

РОСЖЕЛДОР

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Ростовский государственный университет путей сообщения»
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

М.С. Плешко, М.В. Плешко

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Учебно-методическое пособие
для практических занятий и для самостоятельной работы для студентов
направления «Строительство» и магистратуры «Строительство»

Ростов-на-Дону
2017

УДК 625(07) + 06

Рецензент – доктор технических наук, профессор В.И. Куштин

Плешко, М.С.

Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры: учебно-методическое пособие для практических занятий и для самостоятельной работы / М.С. Плешко, М.В. Плешко; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2017. – 26 с.

Представлены основные теоретические положения и порядок выполнения практических работ по дисциплине «Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры».

Предназначено для студентов всех форм обучения направления «Строительство» и магистратуры «Строительство», осваивающих данную дисциплину по утвержденным в Ростовском государственном университете путей сообщения учебным планам.

Одобрено к изданию кафедрой «Изыскания, проектирование и строительство железных дорог».

© Плешко М.С., Плешко М.В., 2017

© ФГБОУ ВО РГУПС, 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Разработка плана и подготовка лекции по тематике курса "Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры".	5
2. Численное моделирование объекта транспортной инфраструктуры в программном комплексе ЛИРА 10.4.	8
3. Изучение закономерностей взаимодействия оснований и фундаментов транспортных сооружений на специализированном стенде "Геотек".	15
4. Подготовка заявки на получение гранта.	19
Библиографический список	24

Введение

Целью дисциплины "Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры" является фундаментальная подготовка в составе других базовых дисциплин блока "Блок 1 - Дисциплины (модули)" Образовательной программы в соответствии с требованиями, установленными федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования для формирования у выпускника общепрофессиональных, профессиональных компетенций, способствующих решению профессиональных задач в соответствии с видами профессиональной деятельности, предусмотренными учебным планом.

Для достижения цели поставлены задачи ведения дисциплины:

- подготовка магистранта по разработанной в университете Образовательной программе к успешной аттестации планируемых результатов освоения дисциплины;
- подготовка магистранта к освоению дисциплин "Инновационные технологии в путевом хозяйстве", "Методы решения научно-технических задач в строительстве", "Модернизация объекта транспортной инфраструктуры";
- подготовка магистранта к прохождению практик "Производственная";
- подготовка магистранта к научно-исследовательской работе и семинару;
- подготовка магистранта к итоговой аттестации;
- развитие социально-воспитательного компонента учебного процесса.

1. Разработка плана и подготовка лекции по тематике курса «Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры»

Лекции составляют основу теоретического обучения и дают систематизированные основы научных знаний по дисциплине, раскрывают состояние и перспективы развития соответствующей области науки, концентрируют внимание обучающихся на наиболее сложных и узловых вопросах, стимулируют их активную познавательную деятельность и способствуют формированию творческого мышления.

Ведущим методом в лекции выступает устное изложение учебного материала, сопровождающееся демонстрацией видеофильмов, схем, плакатов, показом моделей, приборов, макетов, использование мультимедиа аппаратуры.

Лекция является исходной формой всего учебного процесса, играет направляющую и организующую роль в самостоятельном изучении предмета. Важнейшая роль лекции заключается в личном воздействии лектора на аудиторию.

Основные требования к лекции

1. Глубокое научное содержание.
2. Творческий характер.
3. Информационная насыщенность.
4. Единство содержания и формы.
5. Логически стройное и последовательное изложение.
6. Яркость изложения.
7. Учёт характера и состава аудитории.
8. Использование интерактивных методов обучения.

Основное внимание в лекции сосредотачивается на глубоком, всестороннем раскрытии главных, узловых, наиболее трудных вопросов темы. Уже на начальном этапе подготовки лекции преподаватель решает вопрос о соотношении материалов учебника и лекции. Он выделяет из учебника ведущие проблемы для более глубокого и всестороннего раскрытия их в лекции.

Важным этапом является определение организационной структуры лекции, распределение времени на каждый вопрос, вводную часть и заключение.

В ходе подготовки лекции необходимо:

1. Определить основное содержание и расположение материала.
2. Продумать: где, как, в какой мере использовать методологические положения ведущих учёных; как использовать документы и другие материалы; в какой мере и как осуществить связь с задачами образования; где и в какой степени расположить материал воспитательного характера; какие предложить методические советы по самостоятельной работе студентов.
3. Как лучше использовать мультимедиа, наглядные пособия, поясняющие какие-то основные, принципиальные положения лекции.

В круг задач лектора входят:

1. Установление и поддержание контакта с аудиторией.
2. Создание у слушателей интереса к предмету лекции.

3. Достижение убедительности речи.
4. Эмоциональное воздействие на слушателей.
5. Применение наглядных пособий (мультимедиа, фантомов, приборов и т.п.).

6. Соблюдение некоторых правил на трибуне.

Начало лекции. Лектор должен сообщить чётко, ясно, не торопясь, название темы лекции, дать возможность слушателям записать его.

Затем изложить вводную часть, в которой сказать:

- о роли и месте данной темы в курсе;
- дать краткую характеристику литературы;
- сообщить о распределении времени на тему;
- если не первая лекция по теме, то провести связь с предшествующей лекцией.

Далее сообщить план лекции, также дав возможность студентам записать вопросы. Перед изложением каждого вопроса его надо называть. Завершается рассмотрение вопроса небольшим выводом. Большую помощь в обобщении и фиксировании материала оказывает сопровождение объяснения демонстрацией материала с помощью мультимедиа аппаратуры.

Начало лекции имеет большое значение для установления контакта с аудиторией, для возбуждения у слушателей интереса к теме. В этих целях можно использовать яркий пример или остро поставленный вопрос, подчеркнуть теоретическое и практическое значение данной темы в тематическом плане курса и в практической деятельности.

Основная часть. Поддержание внимания слушателей на протяжении всей лекции достигается:

1. Логикой изложения материала.
2. Глубиной содержания материала.
3. Чётким формулированием положений.
4. Использованием в лекции новых интересных данных.
5. Использование мультимедиа.
6. Включение в лекцию материалов из практической деятельности.

Созданию непринужденной, творческой обстановки на лекции способствует тактичное обращение преподавателя к опыту аудитории, когда он ставит студентов в определённую ситуацию, дающую им возможность самим прийти к необходимым выводам.

Лектору следует избегать слов-сорняков и в то же время канцеляризмов в ходе чтения лекции.

