

ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИМЕРОВ РАСЧЕТА СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ НА ЗАТОРФОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ

© **Звездин В.Н.***, **Варфоломеев Ю.А.♦**, **Казеко А.Н.♥**
ООО «Научно-исследовательская лаборатория строительной экспертизы
Баренц-региона», г. Архангельск

Выполнен анализ нормативно-технических документов, используемых при расчетах надземных конструкций и свайных фундаментов в Арктической зоне. По методике расчета свай с учетом слоев сильно сжимаемого торфа, пригруженного насыпным песком, приведено мало примеров. Опечатки, отсутствие пояснений в примерах расчетов могут повлечь ошибки при проектировании и строительстве.

Ключевые слова: свая, торф, песок, трение, отрицательное, расчет, Арктическая зона.

В последнее десятилетие в сфере строительства многократно возросло количество юристов, в том числе высокооплачиваемых. Их влияние на получение государственных и муниципальных заказов на проведение инженерных изысканий, проектирование (в том числе – экспертные работы) и строительство (ремонт, реставрацию и т.п.) в ходе конкурсных процедур часто является решающим. В условиях практикуемой в Российской Федерации (РФ) системы судопроизводства, основанной на принципе состязательности участников процесса, победителем оказывается тот, кто целенаправленно готовился к будущим судебным тяжбам, тщательно планировал и заранее документально оформлял все свои последовательные действия. При наличии большого количества недоработок и несоответствий в существующих юридических и ведомственных технических нормативно-законодательных актах, практикующий юрист может разработать многоходовую «дорожную карту», чтобы иметь возможность получить желаемые преференции и избежать ответственности в случае каких-либо нарушений. Иногда в рискованных схемах предусматривают использование «одноразовых» должностных лиц. После подписания нужного документа сотрудник увольняют по заранее продуманному сценарию – чаще всего «по собственному желанию» или же в качестве «наказания за должностной проступок».

В последние годы у участников строительного рынка разрушен иммунитет неотвратимости наказания за несоблюдение строительных норм и

* Инженер.

♦ Научный руководитель, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, советник Российской академии архитектуры и строительных наук.

♥ Инженер.

правил. В погоне за получением максимально возможной прибыли (что является главной целью уставной деятельности всех коммерческих организаций) допускаются запредельные нарушения строительных норм и правил, вследствие чего появилось множество «аварийных новостроек» [1]. Особенно дорого обходятся ошибки при строительстве в отдаленных труднодоступных местностях Арктической зоны, где транспортные расходы в условиях экстремального климата составляют большой удельный вес в себестоимости строительной продукции.

При активной позиции юридических служб любые ошибки и опечатки в нормативно-технических документах могут превратиться для разработчиков и издателей в большие проблемы в случае судебных разбирательств по искам, связанным с дорогостоящими последствиями ошибок строительства по неправильным проектным решениям, обусловленным расчетами конструкций.

Ряд крупных административных и индустриальных центров Архангельской области и Ненецкого автономного округа (НАО), включенных в состав Арктической зоны, расположены на заторфованных территориях побережья северных рек либо в их дельтах, которые ранее были дном притоков, проток, ручьев и т.п. При возведении фундаментов на территориях с сильно сжимаемыми биогенными грунтами необходимо применять сваи. По отзывам проектировщиков Архангельской области и НАО, занимающихся расчетами свайных фундаментов на заторфованных территориях, они сталкиваются с трудностями при использовании существующей нормативно-технической документации по указанной теме.

Проанализируем нормативно-техническую документацию по расчету свайных фундаментов с учетом отрицательного трения насыпных (намывных) грунтов (чаще всего песка), подстилаемых сильно сжимаемым слоем биогенного грунта. Рассмотрим документацию по данной теме, которая имела в доступе у проектировщиков и проверяющих их экспертов. В нормативной документации имеется описание явления отрицательного трения насыпного (намывного) песка по боковой поверхности сваи, а механизм реализации такого расчета смогли найти только в двух примерах № 19 и № 20, изложенных в «Руководстве» [2]. При этом для указанного документа [2] даны следующие информационные справки: дата окончания срока его действия – 01.01.1985 г., дата добавления в базу – 01.09.2013 г., дата актуализации – 21.05.2015 г.

Однако даже в этих единственных примерах имеется множество опечаток, упущений, неясностей и отсутствие пояснений, что повлекло противоречивое понимание методики расчета. При необходимости использования указанных примеров проектировщики и эксперты, занятые расчетами для принятия решений по устранению негативного влияния отрицательных сил трения насыпных (намывных) грунтов по боковой поверхности свай (особенно в случаях решающего значения этого явления) сталкиваются с большими сложностями при идентификации методики расчета. В связи с этим

они вынуждены обращаться за помощью к другим более опытным специалистам либо к разработчикам примеров.

