

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ОСАДОК ОСНОВАНИЙ С УЧЕТОМ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

М.А. Осипова, И.В. Носков

В статье приведены методика и результаты определения структурной прочности лессовых грунтов. Обосновано преимущество предложенной методики по определению нижней границы сжимаемой толщи грунтового основания.

Ключевые слова: грунты, структурная прочность, расчет осадок.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время накоплен большой объем данных в области изучения закономерностей формирования и деформируемости лессовых грунтов в основаниях зданий и сооружений, (что позволяет не только уточнять теоретические схемы расчета осадок, но и оценивать достоверность информации получаемой при изысканиях) экспериментаторы, которые продолжают исследовать действительное поведение грунтов, убеждаются в несовершенстве тех моделей, которые, однако, уже вошли в нормы, в практику расчетов и инженерных изысканий.

Это можно объяснить тем, что основные принципы расчетов грунтовых оснований были сформулированы еще в конце 40-х - начале 50-х годов, тогда же появились первые нормативные документы, основанные на результатах научных исследований.

Систематическое измерение деформаций было начато тогда же, когда закладывались основы расчета осадок к грунтам с применением решений теории упругости (линейно – деформируемых тел). В настоящее время результатом работ экспериментаторов стала корректировка «истинно упругих» решений.

Так в свое время вместо классической формулы Ф. Шлейхера, при расчетах осадок реальных объектов стали использовать схему послойного суммирования. Это было обусловлено тем, что «истинно упругое» решение не позволяло учитывать слоистое залегание грунтов, а так же уплотнение грунта собственным весом и др.

Но, даже несмотря на введение новой более упрощенной схемы расчета, специалисты в области фундаментостроения не сошлись во мнении относительно условия на нижней границе сжимаемой толщи грунта, в подходах к учету давления от собственного веса грунта на отметке заложения подошвы фундамента и др.

Существует необходимость изучения проблемы расчетов осадок и просадок фундаментов, и определения характеристик грунтов по результатам испытаний новыми методами, например в соответствии с моделью грунта со структурной прочностью. Любой грунт можно рассматривать как состоящий из отдельных структурных элементов, связанных между собой через контакты силами различной природы. При этом прочность самих структурных элементов намного выше прочности контактов между этими элементами. Поэтому прочность и другие свойства грунтов определяются, в основном, прочностью контактов или энергией структуры грунта. Наряду с уменьшением межагрегатной пористости происходит дробление глобул и агрегатов со значительным уменьшением их размеров. Поэтому деформируемость лессовых пород в процессе передачи нагрузки обусловлена как сближением структурных элементов между собой, так и их разрушением. Следовательно, для более объективного подхода к изучению деформируемости лессовых грунтов, для определения осадок и просадок фундаментов зданий и сооружений, необходимо разработать более достоверный метод определения их структурной прочности.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для проведения исследований были выбраны 5 площадок на территории г. Барнаула.

Для отбора образцов использовались три площадки с разными инженерно-геологическими условиями:

- площадка №1 – квартал 2002 (детский сад №23), глубина отбора образцов 5 м;
- площадка №2 – п. Южный (ул. Белинского), глубина отбора образцов 11 м;
- площадка №3 – квартал 1051 (Павловский тракт), глубина отбора образцов 3 м.
- площадка №4 – ул. А.Петрова, 254, глубина

отбора образцов 8, 9 и 15 м;
 - площадка №5 – ул. А.Петрова, 221, глубина отбора образцов 5м.

Свойства грунтов оценивались их физическими и механическими характеристиками, которые зависят от качественного и количественного соотношения компонентов грунта. Исследование физико-механических свойств глинистых грунтов в лабораторных условиях производилось на образцах ненарушенной структуры (монолитах), отбор и хранение которых соответствует ГОСТ 12071-2000.

В результате исследований были получены физико-механические свойства грунтов и следующие типы грунтов по площадкам:

- площадка №1 – супесь твердая, рыхлая;
- площадка №2 – суглинок тугопластичный, рыхлый;
- площадка №3 – супесь твердая, рыхлая;
- площадка №4 – (8,0 м) суглинок твердый, рыхлый; (9,0 м) супесь твердая, рыхлая; (15,0 м) супесь твердая, рыхлая;
- площадка №5 – суглинок твердый, рыхлая.

После определения физико-механических характеристик грунтов проводились испытания по определению структурной прочности лессовидных грунтов в лаборатории кафедры ОФИГиГ АлтГТУ им. И.И.Ползунова при помощи компрессионных приборов КПр-1 системы «Гидропроект» на образцах ненарушенной структуры согласно выбранной методике.

