

Экспериментальные исследования работы подводных трубопроводов с шарнирными связями при погружении способом опускания с плавучих опор

Школа А.В., Посуховский А.К., Давид Яфи,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры

Приморские города традиционно осуществляют сброс городских стоков и сточных вод в море. Прибрежная зона при этом существенно страдает в экологическом плане, поскольку области загрязнения распространяются на районы отдыха. Особенно это явление неблагоприятно при сравнительно небольших глубинах расположения оголовков выпусков и короткой длине последних.

Исследования и опыт эксплуатации единственного глубоко водного выпуска в море сточных вод [1] в Украине в г. Ялте показывает, что при глубинах, превышающих слой плотностной стратификации, полностью обеспечивается захоронение загрязняющих продуктов, которые не всплывают и не достигают прибрежной зоны. Как правило, глубины, обеспечивающие этот эффект, оказываются значительными и превышают 100-200 м. Учитывая, что расход городских стоков для крупных городов значителен, диаметры глубоководных выпусков должны быть не менее 1000 мм для их эффективной работы.

Как показывают прочностные расчеты, существующие способы погружения глубоководных трубопроводов не обеспечивают их безаварийное погружение на указанные глубины при больших диаметрах выпусков без специальных инженерных мер, направленных на снижение внутренних усилий в погружаемой плети.

Одним из возможных путей снижения внутренних усилий

является введение разгружающих шарниров в пределах изогнутого участка плети, укладываемой на морское дно способом опускания с плавучих опор. В настоящей статье приведены результаты экспериментальных исследований работы следующих моделей плетей трубопро водов:

сплошной длиной 10,0 м;

из двух шарнирно соединенных звеньев, каждое длиной 5,0 м;

из пяти шарнирно соединенных звеньев, каждое длиной 2,0 м;

из десяти шарнирно соединенных звеньев, каждое длиной 1,0 м.

Перечисленные модели были изготовлены из винипластовых труб собственным весом 4,5 Н на погонный метр, наружным диаметром 32 мм с толщиной стенки 3,5 мм. Модели погружались с полным заполнением водой (вес с заполнением $p = 10$ Н).

Поскольку в натуральных трубопроводах предусмотрено использование стандартных шаровых шарниров (аналогичных используемым для пульпопроводов) с максимальным углом раскрытия 20° , в опытах для обеспечения этого условия к испытываемой модели плети в конечной точке закрепления прикладывалось соответствующее растягивающее усилие. Схема проведения экспериментов приведена на рис. 1.

Целью выполненных исследований являлась оценка степени влияния числа шарниров в пределах изогнутого участка модели трубопровода и величины растягивающего усилия на снижение максимальных напряжений при изгибе в его сечениях.

Результаты выполненных экспериментальных исследований приведены в таблице и на рис. 2, 3. Значения в столбцах 6, 8 и 10 таблицы получены в результате расчета сплошной плети по методике, изложенной в [2] при следующих исходных данных; модуль упругости модельного материала (определен экспериментальным путем) трубопровода $E = 1,75 \times 10^3$ МПа, момент инерции сечения $I = 3,43$ см⁴, момент сопротивления сечения $W = 2,14$ см³.

На рис. 2 и 3 приведены опытные и расчетные кривые зависимости процентного снижения максимальных напряжений при изгибе λ от величины приложенного растягивающего усилия T и числа шарниров n , соответственно.

