

9.06.2017

Внутривидовая борьба. Взгляд изнутри на роль и место геофизических методов



По мнению автора настоящей статьи, в отечественном проектировании произошло сползание к геотехнике. Инженерная геодисциплина перестала отвечать требованиям усложняющегося фундаментастроения. Одновременно в последних СП 47.13330 почти ничего не осталось и от геофизики, которая, следуя геотехнической логике, для массового гражданского строительства нормального и пониженного уровня ответственности не нужна.

Михаил Рогачев

Главный геолог, главный геофизик ООО «Аналитика»

mrogachev_53@mail.ru

Из официального комментария к Градостроительному кодексу РФ (ГК) следует, что инженерные изыскания – это изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования [1].

Как видно, данное определение к инженерной геологии, как одному из видов изысканий, отношения имеет мало – у грунтового пространства иная специфика.

Пункт 4 ст.47 ГК приоткрывает завесу канцелярского языка. Согласно ему, инженерные изыскания для подготовки проектной документации, строительства, реконструкции объектов капитального строительства выполняются в целях получения, в том числе, материалов, необходимых для проведения расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий, строений, сооружений, их инженерной защиты, разработки решений о проведении профилактических и других необходимых мероприятий, выполнения земляных работ, а также для подготовки решений по вопросам, возникшим при подготовке проектной документации, ее согласовании или утверждении.

Вот и уточнили, зачем нужна строительная геология – для расчетов. Специалисты-геологи плачут, их и не спросили.

Именно подобные аморфные определения ведут к минимизации отдельных видов работ. Работает принцип: минимум геологии, максимум строительных свойств для расчета оснований.

Геология или геомеханика?

В 1912 году на II съезде практических геологов России Д.Иванов (1846-1924 гг.) впервые применил термин «инженерная геология». С тех пор прошло сто с небольшим лет. Очевидно, уже можно ответить на вопрос, пошло ли на пользу стройиндустрии и отечеству выделение строительной геологии в самостоятельную дисциплину из общегеологического цикла наук о Земле.

В эпоху первых двух пятилеток происходило бурное технологическое развитие строительной геологии, чему способствовала осуществлявшаяся в 1930-е годы индустриализация страны. В 1962 году была создана территориальная система ТИСИЗов для массового типового гражданского строительства. К сожалению, теоретиков на кафедрах не заставил серьезно задуматься тот факт, что при отрисовке ИГ разрезов строительные геологи через назначение геологических элементов создавали субъективную стратификацию. Для уменьшения

субъективизма лишь вводились приближения, связанные с этапностью (стадийностью) работ.

Затем на стратификационный субъективизм наложилось повсеместное несоответствие расчетных и фактических осадок, а также просчеты в определении несущей способности оснований. Статические и динамические зондирования при итоговых инженерных расчетах в массе своей имели недопустимо большой разброс несущих способностей оснований по сравнению со статическими (эталонными) сваями. Однако причины несоответствия моделей механики грунтов и расчетных проектных моделей, относящихся к строительной механике, даже не анализировались. Невозможно скрестить ужа и ежа.

Хочется напомнить читателям монографию В.Ферронского «Пенетрационный каротаж». Результаты всего 22 двух опытов статического зондирования в четвертичных грунтах европейской части России вошли в СП 11-105-97 (приложение К) и предлагались к распространению. Этот документ сегодня не относится к национальным сводам правил, однако непостижимо, как статистически ничтожный результат по четвертичным грунтам проник в нормы. Примерно также, по решениям международного стратиграфического комитета (МСК), происходило увеличение объема квартера, в результате чего отечественные карты четвертичных отложений устаревали еще до их выхода из типографий.

В мягких породах соответствующие представления оснований в виде тел Максвелла, Кельвина-Фойгта и других (модели сплошного тела в трехфазных системах) ведут себя при нагрузках не по линейной теории Кулона-Мора. К концу прошлого века стало ясно, что механические свойства грунтов – как функции напряженно-деформированного состояния: это состояние принципиальной нелинейности на гистерезисных петлях от трехкоординатных нагрузок геоматериалов (теории ползучести, релаксации, упругой пластичности). Но те, кто сегодня имеют дело с паспортами прочности грунтов в рядовых лабораториях рядовых изыскательских контор понимают, что испытываются грунты на прямой ветви нагружения, далеко до начала пластического течения. То есть со времен К.Терцаги гистерезисная петля не исследуется.

