

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМ СЕЙСМОДИНАМИКИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ПО ПРОИЗВОЛЬНОМУ НАПРАВЛЕНИЮ СЕЙСМИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ

Бекмирзаев Диёрбек Абдугаппорович
diyorbek_84@mail.ru,

Мансурова Нодирахон Шокиржоновна
nodiraxonmansurova@gmail.com / М.Т. Старший научный сотрудник Института
механики и
сейсмостойкости сооружений имени Оразбаевой, Ташкент, Узбекистан
2Наманганский инженерно-строительный институт
базовый докторант, Наманган, Узбекистан

Аннотация: В статье представлены теоретические и расчетно-экспериментальные исследования решения задач оценки напряженно-деформированного состояния прямолинейного подземного трубопровода относительно главной оси подземного трубопровода под действием произвольно направленных сейсмических сил.

Ключевые слова: сейсмическая волна, взаимодействие в системе «труба – грунт», подземного трубопровода, численный метод, сейсмической нагрузки.

В настоящее время транспортировка энергоресурсов является одной из важнейших отраслей экономики многих развитых стран мира. Очевидно, что развитие урбанизированных районов в городах и деревнях потребует увеличения подземного строительства [1-4].

Землетрясения наносят ущерб зданиям, промышленным предприятиям, коммуникациям и коммунальным предприятиям. Это было связано с быстрым ростом городов и их урбанизацией, что позволило расширить строительство подземных систем жизнеобеспечения, таких как большие подземные автостоянки, трубопроводы и скважины. Определение ССС подземных трубопроводов в рамках динамической теории сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений [1] если известны законы движения грунта во время землетрясений и устойчивость грунта к движению трубопровода, проблема может быть решена очень точно в процессе формирования. При расчете конструкций на сейсмостойкость такими вариантами обозначения движений грунта во время землетрясений являются, например, гармонический закон, размывание синусоиды во времени, импульс, повторяющийся импульс и фактические записи землетрясений в виде сейсмограмм, велосипедов и акселерограмм.

Анализ последствий сильных землетрясений показывает, что сейсмостойкость подземных сооружений зависит от направления сейсмической волны относительно объекта. В связи с тем, что подземные сооружения при землетрясениях подвергаются воздействию произвольного направления нагрузки и при сложных колебаниях, оценка напряженно-деформированного состояния подземных трубопроводов является актуальной и служит для определения возможной сейсмической опасности [2-6].

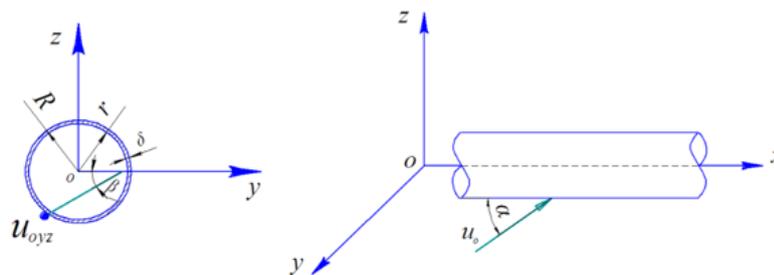


Рис. Схема подземного трубопровода по произвольному направлению сейсмическая нагрузка

Основной проблемой теории подземной трубопроводной сейсродинамики стал вопрос моделирования взаимодействий в системе "труба - грунт". С учетом параметров, характеризующих процесс соприкосновения твердых деформируемых тел с землей, существуют отдельные работы, в которых предлагаются различные законы взаимодействия конструкции с землей [1-3]. Основными параметрами, определяющими напряженное состояние систем жизнеобеспечения (подземных труб) под статической нагрузкой, являются коэффициенты взаимодействия этих конструкций с окружающей почвой.