Одним из сложных вопросов методики чтения лекции является обращение с текстом. Привязанность к тексту вследствие плохой подготовки, недостаточного владения материалом приводит к ослаблению связи с аудиторией. В то же время не следует, не владея соответствующими навыками, пытаться проводить лекцию без текста, по памяти. При этом допускаются ошибки, повторения, ослабление логической нити рассуждения, пропуски отдельных важных положений темы и т.п.

Важное условие успеха – интонация и выразительность речи, оптимальность её ритма и темпа, включение элементов юмора и т.п.

Определяя ритм и темп речи, преподаватель учитывает, что слушатели записывают основные положения, поэтому изменением голоса, паузами, ударениями он облегчает слушателям усвоение логики лекции, даёт возможность записать основные тезисы.

Поддержание внимания слушателей на протяжении всей лекции также достигается использованием интерактивных методов обучения:

1. Лекция-беседа или диалог со слушателями предполагает непосредственный контакт с аудиторией, позволяет привлекать внимание учащихся к наиболее важным вопросам темы, определять содержание и темп изложения с учетом специфики аудитории, расширять круг мнений обучающихся, использовать коллективный опыт и знания.

2. Лекция-дискуссия. Лекция-дискуссия представляет собой свободный обмен мнениями в промежутках между логически оформленными разделами сообщения учебного материала. Она активизирует познавательную деятельность аудитории, дает возможность управлять мнением группы, использовать это мнение для изменения негативных установок и ошибочных мнений некоторых обучающихся; лекция с интенсивной обратной связью.

3. Лекция «мозговой штурм». Лекция по форме аналогична лекции-дискуссии, но в этом случае обсуждаются конкретные ситуации из реальной практики. Аудитории предлагается сформулировать технические направления разрешения возникшей ситуации. Изложение материала лекции строится как реализация возможных решений, предложенных аудиторией. Конечно, преподаватель направляет предлагаемые варианты решения проблемы в русло материала лекции.

4. Лекция с разбором микроситуаций. Лекция с разбором микроситуаций по форме аналогична лекции-дискуссии, но в этом случае обсуждаются конкретные ситуации из реальной практики.

5. Решение практических проблемных задач. Достоинство метода состоит в том, что на его основе слушатели могут научиться выделять проблемы, обнаруживать в них противоречия, всесторонне анализировать их, находить оптимальные пути решения.

6. Интеллектуальная разминка на лекции. Данную форму можно использовать при проведении любых видов учебных занятий. Ее целью является приведение обучаемых в активное «стартовое» состояние за счет актуализации имеющихся знаний, обмена мнениями и выработки общей позиции.

Заключительная часть лекции. В ней обобщаются наиболее важные, существенные вопросы лекции; делаются выводы, ставятся задачи для самостоятельной работы.

Существует твёрдый порядок, требующий, чтобы в конце лекции преподаватель оставил несколько минут для ответов на вопросы.

Ориентировочная тематика лекций по курсу «Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры»:

1. Инновационные методы в проектировании металлических мостов.

2. Инновационные методы в проектировании железобетонных мостов.
3. Инновационные методы в проектировании арочных мостов.
4. Инновационные методы в проектировании вантовых мостов.
5. Инновационные методы в проектировании фундаментов мелкого заложения.
6. Инновационные методы в проектировании свайных фундаментов.
7. Инновационные методы в проектировании несущих конструкций мостов.
8. Инновационные методы в проектировании железнодорожных тоннелей.
9. Инновационные методы в проектировании автодорожных тоннелей.
10. Инновационные методы в проектировании путепроводов.
11. Инновационные методы в проектировании автомобильных дорог.
12. Инновационные методы в проектировании железных дорог.
13. Инновационные методы в проектировании искусственных сооружений железных и автомобильных дорог.
14. Инновационные методы в проектировании многоэтажных жилых домов.
15. Инновационные методы в проектировании промышленных зданий.
16. Инновационные методы в проектировании административных зданий.
17. Инновационные методы в проектировании офисных зданий.
18. Инновационные методы в проектировании метрополитенов.
19. Инновационные методы в проектировании объектов транспортной инфраструктуры в условиях плотной городской застройки.
20. Инновационные методы в проектировании вокзальных комплексов.

По согласованию с преподавателем студентами могут быть предложены собственные темы для подготовки лекции.

2. Численное моделирование объекта транспортной инфраструктуры в программном комплексе ЛИРА 10.4

Основные теоретические положения

В качестве основного объекта транспортной инфраструктуры при выполнении практического занятия рассматривается обделка железнодорожного тоннеля.

Существующие в настоящее время методы расчета тоннельной обделки можно разделить на три большие группы:

1 Методы расчета на заданные нагрузки, основанные на положениях строительной механики.

2 Методы расчета, учитывающие совместное деформирование обделки и окружающего породного массива, основанные на положениях теории упругости и механики сплошных и дискретных сред.

3 Приближенные численные методы расчёта, основанные на применении метода конечных элементов, реже – метода граничных элементов.

В методах расчета 1-й группы нагрузка на крепь рассматривается как внешняя сила, величина которой не зависит от деформационно-силовой характеристики крепи и определяется в соответствии с положениями, изложенными в п. 3.1.

На начальном этапе развития методов 1-й группы обделка рассматривалась как отдельная конструкция, нагруженная внешней нагрузкой по аналогии с расчетом несущих конструкций наземных частей зданий и сооружений. Рассчитывалась только сводчатая часть обделки, которая рассматривалась как пологий свод с абсолютно жесткими пятнами.

В дальнейшем обделка стала рассматриваться как стержневая система в упругой среде. В основу решения положено допущение о линейной зависимости между напряжениями и деформациями грунта (гипотеза Винклера). Первые работы, основанные на рассмотрении упругого взаимодействия стен тоннельной обделки и подземной выработки, принадлежат проф. С.С. Давыдову, опубликовавшему в 1934–1935 гг. методику расчета обделки с массивными вертикальными стенами.

Рассмотрим основные предпосылки данной методики. Тоннельные обделки, сооружаемые горным или щитовым способом, являются конструкциями распорного типа, работающими в упругой среде грунта. Зазор между обделкой и стенами выработки, образующийся в процессе производства работ, плотно заполняется цементным раствором, нагнетаемым под значительным давлением. Это обеспечивает совместность деформаций обделки и горных пород и дает возможность рассматривать конструкцию и окружающую среду как единую упругую систему.

Под действием внешних активных нагрузок тоннельная обделка деформируется, изменяя свое положение относительно контура выработки. На той части контура, где перемещения обделки происходят в сторону выработки, обделка деформируется свободно, не взаимодействуя с породой (рис. 2.1). Эта часть контура носит название безотпорного участка и характеризуется возникновением в обделке значительных изгибающих моментов.

