следует увеличивать на 20-25%. Воду затворения необходимо сократить на 30-35% от расчетной, для получения равноподвижных смесей.

Для бездобавочного состава бетона В/Ц = 0,6, а с добавкой «Бенотех Уником» В/Ц снижается до 0,4, прочность при этом повышается почти в полтора раза. Добавка при введении в бетонную смесь вызывает эффект ложного схватывания, который исчезает при дополнительном времени перемешивания. В связи с этим при применении добавки следует четко определять время перемешивания в условиях выпуска смеси в заводских условиях.

Добавки серии «Лигнопан Б» представляет собой высокоэффективные пластификаторы с дополнительными свойствами, к ним следует отнести и комплексную минерально-химическую добавку «БиОНМ». К серии «Лигнопан Б» относятся: «Лигнопан Б-1» - пластифицирующая добавка, «Лигнопан Б-2» - пластификатор-ускоритель, «Лигнопан Б-3» - комплексная добавка.

Исследования показали, что «Лигнопан Б-1» позволяет повысить подвижность бетонной смеси с П-1 до П-3 (или снизить водосодержание бетонной смеси), прочность в ранние сроки и проектную на 30-40%, водонепроницаемость и морозостойкость.

«Лигнопан Б-2» - пластификатор-ускоритель. Рекомендуемый расход добавки составляет 0,9-1,5% от массы цемента. Добавка «Лигнопан Б-2» совместима со всеми существующими добавками при условии введения ее в бетон отдельно. Не рекомендуется совместное применение с другими видами добавок, так как может вызывать потерю подвижности. Применение добавки не вызывает резкого увеличения набора прочности. Морозостойкость увеличивается на 50%, водонепроницаемость на 1-2 марки.

«Лигнопан Б-3» - пластифицирующая водоредуцирующая добавка с воздухововлекающим эффектом, которая повышает подвижность бетонной смеси с П-1 до П-3 (или снижает водосодержание), проектную прочность на 30%, водонепроницаемость и морозостойкость.

Сохранность подвижности бетонной смеси с добавками «Лигнопан Б» составляет 80-120 минут. Применение добавки в количестве 0,8% от массы цемента позволяет получить бетоны требуемых свойств. Комплексная минерально-химическая добавка «Био-НМ» - по основному эффекту действия снижает проницаемость бетонов и повышает их стойкость при эксплуатации в

агрессивных средах. Добавка содержит аморфный кремнезем и пластифицирующие составляющие.

Основной эффект добавки достигается за счет повышения прочности (почти в два раза), водонепроницаемости (от W-8 до W-20), увеличивает подвижность (от П-1 до П-5), повышает морозостойкость (воздухововлекающего эффекта) и ускорения набора прочности.

Рекомендуемые расходы добавки «Био-НМ» - 2-5% от массы цемента установленные автором в результате проведенных исследований.

Полифункциональные модификаторы серии МБ-01 являются порошкообразными композиционными материалами на органической основе, минеральная часть состоит из микрокремнезема или его смеси с кислой золой-уноса, а органическая часть - суперпластификатор или его смесь с регулятором твердения и другими добавками.

Введение модификатора в бетонную смесь повышает прочность на сжатие, водонепроницаемость, морозостойкость.

Применение микрокремнезема (МК) в дозировках до 20% от массы портландцемента и до 10% от массы шлакопортландцемента не снижает пассивирующего действия бетона по отношению к стальной арматуре.

Применение МК в количествах, превышающих указанные дозировки, вызывают коррозию арматуры практически сразу. Тепловлажностная обработка усиливает коррозию.

Наиболее широкое применение в промышленности приобрел один из классов добавок - пластификаторы. В большинстве случаев используются комплексные добавки на основе суперпластификатора С-3 (Дефомикс, Реламикс, Динамикс) - регулирующие такие свойства как скорость набора бетоном прочности, сохраняемость бетонной смеси, нормируемое воздухововлечение. Основой суперпластификатора С-3 являются соли продукта конденсации нафталинсульфоокислоты и формальдегида. Механизм действия таких добавок широко известен.

В последнее время на российский рынок вышли мировые концерны Sika и Biseal со своей новой продукцией. Основа производимых ими добавок это модифицированные поликарбосиликаты. Высокая эффективность данных добавок достигается за счет создания ими стерических сил межмолекулярного отталкивания в поверхностных адсорбционных слоях, окружающих частицы цемента, которые протекают параллельно процессу гидратации. Результат действия стерического эффекта гораздо сильнее действия электростатических сил отталкивания между частицами, которые линейно связаны с текучестью цементного теста.

Было произведено исследование свойства бетонных смесей и бетонов в зависимости от природы добавок этих двух классов на примере суперпластификаторов С-3 (ООО «Полипласт-УралСиб»), Biseal SCC и Sika ViscoCrete -20 HE. В первых двух частях эксперимента исследовались свойства тяжелого бетона плотностью 2200 кг/м³.

В первой части работы выявлялось пластифицирующее действие на свежеприготовленную бетонную смесь. Эксперимент показал, что исследуемые

добавки проявляют пластифицирующие свойства приблизительно в равной степени.

На втором этапе подбирались составы бетонов с одинаковой подвижностью (определялась по осадке конуса), и на этих экспериментальных замесах были построены кинетические кривые твердения бетона на примере составов показавших максимальные прочности в каждом виде добавок.

В результате исследований было выявлено:

- добавки на основе С-3 и модифицированных поликарбосиликатов оказывают примерно одинаковое пластифицирующее действие, их применение не приводит к «сбросу прочности» в течение срока испытаний;

- при уменьшении доли воды в бетоне до получения нужной подвижности прочность в проектном возрасте (28 суток) увеличивается на 30% при добавлении С-3 или Biseal SCC, на 51 % - Sika ViscoCrete - 20 HE;

- Biseal SCC также ускоряет твердение бетона в возрасте 1-3 суток и может быть рекомендована в качестве ускорителя твердения, например, при изготовлении плит перекрытий поточно-стендовым способом производства.

Заключение

На основании проведенных исследований, считаем целесообразным принять к использованию в цементобетоне для аэродромного покрытия добавку отечественного производства С-3, поскольку она не уступает по своим основным показателям иностранным аналогам и имеет меньшую стоимость.

Литература

1 Гражданские аэродромы. Под общей редакцией В.Н.Иванова. – М.: Воздушный транспорт, 2005. – 280с.

5.5 ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВКИ ПОТАША НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ БАРЬЕРОВ

Добшиц Л.М. (МИИТ, г.Москва), Швецов Н.В. (ЦНИИС, г. Москва, РФ)

Исследовано влияния добавки поташа на реологические свойства бетонных смесей, применяемых при формировании дорожных, барьерных ограждений с использованием технологии скользящей опалубки. Описаны исследования влияния добавки поташа, как ускорителя твердения бетонных смесей.

This article is about research of influence potash, as admixture, on rheological properties of concrete mixes, which be use for construction of road barriers with use slip-forming technology. There was characterized research of influence potash admixture as accelerator of hardening concrete mixes.

Возведение дорожных барьерных ограждений при помощи технологии скользящей опалубки, связано с выполнением жестких требований,

предъявляемых к конструкции, как самой технологией безопалубочного формования, так и требованиями ГОСТов, применяемых к дорожным объектам. На основании выполненных ранее исследований сформировались требования, предъявляемые к способу возведению данного типа ограждения в условиях применяемой технологии и нового арматурного каркаса, предложенного ОАО «СоюзДорНИИ». Данные требования представлены в «Руководстве по механизированному формованию барьерного ограждения с применением бетоноукладчика со скользящими формами Commander III». В руководстве указаны требования к свойствам бетонных смесей и бетонов. Основные из них: осадка стандартного конуса должна быть равна 4см, соотношение песок/щебень 0,6...0,65, водонепроницаемость бетонов не ниже W12 и морозостойкость не ниже F300 в солях.

Для обеспечения высокой скорости перемещения скользящей опалубки с целью ускорения процесса возведения барьерного ограждения, было предложено применение добавки поташа, как ускорителя схватывания бетонных смесей. Поташ является ингибитором коррозии арматуры, его добавка повышает щелочность бетонной среды и, как следствие снижает вероятность коррозии арматуры в бетоне, что положительно влияет на долговечность железобетона, при службе в агрессивных средах. Введение поташа в бетон позволит ускорить процесс формования структуры и, как следствие, сократить время задержки движения транспорта до минимума, или вообще исключить запрет движения транспорта на время производства строительных работ.

После предварительных исследований, было установлено ориентировочное время начала формирования структуры бетона - не ранее 30 мин со времени затворения (или введения добавки поташа). В расчетах было принято, что этого временного интервала должно хватить для проведения технологических операций сопровождающих процесс формования конструкции (замес, разгрузка БСУ, транспортировка, загрузка бетоноукладчика, формование).

Реализация данного предложения потребовала проведения экспериментальных исследований по определению необходимого количества вводимой в бетон добавки поташа. Предварительно, для определения действия добавки поташа на реологические свойства смеси были произведены экспериментальные замесы состава типа «цемент+вода+добавки».

Испытания смесей производились в лабораторных условиях, при температуре окружающей среды $20 \pm 2^\circ\text{C}$, сроки схватывания определялись прибором Вика. Экспериментальные замесы сопровождались мониторингом теплообменных процессов, вызываемых гидратацией цемента, при помощи электронного регистратора температур «Терем 3». Полученные данные при измерении теплообменных процессов представлены на графиках (рисунок 1 и 2). Данные о результатах экспериментальных замесов представлены в таблице 1.

Из графиков видно, что введение различных добавок изменяет сроки схватывания и тепловыделение цементов, которые сильно зависят от количества вводимых добавок, при этом резко отличаясь от тех же свойств смесей без добавок. Данные результатов испытания были получены в ходе двух параллельных испытаний одинаковых смесей, помещенных в вакуумную

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

камеру для предотвращения (сведения к минимуму) теплообмена с окружающей средой. Испытаниям подвергались образцы-кубы, размерами 100x100x100 мм, изготовленные из исследуемых смесей.

В центр кубов помещалась термопара (алюмель-хромель), подключенная к регистратору температур на срок 24 часов со времени затворения смесей водой. Измерения производились с 5 минутным интервалом. Для наглядности и удобства обработки результатов измерения температур, все данные привязаны к единому временному интервалу с 12 декабря 2008 г по 13 декабря 2008 г.

Таблица 1 - Влияние количества и вида добавки на сроки схватывание смесей (количество вводимых добавок указано в % от массы цемента)

Вводимые добавки; % массы цемента	Время загустевания, мин	Величина водоцементного отношения
-----	170	0,3
Поташ, 5	14	0,3
Поташ, 2	14...15	0,3
Поташ, 7	22...23	0,5
Поташ; 2 + С-3; 0,3	10	0,3
Поташ, 2 +С-3, 0,3	24...25	0.5

Как видно из графиков, построенных на основании полученных данных, применение добавки поташа существенно влияет на реологические свойства смесей. При этом возможно получение смесей с технологически удобными сроками загустевания.

Ведение 2% поташа (42%-й раствор) приводит к сокращению срока схватывания цементных смесей, время наступления которого, в 11 раз быстрее срока схватывания контрольной (бездобавочной) смеси. Зависимость изменения сроков схватывания от количества вводимого поташа – имеет нелинейный вид, дальнейшее введение поташа в количестве до 5%, практически не изменило сроки схватывания смесей. Однако увеличение количества вводимой добавки до 7% массы цемента увеличило срок схватывания смеси на 7 минут. Также, как видно из таблицы 1 и рисунков 1 и 2, на сроки схватывания влияет количество воды затворения. Приведенные данные результатов эксперимента (таблица 1) показывают изменения сроков схватывания смесей, при изменении количества воды затворения при использовании добавки поташа.

Экспериментальными исследованиями установлено увеличение подвижности смесей цементного теста с добавкой, по сравнению с контрольной на 10...20% в зависимости от количества введенной добавки. Эти данные справедливы для смесей типа «цемент+вода+добавка».

Дальнейшее исследование влияния добавки поташа на реологические свойства бетонных смесей, проводилось при подборе состава бетонной смеси, удовлетворяющей требованиям технического задания.

Применение поташа существенно интенсифицирует выделение тепла при гидратации цементного теста. Как видно (рисунок 1 и 2), первичный пик выделения тепла наступает значительно раньше, по сравнению с контрольной

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

смесью и приходится на первые 40 минут гидратации со времени затворения, что в 10 раз наступает быстрее. Интенсивность тепловыделения также зависит от количества вводимой добавки. Так при введении 7% поташа первичный пик наблюдается через 40 минут ($29,5^{\circ}\text{C}$) со времени затворения, при периоде схватывания 22 минуты. Введение 2% поташа менее способствует повышению выделяемого тепла (20°C) по истечению 15 минут после затворения, однако сокращает сроки схватывания, в среднем на 7 минут.

Результаты первого этапа экспериментальной работы показали, что применение поташа, как добавки для ускорения твердения цементного теста оправдано только после проведения серии подборов бетонных смесей и нахождения оптимального количества вводимой добавки, в зависимости от технологических требований, предъявляемых потребителем. Так же необходимо учитывать пластифицирующий эффект, оказываемый добавкой на смесь.

Для проведения дальнейших исследований необходимо было провести подбор состава бетона, отвечающего требованиям технического задания.

Для определения экспериментального состава бетона, за основу был взят состав бетона, соответствующий следующим проектным требованиям: бетон дорожный В40 ПЗ F300 (II) W12.

Подбор состава бетонной смеси производился поэтапно, результаты каждого этапа работы приведены в таблицах 2, 3 и 4. Конечный результат подбора состава бетона представлен в таблице 6.

Таблица 2 - Состав бетона полученный при расчетах на 1 м^3 , при ориентировочном водоцементном отношении 0,3...0,35

Материал	Расход, кг
Цемент	418
Песок	516
Щебень фракция 5...20	1000
Вода	155
С-3, % массы цемента	0,30

Для экономии материалов экспериментальные замесы были сокращены по объему с 1 м^3 до 20 литров бетонной смеси. Полученный расход материалов представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Расход материалов для приготовления пробных замесов на 20 литров смеси

Материал	Расход, кг
Цемент	8,36
Песок	10,32
Щебень фракция 5...20	20
Вода	3,015
С-3, % массы цемента	0,3

В результате проведенного пробного замеса были получены следующие параметры полученной бетонной смеси: средняя плотность свежееуложенного бетона – $2,42\text{ т}/\text{м}^3$; подвижность бетонной смеси – 15 см; объем вовлеченного воздуха – 5 %.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Основываясь на полученных результатах пробного замеса и определения фактической прочности бетонных образцов была произведена корректировка расхода материалов, для соответствия бетонной смеси заданным технологическим требованиям и получаемого бетона при коэффициенте вариации по прочности 13,5%. Расход материалов откорректированного состава бетона представлен в таблице 4.

Таблица 4 - Откорректированный расход материалов на 1 м³ бетонной смеси

Материал	Расход, кг
Цемент	450
Песок	617
Щебень фракция 5...20	1188
Вода	166
С-3,%	0,3

Из полученной смеси были изготовлены образцы – кубы, для последующих испытаний прочности на сжатие. Полученные результаты испытаний представлены в таблице 5.

Взятая за основу бетонная смесь не совсем отвечала проектным требованиям технического задания к бетонной смеси по удобоукладываемости и срокам потери подвижности, поэтому была проведена дополнительная корректировка расхода материалов, расход которых представлен в таблице 6.

Таблица 5 - Результаты испытания контрольных образцов – кубов 100x100x100мм, на сжатие

Маркировка образцов	Возраст бетона, сут.	Плотность в образцах, кг/м ³	Прочность бетона в образцах, МПа	Средняя приведённая прочность, МПа
1	7	2496	49,5	49
2	7	2480	50,1	
3	7	2460	47,6	
4	28	2411	58,8	57,2
5	28	2451	55,3	
6	28	2446	57,6	

В ходе эксперимента производились замесы нескольких видов бетонных смесей с различным количеством вводимых добавок, для достижения необходимых параметров смеси, предъявляемых техническим заданием. Данные о расходе материалов и исследуемых параметрах представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 6 - Состав бетонной смеси используемой для проведения экспериментальной работы, на 1 м³

Материал	Расход, кг
Цемент	450
Песок	617
Щебень фракция 5-20	1188
Вода	140
С-3, % массы цемента	0,6
Поташ, % массы цемента	0,35 -0,36

Результатом проведенных замесов была получена смесь со следующими, исследуемыми параметрами: осадка стандартного конуса – 4см; время потери

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

подвижности (начала твердения) – не ранее 30 минут; водоцементное отношение (В/Ц) равно 0,31.

Таблица 7 - Расход материалов для исследуемых бетонных смесей, на 25л. Смеси

Материал	Расход, кг
Цемент	11,88
Щебень фракция 5...20	29,7
Песок	15,43
Вода	3,5...5,5

Таблица 8 - Влияние количества вводимых добавок на подвижность (ОК) и время потери подвижности бетонной смеси

№ смеси	С-3, % массы цемента	Поташ, % массы цемента	Вода, л	Время схватывания, мин	ОК, см
1	0,3	2	5,5	4,5	8
2	0,3	2	5,3	4	7
3	0,6	0,25	3,5	105	4
4	0,6	0,35	3,5	30	4,5
5	0,6	0,36	3,5	28	4
6	0,6	0,37	3,5	27	4
7	0,6	0,4	3,5	15	3,5
8	0,6	0,5	3,5	4	4
9	0,6	1	3,5	4	4
10	0,6	2	4,346	4	4
11	0,65	0,35	3,5	42	4,5

На основе полученных данных, представленных в таблице 8, была построена зависимость изменения времени потери подвижности от количества вводимой добавки поташа (рисунок 3).

При переходе от цементных растворов (цемент+вода+добавка) к реальным бетонным смесям (цемент+песок+щебень+вода+добавка) встала проблема быстрой потери подвижности. При расходе поташа в количестве 2...5% от массы цемента, смеси начинали терять подвижность по истечении 4...5 минут после введения добавки. Эта особенность потребовала пересмотра процесса введения добавки поташа, то есть появилась необходимость дополнительных исследований влияния добавки поташа на реологические свойства бетонных смесей.

В ходе экспериментального подбора состава бетона, из исследуемых смесей были изготовлены образцы-керны для определения прочности бетона при сжатии. Изготовление кернов производилось с применением специализированного оборудования фирмы «НПТИ» и торцовочного станка.

Для изучения возникшей проблемы были произведены дополнительные исследования влияния различного количества вводимой добавки поташа. Основными двумя критериями, регламентирующими реологию бетонных смесей, стали: удобоукладываемость (осадка конуса) и сроки потери подвижности.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

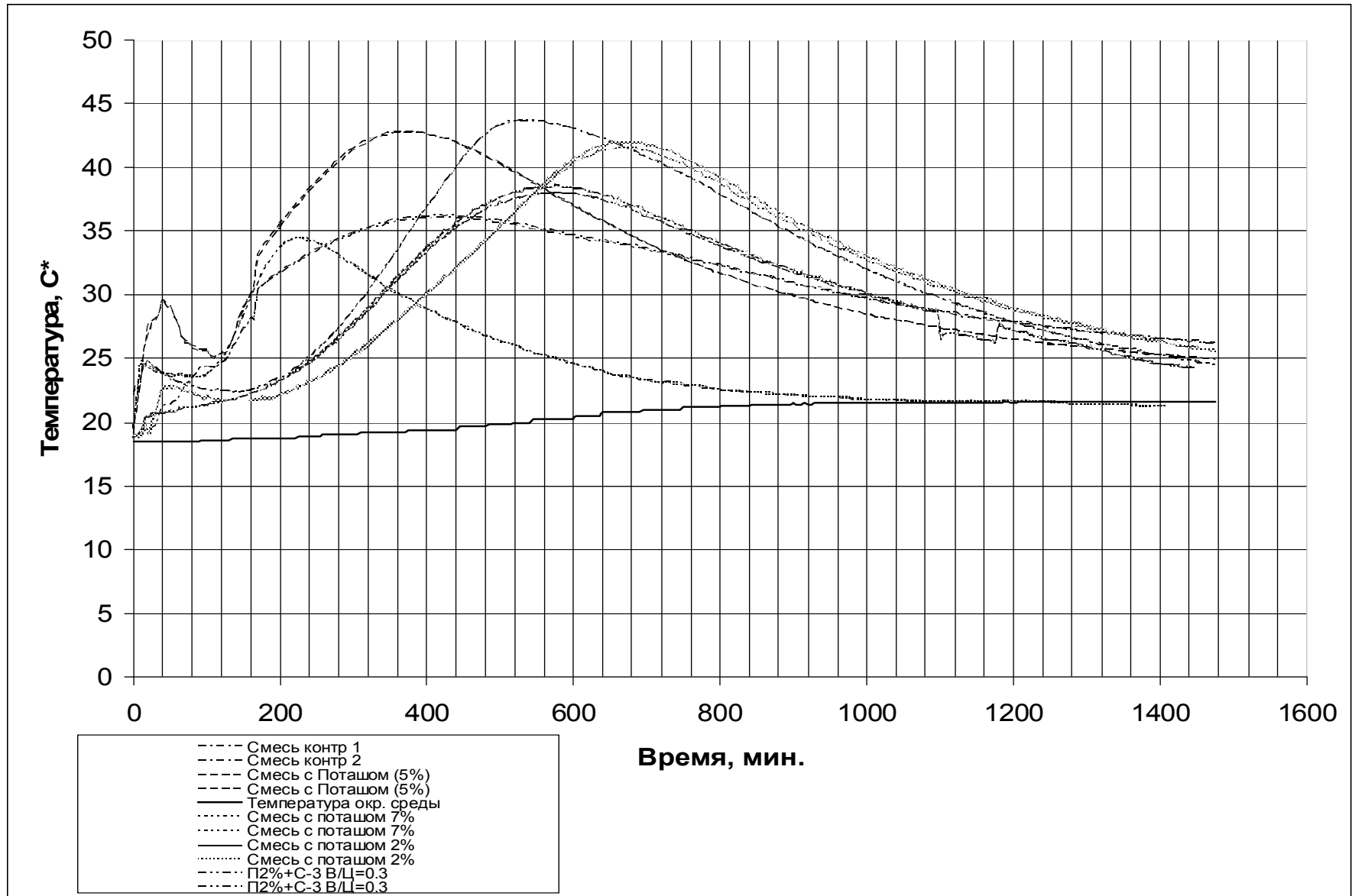


Рисунок 1 - Зависимость степени тепловыделения смесей от времени

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

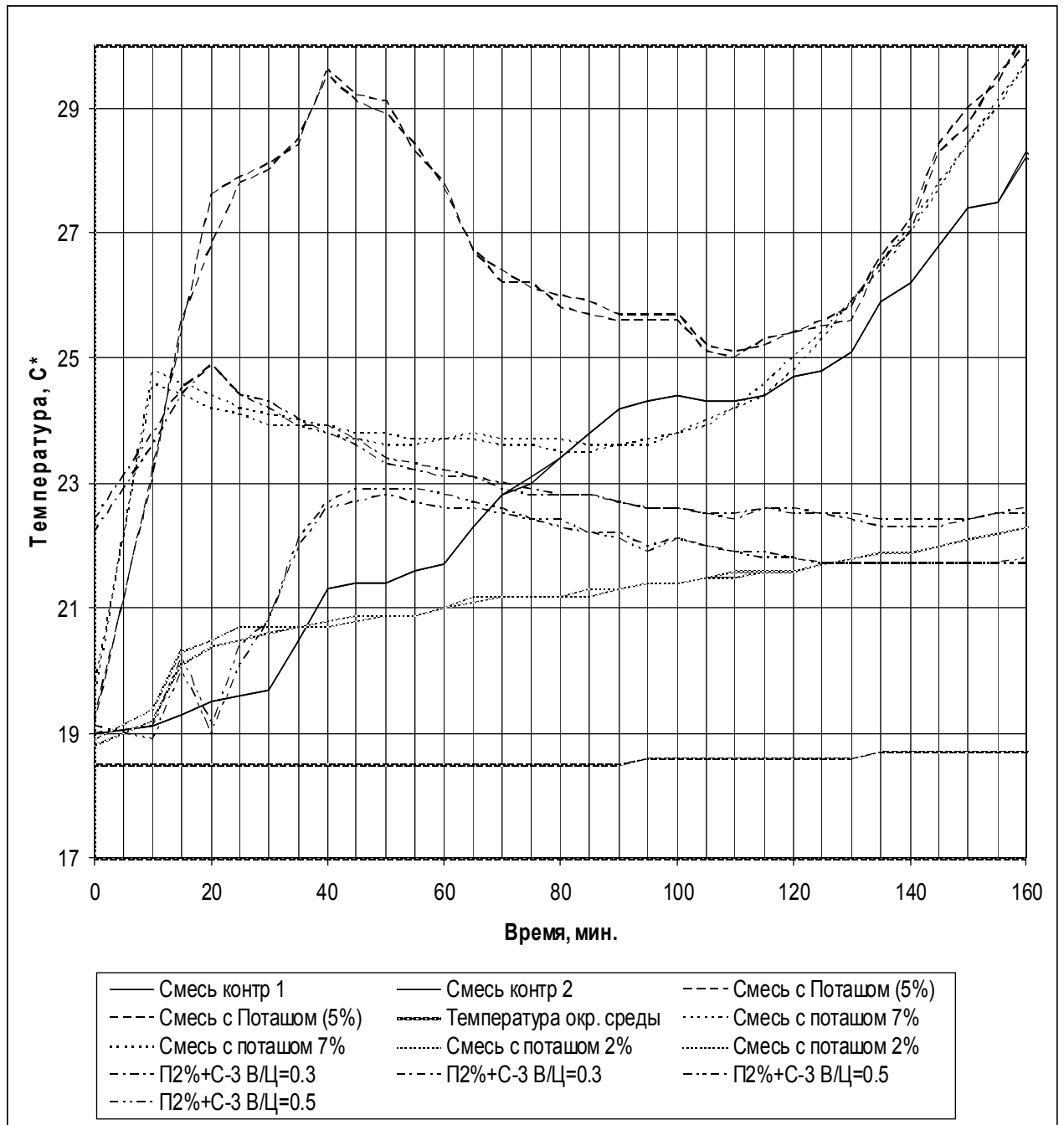


Рисунок 2 - Зависимость степени первоначального тепловыделения смесей, в интервале времени 160 минут с начала затворения

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

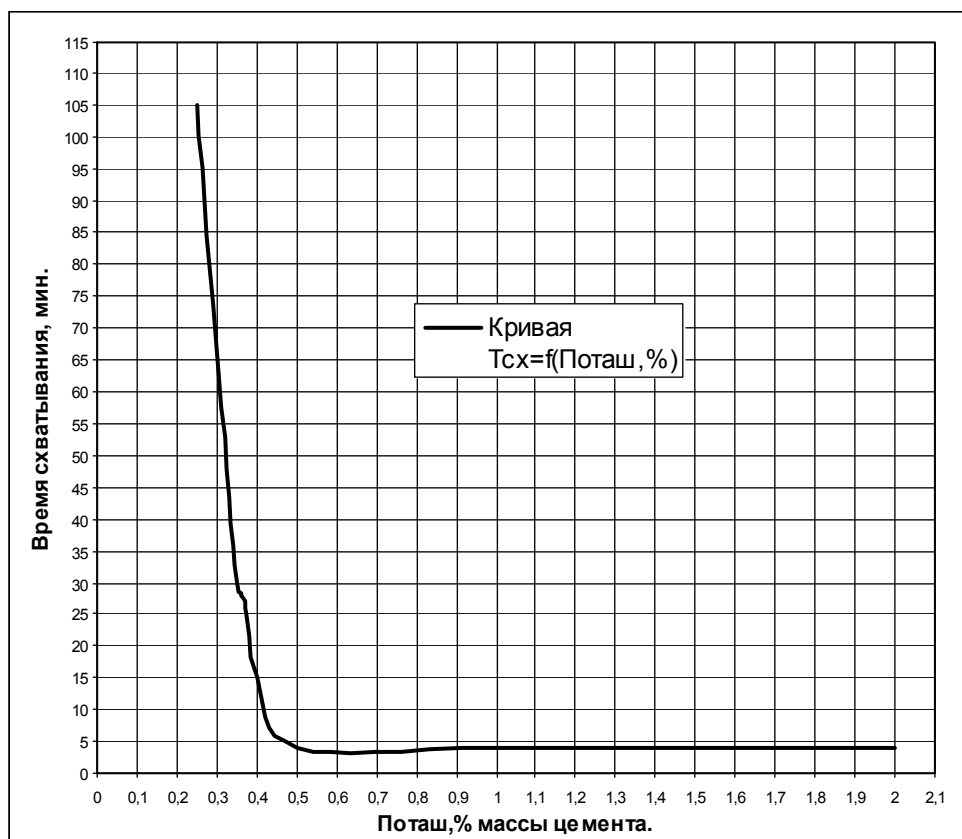


Рисунок 3 - Зависимость сроков схватывания бетонной смеси от количества вводимой добавки поташа

