

СТОИТ ЛИ ТРАТИТЬСЯ НА БОЛЕЕ ДЕТАЛЬНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ? ИЗ ОПЫТА АВСТРАЛИИ



Хорошо известно, что расширение состава и объемов инженерных изысканий дает более хорошее представление о площадке будущего строительства и ее грунтовом основании. Однако этому мешает ряд ограничений – прежде всего финансовых. Продолжая обсуждение связи между затратами на изыскания и итоговыми расходами по проектам, вновь обратимся к зарубежному опыту – продолжим рассматривать работы австралийских авторов, которые, как показывает анализ публикаций, наиболее серьезно относятся к количественному решению данного вопроса на основе оценки рисков.

Аналитическая служба

Одной из главных причин несостоятельности построенных фундаментов является некачественная или недостаточная информация о грунтовом основании, которая использовалась при проектировании. Неопределенность грунтовых условий может привести к значительным задержкам строительства и перерасходам. На уменьшение этой неопределенности как раз и направлены различные комбинации полевых и лабораторных исследований.

Не все площадки одинаковы – так же как и масштабы инженерных изысканий на них. В разных зарубежных источниках рекомендуют выделять на исследования от 0,2 до 5% от цены строительного контракта. Оптимальный выбор состава и объема изысканий в каждом конкретном случае является одним из важнейших условий обеспечения успеха всего

проекта. Однако этот выбор обычно находится под давлением финансовых и временных ограничений, а также сильно зависит от квалификации и опыта консультантов по инженерной геологии (геотехнике).

Продолжая обсуждение связи между стоимостью инженерных изысканий и итоговыми затратами на строительство, вновь обратимся к зарубежному опыту – продолжим рассматривать публикации австралийских авторов, которые наиболее серьезно относятся к решению данного вопроса, в том числе в количественном выражении. Последнее, возможно, связано со строительным бумом в благополучной Австралии (рис. 1) и соответствующим стремлением к максимальной эффективности затрат на проекты.