Раньше геологическая задача считалась решенной, если было изучено геологическое строение, определен состав, состояние и получены свойства горных пород. Эта классическая формула «зашита» во все прошлые и настоящие нормативные документы по геологическим изысканиям. В современных нормах добавляется изучение экзогенных и эндогенных процессов и (или) их мониторинг (геодинамика). Но основа во всех геологиях одинакова. Именно поэтому вопрос о том, куда «провалилась» классическая инженерная геология по сравнению с определениями отцов-основателей (Ф.П.Саваренский с Е.М.Сергеевым), как никогда актуален. Ведь геологам осталось лишь изучение свойств и состояний грунтовых материалов.

Подытоживая вышесказанное, можно заключить, что в отечественном проектировании произошло сползание к геотехнике. Инженерная геофизика просто перестала отвечать требованиям усложняющегося фундаментостроения (строительной механике).

Геофизики больше нет

В последних СП 47.13330 почти ничего не осталось и от геофизики. Ее, вероятно, выбросили за ненадобностью. Полагаю, для массового гражданского строительства нормального и пониженного уровня ответственности геофизика, следуя геотехнической логике, не нужна.

Надо сказать, что для магистральных трубопроводов внутриотраслевые нормы сбалансированы сегодня гораздо лучше, основные геофизические методы там умело комплексированы с бурением. В этом очевидна заслуга отраслевых геологов. В качестве примера можно привести РД-91.02000-КТН-042-12 «Инженерные изыскания для строительства магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов».

Аналогичная балансировка методов есть в отраслевых документах у энергетиков, в атомной промышленности.

Переходы трубопроводов через речные долины всегда проходят по аномально слабым основаниям, неблагоприятным для строительства. Казалось бы, прочность трубной стали, приближающаяся по прочности к артиллерийской, должна успокаивать расчетчиков. Но огромные динамические нагрузки от внутренних давлений в сочетании с динамическими природными нагрузками ведут к стресс-коррозии. И поскольку речная долина является не только динамической системой, но еще и местом канализирования теллурических, электромагнитных полей, то здесь особую роль играют активные и пассивные способы защиты металла.

Люди всегда строили города и поселки в речных долинах. Сегодня с позиций неотектоники и геодинамики понятна роль динамических природных систем. А речные долины, расположенные на платформах, молодых плитах и в зонах субдукции, коллизии плит, являются ярким примером свидетельств динамических нагрузок на структурно-неустойчивые основания. Например, земная поверхность Москвы два раза в сутки колеблется под действием солнечно-лунных гравитационных сил. Их амплитуда составляет в смещениях примерно 1 метр. Гигантские тектонические волны, обнаруживаемые только со спутников, со скоростью 300 км/год «массируют» земную кору.

Под конец советской эпохи для гражданского строительства ПНИИСу, как бы его сегодня не критиковали, удалось ввести шесть частей СП 11-105-97. В том числе, геофизические правила.

Документы этого ряда играли роль технологических инструкций. Тогда это была высшая точка взлета практической геолого-геофизической мысли.

Возвратимся к упомянутой выше формуле.

Геофизика хорошо справляется с тем, чтобы не пропустить в разрезе контрастные тела по редкой сети скважин. Но, одновременно, она создает геологам лишние заботы. Аномальные тела, выделяемые геофизиками, никак не вписываются в стратификационный произвол. При том, что выделение тел и слоев проходит на других физических свойствах и принципах.

Состав пород изучается по шлифам поляризационными микроскопами в рамках специальных дисциплин - литологии или петрографии. Но разве кто-нибудь когда-нибудь видел у строительных геологов литолого-петрографический анализ? Автору доводилось встречать лишь фракционный анализ. А определение возраста пород по палиноанализу или радиоуглеродному анализу проектировщикам совершенно не нужно, а значит, стратиграфия и литология легко отбрасываются.

Итак, с точки зрения заземленных балок, состав пород на проектной площадке, как и геологическое строение, не играют существенной роли. Ну и что, что слоистость в разрезе всегда присутствует. Все статистически усредняется и интегрируется. И сводится лишь к поиску подходящего несущего слоя.

