

ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

TRANSPORT CONSTRUCTION

Основан в 1931 г.

1 / 2025

ISSN 0131-4300



Казанскому метрополитену – 20 лет!

На фото – ст. «Кремлевская» Центральной линии
(см. «Даты и факты»)

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

АВТОДОРОГИ И АЭРОДРОМЫ

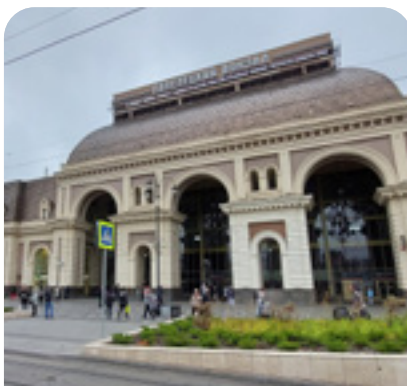
ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Даты и факты



ТРАМВАЙНЫЙ ТОННЕЛЬ – 160 ЛЕТ

Сыромятинский тоннель – единственный в Москве трамвайный тоннель под ж.-д. путями линии Москва – Курск. Однокатный арочный тоннель – однопутный. По нему проходит один трамвайный путь, который включает две трамвайных колеи, смещенных относительно друг друга на несколько сантиметров. В связи с добавлением новых ж.-д. путей для МЦД однопутный тоннель будет заменен на двухпутный без негабаритных кривых с добавлением полосы для автотранспорта и тротуара. При этом исторический вид тоннеля будет сохранен.



ПАВЕЛЕЦКИЙ ВОКЗАЛ – 125 ЛЕТ

Павелецкий вокзал был возведен в Москве для обслуживания Рязано-Уральской ж. д. Первоначально носил название Саратовский, с 1925 г. – Ленинский, в послевоенное время получил название по пос. Павелец Рязанской обл. В 1980-х гг. вокзал реконструировали и расширили, сохранив его прежний стиль. Здание выглядит одноэтажным со стороны площади, но на самом деле в нем три уровня помещений и технический этаж. Вокзал является важным транспортным узлом Москвы, обеспечивая ее связь с регионами России.



ХОДЫНСКИЙ АЭРОПОРТ – 115 ЛЕТ

Первая воздушная гавань столицы сооружена в 1910 г. на Ходынском поле. Состояла из грунтовой ВПП и шести ангаров. В 1918 г. была организована «летучая лаборатория» для проведения исследований по аэродинамике и воздухоплаванию, создан научно-опытный аэродром с конструкторским бюро и авиазаводом. Первые пассажирские перевозки начаты в 1922 г. В 1931 г. построено первое здание аэровокзала – одно из самых больших в мире, в 1936 г. ВПП заменена на бетонную. В 2003 г. из аэропорта вылетел последний самолет.



ВОЛЖСКАЯ ГЭС – 75 ЛЕТ

Волжская гидроэлектростанция построена в 1950 г. Ее возведение стало одним из самых масштабных проектов советской эпохи, символизирующим мощь и индустриальный прогресс страны. С вводом ГЭС значительная часть европейской территории СССР была обеспечена электроэнергией, улучшились условия судоходства по Волге, появилась возможность орошать засушливые земли. Вокруг станции вырос новый город – Волжский, ставший крупным промышленным центром. Сегодня Волжская ГЭС играет важную роль в энергосистеме России.



ТЮМЕНЬ – СУРГУТ – 50 ЛЕТ

Строительство ж.-д. магистрали Тюмень – Сургут протяженностью 789 км было начато в 1966 г. Первые 215 км проложены всего за 21 месяц, что явилось рекордно коротким сроком для такого масштабного проекта. 5 августа 1975 г. стало важной датой в истории ж.-д. транспорта Западной Сибири, когда первый поезд отправился из Тюмени в Сургут по новой магистрали, связавшей воедино нефтегазоносные артерии региона. Это событие стало результатом многолетней работы и борьбы со стихией – болотами и вечной мерзлотой.



МЕТРОПОЛИТЕН КАЗАНИ – 20 ЛЕТ

Открытие метрополитена было приурочено к празднованию в 2005 г. тысячелетия г. Казани. Метрополитен стал пятнадцатым по счету в бывшем СССР и седьмым в России. В основном станции метро строились открытым способом. Проходка тоннелей велась современными тоннелепроходческими механизированными комплексами (ТПМК). На момент открытия протяженность линии составляла 7,1 км, а число станций – пять. Будучи самым коротким по протяженности в мире, Казанский метрополитен попал в Книгу рекордов Гиннеса.

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий ВАК, в которых публикуются основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук. Научные статьи аспирантов публикуются бесплатно.

УЧРЕДИТЕЛИ

ООО «Малое инновационное предприятие «Технопарк МАДИ» (ООО «МИП «Технопарк МАДИ»)

Региональная общественная организация «Научно-техническая ассоциация ученых и специалистов транспортного строительства» (РОО «НТАУиСТС»)

ГЕНЕРАЛЬНЫЙ ИЗДАТЕЛЬ

ООО «МИП «Технопарк МАДИ»
 Ген. директор Васильев Ю.Э.
 Тел.: +7-903-750-03-77
 yu.vasilev@mipmadi.ru

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

БАСИН Е.В. – председатель
 АБДРАХМАНОВ С.С.
 ВАСИЛЬЕВ Ю.Э.
 КОГАН Р.А.
 ПОЛИЩУК Н.А.
 САЛИМОНОВ А.А.
 ШМИДТ В.И.
 ЮМАШЕВ В.М.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

ВАСИЛЬЕВ Ю.Э. – главный редактор
 АКСЕНОВ В.А.
 АШПИЗ Е.С.
 БУСЕЛ А.В.
 ДЕМЬЯНУШКО И.В.
 ЖУСУПБЕКОВ А.Ж.
 ЗЫЛЁВ В.Б.
 КОРОЛЁВ Е.В.
 КОСМИН В.В.
 КРУГЛОВ В.М.
 ЛУЦКИЙ С.Я.
 МАЗЕИН С.В.
 МЕРКИН В.Е.
 ТРОФИМЕНКО Ю.В.
 УШАКОВ В.В.
 ШЕПИТЬКО Т.В.
 ЯДЫКИНА В.В.
 ЯКУБОВИЧ А.Н.

РЕДАКЦИЯ

125319, г. Москва, Ленинградский пр-т, д. 64, ООО «МИП «Технопарк МАДИ»
 E-mail: ictrs@mail.ru, http://www.tc-journal.ru

ДИЗАЙН И ВЕРСТКА

СЕРГЕЙ ЗГОДА

ВЫПУСКАЮЩИЙ РЕДАКТОР

ПЕТРОВА Н.Е.

Свидетельство о регистрации СМИ:
 ПИ № ФС77-83286 от 03.06.2022.

Подписной индекс: 70976
 «ПРЕССА ПО ПОДПИСКЕ»
 по ссылке: <https://www.akc.ru>

Подписано в печать: 20.03.2025
 Отпечатано: ТЕХПОЛИГРАФЦЕНТР
 125319, г. Москва, ул. Усиевича, д. 8
 Тираж 1000 экз.

В розничную сеть журнал не поступает. Цена свободная.

TRANСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

Научно-технический и производственный журнал
 Основан в 1931 г.

TRANSPORT CONSTRUCTION

Science, Technology and Practice Magazine
 Founded in 1931

Награжден орденом
 «Знак Почёта»
 в 1981 г.



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

ЦИФРОВИЗАЦИЯ	DIGITALIZATION	стр./page
<p>Семочкин А.В. О способах включения интеграции данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры в систему цифрового информационного моделирования</p>	<p>Semochkin A.V. On ways to integrate monitoring data of transport infrastructure facilities into a digital information modeling system</p>	02
<p>АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ</p>	<p>HIGHWAYS</p>	
<p>Кузнецов Ю.В., Гавриленко А.А., Пуркина И.А. Снижение аварийности на автомагистралях с колеиностью</p>	<p>Kuznetsov Yu.V., Gavrilenko A.A., Purkina I.A. Reduction of accidents on highways with rutted roads</p>	09
<p>ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ</p>	<p>ROAD CONSTRUCTION MATERIALS</p>	
<p>Лоева П.М, Каленова Е.В. Применение стабилизирующих добавок для комплексного укрепления и стабилизации мелкодисперсных грунтов рабочего слоя земляного полотна</p>	<p>Loeva P.M., Kalyonova E.V. Application of stabilizing additives for complex strengthening and stabilization of fine-dispersed soils of the working layer of the earth bed</p>	12
<p>АЭРОДРОМЫ</p>	<p>AIRFIELDS</p>	
<p>Попов А.Н., Шашков И.Г., Попов Д.А., Кочетков А.В. Требования к инструментальному оснащению мобильной диагностической аэродромной лаборатории</p>	<p>Popov A.N., Shashkov I.G., Popov D.A., Kochetkov A.V. Requirements for the instrumental equipment of the mobile diagnostic airfield laboratory</p>	16
<p>Куль С.В. Влияние давления на скорость потока в малых водопропускных сооружениях аэродромных патрульных дорог</p>	<p>Kul S.V. The effect of pressure on the flow rate in small culverts of airfield patrol roads</p>	22
<p>ЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ</p>	<p>PROTECTIVE STRUCTURES</p>	
<p>Абдужабаров А.Х., Мехмонов М.Х., Маткаримов А.Х. Защитные сооружения лавинозащитных галерей от камнепада</p>	<p>Abduzhabarov A.Kh., Mekhmonov M.Kh., Matkarimov A.Kh. Protective structures of avalanche protection galleries from rockfall</p>	26
<p>МОСТОСТРОЕНИЕ</p>	<p>BRIDGE CONSTRUCTION</p>	
<p>Хазанов М.Л. Использование MEMS-инклинометра для динамических испытаний мостов</p>	<p>Khazanov M.L. Use of MEMS-inclinometer for dynamic bridge testing</p>	29
<p>ЭКОЛОГИЯ</p>	<p>ECOLOGY</p>	
<p>Лупанов А.П., Силкин В.В., Рудакова В.В., Силкин А.В. Охрана окружающей среды на асфальтобетонных заводах</p>	<p>Lupanov A.P., Silkin V.V., Rudakova V.V., Silkin A.V. Environmental protection at asphalt concrete plants</p>	32

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за точность приведенных фактов, цитат, экономика-статистических данных, собственных имён, ссылок на литературные источники и других сведений. Гонорары авторам не выплачиваются. Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов публикуемых материалов.

О способах включения интеграции данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры в систему цифрового информационного моделирования

СЕМОЧКИН А.В., асп., Институт пути, строительства и сооружений Российского университета транспорта (МИИТ), Москва

Аннотация

Представлена технология установления параметрических зависимостей между элементами транспортной инфраструктуры. Рассматриваются особенности пространственного моделирования данных видов мониторинга объектов транспортной инфраструктуры, в том числе на основе обустройств. Описываются способы организации данных цифрового информационного моделирования, систем автоматизированного проектирования (САПР), а также данных обследований и измерений. Рассмотрены условия структурирования данных в рамках технологического процесса их обработки и анализа средствами баз данных и параметрического моделирования в векторно-атрибутивной постановке элементов цифровой информационной модели.

Ключевые слова

коллокация данных мониторинга, контроль параметров элементов железнодорожного пути, мониторинг объектов транспортной инфраструктуры, онтология данных, параметрическое моделирование, пространственное распределение, установление связей между элементами, специальные базы данных, цифровое информационное моделирование

Abstract

The aim of this study is to determine the technological features of using digital information modeling for integrating and describing monitoring data in a spatial-attributive framework. The article examines the specifics of developing a software module for parametric modeling of monitoring data within a digital information modeling system. It explores the decomposition characteristics of initial modeling data for the formation of step and amplitude graphs within the spatial model system. Various methods for utilizing data variance to analyze its reliability and compliance with criteria are described. The study considers visual programming methods for automated modeling of graph areas using surface networks and Gaussian curvature. The article analyzes existing approaches to assessing the current state of a construction object within the framework of 4D technology, employing tools and mathematical methods for creating numerical modeling splines in a spatial system. Special attention is given to methods for generating graphs in a spatial system based on data linked vector-attributively within digital information modeling elements and external tables. The study proposes a systematization of individual modeling technologies based on a three-step method of digital information modeling for monitoring data.

Keywords

collocation, datasets, data dispersion, digital information modeling, element decomposition, geometric modeling, mathematical modeling, monitoring, ontology, parametric modeling

Основной проблемой применения цифрового информационного моделирования и систем автоматизированного проектирования является сложность формирования запросов и обращений к параметрам, а также обработки данных для решения текущих задач. К текущим задачам можно отнести мероприятия по эксплуатации объектов, в ходе выполнения которых отсутствует возможность прямого и однозначного получения групп данных для их использования. Отдельные вопросы обработки и декомпозиции данных железнодорожной инфраструктуры рассмотрены сотрудниками Института пути и строительства сооружений в рамках мониторинга железнодорожного полотна в стесненных условиях [1]. Совокупным негативным фактором описываемого технологического барьера в рамках работы с данными становится невозможность наращивания информационной структуры объектных данных, объектовых схем и обновления текущих параметров элементов сооружений.

Указанные проблемы связаны в первую очередь с тем, что данные объектов инфраструктуры и обустройств организуются в разнородных электронных форматах и обращение к ним происходит на различных этапах их создания и обработки. Одним из основных результатов описываемой в статье работы стало создание технологии, позволяющей уточнять данные геометрии земляного полотна мостовых подходов, наращивать структуру данных мониторинга в цифровой информационной модели, а также анализировать результаты мониторинга. В частности, создана адаптивная модель поперечного сечения на основе анализа результатов съемки. Данный элемент состоит из точек и связей, образующих контур профиля (рис. 1).

Поперечное сечение подчиняется структуре параметров, позволяющих связать его геометрию с точками съемки различных элементов, полученных на местности. Данная работа частично описана

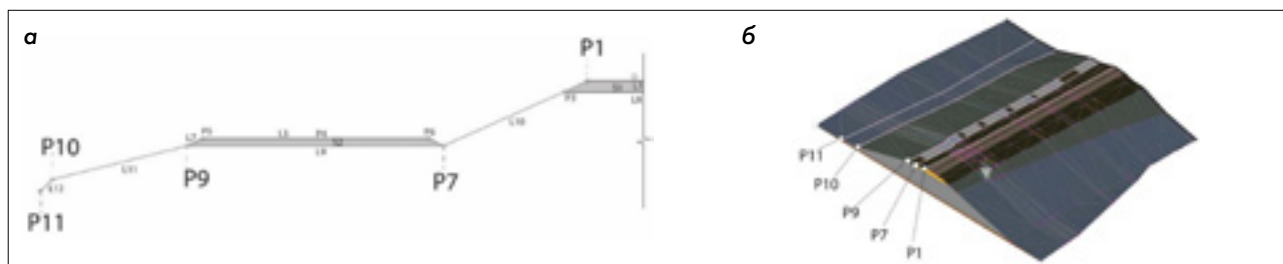


Рис. 1. Построение цифровой информационной модели по данным съемки: а – укрупненная схема поперечного сечения в программном комплексе SubassemblyComposer; б – построение информационной модели на основе целевых параметров съемки в программном комплексе Civil 3D

в рамках изучения технологии информационного моделирования объектов в условиях многолетнемерзлых грунтов сотрудниками Института пути и строительства сооружений Российского университета транспорта [2]. Данные контуров преобразуются в элементы трассировки и позволяют расставлять поперечное сечение в заданной частоте вдоль профиля трассы. Точки поперечного сечения выставляются в соответствии с контурами. Таким образом в рамках моделирования получена модель текущего состояния подходов. Одной из особенностей моделирования является возможность обновлять информацию о точках съемки. Образующие трассировки, с точки зрения информационного моделирования, относятся к целевым параметрам. Каждая кривая съемки содержит точки и ребра. Расположение точек съемки в координатах XY контролируется через точки съема (PVI), при этом координата Z регулируется высотной отметкой (PVElevation). Помимо координат точек, выраженных через линейную систему, в контролирующей ведомости содержатся уклоны ребер, соединяющих точки и в свою очередь различающиеся на входные и выходные. В составе свойств и атрибутов цифровой информационной модели фиксируются основанные на предшествующих и последующих параметрах данные изменений уклона при переходе на новое ребро. Параметры ведомости можно подразделить на типы: управляющие и отчетные. К управляющим параметрам можно отнести координаты точек и уклоны, изменения которых определяют геометрию земляного полотна железнодорожного пути. К отчетным параметрам можно отнести разность уклонов. Использование отчетных параметров описано в рамках исследований анализа материалов цифрового информационного моделирования на коллизии или пересечения элементов инженерных коммуникаций с конструкцией железнодорожного полотна Болонской трамвайной линии [4].

Выводы статьи основаны на использовании формата HTML, являющегося средством формирования отчета на коллизии трехмерных представлений конструктивных элементов. При этом анализ объектов инфраструктуры на стадии эксплуатации выходит за рамки приведенного выше анализа. Это связано с тем, что эксплуатационные параметры необходимо совмещать с данными съемки и измерений отдельных показателей датчиками. Таким образом, работа по экспериментальному моделированию направлена на обработку данных, получаемых в дополнение к проведенным ранее работам по созданию цифровой информационной модели на этапе проектно-эксплуатационного цикла.

