

УДК 531.36

ДИНАМИЧЕСКОЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ
КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ТОНКОСТЕННЫХ ПОДЗЕМНЫХ
ТРУБОПРОВОДОВ С ПРОТЕКАЮЩЕЙ ЖИДКОСТЬЮ

И. И. САФАРОВ, Б. З. НУРИДДИНОВ, Б. Н. МИРЗАКАБИЛОВ

Ташкентский химико-технологический институт

Ташкент, Узбекистан

Магистральные трубопроводы и трубопроводы предприятий энергетической, нефтехимической и других отраслей промышленности составляют достаточно большую часть их материальных активов. Как правило, трубопроводы представляют собой очень высоконагруженные конструкции, поскольку еще при их проектировании с целью экономии металла закладываются фактически самые низкие коэффициенты запаса прочности.

Это требует очень точного обоснования прочности и ресурса при всех возможных видах нагружения [1–10]. Проведение такого анализа невозможно без применения современных вычислительных комплексов. Цель работы – развитие теории и разработка методов исследования динамического напряженно-деформированного состояния криволинейных участков тонкостенных подземных трубопроводов с протекающей жидкостью при воздействии динамических нагрузок.

В результате теоретических научных исследований получено следующее:

– сопоставлен результат для двух волн сдвига с продольными волнами. Он показывает, что при маленьких углах падения на трубопровод (оболочку) продольной волны возникают большие напряжения, чем при двух волнах сдвига. При углах падения $\Theta_0 > 90^\circ$ SV-волны вызывают большие напряжения, чем продольные. С другой стороны, самые большие осевые напряжения вызываются с помощью SH-волн при $\Theta_0 = 45^\circ$. Фактически, максимальное напряжение, вызванное в бетонной оболочке, лежащей в мягком грунте, происходит из-за SH-волны, что значительно больше чем P- и SV-волны вместе взятые. Напряженно-деформированное состояние окружающей среды, вызванное спадающей трех типов волн, разное. Для SV-волн окружное напряжение больше, чем осевое напряжение во всех трех случаях. Для продольных волн, с другой стороны, осевое напряжение больше, чем окружное напряжение в первых двух случаях, и они зависят от угла падения в третьем случае, несмотря на то, что окружное напряжение всегда больше, чем осевое;

– из численных анализов результатов установлено, что изоляция трубопровода мягким грунтом является эффективной только для высоких частот;

– анализ полученных значений показывает, что критическое внешнее давление q_0 растет по мере увеличения параметра толщины h/r . При этом необходимо отметить, что для труб с большой кривизной $r/R = 1/10$ величина критического давления больше, чем у труб с меньшей кривизной ($r/R = 1/30$);

– наименьшая частота собственных изгибных колебаний $\min \omega_{mn}$ реализуется для всех рассмотренных типов закреплений концов участков трубопроводов по второй оболочечной форме колебаний при $m=2$ и $n=1$, т. е. $\min \omega_{mn} = \omega_{21}$;

– с увеличением параметра кривизны трубы μ частоты собственных изгибных колебаний участков трубопроводов ω_{mn} при $m=1...3$ и $n=1$ существенно возрастают при любых условиях закрепления концов.

Различие между напряжениями на внешней и внутренней поверхностях трубопровода достигает $\approx 15\%...20\%$, а различие между напряжениями на срединной и внутренней поверхностях $\approx 10\%$ ($r_0 / r_1 = 0,5$).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Авлиякулов, Н. Н.** Современные задачи статики и динамики подземных трубопроводов / Н. Н. Авлиякулов, И. И. Сафаров. – Ташкент: Fan va texnologiya, 2007. – 306 с.
2. Численный анализ прочности подземных трубопроводов / В. В. Алешин [и др.]. – Киев: Едиториал УРСС, 2003. – 320 с.
3. **Базаров, М. Б.** Численное моделирование колебаний диссипативно-неоднородных и однородных механических систем / М. Б. Базаров, И. И. Сафаров, Ю. М. Шокин. – Новосибирск: РАН, 1996. – 189 с.
4. **Рашидов, Т. Р.** Сейсмостойкость тоннельных конструкций метрополитенов / Т. Р. Рашидов, И. Я. Дорман, А. А. Ишанходжаев. – Москва: Транспорт, 1975. – 120 с.
5. Нестационарные колебания сферических оболочек в вязкоупругой среде / Н. У. Кулдашов [и др.]. – Ташкент: Рахматулинские чтения, 2023. – 239 с.
6. **Новацкий, В.** Теория упругости / В. Новацкий. – Москва: Мир, 1975. – 872 с.
7. Колебания плоских вязкоупругих элементов машиностроительных конструкций / З. И. Болтаев [и др.] // Современные проблемы прикладной математики, информатики и механики: сб. тр. – Нальчик: Кабардино-Балкар. гос. ун-т им. Х. М. Бербекова, 2023. – С. 233.
8. **Рашидов, Т. Р.** Динамическая теория сейсмостойкости сложных систем подземных сооружений / Т. Р. Рашидов. – Ташкент: Фан, 1973. – 180 с.
9. **Бабаков, И. М.** Теория колебания / И. М. Бабаков. – Москва: Наука, 1968. – 554 с.
10. **Сафаров, И. И.** Колебания и волны в диссипативно-неоднородных средах и конструкциях / И. И. Сафаров. – Ташкент: Фан, 1992. – 250 с.