На остальной части контура тоннельная обделка смещается в сторону породы, вызывая с ее стороны сопротивление – упругий отпор, ограничивающий деформации конструкции и возникающие в ней моменты.

В процессе развития методов расчета 1-й группы на практике получили применение следующие виды расчетных схем для соответствующих типов обделок:

- пологий свод, опирающийся на породу;
- пологий свод, опирающийся на вертикальные стены;
- подъемистый свод, опирающийся на породу;
- подъемистый свод, опирающийся на обратный свод.

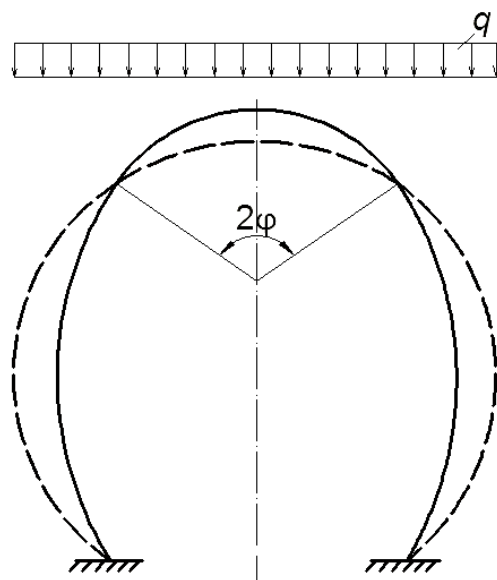


Рис. 2.1. Общая схема деформирования тоннельной обделки в упругой среде грунта

Обделку в виде пологого свода, опертого на породу, применяют при сооружении тоннелей в скальных устойчивых породах с коэффициентом крепости $f \geq 8-10$, когда вертикальное давление незначительно, а боковое практически отсутствует. Расчетная схема в этом случае представляет собой упругий свод с упругозащемленными пятнами в породу, т.е. предусматривается возможность поворота и горизонтального смещения пят. В результате деформации обделки под нагрузкой большая часть пологого свода выходит из контакта с упругой породой и оказывается в безотпорной зоне.

Конструкция обделки в виде пологого свода, опертого на вертикальные гибкие стены, применяется при сооружении автодорожных и двухпутных железнодорожных тоннелей в скальных породах с коэффициентом крепости $f = 2-4$, не оказывающих большого бокового горного давления. Расчет производят с расчленением тоннельной обделки на свод и вертикальные стены при учете их упругого взаимодействия.

В слабых породах с коэффициентом крепости $f < 3$, обладающих большим горизонтальным давлением, и при проходке тоннеля способом раскрытия выработки по частям применяют обделку в виде пологого свода, опертого на вертикальные массивные стены. В этом случае расчетная схема применяется в виде упругого свода с упругозащемленными в жесткие стены пятнами.

Обделку в виде подъемистого свода широко применяют при сооружении автодорожных и железнодорожных тоннелей в различных инженерно-геологических условиях. При заложении тоннелей в плотных и устойчивых породах с коэффициентом крепости $f = 4 - 8$ в качестве расчетной схемы принимают схему подъемистого свода, опирающегося на породу. При этом помимо вертикального горного давления в расчетной схеме следует учесть вместо ак-

тивного горизонтального давления упругий отпор породы по боковой поверхности обделки.

Если тоннель заложен в массиве слабых пород со значительным боковым давлением или в породах, проявляющих давление снизу, а также в условиях большого обводнения массива, то в конструкцию обделки следует включить обратный свод. Обратный свод воспринимает давление снизу, распределяет вертикальное давление на большую площадь и предотвращает смещение стен внутрь.

Наибольшее практическое применение в нашей стране получил метод расчета тоннельной обделки «Метрогипротранса» (Б.П. Бодров, Б.Ф. Маэрти и др.). Первоначально разработана методика расчета для тоннелей круглого сечения, далее она была распространена и на обделки горных тоннелей.

С началом широкого внедрения в расчетную практику ЭВМ и появлением специализированных программ методика «Метрогипротранса» начала постоянно развиваться. Стал возможным отказ от априорного задания активной и реактивной зон обделки благодаря уточнению условий контакта на основе введения в рассмотрение упругих стержней, моделирующих отпорные свойства массива. Уточнены условия контакта обделки с массивом, появилась возможность задания начальных усилий в упругих связях, моделирующих отпорные свойства грунтового массива, а также учета сил сцепления между обделкой и грунтом. Исследования по совершенствованию расчетных методов первой группы продолжаются и в настоящее время.

К принципиально иному типу относятся расчетные схемы второй группы, которые развиваются в рамках механики подземных сооружений и основаны на использовании моделей механики сплошных и дискретных сред. Их отличительной особенностью является рассмотрение не только обделки, но и вмещающего выработку грунтового массива (система «крепь – массив»). Расчетная схема обделки представляет собой плоскую схему контактного взаимодействия обделки с деформируемым массивом (рис. 2.2). Основными видами воздействий, которым подвергается система «крепь – массив», являются собственный вес пород, тектоническое поле начальных напряжений, давление подземных вод, сейсмические воздействия и др. При этом характер и величина воздействий на обделку зависят от ее деформационно-силовой характеристики, геометрической изменяемости, а также технологии сооружения тоннеля.

Обделка может быть представлена монолитной конструкцией, обладающей изгибной жесткостью, сборной конструкцией со связями растяжения в стыках и с шарнирными стыками, набрызгбетонным покрытием, многослойной конструкцией. При ее расчете не определяются неизвестные внутренние усилия в конструкции обделки, как при применении схем первой группы, а осуществляется анализ напряженно-деформированного состояния системы «крепь – массив». В большинстве случаев рассматривается плоская задача в рамках линейно деформируемой модели массива пород.