Одной из основных задач, позволяющих связать параметры повышения надежности объектов транспортной инфраструктуры со свойствами машиночитаемой информации, присущей цифровому информационному моделированию, является установление соответствий наименований данных логико-математическому формализованному описанию зависимостей. Наименование параметров трассировки подчиняется структуре формата обмена данными XML, оформленной в соответствии со стандартом, применяемым в системе моделирования. В международной практике нормирования в сфере железных дорог существует конвенция обозначений различных параметров. Исследуются возможности использования формата XML и технологии машиночитаемых данных RailML для создания единой среды инженерных данных [3]. В стандарте AASHTO параметры также подчинены зависимостям между элементами. Далее приведен пример зависимости элементов конструкций пути. Наименование отношения NStoNC определяет в машиночитаемом виде зависимость, определяющую связи начальных и конечных точек профиля откоса. Зависимость двух кривых, в свою очередь формирующих в пространственной модели поверхность откоса,

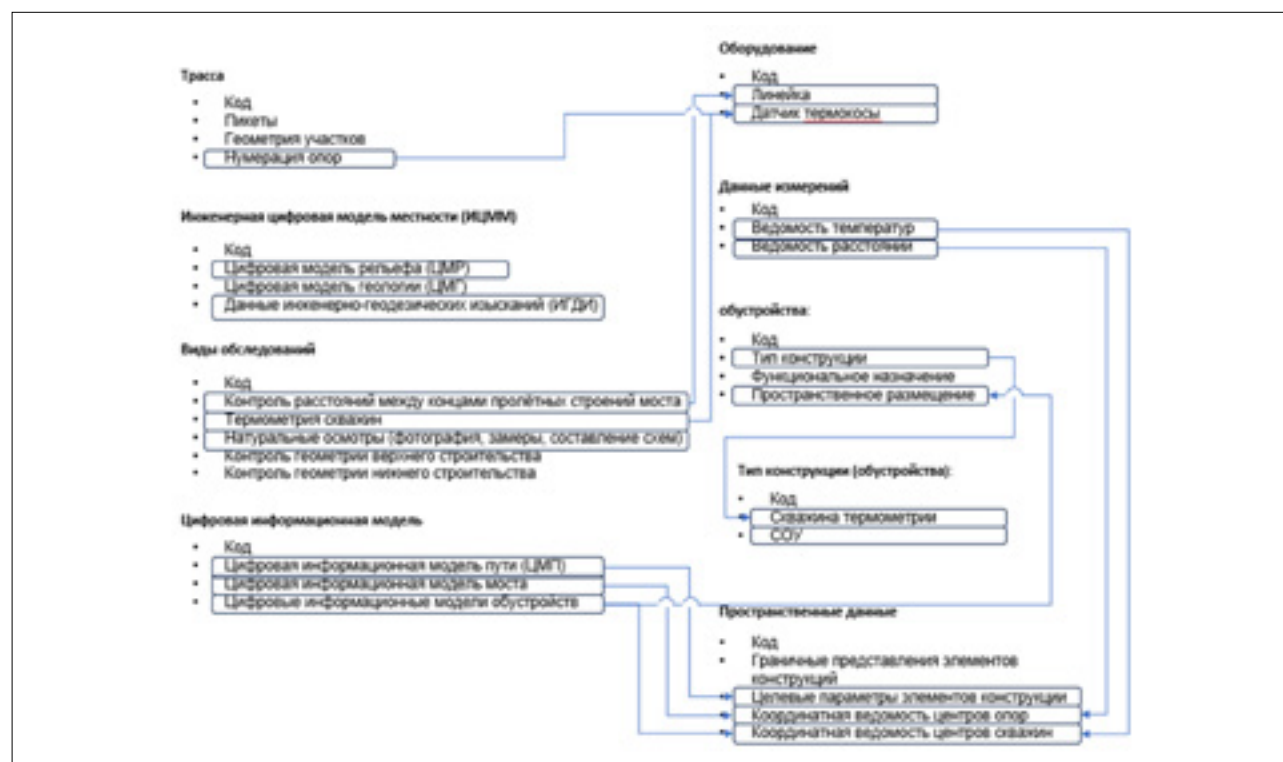


Рис. 2. Структура базы данных, основанная на полученной конструкции связей в программном комплексе Microsoft Access

записывается в структуре XML следующим образом: $\{t\}(\{s\}-\{c\})/\{e\}$, где $\{t\}$ – значение точки, выраженной через линейное приращение в рамках начальной и искомой точки PVI; $\{s\}$ – значение крутизны откоса; $\{c\}$ – нормативный уклон профиля; $\{e\}$ – усредненное или нормативное значение крутизны откоса. Из этого следует, что обозначение « e » является усредненным, нормируемым уклоном, а также может быть эксплуатационным параметром, относительно которого выполняется проверка. При этом текущие значения фактических уклонов « s » в местах размещения точки PVI (« t ») являются искомыми (отчетными) параметрами, получаемыми на основе цифровой информационной модели. Таким образом, значениям « t » соответствуют массивы точек PVI, а фактические уклоны – значениям съемки в цифровой информационной модели. Данный подход используется для анализа данных цифровой информационной модели на соответствие заданным параметрам « e ». При этом существует возможность внесения изменений в структуру XML-схемы для контроля параметров железной дороги в заданных параметрах оценки текущего состояния.

Особенности создания технологии цифрового информационного моделирования объектов транспортной инфраструктуры и обустройств обес-

печивают возможность получения данных и автоматизированного контроля состояния на основе критериев проверки XML-схемы. Установление взаимосвязей между элементами основывается на логико-математической структуре элементов цифрового информационного моделирования. Значения фактических параметров подчиняются в свою очередь LandXML формату, который позволяет структурировать параметры для возможности их регистрации в проверочной схеме, описанной выше. Отдельные данные мониторинга, получаемые в рамках выполнения дополнительных исследований, связанных с изучением температурных явлений или проведением локальных испытаний, не изучены в рамках цифрового информационного моделирования и требуют создания дополнительных алгоритмов пространственного распределения и их обработки. Работа с результатами мониторинга в модели может выполняться на основе параметрического моделирования. Параметрическое моделирование мостов изучалось ранее в рамках контроля параметров через возможности формата обмена данными цифрового информационного моделирования IFC [5]. При этом привязка значений и показателей в форме таблиц ранее не исследовалась. Данные параметры в рамках работы

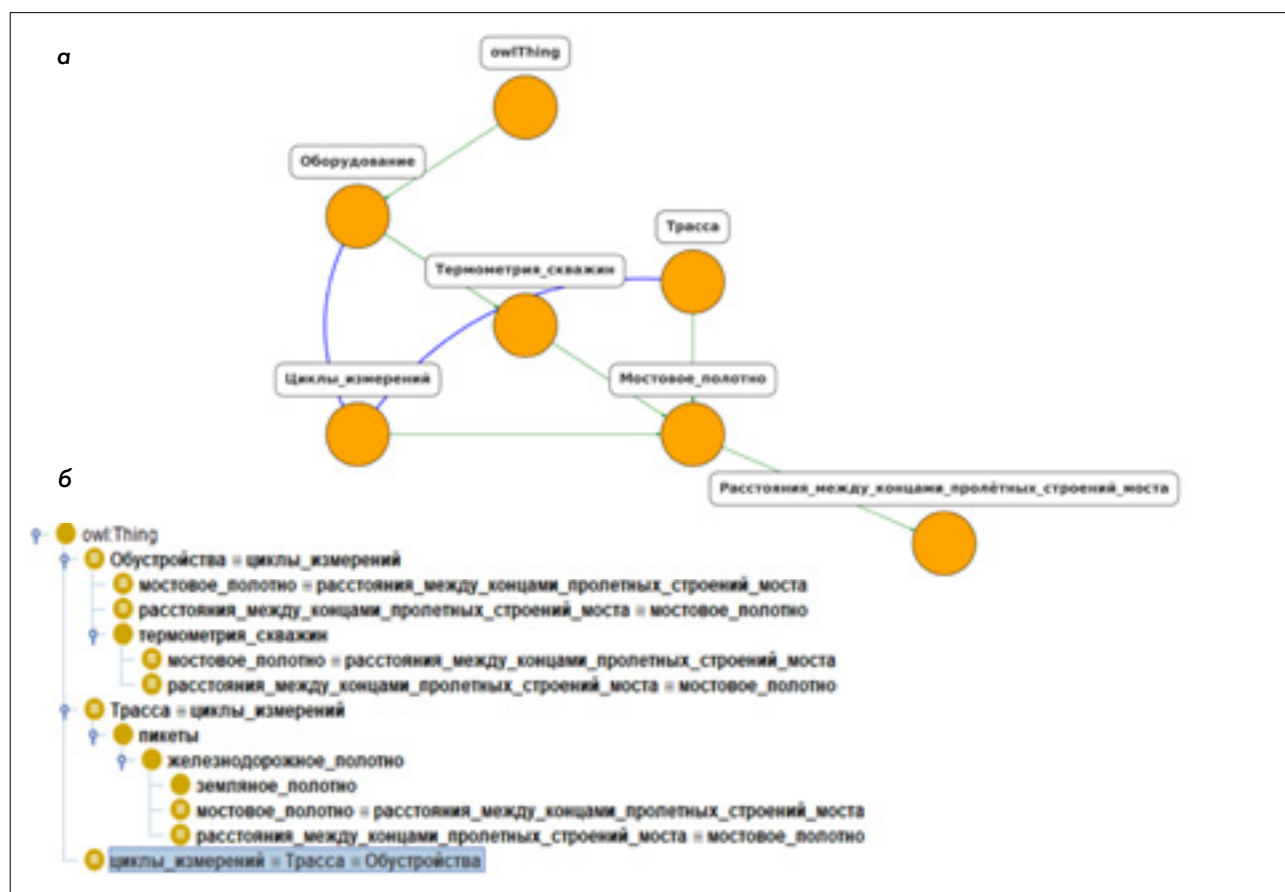


Рис. 3. Установление тождественных взаимосвязей между элементами в программном комплексе Protege: а – графовая схема онтологической модели; б – порядковая структура онтологической модели

интегрируются в различные элементы низкого кода при параметрическом моделировании (рис. 3). Учитывая большое количество материалов мониторинга объекта инфраструктуры, оформляемых в форме таблиц, целесообразно создание структуры хранения и обмена данными, основанной на технологическом процессе параметрического моделирования. Таким образом, в основе сбора электронных материалов для параметрического моделирования лежит реляционная база данных, позволяющая организовать данные в соответствии с технологическим процессом их обработки. На рис. 2 отображена общая схема, полученная на основе программного комплекса Microsoft Access.

Элементы базы данных (БД) могут использоваться как в одном элементе низкого кода, так и в нескольких. Несколько потоков данных, соединяющихся в один элемент БД, предполагают использование декомпозиции. Например, совмещение потоков, содержащих ведомость расстояний и цифровой модели моста, позволяет получить: координатную ведомость и точки центров опор, а также уточнить размещение

концов пролетных строений. Декомпозиция данных производится средствами параметрического моделирования. Создание новых соотношений между элементами XML-схемы и параметрического моделирования возможно провести на основе онтологии. Данные отношения формируются на основе связевой модели и иерархии данных. Использование онтологии для эксплуатации объектов железнодорожной инфраструктуры ранее исследовалось в рамках формализованного описания отказов [6]. При этом данные обследований, нацеленные на предупреждение деградации отдельных элементов, являются частью прогнозирования изменений параметров надежности объекта транспортной инфраструктуры. В частности, при моделировании данных, получаемых средствами измерений (линейками для измерения расстояний между конструкциями, электронными датчиками), в модели возможно построить сопряженные уровни иерархии. Под сопряженными уровнями понимается установление дополнительных связей между элементами инфраструктуры для решения определенных задач. Каждому элементу онтологии

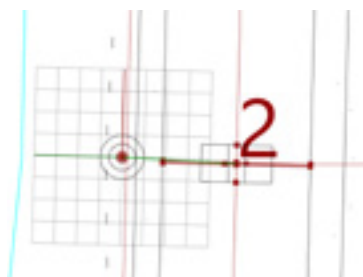


Рис. 4. Определение взаимного расположения элементов инфраструктуры и устройств

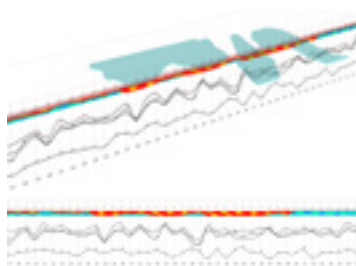


Рис. 5. Трехмерное представление данных мониторинга в пространственной модели и полученный профиль

соответствуют элементы базы данных. Особенностью онтологической модели является выявление элементов, участвующих в определенном технологическом процессе. Более насыщенными цветовыми оттенками в графовой модели автоматически подсвечиваются элементы установления связевых конструкций для моделирования данных скважин и температурных зазоров (рис. 5). Таким образом, в структуре заданы зависимости, обвязываемые критическим путем и сопутствующими данными. В частности, данные измерений зазоров сопряжены с мостовым полотном и термометрией скважин. Эта тождественность дублируется в структуре устройств в рамках циклов измерений и в структуре железнодорожного полотна. Последнее обусловлено необходимостью пространственного позиционирования данных (рис. 6). Тождественность во взаимосвязи между трассой пути, устройствами и циклами измерений необходимо декомпозировать в рамках параметрического моделирования. При этом онтология позволяет провести аспектное рассмотрение сущностей. Рассмотрение модели через температурные зазоры показывает их опосредованную зависимость с устройствами. Эта зависимость указана в форме арки, что обозначает не прямую иерархическую связь, но сопряженность элементов. Признаки сопряженности включают в себя пространственную связь и принадлежность к данным мониторинга объекта транспортной инфраструктуры, показанную на рис. 3.

Установление связи между скважинами и элементами моста выполняется для возможности верификации отдаленности размещения устройств относительно конструкции (рис. 4). Расстояния, выраженные векторами, позволяют построить графики распределения данных.

Распределение показателей мониторинга в системе инженерных данных относится к области

изучения способов коллокации данных и рассматривалось ранее в рамках установления связи между земляным полотном и пересекаемой его в грунте трубой [7]. Под коллокацией понимается пространственная увязка данных, показатели которых имеют связь. Исследуется преобразование показателей на основе координат XYZ и установление биортогональных базисов отдельных сегментов графика. В рамках работы, описываемой в статье, исследуется

возможность контроля расстояний между концами пролетных строений моста (температурными зазорами), полученных с применением линейки, с точностью до 0,1 мм, а также датчиков температур в скважинах. Пространственная привязка данных проводилась относительно центра между зазорами, обозначенными по данным циклов измерений и в местах расположения скважин соответственно. Анализ данных температурных зазоров показывает постепенное выравнивание значений в местах, где водоемы отсутствуют. При этом значения в зоне водоема показывают устойчивый скачкообразный характер (рис. 5).

Наблюдение результатов моделирования позволяет сделать вывод о том, что наиболее показательные данные графика – усредненные или медианные значения. Таким образом, для повышения информативности полученных результатов требуется вводить дополнительную кривую, или условную абсциссу. Данный элемент является показателем общей динамики изменения в различные циклы измерений. При получении абсциссы образуются области с равномерным и скачкообразным распределением. Между областями равномерного и скачкообразного распределения образуется область перехода (рис. 6). Последнее вызвано меньшей разницей значений циклов измерений в равномерном распределении по сравнению со скачкообразным. Данное наблюдение полезно при построении графиков ввиду того, что в некоторых удаленных друг от друга скважинах наблюдаются близкие значения. Тождественность количественных показателей затрудняет их качественный анализ. При этом отличие мест анализа помещает скважину 20 в равномерную кривую, а скважину 28 в скачкообразную, где различия в трактовке двух показателей дополнительно уточняются наличием переходного участка между ними. Построение аб-

сциссы основано на формировании весовых значений разности показателей в каждой точке съемки. Распределение весов различных элементов имеет нелинейную зависимость, такую как:

$$W = \text{Log}_{n'}^i$$

где

W – вес разности,

n – разность между значениями и наименьшими целыми производными, $n = a - a'$,

i – разницы между отметками двух дат съемки, с приращением по экспоненте или квадратической функции.

При возведении значений W в степень повышается кривизна интерполируемой между точками массива W кривой. Основываясь на координатах точек съемки $\{X; Y; Z\}$ и данных W , выводим значения $\{X; Y; (Z+W)\}$ для построения графика кривой. Повышение дифференцируемости значений Z для построения графика производится инкорпорированием значений весов чисел W с теми же значениями индексов порядковых массивов. Таким образом появляется возможность дополнить представление значений съемки через кривую цветовым градиентом для большей наглядности анализа.

Вывод

Проведенный эксперимент по пространственному распределению и моделированию различных данных мониторинга позволяет сделать вывод о наличии в некоторой степени единого типа параметров и отношений между элементами, их содержащими. Вывод сделан в границах задач пространственного распределения и анализа данных в системе параметрического и цифрового информационного моделирования. Изучение способов параметрического описания и анализа данных в цифровой информационной модели позволяет формировать однозначную структуру их представления в рамках XML и LandXML форматов обмена данными.

Список источников

1. Шепитько Т.В., Зайцев А.А., Семочкин А.В. Задачи и возможности повышения надежности земляного полотна на линиях опорной сети железных дорог // Путь и путевое хозяйство. – 2023. – № 9. – С. 9-14.
2. Семочкин А.В. Применение цифрового информационного моделирования в задачах пространственного описания данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры на участках вечной мерзлоты // В сборнике:

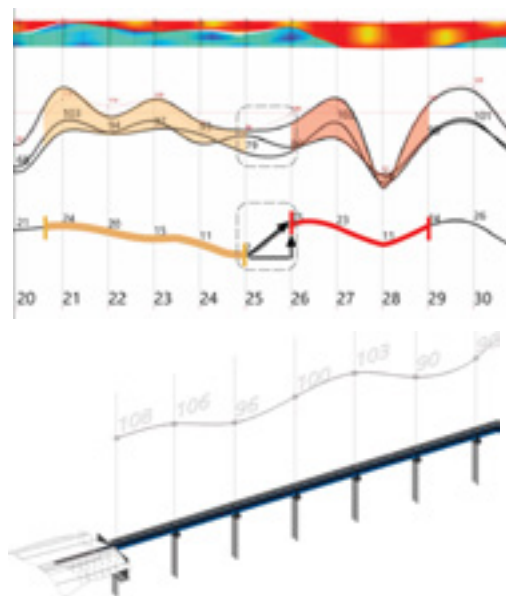


Рис. 6. Анализ фрагментов графика на предмет их типизации и наложение графиков на цифровую информационную модель

Проектирование, строительство и эксплуатация объектов транспортной инфраструктуры в сложных климатических и инженерно-геологических условиях. материалы международной научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 221-226.

3. Nash A., Huerlimann D., Schuette J., Krauss V.P. RailML – A standard data interface for railroad applications // WIT Transactions on State-of-the-art in Science and Engineering. – 2010. – Vol. 40.

4. Acerra E.M., Busquet G.F.D., Marinelli M., Parente M., Vignaly V., Simone A. Building information modeling (BIM) Application for a Section of Bologna's Red Tramway Line // Infrastructures. – 2022. – Vol. 7. – No. 12. – Pp. 168-186. – DOI: 10.3390/infrastructures7120168.

5. Ji Y., Borrmann A., Beetz J., Obergrießer M. Exchange of Parametric Bridge Models using a Neutral Data Format // Journal of Computing in Civil Engineering. – 2013. – Vol. 27. – No. 6. – DOI: 10.1061/41182(416)65.

6. Ragala Z, Retbi A., Bennani S. An approach of ontology and knowledge base for railway maintenance // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE). – 2023. – Vol. 13. – No. 5. – Pp. 5282-5295. DOI: 10.11591/ijece.v13i5.

7. Szymenderski J., Machczyński W., Budnik Kr. Modeling Effects of Stochastic Stray Currents from D.C. Traction on Corrosion Hazard of Buried Pipelines // Energies. – 2019. – Vol. 12. – No. 23. – Pp. 45-70. DOI:10.3390/en12234570.

Для связи с авторами:

Александр Владимирович Семочкин,
alexandervsemochkin@yandex.ru

Ефим Владимирович Басин



Герою Социалистического труда, полному кавалеру ордена «За заслуги перед Отечеством», Лауреату Государственной премии Российской Федерации, Заслуженному строителю Российской Федерации, академику РААСН и РАТ, председателю Комитета ТПП РФ по предпринимательству в сфере строительства, члену коллегии Минстроя РФ, президенту Ассоциации СРО «МОС» 3 января 2025 г. исполнилось 85 лет.

