

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



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль: 05.06.01 Науки о Земле/25.00.08 Инженерная геология,
мерзлотоведение, грунтоведение
Инженерная школа природных ресурсов
Отделение геологии

Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Комплексирование наземного лазерного сканирования и метода конечных элементов при оценке деформаций инженерных сооружений

УДК 528.721.221.6:69.058.2:517.9

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
A6-69	Епифанова Екатерина Александровна		25.05.19

Руководителя профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Язиков Егор Григорьевич	Д.Г.-М.Н., профессор		25.05.19

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОГ ИШПР	Гусева Наталья Владимировна	К.Г.-М.Н.		25.05.19

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОГ ИШПР	Строкова Людмила Александровна	Д.Г.-М.Н., профессор		25.05.2015

Томск – 2019 г.

Аннотация научного доклада

«Комплексирование наземного лазерного сканирования и метода конечных элементов при оценке деформаций инженерных сооружений»
Епифановой Екатерины Александровны

Актуальность темы исследования. Для обеспечения безопасной эксплуатации инженерных объектов проводят мониторинг системы «геологическая среда-сооружение». В настоящее время разработано достаточно большое количество методов мониторинга, однако в основу многих (методов мониторинга) положены способы определения деформаций сооружений, хотя и в трехмерном (x,y,z), но в «точечном» виде. Данный подход не позволяет достаточно надежно оценить состояние объекта исследований. Особенно актуален этот вопрос для ответственных сооружений находящихся на техногенно-нагруженных территориях, например, нефтеперерабатывающих заводах. Поэтому разработка методов объемной оценки деформаций сооружений является достаточно актуальной задачей.

Следует отметить, что грунтовый массив в процессе эксплуатации сооружений изменяет свои физико-механические свойства. Поэтому вид и несущая способность фундаментов, рассчитанных по данным свойств грунтов, полученным в природных условиях, отличаются от несущей способности фундаментов, находящихся в грунтах, подверженных техногенной нагрузке, что оказывает негативное влияние на устойчивость сооружений. Поэтому предложенный автором диссертационной работы комплексный подход оценки состояния грунтового массива и объемной деформации сооружений является важным и актуальным. При ведении мониторинга за инженерными сооружениями важно рассматривать не только наличие самих деформаций, но также выявлять причину их развития при помощи комплексного подхода, который учитывает и инженерно-геологическое обследование для последующего определения напряженно деформированного состояния (НДС) грунтов, а также современные методы наблюдения за деформациями самого сооружения. Поэтому в процессе наблюдениями за деформациями различных инженерных сооружений необходимо изучение причинных закономерностей формирования и пространственной изменчивости всех компонентов инженерно-геологических условий. Только на основе этого можно понять основные причины пространственных изменений инженерных сооружений и в последствии принять правильные управленческие решения по сохранению стабильного состояния объекта.

Степень разработанности проблемы. В последние годы опубликованы работы по оценке деформаций строительных конструкций (Середовича В.А., 2009; Ермакова В.А., 2012; Нестеренко Е.А., 2010; Кочневой А.А., 2016; Полищука А.И., 2015; Мирсаяпов И.Т., 2016; Мальцевым А.В., 2016 и др.) с помощью современных цифровых устройств, и предложениями по актуализации расчетных моделей сооружений, однако эти исследования имеют определенную односторонность, например, касаются одного компонента ПТС – строительной конструкции или грунтового массива.

Целью работы является разработка методики мониторинга природно-технических систем при сочетании наземного лазерного сканирования (НЛС) для определения деформаций инженерного сооружения и оценки напряженно-деформированного состояния природно-технических систем для установления причин изменения пространственного положения зданий и сооружений.

Для достижения поставленной цели последовательно решались следующие задачи:

1. Провести анализ современных нормативных требований и методов проведения геотехнического мониторинга природно-технических систем.
2. Изучить инженерно-геологические условия площадок размещения исследуемых объектов, имеющих опасные деформации.

3. Разработать методику мониторинга пространственно-координатного положения конструкций с помощью наземного лазерного сканирования объектов различного назначения.
4. Выявить влияние инженерно-геологических условий на напряженно-деформируемое состояние и устойчивость природно-технической системы «основание сооружение».
5. Разработать рекомендации по применению методов наземного лазерного сканирования и конечных элементов по оценке состояния и обеспечению устойчивости природно-технических систем.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется следующим. Результаты работы по оценке деформаций инженерных сооружений при помощи наземного лазерного сканирования и напряженно деформированного состояния природно-технической системы были использованы при реконструкции железнодорожного моста на участке магистрали Абакан-Тайшет между станциями Джебь и Щетинкино в Восточном Саяне (Курагинский район Красноярского края), при капитальном ремонте исторического здания в г. Томске, при оценке деформаций прожекторных мачт на Ванкорском нефтегазовом месторождении, расположенным в Туруханском районе Красноярского края, на водоразделе р. Большая Хета и р. Лодочная.