Что касается состояния грунтов и их строительных свойств, то здесь тесно соприкасаются строительная механика и геомеханика. Тесты SPT, CPT или DPT, FVT, PLT или PMT нужны строительным проектировщикам. Эта потребность сформулирована как геотехнический подход, в рамках которого от геофизиков требуется проводить на проектных площадках сейсмотесты с тем, чтобы хоть как-то исследовать упругую стадию работы геоматериала *in situ* (часть 2 Еврокода 7 упоминает о дополнительных испытаниях грунтов, имеющих международное признание. Эти методы сокращенно обозначаются SE).

Но и этот подход современными правилами для отечественных геологов-изыскателей прикрыт. А коэффициент динамичности для конкретных грунтов не так просто определить.

Без привлечения двух типов объёмных волн – сжатия и сдвига, никаким иным образом нельзя измерить коэффициент Пуассона и упругие модули, применяемые при проектировании фундаментов на естественных основаниях. Обычно проектировщик фундаментов привлекает табличные данные упругих модулей грунтов и крупно ошибается при расчетах предельных равновесий грунтов.

Диапазон малых и вибродеформаций геоматериалов в диапазоне 10⁻⁴ - 10⁻⁶% лабораторные датчики смещений не покрывают. Модуль общей деформации изучается при допущении об отсутствии горизонтальных деформаций. Коэффициент Пуассона, как и пористость, не являются константой геоматериала. Все упругие модули и коэффициенты – функции состояний. А с учетом пластичных состояний мягких пород, только функции. Скелетная основа полутвердых (метаморфических) пород физически ближе к константе.

Метеорологические факторы изменяют физико-механические свойства грунтов, что приводит к повсеместному развитию неравномерных осадок, казалось бы, досконально изученной строительной площадки, даже с таким масштабом, как 50 м x 50 м.

Поэтому, здания и сооружения в России, несмотря на значительный запас прочности, вводимый проектировщиками через коэффициенты, при расчетах оснований, будут деформироваться и «складываться». Не все, но будут. Потому что отсутствует динамический подход в изучении геоматериала оснований. Не применяется теория трехфазного континуума и неочевидны силовые факторы в грунтофундаментных системах.

Закрадывается мысль: а все ли теоретически правильно устроено у геотехников применительно к грунтам?

Список литературы

1. Комментарий к статье 47 Градостроительного кодекса РФ // ЗонаЗакона.ru (<https://www.zonazakona.ru/law/comments/art/2580>).
2. СП 11-105-97. Часть. I. Общие правила производства работ.
3. Д.Ю.Здобин, А.А.Свертилов. История становления инженерной геологии и геотехники в России и их современное положение в системе инженерных изысканий // Журнал «Инженерные изыскания», №11/2014.
4. В.Н.Сидоров. Лекции по сопротивлению материалов и теории упругости. М., 2002. Редакционно-издательский центр Генштаба ВС РФ.
5. Э.В.Каспарян, А.А.Козырев, М.А.Иофис, А.Б.Макаров. Геомеханика. М., Высш. Школа, 2006.
6. В.Н.Очнев, М.О.Лебедев, П.А.Деменков. Строительное дело. Фундаменты и грунты оснований, СПб., 2009.

Уважаемый Михаил... ! К сожалению не знаю вашего Отчества, приношу извинения.

С интересом прочитал вашу последнюю заметку в «Геоинфо». Несмотря на то, что я по образованию классический строитель (базовая специальность ПГС, 1971 год) и всю свою трудовую жизнь провел на кафедре «Основания, фундаменты и инженерная геология», не могу не отметить справедливость ваших высказываний.

Фактически я геотехник по своему образованию, так как изучал только инженерную геологию и даже

немного читал курс лекций.Согласен с вами в том, что геотехник никогда не заменит геолога, как впрочем

и наоборот. Каждый должен решать задачи, соответствующие своим знаниям. К сожалению у нас стало

модным называть себя геотехниками не зная основ геологии и не понимая, что без основ геологии

хороший проект реализовать невозможно.

Также считаю, что наблюдаемое пренебрежение геофизическими методами исследований явно

не улучшает качество изысканий. С моей точки зрения оценка стратиграфии геофизическим методом

позволяет существенно сократить как объем последующих исследований свойств грунтов, так и улучшить

качество изысканий.

Чрезмерное увлечение численными методами расчета не улучшает качество проектирования.

Все можно делать проще и надежнее простыми, ясными и понятными инженерными методами.

Но чтобы это понять я должен был заниматься ими почти 30 лет!