Ефим Владимирович после окончания в 1962 г. БИИЖТа по специальности ПГС прошел путь от инженера до начальника УС «Печорстрой». При его непосредственном участии возведены многие транспортные сооружения в Коми АССР, на Ямале и на севере Тюменской обл. Среди объектов, на которых трудились коллективы, возглавляемые Ефимом Владимировичем: вторые пути и электрификация линий Тайшет – Лена, Данилов – Буй – Свеча, железнодорожные узлы ст. Тайшет, Горький, Ярославль, речные порты Осетрово, Лабытнанги, морские порты Сочи, Находка, Приморск, Высок, Туапсе, аэропорты Салехард, Кослан, Сочи, Хотилово, Шереметьево, Пулково и др.

В 1980 г. Ефим Владимирович окончил Академию народного хозяйства при Совмине СССР. С 1980 г. – заместитель начальника, первый заместитель начальника ГлавБАМстроя. В 1986-1990 гг. – начальник ГлавБАМстроя – заместитель министра Минтрансстроя СССР: руководил строительством БАМа и внес большой личный вклад в возведение сложной транспортной системы и ее сдачу в постоянную эксплуатацию. В текущем году страна широко и торжественно отметила 50-летие начала строительства БАМа. Пришел его второй звездный час – идут модернизация и расшивка узких мест. БАМ нужен стране!

В 1990 г. Е.В. Басин избран народным депутатом и членом Президиума Верховного Совета

РСФСР, председателем Комитета по строительству, архитектуре и ЖКХ. В 1992-1993 гг. и в 1998-1999 гг. – председатель Госстроя, в 1993-1998 гг. – министр строительства РФ. Под его руководством создана программа реформирования ЖКХ «Жилище», осуществлена спецпрограмма строительства жилья для военнослужащих, выведенных из Германии. Большой вклад сделал в организацию работ по ликвидации последствий землетрясения на Сахалине, восстановлению разрушенного строительного комплекса в Чеченской Республике, жилья и объектов социально-культурного назначения в Республике Саха (Якутия) и юга России.

С 1999 г. – первый вице-президент ОАО «Корпорация «Трансстрой». В 2009 г. образовал СРО «МОС», в 2010 г. возглавил «Национальное объединение строителей» (НОСТРОЙ), став в 2014 г. его почетным президентом. В 2007-2014 гг. – генеральный директор ООО «КОРПОРАЦИЯ ИНЖТРАНССТРОЙ», с успехом трудившегося на сооружении большинства олимпийских объектов в г. Сочи.

Ефим Владимирович продолжает вести активную общественную деятельность: с 1997 г. возглавляет ОРОО «Бамовское содружество», является Председателем редакционного совета журнала «Транспортное строительство», состоит членом множества президиумов, коллегий, советов.

Транспортные строители, бамовцы со всех уголков России, читатели журнала, члены редсовета и редколлегии журнала от всей души поздравляют Ефима Владимировича с юбилеем и желают доброго здоровья, благополучия и больших успехов в деятельности!

Снижение аварийности на автомагистралях с колейностью

КУЗНЕЦОВ Ю.В., канд. техн. наук, доц., ГАВРИЛЕНКО А.А., асп., ПУРКИНА И.А., асп.,
Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва

Аннотация

Рассматривается влияние воды, находящейся в колеях на дорожном покрытии, на безопасность движения. Приведена зависимость силы воздействия воды на колесо автомобиля от скорости движения транспортного средства. Даны рекомендации по проектированию отгонов виражей, назначению поперечного уклона проезжей части с учетом возможного образования колеиности.

Ключевые слова

аквапланирование, колея, отгон виража, переходная кривая, поперечный уклон

Abstract

The influence of water in the ruts on the road surface on traffic safety is considered. The dependence of the force of water action on the car wheel on the speed of the vehicle is shown. Recommendations are given on the design of bends, the purpose of the transverse slope of the roadway, taking into account the possible formation of a track

Keywords

Track, banked turn, transverse slope, transition curve, aquaplaning

Как отмечается в литературных источниках [1], основную опасность для движения транспортных средств по покрытию с колеей представляет вода в колее. Вода на полосах наката не только снижает коэффициент сцепления в зоне контакта колес с покрытием, но и при высоких скоростях из-за динамического воздействия уменьшает сцепной вес ведущих колес, что может вызвать их пробуксовку, а в ряде случаев и повлечь аквапланирование.

При наличии воды в колеях особую опасность представляют участки дорог, где левая и правая колеи существенно различаются по своей глубине. При высокой скорости вода оказывает большое сопротивление движению, и действующая в зоне контакта колес тяговая сила не может компенсировать создаваемую водой силу, препятствующую движению. В том же случае, когда одна из колеи заполнена слоем воды существенно большей толщины, чем другая, возникает большой раз-

ворачивающий момент, способный сместить автомобиль с полосы движения

При мокром состоянии покрытия наличие слоя воды на полосе наката в условиях высокоскоростного движения часто становится причиной динамического аквапланирования. Отрыв передних управляемых колес от покрытия имеет место не по причине низких сцепных качеств дорожной поверхности, а в результате воздействия воды, создающей подъемную силу. В случае, когда подъемная сила будет равна весу, приходящемуся на передние колеса, произойдет потеря контакта колес с покрытием, при этом автомобиль теряет управляемость и под действием поперечных сил (центробежных при движении по кривой в плане, сил поперечного уклона, бокового ветра) смещается с полосы движения. Процесс потери контакта в результате действия подъемной силы воды описывается уравнением Бернулли:

$$F = \frac{\pi}{2} \times \rho \times b \times h_{\text{акт}} \times V^2, \quad (1)$$

где

ρ – плотность воды, кг/м³;

b – ширина беговой дорожки шины, м;

$h_{\text{акт}}$ – толщина активного слоя жидкости на покрытии, м;

V – скорость движения автомобиля, м/сек.

В табл. приведены результаты расчета силы динамического воздействия воды на передние колеса автомобиля, имеющего ширину беговой дорожки шины 25 см и движущегося со скоростью 100-180 км/ч при наличии на покрытии воды толщиной слоя от 0,5 до 3 мм. Значения, приведенные в табл., показывают, что при нагрузке на колесо 450 кгс автомобиль при свободном качении без тяговой силы в зоне ведущих колес может безопасно двигаться при толщине пленки воды 3 мм при скорости до 120 км/ч, а при толщине пленки 2,5 мм – до 160 км/ч, при больших скоростях наступит аквапланирование.

Таблица. Зависимость подъемной силы, действующей на колесо автомобиля, от скорости его движения и толщины пленки воды на покрытии

Скорость движения, км/ч	Толщина пленки воды, мм					
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
	Сила воздействия воды (подъемная сила), кгс					
100	54,5	109,0	163,5	218,1	272,6	327,1
120	65,4	130,8	196,3	261,7	327,1	392,5
140	76,3	152,6	229,0	305,3	381,6	457,9
160	87,2	174,4	261,7	348,9	436,1	523,3
180	98,1	196,3	294,4	392,5	490,6	588,8

Для ответа на вопрос, в полной ли мере глубина колеи определяет толщину находящегося в ней слоя воды, рассмотрим факторы, влияющие на процесс водоотвода. Для удаления воды с проезжей части дорожному покрытию придается поперечный уклон. Однако, как только стенка колеи за счет увеличения глубины приобретает обратный уклон, отвод воды из колеи прекращается. При этом уклон стенки зависит не только от глубины, но и от расстояния от точки с максимальной глубиной до точки, не затронутой процессом колееобразования, являющейся точкой водораздела.

Колея чрезвычайно опасна на участках отгонов виражей, где поперечные уклоны уменьшаются от 20 до 0%, а затем возрастают от 0 до, как правило, 40%. Даже небольшая по глубине колея на таких участках может привести к аквапланированию. Расчеты показывают, что при уменьшении поперечного уклона до 10%, исходя из условия предотвращения аквапланирования, глубина колеи не должна превышать 8 мм. СП 34.13330-2021 [2] обязывает располагать отгоны виража на участках с продольным уклоном не менее 3%. Однако на участках с малыми поперечными уклонами это требование создает положительный эффект лишь при отсутствии колеи. Наличие даже небольшой по глубине колеи приводит к ее заполнению водой, поступающей по продольному уклону даже при неинтенсивном, морозящем дожде. Вода в колее накапливается

до того момента, пока толщина ее слоя не достигнет глубины колеи, отсчитанной от отметки водораздельной точки.

Отгон виража обычно устраивается на переходных кривых, причем при проектировании участки отгона совмещают по длине с переходными кривыми. В результате участок полосы движения с минимальным поперечным уклоном часто располагается на переходной кривой, имеющей радиусы менее 2000 м. При движении автомобиля по кривой в зоне контакта колес автомобиля возникает поперечная сила, воспринимаемая поперечным сцеплением шины с покрытием. Реализуемый при совместном воздействии продольных и поперечных сил коэффициент сцепления $\varphi_{исп}$ рассчитывается по формуле:

$$\varphi_{исп} = \sqrt{\varphi_{1\text{исп}}^2 + \varphi_{2\text{исп}}^2}, \quad (2)$$

где

$\varphi_{1\text{исп}}$ – используемое значение коэффициента продольного сцепления;

$\varphi_{2\text{исп}}$ – используемое значение коэффициента поперечного сцепления.

Значение поперечного сцепления, используемое при движении со скоростью V по кривой, имеющей радиус R , может быть рассчитано по формуле:

$$\varphi_{2\text{исп}} = (V^2/R)/g, \quad (3)$$

где g – ускорение свободного падения.

Расчеты показывают, что, например, при радиусе 1000 м и скорости движения 160 км/ч реализуемый коэффициент поперечного сцепления равен 0,2, что снижает долю коэффициента сцепления, которую автомобиль может реализовать в продольном направлении. Поэтому при наличии поперечной силы срыв контакта на скольжение начнется раньше, чем при ее отсутствии.

Для предотвращения серьезных дорожно-транспортных происшествий на отгонах виража места с небольшими поперечными уклонами нельзя располагать на участках переходных кривых, имеющих радиусы менее 2000 м. В этом случае следует отгон виража частично выносить на примыкающие к переходной кривой прямые.

Действующие сегодня требования к элементам плана и профилей дороги сформулированы в годы, когда еще не было такого грозного явления, как быстрое колееобразование. В связи с этим некоторые положения нормативных документов, выработанные в других условиях, нуждаются в срочной корректировке. Например, документ СП 34.13330-2021 предписывает на многополосных дорогах II и III климатических зон первые две полосы со стороны разделительной проектировать с поперечным уклоном 20%, последующие – с уклоном 25%. Как показывают результаты измерений, на многополосных дорогах темп увеличения глубины колеи зависит от скорости и интенсивности движения автомобилей. На дорогах с интенсивностью движения, близкой к пропускной способности, колея наибольшей глубины фиксируется на первой полосе, примыкающей к разделительной, поскольку на этой полосе наибольшие скорости движения, и она достаточно загружена. Если допускается наличие поперечного уклона 25% на других полосах движения, где скорости ниже, чем на наиболее интенсивных, почему не устраивать такой же уклон на полосах, на которых увеличение поперечного уклона, как было показано выше, существенно повысит безопасность движения.

При проектировании кривых в плане, радиус которых направлен в одну сторону, согласно требованиям действующего нормативного документа [2] отгоны виражей не устраиваются,

когда расстояния между кривыми менее двух длин отгонов. Представляется целесообразным существенно увеличить это расстояние и сохранять между кривыми односкатный профиль проезжей части, уменьшив поперечный уклон на участке между кривыми до 25%. Такое решение позволит ликвидировать два опасных участка, на которых поперечный уклон будет близок нулю.

Выводы

1. На автомагистралях наибольшую опасность для движения представляет находящаяся в колее вода, приводящая к проскальзыванию ведущих передних колес автомобилей и влекущая аквапланирование.

2. При проектировании одинаково направленных кривых в плане, требующих устройства виражей, целесообразно сохранять односкатный поперечный профиль между кривыми с целью предотвращения создания двух участков с отгонами виража, где не обеспечивается отвод воды из колеи в поперечном направлении.

3. На длине переходной кривой с радиусом менее 2000 м поперечный уклон должен быть не менее 40%. При этом отгон виража целесообразно частично размещать на прямолинейном участке перед переходной кривой.

4. Для снижения толщины слоя воды в колеях дорожному покрытию на всех полосах автомагистралей следует придавать поперечный уклон 25%.

Список источников

1. Кузнецов Ю.В. Причины образования колеи и пути снижения интенсивности колееобразования // Инновации в строительстве. Дороги. – 2018. – № 73. – С. 84-87.
2. СП 34.13330.2021 «СНиП 2.05.02-85* Автомобильные дороги».

Для связи с авторами:

Юрий Владимирович Кузнецов,
dil_madi@mail.ru

Ирина Александровна Пуркина,
airina9093@gmail.com

Применение стабилизирующих добавок для комплексного укрепления и стабилизации мелкодисперсных грунтов рабочего слоя земляного полотна

ЛОЕВА П.М., асп., КАЛЁНОВА Е.В., канд. техн. наук, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва

Аннотация

Статья посвящена исследованию добавок, применяемых при стабилизации и укреплении грунтов. Проанализированы полученные характеристики и приведены результаты экспериментальных работ. Особое внимание уделено проблемам использования стабилизированных грунтов в качестве материала рабочего слоя основания жестких дорожных одежд. Приведены данные, демонстрирующие влияние выбранных добавок на прочность, деформируемость и долговечность грунта, а также рассмотрены потенциальные риски, связанные с его использованием в дорожном строительстве. Подчеркивается необходимость тщательной оценки свойств стабилизированного грунта и учета его особенностей динамических нагрузках и климатических воздействиях.

Ключевые слова

добавка, прочность на сжатие грунтов, стабилизация грунтов

Abstract

The article is devoted to the research of additives used in stabilization and strengthening of soils. The obtained characteristics are analyzed and the results of experimental works are given. Special attention is paid to the problems of using stabilized soil as a material of the working layer of the subgrade of non-rigid pavements. Data demonstrating the effect of selected additives on the strength, deformability and durability of the soil are presented, and potential risks associated with its use in road construction are discussed. The necessity of careful assessment of stabilized soil properties and consideration of its specifics under dynamic loads and climatic influences is emphasized.

Keywords

additive, compressivestrength, soilstabilization

Применение местных материалов при строительстве дорог является актуальной задачей с точки зрения целесообразности использования ресурсов и стоимости строительства. Однако не всегда местные материалы обладают необходимыми физико-механическими характеристиками, позволяющими применять их без проведения мероприятий по улучшению. Для этого используют технологии укрепления и стабилизации. Стабилизация представляет собой эффективную альтернативу методам замены грунта рабочего слоя земляного полотна, поскольку позволяет снизить влаж-

ность мелкодисперсных глинистых грунтов и тем самым допустить к применению грунты с числом пластичности более допустимого. Но добавление при оптимальной влажности малых доз добавок-стабилизаторов, что предусмотрено технологией стабилизации [1], не всегда достаточно, и требуется повысить свойства исходного грунта методом комплексной стабилизации и комплексного укрепления.

При строительстве дорог необходим технологический перерыв между возведением земляного полотна и строительством дорожной одежды [2]. На практике может возникнуть необходимость реализации проекта в сжатые сроки, тогда сократить время выполнения работ можно путем возведения рабочего слоя земляного полотна с использованием технологии стабилизации, комплексной стабилизации или комплексного укрепления, что обеспечит требуемую на его поверхности прочность [3]. В то же время на стадии разработки проектной документации возникает проблема учета в расчете дорожной одежды таких грунтов, поскольку в действующих правилах проектирования отсутствуют следующие показатели: модуль упругости слоя, сцепление, угол внутреннего трения и расчетная влажность [4]. Разрешение использовать при расчете условную величину требуемого модуля упругости на поверхности рабочего слоя земляного полотна может привести к ошибкам в экономическом обосновании, а в итоге и к принятию неоптимального решения.

Производители новых стабилизаторов в стандартах организаций описывают требуемое количество добавки и требования к грунту, но при этом отсутствуют значения расчетных модулей упругости, которые необходимы для расчета дорожной одежды. Таким образом, открытым остается вопрос влияния процентного содержания стабилизатора и неорганического вяжущего на свойства грунта и какой модуль упругости получит слой, уложенный с применением стабилизирующей добавки.

Для проведения исследований по установлению оптимального количества стабилизатора и неоргани-

Таблица 1. Физико-механические свойства грунта, отобранного для лабораторных испытаний

Наименование показателей	Требование ГОСТ 25100	Фактические показатели
Влажность на границе текучести, %	–	43,70
Влажность на границе раскатывания, %	–	26,80
Число пластичности, ед.	От 0,07 до 0,17 вкл.	0,17
Показатель текучести, д.е.	От 0,25 до 0,50 вкл.	0,38
Максимальная плотность, г/см ³	–	1,54
Оптимальная влажность, %	–	25,2
Относительное содержание органического вещества, д.е.	От 0,05 до 0,10 вкл.	0,06
Относительная деформация морозного пучения, д.е.	–	0,014

Таблица 2. Определение степени пучинистости грунта

Начальная высота образца, см h_0	Высота образца промерзшего грунта, см $h_{0,f}$	Относительная высота морозного пучения ε_{fh}
150,94; 151,30; 151,21; 150,73 Средняя: 151,05	153,50; 153,60; 152,85; 152,85 Средняя: 153,20	0,014
Вывод: грунт по ГОСТ 28622 – слабопучинистый		

Таблица 3. Ценовые характеристики стабилизирующих добавок

Наименование	Вид стабилизатора	Свойства, придаваемые грунту	Стоимость, руб./кг
Стабилизатор 1	Анионный	Сокращение расхода вяжущего на 0,5% – 2%; придание плотной структуры	650
Стабилизатор 2	Анионный		1260
Стабилизатор 3	Универсальный		1450

ческого вяжущего на свойства грунта при строительстве автомобильной дороги в Пермском крае были отобраны пробы грунта естественного основания, который по результатам испытания по ГОСТ 25100 классифицируется как суглинок тяжелый песчанистый тугопластичный, с числом пластичности 0,17 (табл. 1). В качестве неорганического вяжущего использовался цемент по ГОСТ 31108.

Согласно требованиям действующей нормативной документации, для укрепления и стабилизации грунтов применяют суглинки с числом пластичности до 0,17 и глины с числом пластичности до 0,22 [5, 6]. Отобранный грунт с числом пластичности 0,17 отвечает этим требованиям.

В рамках экспериментальной части прежде была определена прочность грунта в естественном состоянии, без добавления стабилизатора, на образцах, полученных в приборе стандартного уплотнения. В результате прочность образцов составила 1,98 кН (0,2 МПа).

На эффективность применения стабилизирующих добавок, помимо числа пластичности, влияют такие свойства грунта, как содержание глинистых частиц, содержание песчаных частиц и кислотность почвы.