Положения, выносимые на защиту:

1. Наземное лазерное сканирование (НЛС) фиксирует перемещения инженерных сооружений в 3Д пространстве, что недоступно для традиционных методов наблюдения. Совместный анализ пространственного изменения конструкций и инженерно-геологических условий позволяет обосновать причины возникающих деформаций.

2. Оценка вклада грунтовых условий (изменение физико-механических свойств грунтового массива, уровня грунтовых вод) в деформации инженерных сооружений, с помощью численного моделирования напряженно-деформированного состояния природно-технической системы является главным фактором для обоснования решений по обеспечению надежности объекта в пространственном положении.

3. Геотехнический мониторинг ответственных сооружений рекомендуется проводить с использованием комплексного подхода, основанном на сочетании двух методов: а) постоянном обновлении результатов инструментальных измерений и б) моделировании напряженно-деформированного состояния грунтового массива во взаимодействии с инженерным сооружением на базе метода конечных элементов с учетом: этапа строительства, наличия специфических грунтов, геологических процессов; изменений состояния и физико-механических свойств грунтов, уровня подземных вод.

Личный вклад автора. По материалам наземного лазерного сканирования были разработаны цифровые трехмерные модели инженерных сооружений, получены и опробованы алгоритмы для учета их деформационных процессов. Разработан технологический регламент в целях ведения обоснованного текущего мониторинга за объектами имеющие опасные деформации, основанного на комплексном подходе, сочетающий в себе наземное лазерное сканирование и метод конечных элементов.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на научных конференциях: Международный симпозиум имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2017); X Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2017); Вторая научно-практическая конференция «Пути обеспечения совместной работоспособности инженерного сооружения и специфических грунтов» (Москва, 2017); «Проблемы геологии и освоения недр» XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева (Томск, 2018); XI Международная научно-практическая конференция студентов аспирантов и молодых ученых «Геология в развивающемся мире» (Пермь, 2018).

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ НАУЧНОГО ДОКЛАДА

в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Строкова Л.А., **Епифанова Е.А.**, Коржнева Т.Г. Численный анализ поведения основания опоры моста на старой железнодорожной линии // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2017. – Т. 328. – № 5. – С.125–139
2. **Епифанова Е.А.**, Строкова Л.А. Оценка деформаций исторического здания в Томске с помощью комплексного подхода, основанного на сочетании наземного лазерного сканирования и конечно-элементного моделирования // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. – Т. 329. – №5. – С.27–41.
3. **Епифанова Е.А.**, Строкова Л.А. Анализ деформаций прожекторной мачты при помощи наземного лазерного сканирования и метода конечных элементов // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330. – №5 – С 7-17.

В других изданиях:

4. **Епифанова Е.А.** «Наземное лазерное сканирование как метод оценки напряженно-деформированного состояния грунтового массива на примере Козинского виадука в восточном Саяне» Проблемы геологии и освоения недр: труды XXI Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 130-летию со дня рождения профессора М.И. Кучина. Том I. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2017. – С. 457.
5. **Епифанова Е.А.** «Оценка напряженно-деформированного состояния грунтового массива с учетом наземного лазерного сканирования (НЛС) на примере железнодорожного виадука» / Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам X Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 2 т. / отв. ред. Р. Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2017. – Т.2. – С.91-93.
6. **Епифанова Е.А.** «Метод оценки НДС грунтового массива при реконструкции железнодорожного моста с учетом данных наземного лазерного сканирования»/ Вторая научно-практ. конф. «Пути обеспечения совместной работоспособности инженерного сооружения и специфических грунтов» Московский гос. университет путей сообщения Императора Николая II Институт пути, строительства и сооружений Кафедра «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты». – Москва, 2017. – С. 85-90.
7. **Епифанова Е.А.** «Оценка деформаций исторического здания в Томске с помощью НЛС и МКЭ» Проблемы геологии и освоения недр: XXII Международного симпозиума имени академика М.А. Усова студентов и молодых учёных, посвященного 155-летию со дня рождения академика В.А. Обручева. 2018. – С. 490-492.
8. **Епифанова Е.А.** «Оценка деформаций с помощью комплексного подхода, основанного на сочетании НЛС и МКЭ» Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам XI Междунар. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых): в 3 т. / отв. ред. Р. Р. Гильмутдинов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2018. – Т.3. – С. 17-21