**Сведения об авторах:**

1. Минуллов Максим Альбертович

ПНИПУ, строительный факультет, кафедра "Строительное производство и геотехника"

студент- магистрант группы ОТР-17-1м

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

minullovm@mail.ru

2. Сурсанов Дмитрий Николаевич

ПНИПУ, строительный факультет, кафедра "Строительное производство и геотехника"

Старший преподаватель кафедры "Строительное производство и геотехника"

614990, Пермский край, г. Пермь, Комсомольский проспект, д. 29

sursanov@mail.ru

УДК 624.154

Минуллов Максим Альбертович, Сурсанов Дмитрий Николаевич

ПНИПУ, СТФ, кафедра "Строительное производства и геотехника"

**Проблемы проектирования свай-стоек на полускальных грунтах**

**Аннотация.**

Приведён обзор проблем, с связанных с проектированием свайных фундаментов на полускальных грунтах. Приводится анализ положений СП 24.13330.2011, включая изменения, и ГОСТ Р 25100-2011, касающихся расчётов свай-стоек в трещиноватых скальных грунтах. Отмечается необходимость существенного уточнения нормативных методик, в частности, при оценке трещиноватости грунтов, для обеспечения корректной сходимости расчётов с результатами полевых испытаний. Приведённый в данной статье материал показывает, насколько сложной является работа свайных фундаментов в полускальных массивах и сколько факторов оказывают влияние на их несущую способность.

**Ключевые слова:** полускальный грунт, свая-стойка, несущая способность

**Введение**

До настоящего времени несущая способность свай-стоек на полускальных грунтах определяется по результатам статических испытаний свай на строительной площадке. Связано это с тем, что проектирование фундаментов на сваях-стойках имеет ряд особенностей, которые не нашли достаточного отражения в нормативной литературе. Также имеется необходимость систематизации результатов натурных испытаний таких свай, а также данных геотехнического мониторинга сооружений, возведенных на сваях-стойках.

Поэтому исследование закономерностей и особенностей совместной работы буровых свай и грунтов основания, а также разработка метода расчета несущей способности вертикально нагруженных буронабивных свай в полускальных грунтах являются актуальными.

Также актуальность и возможность использования полускальных грунтов в качестве оснований фундаментов высотных жилых зданий были рассмотрены в научной работе А.Б. Пономарёва, А.В. Захарова и Д.Н. Сурсанова [1]. В качестве обоснования такой возможности был приведён частный случай результатов статических испытаний свай вдавливающей нагрузкой при опирании на аргиллиты и алевролиты верхнепермских отложений. На основании полученных испытаний были сделаны выводы о возможном положительном решении данного вопроса.

**Основная часть**

Итогом [1] являлась научная статья А.Б. Пономарёва и Д.Н. Сурсанова [2], где были рассмотрены проблемы проектирования свайных фундаментов на верхнепермских полускальных грунтах. Были проанализированы инженерно-геологические условия одной из строительных площадок в г. Перми, и с учётом требований [3] выполнены оценочные расчёты несущей способности свай. Результаты оценочных расчётов были сравнены с результатами статических испытаний свай, и сделаны выводы:

1. На момент написания рассматриваемой статьи (как и в данный момент) корректной методики расчёта несущей способности свай-стоек, опирающихся на выветрелые скальные грунты, в существующих СП [3, 4], не представлено;
2. Определение расчётного сопротивления грунта R по результатам оценочных расчётов с учётом различных факторов даёт широкий диапазон значений, близкий к результатам натурных испытаний Rст;
3. При определении R по табличным значениям СП [3, 4] учёт степени выветрелости Kwr снижает расчётное сопротивление значительно больше, чем коэффициент трещиноватости Ks. В целом же учёт обоих этих коэффициентов даёт существенно заниженную (более чем в 10 раз) величину по сравнению с результатами испытаний Rст;
4. Близость Rст к тем или иным расчётным значениям R будет полностью зависеть от учёта фактора заглубления сваи в скальную породу;

В научной работе А.М. Дзагова и Д.Е. Разводовского [5] было отмечено, что забивные сваи в зависимости от их длины и характеристик грунтов могут сочетать в себе особенности работы как висячих свай, так и свай-стоек. Были представлены предложения по совершенствованию проектирования фундаментов на забивных сваях-стойках.