В этой статье мы предлагаем подход к определению напряженно-деформационного состояния трубопровода, на который воздействует произвольно направленная плоская сейсмическая волна, нормальный к ее передней части вектор образует угол A с осью Ox , A B -угол между лунной плоскостью этого вектора и проекцией трубопровода на лунную ось.

Рассмотрим прямой трубопровод, расположенный на осевой плоскости и взаимодействующий с окружающей почвой (рис.1). Пусть левый и правый концы трубопровода зафиксированы на земле и показаны как гармоническая функция с углами падения сейсмической волны $A=45^\circ$, $\beta=60^\circ$.

Система дифференциальных уравнений для линейных участков подземных трубопроводов, взаимодействующих с грунтом, имеющих произвольное сейсмическое воздействие, концы и начальные условия (3) которых взаимодействуют с грунтом с соответствующими граничными условиями (3), имеет вид [4-5].

$$M \frac{\partial^2 U}{\partial t^2} + A \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + B \frac{\partial U}{\partial x} + CU = CU_0$$

$$F \frac{\partial U}{\partial x} + KU = KU_0$$

$$U = 0, \quad \frac{\partial U}{\partial t} = 0 \quad t = 0 \text{ da,}$$

где M , A , B , C , F , K -матрицы шестого порядка, U -смещение трубопроводов, U_0 -смещение грунта при землетрясении в виде сейсмических волн, в зависимости от времени и координат. Векторное уравнение (1) решается методом конечных разностей точности второго порядка с учетом граничных условий (2) и начальных условий (3).

Для решения систем алгебраических уравнений разрабатываются алгоритмы компьютерной реализации, на основе которых строятся программные комплексы. Таким образом, получается модель - алгоритм - программа триады рассматриваемого объекта.

Напряжения подземного трубопровода от момента силы N при совместном действии осевой силы и момента силы M при произвольном действии рассчитываются по формулам:

$$\sigma_p = \frac{N}{F} \qquad \sigma_{y,z}^{\pm} = \frac{N}{F} \pm \frac{M_{y,z}}{I_{y,z}}$$

Выбираем механические и геометрические параметры подземного трубопровода и грунта в виде: $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $r = 7,8 \cdot 10^3$ кг/м³; $l = 170$ м; $k_x = 1,5 \cdot 10^4$ кН/м³; $k_y, z = 3,9 \cdot 10^4$ кН/м³; $u_0 = a_0 \cdot \sin w (t-x \cdot \cos \alpha / C_p) \cdot H (t-x \cdot \cos \alpha / C_p)$; $u_0x = u_0 \cdot \cos \alpha$; $u_0y = u_0 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$; $u_0z = u_0 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta$; $a_0 = 0,008$ м; $b = 2\pi / T$; $T = 0,3$ с; $C_p = 600$ м/с; m почвы = 0,2; $m_{pipe} = 0,3$; $DH = 0,5$ м; $ДБ = 0,49$ м. Тогда максимальное значение ускорения данной волны составляет 3,50 м/с², что соответствует 9-балльному землетрясению по шкале МСК-64. это может привести к горизонтальным и вертикальным деформациям грунтов и авариям на подземных трубопроводах. Неравномерное движение Земли во время землетрясения характеризуется несколькими параметрами, включая пиковое ускорение, пиковую скорость, пиковое смещение, спектры отклика, продолжительность и другие.

Проанализируем полученные результаты. Результаты решения задачи представлены в графическом виде. На рис.2, А, В, Е, показаны изменения значений продольных, поперечных и вертикальных смещений на заданных участках подземного трубопровода ($x=0$ м, $x=50$ м, $x=100$ м), а на рис. 2, Б, г-изменения значений продольных, широтных и вертикальных смещений. Ф показывает изменение значений продольных, поперечных и вертикальных сдвигов в заданное время вдоль оси подземного трубопровода ($t=0,1$ с, $T=0,2$ с, $T=0,3$ с).