В условиях сжатого по срокам производственного процесса, регламентированного контрактом в части обязательств своевременной сдачи проекта заказчику, инженеры-проектировщики обычно не имеют времени для того, чтобы долго разбираться в нормативно-технических документах, имеющих недостатки, и безошибочно применить их на практике с учетом конкретных геологических условий территории, выделенной под застройку. Поэтому проектировщики всячески стараются уклоняться от решения задач, связанных с длительными разбирательствами. По этой мотивации они пользуются такими приемами, которые освобождают их от долгих разбирательств. Например, в Архангельске намывные песчаные насыпи выдерживают перед строительством 5-6 лет, в течение которых консолидация сильно сжимаемого биогенного грунта (торфа) практически завершается. После такой выдержки отрицательное трение намывного песка по боковой поверхности свай фактически не проявляется, поэтому учитывать его в сложных расчетах не требуется.

Проанализируем основные нормативно-технические документы, которые приходится использовать при расчетах свайных фундаментов и надземной части здания. Рассмотрим это для случая неблагоприятной ситуации, когда в период строительства либо эксплуатации кирпичного здания обнаруживаются негативные последствия его деформаций в виде появления трещин в стенах. При первом обнаружении деформации конструктивных элементов здания необходимо обеспечить систематическое наблюдение за изменением этих деформаций. Для этого на трещины в кладке устанавливают индикаторы, маяки и определяют деформации по данным нивелировки установленных марок. Все коренные мероприятия по ликвидации выявленных деформаций следует начинать только лишь после установления причин этих деформаций. Для установления причин деформаций и разработки комплекса ремонтно-восстановительных мероприятий владелец проблемного здания должен обратиться в специализированную экспертную организацию, либо проектный или научно-исследовательский институт.

Рассмотрим «Руководство» [2]. Все приведенные ниже замечания были составлены при попытках идентифицировать (повторить) расчет по двум примерам, что оказалось невозможным.

Замечания по примеру 19:

1. При определении осадок грунта по формуле 20 входящая в нее величина h принимается в соответствии с записью: « h – толщина сжимаемого слоя, расположенного между фильтрующим слоем и недренированным скальным основанием, или $2h$ между фильтрующими слоями, см». Как это понимать? $h = 2h$? Разве трудно было ввести дополнительную величину, например $h_{\text{эк}}$, равную толщине слоя грунта, расположенного между фильтрую-

щим слоем и скальным основанием, или между дренирующими слоями. Тогда $h = h_{\text{жк}}$ – в случае нахождения слоя грунта между фильтрующим слоем и скальным основанием; и $h = 0,5 \cdot h_{\text{жк}}$ – при нахождении слоя между фильтрующими слоями. Это было определено только по результатам анализа других опубликованных источников. Следовательно, из-за возможности двойного понимания приведенного в «Руководстве» [2] примера №19 возможны ошибки проектировщиков.

2. В примере №19 допущена опечатка в исходных для расчета условиях. Вместо « $0,4 \cdot S_{np}=4$ см» следовало написать $0,5 \cdot S_{np}=4$ см, поскольку в этом же примере приведена величина $S_{np} = 8$ см.

3. В таблице 13 допущена опечатка – у коэффициента консолидации слоя 4 (глина мягкопластичная заторфованная) вместо « $1,36 \cdot 10^{-8}$ » должно быть « $1,36 \cdot 10^{-3}$ ».

4. В таблице 14 одним и тем же условным обозначением дана «Осадка грунта, V_p , см» и «Скорость осадки грунта, V_p см/год». Осадка грунта имеет обозначение S_{zp} , а не V_p .

5. В столбце «Время от начала намыва, лет» при времени 0,5 года осадка грунта при $Z = 200$ см указана 7 см. Это опечатка. Должно быть 7,9 см.

6. Не описано, как была определена величина скорости $v_{zp} = 3,9$ см/год и почему именно она относится к отм. $-12,5$ м, поскольку через год после начала строительства она определена при $z = 300$ см для слоя № 4. (Методом «тыка» при анализе установлено, что v_{zp} определена по интерполяции $(5,8 + 2) / 2 = 3,9$, где 5,2 и 2,0 – соответственно скорости при $z = 400$ см и $z = 200$ см). То же самое относится к величине $v_{\text{об}} = 2,7$ см/год, определенной при строительстве 1,5 года ($t = 2,0$ года). Эта зона распространяется до отм. $-10,8$ м (определена интерполяцией между величинами скоростей 4,2 и 2,0):

$$-11,5 + (6,0 - 4,0) \cdot (2,7 - 2,0) / (4,2 - 2,0) = -10,86 \text{ (м)}.$$

7. В исходных данных не указана нагрузка q на кровлю слабого слоя 4. Не ясно, учтено ли было взвешивающее влияние воды для пригрузочных слоев грунта. Уровень грунтовых вод в исходных данных не указан. Методом подбора было установлено, что $q = 1$ кгс/см². Данную величину можно найти только лишь в примере 20. Исходя из данной величины, установлена необходимость учета взвешивающего влияния воды.