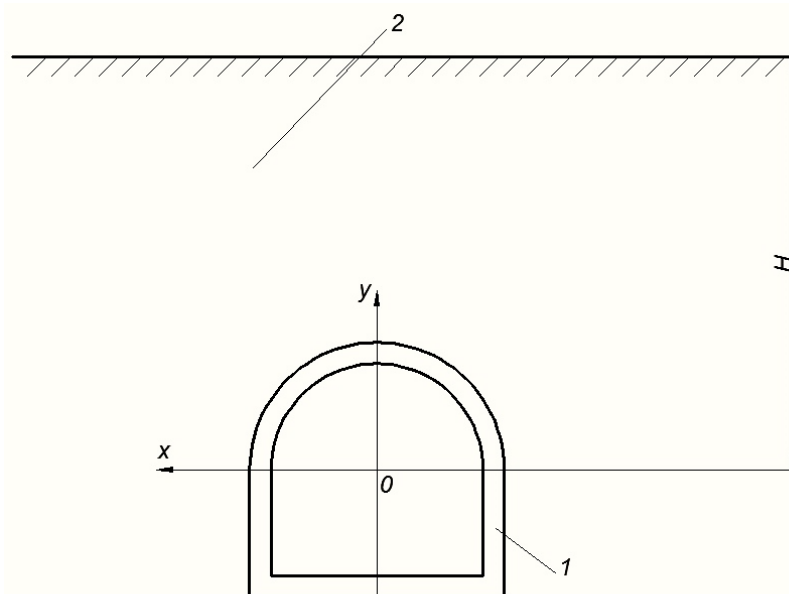


Рис. 2.2. Расчетная схема обделки в массиве пород:
 1 – обделка; 2 – породный массив; H – глубина заложения тоннеля

Разработка схем второй группы началась с простейших осесимметричных задач. А.Н. Динником впервые рассмотрено решение задачи по определению напряжений в упругой среде, ослабленной незакрепленной круглой выработкой в плоской постановке. Г.П. Савиным получено решение задачи определения напряженно-деформированного состояния закрепленной выработки с помощью решения Ламе для толстостенной трубы.

Большой вклад в развитие механики подземных сооружений и методы расчета обделок тоннелей внесли Н.С. Булычев и Н.Н. Фотиева. В их трудах рассмотрены методы расчета обделок произвольного поперечного сечения, в том числе многослойных с использованием теории функций комплексного переменного, развитой в работах Н.П. Мусхелишвили. Основные положения расчета обделки круглого сечения представлены в п. 3.4.

В настоящее время методы расчета обделок 2-й группы продолжают совершенствоваться. В частности, получено решение для оценки напряженного состояния обделок параллельных подземных сооружений произвольного поперечного сечения (П.В. Деев), расчета тоннелей, закрепленных анкерной крепью (Р.Ю. Завьялов), сооружаемых в сейсмических районах (А.С. Саммаль), взаимодействующих с породами в состоянии запредельного деформирования и разрушения (И.В. Баклашев) и др.

Несмотря на достигнутые успехи, область применения методов расчета второй группы весьма ограничена, особенно в случае сложной пространственной геометрии исследуемых объектов.

На помощь здесь приходят приближенные численные методы расчёта тоннельной обделки третьей группы. Они основываются на использовании метода конечных элементов, а также в более редких случаях метода граничных элементов.

Сущность метода конечных элементов (МКЭ) заключается в том, что область, занимаемая телом, разбивается на конечное количество подобластей, например, треугольников для плоской модели или тетраэдров для пространственной (рис. 2.3). Последние носят название конечных элементов (КЭ), а сам процесс разбивки – дискретизацией.

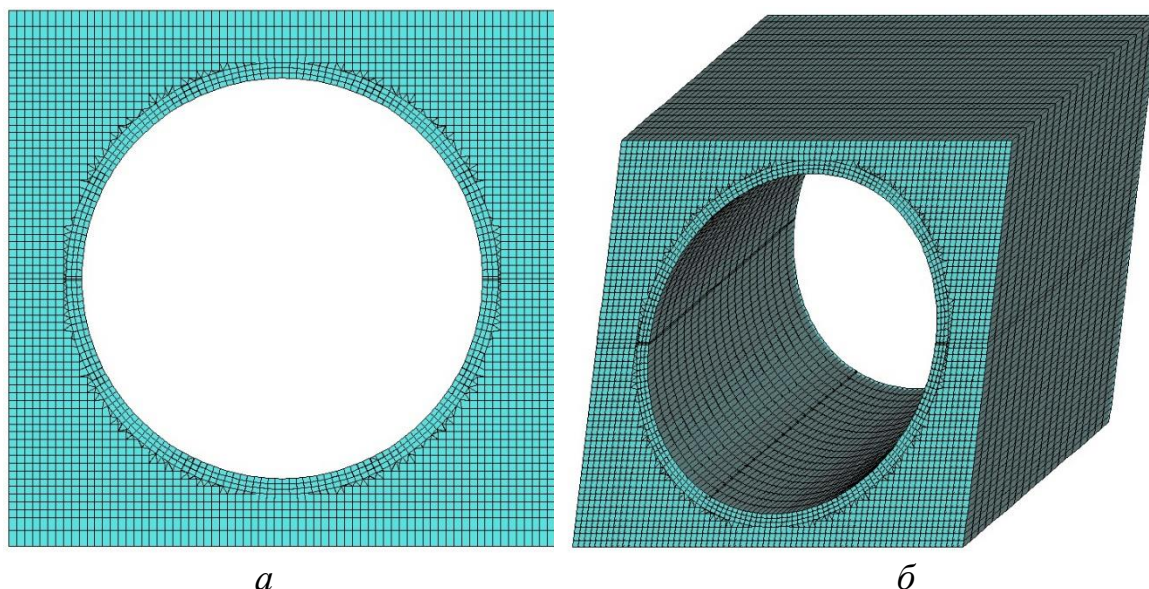


Рис. 2.3. Примеры конечно-элементных моделей:
a – плоская; *б* – объемная

Затем внутри каждого элемента разбиения задается приближенная функция в максимально простой форме – обычно это полином, как правило, третьей или четвертой степени. Точность приближения повышается за счет более мелкого разбиения области. Составляется система линейных алгебраических уравнений. Количество уравнений равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых ищется решение исходной системы, прямо пропорционально количеству элементов и ограничивается только возможностями компьютерной техники.

Возникновение метода конечных элементов связано с решением задач космических исследований в 1950-х годах. Идея МКЭ была разработана в СССР ещё в 1936 г., но из-за неразвитости вычислительной техники метод не получил развития, поэтому впервые был применён на ЭВМ лишь в 1944 г. И. Аргирисом.

Существенный толчок в своём развитии МКЭ получил в 1963 г. после того, как было доказано, что его можно рассматривать как один из вариантов распространённого в строительной механике метода Рэлея-Ритца, который путём минимизации потенциальной энергии сводит задачу к системе линейных уравнений равновесия. После того, как была установлена связь МКЭ с процедурой минимизации, он стал применяться к задачам, описываемым уравнениями Лапласа или Пуассона. Область применения МКЭ значительно расширилась, когда было установлено (1968 г.), что уравнения, определяющие элементы в задачах, могут быть легко получены с помощью вариантов метода взвешенных

невязок, таких как метод Галёркина или метод наименьших квадратов. Это сыграло важную роль в теоретическом обосновании МКЭ, так как позволило применять его при решении многих типов дифференциальных уравнений. Таким образом, метод конечных элементов превратился в общий метод численного решения дифференциальных уравнений или систем дифференциальных уравнений.