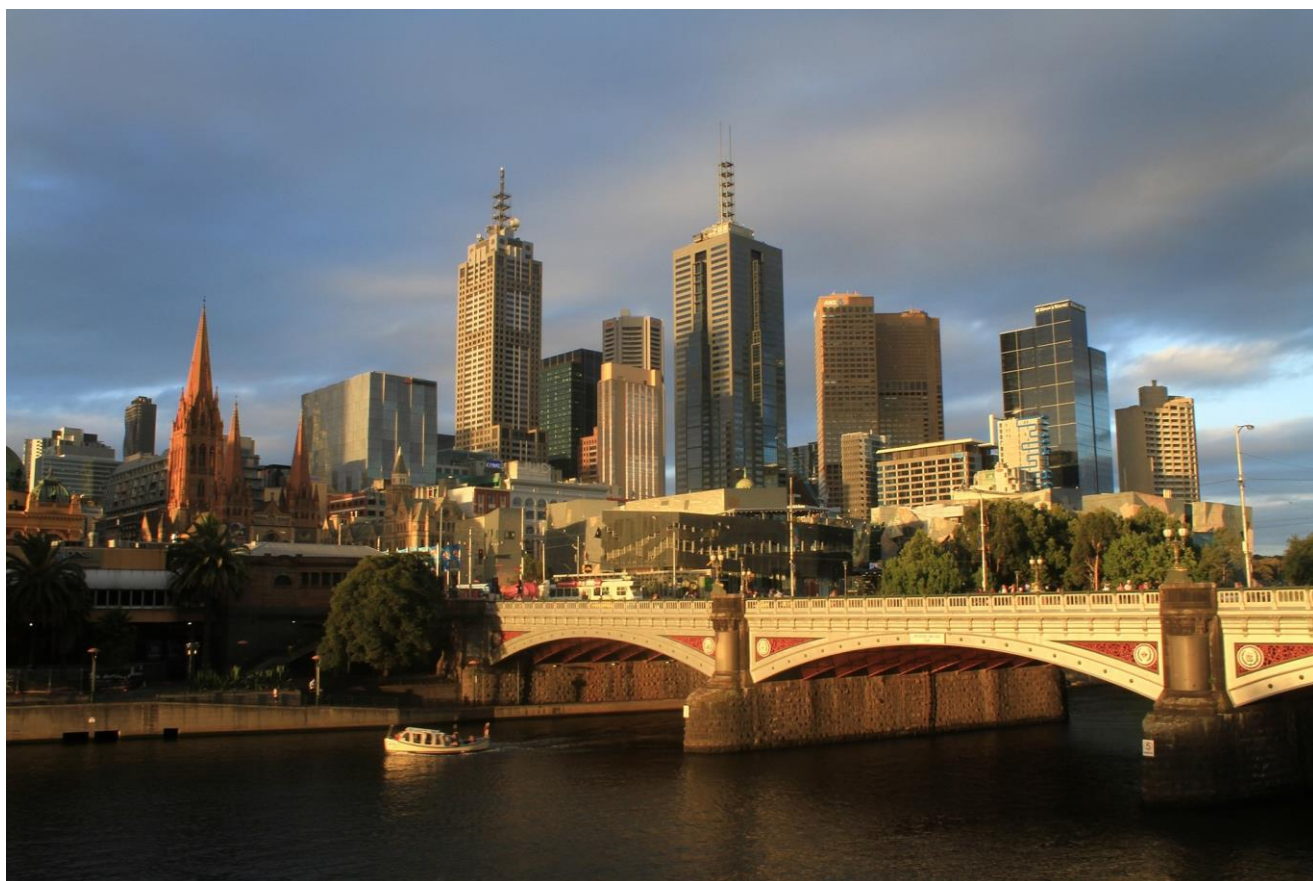


Рис. 1. Мельбурн, Австралия

В отношении количественных оценок достаточных масштабов изысканий очень интересны модельные исследования сотрудников факультета гражданского строительства и охраны окружающей среды Университета Аделаиды и факультета гражданского строительства Университета Сиднея, работавших в кооперации с исследователями из Канады и США. М.Б. Джакса и его коллеги в своем докладе «Общая схема количественной оценки надежности геотехнических исследований» [1] в 2003 году предложили метод оценки риска по отношению к общей стоимости проекта, позже развитый в докладах Дж.С. Голдсворти и соавторов «Стоимость несостоятельности фундаментов и ее последствий в связи с недостаточными инженерными изысканиями» (2004 г.) [2], «Измерение риска инженерных изысканий» (2007 г.) [3] и в других их работах. Используя их результаты, можно разрабатывать стратегии изысканий для минимизации финансовых рисков строительных проектов.

В вышеупомянутом докладе 2004 года Голдсворти и соавторы исследовали эффективность различных схем изысканий для строительства системы отдельных фундаментов с помощью трехмерного компьютерного моделирования с использованием метода Монте-Карло. Анализ показал, что увеличение объема и, соответственно, стоимости изысканий может дать не только уменьшение, но и рост затрат на строительство, но последнее компенсируется значительным сокращением расходов на устранение несостоятельности фундаментов. То есть итоговые общие затраты уменьшаются при увеличении стоимости изысканий, особенно при высокой изменчивости грунтовых условий. Более того, в большинстве случаев увеличение расходов на изыскания дает итоговую экономию, которая больше, чем стоимость самих этих исследований (иногда в несколько раз). В указанном выше докладе 2007 года тоже определялось влияние состава и объемов изысканий на финансовый риск проекта фундаментной системы с помощью компьютерного моделирования и метода Монте-Карло. Выполнялось трехмерное моделирование грунтового основания с условием, что возможно узнать все его свойства во всех местах, чего никогда нельзя достичь для реальных площадок. Мерой изменчивости свойств грунтового основания служил коэффициент вариации (стандартное отклонение, деленное на среднее значение характеристики грунта). Проектировалась система из девяти одинаково нагруженных отдельных фундаментов, расположенных по регулярной сетке. Определенные нагрузки на них создавались пятиэтажной конструкцией. Все отдельные фундаменты считались жесткими, а сосредоточенные нагрузки приходились на их центры. Они проектировались так, чтобы осадки не превышали допустимые величины. При этом учитывались свойства грунта только под этими отдельными фундаментами (рис. 2).