Таблица 9 - Испытания образцов-кернов на прочность при сжатии

№ состава	дата изг.	дата исп.	Масса, г	Ø, мм	Н, мм	η_1	ρ , т/м ³	Нарп, кН	Rсж, Мпа	Rсред, Мпа
1-1	1.04.2009	8.06.09	606	69	70	0,96	2,316	117,0	30,0	31,3
1-2	1.04.2009	8.06.09	588	68	69	0,96	2,348	110,3	29,2	
1-3	1.04.2009	8.06.09	593	68,5	68	0,96	2,368	125,3	32,6	
2-1	2.04.2009	8.06.09	589	69	69	0,96	2,284	100,3	25,8	26,2
2-2	2.04.2009	8.06.09	604	69	68,5	0,96	2,359	92,4	23,7	
2-3	2.04.2009	8.06.09	578	69	67	0,96	2,308	103,8	26,6	
3-1	3.04.2009	8.06.09	619	67,5	68	0,96	2,545	146,0	39,2	41,7
3-2	3.04.2009	8.06.09	640	69	69	0,96	2,482	155,8	40,0	
3-3	3.04.2009	8.06.09	625	68	69	0,96	2,495	167,1	44,2	
4-1	6.04.2009	8.06.09	625	69	68	0,96	2,459	234,8	60,3	59,8
4-2	6.04.2009	8.06.09	637	69	69	0,96	2,470	163,9	42,1	
4-3	6.04.2009	8.06.09	638	69	70	0,96	2,439	230,9	59,3	
5-1	06.04.2009	8.06.09	610	70	69	0,96	2,298	145,0	36,2	34,6
5-2	06.04.2009	8.06.09	625	70	69	0,96	2,355	138,0	34,4	
5-3	06.04.2009	8.06.09	615	69	69	0,96	2,385	129,0	33,1	
6-1	08.04.2009	8.06.09	633	70	69	0,96	2,385	175,0	43,7	46,0
6-2	08.04.2009	8.06.09	625	70,5	69	0,96	2,322	186,0	45,7	
6-3	08.04.2009	8.06.09	642	69,5	69	0,96	2,454	191,0	48,3	

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

7-1	08.04.2009	8.06.09	630	70	69	0,96	2,374	204,0	50,9	51,6
7-2	08.04.2009	8.06.09	625	70	69	0,96	2,355	195,0	48,6	
7-3	08.04.2009	8.06.09	622	70,1	69	0,96	2,337	210,0	52,2	
8-1	13.04.2009	8.06.09	613	70	69	0,96	2,310	164,0	40,9	38,4
8-2	13.04.2009	8.06.09	605	71	69	0,96	2,216	158,0	38,3	
8-3	13.04.2009	8.06.09	599	70	69	0,96	2,257	144,0	35,9	
9-1	13.04.2009	8.06.09	622	71	69	0,96	2,278	174,0	42,2	41,8
9-2	13.04.2009	8.06.09	623	69	69	0,96	2,416	181,0	46,5	
9-3	13.04.2009	8.06.09	622	69	69	0,96	2,412	161,0	41,3	
10-1	14.04.2009	8.06.09	614	69	69	0,96	2,381	166,0	42,6	41,6
10-2	14.04.2009	8.06.09	627	69	69	0,96	2,431	154,0	39,5	
10-3	14.04.2009	8.06.09	621	70	69	0,96	2,340	163,0	40,7	
11-1	14.04.2009	8.06.09	633	70	69	0,96	2,385	196,0	48,9	45,3
11-2	14.04.2009	8.06.09	625	70	69	0,96	2,355	201,0	50,1	
11-3	14.04.2009	8.06.09	641	69,5	69	0,96	2,450	165,0	41,8	

Как видно из результатов, приведенных в таблице 8, введение добавки поташа свыше 0,5% массы цемента приводило к началу схватывания бетонных смесей в течении 4-5 минут с момента введения добавки. Такая быстрая потеря подвижности смеси не удовлетворяла установленным требованиям, предъявляемым техническим заданием к бетонным смесям, которые ограничили период потери подвижности не ранее 25 минут.

С целью достижения заданного времени сохранения требуемой подвижности бетонных смесей, было предположено, что уменьшение количества вводимой добавки позволит получить результат, соответствующий техническому заданию.

Были проведены следующие исследования, которые показали, что введение добавки поташа, в количествах менее 0,5% от массы цемента, позволило увеличить сроки потери подвижности бетонной смеси до установленного значения. Основываясь на полученных данных (таблица 8 и рисунок 3), можно отметить, что смесь №4 от 08.04.2009 - является наиболее отвечающей заданным требованиям. Введение добавки поташа в количестве 0,35% массы цемента совместно с добавкой С-3, позволило получить бетонную смесь, сохраняющую заданную удобоукладываемость (ОК= 4см.) в течение 30 минут, после чего происходит резкое снижение удобоукладываемости.

Изготовленные образцы-керны имеют следующие размеры: высота -70 мм., диаметр – 70 мм., с допускаемыми отклонениями от заданных размеров в 1,5 мм. Все образцы-керны хранились в камере нормального твердения, при

температуре $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ и были испытаны в возрасте 28 суток, в количестве 3 образцов от каждого состава. Результаты испытания образцов-кернах на прочность при сжатии приведены в таблице 9.

Выводы

1. Выполненные исследования показали, что применение добавки поташа, как ускорителя твердения бетона, требует его тщательной дозировки, а также экспериментальной проверки удобоукладываемости и сроков загустевания получаемых бетонных смесей на соответствие их заданным параметрам;

2. Зависимость сроков схватывания от количества вводимой добавки поташа имеет нелинейный вид и характеризуется резкой потерей подвижности бетонных смесей, происходящей через 4-5 минут, после добавки поташа в смесь, в количествах более 0,5% массы цемента (рисунок 3);

3. При подборе состава бетона с применением добавки поташа, необходимо учитывать пластифицирующий эффект оказываемый добавкой на бетонную смесь, который позволяет снизить количество вводимого суперпластификатора.

Заключение

Вышеизложенный материал является первым этапом исследований, направленных на подбор бетонной смеси отвечающей проектным требованиям, предъявляемым к бетонным смесям используемых при формировании дорожных, барьерных ограждений с использованием технологии скользящей опалубки.

5.6 ОБЪЕКТЫ ДОБЫЧИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ НА БРЯНЩИНЕ – ОГРОМНЫЙ И ДЕШЕВЫЙ ИСТОЧНИК СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Долженко В.Н. (БГУ, г. Брянск, РФ)

Bryansk region has favourable perspective for the removal rocks of exploitated deposits as great and cheap source of building material for road construction.

Как показывают современные исследования, в мире ежедневно из недр извлекается более миллиарда тонн минерального сырья, значительную часть которого составляют пустые породы. Часто эти породы складываются в виде отвалов, образуя, например, на угольных шахтах терриконы, или горы вскрышного материала на карьерах месторождений рудного и нерудного сырья. В последние годы объем этих пород на шахтах стал уменьшаться, так как они стали использоваться для различных строительных целей, в том числе при прокладке дорог, сооружений и дамб.

На многочисленных рудниках Урала, Сибири и Карелии, отвалы пустых пород стали огромным источником для производства щебня или в качестве

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

насыпного материала дорожного полотна. В нашей области и соседних регионах для железнодорожных и автомобильных насыпей в основном используется щебень железорудных месторождений КМА. Этот материал намного дешевле того, который специально добывается из скальных пород для таких целей, так как требует применения взрывных и других операций. Более того, на рудниках кроме твердого материала используются рыхлые вскрышные породы.

К сожалению, в нашей области отсутствуют участки с наличием скальных пород, но зато в изобилии объекты нерудного сырья в виде фосфоритов, цементного, кирпичного, стекольного и т.д. [1]. При их отработке образуются огромные горы вскрышных пород, которые складываются за пределами карьеров, нанося немалый ущерб природной среде. Наглядным примером служат отвалы вблизи карьеров ранее эксплуатируемого Полпинского месторождения фосфоритов. На нем продуктивный пласт песков находился на глубине до 10 метров и вскрышные породы, расположенные выше него, снимались. При этом снимались и участвующие в их составе такие ценные породы как глина, мергель, мел, которые оказывались невостребованными, так как смешивались. При промывке фосфоритоносных песков на обогатительной фабрике весь мелкий материал скапливался в хвостохранилищах в больших объемах, но мало использовался, хотя это и готовое дешевое сырье, необходимое при строительстве дорог и тротуаров.

Особое место в нашей области занимают карьеры вблизи г.Фокино, где добывается цементное сырье с использованием мела, трепелов, глауконитов и глин. Вблизи двух карьеров за 100 лет их существования возникли огромные отвалы вскрышных пород в виде песка, мергелей, глины, которые составляют 80% извлекаемых из недр горных пород.

Как и на Полпинских месторождениях, эти породы не складываются отдельно, а смешиваются и поэтому не востребованы. При использовании их отдельно и в отработанное пространство карьеров они могли бы представлять огромную ценность. Отрадно отметить, что в последнее время на объектах нерудного сырья и в том числе на карьерах для кирпичного производства стали использоваться мергели, которые стали источником для изготовления щебня. Эти породы отличаются от других осадков своей высокой твердостью и прочностью, что позволило заменить скальный материал для дорожного строительства и они уже в значительной степени снизили зависимость от привозного сырья из соседних областей, а это не может не сказываться на стоимости дорожных работ. Пока не находят применения встречаемые среди пустых пород кремнистые образования в виде опок, которые не уступают по крепости базальтам и гранитам. Не в полной мере используются массивные пласты мела и коралловых известняков среди осадков малого периода (50 млн. лет), встречаемых в карьерах и уступах на правом борту долины р.Десны.

Все виды строительных материалов на Брянщине размещены крайне неравномерно и не всегда являются частью добываемого нерудного сырья, а просто образуют на поверхности выходы или целые площади [1]. Особенно это характерно для песка и гравия, которые являются продуктами исчезнувшего

европейского отделения. Они обычно распространены к западу от р. Десны и почти отсутствуют на Брянской возвышенности, где преобладают глины и мергели в числе осадков мелового периода. Находящиеся среди них пески обычно являются или водоносными, фосфоритоносными, а иногда и металлоносными. В будущем большую ценность могут представлять морские россыпи с титано – циркониевыми минералами в песчаных горизонтах. В случае эксплуатации его гидроскваженным методом очищенные от металлов пески могут создать огромные запасы дешевого сырья вблизи обогатительных фабрик и для их использования потребуются лишь транспортные средства доставки. Большую ценность они могут иметь для тех регионов, где пески на поверхности отсутствуют и требуют карьерного способа извлечения.

В связи с вышесказанным необходима ревизия всех объектов с различными видами добываемого сырья, чтобы создать программу комплексного его использования, а главное - определить масштабы и состав извлекаемых пород, которые часто готовы для использования в различных целях, особенно при строительстве дорог. Это позволит сохранить природу, удешевить стоимость используемого сырья и создаваемых из них инженерных сооружений и изделий.

Заключение

На Брянщине большое количество объектов полезных ископаемых, на которых часто извлекаются определенные виды сырья, а находящиеся в них другие виды остаются невостребованными. Это касается вскрышного материала, окружающего горные выработки и особенно карьеры. В этом материале заключены огромные массы горных пород, которые можно почти без затрат использовать при строительстве дорог. Особую ценность представляют пески, а также твердые породы в виде мергеля известняков, мела, которые станут источником для производства щебня, завозимого пока из соседних областей.

Литература

- 1 Булатный И.П. и др. Минерально - сырьевая база Брянской области [текст] И.П. Булатный и др. – Калуга, ВИЭМС, Полиграфинформ, 2002. -163с.
- 2 Певзнер М.Е. Горная экология [текст]- М.Е. Певзнер – М.: МГТУ, 2003. – 394с.

5.7 РЕЗИНО-БИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ. МОДЕРНИЗАЦИЯ ЗАВОДА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СМЕСЕЙ НА РБВ

Ивкова А.А., Воейко О.А. (МАДИ (ГТУ), г. Москва, РФ)

Эффективным способом улучшения эксплуатационных свойств асфальтобетонных является модификация их резиновой крошкой. При этом технология приготовления асфальтобетонной смеси на РБВ мало отличается от традиционной схемы приготовления.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Резина, по сравнению с каучуками, намного более устойчива к окислительному воздействию кислорода воздуха. Она отличается высокой устойчивостью к воде и солевым растворам. Кроме того, важной особенностью резиновой крошки, особенно шинной, является присутствие в ее составе специальных химических веществ - антиоксидантов и антистарителей. Их присутствие сможет обеспечить повышение устойчивости вяжущего материала к окислительной деградации в условиях эксплуатации. Замедлит процессы старения при эксплуатационных температурах и в условиях нагрева до высокой технологической температуры. Следовательно, и асфальтобетонные смеси на РБВ отличаются повышенной водо- морозо-, а значит и коррозионной стойкостью. Это подтверждают исследования отечественных ученых и практиков.

Целью нашей работы является исследование возможности модернизации асфальтобетонного завода для выпуска асфальтобетонной смеси на вяжущем БИТРЭК. (БИТумно-Резиновые Экологически чистые Композиционные вяжущие).

Технология, по которой они производятся, основана на добавлении в смесь битума с резиновой крошкой специальных реагентов-катализаторов, определенным образом регулирующих радикальные процессы деструкции и сшивки каучуковых цепей резины и высокомолекулярных компонентов битума (рисунок 1).

В технологии производства вяжущих используется стандартное битумоварочное оборудование, оснащенное системой подачи компонентов и циркуляцией.

Какого-либо переобучения персонала не требуется, поскольку технология проста в исполнении и ее приемы не отличаются от обычно применяемых на АБЗ.

Технология приготовления асфальтобетонной смеси на РБВ также мало отличается от традиционной схемы приготовления. Модернизация завода заключается в монтаже бункера для хранения БИТРЭК (9) и дополнительного дозатора (12) (рисунок 2).

Резиновую крошку подают в смеситель АБЗ на нагретый до определенной температуры каменный материал.

При введении порошкообразных модификаторов на нагретый не ниже 190°C каменный материал, полимеры подают в смесительный барабан в холодном состоянии через отдельный дозатор или линию подачи минерального порошка.

При введении дробленой резины непосредственно в минеральную смесь рекомендуемое время перемешивания компонентов 60-90 с. Предварительное «сухое» перемешивание минеральных материалов и дробленой резины в мешалке до подачи битума 15-20 с, после чего подают холодный минеральный порошок и нагретый до 140-160°C битум. Все компоненты смеси перемешивают в течение 30 с до однородного состояния. При возможности предварительного смешения резиновой крошки с минеральным порошком, асфальтобетонные смеси на основе РБВ готовят по общепринятой схеме.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

2009 году один из АБЗ г. Москвы был переоборудован для производства асфальтобетонных смесей на РБВ по данной схеме. Результаты работы завода в строительном сезоне текущего года представлены в таблице 1.

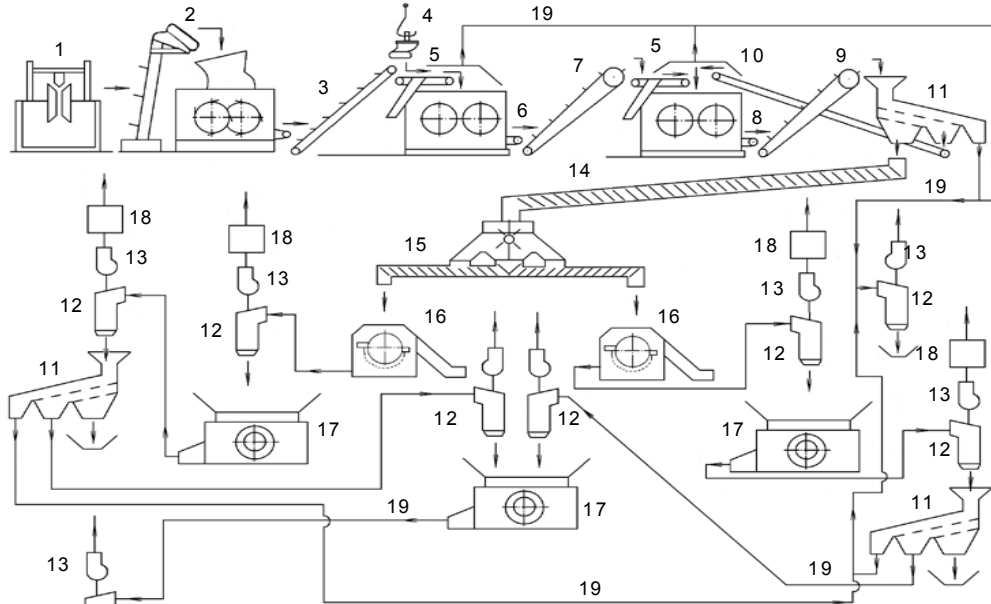
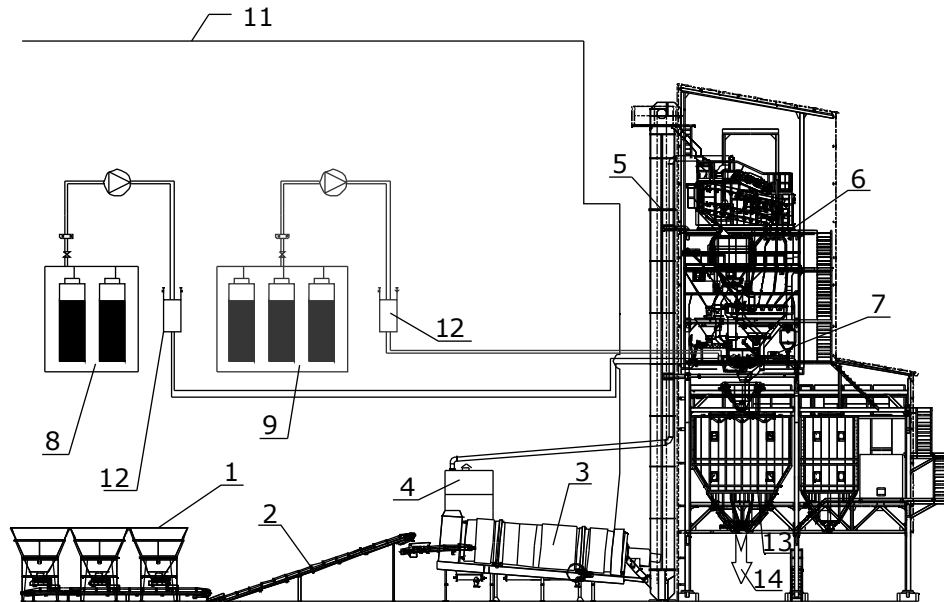


Рис. 1 Схема дробильного комплекса:

- 1 – станок борторезательный; 2 – валковый измельчитель; 3 – транспортер;
 4 – сепаратор магнитный подвесной; 5 – транспортер промежуточный;
 6, 8 – вальцы дробильные; 7, 9 – железотделитель барабанный; 10 – транспортер возврата;
 11 – сито; 12 – циклон с питателем; 13 – вентилятор; 14 – конвейер шнековый;
 15 – конвейер раздаточный; 16 – измельчитель роторный; 17 – мельница дисковая;
 18 – фильтр рукавный; 19 – система пневмотранспорта



Обозначения:

- | | | | | | | |
|---|-------------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|-------------------------------------|--|
| 1. Приемный бункер и ленточный дозатор. | 2. Наклонный ленточный транспортер. | 3. Сушильный барабан. | 4. Пылеулавнитель. | 5. Горячий элеватор. | 6. Грохоты диаметром сит 3-8мм. | 7. Смеситель минерального материала с вяжущим. |
| 8. Битумное хранилище цистерного типа. | 9. Хранилище битража. | 11. Газопровод. | 12. Дозатор. | 13. Накопительный бункер. | 14. Готовая асфальтобетонная смесь. | |

Рисунок 2 - Технологическая схема приготовления асфальтобетонной смеси на РБВ

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Таблица 1 - Показатели физико-механических свойств горячего плотного мелкозернистого асфальтобетона рБ I марки на БИТРЕК 60/90

Наименование показателей	Асфальтобетонная смесь рБ I	
	Требования ТУ 5718-001-5652824-04	Фактические показатели
Средняя плотность, г/см ³	-	2,4
Пористость минерального остова, % по объему	не более 19	16,8
Остаточная пористость, % по объему	от 2,5 до 5,0	4,0
Водонасыщение, %	от 0,5 до 4	2,5
Прочность при сжатии, МПа		
при 20 ⁰ С	не менее 2,5	2,91
при 50 ⁰ С	не менее 1,2	1,51
при 0 ⁰ С	не более 11	10,1
Трещиностойкость при 0 ⁰ С, МПа	от 3,5 до 7,0	4,86
Сцепление при сдвиге при 50 ⁰ С,	не менее 0,35	0,43
Водостойкость	не менее 0,85	0,95
Водостойкость при длительном водонасыщении	не менее 0,85	0,89
Сцепление битума с минеральной частью асфальтобетонной смеси	выдерживает по ГОСТ 12801-98	выдерживает

Заключение

1. Доказано, что применение резиновой крошки в качестве вторичного композиционного сырья в дорожном строительстве уменьшает остаточные деформации покрытия и чувствительность к температурным колебаниям, снижает уровень вибрации от движения транспорта, расширяет температурный интервал.

2. Кроме того, использование резины частично решает проблему экономии битума и экологические проблемы охраны окружающей среды.

3. Технология приготовления асфальтобетонной смеси на РБВ мало отличается от традиционной схемы приготовления. Модернизация завода заключается в монтаже бункера для хранения БИТРЕК и дополнительного дозатора.

Литература

1 Беляев, П.С., Забавников, М.В., Маликов, О.Г. К вопросу получения резино-битумного концентрата для асфальтобетонных покрытий из изношенных автомобильных шин/ П.С. Беляев, и др. - Вестник ТГТУ, 2008 - Том 14. № 2.

2 Р РК 218. Рекомендации по применению резиновой крошки в дорожном строительстве – Министерство транспорта и коммуникаций РК, 2008 – 34 с.

3 Рекомендации по применению битумно-резиновых композиционных вяжущих материалов для строительства и ремонта покрытий автомобильных дорог, Минтранс России, М, 2003. – 38 с.

4 ТУ 5718-004-05204776-01 БИТРЕК Резинобитумный композиционный материал. Технические условия. М.: ГП «РосдорНИИ», 2003. -14 с.

5.7 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДНЕВЗВЕШЕННОГО МОДУЛЯ УПРУГОСТИ НЕЖЁСТКОЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ ЕЁ РАСЧЁТЕ ПО КРИТЕРИЯМ ПРОЧНОСТИ

Калёнова Е.В., Лугов С.В. (МАДИ ГТУ, г. Москва, РФ)

Статья содержит данные вычислительных экспериментов, в результате которых выявлена оценка влияния средневзвешенного и эквивалентного модулей упругости на выполнение условия прочности по расчётным критериям прочности дорожной одежды.

В практике расчёта и проектирования дорожных конструкций, наряду с очевидными постепенными и периодическими усовершенствованиями, нововведениями и характерными тенденциями к более полному учёту различных факторов и реальных условий работы, связанных в основном, с неупругим деформированием дорожно-строительных материалов, также традиционно встречаются многочисленные допущения и упрощения. Ряд подобных допущений и упрощений связан с недостаточной изученностью различных вопросов работы дорожных конструкций, не совершенностью расчётного аппарата и, кроме того, видимо с человеческим фактором, а именно с желанием «упростить жизнь проектировщика» - расчётчика дорожных одежд.

Эти упрощения обычно допускаются разработчиками инструкций в той части расчёта, которая по их предварительным оценкам практически не сказывается на окончательных результатах, то есть не влияет на итоговую дорожную конструкцию, или же, если такое упрощение заведомо ведёт лишь к запасу прочности. В данной статье речь пойдёт о таком расчётном показателе, как средневзвешенный модуль упругости слоёв, его величина используется в основном при проверке дорожных конструкций по критериям сдвига и растяжения при изгибе.

Для начала обратим внимание на терминологию в рассматриваемом вопросе. Средневзвешенный модуль упругости – это средний модуль упругости нескольких слоёв дорожной одежды с обязательным учётом толщины этих слоёв, лежащих выше исследуемого на сдвиг или растяжение при изгибе материала (глинистый грунт, песчаный материал или битумосодержащий «чёрный» материал соответственно).

По мнению авторов, использование средневзвешенного модуля не совсем корректно при расчёте по критериям прочности, так как его величина не учитывает такие важные факторы как общая прочность (упругий прогиб) на поверхности этих слоёв и под ними, а, следовательно, не отражает реальное напряжённо-деформированное состояние в этих слоях, которые принимаются за единый верхний слой двухслойной системы. Поэтому, для повышения точности расчётов следовало бы, как и рекомендовалось в ранее действующих инструкциях, использовать некую условную величину модуля упругости, учитывающую как и толщину такого верхнего слоя двухслойной системы, так и упругие прогибы на поверхности всей системы и прогибы на поверхности

нижнего слоя такой системы.

Наиболее подходящее название для такого модуля упругости – «эквивалентный», так как материал такого условного слоя с этим модулем упругости абсолютно эквивалентен как по прочности, так и по толщине материалам всех составляющих слоёв, объединённых в верхний слой двухслойной системы. Следует избегать в данном случае некоторой возможной путаницы с эквивалентным модулем упругости дорожной одежды (конструкции), которым зачастую (по нашему мнению не совсем верно) называют общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды или общий модуль упругости на поверхности какого-либо промежуточного конструктивного слоя.

Итак, в данном случае под эквивалентным модулем упругости, следует понимать такой модуль упругости условного материала слоя толщиной H , при замене на который всех других рассматриваемых слоёв дорожной одежды с той же самой толщиной H (объединённых при расчётах по сдвигу или растяжению при изгибе в верхний слой двухслойной системы), общее напряжённо-деформированное состояние конструкции в целом не изменится. Именно сопоставлению результатов расчётов дорожных конструкций при применении величин средневзвешенного модуля упругости и эквивалентного модуля упругости, а также соответствующим выводам о приемлемости применения величины средневзвешенного модуля упругости, посвящена эта статья.

Авторами было произведено моделирование влияния средневзвешенного и эквивалентного модулей упругости на соблюдение условия прочности по расчётным критериям (критериям сдвига и растяжения при изгибе). При этом были назначены величины суммарного движения (500 тыс. ед., 2 млн. ед., 5 млн. ед. и 8 млн. ед.), выбран грунт земляного полотна (суглинок лёгкий с расчётной влажностью 0,75 от границы текучести). Учитывая эти исходные данные, авторами были подобраны конструкции дорожных одежд (таблица 1), которые были просчитаны по трём основным критериям прочности с использованием в расчётах эквивалентного и средневзвешенного модулей упругости. Результаты произведённых расчётов приведены в таблице 2.

