

Medeuov A.T.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА УСИЛИЙ В ТРУБОПРОВОДЕ ОТ ВИБРООСАДКА ГРУНТА В ОСНОВАНИИ ТРУБОПРОВОДА ПРИ НЕОЩУТИМЫХ ЗЕМЛЯТРЕСЕНИЯХ

A.T. Medeuov

METHOD OF CALCULATION OF EFFORTS IN THE PIPELINE FROM ВИБРООСАДКА GROUND PIPELINE AT IMPERCEPTIBLE EARTHQUAKES

УДК: 628.218

В статье получена формула для определения максимального изгибающего момента и поперечной силы в трубопроводе, возникающих от виброосадки основания при забивке свай.

In the article we obtain a formula for determining the maximum bending moment and lateral force in the pipeline, arising from виброосадки grounds for piling.

Для расчета усилий в трубопроводе от виброосадки грунта в основании рассмотрим два случая.

В основании трубопровода залегает однородный по глубине грунт, равномерно уплотняющийся при динамических воздействиях.

Грунт в основании неоднородный и в ближней к свае зоне при динамических воздействиях возможна значительная его просадка.

В первом случае примем, что величина осадки грунта $Y_{ор}$ в основании трубопровода небольшая по сравнению с длиной всего участка виброосадки l , трубопровод защемлен в грунте и его прогиб совпадает с деформациями основания, определенными расчетом или экспериментально. Для расчета усилий в трубопроводе диаметром D при виброосадке грунта в основании используем известные уравнения прогибов $Y_{ор}$ и углов поворота φ_0 балок на упругом основании с коэффициентом податливости K_0 .

$$y_0 = M_0 Y_0 + Q_0 Y_p ;$$

$$\varphi_0 = M_0 \varphi_s + Q_0 \varphi_p \quad (1)$$

где: Y_{s1} , Y_p , (φ_s , φ_p - перемещения и углы поворота сечения трубопровода с максимальным прогибом соответственно от моментов $M_0 = 1$ и поперечных сил $Q = 1$).

Эти перемещения и углы поворота можно определить в соответствии с коэффициентом деформации a , лежащих на упругом основании и нагруженных концевыми усилиями [1]:

$$Y_0 = -Y_p \frac{a_0}{K_0 D}; \quad Y_s = -Y_p \frac{a_0^2}{K_0 D};$$

$$\varphi_p = \varphi_p^0 \frac{a_0}{K_0 D}; \quad \varphi_s = \varphi_s^0 \frac{a_0^2}{K_0 D}; \quad (2)$$

Значения коэффициентов $Y_p^0, Y_s^0, \varphi_p^0, \varphi_s^0$ - приведены в справочной литературе. Трубопровод следует рассматривать как длинную балку. Тогда выражения для перемещении принимают вид:

$$Y_p = \frac{2a_0}{K_0 D}; \quad Y_s = \frac{2a_0^2}{K_0 D};$$

$$\varphi_p = \frac{2a_0}{K_0 D}; \quad \varphi_s = \frac{4a_0^2}{K_0 D}; \quad (3)$$

Подставляя эти выражения в (1) и решая систему уравнений при граничных условиях $Y_0 = Y_{ор}$ и $\varphi = 0$, определим изгибающий момент M и поперечную силу Q в трубопроводе:

$$M = \frac{Y_{ор} K_0 D}{2a_0^2}; \quad Q = \frac{Y_{ор} K_0 D}{a_0}; \quad (4)$$

Коэффициент деформации трубопровода как балки, лежащей на упругом основании с коэффициентом податливости K_0 , определяется по формуле

$$a_0 = \sqrt{\frac{K_0 D}{4EJ}} \quad (5)$$

Подставляя в (18) значения коэффициента податливости грунта из (5) получим формулы для определения максимального изгибающего момента и поперечной силы в трубопроводе, возникающих от виброосадки основания при забивке свай:

$$M_3 = 2EJa_0^2 Y_{ор}; \quad Q = -42EJa_0^3 Y_{ор}; \quad (6)$$

Значения коэффициента деформации a_0 в формуле (1/6) определяются путем последовательных попыток, для чего, задаваясь произвольным значением a_0 на деформированном участке трубопровода l строится до совпадения с кривой деформации основания изогнутая его линия по формуле

$$Y_x = Y_{ор} \left(Y_{px} - \frac{Y_{mx}}{2} \right) \quad (7)$$

где Y_{px} , Y_{mx} – безразмерные коэффициенты, принимаемые в зависимости от $a_0 l$ и x/l по таблице 1 работы [1,2].