Еще одним важным свойством связного грунта является его подверженность морозному пучению. Определение показателя морозного пучения произ-

ведено по ГОСТ 28622-2012. По формуле (1) было получено следующее значение относительной деформации морозного пучения (табл. 2):

$$\varepsilon_{fh} = \frac{h_{0,f} - h_0}{h_0} \times 100\%, \quad (1)$$

где

$h_{0,f}$ – высота образца промерзшего грунта, см;
 h_0 – начальная высота образца, см

Применяемые в эксперименте добавки, с актуальной на 2024 г. стоимостью, представлены в табл.3. Стабилизаторы выбраны по классификации [6, прил. Б], т.к. суглинок имеет значение рН 6, он относится к кислотным грунтам. Кислый грунт хорошо стабилизируется структурированными, анионными и универсальными стабилизаторами, которые и были использованы в ходе исследований. Также, ввиду уточнения свойств именно комплексной стабилизации и укрепления, в данном испытании не применялись составы с добавлением только стабилизатора, поскольку согласно действующей проектной документации требуются физико-механические характеристики, получить которые возможно только благодаря добавлению неорганического вяжущего.

Для определения оптимального количества добавки осуществлен подбор состава комплексно стабилизированного и комплексно укрепленного грунта, представленный в табл. 4. В соответствии с рекоменда-

Таблица 4. Подбор составов для суглинка тяжелого песчанистого тугопластичного слабопучинистого

№ п/п	Стабилизатор 1		№ п/п	Стабилизатор 2		№ п/п	Стабилизатор 3	
	% цемента	% добавки		% цемента	% добавки		% цемента	% добавки
1-3	1	0,3	10-12	1	5	16.1-18.1	8	6
4-6		0,6	13-15		10	19-21		8
7-9		1	16-18		15	22-24		10
25-27	2	0,3	34-36	2	5	43-45	12	6
28-30		0,6	37-39		10	46-48		8
31-33		1	40-42		15	49-51		10
52-54	1,5	0,3	64-66	1,5	5	73-75	10	6
58-60		0,6	67-69		10	76-78		8
61-63		1	70-72		15	79-81		10

Таблица 5. Прочность на сжатие образцов

№ п/п	% цемента/ % добавки	m, г (до)	m, г (после)	R, кН
Прочность на сжатие образцов в возрасте 7 суток				
19	8/8	173,25	175,28	4,44
23	8/10	196,00	198,30	2,12
25	2/0,3	172,68	174,23	0,77
28	2/0,6	171,42	172,13	0,68
47	12/8	179,38	181,24	6,00
49	12/10	167,07	169,33	5,64
Прочность на сжатие образцов в возрасте 28 суток				
5	1/0,6	169,89	177,50	0,74
9	1/1	180,68	187,92	0,82
18	1/15	201,06	211,80	0,59
20	8/8	187,99	195,43	2,42
41	2/15	168,06	191,97	3,28
43	12/6	177,59	195,08	4,33
45	12/6	171,28	190,07	3,51
79	10/10	165,11	181,01	5,48
80	10/10	167,38	182,06	4,69

циями Стандарта организации стабилизаторы вводили в грунт при его оптимальной влажности. Необходимый контроль за наличием крупных частиц в смеси проводили путем ее просеивания через сито 5 мм.

Методика приготовления и испытания образцов в соответствии с ГОСТ 23558-94:

1) формование образцов под прессом с нагрузкой (0,6±0,2) МПа/с в течение 3 мин (серия из трех образцов – для испытаний на 7-е и 28-е сутки);

2) выбор образца из серии (3 шт.) для водонасыщения на сутки 7/28;

3) определение массы образцов с помощью электронных весов для оценки изменения параметра после водонасыщения;

4) водонасыщение выбранных из серии образцов в течение 2 ч в емкости, заполненной водой на 1/3; заполнение емкости водой на двое суток;

5) определение массы образцов после водона-

сыщения (было применено впервые в рамках эксперимента): требовалось уточнить, насколько образцы впитывают воду, какое количество пор образуется после формовки;

6) определение прочности на сжатие под прессом с нагрузкой (0,6±0,2) МПа/с в течение 30 с по ГОСТ 10180.

Первая серия образцов, набравших прочность на 7-е сутки, была поставлена для водонасыщения на двое суток, ряд образцов с малым содержанием цемента – образцы № 2, № 3, № 6 с содержанием 1% цемента и менее 1% стабилизатора – стал разрушаться на третьи сутки без водонасыщения.

После водонасыщения на некоторых образцах началось активное пучение, выделение пузырьков воздуха, что свидетельствует о наличии пор в отформованных образцах, несмотря на относительное содержание органического вещества 0,06. Данный факт требует дополнительного изучения, т.к. при использовании состава на реальном объекте может возрасти риск возникновения морозного пучения, а впоследствии и разрушения конструктивного элемента.

На 7-е сутки и 28-е сутки оставшиеся пригодные для исследования образцы были испытаны на прочность. Полученные показатели прочности образцов представлены в табл. 5.

Для определения точности и воспроизводимости данного эксперимента был произведен расчет коэффициента вариации [7], который применяется для сравнения вариативности одного и того же признака в нескольких совокупностях с различным средним арифметическим.

$$x_{\text{сред}} = \frac{(x_i + \dots + x_{in})}{n}, \tag{2}$$

где

x_i – первое значение из ряда;

x_{in} – последнее значение из ряда;

n – общее количество значений в ряду.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x_i - x_{\text{сред}})^2}{n}}, \quad (3)$$

$$\vartheta = \frac{\sigma}{x_{\text{сред}}} \times 100. \quad (4)$$

По формулам (2–4) вычислили коэффициент вариации 41%, больше 33%, что свидетельствует о неоднородности полученных данных. Это говорит о необходимости увеличения количества образцов при следующей итерации эксперимента.

В ходе работы выявлена неочевидная закономерность (см. рис.), что наряду с ожидаемым результатом зависимости прочности от процентного содержания неорганического вяжущего (цемента), получена статистическая подборка результатов с отрицательным влиянием на свойства искусственного грунта: при добавлении 8% и более неорганического вяжущего получили повышенное трещинообразование образцов на 28-е сутки в сравнении с результатами на 7-е сутки. Следовательно, важно подбирать оптимальное содержание цемента в составе, чтобы не допустить снижения трещиностойкости в образцах при технологии комплексного укрепления. В тоже время при технологии комплексной стабилизации получили удовлетворительную прочность на 28-е сутки у образцов с содержанием 1% стабилизатора и 1% неорганического вяжущего.

В результате применения технологий комплексной стабилизации и комплексного укрепления грунта с числом пластичности 0,17 получена выборка из 81 образца. Часть образцов (51%) была разрушена в процессе набора прочности и водонасыщения, предположительно, из-за недостаточного количества добавки-стабилизатора. Преимущественно разрушились образцы из составов с содержанием добавки и цемента 1,5%. Максимальное значение прочности на сжатие у комплексно стабилизированных грунтов получилось равным 0,75 кН, у комплексно укрепленных – 3,2 кН. Лучшие показатели получены у составов комплексно стабилизированных грунтов с содержанием стабилизаторов и неорганического вяжущего № 1 и № 2 – 1% и 1%, у комплексно укрепленных – 8% стабилизатора и 6% цемента. По экономичности и технологичности применения эффективным оказался стабилизатор 1 благодаря прочностным свойствам и меньшей стоимости по сравнению со стабилизатором 2. Следует отметить, что применение комплексного укрепления грунтов с добавлением большой доли (более 8%) цемента с данным видом грунта

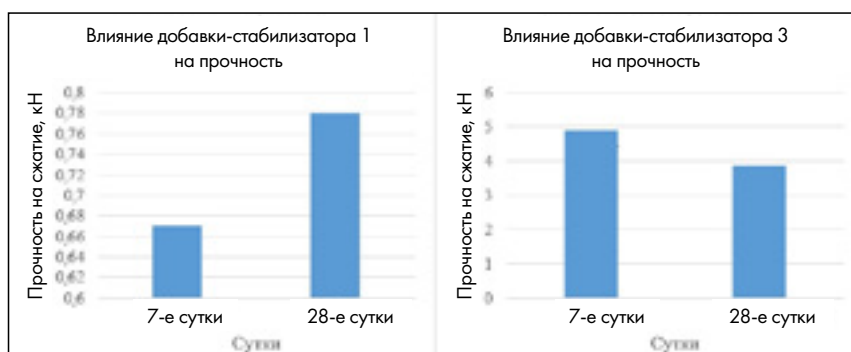


Рис. Влияние добавок-стабилизаторов на прочность образцов

может вызвать повышенное трещинообразование, что приведет к разрушению слоя.

Таким образом, для обеспечения требуемой прочности на поверхности рабочего слоя земляного полотна следует отдавать предпочтение технологии комплексной стабилизации мелкодисперсных глинистых грунтов.

Список источников

- ОДМ 218.3.076-2016 Методические рекомендации по подбору стабилизаторов грунтов и грунтовых смесей для дорожного строительства.
- СП 78.13330.2012 Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85 (с Изменениями № 1, 2, 3).
- ГОСТ Р 71404-2024 Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования.
- Калёнова Е.В., Феофанова П.М., Козлов А.В. О проблеме применения укрепленных и стабилизированных грунтов в рабочем слое земляного полотна // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2023. – № 3(37). – URL: <https://www.adi-madi.ru/madi/article/view/1256> (дата обращения: 20.09.2024).
- ГОСТ 23558-94 Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия (с Изменениями № 1, 2).
- ГОСТ Р 70452-2022 Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия.
- Рященко Т.Г., Вашестюк Ю.В. Сравнительный анализ параметров микроструктуры глинистых и лессовых грунтов (программа «Стандартная статистика») // Вестник ИрГТУ. – 2011. – №9 (56). – С. 64-72. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnitelnyy-analiz-parametrov-mikrostruktury-glinistyh-i-lessovyh-gruntov-programma-standartnaya-statistika> (дата обращения: 20.09.2024).

Для связи с авторами:

Полина Михайловна Лоева, feofanovapm@gmail.com

Требования к инструментальному оснащению мобильной диагностической аэродромной лаборатории

ПОПОВ А.Н., канд. техн. наук, ШАШКОВ И.Г., канд. техн. наук, доц., ПОПОВ Д.А., инж., Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж;

КОЧЕТКОВ А.В., д-р техн. наук, проф., Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь

Аннотация

Для получения объективной оценки технического состояния поверхности искусственных покрытий элементов летного поля требуется комплексная обработка данных об их состоянии, синхронизированных во времени и пространстве, полученных с различных средств измерения. Такая задача решается путем применения мобильной диагностической аэродромной лаборатории. В результате выполнения работы сформулированы требования к инструментальному оснащению мобильной лаборатории оценки технического состояния искусственных покрытий летного поля аэродромов: мобильные линейные лазерные сканеры, высокоскоростные фотокамеры машинного зрения, прибор ультразвуковой томографии, бесплатформенная инерциальная навигационная система совместно с датчиками спутниковой навигации Глонасс/GPS, георадарное оборудование рупорного типа с частотами антенны 400 МГц.

Ключевые слова

аэродром, мобильная лаборатория, искусственные покрытия элементов летного поля, требования, комплексная оценка, эксплуатация аэродромов, техническое состояние искусственных покрытий

Abstract

In order to obtain an objective assessment of the technical condition of the surface of artificial coatings of the airfield elements, it is necessary to comprehensively process data on their condition, synchronized in time and space, obtained from various measuring instruments. Such a task is solved by applying a mobile diagnostic airfield laboratory. As a result of the work, the requirements to the instrumental equipment of the mobile laboratory for the assessment of the technical condition of the airfield artificial pavements have been formulated: mobile linear laser scanners, high-speed machine vision cameras, ultrasonic tomography device, free-form inertial navigation system together with Glonass/GPS satellite navigation sensors, horn-type GPR equipment with antenna frequencies of 400 MHz.

Keywords

airfield, airfield operation, artificial pavements of airfield elements, complex assessment, mobile laboratory, requirements, technical condition of artificial pavements

Задача комплексной оценки технического состояния поверхности искусственных покрытий летного поля (ИПЛП) решается по результатам проведенного

детального обследования, связанного с выполнением большого числа различных измерений. В результате (для получения объективной оценки ИПЛП) требуется комплексная обработка данных результатов обследования ИПЛП, синхронизированных во времени и пространстве, полученных с различных средств измерений [1, 2].

Внедрение автоматизированных систем оценки технического состояния ИПЛП позволит не только сократить время производства работ за счет использования высокоточного и высокопроизводительного измерительного оборудования, но и повысить объективность оценки ИПЛП. Главной задачей является возможность инструментально обследовать поверхность ИПЛП системой датчиков, осуществить пространственно-временную привязку и обработать полученные результаты без привлечения сторонних программных средств. Для определения числа и характеристик датчиков, необходимых для решения поставленной задачи, на российском аэродроме «Чкаловский» были проведены натурные сравнительные испытания мобильного линейного лазерного сканера.

Целями проведенных испытаний были:

1) проверка фактических возможностей датчиков контроля состояния поверхности ИПЛП в условиях, близких к эксплуатационным;

2) определение оптимальной комплектации и конфигурации измерительного оборудования в составе мобильной диагностической аэродромной лаборатории;

3) выработка концепции комплексной обработки данных, полученных с разнородных измерительных датчиков, в едином массиве с общей пространственно-временной привязкой всей их совокупности.

Испытанию подверглось оборудование различного принципа действия:

– оптико-механические датчики (лазерные сканеры);

- оптические высокоскоростные датчики фото- и видеофиксации;
- низкочастотные ультразвуковые электронные датчики;
- навигационные системы.

Для определения геометрических размеров дефектов ИПЛП (включая глубину) расположение этих дефектов в пространстве осуществляли путем подключения к ним датчиков определения географического положения (Глонасс, GPS) и лазерных сканеров с характеристиками, приведенными в табл. 1.

Установлено, что оптимальной скоростью прохождения мобильных лазерных сканеров для решения поставленных задач является скорость 10 км/ч. При скорости прохождения 5 км/ч число точек в сформированном облаке возросло в 1,7 раза, а плотность облака увеличилась до 2 мм между точками. Массив полученных данных становится излишне объемным по показателю хранения информации, что повышает информативность, но затрудняет обработку массива. При скорости прохождения 20 км/ч число точек в сформированном облаке уменьшилось в 3,8 раза, а плотность облака сократилась до 12 мм между точками. Такая плотность облака точек недостаточна для решения поставленных задач.

При этом мобильное линейное лазерное сканирование позволяет распознать дефекты размером от 5 мм², а мобильное вращающееся лазерное сканирование – размером от 2 см².

Методика обработки результатов лазерного сканирования включает: построение общей поверхности, прореживание облака точек, выделение облака точек каждой аэродромной плиты, выделение облака межплитных швов, расчеты по пространственному определению дефектов, обнаружение дефектов для каждой плиты.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено следующее:

- сходимость результатов эталонного наземного стационарного лазерного сканера с результатами мобильного линейного лазерного сканера – 96 %;
- то же с результатами мобильного вращающегося лазерного сканера – 89 %;
- мобильное линейное лазерное сканирование позволяет распознать дефекты размером от 5 мм²;
- то же вращающееся лазерное сканирование – от 2 см²;
- оптимальная скорость прохождения мобильных лазерных сканеров – 10 км/ч;
- перекрытие зон видимости датчиков должно составлять не менее 12% от площади кадра с каждой из сторон;
- размещение датчиков лазерного сканирования допустимо как впереди, так и позади мобильного шасси;
- высота размещения должна обеспечивать создание угла падения луча измерения на поверхность измерения не менее 52°, а удаленность точки измерения луча составлять не более 4 м.

Оптические высокоскоростные датчики фото- и видеофиксации предназначены для уточнения данных лазерного сканирования, определения площадных дефектов, имеющих геометрические размеры менее 0,5 мм (меньше размера пятна лазерного луча), например, шелушение или волосные трещины, определения мест гидронасыщения (видимого в визуальном спектре) при обработке данных георадиирования. Также данные фотофиксации могут быть использованы как вспомогательные при определении геометрических размеров и расположения дефектов в пространстве.

Таблица 1. Сравнительные характеристики лазерных сканеров

Характеристики	Стационарный (наземный) сканер	Мобильный (при скорости прохождения 10 км/ч)	Мобильный вращающийся лазерный сканер
Угол зрения	360 × 270°	120 × 90°	360 × 270°
Скорость измерений, млн изм./с	1	1,8	1,2
Усредненное расстояние между точками измерения, мм	1	5	20
Число точек в сформированном облаке	1 270 560 128	2 100 000 000	898 560 128
Отсканированная область, м ²	2250 (75 × 30)	10500 (350 × 30)	10500 (350 × 30)
Время сканирования, мин	114	7	5
Степень проницаемости луча в тело дефекта, %	78	96	88

Таблица 2. Сравнительные характеристики фото- и видеокамер

Характеристики	Высокоскоростная фотокамера машинного зрения	Высокоскоростная сферическая видеокамера	Высокоскоростная линейная фотокамера
Размер одного кадра изображения, пиксель	2592 × 2048	2452 × 2056	560 × 1
Цена одного пикселя, мм, на поверхности объекта	0,5	25	1
Цветопередача	монохромное изображение		256 цветов
Скорость фотографирования, кадров/с	20	15	5
Обследованная область, м ²	132	10500 (350 × 30)	10500 (350 × 30)
Формат хранения	JPG, без геопривязки	GeoTIFF, с геопривязкой, полученной с навигационной системы	

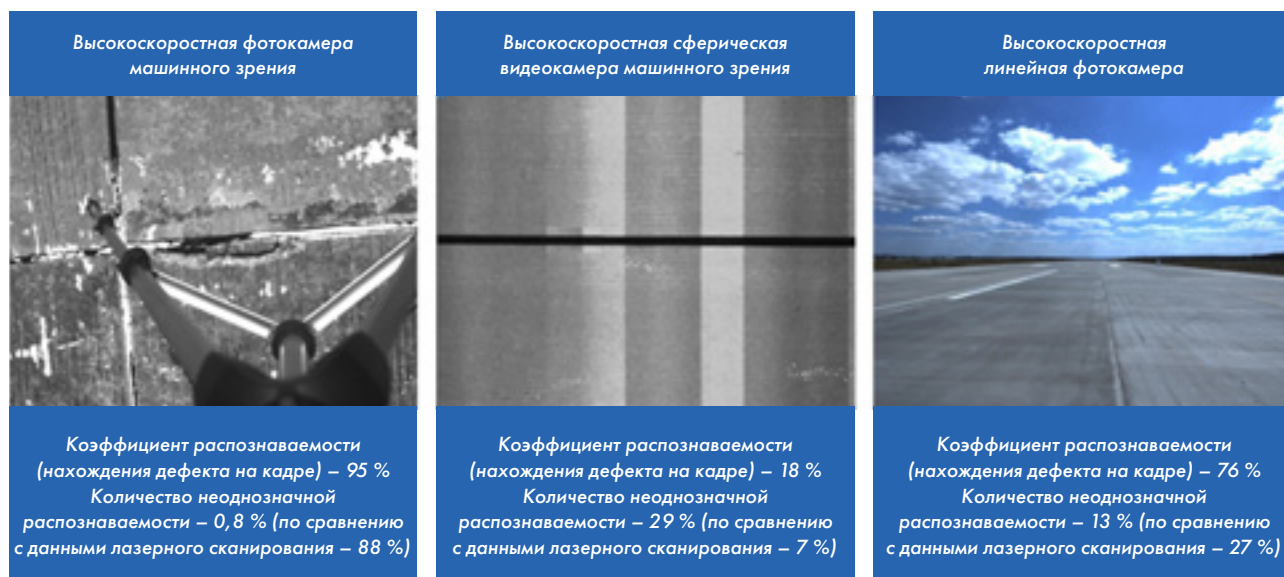


Рис. Сравнительный анализ параметров распознавания дефектов посредством оптических датчиков фото- и видеофиксации

Характеристики использованного оборудования приведены в табл. 2.

