

АННОТИРОВАННЫЙ ОТЧЕТ
по годовому этапу научно-исследовательской работы №7.11.2014/К в рамках
проектной части государственного задания в сфере научной деятельности
за 2016 год

- 1. Тема:** Теоретико-экспериментальный подход к решению задач динамики строительных конструкций
- 2. Номер государственной регистрации:** 114101440009
- 3. Руководитель:** Королев Евгений Валерьевич
- 4. Организация-исполнитель:** Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
- 5. Телефон руководителя:** 84991880400
- 6. Электронная почта руководителя:** korolev@nocnt.ru
- 7. Интернет-адрес (URL):** mgsu.ru
- 8. Сроки проведения:**
 - начало: 01.01.2016
 - окончание: 31.12.2016
- 9. Наименование годового этапа:** Макетирование и натурные аэродинамические испытания строительных конструкций с многослойными покрытиями. Патентный поиск и подготовка заявок на патенты РФ. Формулировка практических рекомендаций по выбору оптимальных многослойных покрытий для большепролетных строительных конструкций.
- 10. Плановое финансирование (рублей):**
 - проведения годового этапа: 4 500 000,00 руб.
- 11. Фактическое финансирование (рублей):**
 - проведения годового этапа: 4 500 000,00 руб.
- 12. Коды темы по ГРНТИ:** 67.03.05 67.11.59 30.19.23
- 13. Приоритетное направление:** Информационно-телекоммуникационные системы
- 14. Критическая технология:** Технологии и программное обеспечение распределенных и высокопроизводительных вычислительных систем
- 15. Полученные научные и (или) научно технические результаты:** 1 Выполнено исследование ветровых воздействий на большепролетные конструкции с многослойной дорожной одеждой: 1.1 Вместе с увеличением длины пролета (увеличением соотношения геометрических размеров при фиксированном поперечном сечении) собственные частоты большепролетной конструкции с многослойной дорожной одеждой снижаются, что, с учетом нестационарной природы ветровых воздействий, обусловленной, в частности, их турбулентным характером, может вызвать резонансный отклик указанной конструкции (части конструкции), в особенности – в случае лобового ветрового воздействия. 1.2 Резонансные эффекты большепролетных конструкций с многослойной дорожной одеждой существенно усложняют их нестационарный отклик на воздействие ветровой нагрузки, требуя необходимости учета предистории воздействия в части пиковых скоростей и давлений. 1.3 Предпосылкой снижения влияния резонансных эффектов

воздействия ветровой нагрузки на большепролетные конструкции с многослойной дорожной одеждой является повышение их аэродинамического демпфирования, что может быть достигнуто соответствующим выбором геометрии, упругих и диссипативных характеристик строительных материалов дорожной одежды. 1.4 С целью эмпирического исследования ветрового воздействия на проявления резонансных эффектов (изгибных и крутильных колебаний, флаттера) большепролетных конструкций с многослойной дорожной одеждой была изготовлена физическая модель (в масштабе 1:100) части пролета конструкции с двухслойным покрытием, массово-инерционные характеристики которой были определены по законам подобия. Необходимые значения собственных частот изгибной и крутильной мод обеспечены как массово-инерционными характеристиками модели, так и упругими характеристиками отдельных элементов экспериментального стенда. Перемещения модели регистрировались как при помощи оптических датчиков, не препятствующих перемещениям модели, так и при помощи тензовесов. Частота дискретизации аналоговых значений перемещений и скорости набегающего потока составляла от 100 до 200 Гц, шаг квантования составлял 2-16. Измерения выполнены для нескольких значений углов атаки однородного и турбулентного потоков. 1.5 В результате выполненных исследований выявлено, что устойчивость конструкции с многослойной дорожной одеждой к изгибным и крутильным колебаниям при неположительных значениях углов атаки набегающего потока (как однородного, так и турбулентного) является высокой. 1.6 Эмпирические исследования позволили сделать заключение, что для дополнительного повышения устойчивости конструкции с многослойной дорожной одеждой к изгибным и крутильным колебаниям достаточен ряд конструктивных изменений торцевых элементов поперечного сечения. 1.7 Выявлено, что крутильные колебания не приводят к возникновению отрицательного демпфирования и флаттеру конструкции с многослойной дорожной одеждой при скоростях набегающего потока менее 90 м/с и неположительных углах атаки. 2 Сформулированы практические рекомендации по выбору оптимальных многослойных дорожных покрытий для большепролетных строительных конструкций: 2.1 Обоснован выбор компонентов, состав и технологии изготовления модификатора, обеспечивающего повышение показателей физико-механических и эксплуатационных свойств материалов для многослойных дорожных одежд. Обоснована возможность создания модифицированных асфальтобетонов с повышенными показателями посредством сорбции-десорбции легких фракций битума модификатором и блокировки процессов окисления и полимеризации битума, приводящих к формированию плотной и прочной пленки битума на границе раздела фаз. 2.2 Выявлены доминирующие факторы, влияющие на структурообразование асфальтобетонов. Выявлены количественные закономерности влияния основных рецептурно-технологических факторов на физико-механические и эксплуатационные свойства модифицированных асфальтобетонов. 2.3 Разработана методика определения толщины адсорбционно-сольватного слоя битума на поверхности минеральных материалов на основе реологических свойств битумно-минеральных смесей. 2.4 По критериям показателей эксплуатационных свойств и стойкости к погоднo-климатическим воздействиям оптимизированы составы и технологический режим изготовления модифицированного асфальтобетона. Выполнено технико-экономическое обоснование применения модифицированного асфальтобетона. Показана перспективность использования разработанных асфальтобетонов для изготовления дорожных покрытий.