Величина структурной прочности исследуемых грунтов для каждой площадки определена на основе компрессионных кривых, в качестве критерия оценки использовалось значение давления, при котором происходит резкое увеличение развития деформаций образца грунта (точка перегиба компрессионной кривой).

Анализ изменения структурной прочности лессовых супесей и суглинков от их физико-механических свойств позволил выявить закономерности изменения структурной прочности лессовых грунтов от таких факторов как плотность сложения грунта (пористость) и от физического состояния грунта при определенной влажности (показатель текучести). Пористость исследуемых пород изменяется в довольно широких пределах в суглинках от 0,50 до 0,84, в супесях от 0,44 до 0,91. Как известно при инженерно-геологической оценке глинистых пород большое значение имеет пористость, так как она характеризует их естественную уплотненность и склонность

к деформациям.

Несомненное влияние на структурную прочность лессовых грунтов оказывает показатель текучести, который отражает влияние на структурную прочность исследуемых пород не только влажности грунта в естественном состоянии но и таких производных физических характеристик как влажности на границе раскатывания и текучести, а так же числа пластичности. В результате проведенных исследований были получены корреляционные зависимости для структурной прочности исследуемых грунтов региона:

для суглинка

$$R_{стр} = -0,2003 \cdot W + 0,0516,$$

$$R_{стр} = -0,0653 \cdot e + 0,0717,$$

$$R_{стр} = -0,0702 \cdot I_L - 0,0335;$$

для супеси

$$R_{стр} = -0,5143 \cdot W + 0,0932,$$

$$R_{стр} = -0,0984 \cdot e + 0,1076,$$

$$R_{стр} = -0,0227 \cdot I_L + 0,0066,$$

$$R_{стр} = 0,0066 \cdot I_p - 0,0023.$$

В связи с проделанной работой по определению структурной прочности при различных физико-механических характеристиках лессовых грунтов, представляется возможным произвести обобщение полученных результатов с созданием региональной таблицы по определению структурной прочности лессовых грунтов, в зависимости от их показателя текучести. Тем более что она отсутствует для лессовых пород Западной Сибири.

Ценность такой таблицы в том, что она отражает инженерно-геологические особенности региона и, с другой стороны, позволяет значительно уменьшить объем инженерно-геологических изысканий. В общей сложности для статистического обобщения зависимости структурной прочности от коэффициента пористости при различных показателях текучести лессовых супесей и суглинков было отобрано 154 значения структурной прочности лессовых суглинков и супесей. Статистическое обобщение производилось отысканием уравнений регрессии при помощи программы «Microcal Origin. Version: 3,5» Microcal Software. Inc.

Результаты расчетов по программе приведены на рисунках 1-5.

Полученные уравнения линейной регрессии для вычисления структурной прочности в зависимости от коэффициента пористости для лессовых супесей и суглинков при различных показателях текучести сведены в таблице 1.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО РАСЧЕТУ ОСАДОК ОСНОВАНИЙ С УЧЕТОМ СТРУКТУРНОЙ ПРОЧНОСТИ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

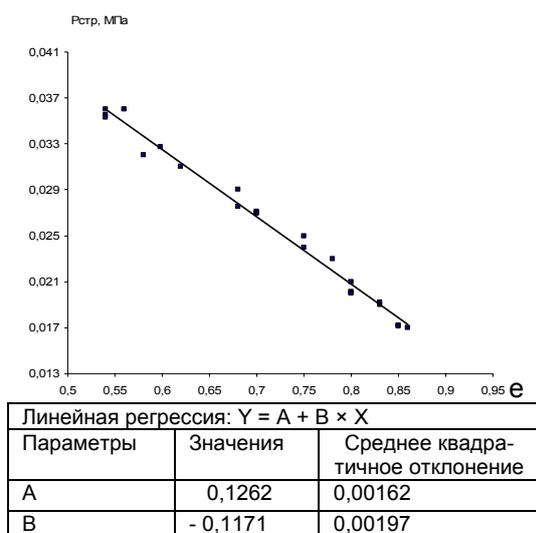


Рисунок 1 – Корреляционная зависимость между структурной прочностью и коэффициентом пористости лессового супглинка при $J_L < 0$