Таблица 1 - Материалы слоёв конструкций дорожных одежд, выбранных для оценки влияния средневзвешенного и эквивалентного модулей упругости на выполнение условия прочности по расчётным критериям

4-х слойная конструкция	
1	2
1	Плотный мелкозернистый асфальтобетон на битуме БНД 60/90
2	Пористый крупнозернистый асфальтобетон на битуме БНД 60/90
3	Щебень фракционированный
4	Песок среднезернистый
5-ти слойная конструкция	
1	2
1	Плотный мелкозернистый асфальтобетон на битуме БНД 60/90
2	Пористый крупнозернистый асфальтобетон на битуме БНД 60/90
3	Высокопористый асфальтобетон на битуме БНД 60/90
4	Щебень фракционированный
5	Песок среднезернистый

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Таблица 2 - Результаты расчёта по критериям прочности при использовании в расчётах эквивалентного и средневзвешенного модулей упругости

4-х СЛОЙНАЯ КОНСТРУКЦИЯ										
Критерий сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе:										
SNp	Еобщ	Епов_осн	h2	Есрвзв.	Rn/s	h2	Еэкв.	Rn/s	d(Rn/s) %	dh2, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
500 тыс.	290	120	10	3438	1,06	9	2000	1,06	0	11
2 млн.	361	132	14	3310	1,06	14	2200	1,06	0	0
5 млн.	408	135	17	3243	1,06	17	2275	1,06	0	0
8 млн.	432	140	18	3225	1	18	3500	1	0	0
Критерий обеспечения сдвигоустойчивости в песчаном слое										
SNp	Еобщ	Епов_песка	h3	Есрвзв.	Tnp/T	h3	Еэкв.	Tnp/T	d(Tnp/T), %	dh3, %
500 тыс.	290	64	19	869	1,51	19	1067	1,75	14	0
2 млн.	361	64	23	856	2,6	23	1280	2,37	20	0
5 млн.	408	64	24	868	3,28	24	1280	4,29	24	0
8 млн.	432	64	25	865	3,28	25	1600	4,47	27	0
Критерий обеспечения сдвигоустойчивости в грунте										
SNp	Еобщ	Егр	h3	Есрвзв.	Tnp/T	h3	Еэкв.	Tnp/T	d(Tnp/T), %	dh3, %
500 тыс.	290	34	40	493	1,06	19	1172	1,09	3	111
2 млн.	361	34	35	532	1,15	23	1545	1,39	17	52
5 млн.	408	34	24	577	1,01	24	1789	2,28	56	0
8 млн.	432	34	25	582	1	25	1789	2,28	56	0
5-ти СЛОЙНАЯ КОНСТРУКЦИЯ										
Критерий сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе										
SNp	Еобщ	Епов_осн	h3	Есрвзв.	Rn/s	h3	Еэкв.	Rn/s	d(Rn/s), %	dh3, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2 млн.	361	82	18	2593	1,07	18	2050	1,14	6,1	0
5 млн.	408	91	20	2560	1	20	2275	1	0	0

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

8 млн.	432	82	24	2506	1,125	20	2050	1,04	8,2	20
Критерий обеспечения сдвигоустойчивости в песчаном слое										
SNp	Еобщ	Епов_песка	h4	Есрвзв.	Тпр/Т	h4	Еэкв.	Тпр/Т	d(Тпр/Т), %	dh4, %
2 млн.	361	64	10	1053	1,85	10	1600	2,44	24,1	0
5 млн.	408	64	10	1060	2,4	10	1600	3,2	25	0
8 млн.	432	64	10	1070	2,81	10	1600	4,22	33,4	0
Критерий обеспечения сдвигоустойчивости в грунте										
SNp	Еобщ	Егр	h4	Есрвзв.	Тпр/Т	h4	Еэкв.	Тпр/Т	d(Тпр/Т), %	dh4, %
2 млн.	361	34	20	610	1,01	10	1789	1,71	41	100
5 млн.	408	34	20	625	1,06	10	1889	1,73	39	100
8 млн.	432	34	15	646	1,014	10	1889	1,76	43	50

Примечание: SNp – суммарное движение; Еобщ – общий модуль упругости на поверхности дорожной одежды, МПа; Епов_осн, Епов_песка, Егр – модуль упругости на поверхности основания, песка и грунта соответственно; h2, h3, h4 – толщина 2, 3, 4 конструктивного слоя дорожной одежды соответственно, см (см табл.1); Есрвзв. – средневзвешенный модуль упругости верхнего слоя двухслойной системы, МПа; Еэкв. – эквивалентный модуль упругости верхнего слоя двухслойной системы, МПа; Rn/s – условие прочности при расчёте по критерию сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе; Тпр/Т – условие прочности при расчёте по критерию сдвига; d(Rn/s), d(Тпр/Т) – относительное отклонение условия прочности, %; dh2, dh3, dh4 – относительное отклонение толщины 2, 3, 4 конструктивного слоя дорожной одежды соответственно при использовании в расчётах эквивалентного и средневзвешенного модулей упругости, %.

По данным таблицы 2 авторами были построены графики зависимости толщины конструктивных слоёв от суммарного движения при расчёте по соответствующим критериям прочности.

Данные таблицы 2, а также анализ построенных графиков (рисунки 1-3) позволили авторам сделать следующие выводы и рекомендации, касающиеся приемлемости использования величины средневзвешенного модуля упругости при расчёте по критериям прочности. Упрощение в расчёте, связанное с применением средневзвешенного модуля упругости в принципе допустимо, поскольку при расчёте по критериям изгиба монолитных слоёв и сдвига в песке не влияет на итоговую дорожную конструкцию, а при расчёте одежды на сдвиг в грунте ведёт к увеличению прочности конструкции. Однако следует отметить, что при расчёте дорожной одежды по критерию сопротивления сдвига в грунте использование средневзвешенного модуля упругости ведёт к практически двойному увеличению толщины слоя основания (таблица 2). Особенно это относится к дорожным одеждам, рассчитанным для сравнительно небольшого суммарного движения (менее 5 млн. см. рисунок 3).

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

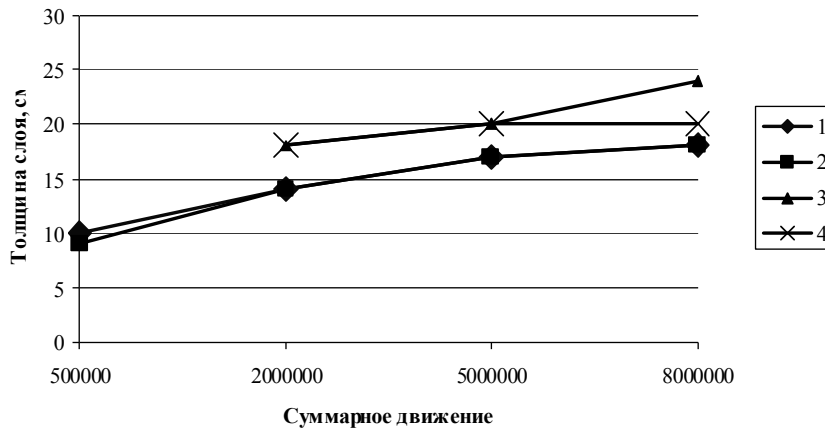


Рисунок 1 - Изменение толщины слоя из пористого (линия 1 и 2) и высокопористого асфальтобетона при расчёте по критерию сопротивления монолитных слоёв усталостному разрушению от растяжения при изгибе

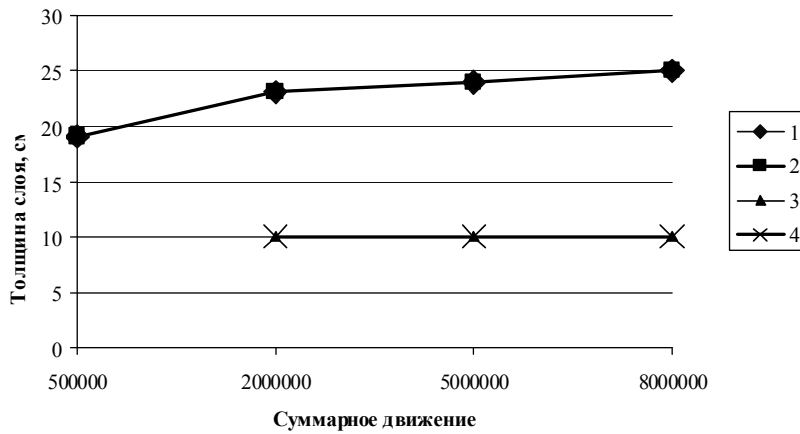


Рисунок 2 - Изменение толщины слоя щебёночного основания при расчёте по критерию сдвига в слоях из малосвязных материалов

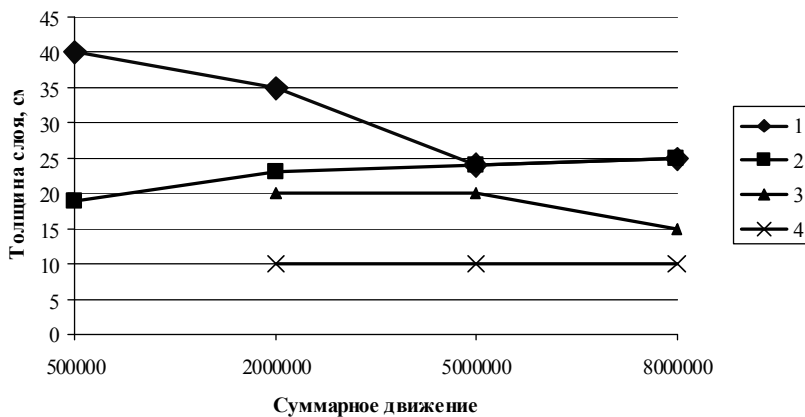


Рисунок 3 - Изменение толщины слоя щебёночного основания при расчёте по критерию сдвига в грунте

Примечание: на графиках цифры: 1 – 4-слойная конструкция с использованием средневзвешенного модуля упругости при расчётах по критериям прочности; 2 – то же с использованием эквивалентного модуля упругости; 3 – 5-слойная конструкция с использованием средневзвешенного модуля упругости при расчётах по критериям прочности; 4 – то же с использованием эквивалентного модуля упругости.

Такое положение объясняется меньшей требуемой прочностью одежды при расчётах по другим критериям прочности (по критериям упругого прогиба, изгиба и сдвига в песке). Кроме того, на толщину проверяемого конструктивного слоя оказывает влияние его расположение от поверхности. При использовании в расчётах эквивалентного модуля упругости всегда будет иметь место погрешность, которая будет тем больше, чем ниже располагается проверяемый слой.

Таким образом, по мнению авторов, при проверках дорожных одежд по критериям прочности для повышения точности расчётов целесообразно использовать эквивалентный модуль упругости. Применение средневзвешенного модуля упругости приемлемо, однако при проверке дорожных одежд на сдвиг в грунте следует применять в расчёте эквивалентный модуль упругости.

5.9 ПРОБЛЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ ЗЕМЛЕРОЙНО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

Кононов А.А. (ВГАСУ, г.Воронеж, РФ)

Анкин В.Н. (ОАО «Концерн Созвездие», г.Воронеж, РФ)

The consider possibility with automation management working processes of earth moving machines.

Автоматизация управления землеройно-транспортными машинами (ЗТМ) является весьма актуальной проблемой, так как позволяет значительно повысить эффективность их использования при одновременном улучшении условий труда оператора [1]. Основным направлением в автоматизации ЗТМ является интенсификация тягового режима с помощью систем управления, которые могут быть условно разделены на три группы.

К первой группе относятся системы стабилизации различных параметров (например, устройства получения заданного профиля обрабатываемой поверхности за счет стабилизации угла поперечного наклона ножа автогрейдера или контроля высотного положения отвала ЗТМ по копирному устройству), а также системы поддержания одного из косвенных параметров (частоты вращения выходного вала двигателя; силы тяги; скорости движения машины; буксования; усилия, действующего на отвал) на заданном уровне, который при определенных условиях соответствует максимуму тяговой мощности.

Ко второй группе относятся системы непрерывного поиска максимума какого-либо информационного параметра (например, тяговой мощности, определяемой по силе тяги и действительной скорости движения машины). Этой группе систем управления, как и некоторым системам из первой группы, присущи непрерывные колебательные перемещения рабочего органа.

Более совершенными с точки зрения получения хороших планирующих качеств устройствами управления являются системы непрерывного поиска экстремума, совмещенные с системами стабилизации параметров, относящиеся

к третьей группе. В качестве информационных параметров в данных системах используются как первичные – сила тяги, действительная скорость движения машины, объем грунта перед отвалом, так и производные – тяговая мощность, мгновенная производительность. Эти системы так же могут быть построены по принципу поиска экстремума производного информационного сигнала с последующим его запоминанием.

В общем случае построение экстремальных систем управления осуществляется в соответствии со структурной схемой, представленной на рисунке 1. Состояние объекта регулирования определяется управляющим параметром $y(t)$, внешним возмущающим воздействием $f(t)$ и выходными координатами $x_i(t)$. В систему экстремального управления объектом входят: устройство формирования цели управления, устройство организации поиска и органы управления. Устройство формирования цели управления выполняет функции измерителя первичных параметров и на их основе посредством математической обработки выдает сигналы, соответствующие функционалу цели управления $E(t)$.



Рисунок 1 – Структурная схема экстремального управления

Устройство организации поиска определенным образом обрабатывает полученную информацию и посредством логических действий находит нужное направление воздействий $g(t)$, необходимых для приближения к максимуму показателя цели управления. Конечным показателем качества функционирования автоматической системы управления процессом копания грунта является максимум производительности ЗТМ.

Качество управления во многом зависит от правильности выбора информационных сигналов и способов построения систем управления [2], при этом высокоэффективного управления ЗТМ можно достичь, основываясь на данных «прямых» информационных параметров и организуя управление по характеристикам, являющимся «прямыми» показателями эффективности производства работ, например, по оценке мгновенной производительности машины, с учетом текущих изменений физико-механических свойств грунта.

На рисунке 2 представлена структурная схема основного контура системы автоматического управления косоподавленным отвалом ЗТМ, раскрывающая принцип действия. Контур состоит из датчика объема грунта перед рабочим органом, датчика действительной скорости движения машины, датчика физико-механических свойств грунта, задатчика опорных сигналов [3], управляющего блока и исполнительного механизма. Управляющий блок включает в себя устройство ввода, однокристалльный микроконтроллер, перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) и устройство вывода. Исполнительный механизм содержит электрозолотники и гидроцилиндры.

Функционирование системы автоматического управления заключается в следующем. В качестве основных информационных параметров в системе используются объем грунта перед рабочим органом и действительная скорость движения машины в процессе копания грунта, значения которых снимаются с соответствующих датчиков. Произведение этих параметров, деленное на длину отвала, дает численное выражение мгновенной производительности. В зависимости от разности между предыдущим и текущим значением производительности в данный момент времени вырабатывается сигнал на заглубление или выглубление рабочего органа. Таким образом, обеспечивается управление не по косвенным, а по «прямому» параметру эффективности – величине, непосредственно характеризующей производительность ЗТМ.

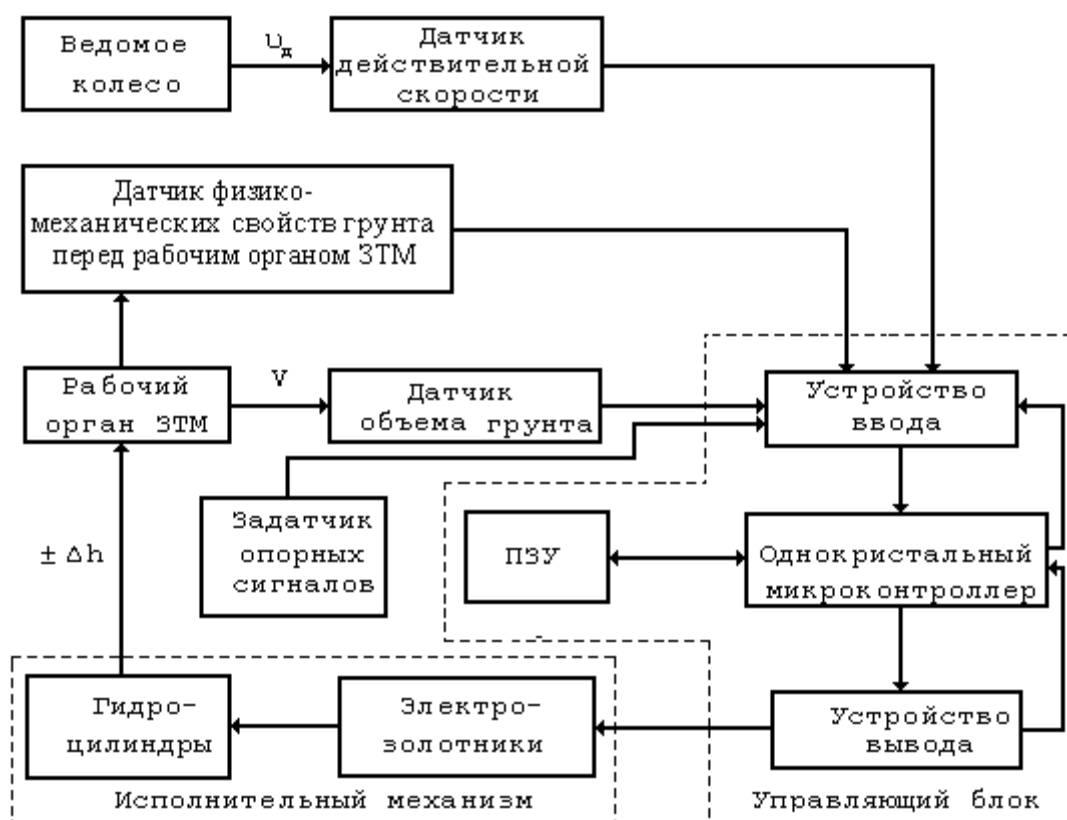


Рисунок 2 – Структурная схема основного контура системы автоматического управления косоподавленным отвалом ЗТМ

С целью предотвращения возникновения нестандартных и аварийных

ситуаций предусмотрена защита. Сущность ее заключается в том, что во время работы постоянно снимаемые показания датчиков действительной скорости движения машины и объема грунта перед отвалом сравниваются с заданными опорными значениями этих величин. Сигнал разрешения автоматического регулирования по параметру, характеризующему мгновенную производительность, подается только при условии преобладания измеренных датчиками параметров над опорными сигналами. Если же одно из этих условий не выполняется, то исполнительный механизм получает команду на выглубление или заглубление рабочего органа.

С целью повышения точности автоматического управления в системе используется поляризационный бесконтактный датчик физико-механических свойств грунта [4], информационный сигнал которого позволяет вносить оперативную корректировку в работу системы автоматического управления процессом копания грунта, полезную для уточнения уровня опорных сигналов при достаточно широком диапазоне изменения грунтовых условий. Так, например, при значительном повышении влажности грунта специфика устройства радиоволнового датчика объема может привести к излишне раннему преобладанию измеренного информационного параметра над опорным сигналом, следовательно, в этом случае уровень опорного сигнала объема грунта должен быть скорректирован в сторону повышения. Блок-схема разработанного алгоритма функционирования системы автоматического управления косооставленным отвалом ЗТМ приведена на рисунке 3.

Обязательным условием получения наибольшей возможной производительности является проведение работы при полной подаче топлива.

Следует отметить, что в системе предусмотрена возможность перехода на ручное управление в любой момент времени.

В случае применения описанной системы автоматического управления на автогрейдере необходимо учитывать, что у него возможно только раздельное управление левым и правым гидроцилиндрами перемещения отвала. В связи с этим предложенный экстремальный регулятор допускает совмещение устройств поиска экстремума оценки производительности и стабилизации угла наклона отвала к горизонтали. В качестве устройства стабилизации может выступать, например, стандартный контур серийно выпускаемой системы «Разрез».

Информационный сигнал контура стабилизации, пропорциональный рассогласованию между заданной величиной и текущим значением угла наклона рабочего органа к горизонтали, подается в логическое устройство формирования цели управления. Последнее в зависимости от знака рассогласования вырабатывает раздельные сигналы на перемещение штоков гидроцилиндров, чем одновременно обеспечивает решение задачи поиска максимума мгновенной производительности и поддержание постоянным угла резания отвала. Такое совмещение функций регулятора позволяет стабилизировать положение рабочего органа в пространстве с определенным, заранее заданным углом наклона к горизонтали при работе ЗТМ на максимуме мгновенной производительности.

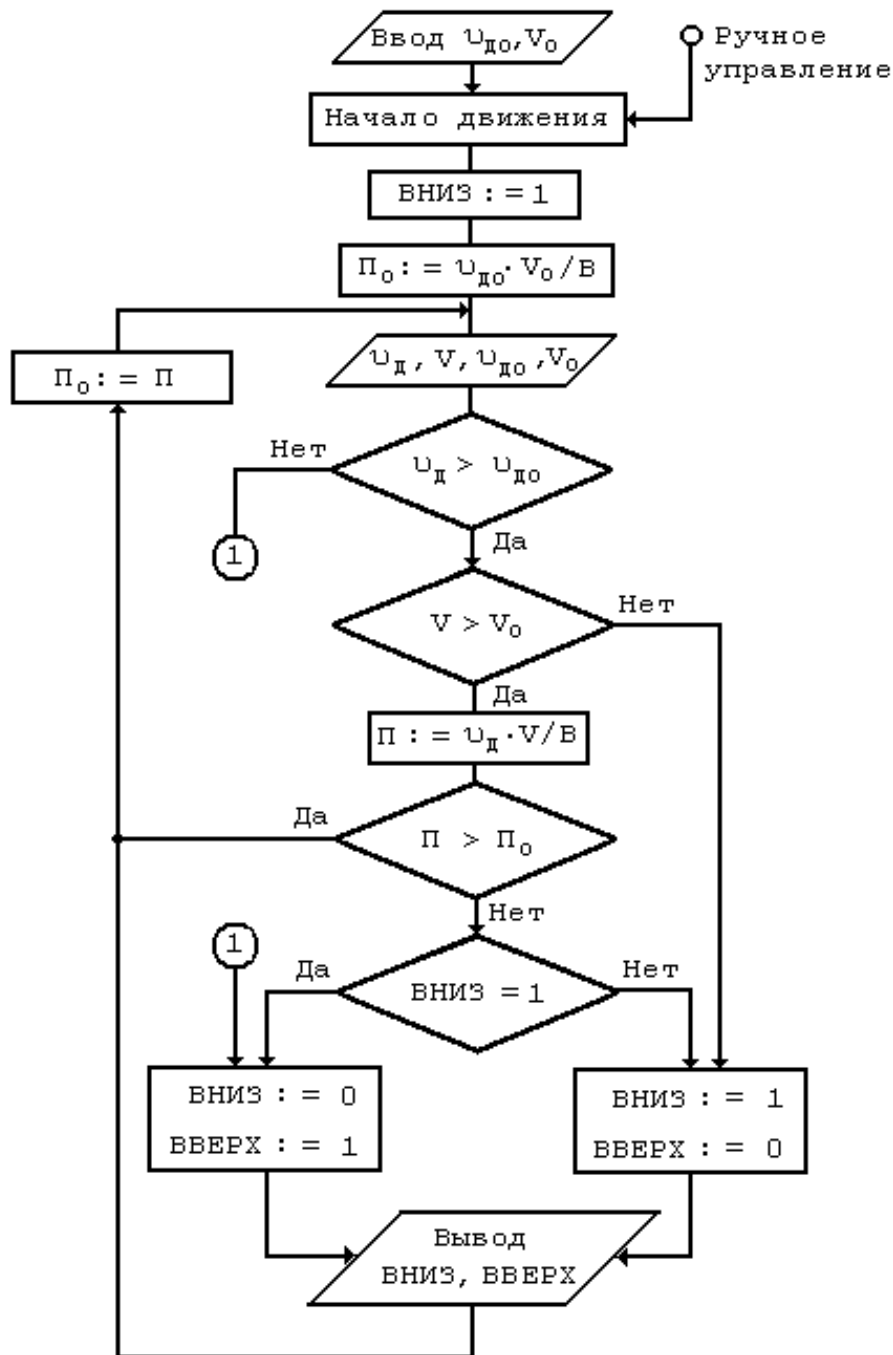


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма работы системы автоматического управления косооставленным отвалом ЗТМ

Таким образом, применение описанной выше системы позволит в большой степени решить проблему автоматизации рабочих процессов так как при соответствующей оперативной обработке информации с помощью быстродействующих вычислительно-управляющих устройств в конечном счете повысит эффективность использования ЗТМ при одновременном улучшении условий труда оператора с точки зрения уменьшения психофизических нагрузок на него.

Заключение

1. Основным направлением в автоматизации землеройно-транспортных машин является интенсификация тягового режима с помощью систем управления, из которых более совершенными являются системы непрерывного поиска экстремума, совмещенные с системами стабилизации параметров.

2. Высокоэффективного управления землеройно-транспортной машиной можно достичь, основываясь на данных «прямых» информационных параметров и организуя управление по характеристикам, являющимся «прямыми» показателями эффективности производства работ, при этом необходимо вносить оперативную автоматическую корректировку в работу системы при достаточно широком диапазоне изменения грунтовых условий.

3. В случае применения описанной системы автоматического управления на автогрейдере предложенный экстремальный регулятор допускает совмещение устройств поиска экстремума оценки производительности землеройно-транспортной машины и стабилизации угла наклона отвала к горизонтали.

4. Проведенные исследования имеют практическое значение и могут быть полезны специалистам, работающим в области повышения эффективности использования землеройно-транспортных машин при одновременном улучшении условий труда оператора за счет применения систем автоматического управления рабочим органом.

Литература

1 Кононов, А.А. Разработка системы автоматического управления рабочим органом землеройно-транспортной машины [Текст] / А.А.Кононов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.05.04. – Воронеж, 1998. – 20 с.

2 Кононов, А.А. Информационные технологии в проблеме повышения эффективности использования землеройно-транспортных машин [Текст] / А.А.Кононов // Материалы XIII Международной научно-технической конференции «Информационная среда ВУЗа». – Иваново, 2006. – С. 156 –158.

3 Кононов, А.А. Экспериментальное определение уровня опорных сигналов для системы автоматического управления рабочим органом автогрейдера [Текст] / А.А.Кононов // Изв. Вузов. Строительство. – 2000. – № 7 – 8. – С. 99 – 101.

4 Аникеенко, Г.Н. Экспериментальное определение характеристик рассеяния поверхностей раздела некоторых материальных сред [Текст] / Г.Н.Аникеенко, А.А.Кононов // Сб. докладов VI Международной научно-технической конференции «Радиолокация, навигация, связь». Т.2. – Воронеж: ВГУ, 2000. – С. 1206 – 1211.

5.10 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЯРИЗАЦИОННЫХ ЭФФЕКТОВ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ПРИ ЛОКАЦИОННОМ КАРТОГРАФИРОВАНИИ МЕСТНОСТИ

Кононов А.Д. (ВГАСУ, г.Воронеж, РФ)

The opportunities of deriving of the information about properties of underlying surfaces with allowance for influences magnet active of medium of distribution are considered.

В задачах оптимального проектирования сетей автомобильных дорог, трубопроводов с учетом рельефа и характера подстилающей поверхности, картографирования местности, размещения производственных мощностей и населенных пунктов, оценки сельскохозяйственных, сырьевых и лесных ресурсов труднодоступных регионов страны наиболее полную и оперативную информацию можно получить с помощью локационных средств наблюдения [1]. Объект отражения при этом должен рассматриваться как источник информации, причем практически все материальные среды обладают различными отражающими и поляризационными свойствами.