С выходом [6] несущую способность сваи-стойки, прорезающей толщу скальных и малосжимаемых грунтов, допускается определять с учетом расчетного сопротивления грунтов основания на ее боковой поверхности согласно приложению "З".

Немаловажный вопрос об оценке трещиноватости скальных грунтов был рассмотрен в работе В.В. Лушникова [7]. В данной статье отмечается необходимость значительного уточнения нормативных методик, в частности, при оценке трещиноватости грунтов, для обеспечения корректной сходимости расчётов с результатами полевых испытаний. Сделаны выводы о необходимости уточнения основных положений нормативов [3, 8] относительно расчётов несущей способности свай-стоек и оценки трещиноватости скальных грунтов. Отмечено, что в различных нормативах необходимо устранить терминологическое разнообразие оценок скальных грунтов, а методику расчётов несущей способности свай-стоек на таких грунтах уточнить, обеспечив корректную сходимость расчётов с результатами полевых испытаний. Также была отмечена необходимость совершенствования аппаратуры и методики испытаний, ориентированных на трещиноватые полускальные грунты.

На основании предыдущей статьи, были выдвинуты основные предложения к проекту норматива по испытаниям скальных грунтов в полевых условиях [9]. С выходом актуализированной главы СП 24.13330.20111 "Свайные фундаменты" [3] проблема оценки несущей способности буронабивных свай-стоек крайне обострилась в связи с необходимостью учёта трещиноватости скальных грунтов, которая существенно снижает расчётные значения их несущей способности. Многочисленные проведённые испытания свай, свидетельствовали о значительных различиях расчётных и полевых оценок несущей способности свай, а на первое место выдвигается проблема испытаний скальных грунтов в полевых условиях.

Предложения были основаны на опыте проведения испытаний скальных грунтов Среднего Урала и касались назначения оптимальных размеров штампов, режимов нагружения, выдержки нагрузок во времени, установления предельных нагрузок на штампы при испытаниях.

Методика расчёта буронабивных свай в скальных грунтах на действие осевых сжимающих нагрузок была предложена в научной работе М.Г. Зерцалова, М.В. Никишкина и И.Н. Хохлова [10]. Была рассмотрена работа одиночных буровых железобетонных свай в скальных массивах. Была предложена методика расчёта свай на вертикальные нагрузки с учётом особенностей изменения напряжённо-деформированного состояния системы "свая - скальный массив" при действии сжимающих нагрузок.

В итоге был разработан метод расчёта взаимодействия свай со скальными грунтами при действии вертикальных нагрузок, позволяющий на предварительных стадиях проектирования определять несущую способность и осадку сваи.

Полученные результаты свидетельствовали о том, что предлагаемая в [3] методика расчёта свайных фундаментов в скальных грунтах не учитывает многих факторов, оказывающих значительное влияние на несущую способность и осадки свай, что, как правило, приводит, к завышению результатов.

Отмечается необходимость дальнейшего изучения механизма взаимодействия свай со скальным массивом и корректировки существующих нормативных документов.

В научной работе М.Э. Славина и М.С. Маркина [11] была рассмотрена возможность оценки прочностных свойств скальных пород в зонах дробления и повышенной трещиноватости. Была исследована связь взаимосвязь плотности и коэффициента водопоглощения представительной выборки образцов доломита с пределом их прочности через коэффициенты парной и множественной корреляций. Предложено для характеристики таких пород применять методы, разработанные для крупнообломочных грунтов, дресвы и щебня.

Было доказано, что существует зависимость показателя прочности на сжатие разрушенных скальных грунтов от их плотности и показателя водопоглощения. Показатель прочности можно рассчитать по уравнению множественной регрессии для грунтов, где содержание скальных обломков составляет более 90%. Для характеристики прочностных свойств скальных пород в зонах дробления было рекомендовано пользоваться методикой, разработанной для крупнообломочных грунтов.