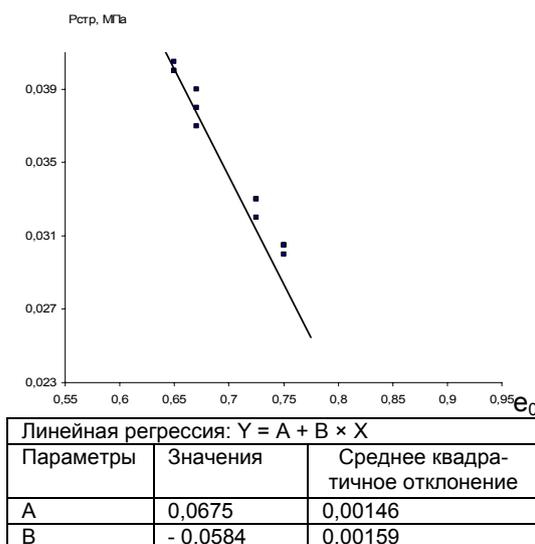


Рисунок 3 – Корреляционная зависимость между структурной прочностью и коэффициентом пористости лессового супглинка при J_L в пределах от 0,25 до 0,50

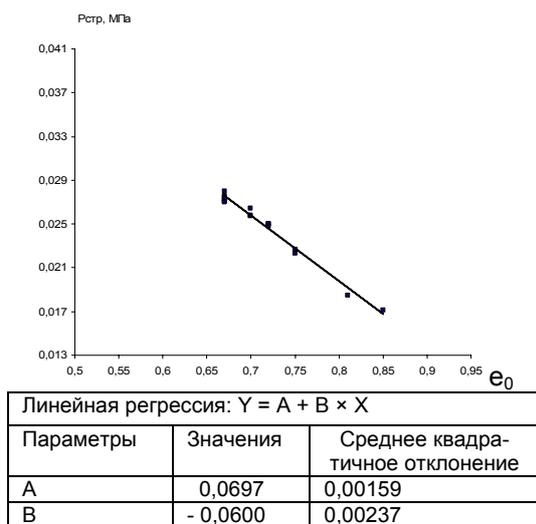


Рисунок 2 – Корреляционная зависимость между структурной прочностью и коэффициентом пористости лессового супглинка при J_L в пределах от 0 до 0,25

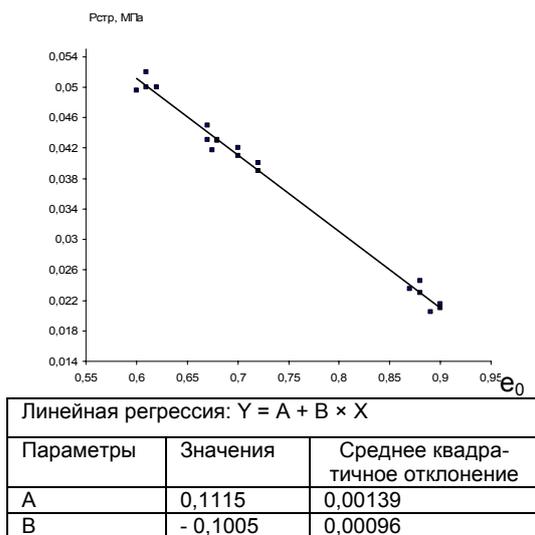


Рисунок 4 – Корреляционная зависимость между структурной прочностью и коэффициентом пористости лессовой супеси при $J_L < 0$

ВЫВОДЫ

Использование величины структурной прочности лессовых грунтов при расчете осадок оснований зданий и сооружений позволяет более точно определить нижнюю границу сжимаемой толщи грунта основания. Для определения эффективности использования данного метода приведем схему расчета осадок оснований зданий по методике приведенной в СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений» [12] и предлагаемой нами методике.

При расчете деформаций оснований по СНиП 2.02.01-83* – методу элементарного послойного суммирования – определение нижней границы сжимаемой толщи является весьма условным: нижняя граница сжимаемой толщи основания для исследуемых лессовых грунтов при $E \leq 5$ МПа принимается на глубине, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,1 \sigma_{zg}$ (здесь σ_{zp} – дополнительное вертикальное напряжение на глубине z по вертикали, проходящей через центр подошвы фундамента; σ_{zg} – вертикальное напряжение от собствен-

ного веса грунта). По предложенной в данной работе методике нижняя граница сжимаемой толщи грунтового основания определяется из условия равенства значения напряжения от дополнительной нагрузки σ_{zp} и величины структурной прочности лессового грунта p_{str} . (рисунок 4.7).