Широкому распространению МКЭ для решения геомеханических задач способствовали труды Б.З. Амусина и Д.К. Фадеева. Сегодня МКЭ применяется для решения самого широкого класса задач при проектировании новых и анализе напряженно-деформированного состояния существующих транспортных тоннелей с помощью современных программных пакетов ANSYS, COSMOS/M, Лира-Windows, SCAD GROUP, STAAD Pro, FEM models, PLAXIS, Robot Millennium, FLAC (Itasca Company), ABAQUS, ADAPT, CRISP, SOFiSTiK, CivilFEM, LS-DYNA, Z_SOIL и др.

Порядок выполнения работы

1. Создание задачи. Для того чтобы начать работу с ПК ЛИРА 10.4, выполните следующую команду Windows: Пуск Программы (Все программы) Lira Soft Лира 10.4. После запуска ПК ЛИРА 10.4 открывается редактор начальной загрузки, который позволяет:

- создать новый проект;
- открыть недавно использовавшиеся проекты;
- открыть или импортировать проекты хранящиеся на компьютере;
- выполнить пакетный расчет.

Для создания нового проекта необходимо указать:

- имя создаваемой задачи – расчет обделки;
- описание – Расчет обделки тоннеля, автор Иванов И.И.;
- тип создаваемой задачи - Плоская задача.

2. Создание геометрии расчетной схемы. На основании исходного чертежа обделки определяются координаты узлов плоской модели обделки, чтобы размеры грани конечного элемента не превышали 10 см. Далее осуществляется ввод узлов и конечных элементов типа трехузловые и четырехузловые пластины. После этого формируется сетка конечных элементов окружающего грунтового массива в соответствии с исходными инженерно-геологическими условиями с постепенным увеличением граней конечных элементов от 10 см до 100 см. Общие размеры модели по высоте и ширине должны составлять порядка 10 максимальных размеров сечения обделки для исключения влияния граничных условий.

3. Задание граничных условий численной модели. Граничные условия задаются в виде ограничения перемещений узлов нижней и боковых граней численной модели по нормали к ним.

4. Задание сечений. С помощью меню «Редакторы - Редактор сечений/жесткостей» задаются сечения конечных элементов модели.

5. Задание свойств материалов. С помощью меню «Редакторы - Редактор материалов» задаются свойства материалов обделки и грунтового массива.

6. С помощью меню «Редакторы - Редактор параметров конструирования», задаются параметры конструирования модели. После этого производится назначение сечений, материалов и параметров конструирования элементам расчетной схемы.

7. Задание загружений модели. С помощью меню «Редакторы - Редактор загружений» формируются расчетные сочетания усилий. Далее необходимо назначить нагрузки с помощью меню «Схема - Назначить нагрузки».

8. Расчет модели. Задача отправляется на расчет с помощью меню «Расчет - Выполнить расчет».

9. Просмотр и анализ результатов расчета. После расчета задачи переход в режим результатов расчета осуществляется автоматически. На экран выводятся основные эпюры напряжений и перемещений модели, формируются таблицы с результатами и составляется сводный расчет.

10. На основании анализа полученных результатов делается вывод о соответствии принятых параметрах обделки действующим нагрузкам.

3. Изучение закономерностей взаимодействия оснований и фундаментов транспортных сооружений на специализированном стенде "Геотек"

Основные теоретические положения

Определение деформаций фундамента и величин осадок окружающей земной поверхности при строительстве новых объектов является сложной геотехнической задачей, требующей изучения полных полей напряжений и деформаций в основании и конструкциях, более точного моделирования поведения грунтов под нагрузкой, максимального приближения геометрических параметров расчетной схемы к реальным условиям. Одним из эффективных способов такого исследования, широко применяемого для решения различных геотехнических задач, является метод эквивалентных материалов.

Метод эквивалентных материалов позволяет в наглядной форме изучать механизм развития различных геологических и инженерно-геологических процессов. Наиболее эффективно применение метода на стадиях детальных инженерно-геологических исследований, когда имеются представительные данные об объекте строительства.

Сущность метода эквивалентных материалов заключается в том, что на физических моделях с известными допущениями и при соблюдении условий подобия изучаются различные физические процессы и результаты этих исследований используются для обоснования тех или иных проектных решений. В основе метода лежит теория механического подобия Ньютона, которая предполагает геометрическое, кинематическое и динамическое подобия.

Модель грунтового массива должна представлять копию уменьшенного геологического разреза пород в натуре на всю глубину от поверхности земли до нижней границы влияния фундамента.

Моделирование осуществляется с помощью специализированного стенда (рис. 3.1), предназначенного для проведения лабораторных и научно-исследовательских работ. Стенд позволяет проводить испытания различных типов фундаментов и подземных сооружений в условиях плоской и осесимметричной деформации.

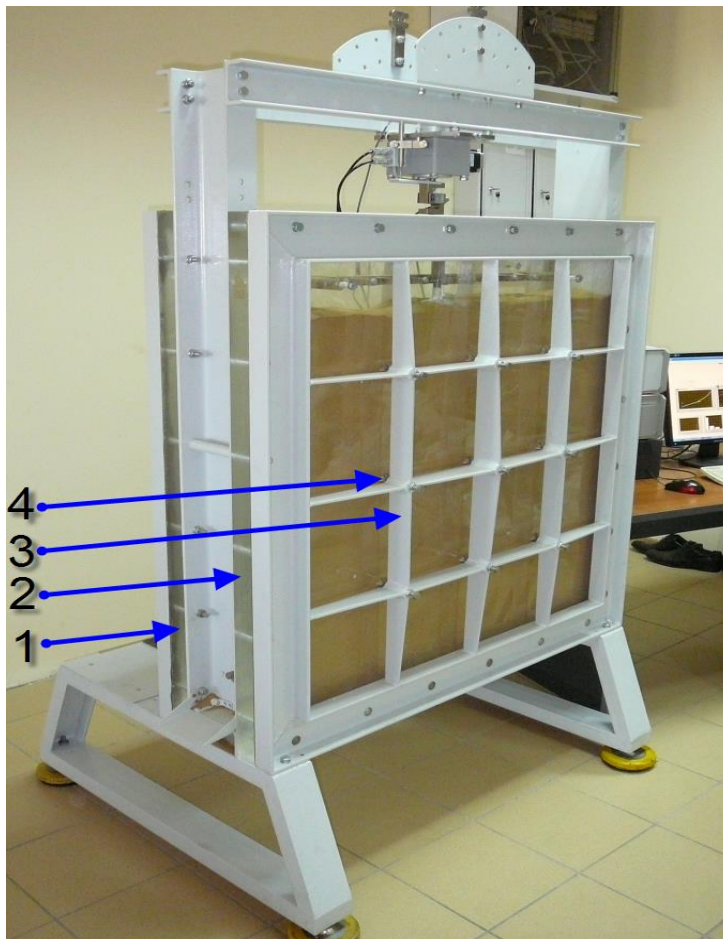


Рис. 3.1. Стенд для испытаний подземных сооружений методом эквивалентных материалов