8. Отсутствуют пояснения по определению скорости осадок V_p (см/год). Установлено методом «домыслия», что скорость осадки на данном участке времени (в течении полугода) здесь определяется как разность между текущей и предыдущей осадками, умноженными на 2.

Замечания по примеру 20:

1. При определении несущей способности свайных кустов нарушено условие примечания 2 к таблице 1. Поскольку верхний слой грунта толщиной 5 м является насыпным песком, то глубину погружения нижнего конца

сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории намывом от 3 до 10 м следует принимать от условной отметки, расположенной на 3 м ниже уровня подсыпки (намыва грунта). Это требование выполнено для величины расчетного сопротивления сваи под нижним концом. Однако оно не выполнено для расчетных сопротивлений на боковой поверхности свай, средняя глубина которых была принята от поверхности планировки, а не от условной отметки, расположенной ниже поверхности планировки на 3 м. Имеет место противоречивость требований, изложенных в «Руководстве» [2].

2. При определении несущей способности свайных кустов:

$$F_{t=f} = 1[1 \cdot 436 \cdot 0,1225 + 0,35 \cdot 4(1 \cdot 2 \cdot 3 + 1 \cdot 7,4 \cdot 2)]9 = 743 \text{ тс};$$

$$F_{t=1,5} = 1[1 \cdot 436 \cdot 0,1225 + 0,35 \cdot 4(1 \cdot 2 \cdot 4,7 + 1 \cdot 7,4 \cdot 2)]9 = 783 \text{ тс},$$

нарушено примечание 2 к таблице 2 о разбивке слоев грунта толщиной не более 2-х метров. При определении трения по боковой поверхности глина принята в виде одного слоя. В первом случае – толщиной 3 м, во втором – 4,7 м.

3. В формуле определения отрицательных сил трения коэффициент m_0 вынесен за знак суммы. По нашему мнению в формуле допущена ошибка, т.е. этот коэффициент следовало ввести под знак суммы – для каждого слоя грунта назначать свой коэффициент, поскольку для разных грунтов значения m_0 – разные. Если наше мнение не справедливо, то в рассматриваемом примере необходимо расписать, как выбрать этот коэффициент общим по всем грунтам (принять максимальным, либо минимальным, либо усредненным).

4. Указанный коэффициент m_0 в рассматриваемом «Руководстве» [2] приведен для песчаных грунтов $m_0 = 1,1$, для глинистых грунтов $m_0 = 1,0$, а для биогенных грунтов – торфа, ила, сапропели – значения этого коэффициента не приведены.

5. Допущена опечатка при определении величины:

$$P_{к.отр} = 11 \cdot 1(54,5 + 3 \cdot 0,5 + 1,5 \cdot 5,8 + 2 \cdot 1,9) = 402 \text{ тс}$$

Вместо 54,5 следовало написать $5 \cdot 4,5$.

6. При определении величины $P_{к.отр}$ нарушена разбивка грунта на слои толщиной не более 2-х метров (примечание 2 к таблице 2).

7. При определении величины $P_{к.отр}$ нарушено примечание 2 к таблице 1. Для расчетных сопротивлений на боковой поверхности свай, средняя глубина которых была принята от поверхности планировки, а не от условной отметки, расположенной ниже поверхности планировки на 3 м. Поскольку величина средней глубины верхнего слоя толщиной 3 м относительно условной отметки является отрицательной, то величину этого слоя не следовало учитывать в сопротивлении по боковой поверхности при определении сил отрицательного трения. В данном случае в «Руководстве» [2] нарушаются свои же требования.

8. В «Руководстве» [2] и прочей нормативно-технической документации не приведены значения коэффициента Пуансона для биогенных грунтов – торфа, ила, сапропели.