16. Полученная научная и (или) научно-техническая продукция: При выполнении отчетного этапа работ получены результаты интеллектуальной деятельности – свидетельства о регистрации программ для ЭВМ «Система инициализации графического стека распределенной платформы eScience» (RU2016663222) и «Система инициализации сетевого стека распределенной платформы eScience» (RU2016663295). РИД имеют перспективы использования при решении задач численного моделирования при разработке композиционных материалов для многослойных покрытий строительного назначения и при изготовлении многослойных покрытий из строительных композиционных материалов. Предложенная на втором этапе НИР архитектура распределенной функциональной аппаратно-программной платформы решения задач численного моделирования, а также выполненная на втором этапе НИР пилотная реализация указанной платформы, на отчетном

этапе НИР позволили полностью реализовать распределенную платформу электронной науки (eScience), пригодную для решения широкого спектра задач – от пакетных численных расчетов, в т.ч. средствами графических процессоров, до интерактивных сессий, при которых один вычислительный узел обслуживает большое количество пользователей графических терминалов. При реализации платформы не использованы закрытые (проприетарные) решения, что существенно снижает ее стоимость по сравнению с аналогами. Возможности разработанной платформы делают ее применением перспективным и в образовательной деятельности. Возможные способы коммерциализации – инжиниринг (услуги, связанные с поставкой и монтажом оборудования) и техническая помощь (консультативные услуги по развертыванию платформы и обучению персонала).

17. Ключевые слова и словосочетания, характеризующие результаты (продукцию): аэродинамическое демпфирование, флаттер, ветровые нагрузки, собственные колебания, дорожное строительство, строительный композит, наномодификатор, асфальтобетон, наномодифицирование, технико-экономическая эффективность.

18. Наличие аналога для сопоставления результатов (продукции): В части функционального назначения аналогом разработанного программного обеспечения «Система инициализации графического стека распределенной платформы eScience» является интерфейс OpenGL Vendor-Neutral Dispatch (<https://github.com/NVIDIA/libglvnd>), однако он не решает проблему корректного выбора реализации унаследованных библиотек динамической загрузки OpenGL. В части функционального назначения аналогом программного обеспечения «Система инициализации сетевого стека распределенной платформы eScience» является любая система инициализации сетевого стека операционных систем, основанных на Linux, однако ни одна из подобных систем не позволяет прозрачно реализовать иерархию логических сетевых устройств. В части прикладного окружения аналогом разработанной распределенной платформы «eScience» являются Технологическая платформа программы «Университетский кластер» (<https://unihub.ru>). В части функциональных возможностей распределенная платформа электронной науки аналогов не имеет.

19. Преимущества полученных результатов (продукции) по сравнению с результатами аналогичных отечественных или зарубежных НИР:

- а) по новизне: результаты являются новыми
- б) по широте применения: в рамках организации или предприятия
- в) в области получения новых знаний: в области получения новых знаний (для фундаментального научного исследования)

20. Степень готовности полученных результатов к практическому использованию (для прикладного научного исследования и экспериментальной разработки): выполнен прототип (установки, методики, системы, программы и т.д.)

21. Предполагаемое использование результатов и продукции: Выполненные экспериментальные исследования ветрового воздействия на проявления резонансных эффектов большепролетных конструкций будут способствовать повышению безопасности и долговечности. Сформулированные практические рекомендации по выбору оптимальных многослойных дорожных покрытий для большепролетных строительных конструкций будут способствовать увеличению длительности межремонтного периода. Новые результаты, полученные в процессе выполнения НИР, используются в образовательном процессе НИУ МГСУ по дисциплинам, закрепленным за научно-образовательным центром «Нanomатериалы и нанотехнологии». Разработанная распределенная платформа электронной науки эксплуатируется при решении задач численного анализа, а также в образовательном процессе НИУ МГСУ по дисциплинам, закрепленным за научно-образовательным центром «Нanomатериалы и нанотехнологии».

22. Форма представления результатов: 1. Научно-технический отчет по 3 этапу НИР «Теоретико-экспериментальный подход к решению задач динамики строительных конструкций». 2.