Посредством стационарного фотооборудования была создана эталонная матрица фотоизображения. Сравнение с полученной эталонной матрицей фотоизображения ИПЛП позволило оценить качество получаемых с мобильных камер изображений, распознаваемость дефектов, возможность определения геометрических параметров дефектов, за исключением глубины дефекта (рис.).

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что в качестве оптических датчиков фотофиксации целесообразно применять высокоскоростные фотокамеры машинного зрения со следующими характеристиками: перекрытие кадров – не менее 20%; наличие системы импульсного освещения для подсветки дефектов и увеличения коэффициента их распознавания на изображении.

Ультразвуковой датчик служит для контроля толщины аэродромного покрытия, нахождения пустот и внутренних дефектов искусственного аэродромно-

го покрытия, неоднородности материала, контроля внутреннего армирования аэродромного покрытия.

Экспериментальному испытанию подвергся низкочастотный ультразвуковой электронный томограф, состоящий из матричной антенной решетки из 48 низкочастотных широкополосных преобразователей (12 блоков по 4 элемента в каждом) поперечных волн с сухим точечным контактом и керамическими износостойкими наконечниками, электронного преобразователя отраженных сигналов и микрокомпьютера-вычислителя.

В результате проведенных экспериментальных исследований определены преимущества и недостатки применения ультразвуковых датчиков для диагностики аэродромных покрытий:

- обследование внутреннего тела искусственного аэродромного покрытия объекта возможно только на глубину залегания полимерной прослойки между слоями аэродромного покрытия;
- высокая эффективность определения полной, а не только видимой глубины дефекта;

Таблица 3. Сравнительные характеристики навигационного оборудования

Характеристики	БИНС	RTK
Точность пространственного позиционирования, см	10	8
Угол рыскания, °/ч	5	6
Крен, тангаж, °	0,2	0,5
Точность счисления пройденного пути, %	2	2
Погрешность приращения угла рыскания, %	0,3	0,4
Время работы	27 мин (13 мин – настройка приборов, 14 мин – работа в движении)	133 мин (44 мин – настройка приборов, 89 – работа в движении)
Пройденный путь, км	8,3	21

– достаточная точность определения характеристик материала искусственного аэродромного покрытия (марка и класс бетона) косвенно в зависимости от скорости прохождения и отражения ультразвуковой волны;

– высокая точность определения толщины искусственного аэродромного покрытия;

– высокая точность определения схемы армирования и толщины арматуры в плите типа ПАГ-14;

– визуализация результатов ультразвуковой томографии.

Апробированы две мобильные навигационные системы различного принципа определения пространственных координат: бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) и навигационная система с функцией комплексирования системы кинематики реального времени (Real Time Kinematic, RTK).

Сравнение характеристик навигационных систем приведено в табл. 3.

Апробация навигационных систем доказала, что для определения пространственных координат применяемой во время диагностики аппаратуры целесообразно использовать БИНС совместно с датчиками спутниковой навигации Глонасс/GPS.

С помощью георадарного обследования возможно обнаружение подповерхностных структурно-вещественных неоднородностей разнообразной природы: особенностей структуры и текстуры отложений (пористости, слоистости), трещиноватости или деформированности и т.п. [1].

Как известно [3, 4], в основе георадиолокационного метода малоглубинной геофизики лежит картина отраженных сигналов – георадарограмма (радарный профиль), получаемая при перемещении прибора, которая дает представление о неоднородности верхней части геологического разреза или массива.

Основными параметрами радиолокации являются глубина зондирования и детальность расчленения разреза. Оптимальные соотношения этих параметров задаются варьированием частоты и длительности

рабочего сигнала при решении каждой конкретной задачи.

Для проведения многоуровневой, разнородной по глубине и детализации георадарной съемки применялся рабочий прототип экспериментальной модели рупорного георадара с изменяемой частотой USIR-5000 (Polyglot) совместной разработки технопарка Сиднейского технологического университета (UTS, Австралия) и лаборатории геофизики Geophysical Survey Systems, Inc. (GSSI, США) с учетом методики, изложенной в [6]. Выбор оборудования определялся возможностью изменения рабочей частоты георадара в заданном диапазоне. Георадарные срезы искусственного покрытия взлетно-посадочной полосы (ВПП) аэродрома выполнены с частотой 1200, 700, 400, 270 МГц. Кроме того, применявшиеся при обследовании ВПП оборудование, снаряжение и лицензионное программное обеспечение позволяют выполнять полный цикл площадного геофизического обследования.

Траектория движения по каждой направляющей прокладывалась в обе стороны: туда и обратно. Две рупорные антенны были закреплены на базовом автомобиле. На скорости движения автомобиля 10...20 км/ч за один проезд выполнялось 16 георадарных продольных срезов (обследований) со следующими показателями:

– размер одного кадра изображения – 480 × 240 пикселей;

– цена одного пикселя – 0,5 мм внутреннего тела объекта;

– цветопередача – монохромное изображение (256 цветов градации серого);

– время обследования – 4 ч суммарно, включая подготовительные мероприятия;

– обследованная площадь – 10800 м² (360 × 30 м);

– суммарная протяженность георадарных профилей – 6240 м (в том числе 1440 м продольных и 120 м поперечных профилей), выполненных с четырьмя разными настройками частоты обследования георадара);

– формат хранения – GeoTIFF, с геопривязкой, полученной с навигационной системы.

В ходе апробации оборудования было получено 8248 георадарограмм общей протяженностью 6240 м. Для обработки полученных в результате георадарного обследования данных применено программное обеспечение Radan-7, а также рабочие прототипы модулей интерпретатора георадарограмм разработки ЗАО «МНИТИ» с учетом методики, изложенной в [5].

В результате апробации георадарного оборудования и обработки полученных данных сделаны следующие выводы:

1) антенна 400 МГц лучше показывает зону границы подошва плиты – грунт; данные, полученные с использованием этой рабочей частоты, могут применяться для выявления аномалий на границе сред;

2) антенна 270 МГц позволяет выявить более глубокие аномалии в грунте под плитой; указанную рабочую частоту представляется целесообразным использовать для определения дефектов подстилающих поверхностей;

3) антенна 700 МГц позволяет выявить аномалии в теле объекта изыскания на всю его глубину (местами до 1 м включительно); указанную рабочую частоту можно использовать для определения дефектов, не обнаруживаемых визуально, скрытых в теле искусственного покрытия объекта;

4) антенна 1000 МГц позволяет выявить глубину аномалий, находящихся на поверхности объекта и имеющих распространение в глубину его тела; эту рабочую частоту представляется целесообразным использовать для определения глубины и распределенности в теле объекта дефектов, расположенных на поверхности объекта и обнаруживаемых визуально. Также обследование тела объекта с этой частотой может служить для определения армированности искусственного покрытия объекта и прохождения внутри тела объекта кабелей освещения;

5) георадарное обследование ВПП рационально проводить как минимум дважды – при сухой и при влажной погоде – это позволит более четко определять те или иные типы аномалий.

Заключение

Сформулированы следующие требования к инструментальному оснащению мобильной лаборатории оценки технического состояния искусственных покрытий летного поля аэродромов:

1) в качестве лазерных датчиков оптимально использовать мобильные линейные лазерные сканеры

со следующими характеристиками: перекрытие зон видимости датчиков не менее 12% от площади кадра с каждой из сторон; размещение датчиков лазерного сканирования как впереди, так и позади мобильного шасси; высота размещения должна обеспечивать создание угла падения луча измерения на поверхность измерения не менее 52°, а удаленность точки измерения луча – не более 4 м;

2) в качестве оптических датчиков фотофиксации целесообразны высокоскоростные фотокамеры машинного зрения со следующими характеристиками: перекрытие кадров не менее 20%, наличие системы импульсного освещения для подсветки дефектов и увеличения коэффициента их распознавания на изображении;

3) прибор ультразвуковой томографии целесообразно применять в местах с уже локализованными по данным георадарной съемки дефектами для определения качества материала и формирования схемы армирования;

4) в качестве навигационной системы необходимо использовать бесплатформенную инерциальную навигационную систему (БИНС) совместно с датчиками спутниковой навигации Глонасс/GPS.

5) георадарное оборудование предпочтительно использовать рупорного типа с частотами антенны 270 МГц, 400 МГц, 700 МГц, 1400 МГц.

Список источников

1. СП 491.1325800.2020 Аэродромы. Правила обследования технического состояния.
2. СП 121.13330.2019 «СНиП 32-03-96 Аэродромы» (с изменениями и дополнениями).
3. Пудова Н. Г., Кулижников А. М., Еремин Р. А., Зверев Е. О. Методические подходы к обнаружению ослабленных зон в дорожной одежде по динамическим и кинематическим признакам // Дороги и мосты. – 2022. – № 48-2. – С. 82-97.
4. Кулижников А. М. Качество дорожных работ контролирует георадар // Дорожная держава. – 2011. – № 33. – С. 18-23.
5. Сухобок Ю. А., Курбатов М. С. Программный комплекс для информационного моделирования георадарных данных GeoReader / САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2019. – № 2(13). – С. 26-31. – DOI: 10.17273/CADGIS.2019.2.4.

Для связи с авторами:

Андрей Викторович Кочетков, soni.81@mail.ru



Василий Иванович Сбитнев

Заслуженному строителю Российской Федерации, Почетному строителю России, Почетному строителю Москвы, Почетному транспортному строителю, Почетному железнодорожнику, кандидату технических наук, доктору транспорта, академику РАТ – 80 лет!

Родился 22 марта 1945 г. в с. Чернянка Белгородской области. В 1963 г. окончил Конотопский строительный техникум Минтранстроя СССР, в 1977 г. – ВЗИИТ, в 1989 г. – Академию народного хозяйства при Совете министров СССР. Инженер путей сообщения-строитель по призванию, он начал свой трудовой путь в 1964 г. в СМП-200 треста «Мосэлектротягстрой» мастером, ст. прорабом. В 1971-1987 гг. занимал должности ст. инженера, зам. начальника отдела, зам. начальника ГлавППУ, начальника ГУПИКС.

В 1991 г. назначен зам. министра транспортного строительства. В 1988-1991 гг. входил в состав коллегии Минтранстроя СССР. С момента основания Корпорации «Трансстрой» занимал пост вице-президента. С 2005 г. продолжил свой путь в ООО «Группа компаний «Трансстрой» в должности вице-президента, зам. генерального директора. В 2014-2019 гг. – ген. директор ООО «Красные ворота».

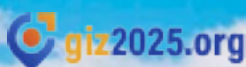
В годы работы принимал активное участие в реконструкции и электрификации Московского ж.-д. узла, строи-

тельстве многих объектов промышленного и гражданского назначения в Москве и Московской области. Курировал работу проектных институтов, уделяя особое внимание вопросам повышения эффективности транспортного строительства. Помимо основной деятельности посвящал время благотворительности – вложил немало сил и энергии в обустройство и модернизацию Кондровского детского дома, поддерживал совет ветеранов Корпорации «Трансстрой», занимался моральным стимулированием сотрудников.

Долгие годы является членом редакционного совета журнала «Транспортное строительство».

Высокие заслуги Василия Ивановича отмечены орденами СССР и Российской Федерации, многими почетными званиями.

Коллективы и ветераны транспортного строительства, редакционный совет и редколлегия журнала поздравляют юбиляра, желают ему здоровья на долгие годы, хорошего настроения и прекрасного самочувствия!



6-я Международная конференция по ГИС и геоинформационному зонированию для смягчения последствий бедствий (GIZ)

28-30 Августа, 2025 | Алматы, Казахстан

КЛЮЧЕВЫЕ ДАТЫ:

- **До 1 марта 2025 г.:** Подайте свои **АБСТРАКТЫ (300 слов)** через сайт конференции: <https://giz2025.org/account/add-new-abstract/>.
- **До 31 марта 2025 г.:** Отправьте **РАСШИРЕННЫЕ АБСТРАКТЫ (1–2 стр.)**, которые войдут в сборник материалов конференции и будут предоставлены участникам.
- **До 31 мая 2025 г.:** Предоставьте **ПОЛНЫЕ СТАТЬИ (6–8 стр.)** для включения в специальный выпуск журнала Японского геотехнического общества. Выпуск будет опубликован после конференции и проиндексирован в Scopus.

Веб-сайт конференции: giz2025.org
Секретариат конференции: aabisheva012@gmail.com,
almagul_m75@mail.ru

Организаторы:



Уважаемые коллеги и друзья!

Казахстанская Геотехническая Ассоциация (KGS) и Японская Геотехническая Ассоциация (JGS) при поддержке ISSMGE и ее технических комитетов ATC10, ATC19 и TC305 рады объявить о проведении 6-й Международной конференции по ГИС и геоинформационному зонированию для смягчения последствий бедствий (GIZ), которая состоится в городе Алматы, Казахстан, с 28 по 30 августа 2025 года.

Эта конференция станет важной площадкой для обмена передовыми исследованиями и технологиями в области геоинформатики, зонирования опасностей, геотехники, сейсмостойкого строительства и предотвращения бедствий, объединяя профессионалов, исследователей, инженеров и представителей государственных органов.

В рамках мероприятия будет также представлен ряд новейших достижений в таких областях, как информационное моделирование зданий (BIM), цифровые двойники и машинное обучение, направленных на усиление стратегий смягчения последствий бедствий. Особое внимание будет уделено междисциплинарному сотрудничеству и изучению влияния природных катастроф на объекты культурного и исторического наследия.

Влияние давления на скорость потока в малых водопропускных сооружениях аэродромных патрульных дорог

КУЛЬ С.В., асп., Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва

Аннотация

В статье рассматриваются методики расчета малых водопропускных сооружений с безнапорным и полунанпорным потоками на патрульных дорогах аэропортов, а также влияние различных конфигураций входных оголовков на пропускаемый расход при полунанпорном режиме.

Ключевые слова

безнапорный режим движения жидкости, входной оголовок, малые водопропускные сооружения, малые водотоки, оголовок, патрульные дороги аэропортов, подтопление входного оголовка, полунанпорный режим движения жидкости, трубопровод

Abstract

The article deals with the methods of calculation of small culverts with unpressurized and semi-pressurized flows on airport patrol roads, as well as the influence of different configurations of inlet headings on the transmitted flow rate in the semi-pressurized mode.

Keywords

airport patrol roads, flooding of the inlet head, inlet head, head, non-pressure mode of fluid movement, semi-pressure mode of fluid movement, small hydraulic structures, small watercourses, pipeline

Своевременный отвод поверхностного стока с патрульной дороги аэропорта позволяет существенно снизить, а порой и исключить целый спектр негативных воздействий на дорожное полотно.

Разработан комплекс стандартизированных решений [2, 3, 4], суть которых состоит в подборе размеров и геометрических параметров трубопровода в зависимости от внешних факторов. Согласно нормативной литературе [1], расчет трубопроводов необходимо проводить, считая режим работы трубопровода безнапорным (рис. 1, а) при пропуске расчетных расходов. К сожалению, зачастую при пропуске больших расходов воды, которые возникают в весенний и осенний период, режим работы

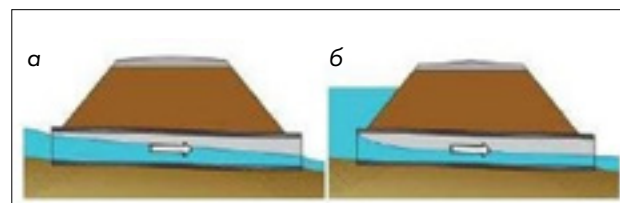


Рис. 1. Работа водопропускного трубопровода в безнапорном (а) и полунанпорном (б) режимах

трубопровода временно изменяется на полунанпорный (рис. 1, б).

Переход режима работы трубопровода из безнапорного в полунанпорный характеризуется увеличением динамических и статических нагрузок на трубопровод, а также изменением гидравлического состояния потока и скоплением воды перед трубой. При длительном нахождении воды перед трубопроводом начинается увеличение потока фильтрации через полотно патрульной дороги, что может привести к нежелательным последствиям.

Поток воды, подходящий к водопропускному сооружению, испытывает сжатие, поскольку размеры трубопровода всегда меньше размеров подводящего русла водотока. В связи с изменением геометрических параметров русла в водотоке возникают местные потери. С целью уменьшения местных потерь потока на входе в трубопровод были разработаны оголовки различных типов [1] (рис. 2). Наибольшее распространение получили оголовки в виде портала (рис. 2, а). Такие оголовки просты в строительстве, а также укрепляют входную часть трубопровода и в некоторой степени способны препятствовать размыву окружающей насыпи при подтоплении входной части.

Оголовки коридорного типа (рис. 2, б) больше приспособлены к уменьшению местных потерь, хотя

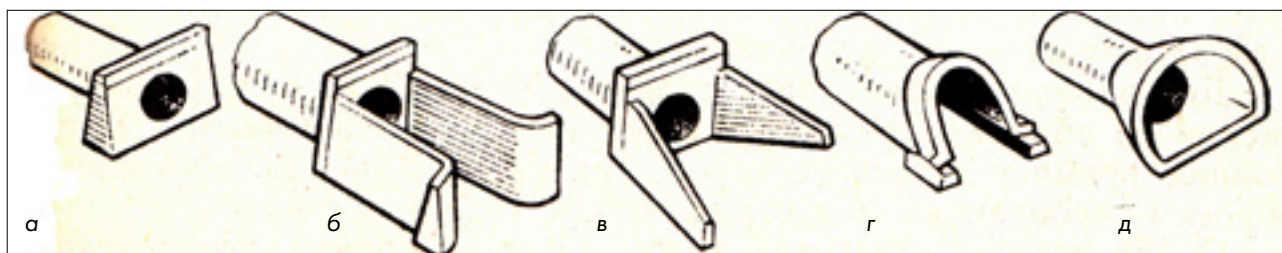


Рис. 2. Виды оголовков: а – портального типа.; б – коридорного типа; в – раструбного типа; г – воротникового типа.; д – обтекаемого типа;

и не сильно влияет на структуру потока. Наиболее полно отвечающим необходимым требованиям и обладающим простотой конструкции можно считать оголовки раструбного типа (рис. 2, в). Но все перечисленные оголовки несмотря на некоторые улучшения все равно сильно влияют на поток, изменяя его геометрические параметры в сторону уменьшения, а любое резкое изменение параметров неизбежно вызывает в потоке местные потери.