Анализ второго документа – СП 24.13330.2011 [3], показал следующее:

1. В формулу 7.2 п. 7.1.11

«Сваю в составе фундамента и одиночную по несущей способности грунта основания следует рассчитывать исходя из условия

$$N \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k}, \text{»} \quad (7.2)$$

для определения несущей способности сваи по грунту в отличие от ранее действовавших СП и СНиП дополнительно введено два коэффициента:

γ_0 – коэффициент условий работы, учитывающий повышение однородности грунтовых условий при применении свайных фундаментов, принимаемый равным $\gamma_0 = 1$ – при односвайном фундаменте и $\gamma_0 = 1,15$ – при кустовом расположении свай;

γ_n – коэффициент надежности по назначению (ответственности) сооружения, принимаемый равным 1,2; 1,15 и 1,10 соответственно для сооружений I, II и III уровней ответственности».

При этом введено новое понятие, ранее не использовавшееся в нормах, «односвайный». Если этот термин следует понимать как отдельный фундамент с одной свайей, то как быть с ленточным фундаментом? Какой коэффициент γ_0 принимать для него?

Ранее γ_n – коэффициент надежности по назначению (ответственности) предусматривалось вводить в любое условие соблюдения несущей способности. При этом он принимался равным 1 – для зданий первого уровня ответственности и 0,95 – для зданий второго уровня ответственности. Поэтому возникает вопрос: «Учитывать ли данный коэффициент дважды в одном расчете?» Если учитывать, то следует ввести этот коэффициент во все условия прочности, устойчивости и так далее, т.е. не только в рассматриваемом СП 24.13330.2011 [3], но и во всех остальных СП. И еще вопрос: «Почему эти новые коэффициенты не введены в остальных условиях прочности и устойчивости рассматриваемого СП 24.13330.2011 [3], например, в формулах Ж.1 приложения Ж? А также в формуле 2.2 пункт 9.9?»

«Сваи по несущей способности грунтов основания в грунтовых условиях II типа следует рассчитывать с учетом сил отрицательного трения, исходя из условия:

$$N \leq \frac{\gamma_0 F_d}{\gamma_n \gamma_k} - \gamma_c P_n \text{»} \quad (9.2)$$

Эти коэффициенты так же введены, тогда не ясно, почему они опущены в формулах Е.22 и Е.26 приложения Е:

$$N < \frac{F_d}{\gamma_k} - \gamma_c P_n, \quad (\text{E.22})$$

$$N + P_n \leq F_d - F_{1hsl}. \quad (\text{E.26})$$

2. Формулы, аналогичные 9.2, следует ввести в п 7.2.12, где также учитываются отрицательные силы трения грунтов. Поскольку при простой смене знака одни и те же коэффициенты надежности и условий работы будут учитываться и при определении отрицательных сил трения, а по формулам 9.2 или E.22 этого делать не следует. Из тех же соображений ввести формулы, аналогичные 9.2, в раздел 7.3 для учета отрицательных сил трения грунтов при полевых испытаниях свай.

3. Из примечания к п. 7.3.7 следует, что отрицательные силы трения грунтов требуется учитывать при определении расчетного отказа только при динамических испытаниях свай. Однако про учет их при других испытаниях ничего не написано, хотя это следует обязательно сделать. Поэтому необходимо дать соответствующее обоснование.

4. В примечании 2 к табл. 7.2 указано «В таблицах 7.2 и 7.3 глубину погружения нижнего конца сваи и среднюю глубину расположения слоя грунта при планировке территории срезкой, подсыпкой, намывом до 3-х метров следует принимать от уровня природного рельефа, а при срезке, подсыпке, намыве от 3 м – от условной отметки, расположенной соответственно на 3 м выше уровня срезки или на 3 м ниже уровня подсыпки». Рассмотрим намыв грунта, например, более 5 м по слою торфа. Тогда условный уровень, относительно которого следует принимать среднюю глубину расположения слоя грунта, следует принять на 3 м ниже уровня планировки. Если подошва ростверка будет находиться выше этого уровня, то в этом случае трение по боковой поверхности участка сваи от выше указанного уровня до низа ростверка учесть невозможно, поскольку расстояние до его середины будет величиной отрицательной. Если трение будет положительным, то это пойдет в запас прочности. Однако трение от указанного участка может создавать и отрицательное трение, а в этом случае влияние рассматриваемого фактора не идет в запас прочности. Это переводит ошибку в расчетах в категорию опасных.

5. По всему тексту СП 24.13330.2011 [3] используется понятие уровня природного рельефа (в примечаниях к таблице 7.2, табл. 7.8 и др.), но конкретика этого понятия не описана должным образом. Возможно ли изменение этого уровня со временем? Например, после намыва или срезки грунта. По истечению какого периода времени можно считать, что природный рельеф стал другим?