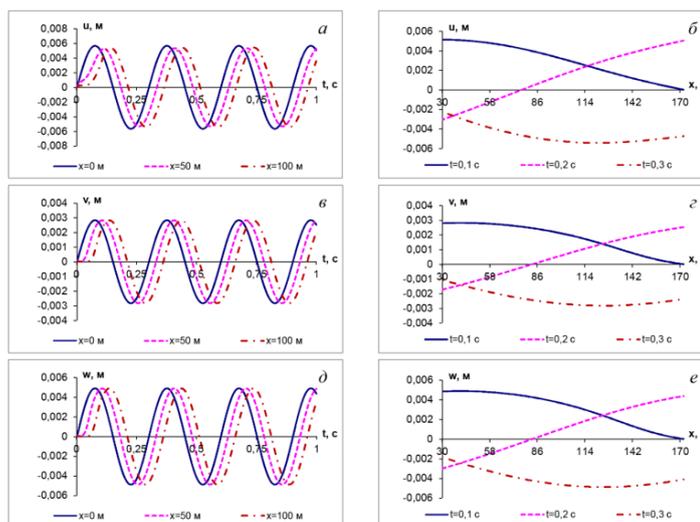


Рис.2. Изменение значений продольных, поперечных и вертикальных смещений в заданных участках (а, в, е) и вдоль оси подземной трубы в заданное время (в, г, Ф) Активация WinP

На рисунке показано изменение во времени значений напряжений сжатия (натяжения) в сечениях, заданных на трех (А), и в заданное время (Б) вдоль оси подземного трубопровода

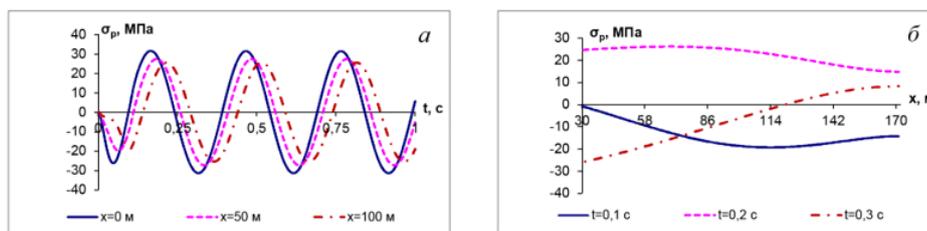


Рис.3. Изменение значений осевых напряжений во времени (А) на заданных участках и вдоль оси подземного трубопровода в заданное время (Б)

Анализ результатов показывает, что сильные изменения величины продольных, боковых и вертикальных сдвигов, осевых и суммарных напряжений происходят вблизи зажатого конца ожидаемого подземного трубопровода. Все эти процессы дают основания полагать, что зона опасной нагрузки подземного трубопровода находится вблизи границы, и именно здесь можно будет оценить результаты при такой нагрузке. На рисунке четыре показаны изменения величин суммарного напряжения ($\sigma_y +$, $\sigma_y -$, $\sigma_z +$, $\sigma_z -$) с течением времени на заданных участках подземного трубопровода (с наклоном к оси Луны и Oz).