Конструкция стенда включает в себя плоский лоток с прозрачными передней 1 и задней 2 стенками, выполненные из оргстекла толщиной 50 мм. Для исключения деформирования стенок опорная рама стенда усилена двумя стальными решетками 3, в узлах которых установлены зажимные винты 4.

Внешняя нагрузка создается ступенями при помощи редуктора под управлением шаговым двигателем 6 (рис. 3.2). Нагрузка передается на земную поверхность с помощью штампа 5. Вертикальное перемещение модели фундамента измеряется датчиком перемещения 7, а нагрузка датчиком силы 8. Деформация (осадка) поверхности грунта измеряется датчиками перемещения, которые закрепляются на траверсе 9.

Датчики перемещения 7 и силы 8 подключаются через блок электроники и интерфейс к персональному компьютеру. Модель фундамента располагается в грунте на заданной глубине. Для выгрузки песчаного грунта или иного сыпуче-

го материала в основании стенда предусмотрены два открывающихся люка и два контейнера.

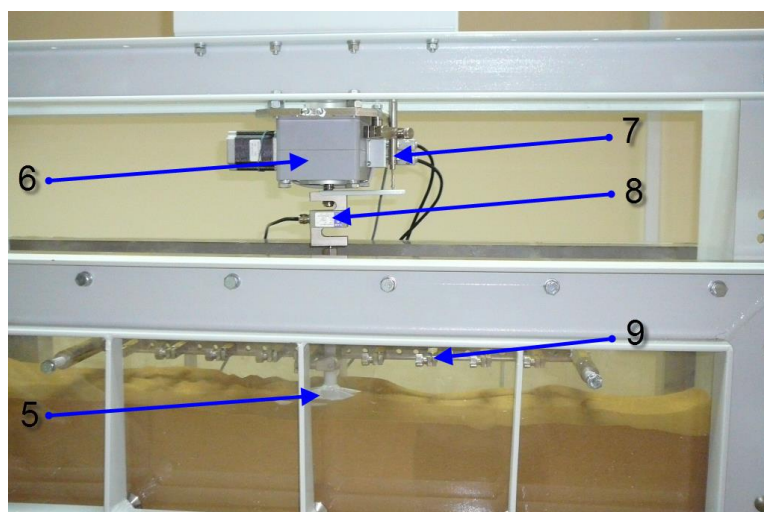


Рис. 3.2. Конструкция загрузочного устройства

Управление процессом испытаний осуществляется автоматизировано посредством электронно-преобразующего блока на 8 каналов и ноутбука с установленной программой Geotek-Foundation, которая разработана в среде Lab View.

Программа Geotek-Foundation организует работу с датчиками вертикальной деформации, датчиками вертикальной нагрузки и шаговым двигателем, которые подключены к электронно-преобразующему блоку. Пример рабочего окна программы представлен на рис. 3.

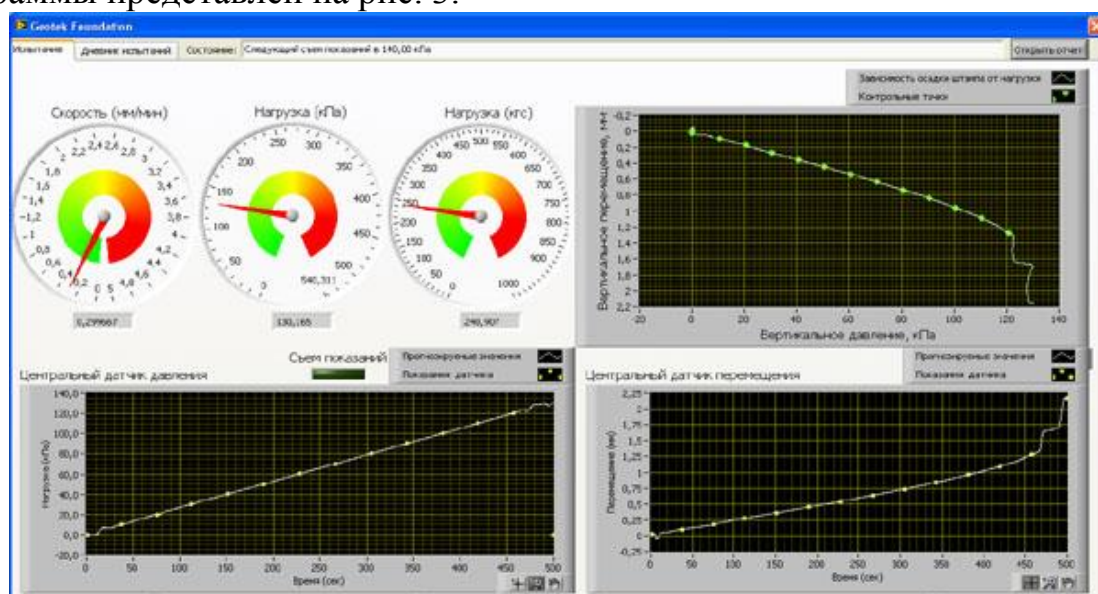


Рис.3.3. Окно программы Geotek-Foundation: процесс испытания

С помощью Geotek-Foundation оператор стенда осуществляет:

- управление процессом испытаний (нагрузением и разгрузкой) моделей фундамента и основания;
- ввод и хранение данных об испытаниях;
- визуализацию процесса испытания;

- протоколирование хода испытания и хранение протокола.