Мы сейчас предлагаем использовать при проведении ИГИ комплекс методов, первым из которых

являются геофизические методы, затем полевые методы испытаний и расчет оснований непосредственно

в процесс проведения изысканий. Это позволяет оценить неоднородность природных грунтов и

определить минимальный объем изысканий. Ничего здесь нового нет, все известно, но сумма методов

дает хорошее решение.

В сентябре мы проводим практический семинар, на котором будем рассматривать данные вопросы.

Приглашаю вас принять участие.

С уважением, директор по научной работе и инновациям ООО «НПП Геотек», Болдырев Г.Г.

**Внутривидовая борьба. Взгляд изнутри на роль и место геофизических методов.
М.В. Рогачев**

Главный геолог, главный геофизик ООО «Аналитика»

Сначала дадим пару определений из градостроительного кодекса (ГК).

Инженерные изыскания - изучение природных условий и факторов техногенного воздействия в целях рационального и безопасного использования территорий и земельных участков в их пределах, подготовки данных по обоснованию материалов, необходимых для территориального планирования, планировки территории и архитектурно-строительного проектирования [1].

С ГК невозможно спорить. Но это определение к инженерной геологии, как одного из вида изысканий, не имеет отношения. Геологи такими определениями не пользуются. Специфика грунтового пространства не та.

Статья 47 ГК приоткрывает завесу тарабарского языка. *Материалы, необходимые для проведения расчетов оснований, фундаментов и конструкций зданий, строений, сооружений, их инженерной защиты, разработки решений о проведении профилактических и других необходимых мероприятий, выполнения земляных работ, а также для подготовки решений по вопросам, возникшим при подготовке проектной документации, ее согласовании или утверждении.*

Вот и уточнили, зачем нужна строительная геология. Специалисты – геологи плачут, их не спросили. Но и то верно. Власть не дураки. Кто же будет ставить правильные задачи? Если стоит единственная задача по деиндустриализации России.

Собственно говоря, аморфные определения ведут к минимизации отдельных видов работ. Как кто-то сказал; работает принцип: минимум геологии, максимум строительных свойств для расчета оснований.

В 1912 году на II съезде практических геологов России Дмитрий Львович Иванов (1846- 1924 гг) впервые применил термин: инженерная геология.

С тех пор прошло сто (100) с лишним лет. Очевидно, уже можно ответить на вопрос. Пошло ли на пользу стройиндустрии и отечеству выделение строительной геологии в самостоятельную дисциплину из общегеологического цикла наук о Земле?

Попробуем разобраться. Саваренский Ф.П. в 1939 году еще относил инженерную геологию к геологии, а не к строительному делу.

В эпоху промышленной революции происходило быстрое технологическое развитие (за вычетом революционных лет и гражданской войны) строительной геологии. Этому способствовала полувековая индустриализация страны. В результате такого быстрого развития пришли к примитивно расчетным сочетаниям нагрузок на основания. К

примитивно понимаемым, неблагоприятным условиям работы тех же оснований. В 1962 году была создана ныне разрушенная территориальная система ТИСИЗов для типового гражданского строительства.

Но вот что славно. Теоретиков на кафедрах не настораживало. При отрисовке ИГразрезом строительные геологи через назначения геологических элементов создают субъективную стратификацию.

Для уменьшения субъективизма существовали приближения, связанные с этапностью (стадийностью) работ.

И оказалось. На стратификационный субъективизм наложилось: повсеместное несоответствие расчетных и фактических осадок, и просчеты в определении несущей способности оснований. Статические и динамические зондирования при итоговых инженерных расчетах в массе своей имели недопустимо большой разброс несущих способностей оснований по сравнению со статическими (эталонными) сваями. Даже не анализировались причины несоответствия моделей механики грунтов и расчетных проектных моделей, относящие к строительной механике. Невозможно скрестить ежа и ужа.

Сегодня я напоминаю читателям монографию Ферронского В.И. “Пенетрационный каротаж” Так вот, результаты всего 22 двух опытов в четвертичных грунтах европейской части России вошли в СП 11-105-97 (приложение К) и предлагались к распространению. К слову, этот документ сегодня не относится к национальным сводам правил. Непостижимо, как статистически ничтожный результат по четвертичным грунтам проник в нормы. Примерно так, как увеличивался объем квартера, по решениям международного стратиграфического комитета (МСК). И отечественные карты четвертичных отложений устаревали еще до их выхода из издательств.