Математически свойства изучаемой в данный момент времени t поверхности наблюдения могут быть описаны с помощью оператора (комплексной матрицы рассеяния)

$$\dot{S}(\chi, t) = \begin{vmatrix} \dot{\alpha}_{11}(\chi, t) & \dot{\alpha}_{12}(\chi, t) \\ \dot{\alpha}_{21}(\chi, t) & \dot{\alpha}_{22}(\chi, t) \end{vmatrix},$$

где χ - обобщенный аргумент, зависящий от формы, геометрических размеров и электрических параметров исследуемого участка отражающей поверхности [2].

В системах спутниковой локации при получении информации о свойствах подстилающих поверхностей по поляризационным параметрам электромагнитных волн необходимо учитывать эффекты деполяризации зондирующего сигнала при прохождении ионосферы. Трансформация поляризационной структуры волны при прямом и обратном распространении двумерного сигнала на трассе «спутник – Земля» описывается соответствующими матрицами пропускания ионосферы [3]. Таким образом, при рассмотрении преобразования параметров волны в ионосферном радиолокационном канале к излучаемой волне необходимо применить последовательно три преобразования, что можно записать в виде

$$(\dot{E}_{\text{отр}}) = \dot{P}' \cdot \dot{S} \cdot \dot{P} \cdot (\dot{E}_{\text{изл}}) = \dot{T}(\dot{E}_{\text{изл}}), \quad (1)$$

где \dot{P} и \dot{P}' - соответственно прямая и возвратная матрицы пропускания ионосферы,

\dot{S} - матрица рассеяния исследуемой поверхности,

\dot{T} - обобщенный оператор ионосферного радиолокационного канала,

$$(\dot{E}_{\text{отр}}) = \begin{pmatrix} \dot{E}_{1\text{отр}} \\ \dot{E}_{2\text{отр}} \end{pmatrix}, \quad (\dot{E}_{\text{изл}}) = \begin{pmatrix} \dot{E}_{1\text{изл}} \\ \dot{E}_{2\text{изл}} \end{pmatrix},$$

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

$\dot{E}_{1\text{ИЗЛ}}$, $\dot{E}_{2\text{ИЗЛ}}$, $\dot{E}_{1\text{ОТР}}$, $\dot{E}_{2\text{ОТР}}$ - соответственно ортогональные компоненты поля излучения и отраженного колебания вблизи антенны.

Элементы обобщенной матрицы \dot{T} определяются по правилам матричного умножения и в произвольном поляризации-ортогональном базисе оператор \dot{T} имеет вид

$$\dot{T} = \begin{vmatrix} \dot{t}_{11} & \dot{t}_{12} \\ \dot{t}_{21} & \dot{t}_{22} \end{vmatrix}, \quad (2)$$

где

$$\begin{aligned} \dot{t}_{11} &= \dot{\alpha}'_{11}(\dot{S}_{11}\dot{\alpha}_{11} + \dot{S}_{12}\dot{\alpha}_{21}) + \dot{\alpha}'_{12}(\dot{S}_{21}\dot{\alpha}_{11} + \dot{S}_{22}\dot{\alpha}_{21}), \\ \dot{t}_{12} &= \dot{\alpha}'_{11}(\dot{S}_{11}\dot{\alpha}_{21} + \dot{S}_{12}\dot{\alpha}_{22}) + \dot{\alpha}'_{12}(\dot{S}_{21}\dot{\alpha}_{12} + \dot{S}_{22}\dot{\alpha}_{22}), \\ \dot{t}_{21} &= \dot{\alpha}'_{21}(\dot{S}_{11}\dot{\alpha}_{11} + \dot{S}_{12}\dot{\alpha}_{21}) + \dot{\alpha}'_{22}(\dot{S}_{21}\dot{\alpha}_{11} + \dot{S}_{22}\dot{\alpha}_{21}), \\ \dot{t}_{22} &= \dot{\alpha}'_{21}(\dot{S}_{11}\dot{\alpha}_{21} + \dot{S}_{12}\dot{\alpha}_{22}) + \dot{\alpha}'_{22}(\dot{S}_{21}\dot{\alpha}_{12} + \dot{S}_{22}\dot{\alpha}_{22}), \end{aligned} \quad (3)$$

при этом $\dot{\alpha}_{ij}$ - элементы матрицы прямого, а $\dot{\alpha}'_{ij}$ - обратного пропускания ионосферы, \dot{S}_{ij} - элементы матрицы рассеяния объекта радиолокационного наблюдения в выбранном поляризации базисе, $i, j = 1, 2$.

Применительно к ортогонально-круговому базису представления поля волны выражения для элементов матрицы \dot{T} имеют наиболее простой вид и могут быть записаны

$$\begin{aligned} \dot{t}_{11}^0 &= \frac{h^2}{4} \left[(1+r)^2 e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{11}^0 - (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{12}^0 - \right. \\ &\quad \left. - (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{21}^0 + (1-r)^2 e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{22}^0 \right], \\ \dot{t}_{12}^0 &= \frac{h^2}{4} \left[(1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{11}^0 + (1+r)^2 e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{12}^0 - \right. \\ &\quad \left. - (1-r)^2 e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{21}^0 - (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{22}^0 \right], \\ \dot{t}_{21}^0 &= \frac{h}{4} \left[(1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{11}^0 - (1-r)^2 e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{12}^0 + \right. \\ &\quad \left. + (1+r)^2 e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{21}^0 - (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{22}^0 \right], \\ \dot{t}_{22}^0 &= \frac{h}{4} \left[(1-r)^2 e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{11}^0 + (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{12}^0 + \right. \\ &\quad \left. + (1-r^2) e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_1)} \dot{S}_{21}^0 + (1+r)^2 e^{j(\Delta\varphi_2 + \Delta\varphi_2)} \dot{S}_{22}^0 \right] \end{aligned} \quad (4)$$

В (4) $\Delta\varphi_1$, $\Delta\varphi'_1$, и $\Delta\varphi_2$, $\Delta\varphi'_2$ - набег фаз соответственно в необыкновенной и обыкновенной волнах при прямом и возвратном распространении по траекториям L и L'

$$\begin{aligned} \Delta\varphi_1 &= \frac{\omega}{c} \int_L n_1 dl, & \Delta\varphi'_1 &= \frac{\omega}{c} \int_{L'} n_1 dl, \\ \Delta\varphi_2 &= \frac{\omega}{c} \int_L n_2 dl, & \Delta\varphi'_2 &= \frac{\omega}{c} \int_{L'} n_2 dl, \end{aligned}$$

n_1 и n_2 - показатели преломления среды для необыкновенной и обыкновенной волн, $r = |r_1| = \frac{1}{|r_2|}$, $0 \leq r \leq 1$, $h = \sqrt{\frac{2}{1+r^2}}$; $r_{1,2} = \frac{2\sqrt{u} \cdot \cos \alpha}{u \sin^2 \alpha \pm \sqrt{u^2 \sin^4 \alpha + 4u \cos^2 \alpha}}$; $u = \left(\frac{f_H}{f}\right)^2$, f_H -

гиромагнитная частота электронов в ионосфере, f – рабочая частота волны; c – скорость света, α – угол между вектором напряженности магнитного поля \vec{H} и направлением распространения сигнала; плюс относится к необыкновенной, минус – к обыкновенной волне; $\dot{S}_{11}^0, \dot{S}_{12}^0, \dot{S}_{21}^0, \dot{S}_{22}^0$ – элементы матрицы рассеяния объекта наблюдения в ортогонально-круговом базисе.

При однопозиционной радиолокации $L = L'$, и если считать, что параметры среды распространения мало изменяются за промежуток времени между моментом излучения и моментом прихода отраженного от объекта колебания, то $\Delta\varphi_i$ равны по абсолютной величине $\Delta\varphi'_i$, $i = 1, 2$. Как указано в [3], при обратном распространении в гиротропной среде направление вращения вектора поляризации в каждой из нормальных волн меняется на противоположное, то есть $\Delta\varphi_i = -\Delta\varphi'_i$. Кроме того, согласно [4] $\dot{S}_{12}^0 = \dot{S}_{21}^0$ и выражения для элементов обобщенной матрицы \dot{T} в круговом базисе можно записать в виде

$$\begin{aligned} \dot{t}_{11}^0 &= \frac{h^2}{4} \left\{ (1+r)^2 e^{j\Delta\varphi} \dot{S}_{11}^0 - (1-r^2) \dot{S}_{12}^0 (e^{j\Delta\varphi} + 1) + (1-r)^2 \dot{S}_{22}^0 \right\}, \\ \dot{t}_{12}^0 &= \frac{h^2}{4} \left\{ (1-r^2) \dot{S}_{11}^0 + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{-j\Delta\varphi}] \dot{S}_{12}^0 - (1-r^2) e^{-j\Delta\varphi} \dot{S}_{22}^0 \right\}, \end{aligned} \quad (5)$$

$$\dot{t}_{21}^0 = \frac{h^2}{4} \left\{ (1-r^2) e^{j\Delta\varphi} \dot{S}_{11}^0 + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{j\Delta\varphi}] \dot{S}_{12}^0 - (1-r^2) \dot{S}_{22}^0 \right\}$$

$$\dot{t}_{22}^0 = \frac{h^2}{4} \left\{ (1-r)^2 \dot{S}_{11}^0 + (1-r^2) (1 + e^{-j\Delta\varphi}) \dot{S}_{12}^0 + (1+r)^2 e^{-j\Delta\varphi} \dot{S}_{22}^0 \right\}$$

и в пределе при $f \rightarrow \infty$

$$\dot{T} = \begin{vmatrix} \dot{S}_{11}^0 e^{j\Delta\varphi} & \dot{S}_{12}^0 \\ \dot{S}_{12}^0 & \dot{S}_{22}^0 e^{-j\Delta\varphi} \end{vmatrix}, \quad (6)$$

где $\Delta\varphi = \Delta\varphi_2 - \Delta\varphi_1 = \Delta\varphi'_1 - \Delta\varphi'_2$.

Аналогичным образом могут быть определены элементы обобщенной матрицы рассеяния ионосферного радиолокационного канала применительно к ортогонально-линейному базису. Из соотношений (4), (5) и подобных формул линейного базиса можно получить выражения для параметров поляризационно-ортогональных представлений электромагнитной волны в зависимости от поляризационных свойств среды распространения и подстилающей поверхности. Однако выражения для параметров поляризации оказываются в общем случае весьма громоздкими. Поэтому рассмотрим частную, но практически важную ситуацию. В случае совмещенного радиолокационного приема при излучении циркулярно-поляризованного зондирующего сигнала с левым направлением вращения вектора поля, поляризационная структура отраженного сигнала будет характеризоваться комплексным параметром $\dot{q}_{\text{отп}}^n$ [3], имеющим вид

$$\begin{aligned} \dot{q}_{\text{отп}}^n &= \left\{ (1+r) e^{j\Delta\varphi} \dot{S}_{11}^0 - (1-r^2) (1 + e^{j\Delta\varphi}) \dot{S}_{12}^0 + \right. \\ &\left. + (1-r)^2 \dot{S}_{22}^0 \right\} / \left\{ (1-r^2) e^{j\Delta\varphi} \dot{S}_{11}^0 + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{j\Delta\varphi}] \dot{S}_{12}^0 - (1-r^2) \dot{S}_{22}^0 \right\}, \end{aligned} \quad (7)$$

а при излучении волны, поляризованной по кругу с правым направлением вращения плоскости поляризации - комплексным фазором $\dot{q}_{отр}^{np}$

$$\dot{q}_{отр}^{np} = \left\{ (1-r^2) \dot{S}_{11}^0 + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{-j\Delta\phi}] \dot{S}_{12}^0 - (1-r^2) e^{-j\Delta\phi} \dot{S}_{22}^0 \right\} / \left\{ (1-r)^2 \dot{S}_{11}^0 + (1-r^2) \times (1+e^{-j\Delta\phi}) \dot{S}_{12}^0 + (1+r)^2 e^{-j\Delta\phi} \dot{S}_{22}^0 \right\} \quad (8)$$

Пронормируем оба равенства (7) и (8) на один из элементов матрицы рассеяния цели, например \dot{S}_{11}^0 , и обозначим

$$\frac{\dot{S}_{12}^0}{\dot{S}_{11}^0} = \dot{U}^0 \quad \frac{\dot{S}_{22}^0}{\dot{S}_{11}^0} = \dot{V}^0. \quad (9)$$

Теперь (7) и (8) можно записать

$$\dot{q}_{отр}^n = \left\{ (1+r) e^{j\Delta\phi} - (1-r^2)(1+e^{j\Delta\phi}) \dot{U}^0 + (1-r)^2 \dot{V}^0 \right\} / \left\{ (1-r^2) e^{j\Delta\phi} + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{j\Delta\phi}] \dot{U}^0 - (1-r^2) \dot{V}^0 \right\}, \quad (10)$$

$$\dot{q}_{отр}^{np} = \left\{ (1-r^2) + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{-j\Delta\phi}] \dot{U}^0 - (1-r^2) e^{-j\Delta\phi} \dot{V}^0 \right\} / \left\{ (1-r)^2 + (1-r^2) \times (1+e^{-j\Delta\phi}) \dot{U}^0 + (1+r)^2 e^{-j\Delta\phi} \dot{V}^0 \right\} \quad (11)$$

Графические зависимости амплитудного поляризационного параметра $\dot{q}_{отр}^n$ ортогонально-кругового базиса от разности фаз $\Delta\phi$ нормальных волн, приобретаемой при распространении в магнитоактивной среде в прямом и обратном направлении, для трех значений рабочих частот приведены на рисунке. Изменение фазового поляризационного параметра практически не зависит от величины r , связанной лишь с отношением амплитуд круговых компонент. Графики показывают, что деполяризация двумерного сигнала уменьшается при увеличении используемых рабочих частот.

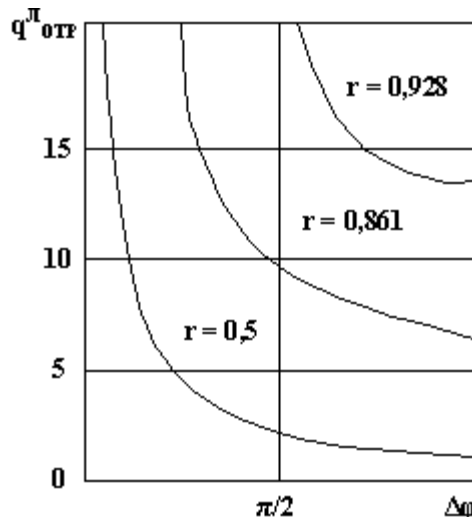


Рисунок 1 – Изменение амплитудного параметра кругового базиса при распространении в магнитоактивном локационном канале

В общем случае решением системы независимых уравнений (10), (11) будет пара равенств

$$\dot{U}^0 = \frac{\dot{A}\dot{M} + \dot{C}\dot{K}}{\dot{B}\dot{M} - \dot{C}\dot{L}}, \quad \dot{V}^0 = \frac{\dot{A}\dot{L} + \dot{B}\dot{K}}{\dot{B}\dot{M} - \dot{C}\dot{L}}, \quad (12)$$

где

$$\begin{aligned}
 \dot{A} &= [(1+r)^2 - (1-r^2) \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{л}}] e^{j\Delta\varphi}, \\
 \dot{B} &= (1-r^2)(1+e^{j\Delta\varphi}) + [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{j\Delta\varphi}] \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{л}}, \\
 \dot{C} &= (1-r)^2 + (1-r^2) \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{л}}, \\
 \dot{M} &= [(1-r^2) - (1-r^2) \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{пп}}] e^{-j\Delta\varphi}, \\
 \dot{K} &= (1-r^2) - (1-r)^2 \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{пп}}, \\
 \dot{L} &= [(1+r)^2 - (1-r)^2 e^{-j\Delta\varphi}] - (1-r^2)(1+e^{-j\Delta\varphi}) \dot{q}_{\text{отр}}^{\text{пп}}.
 \end{aligned} \tag{13}$$

Все величины, входящие в правые части равенств (13) либо априори известны, либо заданы условиями наблюдения, таким образом может решаться задача распознавания характеристик целей, которая сводится к набору статистики для \dot{U}^0 и \dot{V}^0 по различным классам поверхностей.

При использовании прямо-передающих антенн с произвольной эллиптической поляризацией выражения для параметров двумерного сигнала сложны. Ограничимся поэтому следующими замечаниями, касающимися возможности распознавания объектов по поляризационной структуре рассеянного поля. Действительно, имея соотношения для поляризационных параметров отраженного сигнала, например $\dot{q}_{\text{отр}} = f_1(r, \Delta\varphi_i, \Delta\varphi'_i, \dot{q}_c, \dot{S}_{ij}^0)$ или $\dot{p}_{\text{отр}} = f_2(r, \Delta\varphi_i, \Delta\varphi'_i, \dot{p}_{\text{изл}}, \dot{S}_{ij})$, ($\dot{p}_{\text{отр}}$ и $\dot{p}_{\text{изл}}$ - поляризационные фазоры поля отражения и излучения в ортогонально-линейном базисе), при наличии априорной информации о поляризации поля зондирующего сигнала $\dot{q}_{\text{изл}}$, $\dot{p}_{\text{изл}}$ и с учетом того, что $\Delta\varphi_i$, $\Delta\varphi'_i$, r заданы условиями локации можно определить элементы $\dot{S}_{ij}(\dot{S}_{ij}^0)$ матрицы рассеяния $\dot{S}(\dot{S}^0)$, характеризующей объект радиолокационного наблюдения применительно к линейному (круговому) базису представления поля волны. В частности, так могут быть определены геометрические параметры поверхности и получены сведения о ее электрических характеристиках. Отметим еще, что ценность информации об объекте радиолокационного наблюдения, получаемой по поляризационным параметрам, заключается в их весьма малой зависимости от мощности приходящего сигнала, которая может быть подвержена значительным изменениям при распространении в магнитоактивной среде. Таким образом, на основе анализа поляризационной структуры принимаемого колебания по набранной статистике данных для элементов $\dot{S}_{ij}(\dot{S}_{ij}^0)$ различных классов поверхностей можно получить дополнительную информацию, необходимую для оптимизации прокладки автомобильных и железных дорог, трубопроводов, оценки ресурсов региона и т.д.

Заключение

1. Для локационного картографирования местности целесообразно применение двумерных сигналов, обладающих большими информационными возможностями.

2. Трансформация поляризационной структуры зондирующего сигнала описывается обобщенным оператором радиолокационного канала,

построенного на базе прямой и возвратной матриц пропускания ионосферы и матрицы рассеяния исследуемой поверхности раздела.

3. Описана методика определения элементов поляризационной матрицы рассеяния, содержащих информацию о характере и свойствах подстилающей поверхности.

4. Приведены выражения для параметров поляризации принимаемого сигнала применительно к ортогонально круговому базису представления поля волны.

5. Полученные результаты могут быть полезны в задачах исследования рельефа и физических характеристик подстилающих поверхностей, оптимизации градостроительства и могут быть использованы при проектировании радиоволновых систем дистанционного зондирования со встроенной аппаратурой поляризационной селекции и компьютерной обработки данных для оперативной оценки динамики ресурсов регионов.

Литература

1 Аникеенко, Г.Н. Информационные возможности анализа пространственных эффектов электромагнитных волн в задачах оценки лесных ресурсов / Г.Н.Аникеенко, А.Д.Кононов [Текст] // Межвузовский сборник научных трудов «Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления». – Воронеж: ВГЛТА, 2000. – С.35 – 38.

2 Кононов, А.Д. Информационная модель процесса определения характеристик подстилающих поверхностей с учетом пространственных эффектов электромагнитных волн [Текст] / А.Д.Кононов, А.А.Кононов // Межвузовский сборник научных трудов «Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления». – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – С.43 – 46.

3 Аникеенко, Г.Н. Трансформация поляризационной структуры сигнала при возвратном распространении в ионосферном канале связи [Текст] / Г.Н.Аникеенко, А.Д.Кононов // Сб. докладов V Международной научно-технической конференции “Радиолокация, навигация, связь” - Воронеж, 1999. - Т.3, С.1673 –1679.

4 Saxon, D.S. Tensor Scattering Matrix for the Electromagnetic Field [Текст] / D.S.Saxon // Phys. Rev., 1955. – V.100, № 6. – P. 83 – 92.

5.11 АВТОТРАНСПОРТ И ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

Левкина Г.В. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

В статье приведены результаты исследования экологического состояния и загруженности автотранспортом некоторых автомагистралей города Брянска, а также анализ динамики дорожно-транспортных происшествий.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

In clause results of research of an ecological condition and congestion by motor transport of some highways of city of Bryansk, and also the analysis of dynamics of road and transport incidents are resulted.

Известно, что автотранспорт выбрасывает в воздушную среду более 200 компонентов, среди которых угарный газ, углекислый газ, окислы азота и серы, альдегиды, свинец, кадмий и канцерогенная группа углеводородов (бензопирен и бензоантроцен). При этом наибольшее количество токсичных веществ выбрасывается автотранспортом в воздух на малом ходу, на перекрестках, остановках перед светофорами. Так, на небольшой скорости бензиновый двигатель выбрасывает в атмосферу 0,05% углеводородов (от общего выброса), а на малом ходу - 0,98%, окиси углерода соответственно - 5,1% и 13,8%. Подсчитано, что среднегодовой пробег каждого автомобиля 15 тыс. км. В среднем за это время года он обедняет атмосферу на 4350 кг кислорода и обогащает ее на 3250 кг углекислого газа, 530 кг окиси углерода, 93 кг углеводорода и 7 кг окислов азота.

В 2007-2008 гг. проводился анализ загруженности улиц автотранспортом и исследования содержания окиси углерода на дорогах города Брянска. Использовалась расчетная методика (Бегма, Шаповалов), а также экспериментальные замеры с помощью газосигнализатора ИГС-98 и индикаторного метода.

Результаты оценки загруженности некоторых улиц города автотранспортом:

Тип улицы Калинина: городская улица с двухсторонней застройкой от «Центра управления лесами и водными ресурсами» до Набережной, от Набережной до памятника «Артиллеристов» - городская улица с односторонней застройкой, с продольным уклоном: 4 ‰. С одной стороны улица имеет зеленые насаждения. Расчетная интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях 1160 авт/сут (N).

Московский проспект - магистральная улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон 2‰. Расчетная интенсивность – 1520 авт/сут.

Проспект Станке Димитрова - жилая улица города с многоэтажной застройкой с двух сторон, продольный уклон 2‰. Расчетная интенсивность – 1125 авт/сут.

Улица Дуки – городская улица с двусторонней застройкой, продольный уклон - 3‰. Расчетная интенсивность – 1270 авт/сут.

Суммарная оценка загруженности улиц автотранспортом составляет более 40000 автомобилей в сутки, что соответствует высокой степени загруженности (ГОСТ-17.2.2.03-77 - более 27 тыс. автомобилей в сутки).

На рисунках 1-2 приведены результаты расчетов по улице Калинина.

Результаты расчетов концентрации окиси углерода (K_{CO}):

$$K_{CO} = (0,5 + 0,01N * K_T) * K_a * K_y * K_c * K_v * K_p, \quad (1)$$

0,5 - фоновое загрязнение атмосферного воздуха нетранспортного происхождения, мг/м³;

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

N - Суммарная интенсивность движения автомобилей на городской дороге, авт/час;

K_T - коэффициент токсичности автомобилей по выбросам в атмосферный воздух окиси углерода;

K_A - коэффициент, учитывающий аэрацию местности;

K_U - коэффициент, учитывающий изменение загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода в зависимости от величины продольного уклона;

K_C - коэффициент, учитывающий изменения концентрации окиси углерода в зависимости от скорости ветра;

K_B - то же в зависимости от относительной влажности воздуха;

K_{II} - коэффициент увеличения загрязнения атмосферного воздуха окисью углерода у пересечений.

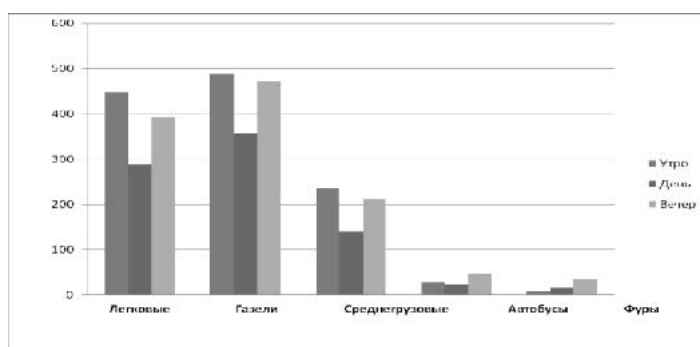


Рисунок 1 – Количество автомобилей за час

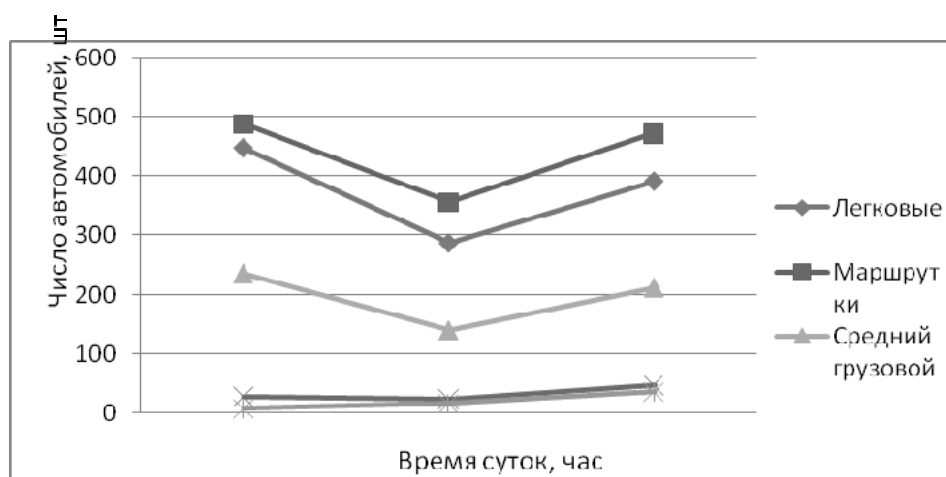


Рисунок 2 – График загруженности улицы Калинина в разное время суток

Все коэффициенты определяются по измеренным данным метеорологических показателей и визуальной оценки улицы.

В результате расчетов по трем улицам получаем, что $K_{CO}=15,6 \text{ мг/м}^3$ для проспекта Московского, $K_{CO}=19,5 \text{ мг/м}^3$ для проспекта Ст.Димитрова, $K_{CO}=14,63 \text{ мг/м}^3$ для улицы Дуки.

Расчет на улице Калинина проводился, используя разные данные параметров окружающей среды:

1) Скорость ветра - 3 м/с. Относительная влажность воздуха - 55 %. Температура - 13⁰С. Атмосферное давление - 739 мм. рт.ст. Расчетная

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

интенсивность движения автомобилей в обоих направлениях 1160 авт/час (N).

2) Скорость ветра - 6 м/с. Относительная влажность воздуха - 90 %.
Остальные данные те же.

Концентрация CO на улице Калинина составляет 11,9 и 12,1 мг/м³, что превышает ПДК_{max раз} CO, равное 5 мг/м³, ПДК_{ср сут} = 3 мг/м³ выбросов автотранспорта по окиси углерода в 2,4 раза и в 4 раза соответственно. Причем, концентрация окиси углерода при увеличении относительной влажности и скорости воздуха увеличивается на 0,01%.

Данные инструментальных замеров концентрации окиси углерода на улице Калинина производились при температуре + 8 °С, атмосферном давлении 749 мм. рт. ст., южном ветре, равном 4 м/с и относительной влажности воздуха 52%, в 12 часов дня у светофоров.

Результаты измерений:

- 1) 4,9 мг / м³; 3,8 мг / м³; 3,7 мг / м³; 4,8 мг / м³;
- 2) 4,5 мг / м³; 3,8 мг / м³; 3,6 мг / м³; 4,4 мг / м³;
- 3) 4,3 мг / м³; 3,4 мг / м³; 3,9 мг / м³; 4,1 мг / м³.