Перечень факторов, влияющих на несущую способность заглублённых в скальный массив свай, а так же на их осадки досконально представлен и разобран в труде М.Г. Зерцалова [12]:

* отношение глубины заглубленной части сваи к её диаметру (L/d);
* соотношение модулей упругости бетона и скального массива;
* прочность скального массива вокруг и под нижним концом сваи;
* шероховатость стенок скважины;
* наличие на дне скважины под концом сваи бурового шлама и другого мусора;
* слоистость скального массива, если слои имеют различную прочность и модули упругости;
* ползучесть скальных пород в зоне контакта бетона со скальным массивом, приводящая к увеличивающимся во времени осадкам сваи

**Вывод**

Приведённый в данной статье материал показывает, насколько сложной является работа свайных фундаментов в полускальных массивах и сколько факторов оказывается влияние на их несущую способность. Тем не менее, приведённые примеры освещают лишь часть проблемы, с которой сталкиваются инженеры при проектировании и сооружении свайных фундаментов на полускальных основаниях. При этом в стороне остаются вопросы, связанные с исследованиями заглублённых в полускальный грунт свай при других вариантах их нагружения: приложении горизонтальных нагрузок, действии выдёргивающих сил, поднятии сваи в случае, если они пересекают набухающие грунты и т.д.

Корректная методика расчёта несущей способности свай-стоек на полускальных грунтах до сих пор не представлена. Методика расчёта несущей способности свай-стоек, представленная в [3] и [6] не обеспечивает корректную сходимость с результатами полевых испытаний. Требуется уточнение данной методики для обеспечения корректной сходимости расчётов с результатами полевых испытаний.

Требуется уточнение основных положений нормативов, касающихся расчётов свай-стоек и оценки трещиноватости скальных пород.

Требуется пересмотр системы инженерных изысканий. Сначала должно быть обосновано решение о типе фундамента, а затем, если будет принят свайный - провести испытания достаточного числа свай для принятия оптимального проектного решения.

Имеется необходимость совершенствования аппаратуры и методики испытаний, ориентированных на трещиноватые полускальные грунты.

Учитывая невозможность формального использования положений [13] для испытаний свай-стоек в скальных грунтах (в первую очередь трещиноватых), целесообразно разработать норматив, регламентирующий проведение таких испытаний.

Необходимы дальнейшие исследования по разработке предложений к нормативному документу для испытаний буронабивных и забивных свай в скальных грунтах, поскольку, как отмечалось, действующие нормативы на такие испытания также не распространяются.

**Библиографический список**

1. А.Б. Пономарёв, А.В. Захаров, Д.Н. Сурсанов. К вопросу использования верхнепермских отложений в качестве грунтовых оснований. // Вестник ПНИПУ. Урбанистика (ПНИПУ). 2011. №1. С. 74-80
2. А.Б. Пономарёв, Д.Н. Сурсанов. К вопросу определения несущей способности свай, опирающихся на выветрелые скальные грунты. // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Выпуск 32 (51). С. 42-48
3. СП 24.13330.2011. Свайные фундаменты. М., 2011. 90 с
4. СП 22.13330.2016. Основания зданий и сооружений. М., 2016. 220 с
5. А.М. Дзагов, Д.Е. Разводовский. О несущей способности забивных свай, опирающихся на малосжимаемые грунты. // ОФМГ. 2013. №5. С. 7-12
6. Изменение № 1 к СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фунаменты» // Приказ Минстроя России от 3 декабря 2016 г. № 885/пр. 18 с
7. В.В. Лушников, Б.А. Солдатов, В.Е. Маргулян. Об оценке трещиноватости скальных грунтов. // ОФМГ. 2014. №5. С. 25-28
8. ГОСТ Р 25100-2011. Грунты. Классификация. 37 с.
9. В.В. Лушников, Б.А. Солдатов, Л.А. Пивоваров. Основные предложения к проекту норматива по испытаниям скальных грунтов в полевых условиях. // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2015. №4. С. 36-49
10. М.Г. Зерцалов, М.В. Никишкин, И.Н. Хохлов. К расчёту буронабивных свай в скальных грунтах на действие осевых сжимающих нагрузок. // ОФМГ. 2017. №3. С. 2-8
11. М.Э. Славин, М.С. Маркин. Об оценке физико-механических свойств трещиноватых и тонкослоистых скальных пород. // ОФМГ. 2018. №1. С. 14-16
12. М.Г. Зерцалов. Геомеханика. Введение в механику скальных грунтов: Учебник. - М.: Издательство АСВ, 2014. - 352 с.
13. ГОСТ 5686-2012. Грунты. Методы полевых испытаний сваями. М., 2012. 42 с

**© Минуллов М.А., Сурсанов Д.Н., 2019**