Чтобы сократить местные потери и не нарушить структуру потока в результате его сужения были предложены конструкции оголовков воротникового типа (рис. 2, г) и с обтекаемым контуром (рис. 2, д).

Оголовки обтекаемой формы имеют большее сродство с потоком, обеспечивают плавный вход потока в трубопровод, способны перевести безнапорный режим в напорный и поддерживать его при достаточно высоком расходе Q . Но у них высокая стоимость, что значительно сказывается на цене водопропускного сооружения.

При расчете трубопроводов в безнапорном режиме используется расчет по аналогии с водосливом с широким порогом:

$$Q = \varphi_c \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (1)$$

где

Q – расход, л/с;

$h_c = 0,9 \times h_{кр}$ – глубина потока в сжатом сечении, м;

$h_{кр}$ – критическая глубина потока, м;

ω_c – площадь сжатого сечения потока.

$$V_{кр} = 0,9 V_c', \quad (2)$$

где

V_c – скорость в сжатом сечении;

$V_{кр}$ – критическая скорость потока.

$$h_c = 0,73 V_c'^2 / g \quad (3)$$

Связь между H и h_c выражается следующей формулой:

$$H = h_c + \frac{V_c'^2}{2g\varphi_6^2} = (0,73 + \frac{0,5}{\varphi_6^2}) \frac{V_c'^2}{g}. \quad (4)$$

Поскольку для всех типов оголовков, кроме обтекаемого, который может обеспечить работу при напорном режиме, принимаем $\varphi_6 = 0,85$, тогда

$$H = 1,42 \frac{V_c'^2}{g} \approx 2h_c. \quad (5)$$

Следовательно, расчетный расход, который может пропустить трубопровод с любым типом оголовка, кроме обтекаемых, при работе в безнапорном режиме можно вычислить по формуле

$$Q = 0,85 \omega_c \sqrt{gH}. \quad (6)$$

При расчете трубопровода в полунапорном режиме, используя аналогию расчета как при истечении из-под щита, расход можно вычислить по формуле

$$Q = V_c \omega_c = \varphi_n \omega_c \sqrt{2g(H - h_c)}, \quad (7)$$

где

$h_c = 0,6 \times h_{вх}$ – глубина потока в сжатом сечении, м;

$h_{вх}$ – высота входа потока в трубу, м;

ω_c – площадь сжатого сечения потока, $\omega_c = 0,6 \omega_{вх}$.

Т.к. оголовки при расчете принят не обтекаемый, то $\varphi_n = 0,85$.

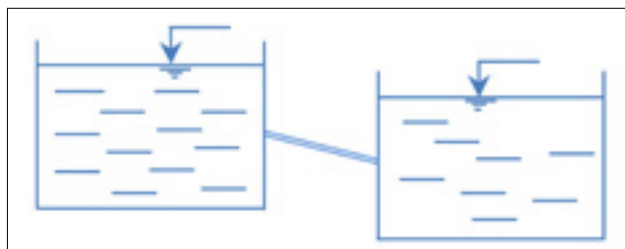


Рис. 3. Схема лабораторной установки

Подставим все данные в формулу расхода и получим:

$$Q = 0,5\omega_{\text{вх}} \sqrt{2g(H - 0,6h_{\text{вх}})}. \quad (8)$$

Сравним полученные формулы расходов при пропуске через трубопровод одинакового размера, а значит и равного сжатого сечения:

– при безнапорном режиме потока

$$Q = 0,85\omega_c \sqrt{gH}; \quad (9)$$

– при полунапорном режиме потока

$$Q = 0,5\omega_{\text{вх}} \sqrt{2g(H - 0,6h_{\text{вх}})}. \quad (10)$$

Как не сложно заметить, при равном напоре расход при полунапорном режиме всегда будет меньше, чем при безнапорном.

Из анализа полученных соотношений, а также из опыта эксплуатации малых водопропускных сооружений следует, что необходимо разработать модель оголовка, которая, во-первых, не будет создавать помех при работе трубопровода в безнапорном режиме, а во-вторых, будет проста в строительстве и последующей эксплуатации.

Методика эксперимента

Лабораторная установка представляет из себя два больших по объему резервуара, соединенных между собой трубопроводом под некоторым наклоном постоянного диаметра (рис. 3).

В первом баке поддерживается постоянный уровень воды, имитируя процесс подтопления входного оголовка, во втором баке находится расходомер, что позволяет с достаточной точностью определять расход воды, протекающей по трубопроводу. Оба бака открыты.

Таблица 5. Прочность на сжатие образцов

Вид оголовка	Среднее значение Q , л/с
Без оголовка	6,8
Вертикальные стержни	6,9
Вертикальные плоскости	6,9
Горизонтальные стержни	6,8
Горизонтальные плоскости	6,9
Козырек длиной 1,0 диаметра трубы	8,3

В ходе эксперимента, при установлении и поддержании постоянного уровня воды в первом баке, находящемся выше, производятся замеры расходов во втором баке при различных вставках в верхний конец трубопровода, имитирующий подтопленный оголовок.

Исходя из заданных условий, когда вставки у оголовка должны, во-первых, не стеснять движения потока, а во-вторых, быть просты в строительстве и эксплуатации, были использованы следующие виды вставок: вертикальные и горизонтальные стержни, вертикальные и горизонтальные плоскости и вставка типа «козырек». Результаты измерений сведены в таблице.

Как видно из табл., наибольший расход смог обеспечить входной оголовок типа «козырек» длиной 1,0 диаметра трубы.

Основываясь на полученных данных, можно с уверенностью утверждать: подобная модель входного оголовка «козырек» представляет собой оптимальное решение, отвечающее всем предъявляемым требованиям. Его конструкция не создает препятствий для свободного течения потока при пропуске расходов во время работы трубопровода в безнапорном режиме, а простота возведения и обслуживания делает его привлекательным с практической точки зрения.

Вывод

Предложенная конструкция оголовка в виде козырька не только существенно сокращает затраты на строительство и эксплуатацию малых водопропускных сооружений на патрульных дорогах аэропортов, но и отличается простотой изготовления, открывая новые горизонты для эффективного и экономичного строительства.

Список источников

1. Алтунин В.И., Суэтина Т.А., Черных О.Н. Гидравлические расчеты водопропускных труб на автомобильных дорогах: учебное пособие. – М.: МАДИ, 2016.
2. ОДМ 218.2.082-2017 Методические рекомендации по проведению гидравлических расчетов малых ИССО на автомобильных дорогах. – М., 2017.
3. Алтунин В.И., Бурлаченко А.В., Черных О.Н. К вопросу выбора расчетного гидравлического режима при проектировании металлических гофрированных водопропускных труб // При-

- родообустройство. – 2014. – № 2. – С. 51-57.
4. Черных О.Н., Алтунин В.И., Бурлаченко А.В. Экспериментальные исследования металлической гофрированной водопропускной трубы при частично-напорном режиме // Приволжский научный журнал. – 2015. – № 1 (33). – С. 28-36.

Для связи с авторами:

Сергей Валерьевич Куль, 6800965@list.ru

ПОЗДРАВЛЯЕМ



Владимиру Витальевичу Космину – 90 лет!

5 февраля 2025 г. Почетный работник высшего профессионального образования РФ, Почетный транспортный строитель, кандидат технических наук, академик РАТ, профессор отметил 90-летний юбилей

Родился в г. Симферополе. После окончания в 1959 г. Харьковского института инженеров транспорта по специальности инженер путей сообщения-строитель работал в институте «Харгипротранс», участвуя в разработках новых маршрутов и реконструкции ж.-д. сетей Урала, Поволжья и юга России. С 1964 г. работал в ЦНИИСе, где прошел путь от инженера до зав. лабораторией. С 1974 г. занимал должность ст. научного сотрудника ИКТП при Госплане СССР. В 1982-2000 гг. внес весомый вклад в подготовку инженерных кадров, исполняя обязанности доцента в ИПК руководящих работников Минтрансстроя СССР и профессора ВЗИИТа. В 2000-2001 гг. – декан факультета транспортных сооружений и зданий РГОТУПС. При его активном участии осуществлены первые системные разработки в области автоматизации ПИР для транспортного строительства, включая новаторские подходы к цифровому моделированию рельефа. В 2001–2013 гг. работал гл. специалистом техотдела ОАО «Проекттрансстрой».

Начиная с 1996 г. в качестве главного редактора, затем научного редактора журнала «Транспортное строительство» Владимир Витальевич активно участвует в его создании, будучи постоянным автором и экспертом.

Профессор В.В. Космин – подлинный мастер своего дела, обладающий безмерным творческим энтузиазмом, неустанной созидательной энергией и глубокими знаниями, к которому всегда можно обратиться за ценным советом. Является автором более 400 научных статей, учебников и методических пособий, профессиональных словарей, переводов и монографий. Его многолетний труд отмечен двумя медалями, почетным знаком «Ветеран транспортного строительства».

Транспортные строители нескольких поколений, редсовет и редколлегия журнала выражают Владимиру Витальевичу большую признательность за неоценимую помощь в издании и желают ему здоровья, жизненной энергии и личного благополучия!

Защитные сооружения лавинозащитных галерей от камнепада

АБДУЖАБАРОВ А.Х., д-р техн. наук, проф., МЕХМОНОВ М.Х., канд. техн. наук, доц.,
МАТКАРИМОВ А.Х., канд. техн. наук, доц., Ташкентский государственный транспортный
университет, Республика Узбекистан

Аннотация

Представлены результаты расчетов и анализа воздействия лавин и камнепадов на грунтовые конструкции галерей. В соответствии с полученными данными обоснована необходимость разработки и внедрения защитных сооружений, предотвращающих камнепады. Предложенные конструкции отличаются более низкой стоимостью по сравнению с существующими аналогами, а также в сравнении с затратами на технологии удаления каменных отложений с грунтовых покрытий галерей перед сходом лавин. Это позволяет сохранить целостность и функциональность сооружений при воздействии лавин.

Ключевые слова

грунт засыпки, защитные сооружения, камнепад, лавинозащитные галереи, скорость движения лавины, траншея

Abstract

The results of calculations and analysis of the impact of avalanches and rockfalls on the ground structures of galleries are presented. In accordance with the obtained data the necessity of development and implementation of protective structures preventing rockfalls is justified. The proposed constructions are characterized by lower cost in comparison with the existing analogs, as well as in comparison with the costs of technologies for removal of stone deposits from the ground coverings of galleries before avalanches. This makes it possible to preserve the integrity and functionality of structures under the impact of avalanches.

Keywords

avalanche galleries, avalanche velocity, backfilling soil, protective structures, rockfall, trench

Лавинозащитные галереи обычно выполняют двойную роль: защищают от лавин и часто – от камнепада. Расчеты от камнепада и глубины проникновения в грунт засыпки, как правило, выполняются при воздействии одиночной глыбы, что позволяет определить нагрузки на конструкцию галереи [1, 2]. Глубина проникновения камня в грунт засыпки галереи равна 0,5–0,7 м [1]. От падения одиночного камня в грунте засыпки могут образоваться ямы глубиной до 0,6 м. Если их не заполнить грунтом, это может создать все

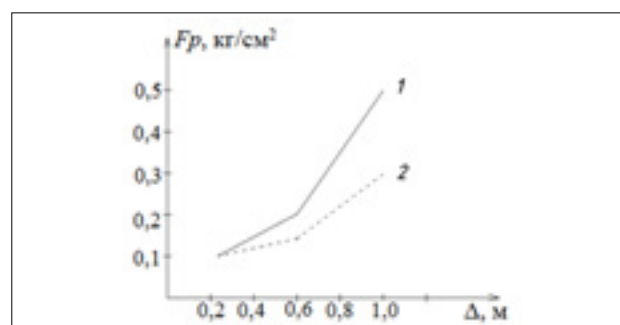


Рис. 1. Зависимость усилия F_p от неровности грунта засыпки: 1 – плотный снег; 2 – рыхлый снег

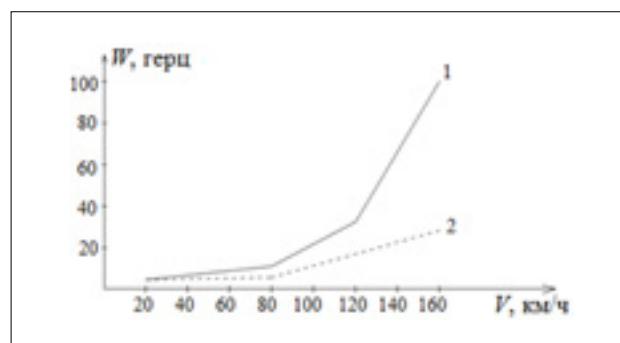


Рис. 2. Частотные характеристики галереи от скорости движения лавины: 1 – плотный снег; 2 – рыхлый снег

условия для сброса грунта засыпки при движении лавины. Проникновение отдельных мелких камней увеличивает ударную силу лавины, усложняя условия работы галереи.

Однако в теоретических расчетах не учитывается сезонность воздействия лавины и камнепада. Лавины наиболее активны зимой, а камнепады, напротив, чаще происходят осенью, весной или во время землетрясений.

Теоретические расчеты, подтвержденные экспериментально, показывают, что сила воздействия лавины зависит от величины неровностей грунта засыпки (рис. 1) [3]. Такие неровности глубиной до 0,8 м многократно увеличивают силу воздействия лавины на галерею, что может

привести к частичному и даже полному сбросу грунта засыпки. Это вызывает повреждения галереи, т.к. грунт, предназначенный для перераспределения и смягчения усилий, уносится снегом лавины. Более того, грунт засыпки до схода лавины часто завален камнями с различной глубиной проникновения, что дополнительно повреждает галерею, оставляя ее без защитного слоя грунта.

Армирование грунта засыпки неткаными синтетическими материалами не только снижает глубину проникновения камня, но и значительно меняет силу удара. Этот эффект усиливается с ростом скорости падения в геометрической прогрессии [4].

График на рис. 2. показывает, что скорость лавины влияет на частотные характеристики конструкции галереи. Однако неровности, вызванные камнепадом, могут ослабить этот эффект и создать дополнительные нагрузки, что приводит к частичному или полному сносу грунта засыпки.

Анализ графиков, представленных на рис. 1 и 2, демонстрирует необходимость дополнительной защиты лавинозащитных галерей от камнепада или предварительной зачистки от камнепада перед возможным сходом лавины. Такие меры влекут за собой дополнительные экономические затраты на выравнивание грунта засыпки от камней. Для снижения этих расходов можно устроить траншею глубиной 2-3 м, в зависимости от объема возможной массы камня (см. рис. 3).

Длина грунтовой засыпки, защищающей галерею, должна быть $L \geq 45-50$ м, что определяется по третьему закону Кулона $\tau = \sigma \tan \varphi + c$ и зависит от прочностных характеристик грунта:

$$N = \tau \times F, \tag{1}$$

где

- N – удерживающая сила (кН);
- τ – касательное напряжение;
- F – площадь грунта, необходимая для сопротивления сдвигу от лавины;

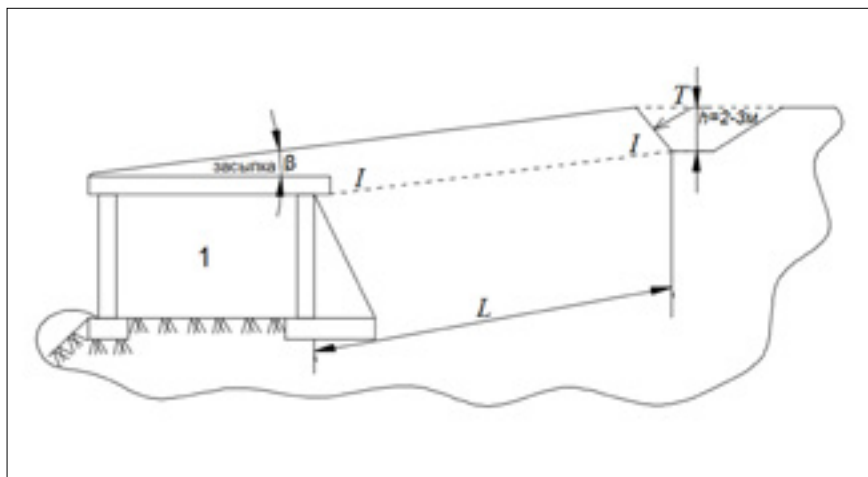


Рис. 3. Траншея сбора камней для сохранения грунта засыпки от сдвига на длину L : 1 – галерея

- σ – полное нормальное напряжение;
- φ – угол внутреннего трения;
- c – сцепление.

$$F = S \times L, \tag{2}$$

где

- S – длина галереи, м;
- L – длина грунтовой засыпки, м.

Силы трения между снежной массой и амортизирующей засыпкой создают сдвигающую силу

$$T = \gamma_c f S \left(\frac{v^2}{g} \sin^2 \beta \times h_c \times \cos \beta \right) K_y \times v; \tag{3}$$

где

- β – угол наклона поверхности отсыпки к горизонту;
- v – скорость движения лавины;
- γ_c – объемный вес снега;
- K_y – плотность снега, для сложившегося снега $K_y = 0,9$, для рыхлого снега $K_y = 0,7$;
- v – коэффициент жесткости конструкции перекрытия галереи, для рамных и арочных $v = 1,0$, для балочных $v = 0,9$.

Для обеспечения устойчивости конструкции галереи необходимо следующее условие: $N > T$.

В соответствии с расчетом от траншеи до галереи должна быть площадь длиной более 45 м.

При этом траншея обеспечивает сохранность галереи, т.к. часть снега от лавины остается в траншее, частично изменяя направление лавины от лобового сопротивления грунта траншеи. Это может снизить нагрузку на галерею до

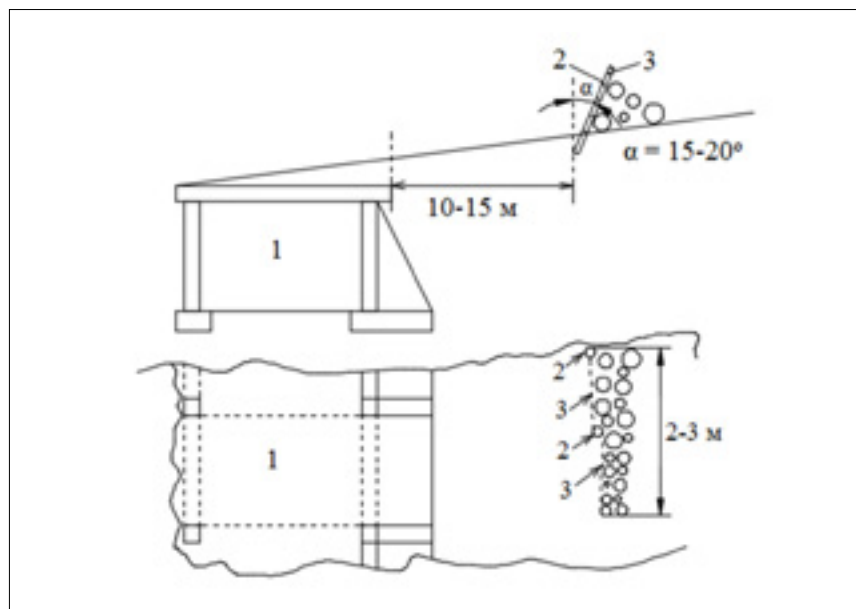


Рис. 4. Легкие камнезащитные сооружения, частично защищающие галерею от камнепада: 1 – галерея, 2 – железобетонные столбы, 3 – сетка из геотекстиля

20%. Учитывая, что земляные работы даже на высоте более 2500 м над уровнем моря имеют незначительную стоимость, экономическая целесообразность такой защитной конструкции очевидна.