Таким образом, среднее значение концентрации CO составляет 4,12 мг/м³, что несколько превышает ПДК_{ср сут} = 3 мг/м³, но меньше концентрации CO, полученной расчетным путем.

Результаты анализа дорожно-транспортных происшествий на дорогах:

На территории области зарегистрировано 1436 дорожно-транспортных происшествий, в которых пострадали 1887 человек и погибли 211 человек. Рост ДТП отмечается в г. Брянск, Комаричском, Клетнянском, Дятьковском и Почепском районах, а так же на дороге «Орел-Брянск».

Среди наиболее распространенных видов дорожно-транспортных происшествий продолжает оставаться наезд на пешехода – 517 ДТП (37,4% от общего количества). Допущено 396 (28,6%) столкновения транспортных средств, 215 (15,5%) – опрокидываний, 133 (9,6%) – наезда на препятствие. Определяющее влияние на состояние аварийности оказывают водители автотранспортных средств. По их вине произошло 1052 (-1,7%) ДТП, в которых 144 (-20,0%) человека погибли и 1531 (-0,6%) получили травмы различной степени тяжести.

Основная доля происшествий допущена водителями легковых автомобилей – 748 (71,1%) ДТП, 185 – (17,6%) – автоаварий совершили водители мотоциклов, 53 (5,0%) – грузового транспорта, 50 (4,8%) – автобусов, 10 (1,0%) – тракторов, 6 (0,6%) – троллейбусов.

Нетрезвыми водителями допущено 179 (-24,2%) автоаварий, в них 25 (-43,2%) человек погибли и 265 (-27,2%) ранены.

В сравнении с аналогичным периодом прошлого года на 266,7% (11 ДТП) увеличилось число происшествий по причине игнорирования водителями сигналов светофора, дорожных знаков – на 122,2% (40). Больше (на 81,5% или 49 ДТП), совершено наездов на пешеходов в зоне действия пешеходного перехода. Увеличилось количество аварий из-за выезда на полосу встречного движения (+1,2%-171), а также из-за нарушения правил обгона – на 17,2% (34). Превышение установленной скорости – 327 таких

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

происшествий. В 222 (-9,8%) автоавариях водители не имели права. По вине пешеходов в области произошло 293 автоаварии, в которых 44 человека погибли и 264 ранены. Количество ДТП уменьшилось на 8,4%.

В 143 дорожно-транспортных происшествиях 5 детей в возрасте до 16 лет погибли и 144 получили ранения. Количество ДТП с их участием возросло на 0,7%, число погибших сократилось на 50,0%.

По причине неудовлетворительных дорожных условий совершено 301 (-5,0% к АППГ) происшествие, в них погибли – 47 и ранены – 406 человек. Увеличилось число ДТП по причине низких сцепных качеств дорожного покрытия на 21,5% (79), недостаточного, либо неисправного освещения – на 4,6% (90), в местах, где отсутствует горизонтальная разметка – на 38,9% (25). В сравнении с аналогичным периодом прошлого года количество ДТП, погибших и пострадавших в них людей, сократилось на 4,2%, на 2,0% и на 7,7%.

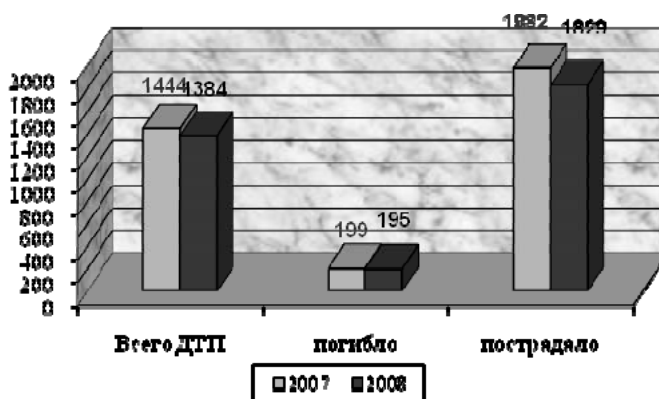


Рисунок 3 – Сравнительный анализ ДТП

Основное увеличение количества дорожно-транспортных происшествий приходится на период с июня по ноябрь месяц, обусловлено это сезонным увеличением количества личного автотранспорта на дорогах и увеличением объема грузоперевозок.

Заключение

Проводимая работа по оценке состояния экологической ситуации на улицах города Брянска позволяет помочь в накоплении фактических данных о степени загрязнения различных объектов окружающей среды. Собирая и анализируя данные мониторинговых исследований, их необходимо использовать в оценке общего экологического состояния города. Это может помочь разрозненным экологическим службам для создания единого банка данных и карты загрязненности города и области. Анализ ДТП проведен с учетом информации Центра мониторинга и прогнозирования ЧС Комитета гражданской защиты и пожарной безопасности Брянской области.

Литература

- 1 Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов [Текст] / Под ред. В.Н. Луканина. –М.: Изд-во Вышш. Шк., 2001.-273с.
- 2 Методика расчета выбросов в атмосферу ЗВ автотранспортом на городских магистралях [Текст] – М.: Министерство транспорта РФ и Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ, 1996г. -54с.
- 3 Мониторинг и методы контроля окружающей среды: Часть 2 спец. [Текст] / Ю.А. Афанасьев, С.А. Фомин/. – М.: Изд-во МНЭПЦ, 2001г. – 337 с.
- 4 <http://www.architektura.bryansk.ru/>

5.12 ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕМЕНТОБЕТОНОВ НА КОМПЛЕКСНОМ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОМ ВЯЖУЩЕМ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**Левкович Т.И., Левкович Ф.Н., Будник К.Н.,
Шалатонов В.В. (БГИТА, г. Брянск, РФ)**

Для цементобетонов на комплексном органоминеральном вяжущем характерна высокая прочность при сжатии, низкая проницаемость и большая долговечность. Это достигается путем использования высокоподвижных смесей с присущими ей высокими эстетическими качествами.

В последние годы все большую активность в строительстве, в том числе дорожном, приобретает использование отходов различных производств. Это обусловлено высокой и изо дня в день растущей стоимостью нерудных материалов и вяжущих.

Стоимость же отходов, как правило, не увеличивается (зависит только от стоимости их доставки). Рациональное использование дорожно-строительных машин и материалов в конструктивных слоях дорожных одежд - важная народнохозяйственная задача; актуальным вопросом при этом является обеспечение работоспособности дорожной конструкции в различных условиях эксплуатации транспортных нагрузок и климатических факторов.

Анализ проведенной в Союздорнии и его филиалах работы, зарубежного опыта и опыта Брянских дорожно-строительных и дорожно-эксплуатационных управлений позволил выбрать ряд доступных полимерных отходов промышленности, которые способствуют повышению качества цементобетонов.

Наряду с появлением новых эффективных материалов и конструкций цементобетон продолжает сохранять одно из ведущих мест в строительстве автомобильных дорог, с каждым годом возрастает разнообразие видов бетонов, вяжущих композиций, технологических приемов производства монолитного и сборного бетона и железобетона [1].

Для цементобетонов на комплексном органоминеральном вяжущем

характерна высокая прочность при сжатии, низкая проницаемость и большая долговечность. Это достигается путем использования высокоподвижных смесей с присущими высокими эстетическими качествами.

Для улучшения определенных физико-механических характеристик используют разные виды добавок (воздухововлекающие, пластифицирующие, ускорители и замедлители набора прочности и т.д.).

Часто для улучшения разных свойств одновременно используют несколько добавок; например, пластифицирующие + воздухововлекающие; пластифицирующие + воздухововлекающие + ускорители твердения и т.д. Такие добавки называют комплексными. Добавки могут замедлять твердение бетона, пластифицировать бетон и повышать его долговечность.

Итак, для получения бетона высокого качества необходимо использовать различного рода добавки, а также соблюдать требования к материалам, бетонным и железобетонным конструкциям, предусмотренные действующими стандартами, нормативно-технической и проектно-технологической документацией.

Добавки к цементобетону используют как средство регулирования тех или иных его свойств. Правильное использование добавок - один из наиболее простых и удачных способов улучшения качества строительных материалов, то есть цементобетонной смеси. Добавки позволяют влиять на технологические параметры, обеспечивая возможность разработки гибкой и удобной технологии производства материалов, изделий и конструкций. Известно, что добавки, механизм действия которых близок или даже одинаков, могут в зависимости от дозировки вызывать разный эффект. Например, при малой концентрации - ускорять, а при большой - замедлять процесс твердения. Исходя из механизма действия, добавки делят по четырем классам.

Для удобства классификации добавок разделим основные составляющие цемента на две категории веществ, которые отличаются по своей склонности к образованию солей – гидратов:

1 категория - алюминий и железосодержащие фазы портландцемента (трехкальциевый алюминат и четырехкальциевый алюмоферрит) легко образуют подобные двойные соли;

2 категория - силикатные составляющие портландцементного клинкера с добавками, вводимыми в бетон в обычном для них количестве при нормальной температуре твердения, не образующие гидраты в процессе пропарки.

Оптимальное количество добавок устанавливается экспериментально при подборе состава бетона.

Снижение водоцементного отношения приводит к повышению прочности, долговечности, морозостойкости, непроницаемости изделий.

Полимерцементобетон - материал, изготавливаемый из композиции минерального вяжущего (цемента и полимера) с заполнителем, то есть из полимерной смолы с отвердителем или пластификатором.

Материалы, полученные без минерального вяжущего, а только с полимерами носят название пластбетонов.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Натуральные полимеры - бычья кровь, яичный белок, свежий творог и другие. Искусственные полимеры - мыло, латекс, каучук и т.д., то есть низкомолекулярные вещества.

В настоящее время распространены полимерные бетоны, в которых полимер вводится в виде цементной дисперсии, являясь дополнительным компонентом цементного бетона. Их изготавливают по той же технологии, что и обычный бетон. Отношение массы полимера (сухого вещества) к массе цемента (П/Ц) находится в пределах 15... 18%. Вода, содержащаяся в водном растворе полимера, способствует более полной гидратации минерального вяжущего – цемента. В качестве полимера используют синтетический латекс, эмульсии регенерируемого каучука (т.е. высокомолекулярные соединения).

Полимерный бетон, полученный, например, затворением цемента водной дисперсией стабилизированного полимера - латекса марки СКС-65ГП, отличается от обычного бетона высокой прочностью при растяжении, сжатии и ударе. Он также имеет повышенное сцепление с арматурой и другими поверхностями, высокую водонепроницаемость и стойкость к агрессивным воздействиям.

Полимерцементобетон - перспективный материал при изготовлении конструкций, находящихся в сложных условиях эксплуатации - сборные и монолитные покрытия автомобильных дорог, сооружения на дорогах.

Так как полимерцементобетон обладает высокой адгезией к различным поверхностям, его также целесообразно использовать при ремонте покрытий автомобильных дорог.

Компоненты полимерцементобетона:

Цемент - лучше использовать портландцемент различной алюминатности;

Песок — мелкозернистый с модулем крупности $M_{кр} = (1...2)$, водопоглощением $V_{п} = (9...13\%)$.

Щебень - прочный, например, гранитный с плотностью $(2,4...2,6) \text{ г/см}^3$, водопоглощением $V_{п} = (0,2...0,25\%)$, пористостью 1,0... 1,2%. Прочность при сжатии 140 МПа при растяжении 8,5 МПа.

СКС-65ГП - дивинил-стирольный латекс синтетического каучука. Его получают полимеризацией дивинила и стирола в присутствии катализаторов, эмульгаторов и воды.

В качестве добавки можно применять водный раствор латекса СКС-65ГП (содержание сухого вещества - 49,2%) по ГОСТ 10654-96 и ПАВ-ОП-7. С помощью ПАВ латекс стабилизируется перед введением в смесь.

Присутствие латекса в бетоне повышает его прочность на растяжение, увеличивает ударную прочность, морозостойкость и водостойкость.

Наибольший эффект прочности при сжатии и изгибе (при испытании серии образцов) получен при соотношении компонентов: полимер к цементу как 0,15 : 0,20%.

Установлено, что все полимерные добавки замедляют твердение цементов; цемент гидратирует не полностью. Это свойство полимерцементов проявляется в том, что при выдерживании в воде латексцементные растворы

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

снижают прочность в течение 7...14 суток (коэффициент водостойкости до 0,70), а затем прочность возрастает.

Установлено, что все полимерные добавки замедляют твердение цементов; цемент гидратирует не полностью. Это свойство полимерцементов проявляется в том, что при выдерживании в воде латексцементные растворы снижают прочность в течение 7...14 суток (коэффициент водостойкости до 0,70), а затем прочность возрастает.

Таблица 1- Сравнение показателей бетонов

Характеристика (свойства)	Цементобетон обычный	Полимер- цементобетон
Водоцементное отношение	0,45	0,35
Предел прочности, МПа при растяжении	<u>1.26</u>	<u>3.03</u>
при изгибе	<u>2.8</u>	<u>3.85</u>
при сжатии	<u>3.5</u>	<u>3.85</u>
	<u>5.6</u>	<u>6.3</u>
	<u>17.5</u>	<u>23.3</u>
	<u>24.5</u>	<u>28</u>
Динамический модуль упругости, МПа	-	0.16
Ударная мощность цилиндров, число ударов	5	11

Наибольшую опасность для обычных бетонов представляет сульфатная коррозия (сульфаты встречаются в большинстве природных вод).

Основным признаком разрушения бетона в результате сульфатной коррозии являются накопление в порах и капиллярах бетона солей и последующая их кристаллизация, связанная с увеличением объема твердой фазы. Повышение сульфатостойкости обычного бетона достигают введением в бетон химических добавок, содержащих пластифицирующий и воздухововлекающий компоненты. При использовании в качестве добавки водорастворимого латекса (или другого полимера) повышается коррозионная стойкость цементного камня.

Вывод: полимерная добавка (латекс) оказывает пластифицирующее действие на бетонные смеси и позволяет снизить их водопотребность с 0,5 до 0,3...0,25; модифицирует поровую структуру бетона; интенсифицирует твердение. Она увеличивает степень гидратации цемента на 20...40 %, а также упрочняет структуру цементного камня за счет образования дополнительных структур. Полимерная добавка (латекс) повышает морозостойкость полимерцементобетона за счет возникновения замкнутых пор и создания более однородной структуры, а также увеличивает коррозионную стойкость материала в условиях сульфатной агрессивной среды.

Отечественная промышленность выпускает несколько марок латекса, используемого для приготовления полимерцементобетонных смесей (СКС-30 ШР, П, У, СКО5Q, Ч, ПГ, ГП) и другие.

Перечислим некоторые основные характеристики латекса СКС-65ГП: соотношение в составе дивинил и стирол – 35 : 65; в качестве эмульгатора применяют парафинат калия, некаль, лейканол; содержание сухого вещества – 47%; содержание летучих веществ не более 0,7%; рН - 10...11,6.

Заключение

Проведенный технико-экономический анализ бетонов, приготовленных на комплексном органоминеральном вяжущем, позволяет считать их именно тем материалом, который может по всем параметрам эффективно заменить асфальтобетон, занимая по своим характеристикам промежуточное место между цементобетоном и асфальтобетоном. Этот материал позволяет избежать таких отрицательных сторон асфальтобетона, как низкая прочность, малая сдвигоустойчивость при высоких температурах, повышенная хрупкость при пониженных температурах. Отрицательными сторонами цементобетона являются: чувствительность к изменению температуры воздуха вследствие его высокой жесткости, что приводит к необходимости устройства температурных швов (контрольных, расширения и сжатия).

Преимуществом дорожного материала (полимерцементобетона) является возможность его структуры (битум - цементное зерно) при довольно высоком пределе прочности на сжатие (от 9,3 МПа до 9,8 МПа в диапазоне температур от 0 °С до «плюс» 50 °С) упруго деформироваться под действием нагрузки в незначительных пределах.

Таким образом, при устройстве дорог с применением бетонов на комплексном органоминеральном вяжущем нарезка температурных швов может не понадобиться.

Результаты анализа морозостойкости материала - полимерцементобетона (50 циклов) позволяют использовать такие бетоны, приготовленные на комплексном органоминеральном вяжущем, в качестве основания или покрытия автомобильных дорог. Анализ стоимостных показателей позволяет сделать выводы, что дороги с применением нового материала будут сравнимы по цене с традиционными цементобетонными покрытиями.

Литература

- 1 Дорожное хозяйство России (цифры и факты) справочно – иллюстрационный материал. Министерство транспорта Российской Федерации. – М.: Федеральное дорожное агентство, 2006. – 352 с.
- 2 Плотников, В.В. Модифицированные вяжущие композиции/ В.В. Плотников. – Брянск: БГИТА, 1999. - 204 с.
- 3 Каприелов, С.С. Модифицированные бетоны нового поколения в практике современного транспортного строительства. Ж – л «Дороги России XXI века» № 1 / 2003 . – М.: НИИЖБ, 2003. – С. 28-32.
- 4 Информационный сборник ФГУП РОСДОРНИИ. Министерство транспорта Российской Федерации. – М.: Федеральное дорожное агентство, 2006. – 10 с.

5.13 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕМЕНТОГРУНТОВ, ПРИГОТОВЛЕННЫХ НА ОМАГНИЧЕННОЙ ВОДЕ ЗАТВОРЕНИЯ, ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ОСНОВАНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Левкович Т.И., Левкович Ф.Н., Ипатов П.С. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

Большое значение в дорожном строительстве в областях, не имеющих своих природных запасов каменных материалов, уделялось и уделяется использованию местных материалов. В Брянской области - это грунт. Его можно укреплять органическими, неорганическими и комплексными вяжущими. Введение омагниченной воды затворения в цементогрунт позволяет повысить прочность цементогрунта, уменьшить сроки набора им прочности, снизить расход цемента.

В Брянской области нет запасов каменных материалов. Щебень для строительства, ремонта и реконструкции автомобильных дорог доставляют из месторождений Беларуси и Ростовской области, за многие сотни километров, что увеличивает первоначальную стоимость материалов примерно в 4-6 раз и является главной причиной значительного удорожания дорожного строительства.

Большое значение в дорожном строительстве уделялось и уделяется использованию местных материалов. Одним из местных материалов является укрепленный грунт. Главной задачей укрепления грунтов является создание такой новой структуры, при которой грунты имели бы необходимые и то же время стабильные строительные свойства: достаточную прочность, водоустойчивость и морозостойкость. Эти свойства должны не изменяться под воздействием климатических факторов в течение длительного времени. Обязательным и важным источником процессов структурообразования цементогрунта является вода. Исследованиями ряда ученых установлено, что предварительная обработка воды электромагнитным полем в ряде случаев позволяет повысить прочность строительных материалов и растворов.

В результате выполненной работы был установлен зерновой состав песчаного грунта, определена его строительная классификация: песок пылеватый, так как суммарное содержание частиц крупнее диаметром 0,10 мм составляет менее 75%.

Плотность грунта равна 1,87 г/см³. В лабораторных условиях определяли естественную и гигроскопическую влажность грунта. Результаты определения представлены в таблице 1.

Таблица 1 - Определение влажности грунта

Масса бюкса, г	Масса бюкса с влажным грунтом, г	Масса бюкса с высушенным грунтом, г	Влажность грунта, %
q_0	q_1	q_2	ω
14,50	58,70	53,42	12,00

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Для оценки качества цементов определяли следующие свойства: нормальную плотность и сроки схватывания цементного теста, предел прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек, изготовленных из цементного раствора. Нормальная плотность для портландцемента находится в пределах 21-27%. Определили, что нормальная плотность испытуемого цементного теста равна 26%, начало схватывания равно 60 минут, конец схватывания равен 8 часов. Образцы приготавливали на малом приборе стандартного уплотнения при строгом соблюдении оптимальной влажности и максимальной плотности, установленных для цементогрунтовой смеси выбранного состава. Смесь уплотняли ударами груза, падающего с высоты 30 см. Образцы приготавливали также прессованием в жёстких металлических формах с двухсторонними вкладышами, при этом статическую нагрузку и время её действия подбирали с таким расчётом, чтобы плотность изготовления образца была равна максимальной плотности, определённой по методу стандартного уплотнения. Водонасыщение производили в спокойной воде в течение двух суток; при этом в первые сутки образцы погружали в воду на одну треть высоты, во вторые сутки полностью заливали водой. Предел прочности на сжатие определяли для 3-х образцов. После из разрушения отбирали среднюю пробу для определения влажности путём высушивания пробы при «плюс» 105 °С до постоянного веса.

Создание новой структуры (цементогрунта) с заранее заданными свойствами достигают путём смешения в рационально подобранных соотношениях грунта, цемента и воды с немедленным уплотнением полученной смеси и последующим выдерживанием в благоприятном тепло-влажностном режиме. В период твердения возникают новообразования кристаллического характера, образующие разветвленный и водоустойчивый каркас, наличие которого преимущественно меняет первоначальную структуру грунта. Основным структурообразующим компонентом в цементогрунтовых смесях является цемент. Изменяя его дозировку, можно направленно изменить прочностные свойства и морозостойкость цементогрунтов. Грунты представляют собой дисперсную систему, в которой вода является дисперсной фазой. Наличие в грунтах тонкодисперсных и коллоидных частиц ведёт к значительному увеличению суммарной поверхности раздела между твёрдой фазой и жидкой средой и, следовательно, к увеличению свободной поверхности энергии. При этом повышается физическая и химическая активность частиц и возрастает адсорбционная способность их поверхности. Свойства грунтов, как дисперсных систем, зависят не только от гранулометрического и минерального состава, но так же и от количества и размеров грунтовых агрегатов, в которых грунтовые частицы более или менее связаны между собой.

При укреплении грунтов, цементом в результате взаимодействия цемента, воды, химических и физических активных составных частиц грунта возникает новая кристаллизационная структура, характеризующаяся большой прочностью и водоустойчивостью. При укреплении грунтов ненасыщенных ионами кальция, необходимо вводить в них некоторое количество извести или хлористого кальция. Основными показателями, по которым оценивается пригодность состава

цементогрунта, является предел прочности при сжатии водонасыщенных цилиндрических образцов в возрасте 28 суток. Дополнительно у цементогрунтов определяют предел прочности на растяжение при изгибе.

При производстве дорожно-строительных работ следует стремиться к получению плотности цементогрунтов, соответствующей стандартному уплотнению [2]. Эту плотность можно получить, применяя каток массой более 40 т или комбинированное уплотнение. Прочность цементогрунта после испытания на морозостойкость должна быть не менее 75% от начальной прочности R_{28} , а в возрасте 7 суток не менее 60%. Наиболее пригодны для укрепления грунты оптимального состава [3], содержащие глинистых частиц 7-14%. Пылеватых – 15-35% и песчаных более 55%. Во всех случаях укрепления любых видов грунтов количество гумуса должно быть не более 6%, рН грунтового раствора не менее 4,5, количество хлористых солей в грунте не должно быть более 4%, а сернокислых - не более 2%

Для укрепления грунтов следует использовать высокопрочный портландцемент, с началом схватывания не менее 2 ч. Прочность укрепленного грунта увеличивается с повышением активности цемента. Более интенсивное воздействие высокомарочных цемента объясняется в основном большой удельной поверхностью, что приводит к увеличению зоны контактов между цементом и грунтом. На прочность и морозостойкость грунта оказывает существенное влияние не только марка цемента, но и его минеральный состав.

Механизм влияния магнитного поля на структуру и свойство растворов в настоящее время еще недостаточно изучено. Установлено, что магнитное поле не влияет на скорость кристаллизации, оно увеличивает вероятность возникновения центров кристаллизации. При действии магнитных полей изменяются: плотность, вязкость, поверхностное натяжение, электропроводность, растворимость, водородный показатель рН и другие свойства.

Установлено, что изменяются оптимальные напряженности магнитного поля, при которых повышение вязкости достигает максимального значения; вязкость в данном случае увеличивается на 8-10%. Изменения поверхностного натяжения носит сложный характер: максимальные значения наблюдаются при напряженности в 200-260 А/м.

Магнитная обработка воды и водных растворов оказывает определенное влияние на спектр поглощения; для которого отмечено существенное увеличение (на 10-12%). Через 5 ч после магнитной обработки воды спектр поглощения снижается и приближается к исходному значению. При влиянии магнитного поля электропроводность изменяется и его максимальное значение составляет 8 - 10%. Магнитная обработка водных растворов приводит к уменьшению ионного произведения воды. Тепловые эффекты растворения безводных солей в воде, прошедших магнитную обработку, ниже, а тепловые эффекты растворения кристаллогидратов выше, чем соответствующие тепловые эффекты растворения солей в необработанной воде. На основании изложенного, эффективность магнитной водоподготовки можно охарактеризовать следующими положениями:

- наложение внешнего магнитного поля на обрабатываемую воду

вызывает в её структуре определённые изменения (поверхностного натяжения, электропроводности и др.).

- наложение на водные растворы внешнего магнитного поля изменяет их структуру, степень гидратации ионов, траекторию движения гидратированных ионов в области воздействия магнитного поля, вызывает сосимметрию гидрантных оболочек ионов; тем самым создаются условия для образования ионных ассоциатов, количество которых зависит от напряжённости поля, количества пересечений магнитных зон, скорости движения воды в рабочем зазоре устройства по приготовлению омагниченной воды затворения.

- действие магнитного поля на примеси приводит к образованию флуктуации концентрации ионов в воде, особенно их много в краевых зонах магнитного поля, где возникают дополнительные механические колебания среды и колебания электрического поля.

С целью изучения фактического воздействия магнитного поля на воду затворения цементогрунта, омагниченную воду авторы работы брали на кафедре «ПСК» БГИТА, где создана установка для омагничивания воды. Принцип её действия основан на воздействии магнитного поля, создаваемого постоянным электрическим током на воду, проходящую через соленоид с обмотками и рабочими зазорами. Аппарат состоит из каркаса, выполненного из немагнитного материала, и обмотки, концы которой выведены на колодку, закрытую крышкой. Соосно с каркасом катушек расположен сердечник, являющийся внутренним магнитопроводом. Между каркасом, полюсами и сердечником образуется кольцевой заряд для прохода обрабатываемой воды. Крепление и центровка сердечника в каркасе осуществляется с помощью обтекателей, которые служат также для уменьшения турбулентности потока обрабатываемой воды. Внешним магнитопроводом служит корпус аппарата, состоящий из двух частей, чтобы в обмотку не попадала вода, между частями корпуса проложена прокладка. Питание намагничивающей обмотки производится от выпрямителя, обеспечивающего плавную регулировку напряжения и соответственно, рабочего тока через обмотку катушки для выбора необходимой напряжённости магнитного поля в кольцевом зазоре аппарата. Рабочий ток, протекающий по обмотке, создаёт магнитное поле, которое дважды пересекает поток воды в кольцевом зазоре в направлении, перпендикулярном направлению движения воды.