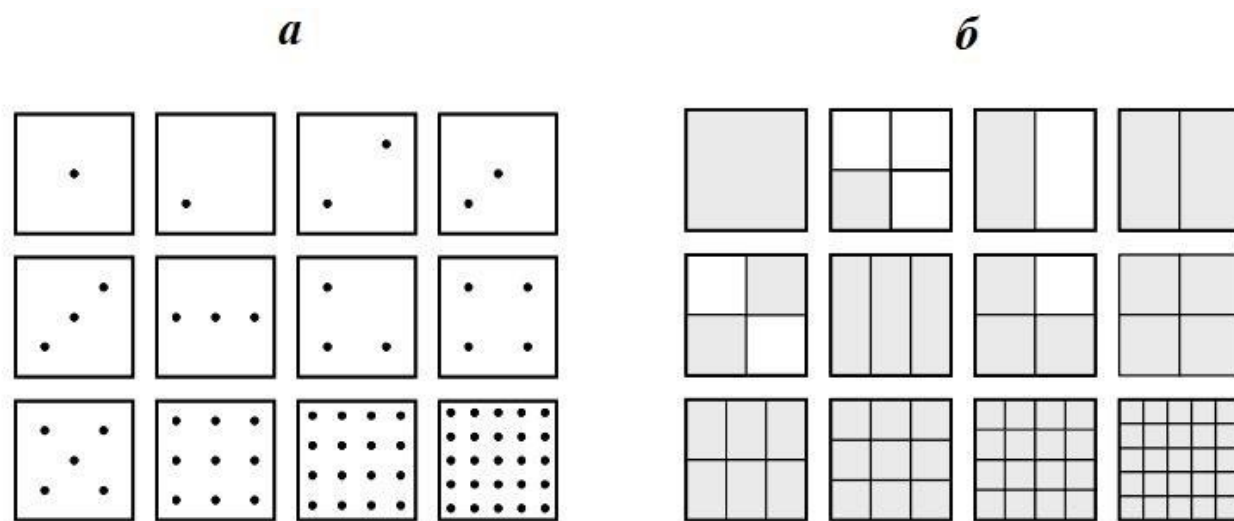


Рис. 2. Схемы опробования грунта при моделировании грунтового основания отдельного фундамента: а – расположение точек опробования по регулярным сеткам; б – разделение фундаментной области на дискретное число сегментов со случайным выбором мест опробования при отборе образцов на разных глубинах [3]

Общая стоимость проекта суммировалась из типичных для Аделаиды затрат на изыскания, строительство фундамента и надфундаментной части здания, а также потенциальных расходов на ликвидацию дефектов фундамента и последствий связанных с ними аварийных ситуаций. Моделировались разные варианты итоговых затрат и их составляющих. Каждая цена являлась средней величиной из 1 000 результатов использования метода Монте-Карло [4] при повторении процесса для одних и тех же грунтовых условий.

Полученные результаты в целом показали, что стоимость строительства, расходы на устранение несостоятельности фундамента и общие затраты снижаются по мере увеличения количества мест опробования (например, рис. 3), хотя и несколько по-разному для разных типов грунта, схем опробования, методов редукции и типов испытаний.

Оптимальные объемы изысканий (и соответствующие затраты на них), которые обеспечивали наименьшие общие расходы по проекту, были одинаковы для всех типов испытаний, рассмотренных Голдсворти с соавторами, – статических (CPT), динамических (SPT), трехосных (TT) и с использованием плоского дилатометра (DMT).

