

# ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

---

УДК 624.154

**А.Б. Пономарев, А.В. Захаров, Д.Н. Сурсанов**

Пермский государственный технический университет

## К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕРХНЕПЕРМСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ В КАЧЕСТВЕ ГРУНТОВЫХ ОСНОВАНИЙ

Рассматривается возможность использования полускальных пород пермского периода в качестве основания для свайных фундаментов высотных жилых зданий. В качестве обоснования такой возможности приводится частный случай результатов статических испытаний свай вдавливающей нагрузкой при опирании их на алевролиты и аргиллиты верхнепермских отложений. На основании полученных экспериментальных данных делается вывод о возможном положительном решении данного вопроса.

**Ключевые слова:** верхнепермские отложения, полускальные породы, несущая способность, сваи-стойки, статические испытания.

В настоящее время в связи с инвестиционной привлекательностью в центральных районах г. Перми активно ведется высотное строительство, при этом возрастают нагрузки на грунтовое основание и увеличивается глубина заложения фундаментов. В данных условиях строительства наиболее эффективными, а иногда единственно возможными фундаментами становятся свайные с опиранием на геологические отложения верхнепермского возраста. Как правило, верхнепермские отложения представлены трещиноватыми, в кровле сильновыветрелыми аргиллитами, алевролитами и песчаниками, залегающими на глубине 18–24 м.

Согласно ГОСТ 25100–95 «Грунты. Классификация», указанные выше грунты, относят к классу скальных грунтов с жесткими цементационными связями, группа полускальные

( $R_c < 5$  МПа), подгруппа осадочные. Например, алевролит характеризуется как сильно уплотненная и цементированная мелкозернистая порода, текстура плотная сланцевая, по минералогическому составу такой грунт аналогичен суглинку. Известно, что свойства алевролитов, аргиллитов и песчаников напрямую зависят от степени цементации и их степени водонасыщения, при увлажнении такие грунты теряют свои прочностные свойства. Как правило, при определении прочностных свойств пород они могут быть выражены как в условных значениях сопротивлению одноосному сжатию, так и в параметрах угла внутреннего трения и удельного сцепления.

Мнения об использовании верхнепермских отложений в качестве оснований для свайных фундаментов зданий с большими нагрузками на сегодняшний день достаточно противоречивы: от мнения, что такие грунты практически являются несжимаемыми и способны выдерживать давления свыше 50 МПа, до мнения, что данные грунты являются уплотненными суглинками и супесями с модулем деформации не более 15 МПа. Такое противоречие позиций специалистов геологов и геотехников можно объяснить тем, что прямые испытания таких грунтов до последнего времени практически не проводились. В этом просто не было необходимости, так как в качестве несущих оснований использовались верхние покровные горизонты аллювиальных и делювиальных отложений. Поэтому прочностные и деформационные характеристики определялись в основном справочно, по пособию [4, разд. 6]. В этом случае необходимо отметить, что представленные в табл. 113, 119, 123 соответствующего пособия характеристики собраны по различным фондовым материалам (алевролиты Донбасса, Средней Азии, Забайкалья, Восточной Сибири, Дальнего Востока и т.п.) и даны для предварительной оценки сжимаемости и прочности элювиальных пород. Поэтому в современных условиях строительства становится крайне важно знать действительные прочностные и деформационные характеристики верхнепермских отложений для прогноза осадок и несущей способности свайных фундаментов опирающихся на них.

В одном из центральных районов г.Перми в настоящее время осуществляется строительство комплекса жилых 20-этажных домов. В геоморфологическом отношении площадка строительства приурочена к делювиальному склону IV надпойменной террасы р. Камы, осложненному глубоко врезанным логом субширотного

простирается, по тальвегу которого протекает р. Стикс – левый приток Егошихи. Проектируемое здание расположено на относительно выположенном участке деллювиального склона. Геологическое строение площадки испытаний, на изученную глубину, представлено отложениями четвертичного и верхнепермского возраста.