Введение омагниченной воды затворения в цементогрунт позволяет повысить прочность цементогрунта, уменьшить сроки набора прочности цементогрунта после 7 суток твердения во влажной среде. В этом случае целесообразно применение симплекс-суммирования плана с размещением опытов в вершинах к центру шестиугольника. От кодированных переменных переходим к материальным для того, чтобы знать условия проведения опытов. Для первого фактора определение уровня не представляет труда: он изменяется от $x_{1\min} = 8\%$ до $x_{1\max} = 12\%$, а в плане есть точки с координатами $x_1 = 1$ и $x_1 = +1$. Следовательно, если $x_{1\min}$ совмещено с точкой 1, а $x_{1\max}$ - с точкой 2, то все остальные значения концентраций легко определить по формуле:

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

$$x_1 = \frac{x_1 x_{10}}{\Delta x_1} = \frac{x_1 \cdot 0,11}{0,10}, \quad (1)$$

Таблица 2 – Результат измерения выходов

Содержание цемента в грунте, %	Си-ла то-ка, J, А	Наряже-ние, U, В	Прочность на сжатие, R, МПа				
			3 суток	7 суток	14 суток	21 сутки	28 суток
6	-	-	2,5	4,1	5,3	5,7	6,1
	3	36	2,7	5,6	6,8	8	9,2
	5	60	4,3	8,7	10,2	11,6	13,0
	6	70	6,1	9,2	11,0	12,8	14,6
8	-	-	2,9	6,1	7,4	8,0	8,6
	3	36	3,3	6,4	7,6	8,8	10,0
	5	60	5,3	10,4	11,7	12,4	15,0
	6	70	7,4	14,8	15,6	16,9	17,7
9	-	-	3,9	7,2	8,6	9,2	10,3
	3	36	5,1	10,0	11,8	12,3	13,1
	5	60	7,2	13,2	14,6	15,0	15,5
	6	70	8,8	15,2	16,5	17,2	18,4
10	-	-	4,8	8,1	9,5	10,7	11,2
	3	36	5,3	10,1	11,2	12,3	13,4
	5	60	7,6	13,5	15,1	16,2	17,0
	6	70	9,1	16,9	17,2	17,9	18,6
11	-	-	5,8	8,7	9,9	11,8	12,4
	3	36	6,9	12,5	13,6	14,7	15,8
	5	60	9,4	13,7	16,0	17,3	18,9
	6	70	10,9	15,9	17,7	18,9	22,1
12	-	-	6,9	9,8	10,7	12,5	13,5
	3	36	7,2	12,1	13,5	14,8	16,3
	5	60	9,4	14,3	16,7	18,4	20,4
	6	70	11,3	15,4	18,2	20,1	23,5

Второй фактор (напряженность воды затворения) изменяется от $x_{2\min} = 110$ А/м до $x_{2\max} = 260$ А/м. Однако совмещать, например, $x_{2\min}$ и $x_2 = 1$ нецелесообразно, так как минимальная точка плана $x_2 = 0,87$. Она лежит на середине нижней стороны шестиугольника, вписанного в окружность радиусом $x_1^2 = 1$, а не на окружности. Поэтому совмещаем $x_{2\min}$ с точками 3 и 5, имеющими координату $x_2 = 0,87$, а $x_{2\max}$ - с точками 4 и 6; в этом случае можно найти расчётный диапазон варьирования Δx_2 .

Заключение

На основе анализа полученных результатов испытаний установлено, что одну и ту же прочность, допустим равную $R = 13,0$ МПа, цементогрунт (с содержанием 6-и % цемента), приготовленный на омагниченной воде, при силе тока $J=5$ А и напряжении 60 В достигает на 28-ые сутки твердения. Такую же прочность достигнет цементогрунт с содержанием 12-и % цемента, приготовленный на обычной воде затворения. Следовательно, применение

омагниченной воды увеличивает прочность цементогрунта, уменьшает сроки набора прочности, значительно снижает расход цемента.

Литература

1 Безрук, В.М. и др. Укрепленные грунты (Свойства и применение в дорожном и аэродромном строительстве) / В.М.Безрук, И.Л.Гурчиков, Р.А.Агапова - М.: Транспорт, 1982. - 231 с.

2 Могилевич, В.М. и др. Дорожные одежды из цементогрунта / В.М.Могилевич, Р.П.Щербакова, О.В.Тюменцева - М.: Транспорт, 1973. - 216 с.

3 Ржаницын, Б.А. Химическое закрепление грунтов в строительстве / Б.А.Ржаницын - М.: Стройиздат, 1986. - 264 с.

5.14 ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ АВТОМОБИЛЕЙ НА ДОРОЖНУЮ КОНСТРУКЦИЮ

Лукашенко М.В., Мевлидинов З.А. (БГИТА, г. Брянск, РФ)

Dynamic influence of automobiles on a road design. Movement of the automobile on rough road coverings. Influence of mobile automobile loading on a road covering. Wave processes in structure of road designs.

В настоящее время наблюдается стойкая тенденция увеличения грузоподъемности и скоростей движения транспортных средств. С учетом существующего состояния дорожных покрытий по показателям ровности данные тенденции приводят к существенному увеличению динамической составляющей давления на покрытие, что способствует к увеличению касательных напряжений в дорожной конструкции и соответственно ускоренному накоплению в ней неравномерных остаточных деформаций. Динамические перегрузки на неровных участках в среднем составляют 50-90% при допустимых – 30%.

При движении по неровным дорожным покрытиям автомобиль колеблется и воздействует на покрытие двумя типами нагрузок: постоянными и импульсными. Воздействие подвижной автомобильной нагрузки на дорожное покрытие всегда носит динамический характер, т.к. происходит возрастание нагрузки от нуля до максимального значения за время, измеряемое сотыми долями секунды, и чем больше скорость движения автомобиля, тем меньше время приложения нагрузки. Причем с увеличением скорости движения автомобиля будут возрастать амплитуды скоростей колебаний и ускорения амплитуд колебаний поверхности дорожного покрытия, т.к. период колебаний обратно пропорционален скорости движения автомобиля. На динамичность автомобильной нагрузки, кроме скорости движения, существенное влияние оказывают характеристики шин и рессорных подвесок автомобиля, инерционные силы, возникающие под действием нагрузки, быстро

изменяющиеся во времени, реологические свойства материалов дорожной одежды, многократность приложения нагрузок, неровности покрытия [1].

В условиях возросших скоростей и грузоподъемности автотранспортных средств учет неровности покрытия дороги становится более актуальным. Неровности даже не очень большого размера могут существенным образом повлиять на величину воздействия автомобиля на дорожную конструкцию, вызывают нарушение равновесия автомобиля как колебательной системы и приводят к возникновению более или менее быстро затухающих вынужденных колебаний автомобиля (колебания затухают вследствие трения в рессорах, сопротивления воздуха и действия амортизаторов). При движении по дорожным геометрическим и динамическим неровностям автомобиль генерирует свободные и вынужденные колебания дорожных слоев, энергия которых может значительно превосходить статическую нагрузку, даже с учетом коэффициента динамичности.

Ударное воздействие металлического штампа с плоским основанием приводит к генерации в структуре дорожной конструкции волнового поля, характеризующегося широким диапазоном частот и равновесным распределением энергии колебаний по всем частотным составляющим. В процессе распространения это поле претерпевает изменения, обусловленные геометрией конструкции и механическими характеристиками ее элементов. На основании этих изменений можно оценивать состояние этих элементов или всего сооружения в целом. Для этого необходимо выявить закономерности влияния свойств материалов дорожной конструкции на характер трансформации упругих волн, прошедших в структуре сооружения некоторое расстояние от места воздействия до места регистрации.

Механизмы распространения упругих волн в структуре дорожных конструкций рассматриваются в работах [2,3]. Выявлены следующие общие закономерности. Все типы волн в элементах системы взаимодействуют между собой, трансформируются при прохождении через границы раздела слоев и при отражении от боковых поверхностей конструктивных слоев, что определяет весьма сложную картину в ближней к области взаимодействия нагрузки на конструкцию зоне. Часть энергии волнового поля, пройдя через конструктивные слои дорожной одежды, передается грунту земляного полотна и подстилающему грунтовому массиву. Другая часть в процессе переотражения, преломления, наложения и рассеивания вновь достигает поверхности покрытия и при этом претерпевает изменения, обусловленные геометрическими параметрами дорожной одежды и физическими свойствами ее элементов. Поэтому для получения наиболее полной информации о свойствах дорожной одежды целесообразно анализировать отклики, фиксируемые на поверхности покрытия в ближней от воздействия зоне. Размеры этой зоны определяются максимальными углами наклона векторов распространения продольной и поперечной волн, при которых отраженное волновое поле достигает поверхности покрытия. В реальности линейный размер этой «зоны информационного интереса» может составлять несколько толщин дорожной одежды. Таким образом, в ближней к источнику колебаний

части слоистой структуры получаем сложную картину распределения напряжений и деформаций, обусловленную взаимодействием всех типов волн, распространяющихся от источника колебаний на периферию (прямое поле источника) с отраженными и переотраженными от границ раздела слоев системы. Эти пакеты волн распространяются по различным направлениям, в том числе и противоположным и характеризуются различной энергетичностью (убывающей с каждым последующим отражением или преломлением).

При расположении дорожной конструкции в выемке общие качественные закономерности распространения волн в ее элементах не претерпевают изменения.

Важные вывод, который можно сделать на основании представленных данных, заключается в том, что при оценке состояния дорожной одежды необходимо анализировать отклики в ближней зоне (до нескольких толщин дорожной одежды) от места нестационарного воздействия. Информация о состоянии земляного полотна и грунтового-геологической среды будет в большей степени отражаться откликами на значительном удалении от места воздействия (до нескольких метров). Имеет место определенного рода аналогия с исследованиями, проведенными специалистами проектно-исследовательской лаборатории Cold Regions и факультета гражданского строительства университета Purdue (США) [4,5]. При решении задачи нестационарного нагружения дорожной конструкции установлено, что деформация поверхности покрытия в центре приложения нагрузки определяется сжатием всех конструктивных слоев в ближней зоне, а деформация на значительном удалении от места воздействия, главным образом обусловлена сжатием более глубоких слоев.

Заключение

Основные закономерности распространения упругих волн в структуре дорожной конструкции ориентируют дальнейшие исследования в плоскость оценки их количественных характеристик. Необходимо выявить связь между показателями волнового поля и свойствами элементов сооружения.

Литература

- 1 Смирнов А.В. Динамика дорожных одежд автомобильных дорог. – Омск: Западно-Сибирское книжное изд-во, омское отделение, 1975. – 183 с.
- 2 Илиополов С.К., Селезнёв М.Г., Углова Е.В. Динамика дорожных конструкций. //Монография. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный строительный университет, 2002. – 258 с.
- 3 Илиополов С.К., Селезнёв М.Г., Углова Е.В. Динамическое воздействие транспортного потока на систему “дорожная конструкция-грунт”. //Дальний восток: автомобильные дороги и безопасность движения. Выпуск №3. Региональный ежегодный сборник научных трудов. Хабаровск: Издательство ХГТУ, 2003. - С. 22 – 32.
- 4 Irwin, L.H. (1993) Instructional Guide for Back-Calculation and the Use of

MODCOMP3 Version 3.6, Cornell Local Roads Program (CLRP) 93-6. August.

5 Zaghoul, S., T.D. White, V.P. Drnevich, and B. Coree (1994) Dynamic analysis of FWD loading and pavement response using a three-dimensional finite element program, ASTM Non Destructive Testing of Pavements and Back Calculation of Moduli (Second volume), ASTM STP 1198.

5.15 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА РАБОТ В ГОРОДСКОМ ДОРОЖНОМ ХОЗЯЙСТВЕ БУЛЬДОЗЕРАМИ С ПОДВИЖНЫМИ КРАЙНИМИ ДНИЩАМИ

Матвеев А.В., Токар Н.И. (БОИУБ, Брянск, РФ)

В статье приведены результаты теоретических исследований по повышению энергоэффективности, производительности и универсальности рабочего оборудования гидравлического бульдозера при выполнении работ в городском дорожном хозяйстве, приведена конструкция предлагаемого рабочего оборудования и принцип его работы

Анализ технологических возможностей существующих средств механизации показал, что резервы повышения эффективности и экологической совместимости использования бульдозеров далеко не исчерпаны. В частности вопросы повышения производительности бульдозеров в различных условиях городского хозяйства до настоящего времени недостаточно изучены. Зачастую на ремонте и эксплуатации городских дорог применяются узкоспециализированные, экологически мало совместимые машины [1].

В связи с этим проведены теоретические исследования по снижению энергозатрат, повышению производительности и универсальности рабочего оборудования бульдозера с использованием экономико-математической и организационно-технологической моделей производства бульдозерных работ в условиях городского хозяйства.

На первом этапе стояла задача по сбору и анализу исходных данных для оценки организационно-технологических факторов, влияющих на показатели использования бульдозеров на земляных работах, разработке конструктивной схемы рабочего оборудования, выявлению основных технологических схем, наиболее часто встречаемых на этих работах [2,3].

В результате была разработана конструктивная схема рабочего оборудования бульдозера с подвижными крайними днищами, позволяющая эффективно осуществлять очистку улиц и дорог от грязи и мусора и подхватывать различные длинномерные грузы за счёт выдвигания крайних секций днища отвала.

Сущность конструкции поясняется рисунком 1, где на виде А изображено рабочее оборудование бульдозера с подвижными крайними днищами (вид сбоку), а на виде Б- то же (вид сверху).

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Действие рабочего оборудования состоит в следующем. В процессе работы, с помощью гидроцилиндров 7 происходит выдвигание и движение подвижных днищ, расположенных по краям бульдозерного отвала. При этом движение происходит с помощью подвижной секции 6 телескопического толкающего бруса 5. Крепление отвала 2 выполнено с помощью универсальных шарниров 9, что обеспечивает работу отвала с поперечным и продольным перекосом.

На втором этапе исследований решались задачи рационализации размеров днища, определения экономического и энергетического эффекта от использования предлагаемого оборудования. В процессе обработки материалов проводился логический анализ всех факторов производства, проверялась возможность применения корреляционного и регрессивного анализа.

В результате проведённых исследований, длина подвижного днища находится в соотношении 0,10-0,15 от длины отвала, а ширина составляет 0,8-0,9 м.

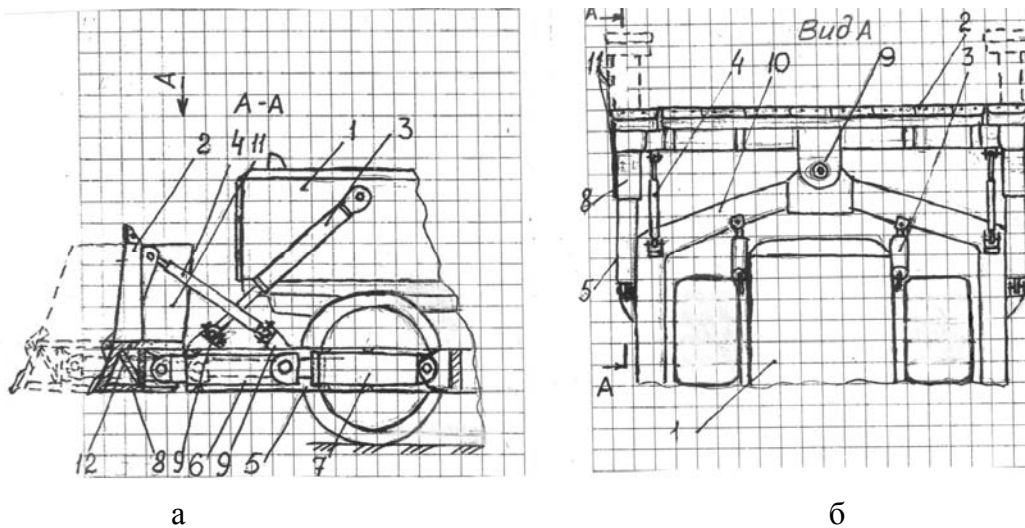


Рисунок 1 – Рабочее оборудование гидравлического бульдозера: а- вид сбоку; б- вид сверху
1-трактор, 2-отвал, 3-гидроцилиндр управления отвалом, 4-гидравлический подкос, 5- телескопический толкающий брус, 6-подвижная секция, 7-гидроцилиндр управления подвижной секцией, 8-подвижное боковое днище, 9-универсальный шарнир, 10-универсальная рама, 11-открылки, 12-паз.

Рабочее оборудование гидравлического бульдозера с подвижными днищами может эффективно использоваться на работах по очистке дорог от грязи и снега, строительстве тротуаров и пешеходных дорожек, а также вертикальной планировке территорий под различные объекты дорожного и жилищно- коммунального хозяйства.

При очистке городских улиц и дорог подвижные крайние днища оборудуются дополнительными открылками 11, которые вставляются в паз 12, что позволяет при выдвигании телескопических толкающих брусьев увеличить призму волочения грязи или снега. При повороте отвала происходит сдвигка призмы волочения к краям дороги.

Если вместо открылок в пазы и проушины подвижных крайних днищ вставить треугольные наконечники, то при выдвигании подвижных днищ образуется вилочный захват, расположенный по краям отвала, позволяющий

работать с длинномерными грузами (бортовые камни, элементы инженерных сооружений). При движении трактора на длинномерный груз происходит его подхват, далее подъём отвала и перемещение груза. Разгрузка осуществляется за счёт опускания и поворота отвала с последующим задним ходом трактора.

Заключение

Предложенное рабочее оборудование при относительно небольшом повышении металлоёмкости существенно повышает производительность бульдозера при очистке улиц и дорог в различных условиях (в том числе в стеснённых условиях), даёт возможность транспортировать грузы на выдвижном днище и позволяет получить экономический эффект при применении на бульдозере ДЗ-133 по сравнению с традиционным оборудованием, например, при очистке 1000 м² городских улиц 300 руб. (в базовых ценах 2000 г.) при экономии топлива в 1,5 кг.

Литература

1 Экологическое обоснование совершенствование технологии строительных работ с использованием бульдозерного оборудования повышенной универсальности/ Матвеев А.В., Токар Н.И. Вклад учёных и специалистов в национальную экономику. – Брянск 1995. – с.107-109.

2 Рабочее оборудование гидравлического бульдозера. Патент. № 2001. – Б.И., 1996, №4 (Матвеев А.В., Токар Н.И.)

3 Рабочее оборудование гидравлического бульдозера. Авт. свид. № 1240834. – Б.И., 1988, №6 (Матвеев А.В., Токар Н.И.).

5.16 ОСУШЕНИЕ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПЕРЕХВАТЫВАЮЩИХ ДРЕНАЖЕЙ

Мевлидинов З.А., Анисимов П.В., Лукашенко М.В., Егорин А.В.
(БГИТА, г.Брянск, РФ)

Проведено теоретическое обоснование и разработано техническое решение по осушению верхней части земляного полотна и дорожной одежды с помощью перехватывающих дренажей. Техническое решение оформлено заявкой на изобретение, на которую выдан патент.

Осушение верхней части земляного полотна и дорожной одежды осуществляется с помощью дренажных устройств.

Традиционные методы проектирования дренирующих слоев дорожной одежды, разработанные на основе исследований А.Я.Тулаева, подразделяются на три вида: метод размещения воды в дренирующем слое на период запаздывания оттаивания обочин (3-6 суток) с последующим отводом ее на откосы земляного полотна; метод осушения, при котором отвод воды из

дренирующего слоя осуществляется продольными дренажными трубами, уложенными по линии кромок покрытия, с последующим отводом с помощью поперечных трубчатых выпусков; метод осушения с периодом запаздывания отвода воды [4].

В первом случае вода, поступающая в дренирующий слой с поверхности одежды и обочин, а также из земляного полотна, за период, когда обочины находятся в мерзлом состоянии, должна быть размещена в пустотах дренирующего слоя. Дорога, как правило, имеет продольные уклоны, поэтому вода в дренирующем слое будет перемещаться в пониженные места и накапливаться на вогнутых участках, а также на участках профиля с небольшими уклонами.

Метод осушения также имеет недостатки. Для нормальной работы дренажных трубок на приемном для воды конце трубы делается фильтрующая обсыпка вначале крупнозернистым, а затем мелкозернистым материалами. При эксплуатации дороги фильтрующая обсыпка дренажа заиливается через два-три года и не может справиться с отводом поступающей к ней воды. Заиливаются также и трубы. Кроме того, в весенний период устье поперечной дрены находится в мерзлой обочине, и в ней образуются ледяные пробки, а одностороннее поступление теплого воздуха в дренаж делает малоэффективной конвекцию воздуха в трубе и нагревание ее до положительной температуры.

Поскольку оттаивание дорожной конструкции происходит по форме образования вогнутого мерзлого донника, то вода, как и в первом случае, перемещается в пониженные места по дренирующему слою и накапливается на переломах и пониженных участках продольного профиля. Вода заполняет пустоты дренирующего слоя, основание из крупнозернистого материала (при его наличии) и просачивается через трещины на покрытие и обочины.

При проектировании дренирующих слоев по методу осушения применяются слои из материалов с высокими величинами коэффициентов фильтрации. И в этом случае наличие мерзлых обочин не ограничивает перемещение воды по дренирующему слою в места понижения профиля. Таким образом, ни один из рассмотренных методов и конструктивных решений не могут в полной мере осушать земляное полотно в наиболее ответственный период весеннего оттаивания. А накопление воды в дренирующем слое и грунтовом основании приводит к их деформациям.

Краткий анализ существующих методов осушения земляного полотна дает основание сделать вывод, что все они не отвечают в полной мере своему назначению.

На кафедре автомобильных дорог БГИТА разработана конструкция поперечного перехватывающего дренажа [1,2], которая способна повысить эффективность осушения дренирующего слоя. На основе этой конструкции разработано новое техническое решение по эффективному осушению грунтового основания, оформленное заявкой на изобретение под названием «Дорожная конструкция». Регистрационный номер заявки - 2008118751 от

12.05.2008г. Роспатент принял решение о выдаче патента на изобретение по данной заявке.

Изобретение относится к дорожным конструкциям и может быть использовано для обеспечения стабильной прочности конструкции в период весеннего оттаивания на вогнутых участках вертикальной кривой, вершина которой размещена на проектной линии земляного полотна с нулевым уклоном, путем прерывания фильтрующейся воды по дренирующему слою с верховых сторон на вогнутые участки.

Известная дорожная конструкция [1,2] включает: покрытие, основание, дренирующий слой, земляное полотно, поперечный перехватывающий дренаж, содержащий перфорированную дренажную трубу с односкатным уклоном, трубчатыми выпусками на откосы земляного полотна и фильтрующий крупнозернистый материал, размещенный в пределах дренирующего слоя и ниже его на ширину основания.

Недостатком такой конструкции является то, что процесс осушения дренирующего слоя в зоне вершины вертикальной кривой замедляется вследствие нулевого уклона у вершины и минимальных величинах продольных уклонов на некотором расстоянии от вершины, зависящем от радиуса вертикальной кривой и граничного уклона. Поэтому грунтовое основание переувлажняется, снижается его прочность и прочность дорожной одежды.

В весенний период дорожная одежда и земляное полотно под ней оттаивают быстрее, чем обочины. При этом под дорожной одеждой образуется вогнутый мерзлый донник. Вода из земляного полотна, с поверхности покрытия и обочин поступает в дренирующий слой и перемещается с верховой стороны в пониженные участки по направлению продольного уклона, так как дренирующий слой или дренажные трубчатые выпуски под обочинами имеют отрицательную температуру и не способны отводить воду.

Для устройства дренирующего слоя применяют пески с низкими значениями коэффициента фильтрации (менее 10 м/сут). На вогнутых участках с нулевым уклоном в вершине вертикальной кривой и на подходах с небольшими уклонами фильтрация воды замедляется вследствие понижения гидравлического (пьезометрического) уклона водного потока и, как следствие, снижаются скорости фильтрации и расход воды. Время достижения водным потоком перехватывающего дренажа возрастает, а вогнутый участок вертикальной кривой с малыми уклонами находится длительное время в переувлажненном состоянии, что отрицательно сказывается на прочности земляного полотна, а, следовательно, и дорожной одежды. При этом поры материала дренирующего слоя могут быть полностью заполнены водой, что недопустимо при динамических воздействиях на одежду колес автотранспорта.

По боковым кюветам и нагорным канавам вода стекает со скоростью, зависящей от их продольного уклона, поперечного профиля канавы, глубины потока и степени шероховатости стенок канавы [3]. При скорости течения,

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

меньшей 0,4-0,5 м/с, канава засоряется, и в ней возникает застой воды. Поэтому не допускается уклон водоотводных канав менее 2 ‰.

В дренирующем слое дорожной одежды скорость фильтрации воды значительно меньше, но продольный уклон, равный 2‰, также обеспечивает фильтрацию воды в дренирующем слое и его осушение. Однако при меньших величинах уклонов фильтрация воды замедляется и вогнутый участок вертикальной кривой длительное время находится в переувлажненном состоянии.

Разработанное техническое решение обеспечивает стабильную прочность дорожной конструкции в период весеннего оттаивания на вогнутых участках вертикальной кривой, вершина которой размещена на проектной линии земляного полотна, путем прерывания фильтрующей воды по дренирующему слою с верховых сторон на вогнутые участки, ограниченные встречными уклонами не менее двух промилле.

Достигается это тем, что прерывание фильтрующейся воды осуществляется устройством перехватывающих дренажей на границах участков с уклонами, обеспечивающими эффективное осушение дренирующего слоя с верховых сторон.

На рисунке 1а представлен поперечный разрез дорожной конструкции; на рис. 1б - продольный разрез участка на вогнутой кривой; на рисунке 2 - схема размещения перехватывающих дренажей на вогнутой кривой.

Дорожная конструкция включает покрытие 1, основание 2, дренирующий слой 3, земляное полотно 4, односкатный поперечный перехватывающий дренаж, содержащий перфорированную трубу 5 с выпусками 6 на откосы 8 земляного полотна 4 и фильтрующий крупнозернистый материал 7, размещенный в пределах дренирующего слоя и ниже его на ширину основания. Труба 5 укладывается на подготовленное основание 9, а на стенки и дно траншеи для дренажа уложен пластикотканевый материал 10, предохраняющий земляное полотно от переувлажнения. Перфорированная дренажная труба 5 диаметром 20-50 см может быть изготовлена из традиционных материалов, в том числе с использованием полимеров.

Работает дорожная конструкция следующим образом. Вода, поступающая в дренирующий слой 3, когда обочины находятся в промерзшем состоянии, перемещается по дренирующему слою с верховой стороны в направлении уклона (спуск), перехватывается поперечным дренажом и выводится на откос земляного полотна в низовую сторону местности.

Промывка заиленных труб 5 осуществляется струей воды под давлением при помощи поливочной машины до наступления отрицательных температур воздуха. На зимний период отверстия трубчатых выпусков 6 дренажной трубы 5 закрываются, а весной открываются.

Применение двухсторонних трубчатых выпусков дрены на откосы земляного полотна обеспечивает эффективную конвекцию теплого воздуха в дренажной трубе в период весеннего оттаивания дорожной конструкции. В

результате конвекции положительную температуру приобретает и дренажная труба, и дренирующий материал вокруг трубы, что способствует более раннему включению ее в работу и осушению дренирующего слоя одежды.

Длина участков вогнутой кривой, ограниченных уклонами не менее двух промилле, до вершины кривой (ВК) составит: $l_1 = R_1 \cdot i_1$; $l_2 = R_2 \cdot i_2$; и общая длина $l = R_1 \cdot i_1 + R_2 \cdot i_2$. Здесь R_1 и R_2 - радиусы вертикальной кривой; i_1 и i_2 - заданные минимальные величины уклонов, но не менее двух промилле. Если участки подходов к вершине кривой имеют одинаковый радиус и равные заданные уклоны, то $l = 2 R \cdot i$. Чем больше радиус кривой R и граничный уклон i , тем больше длина участка, который предохраняется (защищается) от притока воды с верховых сторон дорожной конструкции. Например, при $i=2\text{‰}$ (0,002) и $R=10000$ м $l=40$ м; при $i=5\text{‰}$ (0,005) и $R=10000$ м $l=100$ м. В первом случае перехватывающий дренаж устраивается на расстоянии 20 м от вершины кривой с каждой стороны, а во втором - на расстоянии 50 м.

Таким образом, дорожная конструкция по перехвату воды, поступающей по дренирующему слою с верховой стороны на вогнутые участки продольного профиля, ограниченные минимальными встречными уклонами, позволяет предотвратить земляное полотно от переувлажнения и сохранить стабильную прочность дорожной конструкции в период весенней распутицы.

Использование предложенной дорожной конструкции на вогнутых участках продольного профиля с расположением вершины кривой на проектной линии с нулевым уклоном позволяет предотвратить поступление воды на вогнутый участок продольного профиля дороги, ограниченный минимальными встречными уклонами 2 ‰, и сохранить стабильную прочность дорожной конструкции в период весенней распутицы. Вследствие невозможности накопления воды в пустотах дренирующего слоя на недопустимую толщину дорожная конструкция защищена от неблагоприятных воздействий колесных нагрузок автотранспорта и возможных знакопеременных температур, встречающихся при оттаивании земляного полотна.