Порядок выполнения работы

1. Лоток стенда заполняется песчаным грунтом с послойным уплотнением до проектной отметки подошвы фундамента.
2. Модель фундамента опускается в стенд и выводится в проектное положение, после чего производится засыпка и уплотнение песчаного грунта до проектной отметки земной поверхности.
3. Датчики перемещений закрепляются на траверсе стенда в соответствии с принятой схемой установки.
4. Стенд, блок электроники и ноутбук подключаются к системе электропитания.
5. Открывается окно программы Geotek-Foundation на закладке «Схема – нагружения».
6. Создается схема нагружения модели фундамента в соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Индивидуальные варианты для создания схемы нагружения модели фундамента

№ варианта	Количество ступеней нагружения	Величины нагрузок по ступеням, кПа
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
1	3	100, 170, 240
2	3	110, 190, 280
3	3	250, 300, 350
4	3	350, 400, 450
5	3	400, 450, 500
6	3	75, 150, 225
7	3	100, 125, 150
8	3	125, 150, 175
9	3	150, 175, 200
10	3	175, 200, 225
11	3	200, 225, 250
12	3	225, 250, 275
13	3	250, 275, 300
14	3	275, 300, 325
15	3	300, 325, 350
16	3	325, 350, 375
17	3	350, 375, 400
18	3	375, 400, 425
	3	400, 425, 450
19	4	50, 100, 150, 200
20	4	100, 200, 300, 400
21	4	100, 150, 200, 250
22	4	150, 200, 250, 300
23	4	250, 300, 350, 450
24	4	300, 350, 400, 450

Продолжение табл. 1

1	2	3
25	4	350, 400, 450, 500
26	4	375, 400, 425, 450
27	4	400, 425, 450, 475
28	4	425, 450, 475, 500
29	4	60, 90, 120, 150
30	5	50, 100, 150, 200, 250
31	5	100, 200, 300, 400, 500
32	5	100, 150, 200, 250, 300
33	5	150, 200, 250, 300, 350
34	5	200, 250, 300, 350, 400
35	5	250, 300, 350, 400, 450
36	5	300, 350, 400, 450, 500
37	5	200, 225, 250, 275, 300
38	5	225, 250, 275, 300, 325
39	5	250, 275, 300, 325, 350
40	5	275, 300, 325, 350, 375

7. Проверяются показания датчиков силы и перемещений.

8. Запускается процесс испытания.

9. По результатам испытаний формируется отчет в табличной форме (табл. 2) с помощью программы Geotek-Foundation.

Таблица 3.2 – Результаты испытаний модели фундамента

№ ступени	Нагрузка, кПа	Величина вертикальных перемещений, мм по датчику №											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1													
2													
3													
4													
5													

10. Выполняется анализ полученных данных, строятся графики зависимости осадки фундамента и деформирования земной поверхности от нагрузки в соответствии с индивидуальным заданием.

11. На основании анализа делается вывод о закономерностях деформирования модели фундамента и деформирования земной поверхности при ступенчатом режиме нагружения.

4. Подготовка заявки на получение гранта

Основные теоретические положения

Грант – это форма финансирования деятельности заявителя, имеющая в своей основе конкурсный характер.

Цели получения гранта:

Реализация проекта – образовательного, научно-исследовательского, опытно-конструкторского, издательского и др.

1. Участие в работе крупных научных мероприятий и их организация в вузе.
2. Стажировка.
3. Организация экспедиции.
4. Модернизация приборного парка и приобретение расходных материалов.
5. Оплата труда руководителя и исполнителей.
6. Подтверждение профессионализма.
7. Объективное свидетельство востребованности результатов реализации проекта - «правильность» выбранного научного направления.
8. Финансовые ресурсы для реализации научного направления.
9. Подтверждение способности к эффективной работе в условиях конкуренции на рынке образовательных услуг и наукоемких технологий.

Условия получения гранта:

1. Высокая конкурентоспособность проекта
2. Положительные результаты экспертизы заявки.

Возможные источники финансирования научных результатов представлены на рис. 4.1.



Стадия / источник	Фундаментальные исследования	Прикладные исследования	Опытно-конструкторские работы	Маркетинг инновации	Опытное производство	Промышленное производство	Экспансия на рынке
Государственное финансирование НИР	■						
Бюджетные и внебюджетные фонды	■	■	■				
Бизнес-ангелы		■	■	■			
Посевные фонды		■	■	■	■		
Венчурное финансирование			■	■	■	■	■
Частные инвесторы (долевое фин-е)				■	■	■	■
Заемное финансирование						■	■
Проектное финансирование						■	■
Самофинансирование	■	■	■	■	■	■	■

Рис. 4.1. Возможные источники финансирования результатов научной деятельности и грантовой поддержки

Основные фонды грантовой поддержки в России:

1. РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ (РФФИ).
2. РОССИЙСКИЙ ГУМАНИТАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОНД (РГНФ).
3. РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ФОНД (РНФ).
4. ФЕДЕРАЛЬНЫЕ ЦЕЛЕВЫЕ ПРОГРАММЫ (ФЦП).
5. СОВЕТ ПО ГРАНТАМ ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.
6. ФОНД СКОЛКОВО.
7. ФОНД СОДЕЙСТВИЯ РАЗВИТИЮ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСТВА В НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ СФЕРЕ.

Более подробно рассмотрим особенности фонда РФФИ.

Основная задача Фонда – проведение конкурсного отбора лучших научных проектов из числа тех, что представлены Фонду учеными в инициативном порядке, и последующее организационно-финансовое обеспечение поддержанных проектов.

Реализация данной задачи позволяет обеспечивать научно-технологический задел и формировать исследовательский потенциал на приоритетных направлениях развития науки и технологий, стимулировать генерации научных идей, отбирать лучшие заявки на стадии инициатив, находить новации, возможные к реализации в рамках программ исследований Российской академии наук, институтов развития, образовательных учреждений высшего профессионального образования и государственных научных центров.

РФФИ уделяет значительное внимание созданию развитой системы взаимосвязей участников инновационной деятельности, улучшению их взаимодействия для совместной реализации научно-исследовательских проектов, выработке общих стратегических целей. Для решения этой задачи подписаны соглашения о взаимодействии с федеральными органами исполнительной власти, государственными корпорациями, организациями – координаторами технологических платформ, другими институтами развития и бизнес-структурами. Основной целью соглашений является проведение скоординированной политики в области практического использования достижений фундаментальной науки, прежде всего в сфере высоких технологий и решения актуальных межотраслевых задач, которые возникают в процессе построения экономики, основанной на знаниях.

