

## **МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ ОТРИЦАТЕЛЬНОГО ТРЕНИЯ, ВОЗНИКАЮЩИХ НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ СВАЙ: ОПЫТ БЕЛАРУСИ И РОССИИ**

**Мильчанина К. Л., Бобрик Н. Н.**

Научный руководитель – Моради Сани Б.

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

**Аннотация.** В статье приводится анализ методик определения сил отрицательного трения, действующих по боковой поверхности свай по действующим нормативным документам Беларуси и России.

### **Введение**

Силы отрицательного трения грунта на сваи, вызванные, в основном, или дополнительным нагружением поверхности, или наличием в основании грунтов со специфическими свойствами, существенно влияют на принятие конструктивных решений свайных фундаментов, следовательно, исследования в этой области являются актуальными.

Силами негативного (отрицательного) трения называются силы, возникающие на боковой поверхности свай при осадке околосовайного грунта и направленные вертикально вниз [1].

Приведем сравнение в подходах к теоретическому определению отрицательных (негативных) силы трения, по действующим ТНПА в Республике Беларусь и Российской Федерации (табл. 1).

Процесс возникновения негативного трения характеризуется тем, что осадка грунта около сваи и соответственно скорость его осадки значительно превышают осадку свая и ее скорость протекания от действующей нагрузки. В этом случае грунт около свай как бы нависает на них, а дополнительная нагрузка прибавляется к внешней нагрузке, приложенной к сваям [1].

Основные причины осадки околосовайного грунта, приводящие к возникновению негативного трения рассмотрены на рисунке 1.

Таблица 1. – Теоретические подходы к определению отрицательных (негативных) сил трения

Страна	ТНПА	Определение
Республика Беларусь	Государственный стандарт СТБ 1648-2006	Отрицательная (негативная) сила трения ( <i>negative friction force</i> ): Сила, нагружающая сваю по боковой поверхности, возникающая при превышении осадки основания или межсвайного грунта над погружением свай вследствие набухания, морозного пучения, усадки грунта при изменении его влажности, промерзания-оттаивания, механической или химической суффозии, карстовых явлений и разработки подземных выемок [2].
Россия	СП 24.13330.21	Отрицательные (негативные) силы трения ( <i>negative skin friction</i> ): Силы, возникающие на боковой поверхности свай при превышении осадкой околосвайного грунта осадки свай и направленные вниз [3].

Примечание: собственная разработка.

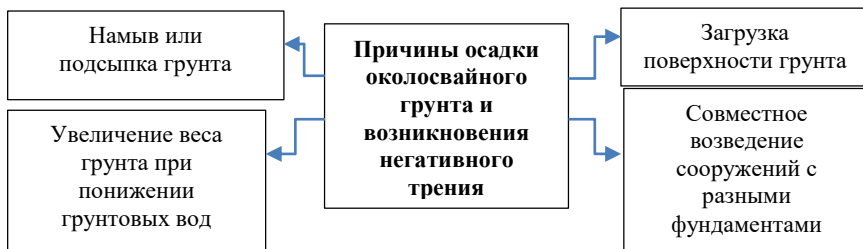


Рисунок 1. – Причины возникновения негативного трения

Как показывает рисунок 1 намыв или подсыпка грунта, выполняемые при повышении территории строительства или при ее инженерной подготовке, оказывают влияние когда сильно сжимаемые грунты залегают на поверхности; загрузка поверхности грунта или пола, основанного на грунте, значительной полезной нагрузкой является особенно опасной, если пригружение произведено во время эксплуатации сооружения; увеличение собственного веса грунта при искусственном или естественном понижении уровня грунтовых вод на

площадке; естественная консолидация грунтовой толщи, уплотнением грунтов под динамической нагрузкой также как и возведение рядом с сооружением на сваях сооружения на фундаментах мелкого заложения приводит к возникновению негативного трения.

Сравним основные случаи учета негативного трения (табл. 2) по ТНПА Беларуси и России.

Таблица 2. – Основные случаи учета отрицательного (негативного) трения

Республика Беларусь	Российская Федерация
ТКП 45-5.01-256-2012	СП 24.13330.2011
1) планировки территории подсыпкой толщиной более 1,0 м; 2) загрузки пола складов полезной нагрузкой более 20 кПа; 3) загрузки пола около фундаментов полезной нагрузкой от оборудования более 100 кПа; 4) увеличения эффективных напряжений в грунте за счет снятия взвешивающего действия воды при понижении уровня подземных вод; 5) незавершенной консолидации грунтов современных и техногенных отложений; 6) уплотнения несвязных грунтов при динамических воздействиях; 7) просадки грунтов при замачивании [3,4].	8) при строительстве нового здания вблизи существующих [3].
–	

Рассмотрим методики определения сил отрицательного трения, действующих по боковой поверхности свай.

### Методика, используемая в Российской Федерации

Расчет догружающей силы  $P_n$  регламентируется в России Сводом правил 24.13330.2011. Свайные фундаменты (СП 24.13330.2011), по которым сила негативного трения  $P_n$  определяется по формуле:

$$P_n = u \sum_0^{h_{sl}} \tau_i \cdot h_i \quad (1)$$

где  $u$  – периметр, м, участка ствола сваи длиной  $h_{sl}$ ;

$h_{sl}$  – расчетная глубина, м, до которой производится суммирование сил бокового трения проседающих слоев грунта, принимаемая по глубине, где значение просадки грунта от действия собственного

веса, определенное в соответствии с требованиями СП 22.13330 [3], равно наименьшему значению допустимой деформации оснований здания;

$\tau_i$  – расчетное сопротивление, кПа;

$h_i$  – толщина, м,  $i$ -го слоя просадочного грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи.