Отложения четвертичного возраста представлены аллювиально-деллювиальными суглинками, суглинками гравелистыми, гравийными грунтами и суглинками элювиально-деллювиальными с дресвой и щебнем аргиллита и алевролита. Верхнепермские отложения – трещиноватые, в кровле сильновыветрелые аргиллиты, алевролитами и песчаники. С поверхности площадка покрыта насыпными грунтами, участками с почвенно-растительным слоем.

В пределах площадки имеют развитие грунтовые воды четвертичных аллювиально-деллювиальных глинистых отложений, воды спорадического распространения гравийно-галечниковых отложений и трещинные воды шешминского водоносного комплекса. Грунтовые воды приурочены к верхней части четвертичного разреза представленного текучепластичными и текучими суглинками и насыпными грунтами, слагающими верхнюю часть разреза деллювиального склона IV надпойменной террасы. На период инженерно-геологических изысканий установившиеся уровни грунтовых вод на площадке зафиксированы на глубине 2,9–6,0 м. Геологический разрез площадки представлен на рис. 1.

Фундаменты проектируемых зданий – свайные с монолитным ленточным ростверком. Сваи забивные железобетонные составные, сплошного квадратного сечения с ненапрягаемой арматурой марки С210.30-Св по серии 1.011.1-10 в.8. Сваи общей длиной 21 м выполнены из двух секций: нижней марки С120.30-НСв и верхней марки С90.30-ВСв, длиной 12 и 9 м соответственно. Сечение сваи 300×300 мм. Расчетная нагрузка на сваю, принятая в проекте, составляет 700 кН. По взаимодействию с грунтовым массивом принята схема «свая-стойка». Согласно принятым проектным решениям (см. рис. 1) опирание свай осуществляется на алевролиты (аргиллиты) очень низкой прочности (ИГЭ-9) и суглинки от мягкопластичной до твердой консистенции, с дресвой и щебнем аргиллита и алевролита (ИГЭ-2).

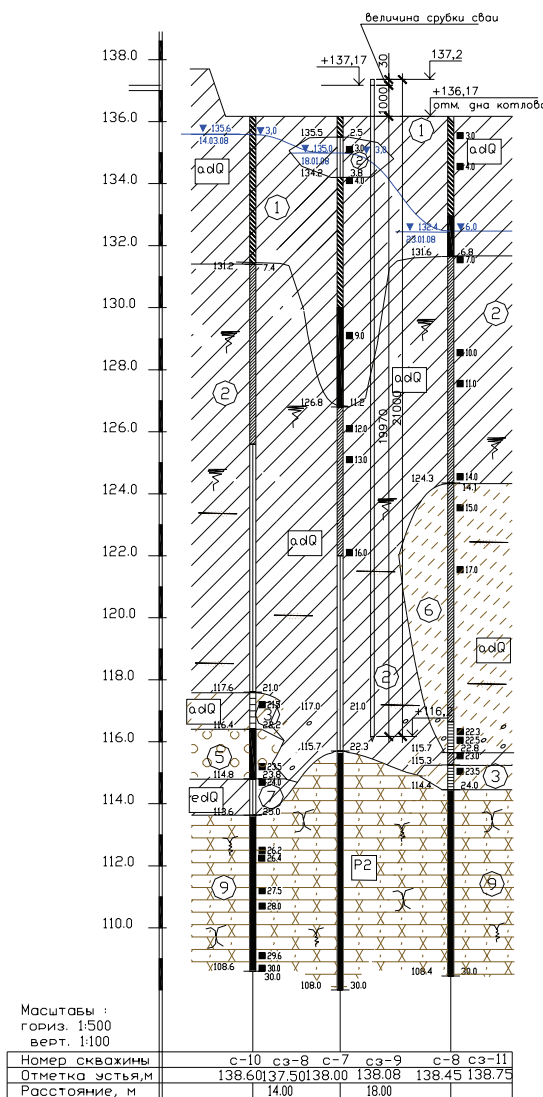


Рис. 1. Инженерно-геологический разрез площадки:

ИГЭ 1 – суглинок коричневый, легкий и тяжелый, пылеватый, текучий и текучепластичный, участками с гравием до 25 %, с примесью органических веществ; ИГЭ 2 – суглинок коричневый, легкий и тяжелый, пылеватый и песчанистый, туго-мягкопластичный, участками с гравием до 25–35 %, с примесью органических веществ; ИГЭ 3 – суглинок коричневый, легкий и тяжелый, пылеватый и песчанистый, полутвердый и твердый, участками с гравием до 25 %, реже гравелистый, с примесью органических веществ; ИГЭ 5 – гравийный грунт с суглинстым, супесчаным и песчаным заполнителем, насыщенный водой; ИГЭ 6 – супесь коричневая, песчанистая, пластичная и гравелистая от пластичной до твердой консистенции; ИГЭ 7 – суглинок элювиально-делювиальный от мягкопластичной до твердой консистенции с дресвой и щебнем аргиллита и алевролита до 10–20 %, а также дресвяный и щебенистый; ИГЭ 9 – алевролит бурый, сильновыветрелый, от очень низкой прочности до малопрочного, размягчаемый

В отчетах об инженерно-геологических изысканиях на площадке строительства не было представлено прямых лабораторных (полевых) испытаний грунтов верхнепермских отложений. Поэтому у заказчика и надзорных организаций возникли опасения по поводу правомерности применения в проектных решениях расчетных схем «свай-стоек», а также возможности передачи проектных нагрузок на полускальные грунты пермского периода.

На первоначальном этапе на площадке строительства были выполнены динамические испытания свай, которые показали расчетный отказ  $S_a = 0,002...0,006$  м, что свидетельствовало о достижении ими несущей способности  $F_u = 1140...635$  кН. С учетом значительного разброса в значениях несущей способности свай, полученных по данным динамических испытаний, а также для принятия окончательного решения о возможности использования элювиальных грунтов пермских отложений в качестве основания свайных фундаментов было предложено провести статические испытания трех свай. Для проведения испытаний были разработаны три испытательных стенда. Один из испытательных стендов показан на рис. 2.



Рис. 2. Стенд для испытания свай статической нагрузкой

Все конструкции испытательных стендов были предварительно рассчитаны на нагрузку, превышающую на 20 % наибольшую нагрузку, предусмотренную программой испытаний и требованиями нормативных документов [1–3]. Испытания свай производились после забивки свай с «отдыхом» не менее 17 сут. В качестве нагрузочного устройства использовался гидравличе-

ский домкрат грузоподъемностью 200 т, с фиксацией каждой ступени нагрузки по монометру. Нагружение испытываемой сваи производилось посредством насосной станции равномерно, ступенями нагрузки по 96 кН ( $\approx 1/10$  от  $1,5 \cdot N = 1,5 \cdot 700 = 1050$  кН). На каждой ступени нагружения сваи снимались отсчеты по всем приборам для измерения осадки сваи в следующей последовательности: нулевой отсчет – перед нагружением сваи, первый отсчет – сразу после приложения нагрузки, затем последовательно четыре отсчета с интервалом 30 мин и далее через каждый час до условной стабилизации деформации (затухания перемещения). За критерий условной стабилизации деформации при испытании свай принимались скорость осадки сваи на данной ступени нагружения, не превышающая 0,1 мм за последние 60 мин наблюдений. Нагрузка доводилась до значения, при котором общая осадка сваи составляет не менее 20 мм, но не более 1056 кН ( $\approx 1,5 \cdot N = 1,5 \cdot 700 = 1050$  кН).

Разгрузка сваи производилась после достижения наибольшей нагрузки ступенями, равными 192 кН (последняя 50 кН), с выдержкой каждой ступени 15 мин. Отсчеты по приборам для измерения осадок снимались сразу после каждой ступени разгрузки и через 15 мин наблюдений. После полной разгрузки (до нуля) наблюдения за упругим перемещением сваи проводились в течение 60 мин, со снятием отсчетов через каждые 15 мин. На каждом этапе нагружения и разгрузки фиксировались перемещения анкерных свай и упорной системы испытательных стенов.