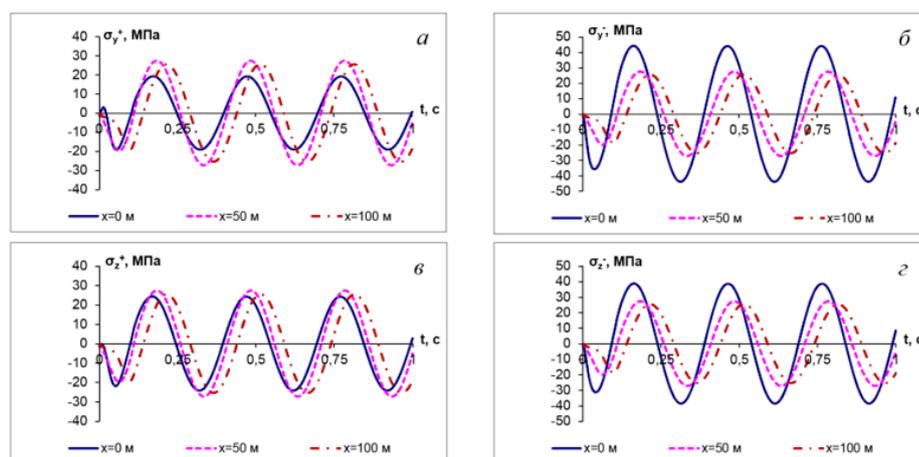


Рис.4. Изменение значений суммарных напряжений ($\sigma_y +$, $\sigma_y -$, $\sigma_z +$, $\sigma_z -$) во времени на заданных участках подземного трубопровода.

Из результатов графиков видно, что состояние напряжения-деформации подземного трубопровода зависит от ожидаемых углов падения сейсмической волны А и В. Полученные результаты являются предварительными, и при будущих результатах необходима окончательная оценка воздействия труб с учетом их геометрических параметров.

ВЫВОДЫ

Разработанный алгоритм и программное обеспечение для расчета позволяют проверять колебания труб с различными типами торцевой фиксации и параметрами заземления. Результаты решения рассматриваемой задачи представлены в виде графиков, анализ которых показывает, что значения продольных, поперечных и вертикальных. Все эти выводы дают основание сделать вывод о том, что сжатый край

является опасной зоной нагрузки подземного трубопровода. Представленные результаты всесторонне анализируют сейсмостойкость подземных труб и направлены на выявление последствий землетрясений на основе напряженного состояния трубопровода и планирование инженерных мероприятий по обеспечению безопасной и надежной работы подземных труб в сейсмических районах. сдвигов, нормальных и суммарных напряжений, продольных и поперечных сил интенсивно изменяются вблизи зажатого конца подземного трубопровода. Крутящий момент и изгибающий момент имеют одинаковые явления.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Т.Р. Рашидов. Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений. Ташкент: Наука, 1973 .-- 180 С.
2. Д.А. Бекмирзаев. Численный метод решения сейсмодинамики подземных труб. - Ташкент: "наука и технологии", 2018. - 148 С.
3. Т.Р. Рашидов, Д.А. Бекмирзаев. Сейсмодинамика трубопроводов, взаимодействующих с грунтом // механика грунтов и инженерия фундаментов. Нью-Йорк. Июль 2015 г., т. 52, выпуск 3, стр. 149-154.
4. Т.Р. Рашидов, Т. Юлдашев, Д.А. Бекмирзаев. Сейсмодинамика подземных труб с произвольным направлением сейсмической нагрузки // механика грунтов и инженерия фундаментов. Нью-Йорк. 2018, том 55, выпуск 3, стр. 243-248.
5. Д.А. Бекмирзаев, Т.Р. Рашидов. Математическое моделирование и сейсмическое решение - динамика подземных труб // журнал Сибирского федерального университета. Инженерия и технологии. 2015 год. 8-й выпуск. Rr. 1046-1055.
6. Д.А. Бекмирзаев, Р.У. Кишанов. Оценка влияния сил инерции в задачах сейсмодинамики подземных труб // международный журнал инновационных технологий и научно-исследовательской инженерии (IJITEE). 2020 № 9, 3, стр. 500-503.
7. ДА Бекмирзаев, И Мирзаев - Основания, фундаменты и механика ..., 2020 - ofmg.ru
ОЦЕНКА СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ СЛОЖНОЙ КОНФИГУРАЦИИ НА ОСНОВЕ ЗАПИСЕЙ РЕАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ | Бекмирзаев ...
8. I Mirzaev, R Kishanov, N Mansurova... - E3S Web of ..., 2021 - e3s-conferences.org
The article deals with the seismodynamics of underground pipelines of various configurations under spatial seismic influences. The stress-strain state of spatially located