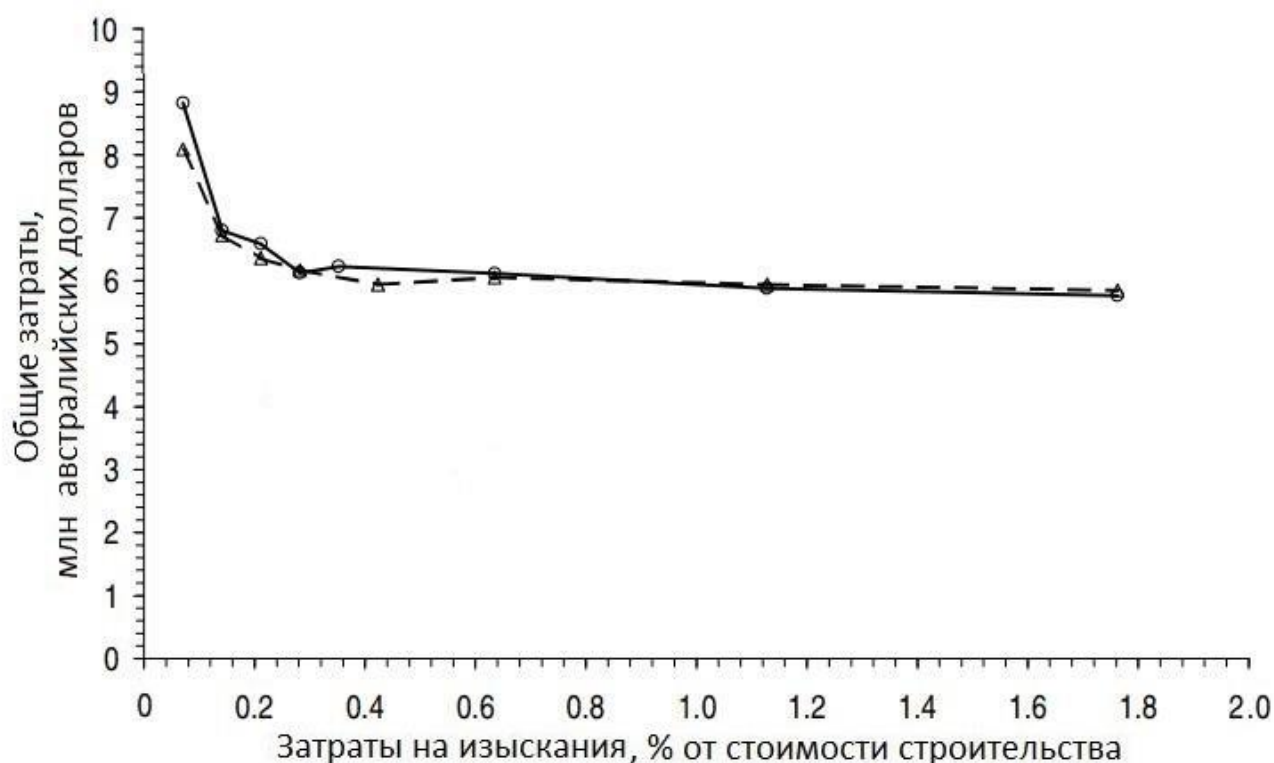


Рис. 3. Ожидаемые общие затраты при увеличении расходов на изыскания для разных схем опробования (см. рис. 2, а, б) [3]

В большинстве случаев оптимальные затраты на изыскания для моделируемой ситуации составили 0,2 – 0,3% от общей стоимости проекта. При этом увеличение расходов на них с 0,1 до 0,3% снижало общую стоимость проекта примерно с 8 до 6 млн австралийских долларов. Это было бы значительной экономией при увеличении расходов на изыскания всего на 20 000 долларов.