По результатам проведения испытаний составлены графики зависимости осадки от нагрузки  $s = f(P)$  и изменения деформации во времени  $s = f(t)$  по ступеням нагружения для каждой сваи. Один из графиков испытаний свай представлен на рис. 3.

Согласно полученным данным, при нагрузке  $N=1056$  кН (предельная нагрузка на сваю) осадки свай  $s$  составили от  $-4,58$  до  $-5,275$  мм. При испытаниях всех трех свай, при максимальной достигнутой нагрузке (1056 кН) осадки свай оказались менее определенного значения (20 мм), в этом случае, согласно [2], за частное значение предельного сопротивления сваи  $F_u$  была принята максимальная нагрузка, полученная при испытаниях, – 1056 кН. Тогда расчетная нагрузка, передаваемая на сваю, согласно данным испытаний, составила  $N = 880$  кН. Характер полученных графиков испытаний  $s = f(P)$  позволяет сделать вывод о работе испытываемых свай в диапазоне действующих нагрузок, как свай-стоек.

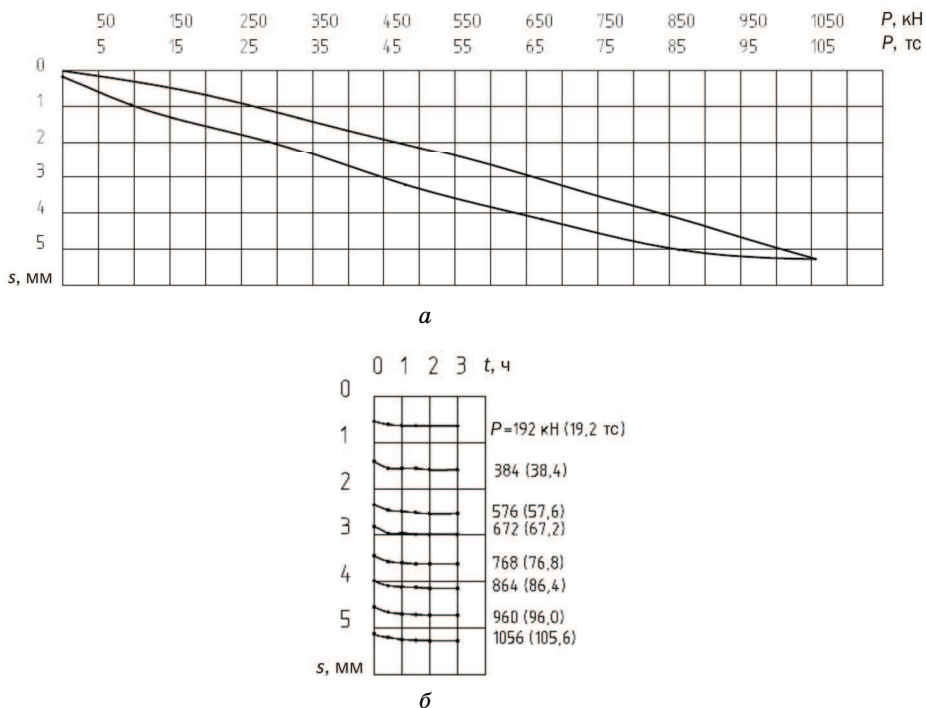


Рис. 3. Результаты испытания сваи статической нагрузкой: *а* – зависимость осадки сваи *s* от нагрузки *P*; *б* – изменение осадки сваи *s* во времени (по ступеням нагружения)

Таким образом, доказана возможность передачи проектной расчетной нагрузки  $N = 700$  кН на свайные фундаменты и подтверждена возможность использования грунтов верхнепермских отложений в качестве основания свай-стоек.

### Библиографический список

1. ГОСТ 5686–94. Методы полевых испытаний сваями. – М., 1996. – 51 с.
2. СНиП 2.02.03–85. Свайные фундаменты. – М., 2000. – 48 с.
3. СП 50-102–2003. Проектирование и устройство свайных фундаментов. – М., 2009. – 81 с.
4. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01–83). – М., 1986. – 415 с.

Получено 15.02.2011