К основным видам конкурсов РФФИ относятся конкурсы:

1. Инициативных научных проектов.
2. Ориентированных фундаментальных исследований по актуальным междисциплинарным темам.
3. Международных проектов.
4. Региональных конкурсов.
5. Проектов развития материально-технической базы научных исследований.
6. Научных проектов организации и проведения российских и международных научных мероприятий на территории России.

7. Проектов организации и проведения экспедиций (и полевых исследований).
 8. Проектов издания научных трудов, являющихся результатом реализации поддержанных Фондом научных проектов.
 9. Научных проектов, выполняемых молодыми учеными
- Все заявки на участие в конкурсе грантов РФФИ подаются в электронной форме с помощью Интернет-ресурсов, приведенных на рис. 4.2.

Официальный Сайт РФФИ

Новости и справочные материалы о Фонде и проводимых им конкурсах, доступ к интерактивным сервисам



Сервис подачи заявок Грант-Экспресс, КИАС

Система on-line подачи заявок и отчетов по конкурсам РФФИ, мониторинга статуса их выполнения



Электронная Библиотека

Открытый доступ к чтению книг, изданных при поддержке Фонда и статей Вестника РФФИ



Рис. 4.2. Интернет-ресурсы фонда РФФИ

Экспертиза научных проектов является важнейшим элементом деятельности РФФИ. Экспертиза имеет своей целью оценить научное качество заявки. Все решения о поддержке проектов в РФФИ принимаются исключительно по результатам экспертизы. Принципиальная схема организации экспертизы в РФФИ приведена на рис. 4.3.

В настоящей практической работе предполагается подготовка заявки на грант РФФИ в рамках конкурса для поддержки молодых исследователей. Цель работы: привитие у студентов магистратуры направления «Строительство» навыков коммерциализации результатов научной деятельности.



Рис. 4.3. Принципиальная схема организации экспертизы в РФФИ

Порядок и рекомендации по выполнению работы

1. Анализ современного состояния исследований. Имеющийся у коллектива научный задел. Необходимо дать развернутую картину, приведя ссылки на наиболее важные зарубежные и отечественные, в том числе и собственные, публикации по проблеме. Необходима объективность: не следует игнорировать хорошие работы, даже если они противоречат предлагаемой в проекте концепции.

2. Выявление фундаментальных аспектов работы, подготовка рабочей гипотезы исследования.

3. Формулировка названия работы. Следует ограничиться 8 - 12 словами, например: «Изучение влияния циклично изменяющихся напряжений в горном массиве на долговременную устойчивость железнодорожных тоннелей».

4. Разработка плана исследования. Основная задача - подтвердить или опровергнуть выдвинутую гипотезу; поиск альтернативных путей изучения явления, возможностей иной трактовки результатов. Не следует ориентироваться на перспективность направления, актуальность проблемы, важность ее решения для Вашего ведомства или региона. Фундаментальная проблема вневременна, актуальна во все времена.

5. Подготовка краткой аннотации. Это существенная часть успеха. Она должна позволить эксперту представить себе научную проблему, которой посвящен проект, подход и план ее решения, основные направления экспериментальной работы и возможные выводы. Особенно важно, чтобы в этой части проекта была представлена авторская гипотеза. Здесь же уместно сказать о том, какие предварительные результаты уже получены. Так как аннотация должна быть краткой, ее уместнее писать в последнюю очередь, когда составлен уже весь

6. Подготовка содержания проекта. Рассматривается конкретная фундаментальная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект. Избегайте выражений типа "Изучение влияния вещества X на систему Y" - это не конкретная цель, так как упомянутая система неизбежно откликнется изменением многих параметров, и в результате будет получен новый набор экспериментальных результатов. Фундаментальная задача - увидеть, какие принципы, какой механизм лежит в основе этих изменений. В описании стремитесь к максимальной точности. Рецензенты во многих случаях рассматривают краткость и ясность изложения как показатели сконцентрированного подхода руководителя программы к задачам исследования и его способности достичь конкретных целей проекта.

7. Предлагаемые методы и подходы. Здесь важен весь план работы и возможные его варианты, зависящие от полученных результатов. Эксперимент - не самоцель. Цель - подтверждение гипотезы. Планирование эксперимента в фундаментальном исследовании - это прежде всего планирование получения однозначного ответа на поставленный вопрос. Поэтому методы должны соответствовать задаче.

8. Перечень оборудования и материалов.

9. Общий объем финансирования. Для проведения глубокой фундаментальной работы требуются значительные средства. Но возможности Фонда ограничены. Ориентируясь на объем и характер работы и количество участников, для проектов начального уровня целесообразно запрашивать объем финансирования 700 – 800 тыс. в год на одного участника проекта.

Библиографический список

1. ГОСТ 9238-83. Габариты приближения строений и подвижного состава железных дорог колеи 1520 (1524) мм. – Введ. 1983-06-13. – М., 1983. – 37 с.

2. СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* – Введ. 2011-05-20. – М., 2011. – 85 с.

3. СП 122.13330.2012. Тоннели железнодорожные и автодорожные». Актуализированная редакция СНиП 32-04-97 – Введ. 2013-01-01. – М., 2012. – 132 с.

4. СП 119.13330.2012. Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95 – Введ. 2013-01-01. – М., 2012. – 56 с.

5. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96 – Введ. 2012-01-01. – М., 2012. – 116 с.

6. Проектирование оснований и фундаментов транспортных сооружений, сооружаемых горным способом / Г.П. Пастушков [и др.]. – Минск, 2005. – 96 с.

7. Кузьмицкий В.А. Проектирование оснований и фундаментов транспортных сооружений, сооружаемых щитовым способом / А.В. Кузьмицкий, Г.П. Пастушков – Минск, 2009. – 186 с.

8. Сироткин Н.А. Моделирование процесса возведения зданий и сооружений / Сироткин Н. А., Кузнецов С. М., Ольховников С. Э. – Директ-Медиа, 2015. – 66с. ЭБС «Книгафонд».

9. Лукманова И.Г. Управление проектами [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Лукманова И.Г., Королев А.Г., Нежникова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 172 с. ЭБС IPRbooks.

10. Ли Р.И. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: Учебное пособие/ Ли Р.И.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 190 с. ЭБС "IPRbooks".

Учебное издание

Плешко Михаил Степанович
Плешко Марианна Викторовна

**ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ В ПРОЕКТИРОВАНИИ
ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

Печатается в авторской редакции
Технический редактор Т.М. Чеснокова

Подписано в печать 07.11.17. Формат 60×84/16.
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,63.
Тираж экз. Изд. № 90814. Заказ .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

Адрес университета: 344038, г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка
Народного Ополчения, д. 2.