Казалось бы, указанные процентные доли невелики, но надо учитывать, что представленные Голдсворти с соавторами результаты основаны на условии однослойного статистически однородного грунта без каких-либо дефектов. В реальности же грунтовое

основание обычно бывает высокоизменчивой средой и состоит из комплекса слоев, поэтому оптимальные затраты на изыскания чаще всего будут гораздо выше, особенно для более крупных проектов. И в каждом конкретном случае потребуется тщательная индивидуальная оценка этих расходов.

Таким образом, Голдсворти и др. продемонстрировали, что финансовый риск создания фундамента значительно уменьшается по мере увеличения объемов изысканий и соответствующих расходов на них, но лишь до определенного предела, превышать который вряд ли имеет смысл. То есть существуют оптимальные затраты на изыскания, при которых общие расходы минимальны. На эти оценки влияет также выбор методов исследований грунтового основания и интерпретации их результатов. Поэтому в каждом конкретном случае необходимо внимательно изучить не только объемы изысканий, но и их методы.

В своей статье «Источники геотехнического риска» [5] Ф.Дж. Бэйнс из австралийской компании Geologic Pty Ltd отмечает, что наиболее значительными источниками рисков являются: грунтовые условия; участвующий в работах персонал; непонимание важности достаточных и качественных знаний о грунтовом основании; недостаточная и/или некачественная информация о грунтовых условиях в результате неадекватных изысканий. В том числе имеется такая опасность, как решение руководства ограничить объем изысканий для экономии денег.

Ф.Дж. Бэйнс перечисляет следующие методы успешного управления геотехническими рисками:

- как можно более раннее понимание условий площадки будущего строительства;
- адекватные и всесторонние изыскания;
- многостадийный подход к изысканиям;
- опытная многопрофильная команда для выполнения этих исследований;
- систематическое предоставление результатов изысканий заинтересованным участникам строительного процесса;
- использование журналов риска при строительных работах и эксплуатации объектов;
- дополнительные изыскания с приостановкой работ в критических точках при задержках;
- геотехнический мониторинг при строительстве и эксплуатации;
- гибкость контрактов и оплаты выполненных работ;
- справедливое распределение геотехнических рисков между заказчиком и подрядчиком.

Бэйнс подчеркивает, что все эти методы должны применяться одновременно, что, к сожалению, редко используется на практике в силу давления денег и времени, а также из-за плохого управления, в результате чего и проявляются неконтролируемые геотехнические риски.

Авторы представленных работ выражают надежду, что их исследования помогут убедить заказчиков и других участников строительного процесса, не являющихся специалистами в области геотехники, в значимости достаточного уровня инженерных изысканий и в необходимости тщательной оценки их состава, объема и стоимости в каждом конкретном случае.

1. Jaksa M.B., Kaggwa W.S., Fenton G.A., Poulos H.G. A framework for quantifying the reliability of geotechnical investigations // Proceedings of the 9-th International Conference on the Application of Statistics and Probability in Civil Engineering. San Francisco, USA, 2003. P. 1285–1291.
2. Goldsworthy J.S., Jaksa M.B., Kaggwa W.S., Fenton G.A., Griffiths D.V., Poulos H.G. Cost of foundation failures due to limited site investigations // Proceedings of the International Conference on Structural and Foundation Failures. Singapore, 2–4 August 2004.
3. Goldsworthy J.S., Jaksa M.B., Fenton G.A., Griffiths D.V., Kaggwa W.S., Poulos H.G. Measuring the risk of geotechnical site investigations // Proceedings of Geo-Denver 2007 Symposium (edited by K.K. Phoon et al.). ASCE, 2007.
4. Метод Монте-Карло – это численный метод «статистических испытаний», основанный на моделировании случайных величин и построении статистических оценок для искомых характеристик.
5. Baynes F.J. Sources of geotechnical risk // Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrogeology. 2010. Vol. 43. P. 321–331.