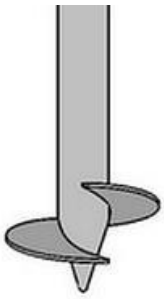
508 – Винтовая свая



Программа предназначена для расчёта винтовой однолопастной сваи согласно СП 24.13330.2011 [1]. Предусмотрены следующие расчеты: проверка прочности грунта основания сваи при вертикальной нагрузке, проверка устойчивости сваи при морозном пучении, проверка допустимости давления на грунт боковой поверхностью сваи, проверка прочности и устойчивости ствола сваи, проверка допустимости горизонтального перемещения и угла поворота головы сваи.

1. Свая

В общем случае предполагается, что голова сваи находится выше поверхности грунта. Длина части сваи над грунтом обозначается через l_0, глубина погружения лопасти обозначается через l. При расчете применяются две вертикальных оси координат. Координата z_0 отсчитывается от подошвы ростверка, координата z - от поверхности грунта.

При расчете предполагается, что рабочая зона лопасти расположена в однородном слое грунта.

При рассмотрении фундамента с многорядным расположением свай возможно задание шарнирного или жесткого сопряжения сваи с ростверком. Вид сопряжения учитывается при расчете сваи на действие горизонтальной силы. При шарнирном сопряжении ненулевыми являются как горизонтальное перемещение u, так и угол поворота ψ головы сваи, а при жестком сопряжении отлично от нуля только горизонтальное перемещение u головы сваи.

2. Грунт

Грунт, в который заглублена свая, может состоять из нескольких горизонтальных слоев с различными физико-механическими характеристиками. Для каждого слоя грунта задаются удельное сцепление c и угол внутреннего трения φ. Значения c, φ для грунта, залегающего ниже уровня подземных вод, но выше водоупора, должны задаваться для водонасыщенного состояния.

При учете взвешивающего действия воды задаются номера первого и последнего водонасыщенных слоев грунта. При отсутствии водоупорного слоя ввод номера последнего слоя не требуется. При наличии водоупорного слоя учитывается давление воды на кровлю водоупорного слоя. На эпюре напряжения от собственного веса грунта на уровне кровли водоупорного слоя возникает скачок напряжения.

3. Нагрузки

В случае фундамента с однорядным расположением свай нагрузка на сваю, помимо вертикальной силы N, включает горизонтальную силу H и момент M, действующие в плоскости, перпендикулярной к оси ряда свай. Положительное направление момента M совпадает с направлением момента горизонтальной силы H относительно нижнего конца сваи. В случае фундамента с многорядным расположением свай нагрузка на сваю состоит из вертикальной силы N и горизонтальной силы H.

Классификация и комбинирование нагрузок принимаются согласно [2]. Нагрузки подразделяются на постоянные, длительные, кратковременные и особые. Комбинирование

нагрузок представляет собой генерацию множества возможных комбинаций нагрузок с учетом коэффициентов надежности по нагрузке γ_f и коэффициентов, связанных с одновременным учетом двух и более временных нагрузок. При наличии особых нагрузок наряду с основными комбинациями генерируются также особые комбинации.

Проверки по первой группе предельных состояний проводятся для расчетных ($\gamma_f > 1$) основных и особых комбинаций нагрузок, а проверки по второй группе – для нормативных ($\gamma_f = 1$) основных комбинаций.

4. Расчет сваи и ее основания

При расчете сваи и ее основания по предельным состояниям первой группы проводятся следующие проверки: проверка прочности грунта основания сваи при действии на сваю вертикальной силы (вдавливающей или выдергивающей), проверка устойчивости сваи при морозном пучении, проверка допустимости давления на грунт боковой поверхностью сваи при действии на сваю горизонтальной силы и момента, проверка прочности и устойчивости ствола сваи при действии на сваю вертикальной силы, горизонтальной силы и момента. При расчете по предельным состояниям второй группы проводится проверка допустимости горизонтального перемещения и угла поворота головы сваи при действии горизонтальной силы и момента.

Проверка устойчивости сваи на действие касательных сил морозного пучения грунта проводится согласно [1], Приложение Ж.

Условия проверок представляются в виде

$$V / V_u \le 1$$

Здесь V - рассчитанное значение силового или деформационного фактора, V_u - его предельное значение. Отношение V / V_u рассматривается как критерий при поиске наиболее опасных комбинаций нагрузок.

Напряженно-деформированное состояние сваи при действии горизонтальной нагрузки определяется путем численного решения задачи статики для стержня, часть которого расположена в упругой среде с кусочно-линейным коэффициентом постели. Краевые условия в верхнем сечении стержня соответствуют заданному виду сопряжения сваи с ростверком. Нижний конец стержня принимается защемленным.

Проверка прочности и устойчивости ствола сваи проводится согласно [3]. Условие прочности имеет вид

$$\frac{\sigma}{R_y \gamma_c} \le 1$$

Здесь σ - нормальное напряжение, R_y - расчетное сопротивление стали, γ_c - коэффициент условий работы.

При проверке устойчивости свая рассматривается согласно [1], 7.1.8 как стержень длиной $l_1 = l_0 + 2/\alpha_\varepsilon$, жестко защемленный в нижнем сечении. Здесь α_ε - коэффициент деформации, определяемый по приложению В.

Условие устойчивости при отсутствии горизонтальной нагрузки имеет вид

$$\frac{N}{\varphi A R_y \gamma_c} \le 1$$

а при горизонтальной нагрузке имеет вид

$$\frac{N}{\varphi_e A R_y \gamma_c} \le 1$$

Коэффициент φ продольного изгиба вычисляется по формуле (8) из [3]. Коэффициент φ_e определяется на основе таблицы Д.3 из [3] при помощи линейной интерполяции. Коэффициенты φ и φ_e зависят от гибкости $\lambda = l_{ef} / i$, где $i = \sqrt{I / A}$ - радиус инерции сечения, $l_{ef} = \mu l_1$. В случае фундамента с однорядным расположением свай $\mu = 2$, а в случае фундамента с многорядным расположением свай $\mu = 0.699$ или $\mu = 0.5$ при шарнирном или жестком сопряжении сваи с ростверком.

Литература

1. СП 24.13330.2011 «СНиП 2.02.03-85 Свайные фундаменты»
2. СП 20.13330.2016 «СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия»
3. СП 16.13330.2017 «СНиП II-23-81* Стальные конструкции»