При анализе третьего нормативного документа – СП 22.13330.2011 [4] – выявлено следующее:

1. В приложении Е приведены «Категории технического состояния существующих сооружений». Однако, как это понимать – они распространяются только на сооружения, а на здания нет? Если это так, то примечание 3, которое относится к зданиям, следует удалить. Кроме того, для зданий почему-то не приведены соответствующие категории? То же самое замечание относится к заголовку приложения Ж.

При анализе четвертого нормативного документа – СП 20.13330.2011 [5] – выявлено следующее:

1. Согласно п. 10.12 коэффициент надежности по снеговой нагрузке следует принимать 1,40. Однако его величину следовало принять: $1 / 0,7 = 1,429$. Иначе при всех коэффициентах, равных 1,0, определив нормативную нагрузку по п. 10.1 по заданной нагрузке для снегового района через коэффициент 0,7, мы не получим ту же величину расчетной нагрузки, умножая нормативную нагрузку уже на коэффициент 1,4.

2. В предыдущих действовавших изданиях СНиП 2.01.07-85 (2003*) «Нагрузки и воздействия» было указано (п. 6.2): «... при расчете многоэтажных зданий высотой до 40 м и одноэтажных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типов А и В, пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается не учитывать».

В актуализированном СП 20.13330.2011 [5] в п. 11.1.8. в примечании к подпункту «г» указано: «... при расчете многоэтажных зданий высотой до 40 м и одноэтажных производственных зданий высотой до 36 м при отношении высоты к пролету менее 1,5, размещаемых в местностях типов А и В, пульсационную составляющую ветровой нагрузки допускается определять по формуле (11.5)».

Получается, что согласно актуализированному СП 20.13330.2011 [5] следует для всех конструкций учитывать пульсационную составляющую ветровой нагрузки, «вплоть до расчета забора». При этом расчет несущих конструкций надземной части здания существенно усложняется, что создает риск допущения проектировщиками ошибок.

По указанной причине в [5] следует ввести ограничения на здания и сооружения, для которых не требуется учет пульсации ветра.

Выявленные недоработки, очевидно, обусловлены недостаточным (часто символическим) финансированием работ по актуализации нормативно-технических документов.

Разработчики программного обеспечения для расчетов строительных конструкций заинтересованы в широком применении их продукции и в том, чтобы проектировщики чаще к ним обращались. Такой подход к проектированию практикуется во многих развитых странах мира, где четко отлажена не только система информационных коммуникаций, но и система диффе-

ренцированной оплаты интеллектуальных услуг в сфере высоких технологий (расчет конструкций). Однако многие территории нашей страны не только отдаленные, но и труднодоступные. Это резко усложняет контроль на расстоянии за правильностью использования компьютерных программ. Кроме того, в РФ основным контингентом проектировщиков являются специалисты, которые обучались в высшем учебном заведении 5 лет, а за рубежом многие работы выполняют бакалавры после четырехлетних программ обучения. Поэтому целесообразно более рационально использовать потенциальный ресурс базовой подготовки специалистов, создавая с помощью нормативно-технических документов условия для развития у них навыков «ручных» расчетов. Передавать все расчеты на компьютерные программы, по нашему мнению, не допустимо. Во-первых, проектировщики быстро к ним привыкают и начинают действовать «механически», не вникая глубоко в суть взаимосвязи факторов, учитываемых в расчетах. Во-вторых, они теряют навыки выполнения «ручных» расчетов и в итоге утрачивают способность выполнять грубый поверочный расчет для проверки результатов вычислений с использованием готовых компьютерных программ. Многолетний опыт экспертных работ специалистов ООО «НИЛ Стройэкспертиза» на Севере свидетельствует о том, что в практике проектирования весьма часто встречаются задачи, не предусмотренные компьютерными программами. Поэтому проектировщики (особенно на Севере) обязаны уметь выполнять упрощенные расчеты «вручную», используя качественные примеры из нормативно-технической литературы.

Результаты анализа целесообразно использовать при составлении примеров расчета для нормативно-технической литературы, а также при выполнении по примерам [2] расчетов свайных фундаментов на заторфованных территориях с учетом отрицательного трения насыпных (намывных) грунтов (песка) по боковым поверхностям свай.

Список литературы:

1. Варфоломеев Ю.А. Чтобы больше не строить «новое аварийное жилье» [Электронный ресурс] // Правда Севера. – 2015. – № 1. – Режим доступа: <http://pravdasevera.ru/house/-f3s178sb>.
2. Руководство по проектированию оснований зданий и сооружений/ НИИОСП им. Н.М. Герсеванова Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1978.
3. СП 24.13330.2011 «Свайные фундаменты». Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85.
4. СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83.
5. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия». Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М., 2011.