Для проверки предложенного метода по данным работы были определены деформации грунта на расстоянии $3m$ от шпунта при его забивке (рис.1.) с учетом длины деформированного участка грунта, формулы (7) и при произвольном значении коэффициента была определена изогнутая линия трубопровода.

Затем задавалось другое произвольное значение a_0 и строилась следующая изогнутая линия трубопровода. По этим двум графикам определялось направление, в котором необходимо увеличивать или уменьшать a_0 до совпадения изогнутой линии трубопровода с кривой деформации грунта в основании.

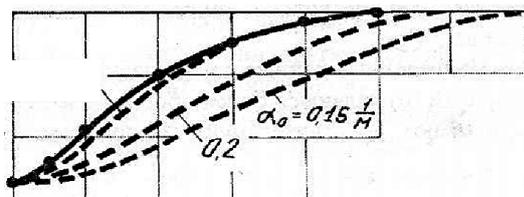


Рис. 1. Деформации грунта (сплошная линия) на расстоянии 3 м от погружаемого шпунта и изогнутые линии трубопровода (пунктирные линии).

Для примера на рисунке 3. показаны изогнутые линии трубопровода, вычисленные с использованием (7) по трем значениям a_0 как видно, при $a_0 = 0,28$ деформации грунта в основании и трубопровода достаточно хорошо совпадают. Для определения коэффициента деформации трубопровода с необходимой точностью достаточно трех-четырёх попыток.

С использованием данных рис. 1. при $y_{ог.} = 5,5$ мм и различных значениях a_0 по формуле (6) были вычислены изгибающие моменты и поперечные силы в трубопроводе диаметром 300мм и толщиной стенки 10мм от виброосадки грунта в основании (табл.1).

Как видно полученные значения изгибающих моментов отличаются в 2,0-3,5 раза. Значение $M = 17,3$ кНм следует считать более точным, так как оно получено при наилучшем совпадении деформаций грунта и трубопровода.

Рассматривая трубопровод как балку жесткостью EJ , приняв при осадке грунта в основании форму дуги окружности со стрелой прогиба $U_{ог.}$. Г.К. Клейн [3] получил формулу для определения максимального изгибающего момента в подземном трубопроводе при осадки грунта

$$M = 8 \frac{EJ_{ог.}}{J^2} \quad (8)$$

Таблица 1

Изгибающие моменты M и поперечные силы Q в трубопроводе при различных значениях a_0

| Коэффициент деформации, 1/м | 0,15 | 0,2 | 0,28 |
|-----------------------------|------|------|------|
| Изгибающий момент, кНм | 4,97 | 8,84 | 17,3 |
| Поперечная сила, кН | 1,5 | 3,5 | 9,7 |

Определенной по этой формуле изгибающий момент в трубопроводе о приведенными выше характеристиками равен 88кН м и отличается от данных таблица 1. Необходимо отметить, что предпосылки расчета, приняты Г.К. Клейном, не полностью отражают работу подземного трубопровода при виброосадке грунта в основании, так как трубопровод не будет изгибаться по дуге окружности. Для совпадения с наиболее достоверным значением изгибающего момента, определенным по (6) необходимо принять в формуле (8) длину участка виброосадки $l=7,1$ м, что несколько ниже действительной его длины.

Приведенные данные показывают, что расчеты по формуле (6) являются более обоснованными, так как учитывают действительную деформацию грунта в основании трубопровода при динамических воздействиях.

Литература:

1. Корнев Б.Г.,Черниговская Е.И. Расчет плит на упругом оснавани: Пособия для инженеров-проектировщиков. - М.: Госстройиздат,1962. - 354 с.
2. Долматов Б.И., ЕршовВ.А.,Кавалевский Е.Д., Некоторые случаи осадки фундамента при забивке шпунта и свай. - В.кн. Доклады к Международному симпозиуму по динамике грунтов. Альбукерке (США),июль 1967 г.М.,19867.с.40-52.
3. Клейн Г.К. Расчет подземных трубопроводов.-М: Стройиздат, 1969.-2.

Рецензент: к.т.н., профессор Тогабаев Е.Т.