Заключение

Проведено теоретическое обоснование и разработано техническое решение по осушению верхней части земляного полотна и дорожной одежды с помощью перехватывающих дренажей.

Техническое решение относится к дорожным конструкциям и может быть использовано для обеспечения стабильной прочности конструкции в период весеннего оттаивания на вогнутых участках вертикальной кривой, вершина которой размещена на проектной линии земляного полотна с нулевым уклоном, путем прерывания фильтрующейся воды по дренирующему слою с верховых сторон на вогнутые участки, ограниченные встречными уклонами не менее двух промилле. Достигается это прерыванием фильтрующейся воды путем устройства перехватывающихся дренажей на границах участков с уклонами, обеспечивающими осушение дренирующего слоя с верховых сторон. Использование технического решения позволяет предотвратить поступление

воды на вогнутый участок и таким образом обеспечить стабильную прочность конструкции.

5.17 К ВОПРОСУ ВЗАИМОПРОНИКНОВЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ СМЕЖНЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Мевлидинов З.А., Анисимов П.В., Мевлидинова Т.З., Плюгина Л.В.
(БГИТА, г. Брянск, РФ)

Рассмотрены дорожные конструкции, у которых конструктивные слои дорожной одежды из крупнозернистых материалов уложены на песчаные слои основания. Разработано техническое решение по предотвращению взаимопроникновения материалов, которое оформлено заявкой на изобретение.

Конструктивные слои дорожной одежды могут состоять из несвязных материалов разной крупности и пустотности. При эксплуатации дороги смежные слои из таких материалов подвержены взаимопроникновению, в результате чего происходят деформационные процессы этих слоев за счет проникновения мелких зерен нижележащих слоев в пустоты более крупного зернистого материала [1]. К таким слоям относятся слои из щебня или гравия, размещенные на песчаном слое основания или на грунте земляного полотна [3]. Взаимопроникновению подвержены также и песчаные слои, уложенные на грунтовое основание.

Наиболее активно процесс взаимопроникновения между материалами дренирующего слоя и грунтом земляного полотна происходит при увлажнении грунта независимо в какой период [5]: в весенний период в процессе оттаивания грунта и образования мерзлого вогнутого донника или при увлажнении в другие периоды. Особо ощутимым взаимопроникновение может быть на деформированном грунтовом основании при тяжелом и интенсивном автомобильном движении [2].

Взаимопроникновение зернистых материалов смежных слоев приводит к таким отрицательным явлениям, как изменение толщин конструктивных слоев одежды и их прочности, снижение дренирующих свойств песчаного материала, а при неравномерных деформационных процессах к потере равнопрочности дорожной конструкции и усложнению её работы от действия подвижной нагрузки.

Отраслевые дорожные нормы на проектирование нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046 - 01) [4] предусматривают для дорог с тяжелым и интенсивным движением на контакте слоев из крупнозернистых или гравийных материалов с песчаными слоями основания или с грунтом земляного полотна устройство разделяющих прослоек из геотекстиля в целях предотвращения взаимопроникновения материалов смежных слоев и снижения в связи с этим долговечности конструкции.

Кроме того, если крупнообломочный материал (типа щебня, гравия, шлака) укладывается непосредственно на грунт земляного полотна, отраслевые дорожные нормы предусматривают прослойку, препятствующую взаимопроникновению материалов смежных слоев. В качестве материалов слоев можно принимать мелкий щебень, высевки, гравийно-песчаные смеси, крупные и средней крупности пески, непывеватые шлаки, непучинистые золошлаки, синтетические текстильные материалы и др. Защитной прослойкой может служить слой из грунта, укрепленного вяжущими, толщиной 5-8 см. Толщина прослойки из зернистого материала должна быть от 5 до 20 см в зависимости от степени увлажнения грунта земляного полотна. Прослойку из геотекстильных материалов предусматривают также при укладке крупнопористых материалов на песчаный слой на дорогах I - III категорий.

Песчаные слои основания, выполняющие разные функции, часто используют в конструкциях дорожных одежд, поверх которых укладывают крупнозернистые материалы типа щебня, гравия, шлака [3]. ОДН предусматривают устройство между этими слоями разделяющих прослоек из геотекстиля с целью предотвращения взаимопроникновения материалов [4].

Механизм взаимопроникновения материалов смежных слоев состоит в следующем. В процессе эксплуатации дорожной одежды и образования вибрации от проезжих автомобилей происходит тиксотропное расслоение материалов равной крупности и плотности, т. е. происходит взаимопроникновение материалов смежных слоев: песчаные материалы проникают в пустоты щебня и заполняют их, а зерна щебня опускаются вниз, занимая освободившийся объем песка. В связи с этим снижается долговечность конструкции, так как происходит деформация всех конструктивных слоев дорожной одежды. Особенно опасна равномерная деформация.

Устройство разделяющих прослоек из геотекстиля представляет собой наиболее приемлемый вариант предотвращения взаимопроникновения материалов смежных слоев (крупнопористого и песчаного). Однако такая дорожная конструкция имеет недостатки вследствие высокой стоимости геотекстиля, сложности его укладки на песчаный слой и необходимости иметь специальную технику.

На кафедре автомобильных дорог БГИТА разработана дорожная конструкция, которая позволяет предотвратить взаимопроникновение песчаного материала и размещенного над ним слоя основания из крупнопористого материала с одновременным снижением стоимости и упрощением технологии устройства с использованием традиционной техники. Поставленная задача решена путем ликвидации пустот крупнопористого материала, которые заполняются песчаным материалом в уплотненном состоянии с установленным коэффициентом заполнения пустот или раздвижки крупнозернистого материала.

Объем пустот крупнозернистого материала - щебень, гравий, шлак, а также плотность песчаного материала и его объем в разрыхленном состоянии для дозирования смеси определяются в лаборатории. Смесь из крупнозернистого и песчаного материала целесообразно готовить на полигоне путем объемного дозирования и перемешивания автогрейдером. Подвозка, укладка и уплотнение

смеси конструктивного слоя основания осуществляются известными средствами механизации и техническими приемами. В случае незаполненных пустот на поверхности конструктивного слоя основания производится дополнительное распределение песка и доуплотнение. Необходимость полного заполнения пустот в крупнозернистом материале позволит предотвратить тиксотропное расслоение смеси в процессе колебаний дорожной конструкции, вызываемых движущимся транспортом. Остальные слои дорожной одежды устраиваются по традиционным методам.

Заключение

Применение в конструктивных слоях основания крупнозернистого материала, пустоты которого заполнены песчаным материалом, позволяет предотвратить взаимопроникновение песка основания и размещенного над ним конструктивного слоя основания из крупнозернистого материала, что обеспечит повышение долговечности дорожной конструкции. При этом такое решение позволит снизить стоимость конструкции по сравнению с укладкой геотекстиля, упростить технологию устройства с использованием традиционной техники. Кроме того, такое конструктивное решение позволит распространить его и для дорог IV и V категорий, а не только для дорог I - III категорий, как это рекомендуется в ОДН 218. 046 - 01 [4, п. 2.31].

Разработанная дорожная конструкция оформлена заявкой на изобретение, которая принята Роспатентом к рассмотрению.

Литература

- 1 Анисимов П. В. Автомобильные дороги: Методологическая концепция и теоретические основы проектирования и строительства [Текст] /П. В. Анисимов. – Брянск: Грани, 1995. - 132с.
- 2 Анисимов П. В. Особенности водного режима земляного полотна автомобильных дорог на деформированных участках дорожных одежд [Текст] /П. В. Анисимов, З. А. Мевлидинов, А. В. Егорин. - Известия Орел ГТУ. Серия «Строительство, Транспорт», №4/20 (551), 2008. - С.78- 81.
- 3 Бабков В. Ф. Проектирование автомобильных дорог [Текст] /В. Ф. Бабков, О. В. Андреев: В 2 - х ч. Ч.1: Учебник для вузов. - Изд. 2- е, перераб. и доп..- М.: Транспорт. 1987. - 369с.
- 4 Проектирование нежестких дорожных одежд (отраслевые дорожные нормы - ОДН 218. 046- 01) [Текст] /Госслужба дорожного хозяйства Мин. Транспорта РФ. - М.: 2001. - 144с.
- 5 Тулаев А. Я. Конструкция и расчет дорожных устройств [Текст] /А. Я. Тулаев. - М.: Транспорт, 1980. - 191с.

5.18 МОДЕЛИРОВАНИЕ ОЧЕРЕДЕЙ НА РЕГУЛИРУЕМЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ ГОРОДА В УСЛОВИЯХ ПЛОТНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

Мевлидинов З.А., Стук М.Г. (БГИТА, г.Брянск, РФ)

Российские специалисты по организации движения вполне осознают необходимость проектирования режимов работы светофоров в соответствии с реальной транспортной ситуацией. Причины сложившегося положения обусловлены недостатком информации по объекту управления, трудоемкостью проведения расчетов параметров планов координации и ограниченными возможностями применяющихся контроллеров. Поэтому актуальной задачей является создание методики, позволяющей производить: сбор информации о транспортных потоках; обрабатывать полученную информацию в целях расчетов планов координации; оптимизация расчетов планов координации.

Одобренная правительством РФ Транспортная стратегия РФ на период до 2020 года включает разделы, связанные с обеспечением безопасности движения, в частности внедрение современных перевозочных, управленческих и информационных технологий, развитие мониторинга транспортного процесса. Минтранс России в рамках транспортной стратегии в настоящее время разрабатывается ряд программ по снижению уровня аварийности в местах концентрации ДТП, повышению безопасности на пересечениях автомобильных дорог, а также по замене и установке барьерных ограждений и дорожных знаков.

Анализ и испытания различных программных продуктов для моделирования и расчета светофорных объектов поддерживают тот факт, что результаты оптимизационных вычислений весьма чувствительны к колебаниям исходных данных. В настоящее время подавляющее большинство светофоров в России работает неоптимально, и для эффективного функционирования перекрестков необходимо добиться смены фазовых таблиц в соответствии с реальными изменениями параметров транспортных потоков.

Одним из наиболее эффективных способов улучшения организации движения и реализации максимально возможной пропускной способности улично-дорожной сети города является оптимизация планов координации для перекрестков, оборудованных светофорами с учетом их взаимного влияния. В нашей стране в повседневной практике рассчитывается от 1 до 3, максимум до 5 таких планов в сутки. Так как по принятой в российских городах практике неделя разбивается на 3 типа дней – будни, пятница и выходной, то и режим работы светофоров изменяется соответственно от 3 до 15 раз в недельном цикле. За рубежом фазовые таблицы на загруженных перекрестках сменяются гораздо чаще [1,2].

В сентябре 2008 года, когда наблюдается максимум годовой интенсивности движения на магистралях города Брянска, была произведена

оценка частоты и размеров заторов в местах их регулярного образования. В среднем в утренние и вечерние часы пик заторы образуются на большинстве пересечений г. Брянска, в процентном соотношении затор на улице занимает около 21,5% от ее протяженности. Это приводит к продолжительным простоям транспорта в узлах пересечений, к загазованности воздушной среды. Наиболее загруженными улицами г. Брянска с регулярными заторами являются: улицы Горького, 22-го съезда, Литейная, Бурова, 3-го Интернационала.

Улицы города способны пропустить существующие транспортные потоки, но пропускная способность улиц определяется пропускной способностью пересечений.

Средняя пропускная способность пересечений г. Брянска:

- пр-т Ленина – ул. Горького – 8,8 авт/цикл;
- ул. Литейная – 22-го съезда – 7,25 авт/цикл;
- ул. 22-го съезда – 3-го Интернационала – 8,5 авт/цикл;
- ул. Бурова- ул. Ульянова – 14,5 авт/цикл.

В настоящее время на регулируемых пересечениях практически полностью исчерпаны стандартные средства улучшения условий движения: ограничение левых поворотов, запрещение грузового движения, закрытие некоторых пересекающих направлений, введение прогрессивных способов регулирования на отдельных узлах с установкой дополнительных секций светофоров. Большинство из этих средств, как правило, создают дополнительные трудности, как для водителей, так и для пассажиров общественного транспорта и пешеходов. Сегодняшние методы снятия нагрузки на загруженных пересечениях улиц города уже не соответствуют современному росту числа автомобилей за последние годы. Мы наблюдаем такой кризис транспортной системы во всех крупных городах России.

Существенно увеличивается время пребывания в пути пассажиров, а также количество выбросов вредных веществ и отработавших газов автотранспорта. Особенно масштабы заторов возрастают в весенне-летний период, когда производится ремонт (реконструкция) городских дорог, потому что автотранспорту приходится осуществлять объезд по другим улицам, которые до этого работали на пике своей пропускной способности [1,3].

Городская улично-дорожная сеть в России не обеспечена необходимым количеством детекторов транспорта, для получения адекватных данных по интенсивности движения и расчет планов координации перекрестков производится на основании субъективного полученной информации. Иначе говоря, сегодня исходные данные для расчета не отражают реальной картины движения транспорта. Достаточно сказать, что даже в Москве на 4500 км дорог с более чем 2000 сложных перекрестков имеется всего 500 детекторов транспорта. В остальных городах России вообще отсутствуют общегородские системы непрерывного мониторинга транспортных потоков [2].

Очевидно, что для обеспечения эффективной работы светофоров в нашей стране необходимо предложить инструменты для удобного решения, по меньшей мере трех задач:

- сбора информации о транспортных потоках;

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

- обработки полученной информации в целях расчетов планов координации;

- оптимизационного расчета планов координации.

Предполагаемым инструментом является сочетание:

- стандартных, стационарных или портативных планов координации;

- аналитической программы статистической обработки данных транспортного мониторинга Sta Tran и др.

С помощью плана координации Sta Tran производится сбор данных с детекторов транспорта в режиме реального времени. Далее обеспечивается визуализация полученных данных, их анализ и статистическая обработка. Целью расчета в плане координации Sta Tran является получение сводной таблицы интенсивностей на сегментных перекрестках, которая включает информацию о средней, минимальной и максимальной интенсивности по каждому временному интервалу для каждого дня недели, а также средняя скорость потока в интервале.

Заключение

Оптимизация режимов работы перекрестков улично-дорожной сети города на основании реальных данных о транспортных потоках с использованием различных программ, позволяет добиться существенного улучшения условий движений, в том числе сокращения задержки до 50 % и расход топлива до 20%.

Литература

1 Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учеб. для вузов по спец. «Стр-во автомоб. дорог и аэродромов» и «Орг. дорож. движения» - М.: Транспорт, 1993.-271 с.

2 Бродский Г.С., Бродская Е.С., Сухорученков О.Н., D.Nale. На зеленой волне./Мир дорог – 2007. №30-с.46.

3 Капитанов В.Т., Хилажев Е.Б. Управление транспортными потоками в городах. – М.: Транспорт, 1985.- 94 с.

5.19 НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ТЕРРИТОРИЙ, ПРИЛЕГАЮЩИХ К КРУПНЫМ АВТОМОБИЛЬНЫМ ДОРОГАМ

Мирончик А.Ф. (БРУ, г.Могилев, Беларусь)

Определено влияние автомобильного транспорта на накопление ряда тяжелых металлов объектами окружающей среды территорий, прилегающих к крупным автомобильным дорогам.

Автомобильные дороги в экологическом аспекте обычно рассматриваются как объект взаимодействия с окружающей средой, влияние которого на среду зависит от расположения, ширины дороги, интенсивности ее

использования и технико-эксплуатационных характеристик. Общая площадь сельскохозяйственных угодий, загрязненных выбросами автотранспорта и предприятий городов, превышает в Беларуси 0,8 млн. га. При этом наблюдается довольно неравномерное распределение загрязненных почв по регионам республики (в Витебской области около 14,7 тыс. га, в Могилевской - более чем 467 тыс. га или 47,1 %).

Своеобразными индикаторами экологического благополучия являются показатели состояния окружающей среды, к которым относятся как показатели качества атмосферного воздуха, зеленых насаждений, так и почвы (содержание тяжелых металлов, солей хлоридов, используемых в зимнее время, углеводов). Зимой они накапливаются в снежном покрове, а в весенне-летне-осенний период вымываются атмосферными осадками или осаждаются на землю в виде сухих выпадений. При этом наблюдается комбинированное загрязнение зеленых насаждений, которые являются аккумуляторами выбросов автомобильным транспортом вредных химических веществ (оксиды тяжелых металлов, углерод). Оно складывается из непосредственного оседания аэрозолей и пыли на поверхность листьев и корневого усвоения тяжелых металлов, накопившихся в почве в течение продолжительного времени поступлений из атмосферы. Выхлопные газы автотранспорта загрязняют экосистемы и прилегающие к дорогам почвы кадмием, цинком и другими металлами, а до недавнего времени - преимущественно свинцом.

Считается, что автомобильный транспорт является источником 45-50 % всех токсичных выбросов на территории Беларуси (в крупных городах до 70-75 %), причем вклад данного вида загрязнений в придорожной полосе несоизмеримо выше средних показателей. На данном пространстве, ограниченном характерными для Республики Беларусь искусственными и естественными лесонасаждениями, практически постоянно находятся жители близлежащих к трассам поселений, подолгу – водители и пассажиры.

Загрязнение придорожной полосы транспортными и дорожными выбросами зависит, помимо интенсивности движения транспортных средств, от длительности эксплуатации автомобильной дороги. Загрязнение тяжелыми металлами травяного покрова наблюдается на расстоянии до 100-150 м по обе стороны с максимумом на удалении примерно 10-20 м от края проезжей части. Наиболее значимой в количественном отношении является воздействие на окружающую среду отработавших газов транспортных средств. Из общего количества токсичных выбросов на долю отработавших газов приходится до 65 %, картерных газов – до 20 % и испарений бензина – примерно 14 %.

Применяемая до недавнего времени технология производства топлива, используемого автотранспортом на дорогах Беларуси, обуславливала высокое содержание свинца в выбросах и, соответственно, значительное поступление его в почву. Свинец долго сохраняется в почве, интенсивно накапливается в растительности и по пищевым цепочкам поступает в организм человека. Опасность действия свинца на человеческий организм заключается в угнетении кроветворной функции и разрушении костной ткани.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Для определения коэффициентов перехода ряда тяжелых металлов в звене «почва-растение» в периоды с 1987 по 1995 г.г. и с 2001 по 2003 гг. был проведен отбор почвенных и растительных проб непосредственно у края дорожного полотна, а также на расстоянии 10, 25, 50 и 100-150 м от обочины крупнейших автомобильных дорог, проходящих по территории Могилевской области, загрязненной ^{137}Cs в пределах от 55 кБк/м² до 1221 кБк/м². Образцы для контроля были отобраны на окультуренных сенокосах и пастбищах, расположенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах на удалении 500-1000 м от автомобильных дорог. Пробы отбирали буром в верхнем 20-сантиметровом слое в пастбищный период в соответствии с общепринятыми методиками, растительные пробы - в виде усредненных проб трав, соответствующих среднему ботаническому составу полосы.

Содержание тяжелых металлов в отобранных растительных пробах определено атомно-абсорбционным методом в БелНИКТИ мясной и молочной промышленности и БелНИИЭВ им. С.Н. Вышелесского. Почвы проанализированы на содержание подвижных форм элементов (в вытяжке 1н НСІ) и валовых количеств после разложения проб смесью концентрированных кислот (HF, HClO₃, HNO₃). В растениях определено общее содержание тяжелых металлов после минерализации проб разбавленной (1:1) азотной кислотой.

Валовое содержание свинца в почвенных пробах находилось в пределах 15,1-107, цинка – 28,3-78,8, кадмия – 1,1-3,2, меди – 6,2-21,7 мг/кг почвы. Анализ показал, что максимальное загрязнение почвы продуктами эмиссии автотранспорта находится на удалении 10-20 м от края проезжей части. Большинство проб содержат в повышенном количестве подвижные свинец (50 % проб, более 6,1 мг/кг) и цинк (13 % проб, более 5,1 мг/кг). Характерно, что участки с наиболее высоким содержанием цинка расположены либо на пониженных участках рельефа, либо у промышленных объектов или вблизи городской черты.

В значительной части (более 85 %) растительных проб содержание свинца превышало допустимую норму (0,5 мг/кг) в 1,3-14,2 раза.

Примерно такая же картина наблюдалась при определении содержания тяжелых металлов в молоке и мясе КРС, выпасавшегося и потреблявшего в стойловый период корма, заготовленные в придорожных полосах автомобильных дорог. Основными элементами-загрязнителями являются свинец и цинк, в меньшей степени - кадмий и медь. Содержание свинца в молоке в 21,1 % случаев превышало максимально допустимый уровень, цинка - в 4,3 %, кадмия - в 1,9 %, меди - в 0,6 % случаев.

Между содержанием свинца в почве и растениях установлена тесная прямая корреляционная зависимость ($r = 0,438-0,541$), а между содержанием свинца в молоке и мясе (говядине) и зеленых кормах соответственно 0,571-0,646 и 0,768-0,832.

Концентрация тяжелых металлов в придорожной полосе дорог республиканского значения значительно превышает допустимые нормы не только в почве, для которой характерно их многолетнее накопление, но в снежном покрове и лесонасаждениях. Например, на расстоянии 20 м от края

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

проезжей части в пробах снеговой воды обнаружено свинца 8,7 мг/л (ПДК – 0,01 мг/л), алюминия - 14,8 мг/л (ПДК – 0,04 мг/л), меди – 4,6 мг/л (ПДК – 0,005 мг/л), марганца – 74,6 мг/л (ПДК – 0,01 мг/л), вольфрама – 20,0 мг/л (ПДК – 0,01 мг/л) (таблица 1).

Таблица 1 - Содержание тяжелых металлов в снеговой воде

Расстояние до бровки полотна дороги, м	Содержание тяжелых металлов, мг/л							
	Pb	Al	Sn	Cu	Mn	Ni	V	Ti
	Предельно допустимые концентрации, мг/л							
	0,01	0,04	0,66	0,005	0,01	0,01	0,01	0,15
Фактическое содержание								
20	8,7	14,8	4,1	4,6	74,6	9,6	20,0	3,6
50	8,7	11,8	4,0	3,4	11,6	3,0	10,8	3,6
75	7,4	6,4	3,8	3,2	5,9	2,7	8,4	3,2
150	7,4	3,1	-	2,4	2,3	1,9	4,6	1,2

В ветвях и хвое зеленых насаждений придорожных полос зафиксировано заметное отличие в содержании тяжелых металлов со стороны дороги по сравнению с их содержанием со стороны полей (таблица 2).

Таблица 2 - Содержание тяжелых металлов в придорожных насаждениях

Объект	Содержание тяжелых металлов, мг/кг сухой массы		
	Pb	Zn	Cd
Ветви осины	10*/5**	40/28	0,65/0,32
Хвоя	11/6	64/41	0,33/0,28
Ветви ивы	6/4	130/40	0,54/0,34
*/**, * - со стороны дороги; ** - со стороны поля			

Несмотря на отсутствие эффекта влияния наличия тяжелых металлов в почве на переход радиоактивных веществ в травостой, целесообразным является уменьшения негативного влияния выбросов автомобильного транспорта на окружающую среду и здоровье человека. Наиболее реальным и экономически выгодным при данном состоянии экономики области и государства путем, на наш взгляд, является двухрядная посадка зеленых насаждений (первый ряд – высокие лиственные растения на расстоянии 8-10 м от проезжей части; второй ряд – плотная изгородь из елей на расстоянии 20-30 м от полотна дороги).

Заключение

Основными мероприятиями, направленными на минимизацию вредных воздействий дорожно-транспортного комплекса на окружающую среду, могут стать:

- разработка и совершенствование нормативно-правовой документации, регламентирующей приемлемые с экологической точки зрения нормы и стандарты;

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

- совершенствование и соблюдение норм и технологий при строительстве и эксплуатации транспортных магистралей;
- модернизация автомобильного парка;
- уточнение существующих и разработка новых методик проведения комплексного мониторинга и оценки экологической ситуации в зоне влияния дорожно-транспортного комплекса;
- расширение сети общественного и личного экологически чистого транспорта в крупных городах;
- совершенствование инфраструктуры транспортных магистралей в крупных городах.

Этому будет способствовать и постепенное увеличение количества автомобильного транспорта с дизельными двигателями, которые потребляют меньшее количество топлива по сравнению с автомобилями, оснащенными двигателями, работающими на бензине. Однако в этом случае требует решения возникающая проблема содержания в дизельном топливе ароматических углеводородов. Такие мероприятия, как применение бариевых противодымных присадок к дизельному топливу и использование альтернативных видов топлива (метанол, сжиженный природный газ), также могут быть востребованы для существенного улучшения экологии придорожных полос крупных автомобильных дорог региона.

Литература

- 1 Экологические проблемы строительства и эксплуатации автомобильных дорог / Под ред. д.т.н., проф. М.В.Немчинова. М., 1997. – Ч. 2. – 299 с.
- 2 Дмитриев А.П., Казина В.К. Санитарно-химический анализ загрязняющих веществ в окружающей среде. - М.: Химия, 1989. – 524 с.
- 3 Евгенийев И.Е., Савин В.В. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог. - М.: Транспорт, 1989. - с. 201-222.
- 4 Дорожная экология XXI века / Труды международного научно-практического симпозиума. - Воронеж, 2000. - с. 48-62.
- 5 Мирончик А.Ф. Техногенное и радиоактивное загрязнение придорожных полос крупнейших автомобильных дорог вокруг г. Могилева / Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов // Сб. научн. трудов РУП «БелдорНИИ». Вып. 16. – Мн., 2004. – с. 68-75.

5.20 К ВОПРОСУ О СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЦЕМЕНТОБЕТОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ ПО РОТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ

Соколова Ю.А. (ГАСИС, г. Москва, РФ),
Кондращенко В.И. (МГУПС (МИИТ), г. Москва, РФ),
Ярмаковский В.Н. (НИИЖБ, г. Москва, РФ)

Рассмотрены предпосылки строительства автомобильных дорог из цементного бетона по ротационной технологии.

Состояние сети автомобильных дорог в России находится в неудовлетворительном состоянии, в то время как требования к автомобильным дорогам вследствие роста интенсивности движения и увеличения колесной нагрузки повышаются: при нагрузке 60-100 кН для существующих дорог конструкции дорожных одежд должны рассчитываться под нагрузку на ось не менее 115-130 кН. В связи с этим толщина конструктивных слоев дорог I-II категорий должна быть увеличена почти в 2 раза в сравнении с нормами 10-20-летней давности.

Магистральные автомобильные дороги России с нежестким асфальтобетонным покрытием составляют 97 % при только 3 % (10,3 тыс. км) дорог с цементобетонным покрытием. При этом почти 40 % федеральных дорог с нежесткими одедами эксплуатируются с заметной колеей, что является одним из признаков истощения их несущей способности. Постоянно растут объемы их недоремонта и эту тенденцию можно переломить только массовым строительством цементобетонных дорог, имеющих срок службы 30 и более лет.

Дорожный цементный бетон. Цементобетонные покрытия устраивают непосредственно на месте строительства из свежесушеного бетона по конструктивным слоям основания. В мировой практике используются две различные технологии строительства цементобетонных покрытий и оснований – в рельс-формах и скользящей опалубке. Рельс-формы служат рельсовым путем для колесных самоходных машин бетоноукладочного комплекта и одновременно опалубкой для бетона. В этот комплект кроме машин, осуществляющих распределение, уплотнение и отделку бетона, могут входить также машины для устройства деформационных швов, нанесения пленкообразующих материалов с целью ухода за бетоном, монтажа и демонтажа рельс-форм. При этом операции по уплотнению и отделке бетона выполняют специальные рабочие органы бетоноукладочной машины.