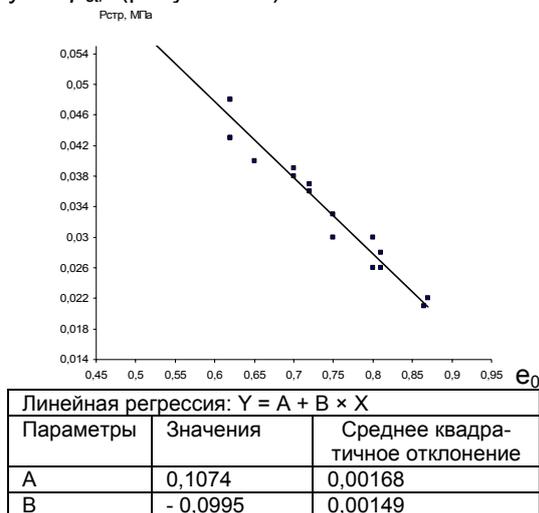


Рисунок 5 – Корреляционная зависимость между структурной прочностью и коэффициентом пористости лессовой супеси при J_L в пределах от 0 до 1

Таблица 1 – Уравнения корреляционных зависимостей для вычисления структурной прочности лессовых грунтов

Тип грунта	Уравнение регрессии $p_{str} = f(e_0)$
Суглинки твердые	$0,1262 - 0,1171 \cdot e_0$ (0,96525)
Суглинки полутвердые	$0,0697 - 0,0600 \cdot e_0$ (0,96619)
Суглинки тугопластичные	$0,1162 - 0,1171 \cdot e_0$ (0,95516)
Супесь твердая	$0,1115 - 0,1005 \cdot e_0$ (0,93001)
Супесь пластичная	$0,1074 - 0,0995 \cdot e_0$ (0,96359)

Таким образом, при использовании предложенной нами методики в расчете оснований зданий и сооружений размер сжимаемой толщи грунта уменьшается на 15 – 25 %, в зависимости от показателя текучести лессовых супесей и суглинков. В результате снижается расчетная осадка оснований, что приводит к снижению себестоимости строительно-монтажных работ, а именно к снижению расходов материалов, снижению затрат, объемов земляных работ и, соответственно, сроков строительства. Так же необходимо отметить, что на основании полученных результатов можно увеличивать нагрузку

на существующие фундаменты без их усиления, что весьма актуально в настоящее время при реконструкции зданий и сооружений.

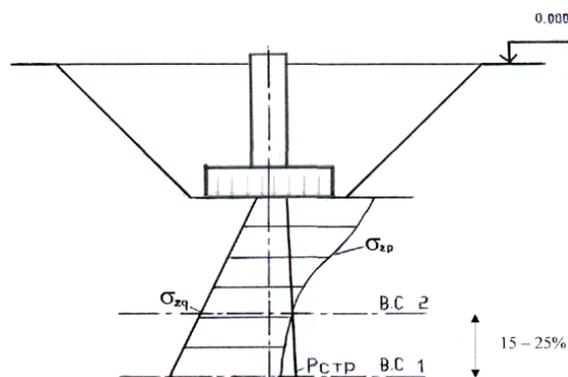


Рисунок 6 – Схема распределения вертикальных напряжений: BC1 – граница сжимаемой толщи грунта основания по СНиП 2.02.01-83* «Основания зданий и сооружений»; BC2 – граница сжимаемой толщи грунта основания с учетом структурной прочности лессового грунта Рстр

В настоящее время имеется ограниченное число работ, в которых вопросы проектирования оснований и фундаментов в том числе реконструируемых и восстанавливаемых зданий рассматривались комплексно, с учетом моделирования и прогнозирования изменения физико-механических характеристик грунтов, при техногенных воздействиях на базе микроструктурного анализа и фактического напряженно-деформированного состояния грунтов основания.

Выполненные исследования по моделированию и прогнозированию влияния техногенных воздействий на прочность и устойчивость лессовидных грунтов в основаниях зданий и сооружений на базе микроструктурного анализа, влияния техногенных воздействий на прочность и устойчивость лессовидных грунтов в основаниях длительно эксплуатируемых зданий и сооружений с учетом структурных изменений в лессовых грунтах, изменения структурной прочности и с определением прочности индивидуальных контактов между твердыми структурными элементами лессовидных грунтов с использованием разработанного комплекса приборов проделаны впервые.

В настоящее время разрабатываются рекомендации по учету изменения прочностных и деформационных характеристик лессовидных грунтов в основаниях зданий и сооружений, в том числе длительно эксплуатируемых с учетом возможности их реконструкции и репрофилирования.