В мягких породах соответствующие представления оснований в виде тел Максвелла, Кельвина-Фойгта и другие (модели сплошного тела в трехфазных системах!!!) ведут себя при нагрузках неадекватно. Не по линейной теории Кулона-Мора.

К концу прошлого века стало ясно, что механические свойства грунтов – как функции напряженно-деформированного состояния. Это состояние принципиальной нелинейности на гистерезисных петлях от трехкоординатных нагрузок геоматериалов (теории ползучести, релаксации, упругой пластичности).

Но кто имеет дело с паспортами прочности грунтов сегодня в рядовых лабораториях рядовых изыскательских контор, тот понимает: испытываются грунты на прямой ветви нагружения, далеко до начала пластического течения. То есть со времен К. Терцаги гистерезисная петля не исследуется.

Собственно говоря, в отечественном проектировании произошло сползание к геотехнике. Инженерная геодисциплина перестала отвечать требованиям усложняющегося фундаментостроения (строительной механике).

По-этому, вернемся к каноническому началу начал.

Если *изучено геологическое строение, определен состав, состояние и получены свойства горных пород*, то геологическая задача считается решенной. Эта каноническая формула задач “защита” во все прошлые и настоящие нормативные документы по геологическим изысканиям. В современных нормах добавляется изучение экзогенных и эндогенных процессов или их мониторинг (геодинамика). Но основа во всех геологиях одинакова: формула геологической задачи классическая (каноническая).

Уместно дополнить курьезность ситуации. В последних 20 лет в Технических заданиях часто вводится военный термин и постулируется не задача, а цель изысканий. Это свидетельствует о том, что в отрасль пришли сторонние люди. Откуда! Наверное, из авиации и артиллерии!!! Или из бронетанковых войск.

Читатель, теперь задайте вопрос: куда “провалилась” классическая инженерная геология по сравнению с определениями из градостроительного кодекса? Остались изучение свойств и состояний грунтовых материалов. Саваренский Ф. П. с Сергеевым Е.М. в гробу перевернулись.

В последних СП 47.13330.12/16 от геофизики остались рожки, да ножки.

Ее уважаемые авторы, выполняя целевую задачу по деиндустриализации страны, выбросили за ненадобностью? Зато избыточность правил по другим видам изысканий зашкаливает.

Полагаю, для массового гражданского строительства, нормального и пониженного уровня ответственности сооружений геофизика, следуя геотехнической логике, не нужна.

Надо сказать, что для магистральных трубопроводов внутриотраслевые нормы сегодня хорошо сбалансированы и основные геофизические методы умело комплексированы с бурением. Очевидна заслуга отраслевых геологов. См. например РД - 91.02000-КТН-042-12.

Переходы трубопроводов через речные долины, всегда проходят по аномально слабым основаниям, неблагоприятным для строительства. Казалось бы, прочность трубной стали, приближающей к прочности артиллерийской стали должна успокаивать расчетчиков. Но огромные динамические нагрузки от внутренних давлений в сочетании с динамическими природными нагрузками ведут к стресс-коррозии. И поскольку речная долина, кроме того, что сама является динамической системой, еще является местом канализирования теллурических, электромагнитных полей и особую роль играют активные и пассивные способы защиты металла.

Аналогичная балансировка методов и, даже шикарная, есть в отраслевых документах у энергетиков, в атомной промышленности.

Заметим, исторически сложилось так, что люди строили города и поселки в речных долинах. Сегодня с позиций неотектоники и геодинамики понятна роль динамических природных систем. А речные долины: на платформах, молодых плитах и в зонах субдукции, коллизии плит - яркий пример свидетельств динамических нагрузок на структурно-неустойчивые основания. Например, земная поверхность Москвы два раза в сутки колеблется под действием солнечно-лунных гравитационных сил. Их амплитуда составляет в смещениях примерно 1,0 метр. Гигантские тектонические волны, обнаруживаемые только со спутников, со скоростью 300 км/год “массажируют” земную кору.

Под конец советской эпохи для гражданского строительства ПНИИСу, как бы его сегодня не “пинали”, удалось ввести шесть частей СП 11-105-97. В том числе, геофизические правила.

Документы этого ряда играли роль технологических инструкций. Тогда это была высшая точка взлета практической геолого-геофизической мысли.

Возвратимся к формуле.