В случае отсутствия условий для реализации сложной конструкции, изображенной на рис. 3, рекомендуется использовать легкие и доступные по цене сооружения для защиты от камнепада. Эти конструкции должны быть простыми в установке и не требовать сложных инженерных решений. Они обеспечивают частичную защиту от повреждений, вызванных камнем и валунами (рис. 4). Такие сооружения могут быть адаптированы под конкретные условия эксплуатации, что позволяет повысить их функциональность и долговечность. Важно учитывать экономическую эффективность и возможность их восстановления после схода лавины, поскольку дорогостоящие защитные конструкции в таких условиях могут быть безвозвратно утрачены и восстановить будет невозможно.

Выводы

При проектировании лавинозащитных галерей рекомендуется использовать легкие и доступные по цене защитные сооружения для обеспечения сохранности грунта засыпки. Эти сооружения

должны быть простыми в установке и не требовать сложных инженерных решений.

Защитные сооружения галереи обеспечат ее надежную работу при дополнительных расходах 3–5% сметной стоимости. Это позволит снизить расходы на содержание галереи.

Для снижения рисков от воздействия камнепада и лавины рекомендуется армировать грунт засыпки галереи. Это повысит функциональность и долговечность защитных сооружений.

Важно учитывать экономическую эффективность таких решений и возможность восстановления галереи после схода

лавины. Несмотря на дополнительные расходы, использование защитных сооружений может оказаться более выгодным в долгосрочной перспективе, так как позволит избежать дорогостоящего ремонта или замены галереи после повреждения.

Список источников

1. Абдужабаров А.Х. Сейсмостойкость автомобильных и железных дорог. – Бишкек: КАСИ. – 1996.
2. Абдужабаров А.Х., Маткаримов А.Х., Бегматов П.А., Эшон Ф.Ф. Расчет нагрузки на арочную галерею от удара одиночного камня // Транспортное строительство. – 2022. – № 2. – С. 24-25.
3. Abdujabarov A.H., Begmatov P.A., Eshonov F.F., Mekhmonov M.H., Khamidov M.K. Determination of the state of the avalanche protection gallery during seismic impact and avalanches // E3S Web of Conf. V International Scientific Conference "Construction Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering" (CONMECHYDRO–2023), Tashkent, Uzbekistan, July 11. – 2023. – V. 401. – URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340102042>.
4. Дыдышко П.И., Кордовская Л.А., Балун Ю.К. Опыт применения нетканых материалов для защиты земляного полотна // Транспортное строительство. – 1991. – № 7. – С. 19-21.

Для связи с авторами:

Абдухамит Халилович Абдужабаров,
a.abdujabarov@mail.ru

Использование MEMS-инклинометра для динамических испытаний мостов

ХАЗАНОВ М.Л., канд. техн. наук, гл. специалист, ООО «НИИ МИГС», Москва

Аннотация

Методика обработки показаний MEMS-инклинометров, описанная в статье, открывает новые возможности для их использования при динамических испытаниях мостовых конструкций. Благодаря высокой точности и чувствительности, MEMS-инклинометры способны улавливать мельчайшие колебания и деформации, что делает их незаменимыми в области мониторинга объектов инфраструктуры. Описание процесса обработки данных дает методологии строгую последовательность и глубину, позволяя инженерам и исследователям получить полное представление о динамическом поведении мостов. Эффективный анализ реакции конструкции на внешние нагрузки способствует более безопасной эксплуатации и продлению срока службы объектов.

Ключевые слова

MEMS-инклинометр, динамический коэффициент, преобразование Фурье

Abstract

The method of processing MEMS-inclinometers readings described in the article opens up the possibility of using them for dynamic tests of bridges construction. Due to its high accuracy and sensitivity, MEMS-inclinometers are able to detect the smallest vibrations and deformations, which makes them indispensable in the field of monitoring infrastructure facilities. The description of the data processing process gives the methodology strict consistency and depth, allowing engineers and researchers to gain a complete understanding of the dynamic behavior of bridges. Effective analysis of the design response to external loads contributes to safer operation and extended service life of objects.

Keywords

MEMS-inclinometer, dynamic coefficient, Fourier transform.

В процессе динамических испытаний мостов измеряют частоты собственных колебаний, динамические коэффициенты и величину логарифмического декремента колебаний. В качестве датчика используют электронный тензومتر, обеспечивающий высокую скорость опроса. Требуемая чувствительность обеспечивается путем подбора величины базы измерения. Недостаток использования тензометра – трудоемкость его установки. Часто применяют для динамических испытаний акселерометры. Установка их очень проста, а недостаток – они не позволяют измерить статическую деформацию, необходимую для вычисления динамического коэффициента. Дан-

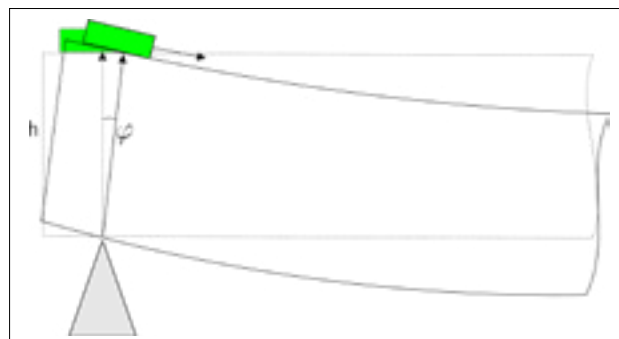


Рис. 1. Изменение положения инклинометра на пролетном строении в районе опоры: пунктир – положение покоя; сплошная линия – момент динамических испытаний

ная статья посвящена теории и практике использования MEMS-инклинометра для динамических испытаний.

Этот тип инклинометров основан на микроэлектромеханических системах (MEMS), которые часто встречаются в мобильных устройствах и системах мониторинга.

Инклинометр идеально подходит для статических измерений прогибов разрезных пролетных строений. Действительно, прогиб в середине такого пролетного строения при нагружении одиночной нагрузкой и угол поворота пролетного строения возле опоры в тех же условиях, как известно из строительной механики [1], связаны прямой зависимостью

$$y = \varphi L/3, \quad (1)$$

где

φ – угол поворота в радианах, L – длина пролета в тех же единицах, что и прогиб.

Современные MEMS-инклинометры обладают высокой точностью, вплоть до тысячной доли градуса, которая для 12-метрового пролета соответствует прогибу 0,07 мм.

С динамикой все несколько сложнее. Дело в том, что MEMS-инклинометр измеряет угол по изменению направления вектора земного тяготения относительно оси инклинометра, т.е. это значит,

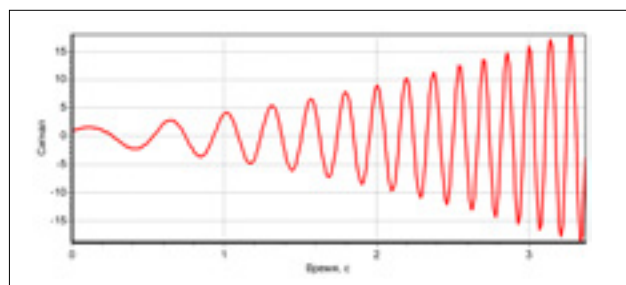


Рис. 2. График сигнала по формуле $y = \sin(2\pi(1+x)x) + (1+x)^2 \sin(2\pi(1+x)x)$, где первое слагаемое – синусоида с постоянной амплитудой и меняющая свою частоту по линейному закону, второе слагаемое – синусоида также меняющая частоту, но с возрастающей амплитудой, пропорциональной квадрату частоты, т.е. пропорциональной ускорению

что он будет реагировать на перемещение вдоль своей оси, как акселерометр (рис. 1).

Инклинометр спроектирован так, чтобы его показания были равны углу его отклонения от горизонтального положения в градусах. На выходе инклинометра должен быть сигнал, линейно меняющийся от величины угла в градусах:

$$I(\varphi) = \arcsin\left(\frac{U(\varphi)}{g}\right) \times \frac{180}{\pi} \quad (2)$$

где

$U(\varphi)$ – сигнал на выходе чувствительного элемента инклинометра,

g – величина ускорения свободного падения.

Кроме того, инклинометр в процессе динамических испытаний перемещается вдоль своей оси на величину $h \cdot \varphi(t)$ (см. рис. 1), что приводит к появлению дополнительного ускорения, направленного вдоль оси инклинометра, которое векторно складывается с ускорением тяготения. Поскольку величина ускорения пропорциональна квадрату частоты, то по записи такого сигнала становится невозможным правильное определение динамического коэффициента: он будет всегда завышен, особенно на коротких пролетных строениях, где частота колебаний высока.

В связи с этим применим дополнительную математическую обработку сохраненного сигнала для компенсации или существенного уменьшения влияния продольного перемещения инклинометра на результаты измерения параметров динамических испытаний.

В момент минимального и максимального наклонов инклинометра его продольная скорость становится нулевой. Это значит, что фазы сигналов,

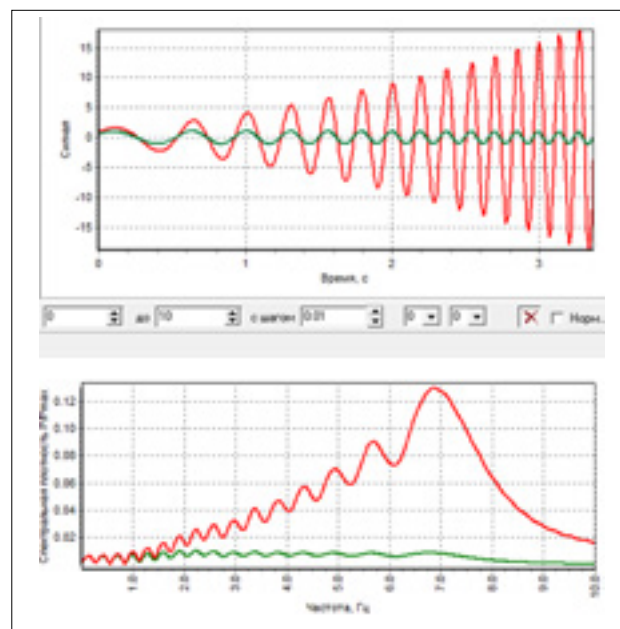


Рис. 3. Результат коррекции теоретического графика

вызванных наклоном и продольным перемещением, совпадают. Если представить каждый из сигналов вектором, станет очевидным, что при увеличении амплитуды одного из сигналов будет увеличиваться и их сумма (рис. 2).

Теперь надо подобрать методику обработки данного сигнала, зависящую от частоты. Результатом обработки должно стать колебание с постоянной амплитудой, но сохранившее закон изменения частоты, т.е. как можно более близкое к первому слагаемому формулы под рис. 2.

Разложим синтезированный сигнал в ряд Фурье. Это позволит к каждой составляющей ряда применить обработку, зависящую от частоты, а затем сделать обратное преобразование Фурье. Цель будет достигнута, если в результате получим синусоиду с более или менее постоянной амплитудой и с тем же законом изменения частоты.

Если каждую спектральную составляющую разделить на коэффициент $k = 1 + mx^2$, где x – это частота, то получим, что на низких частотах значение k близко к 1, а на высоких – к mx^2 . После нескольких вариантов подбора наиболее приемлемая величина m составила 0,3. На рис. 3 сверху красными линиями показаны график сигнала из рис. 2, а внизу – его спектр (прямое преобразование Фурье). Зеленой линией внизу отмечен спектр после деления его на $k = 1 + 0,3x^2$, а зеленая линия сверху – результат обратного преобразования скорректированного спектра.

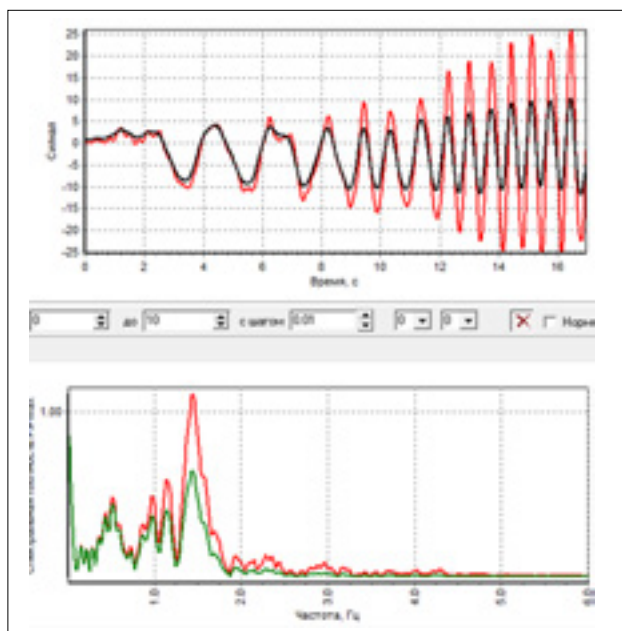


Рис. 4. Результат обработки настольного эксперимента

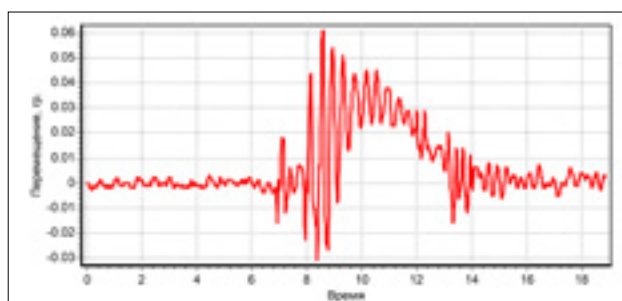


Рис. 5. Запись инклинометра до обработки

Как видно, результат получился хороший.

Далее проводился настольный эксперимент: на рычаге высотой 35 см, в верхней его части, был закреплен инклинометр. Рычаг качался относительно нижней точки. При качании экспериментатор старался держать постоянный максимальный угол отклонения рычага, увеличивая частоту колебаний. Далее вся процедура обработки сигнала была повторена, но в качестве m взяли высоту рычага (0,35 м). Результат получился приемлемым (рис. 4). Кроме того, стало ясно, что величина m , скорее всего, должна быть равна высоте балки, на которой установлен инклинометр.

Было испытано несколько мостов с использованием MEMS-инклинометра BWM460. Статика совпала идеально с показаниями лазерных прогибомеров, а динамика оказалась непригодной из-за нереально завышенных динамических коэффициентов. Однако после обработки описанной методикой все измерения оказались в разумных пределах.

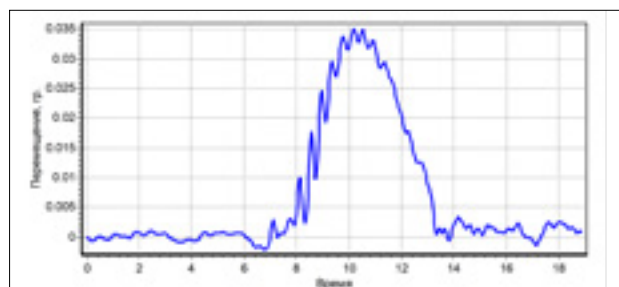


Рис. 6. Запись инклинометра после обработки

На рис. 5 показана запись инклинометра при проезде по мосту грузовика со скоростью 10 км/ч без искусственного порожка. Обычно при таком испытании динамический коэффициент бывает близким к 1. Однако он получился равным 2, что говорит об ошибочности измерения. После обработки сигнала по методике, приведенной выше, показания вошли в норму (рис. 6).

Таким образом, перспектива использования MEMS-инклинометра для динамических испытаний становится привлекательной. Окончательное решение можно будет принять после серии сравнительных испытаний с одновременным использованием инклинометра и тензометра.

Выводы

На основе анализа способов измерения динамических параметров, а также особенности возбуждения собственных колебаний мостовых сооружений и возникающей при этом помехе измерения можно сделать вывод, что предлагаемый способ фильтрации данных динамических испытаний моста позволяет минимизировать влияние продольных перемещений инклинометра на точность определения динамических параметров. Этот метод является полезным инструментом обработки результатов динамических испытаний мостов, позволяющим значительно упростить процесс таких испытаний.

Список источников

1. Хазанов М.Л. Экспериментальное определение логарифмического декремента колебаний строительных конструкций // Транспортное строительство. – 2024. – № 3. – С. 47-49.

Для связи с автором:

Михаил Львович Хазанов, muxaul_x@mail.ru

Охрана окружающей среды на асфальтобетонных заводах

ЛУПАНОВ А.П., д-р техн. наук, проф., СИЛКИН В.В., канд. техн. наук, проф., РУДАКОВА В.В., канд. техн. наук, доц., Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва; СИЛКИН А.В., инж., ООО «АБЗ КАПОТНЯ», Московская обл.

Аннотация

Определены основные направления обеспечения экологической безопасности и выполнения требований экологического законодательства при производстве асфальтобетонных смесей. Приведены рекомендации по снижению вредных выбросов при эксплуатации АБЗ.

Ключевые слова

асфальтобетонный гранулят, асфальтосмесительная установка, асфальтогранулобетонные смеси, свойства гранулоасфальтобетонов, холодное фрезерование, цемент, экономическая эффективность

Abstract

The main directions of providing environmental safety and meeting the requirements of environmental legislation in the production of asphalt concrete mixtures have been identified. Recommendations are given for reducing harmful emissions during asphalt plant operation.

Keywords

asphalt concrete granulate, asphalt mixing plant, asphalt granulated concrete mixtures, properties of granulated asphalt concrete, cold milling, cement, economic efficiency

Производство асфальтобетонных смесей (АБС) сопровождается образованием и выделением опасных загрязняющих веществ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. При этом возможно нарушение экологических требований и санитарно-гигиенических норм. В большинстве случаев по санитарной классификации асфальтобетонные заводы (АБЗ) относятся ко II категории предприятий, выбросы которых в окружающую среду содержат канцерогенные вещества. Перечень основных загрязняющих веществ, образующихся на АБЗ, представлен в табл. 1.

Общие требования к АБЗ в части охраны окружающего воздуха, охраны поверхностных вод и неблагоприятного воздействия отходов производства установлены в гл. 7 Федерального закона № 07-ФЗ от 10.01.2002 (в ред. от 08.08.2024) «Об охране окружающей среды» [1].

В соответствии с требованиями Федерального закона № 219-ФЗ от 21 июля 2014 г. (в ред. от 26.07.2019) «Об охране атмосферного воздуха» [2] при проектировании, строительстве, реконструкции и эксплуатации предприятий должно обеспечиваться соблюдение нормативов качества атмосферного воздуха.