В свою очередь,  $\tau_i$  рассчитывается по формуле:

$$\tau_i = \xi \sigma_{zg,i} tg \varphi_{l,i} + C_i \quad (2)$$

$\xi$  – экспериментальный параметр, характеризующий боковое давление на контакте сваи с грунтом;

$\sigma_{zg,i}$  – вертикальное напряжение от собственного веса грунта, кПа;

$tg \varphi_{l,i}$  – угол внутреннего трения грунта, град;

$C_{l,i}$  – расчетное значение удельного сцепления грунта  $i$ -го слоя, кПа, определяемое в соответствии с ГОСТ 121248.

Особенностью данного метода является расчет экспериментального параметра  $\xi$ , который определяют по методике СП 22.13330.2011 согласно следующей формуле:

$$\xi = \left( \frac{n_{\max}}{n_i} \right) \left( \frac{H_i}{H_0} \right)^{-0.5} \quad (3)$$

где  $n_{\max}$  – наибольшее значение пористости просадочных грунтов, принимаемое равным 0,55;

$n_i$  – пористость  $i$ -го слоя грунта, в долях единицы;

$H_i$  – глубина расположения середины расчетного  $i$ -го слоя грунта, м;  $H_0 = 1$  м [3].

### Методика, используемая в Республике Беларусь

Расчетное значение отрицательной силы трения, действующей на боковой поверхности сваи, кН; определяют согласно ТКП 45-5.01-256-2012 по результатам полевых испытаний или по формуле:

$$F_f = \gamma_0 \sum U_i \gamma_{cfj} R_{foj} h_j, \quad (4)$$

$\gamma_o$  — коэффициент условий работы сваи в оседающем грунте, учитывающий уплотнение

околосвайного грунта при забивке свай; принимают для песчаных грунтов  $\gamma_o = 1,1$ , для глинистых —  $\gamma_o = 1$ ;

$U_i$  — периметр поперечного сечения сваи, м;

$\gamma_{cfj}$  — коэффициент реализации, учитывающий уменьшение отрицательных сил трения с уменьшением разности осадок  $j$ -го слоя околосвайного грунта и сваи; принимают:

— для защемленных в грунте свай  $\gamma_{cfj} = 1$ ;

— для свай-стоек:  $\gamma_{cfj} = 1$  — при  $S_j \geq S_o$ ,  $\gamma_{cfj} = \frac{S_j}{S_o}$ , при  $S_j < S_o$ , где

$S_j$  — осадка  $j$ -го слоя грунта после забивки сваи, м;

$S_o$  — осадка грунта относительно сваи, при которой полностью реализуются отрицательные силы трения; допускается принимать  $S_o = 0,05$  м; [4];

$R_{fj}$  — расчетное сопротивление  $j$ -го слоя оседающего грунта на боковой поверхности сваи, кПа; определяют по таблице 6.2 ТКП 45-5.01-256-2012, в которой отражены значения расчетных сопротивлений  $i$ -го слоя грунтов на боковой поверхности забивных свай и свай-оболочек  $R_{fi}$ , кПа в зависимости от средней глубины расположения слоя грунта вдоль боковой поверхности свай, м, от видов песчаных грунтов средней прочности, а также в зависимости от показателей текучести  $I_L$  пылевато-глинистых грунтов;

$h_j$  — толщина  $j$ -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью сваи и расположенного в пределах части длины сваи от уровня планировки до уровня нейтральной точки, м.

## Заключение

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Приведенное определение термина «отрицательная (негативная) сила трения» согласно отечественному стандарту СТБ 1648-2006 по сравнению с российским сводом правил является более полным и учитывает разнообразные возможные состояния грунта, приводящие к возникновению отрицательных сил трения.

2. Нормы двух стран выделяют 7 общих основных случаев учета отрицательного (негативного) трения, однако российский свод правил также регламентируют учитывать отрицательное трение и при

строительстве нового здания вблизи существующих.

3. Расчетное сопротивление по СП 24.13330.2011 определяется расчетным путем по формуле, а по ТКП 45-5.01-256-2012 определяется согласно таблице. Таким образом, можно отметить разные подходы к определению сил отрицательного трения, которые при их использовании дают разные результаты.

### **Литература**

1. Руководство по проектированию свайных фундаментов. — М., Стройиздат, 1980.

2. Строительство. Основания и фундаменты. Термины и определения. = Будаўніцтва. Асновы і падмуркі. Тэрміны і азначэнні : СТБ 1648-2006. – Введ. 20.04.2006. – Минск : Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2006. – 50 с.

3. Свод правил Свайные фундаменты. СП 24.13330.2011. СНиП 2.02.03-85. – Введ. 20.05.2011. – М.: Росстандарт, 2011. – 85 с.

4. Основания фундаменты зданий и сооружений. Сваи забивные. Правила проектирования и устройства. = Асновы і падмуркі будынкаў і збудаванняў. Палі забіўныя. Правілы праектавання і ўстройвання : ТКП 45-5.01-256-2012. – Введ. 05.01.12. – Минск: Мин-во архитектуры и строительства Респ. Беларусь, 2013. – 137 с.