Безрельсовая укладка бетона производится бетоноукладчиками со скользящими формами, рабочие органы которых выполняют за один проход машины распределение и уплотнение бетонной смеси, отделку поверхности бетона, а также устройство деформационных швов. Полная автоматизация основных процессов укладки, однопроходный режим работы, отказ от трудоемких операций по монтажу и демонтажу рельс-форм позволяют резко повысить эффективность строительных работ – улучшить ровность покрытия, увеличить производительность укладки, снизить стоимость и трудоемкость работ.

Опыт эксплуатации цементобетонных покрытий на крупнейших автомагистралях страны, а также анализ зарубежного опыта позволяют отметить недостатки покрытий данного типа, главными из которых являются разрушение поперечных швов, образование большого числа трещин и разрушение поверхностного слоя – так называемое "шелушение", возникает под воздействием многих факторов, в том числе нарушении состава бетонной смеси, технологии ее укладки, ухода за бетоном, воздействия противогололедных реагентов, многократного замораживания-оттаивания и других причин.

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

В то же время имеются научные предпосылки создания дорожных цементных бетонов повышенной прочности и долговечности, что достигается модификацией структуры бетона химическими добавками – пластифицирующими, воздухововлекающими и газообразующими, а также комплексными минеральными добавками, приводящими к созданию оптимальной микроструктуры цементного камня, уменьшению макропористости, повышению трещиностойкости, упрочнению зоны контакта цементного камня с заполнителями и др. В результате разработано новое поколение высококачественных бетонов прочностью 60-150 МПа, морозостойкостью марки F600 и выше, водонепроницаемостью более W12, водопоглощением менее 1-2 % (по массе), истираемостью ниже 0,4 г/см² с регулируемыми показателями деформативности и низкой газонепроницаемостью.

В целом к преимуществам цементобетонных покрытий относятся:

- бóльшая прочность цементобетона в сравнении с асфальтобетоном;
- стабильность деформативных свойств при изменении температуры;
- рост прочности цементобетона во времени при надлежащем за ним уходе;
- доступность оборудования для скоростного строительства бетонных покрытий с высокими показателями ровности;
- высокая морозостойкость бетона при применении модификаторов;
- срок службы покрытий до капитального ремонта при высоком качестве строительства может достигать 50 лет;
- стабильность коэффициента сцепления покрытия с колесами автомобилей.

Современные тенденции развития конструкций жестких дорожных одежд определяются следующими факторами:

- возрастающими требованиями современного автомобилестроения к качеству дорожных покрытий;
- резким ростом общей численности парка автомобилей страны (за период 1991-2025 гг. – в 4,0-5,5 раз, в том числе грузовых автомобилей – в 4,8 раз);
- в сопоставимых условиях эксплуатации жесткие дорожные одежды имеют в среднем в 1,6-2,0 раза более продолжительный срок службы, чем нежесткие;
- современные возможности дорожно-строительной техники и создание новых дорожно-строительных материалов, например, таких, как модифицированные высококачественные цементно-, фибро- и полимербетоны и др.;
- необходимость создания оснований дорог, стабильно работающих на растяжение при изгибе в течение всего срока службы до капитального ремонта дорог.

Отметим, что соотношение стоимости строительства дорог с асфальтобетонными и цементобетонными покрытиями при увеличении цен на нефтепродукты меняется в пользу последних. При сроке службы цементобетонных покрытий в несколько раз выше асфальтобетонных

экономическая выгода еще более возрастает за счет сокращения эксплуатационных расходов.

Отдельным проблемным вопросом является применение для строительства автомобильных дорог бетонов на пористых заполнителях. К факторам, способствующим положительному решению данной проблемы относятся более высокие физико-технические показатели конструкционных легких бетонов по сравнению с равнопрочными тяжелыми бетонами и широкий опыт применения таких бетонов при строительстве таких ответственных сооружений, как мосты, защитных береговых укреплений и даже нефтяных платформ, эксплуатирующихся в суровых климатических условиях [1].

К способу укладки цементного бетона, альтернативному виброуплотнению, относится набрызг-бетонирование: «сухое», «мокрое» торкретирование и шприц-бетонирование. Общим для всех этих способов является наличие дифференциальной и интегральной стадии процесса. На дифференциальной стадии исходные компоненты преобразуются в поток дискретных частиц, пребывающих некоторый промежуток времени в состоянии свободного полета, а на интегральной стадии из отдельных частиц формируется слой бетона.

Анализ работ, выполненных в области торкрет-бетона за более чем 50-летний период, позволяет отметить ряд особенностей торкрет-технологии.

1. Торкрет-бетон по своим показателям превосходит обычный бетон того же состава, но уплотняемый вибрированием – более долговечен, обладая повышенными прочностью, водонепроницаемостью, морозо- и коррозионной стойкостью.

2. Основной недостаток торкрет-технологии – наличие отскока, количество которого зависит от способа набрызга, состава смеси, направления и скорости движения материала. Наибольший отскок имеет место при сухом торкретировании, значительно ниже он при шприц-бетонировании и самый низкий при мокром торкретировании.

3. В торкрет-технологии применяется парк специальных машин, обеспечивающих при производительности 1-5 м³/ч расход энергии 20-30 кВт·ч/м³, что отличает ее большей металло- и материалоемкостью и значительным расходом электроэнергии в сравнении, например, с вибрационной технологией.

4. Применение набрызг-бетона в массовой технологии производства бетона и железобетона будет экономически целесообразно только в том случае, если производительность машин будет значительно увеличена, а энерго-, металло- и материалоемкость торкрет-технологии снизится до обычного уровня.

Таким образом, с одной стороны, мы получаем хороший конструкционный материал, обладающий рядом ценных свойств, с другой стороны, для его получения должны затрачиваться значительные ресурсы. В то же время представляется вероятным, что, образовав поток дискретных частиц на иной технологической основе, аналогичный потоку, выбрасываемому из сопла пневматических аппаратов, мы получим ресурсоконкурентную технологию.

Развивая эту гипотезу можно также предположить, что, используя в качестве технологических средств вновь создаваемой набрызговой технологии роторную метательную головку, работающую в заранее отрегулированном режиме, процесс приготовления набрызг-бетона станет более стабильным, а свойства материала будут улучшены, так как исключается субъективное влияние человека-сопловщика, регулирующего «на глаз» влажность смеси, расстояние от сопла до поверхности и другие технологические параметры.

В 1962 г. лабораторией тяжелых бетонов ВНИИ железобетона была разработана установка для формования бетонных изделий, в которой основным рабочим органом являлась роторная головка, предназначенная для работы с мелкозернистой бетонной смесью. Применение роторного способа позволяет совместить операции по укладке и уплотнению бетонной смеси, исключить из технологического процесса вибрацию, получить требуемую прочность в любом сечении изделия благодаря управляемости процесса уплотнения, применить автоматизацию и комплексную механизацию, создать технологическую линию с дистанционным управлением процесса укладки и уплотнения бетонной смеси.

За рубежом метод набрызга, осуществляемый с помощью различных механических устройств, также находит применение. Так, например, устройство для формования строительных панелей, включающее роторный бетономет, создано в Чехословакии [2].

Заключение

1. Перспективным для строительства цементобетонных дорог является способ механического набрызга бетонной смеси. Однако исследования по механическому набрызгу бетонной смеси, проведенные во ВНИИ железобетоне, ограничиваются опытами, которые выполнялись преимущественно с применением мелкозернистых составов. Особого внимания в этих работах заслуживает то, что основной рабочий орган опытной формующей установки был выполнен в виде двухсторонней метательной головки, которая при ее соответствующей модернизации и модификации, например, по патенту России № 2217302 [3] может быть использована и для набрызга бетонных смесей с крупным заполнителем.

2. При этом основное внимание уделялось технологическим аспектам и организации производства работ, а физико-технические свойства цементного бетона, полученного по ротационной технологии, изучены совершенно недостаточно для проектирования долговечных и высокоэкономичных дорожных одежд, что и предопределяет актуальность дальнейших исследований, в том числе и по применению в дорожном строительстве бетонов на пористых заполнителях.

Литература

1 Кондращенко В.И. О применении конструкционных легких бетонов в мостостроении [Текст] / В.И. Кондращенко, В.Н. Ярмаковский, С.В. Гузенко // Транспортное строительство, № 9, 2007, с. 10-13.

2 Сметана И. Устройство для производства строительных панелей [Текст] / И. Сметана, О. Конопко, Б. Кула. – Патент ЧССР. Класс 80а 46 Б 92416.

3 Гусев Б.В. Метательное устройство для укладки и уплотнения бетонных и др. строительных смесей [Текст] / Б.В.Гусев, В.И.Кондращенко, М.Г.Дюженко, С.А.Носальский – Патент России № 2217302. Бюл. № 33, 2003.

СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ ДОБАВКА ДЛЯ ЩЕБЁНОЧНО-МАСТИЧНОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ИЗ БУМАЖНЫХ ОТХОДОВ

Тоболенко С.С., Ядыкина В.В. (БГТУ им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ)

Приводятся результаты исследования влияния стабилизирующих добавок из бумажных отходов на свойства щебёночно – мастичного асфальтобетона.

В настоящее время к автомобильным дорогам предъявляются всё более высокие требования. Это обусловлено возрастающими транспортными нагрузками: увеличением интенсивности движения, повышенной нагрузкой на ось. Также актуальными остаются вопросы повышения долговечности покрытий, применения повторно используемых материалов, снижения расходов на производство асфальтобетонных смесей, используемых для устройства верхних и нижних слоев покрытия.

Наиболее перспективным материалом современного дорожного строительства, позволяющим повысить качество автодорог, является щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА), который обеспечивает высокий коэффициент сцепления с колесом автомобиля, уменьшение водяных брызг и аквапланирования шин, высокое сопротивление постоянной деформации, наивысшую долговечность, низкий уровень шума, снижение расходов на обслуживание. История создания щебеночно-мастичного асфальта (ЩМА) восходит ко второй половине 60-х годов. Он появился как следствие борьбы дорожных служб Германии с интенсивным разрушением дорожного полотна и колеобразованием из-за массового использования автомобилистами шипованных шин в зимний период. С тех пор данный вид асфальта нашел свое распространение во всей Европе и во многих частях света.

Принципиальная разница между ЩМА и обычным асфальтобетоном заключается в его жесткой каркасной структуре, которая обеспечивает передачу нагрузки с поверхности в нижележащие слои через непосредственно контактирующие друг с другом отдельные крупные частицы каменного материала, благодаря чему слой щебеночно-мастичного асфальтобетона подвергается меньшим деформациям как в поперечном, так и в продольном направлениях. В отличие от традиционных асфальтобетонов с плотной многоуровневой структурой, щебеночно-мастичный асфальтобетон имеет каркасно-щелевую структуру, благодаря которой обладает рядом преимуществ.

ЩМА по входящим в состав компонентам практически не отличается от остальных горячих асфальтобетонных смесей. Единственное отличие в

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

компонентах состава – это применение стабилизирующих добавок.

Стабилизирующие добавки представляют собой волокно, как правило целлюлозное, или гранулы на его основе: VIATOR, TOPCEL. Эти гранулированные стабилизирующие добавки выпускаются зарубежными производителями и имеют довольно высокую стоимость. Поэтому актуально применение в качестве стабилизирующих добавок более дешёвых отечественных материалов.

При приготовлении ЩМА допускается применение волокон с круглым или удлиненным поперечным сечением нитей длиной от 0,1 до 10,0 мм.

В соответствии с ГОСТ 31015 - 2002 [1] волокно должно иметь ленточную структуру нитей, быть однородным и не содержать пучков, скоплений нераздробленного материала и посторонних включений.

В современной литературе имеется информация об использовании техногенных отходов [2-3], однако практически отсутствуют сведения о применении отходов макулатуры в качестве стабилизирующей добавки для щебёночно-мастичного асфальтобетона.

В данной работе исследовалась возможность использования молотой бумаги в качестве стабилизирующей добавки. Для помола бумаги применялась молотковая дробилка. На выходе получались волокна разной крупности. Крупность волокон зависит от размера выходного сита. Использовались волокна из различного вида макулатуры крупностью 1, 2, 4 и 7 мм.

Смеси ЩМА должны быть устойчивыми к расслаиванию в процессе транспортирования и загрузки - выгрузки. Устойчивость к расслаиванию определялась по показателю стекания вяжущего согласно ГОСТ 31015-2002 [1], Сущностью метода является оценка способности горячей щебёночно-мастичной асфальтобетонной смеси удерживать содержащееся в ней вяжущее. Результаты испытаний приведены в таблице 1.

Из полученных результатов видно, что лучшие показатели по стеканию битума продемонстрировала смесь со стабилизирующей добавкой из №4 с диаметром 2 и 4 мм. Показатель стекания составил 0,04% по массе. Аналогичный результат показала смесь с добавкой №2 длиной 1 мм.

Таблица 1 – Показатель стекания вяжущего с волокон

№ образцов добавок \ Ø сита, мм	1	2	4	7
1	0,29	0,23	0,12	0,745
2	0,04	0,16	0,05	0,05
3	0,11	0,12	0,07	0,03
4	0,05	0,04	0,04	0,46

Неудовлетворительные результаты были достигнуты при применении добавки №1 размера 1 и 7 мм, №4 размером 7 мм. Показатель стекания в данных случаях составил: для образца №1 - 0,29% и 0,745% соответственно, для образца №4 - 0,46 %. Эти результаты не

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015-2002 [1], который допускает максимальный показатель 0,2% по массе.

Испытания физико-механических показателей щебёночно-мастичного асфальтобетона проводились на смеси ЩМА-10 в соответствии с ГОСТ 12801-98 [4]. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Испытания физико-механических показателей щебёночно-мастичного асфальтобетона проводились на смеси ЩМА-10 в соответствии с ГОСТ 12801-98 [4]. Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические показатели ЩМА

Показатель № образцов	R ₅₀	R ₂₀	R _h	Водонасыщение,	Коэффициент водостойкости
VIАТОР	1,35	4,5	3,9	1,8	0,87
№2 диам. 4	1,5	4,3	4,2	1,6	0,97
№4 диам. 7	1,6	4,1	3,9	1,8	0,95
№4 диам. 2	1,87	4,52	4,3	2,25	0,95
№4 диам. 4	1,87	4,19	3,5	2,11	0,84

В качестве контрольных результатов использовались физико-механические показатели образцов ЩМА с волокнистой стабилизирующей добавкой VIАТОР.

Из таблицы 2 видно, что все составы ЩМА с исследуемыми добавками удовлетворяют требованиям ГОСТ 31015-2002 [1] по пределу прочности при сжатии при температуре 20 °С, пределу прочности при сжатии при температуре 50 °С. Испытания показали, что смесь с добавкой №4 длиной 4 мм, не удовлетворяет требованиям ГОСТ 31015-2002 [1] по водостойкости, а смеси с добавками №2 диаметром 4 и 7, №4 с диаметром 2 имеют водостойкость выше, чем смесь с добавкой VIАТОР.

Заключение

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод о пригодности отходов бумаги в качестве стабилизирующей добавки для производства щебёночно – мастичного асфальтобетона

Литература

1 ГОСТ 31015 – 2002. Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебёночно – мастичные. Технические условия. - Введ. 01.01.1999.

2 Ядыкина В.В. Исследование адсорбции битума на поверхности волокнистых материалов / В.В.Ядыкина, Н.П.Куцына // Вестник БГТУ: Материалы Международной научно-практической конференции «Современные технологии в промышленности строительных материалов и стройиндустрии» - Белгород, 2005. - №9.– С.441 – 444.

3 Задорожный Д.В. Щебеночно-мастичный асфальтобетон с повышенными эксплуатационными свойствами / Д.В.Задорожный // Изв. Ростов. гос. строит. ун-та. 2004, №8. – с. 259

4 ГОСТ 12801 – 98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. - Введ. 05.03.2003.

5.22 ПРЕДПОСЫЛКИ ПРИМЕНЕНИЯ ВАКУУМИРОВАННОГО ФИБРОБЕТОНА В ДОРОЖНОМ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

В.Топорец, Ю.Моисеев, А.Рышковой, Н.Овчаренко
(ТУМ, Кишинев, Молдова)

Анализ современных тенденций в области дорожного строительства и технологии возведения гидротехнических сооружений на основе монолитного бетона показал, что формирование высококачественной структуры материала в значительной мере обеспечивается процессами укладки и уплотнения бетонных смесей.

Повышенные требования к износоустойчивости, сопротивлению механическим и динамическим воздействиям и водонепроницаемости конструкций предполагает соответствующие требования к используемым материалам и соответствующих технологических решений, в первую очередь, по уплотнению бетонных смесей. Традиционные способы уплотнения (глубинными и площадочными вибраторами, виброрейками), применяемые при бетонировании монолитных конструкций, ограничивают достижение требуемых характеристик материала. Это обусловлено тем, что, независимо от состава, В/Ц и подвижности бетонной смеси, находящаяся в ней значительная часть избыточной влаги, испаряясь, способствует порообразованию, что, в свою очередь, снижает водонепроницаемость бетона. В то же время, обычные бетонные смеси не обеспечивают в достаточной степени требованиям, предъявляемым к дорожным покрытиям и гидротехническим сооружениям.

Эффективным технологическим приемом, позволяющим получить материал с повышенными структурно-прочностными характеристиками, является вакуумная обработка свежешелюженного фибробетона.

В процессе вакуумирования значительное статическое давление, созданное за счет разности атмосферного и вакуумметрического давлений, передаваемое на обрабатываемый фибробетон отсасывающим устройством, разрушает направленные поры и капилляры, которые служили артериями для перемещения удаляемой жидкости и паро-воздушной смеси.

Удаление части воды затворения и паро-воздушной смеси, а также разрушение структуры материала на начальной стадии её формирования, способствует увеличению водонепроницаемости бетона, что подтверждено результатами лабораторных исследований по определению влияния

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

технологических факторов на формирование структуры обрабатываемого вакуумом свежеуложенного фибробетона.

На основе анализа экспериментальных данных следует, что одним из важнейших факторов, влияющих на кинетику водоотделения, является степень разрежения, причем наиболее полное и равномерное удаление воды достигается вакуумированием при разрежении 0,075 МПа (Рисунок 1).



Рисунок 1- Водосодержание свежеобработанного фибробетона, соответственно при: 1 – 0.06 МПа; 2 – 0.075 МПа; 3 – 0.09 МПа и 4 – необработанного вакуумом фибробетона.

На основании анализа физических процессов, протекающих в вакуумируемом бетоне, установлено, что эффективность обработки свежеуложенного бетона зависит от величины осадки слоев (степени уплотнения), увеличивающей плотность упаковки компонентов бетона [1].

В связи с тем, что вакуумметрическое давление распространяется неравномерно по толщине обрабатываемого бетона, не достигается и равномерного уплотнения слоёв бетона. Исходя из этого, программой экспериментальных исследований предусматривалось определение величины осадки слоёв бетона в процессе вакуумирования, в зависимости от технологических факторов [2], для чего была разработана соответствующая лабораторная установка (рисунок 2).

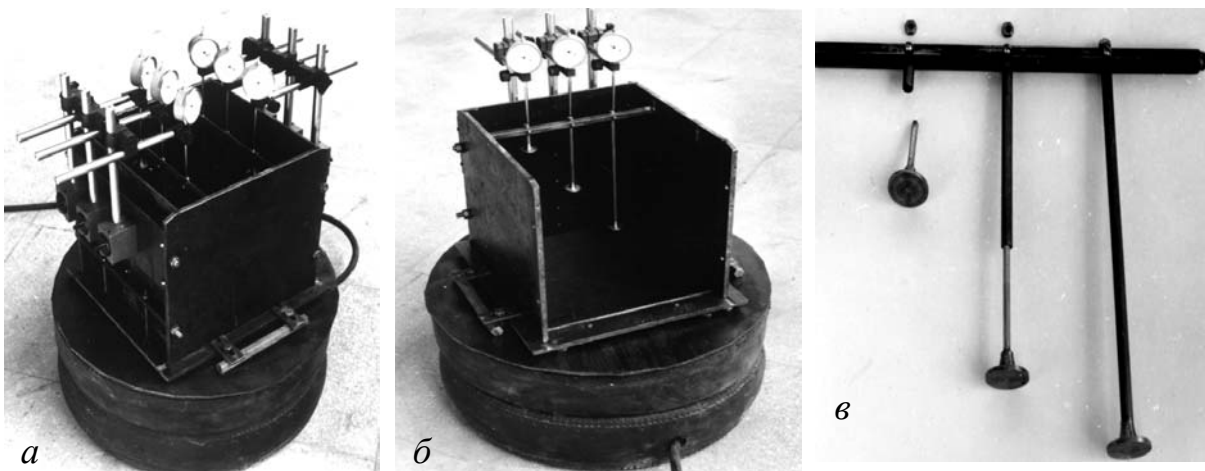


Рисунок 2 - Лабораторная установка для определения осадки слоёв бетона в процессе вакуумирования:

а – общий вид установки; *б* – схема расположения устройств для определения осадки слоёв; *в* - устройство для определения осадки слоёв бетона в процессе вакуумирования

Секция 5. Актуальные проблемы дорожного комплекса

Исследованиями установлено, что формирование структуры материала взаимосвязано с деформативными процессами, протекающими при компрессионном (статическом) уплотнении обрабатываемого фибробетона, а также с процессом водоудаления. А именно, чем полнее и равномернее распределяется прессующее давление от вакуумщита по всей толщине обрабатываемой массы и, чем больше при этом воды удаляется, тем менее пористым становится фибробетон. Этими закономерностями и объясняется тот факт, что вакуумирование свежеложенного бетона при степени разрежения равной 0,075 МПа, приводит к получению материала с меньшей пористостью, что обусловлено более равномерной осадкой слоёв бетона (δ) в процессе вакуумобработки (рисунок 3).

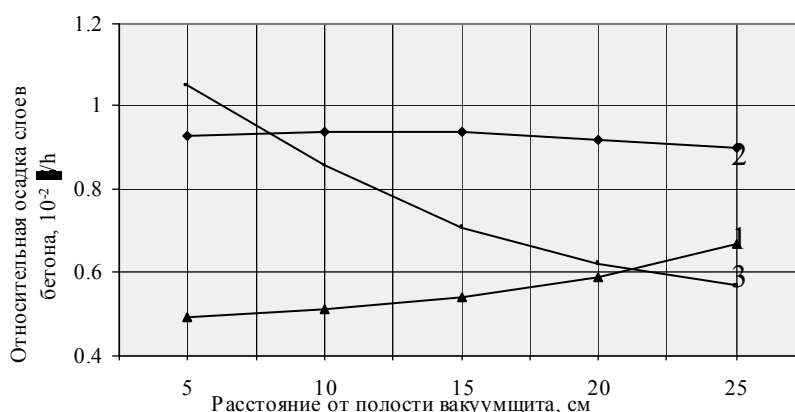


Рисунок 3 - Влияние степени разрежения на относительную осадку слоев бетона: 1 – вакуумирование при степени разрежения равной 0,06 МПа; 2 – то же, 0,075 МПа; 3 – то же, 0,09 МПа.

В результате исследований, был определен полный объем пор, объем открытых капиллярных и некапиллярных пор и объем условно закрытых пор бетона, обработанного вакуумом при степени разрежении равном 0,06, 0,075 и 0,09 МПа и необработанного вакуумом (таблица 1).

Таблица 1 - Среднее значение показателей пористости бетона

№ п/п	Наименование показателей	Обработанного вакуумом при степени разрежения, МПа:			Необработанного вакуумом
		0,06	0,076	0,09	
1.	Полный объем пор, %	8,4	5,1	8,9	20,7
2.	В том числе: объем открытых капиллярных пор, %	3,5	2,0	4,0	12,1
3.	объем открытых некапиллярных пор, %	3,8	1,6	2,8	7,1
4.	объем условно закрытых пор, %	1,1	1,5	2,1	1,5

На основании результатов экспериментально-теоретических исследований была разработана технология вакуумной обработки свежеложенного фибробетона, производственная апробация которой, подтвердила ее высокую эффективность и целесообразность при возведении монолитных конструкции, в

первую очередь гидротехнического назначения и дорожных покрытий, к которым предъявлены высокие требования по водонепроницаемости.

Практическое применение данной технологии подтвердило правомерность разработанных положений и ее приемлемость в области дорожного строительства и технологии возведения гидротехнических сооружений на основе монолитного фибробетона (Рисунок 4).

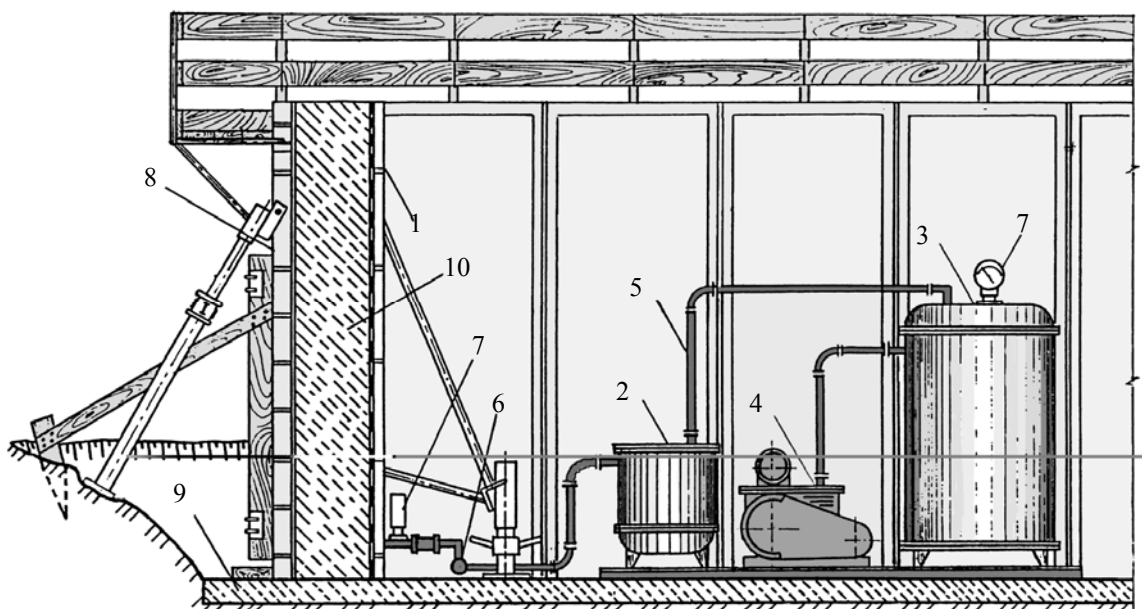


Рисунок 4 - Технологическая схема вакуумирования свежесуспензированного бетона монолитной конструкции в условиях строительной площадки: 1 – вакуумщик; 2 – водосборник; 3 – ресивер; 4 – вакуум-насос; 5 – вакуумный трубопровод; 6 – коллектор; 7 – вакуумметр; 8 – крупнощитовая опалубка; 9 – фундаментная плита; 10 – вакуумируемая вертикальная ограждающая конструкция

Результат производственной апробации показал, что разработанные конструкции вакуумного оборудования обладают высокой маневренностью, достаточной безопасностью и не требуют особой квалификации обслуживающего персонала. Установлено также, что вакуумная обработка свежесуспензированного бетона обеспечивает, по сравнению с необработанным вакуумом, повышение прочности на сжатие в месячном возрасте на 20-23 %, сцепление бетона с арматурой в 1,3-1,9 раза, а также уменьшение в 2-3 раза его пористости.

Литература

1 Топорец В. Возведение монолитных конструкций из разогретых керамзитобетонных смесей с использованием вакуумной технологии //Автореф. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. Москва, 1990, 24 с.

2 Toporeţ V. și a. Metodica cercetărilor proceselor deformative în betonul proaspăt turnat supus vacuumării //Schimbul de experiența a laboratoarelor din construcții, ediția a XIII^a. Cluj-Napoca, 2000, p.98-99.