Для АБЗ, в соответствии с утвержденными методиками, разрабатываются и устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ) в воздух, предельно допустимых стоков в воду (ПДС), согласованные с местными органами природопользования и охраны окружающей среды.

Для производственных предприятий, в том числе для АБЗ, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 [4] определяет размеры санитарно-защитных зон. Санитарно-защитная зона (СЗЗ) для АБЗ должна составлять не менее 500 м.

Территория СЗЗ должна быть озеленена газоустойчивыми породами деревьев и кустарников по проектам благоустройства. При этом следует иметь в виду, что деревья с шероховатыми листьями задерживают пыль лучше. На листовой поверхности таких деревьев осаждается до 70% пыли из атмосферного воздуха.

Экологическое законодательство в России не содержит положений, прямо устанавливающих необходимость организации экологической службы как структурной единицы предприятия.

Однако на каждом АБЗ, связанном с негативным воздействием на окружающую среду (НВОС), требуется исполнение ряда основных обязанностей, включающих:

- контроль соблюдения требований природоохранного экологического законодательства;
- разработку программы и осуществление производственного экологического контроля;
- регулярное предоставление в государственные контролирующие органы сведений о соблюдении соответствующих экологических норм и стандартов;
- своевременное внесение платы за НВОС;

Таблица 1. Классификация выбросов АБЗ в атмосферу

№ по ГН*	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Предельно допустимая концентрация, мг/м ³		Класс опасности
				Максимально-разовая	Средне-суточная	
3	Азота оксид	10102-44-0	NO ₂	0,20	0,04	3
5	Азота (II) оксид	10102-43-9	NO	0,40	0,06	3
47	Бензо (а) пирен	50-32-8	C ₂₀ H ₁₂	–	1×10 ⁻⁶	1
110	Диванадий пентоксид (пыль)	1314-62-1	O ₅ V ₂	–	0,002	1
489	Серы диоксид	7446-09-5	O ₂ S	0,50	0,05	3
550	Углерода оксид	630-08-0	CO	5,00	3,00	4
551	Углерод	13333-86-4	C	0,15	0,05	3
469	Пыль неорганическая, содержащая двуокись кремния	–	–	0,15	0,05	3

*По СанПиН 1.2.3685-21

- разработку и внедрение мероприятий для снижения НВОС.

Перечисленные обязанности определяют включение в штат АБЗ эколога.

В квалификационном справочнике должностей руководителей, специалистов и других служащих [3] определены должностные обязанности эколога и начальника отдела охраны окружающей среды на предприятии.

Действенной мерой по повышению экологической безопасности на АБЗ могут стать организация и проведение экологического контроля на предприятии.

В соответствии со ст. 67 № 7-ФЗ от 10.01.2002 (с изменениями от 08.08.2024) [1] АБЗ обязаны разработать и утвердить программу производственного экологического контроля (ПЭК) и проводить ее согласно установленным требованиям.

Природоохранные мероприятия, применяемые в настоящее время в России и за рубежом при производстве АБС, можно подразделить на организационные, защитные и технико-технологические. К организационным следует отнести мероприятия, направленные на совершенствование складского хозяйства (рациональное складирование каменных материалов, учет их влажности, оптимальные схемы перемещения материалов). Организационные мероприятия включают также выбор эффективного топлива при производстве АБС.

К защитным мероприятиям относится повышение эффективности работы систем улавливания пыли и очистки газов.

Технико-технологические мероприятия направлены на совершенствование технологии и оборудо-

вания для производства АБС в целях обеспечения требований экологического законодательства.

Получаемые на АБЗ каменные материалы, как правило, хранят на открытых площадках. В период атмосферных осадков влажность материалов, особенно в мелких фракциях, заметно увеличивается, что влечет за собой снижение производительности асфальтосмесительных установок (АСУ), а расход топлива увеличивается. Установлено, что регулирование влажности поступающего на сушку каменного материала (например, путем отвода воды из штабеля, устройства тентов) ведет к уменьшению расхода топлива. Снижение влажности исходных каменных материалов на 1% позволяет снизить расход топлива до 10%, а также ведет к уменьшению уровня выбросов загрязняющих веществ на 5-7%.

Определенный интерес представляет опыт Германии и Китая, направленный на организацию экологического производства АБС на стационарных АБЗ путем размещения каменных материалов в защищенных от непогоды крытых хранилищах (ангарах) (рис. 1). Безусловно, хранение каменных материалов в ангарах требует дополнительных капитальных вложений. Однако при ужесточении экологических требований применение закрытых складов может быть экономически целесообразным за счет снижения расхода топлива. Иногда целесообразно закрывать только отсеы дробления или песок, поскольку они удерживают больше влаги, чем крупный заполнитель.

Использование бункеров-накопителей для хранения готовых АБС также позволяет снизить уровень загрязнений до 10% с учетом уменьшения выбросов при повторных запусках АСУ.



Рис. 1. Хранение каменных материалов на АБЗ компании NFLG в Китае

Эффективным организационным мероприятием может стать газификация АБЗ. На АБЗ в качестве топлива для нагрева каменных материалов преимущественно используются мазуты различных марок и другие виды жидкого топлива. Попытки добавления в мазут различных катализаторов с целью уменьшения выбросов на АБЗ не обеспечивают решения этой важной проблемы. Обследование АБЗ, работающих на природном газе, выявило низкий уровень загрязнения атмосферы всеми видами окислов и углеродов. В табл. 2 приведены данные ООО «Дорэксперт» по выбросам загрязняющих веществ в пересчете на 1 т АБС при применении природного газа и мазута.

Из приведенных данных табл. 2 следует, что применение природного газа позволяет уменьшить выбросы по некоторым загрязняющим веществам в 5-6 раз по сравнению с использованием мазута. Кроме того, при работе на мазуте происходит дополнительный выброс вредных веществ, которые

Таблица 2. Выбросы загрязняющих веществ при применении мазута и природного газа

Наименование вещества	Количество выбросов на 1 т смеси	
	Мазут	Природный газ
Азота (III) оксид	$35,2 \times 10^{-6}$	$7,2 \times 10^{-6}$
Азота оксид	$5,7 \times 10^{-6}$	$1,1 \times 10^{-6}$
Углерода оксид	$179,0 \times 10^{-6}$	$58,6 \times 10^{-6}$
Углеводороды предельные (C12-C19)	$137,1 \times 10^{-6}$	$5,7 \times 10^{-6}$
Углерод (сажа)	$3,2 \times 10^{-6}$	$0,4 \times 10^{-6}$
Серы диоксид	$0,04 \times 10^{-6}$	$0,6 \times 10^{-6}$

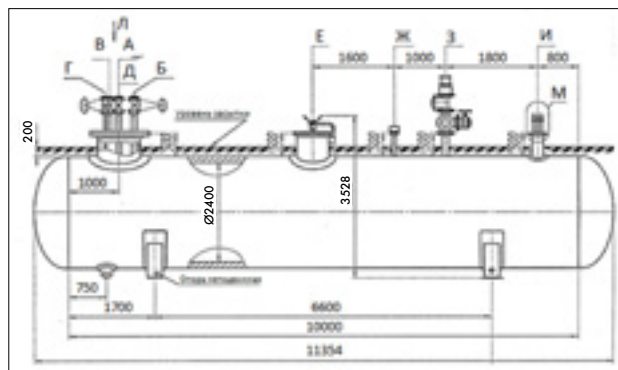


Рис. 2. Резервуар для хранения сжиженного углеводородного газа: А – штуцер ввода жидкой фазы сжиженного газа; Б – штуцер вывода жидкой фазы сжиженного газа; В – штуцер для паровой фазы сжиженного газа; Г – штуцер дренажа; Д – штуцер для манометра; Е – люк-газ; Ж – штуцер индикатора-сигнализатора уровня; З – штуцер для предохранительного клапана; И – штуцер для установки мерных трубок и термометра

при использовании природного газа практически не образуются, – это мазутная зола и диоксид серы. Такие выбросы наиболее токсичны, и нормативы оплаты по ним самые высокие. Перевод на природный газ только одного АБЗ позволяет сократить выбросы загрязняющих веществ до 60 т в год.

В случае расположения АБЗ вдали от магистралей природного газа следует рассмотреть в качестве альтернативного вида топлива сжиженный углеводородный газ (СУГ), опыт использования которого при эксплуатации АБЗ за рубежом показал ряд преимуществ в сравнении с традиционной газификацией [5].

Следует отметить, что рядом организаций предлагаются интересные решения систем автономного снабжения СУГ промышленных объектов, которые могут быть полезны для АБЗ дорожного хозяйства. В частности, это оборудование, предлагаемое компанией «ЭКОГАЗ» (Санкт-Петербург) в составе:

- резервуар с номинальным объемом 20 м³ для подземного размещения СУГ (рис. 2);
- комплектная установка с самовсасывающим насосом для подачи пропан-бутана из подземных резервуаров и установкой для паровой фазы;
- комплексная насосно-счетная установка для перелива и учета СУГ (пропан-бутан и их смеси).

В настоящее время ряд АБЗ дорожного хозяйства России рассматривают вопросы использования СУГ при производстве АБС. Для мобильных АБЗ установки СУГ могут быть выполнены в виде модульных конструкций. При необходимости их



Рис. 3. Асфальтосмесительная установка компании XRMG (Китай) в комплектации с системой экологичного производства асфальтобетонной смеси

возможно передислоцировать вместе с АБЗ. Монтаж оборудования производится в короткие сроки.

В настоящее время ООО «ГТС-Автоном» (Самара) система автономного снабжения на базе СУГ внедрена на десяти АБЗ дорожного хозяйства.

Опыт работы АБЗ при замене дизельного топлива на СУГ подтвердил следующие преимущества:

- независимость от магистральных сетей природного газа;
- низкая себестоимость производимой энергии;
- экологичность и безопасность при работе АБЗ.

Использование СУГ (пропан-бутан) в 2 раза экономичнее дизельного топлива. Монтаж системы автономного газоснабжения занимает не более двух недель.

Основным источником загрязнения окружающей среды на АБЗ является пыль, образующаяся при загрузке питающих агрегатов АСУ, при транспортировке каменных материалов в сушильный барабан, при просушивании материала, при его просеивании и сортировке на фракции, при дозировании и сухом смешивании компонентов в смесителе до момента подачи вяжущего, а также при подаче в смеситель минерального порошка. Для локализации очагов пылевыведения следует применять аспирационные укрытия мест загрузки транспортеров.

На зарубежных АСУ на второй ступени очистки газов применяют эффективное пылеулавливающее оборудование – тканевые фильтры. Внедрение тканевых фильтров является основным направлением усовершенствования систем очистки и улавливания пыли на АСУ. Степень очистки газов на АБЗ, оборудованных тканевыми фильтрами, составляет 99,8-99,9%.



Рис. 4. Асфальтобетонный завод закрытого типа в Китае

В последнее время в России компаниями ООО «Самарский завод Ротор», ООО «Завод ТАТМАШ», ООО «Колокшанский Агрегатный Завод» выпускаются АСУ в комплекте с тканевыми фильтрами.

АСУ компании ASTEC (США) оснащаются более эффективными тканевыми фильтрами с импульсной системой очистки газов. В ряде АСУ компаний AMMANN, ASTEC, MARINI и NFLG предусмотрено расположение тканевого фильтра над сушильным барабаном, что создает больше преимуществ для экономии энергии за счет более короткого и теплоизолированного канала между сушильным барабаном и фильтром.

Постоянный поиск эффективных способов пылеулавливания и очистки газов находится в центре внимания производителей асфальтосмесительного оборудования России, Европы, США и Китая.

По результатам выполненных исследований компанией XRMG (Китай) предложены АСУ с системой Super Green (SG) различной производительности (рис. 3). Установка обладает закрытой конструкцией и отдельной системой фильтрации для группы дозаторов холодного каменного материала и ленточных питателей. Все узлы АСУ оснащены системой вентиляции воздуха, пылеочистки и всасывания дыма на каждом этапе производства АБС, а также системой для дополнительной фильтрации и очистки отработавших газов.

В последнее время компаниями LINTEC, BENNINGHOVEN (Германия), NFLG (Китай) и др. поставляются АСУ, состоящие из блоков в стандартных ISO-контейнерах, что обеспечивает не только быстрый монтаж и низкие транспортные

затраты, но и защиту от непогоды, пыли, загазованности и шума.

Определенный интерес представляет комплекс АБЗ в закрытом помещении (рис. 4). При этом обеспечивается защита каменных материалов от влаги и ветра при сокращении любых выбросов вредных загрязняющих веществ до минимума. Размещение всего комплекса оборудования в закрытом помещении может стать актуальным и для крупных городов России.

Основным фактором, влияющим на выброс загрязняющих веществ при производстве горячих АБС, является температура выпуска смесей (140-160 °С).

Кардинальным решением задачи снижения выбросов загрязняющих веществ при обеспечении экологических требований АБЗ становится переход на выпуск холодных и теплых АБС. К основным преимуществам холодных и влажных смесей относится возможность их производства при более низких температурах.

В России накоплен опыт приготовления влажных АБС в установках циклического действия, дооборудованных системой подачи воды. Особенности технологии заключаются в обязательном приготовлении АБС в АСУ принудительного действия. Битум вводится в асфальтосмеситель после перемешивания минеральных материалов с водой.

Технология производства холодных смесей исключает операции по нагреву каменных материалов, что практически полностью сводит на нет выбросы в окружающую среду аэрозолей, содержащих минеральную пыль, различные окислы, канцерогенные углеводороды.

В последнее время как в России, так и за рубежом находят свое применение теплые смеси,готавливаемые при более низких температурах (обычно от 105 до 125 °С) [6, 7], обладающие такими преимуществами, как:

- снижение расхода топлива при производстве АБС;
- уменьшение объемов выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду.

Экономия топлива при реализации технологии производства теплых смесей составляет от 20 до 35% при значительном сокращении выбросов углекислого газа, оксида азота, углерода и др. [7].

Выводы

1. Территория санитарно-защитной зоны размером не менее 500 м должна быть озеленена газоустойчивыми породами деревьев по проекту благоустройства, разработанному одновременно с проектом строительства или реконструкции АБЗ.

2. В соответствии с требованиями экологического законодательства РФ необходимым для АБЗ должна быть разработка программ производственного экологического контроля и осуществление его проведения в соответствии с установленными требованиями.

3. Для снижения выбросов при производстве асфальтобетонной смеси следует предусматривать газофикацию АБЗ.

4. Применение теплых и холодных смесей дает существенное снижение выбросов.

Список источников

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 08.08.2024).
2. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный закон от 21.07.2014 № 219-ФЗ (ред. от 26.07.2019).
3. Об утверждении Квалификационного справочника должностей руководителей, специалистов и других служащих: Постановление Минтруда России от 21.08.1998 № 37 (с изменениями от 27.03.2018).
4. О введении в действие новой редакции санитарно-эпидемиологических правил и нормативов СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов»: Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 25.09.2007 № 74 (ред. от 15.11.2024).
5. Силкин В.В., Лупанов А.П., Мухин М.А. Перспективы применения сжиженного газа // Строительная техника и технологии. – 2013. – № 3. – С. 64-68.
6. Силкин В.В., Лупанов А.П., Васильев Ю.Э. Приготовление теплых асфальтобетонных смесей // Строительная техника и технологии. – 2013. – № 7. – С. 62-64.
7. Крупин Н.В. Теплый асфальтобетон. Экскурс в развитие технологии // Технический вестник дорожного хозяйства. – 2012. – № 3. – С. 64-74.

Для связи с авторами:

Алексей Вячеславович Силкин, alesilkin@yandex.ru

III Международный строительный форум «АРКТИКА»



Крупнейшее мероприятие по строительству на северных территориях успешно прошло в Москве 13-15 ноября 2024 г. Участниками деловой программы стали более 300 представителей строительной и нефтегазовой отраслей, научного сообщества и органов власти.



В течение первых двух дней форума развернулась выставка «Строительные технологии, спецтехника, оборудование и материалы для Арктики», где участники смогли познакомиться с инновациями в геотехническом мониторинге, BIM-технологиях и решениях для надежной защиты объектов в суровых условиях.

Пленарная сессия раскрыла перспективы развития Арктики и ключевые проекты. Ареной обсуждения важнейших аспектов от проектирования фундаментов на многолетнемерзлых грунтах до новых строительных технологий стали тематические секции, организованные по самым актуальным направлениям:

- развитие фундаментальной науки в Арктике;
- проектирование оснований и фундаментов на многолетнемерзлых грунтах;
- инженерные изыскания для строительства в арктических регионах;
- инженерная защита территорий, зданий, сооружений в криолитозоне;
- геотехнический мониторинг;
- строительство дорожной инфраструктуры на многолетнемерзлых грунтах;
- строительство гидротехнических сооружений в криолитозоне. Развитие инфраструктуры Северного морского пути;
- строительство энергетических объектов в Арктике;
- новые строительные технологии и материалы для Арктической зоны РФ;
- кадры и образование

Всего в рамках деловой программы представлено более 80 докладов руководителей и специали-

стов ведущих проектных институтов и крупнейших предприятий, участвующих в развитии арктических регионов, таких как НИИОСП им. Н.М. Герсевича АО «НИЦ «Строительство», Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе (МГРИ), ФДА «Росавтодор», «ГеоИнжСервис», Zinker, «Граунд Инжиниринг», «Северные Изыскания», «Монитрон», «ГМК «Норильский никель», ЦНИИТС, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, МГУ им. М.В. Ломоносова и др.

Участники форума погрузились в современные тенденции развития строительства в условиях многолетнемерзлых грунтов, рассматривая примеры из множества успешно реализованных проектов в России. Они ознакомились с новейшими материалами, передовой техникой и специализированным оборудованием, предназначенными для эксплуатации в арктической зоне Российской Федерации. Эта встреча не только обогатила знания участников, но и проложила путь к новым достижениям в строительной отрасли, способствуя устойчивому развитию в непростых климатических условиях.

В ходе проведенных технических экскурсий в лаборатории НИИОСП им. Н.М. Герсевича, МГРИ, «МОСТДОРГЕОТРЕСТ» и «РУСГЕОТЕХ» участники погрузились в практические исследования, открывающие новые горизонты для развития арктических проектов.

Материалы форума доступны на официальном сайте организатора: www.fc-union.com

Н.Е. Петрова

9–11 АПРЕЛЯ 2025

VI МЕЖДУНАРОДНАЯ
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«МОСТЫ И ДОРОГИ: СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ»

МОСКВА
ОТЕЛЬ СУЩЕВСКИЙ САФМАР

Организатор конференции



INTERNATIONAL
ASSOCIATION OF
FOUNDATION
CONTRACTORS

МЕЖДУНАРОДНАЯ
АССОЦИАЦИЯ
ФУНДАМЕНТОСТРОИТЕЛЕЙ

Генеральный спонсор



Спонсоры конференции



Официальная поддержка



НИЦ строительство
профессиональный центр



Генеральные информационные партнеры



www.fc-union.com, info@fc-union.com, +7 (495) 66-55-014, +7 925 57-57-810

12+