Что бы, не пропустить в разрезе контрастные тела по редкой сети скважин хорошо справляется геофизика. Но сама геофизика создает геологам лишние заботы. Аномальные тела, выделяемые геофизиками, никак не вписываются в стратификационный произвол. При том, что выделение тел и слоев проходит на других физических свойствах и принципах.

Состав пород изучается по шлифам поляризационными микроскопами в рамках специальных дисциплин - литология или петрография. Коллеги!? Вы когда-нибудь видели

у строительных геологов литолого-петрографический анализ. Определение возраста пород по палиноанализу или радиоуглеродному анализу. Я видел только фракционный анализ. Проектировщикам это не нужно. Значит стратиграфия и литология не уместна.

Итак, с точки зрения заземленных статически неопределимых стержней, состав пород на проектной площадке не играет существенной роли. Как и геологическое строение. Ну и что, что слоистость в разрезе всегда присутствует. Статистически осредним и проинтегрируем. Выведем эквивалентный слой. Играет исключительную роль поиск подходящего несущего слоя.

Что касается состояния грунтов и их строительных свойств. Здесь тесно соприкасаются строительная механика и геомеханика. Тесты SPT, CPT или DPT, FVT, PLT или PMT нужны строительным проектировщикам. И эта нужность сформулирована как геотехнический подход. В рамках этого подхода, от геофизиков лучше требовать ставить на проектных площадках сейсотесты (Часть 2 Eurocode 7 упоминает о дополнительных испытаниях грунтов, имеющих международное признание. Эти методы сокращенно обозначаются SE), с тем, что бы хоть как то, исследовать упругую стадию работы геоматериала *in situ*.

Но и этот подход современными правилами для отечественных геологов-изыскателей прикрыт. А коэффициент динамичности для конкретных грунтов, не так - то просто определить.

Без привлечения двух типов объёмных волн – *сжатия и сдвига*, никаким иным образом нельзя измерить коэффициент Пуассона и упругие модули, применяемые при проектировании фундаментов на естественных основаниях. Обычно проектировщик фундаментов привлекает табличные данные упругих модулей грунтов и крупно ошибается при расчетах предельных равновесий грунтов.

Диапазон малых и вибродеформаций геоматериалов в диапазоне 10^{-4} - $10^{-6}\%$ лабораторные датчики смещений не покрывают. Модуль общей деформации изучается при допущении об отсутствии горизонтальных деформаций. Коэффициент Пуассона, как и пористость не являются константой геоматериала. Все упругие модули и коэффициенты – функции состояний. А с учетом пластичных состояний мягких пород, только функции. Скелетная основа полутвердых (метаморфических) пород физически ближе к константе.

Вы только вдумайтесь, влажность и пористость это функции состояний геоматериала. Метеорологические факторы изменяют физико-механические свойства

грунтов, что приводит к повсеместному развитию неравномерных осадок, казалось бы, досконально изученной строительной площадки, даже с таким масштабом как 50 м x 50 м.

По этому, здания и сооружения конечных жесткостей в России, несмотря на значительный запас прочности вводимый проектировщиками через коэффициенты, при расчетах оснований [4], будут деформироваться и “складываться”. Не все, но будут. Потому что отсутствует динамический подход в изучении геоматериала оснований. Не применяется теория трехфазного континуума и неочевидные силовые факторы в грунтофундаментных системах. Закрадывается мысль: а все ли теоретически правильно устроено у геотехников применительно к грунтам.

Литература.

1. Комментарий к статье 47 Градостроительного кодекса РФ // ЗонаЗакона.ru (<https://www.zonazakona.ru/law/comments/art/2580>)
2. СП 11-105-97 Часть. I. Общие правила производства работ
3. Здобин Д.Ю., Свертилов А.А. История становления инженерной геологии и геотехники в России и их современное положение в системе инженерных изысканий // Журнал «Инженерные изыскания», №11/2014
4. В.Н. Сидоров. Лекции по сопротивлению материалов и теории упругости. М.2002. Редакционно-издательский центр Генштаба ВС РФ.
5. Э.В. Каспарян, А.А. Козырев, М.А.Иофис, А.Б. Макаров. Геомеханика. М. Высш. Школа.2006.
6. В.Н. Очнев, М.О. Лебедев, П.А. Деменков. Строительное дело. Фундаменты и грунты оснований. СПб. 2009