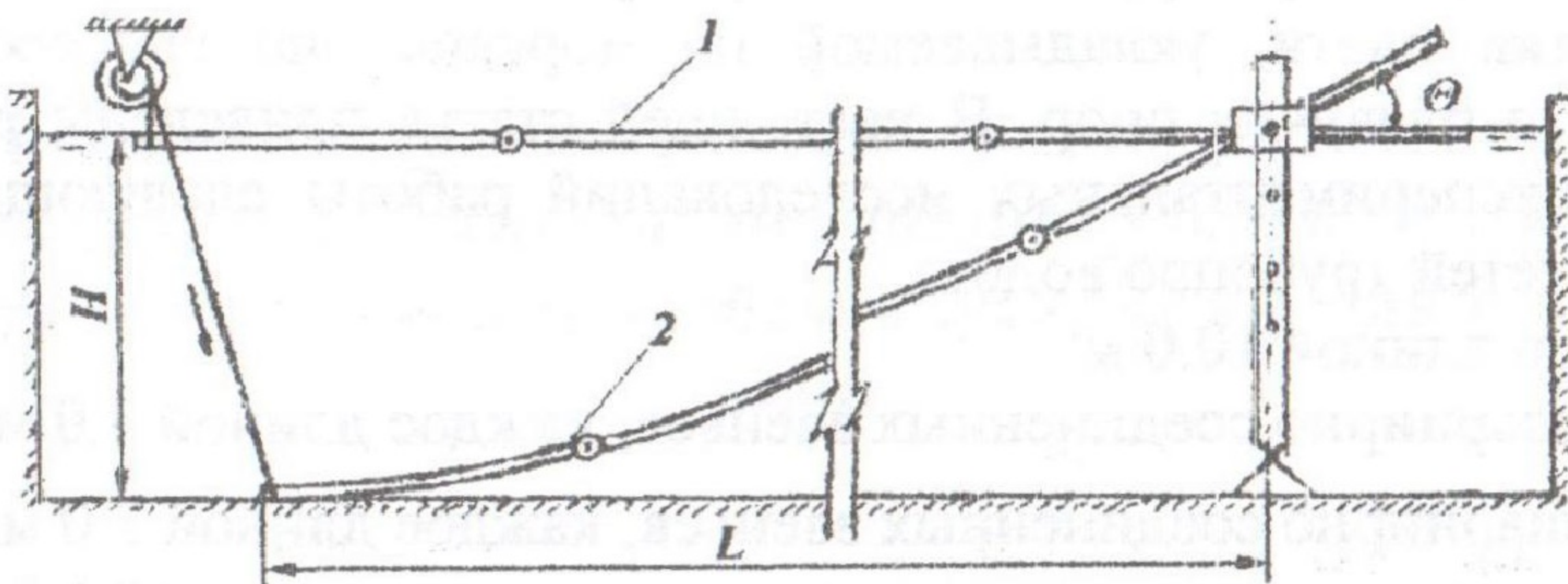


Рис. 1. Схема проведения опытов с моделями

1 и 2 – соответственно начальное и конечное положения модели трубопровода.

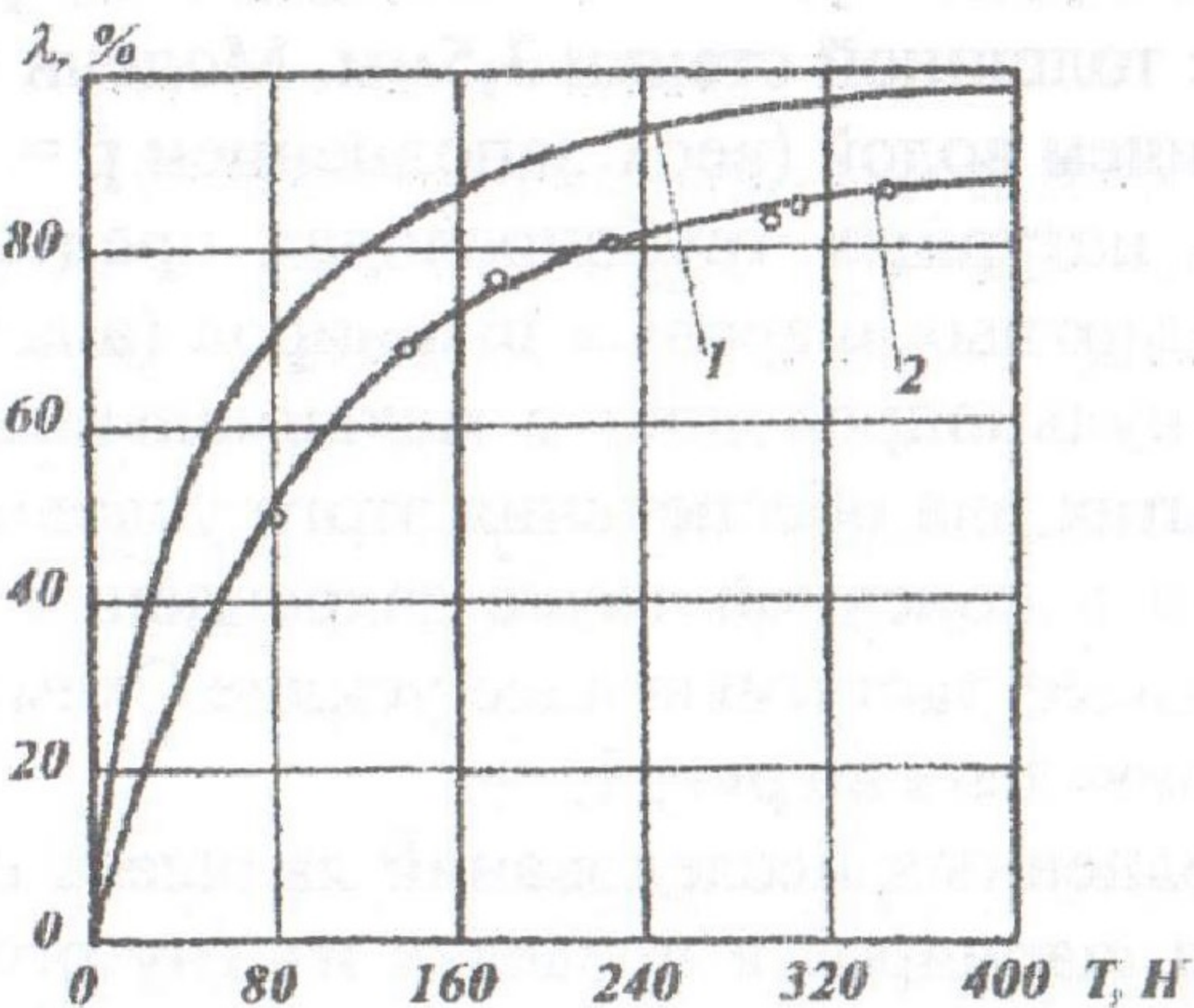


Рис. 2. Кривые зависимости $\lambda = f(T)$

1 и 2 – соответственно расчетная и опытная кривые.

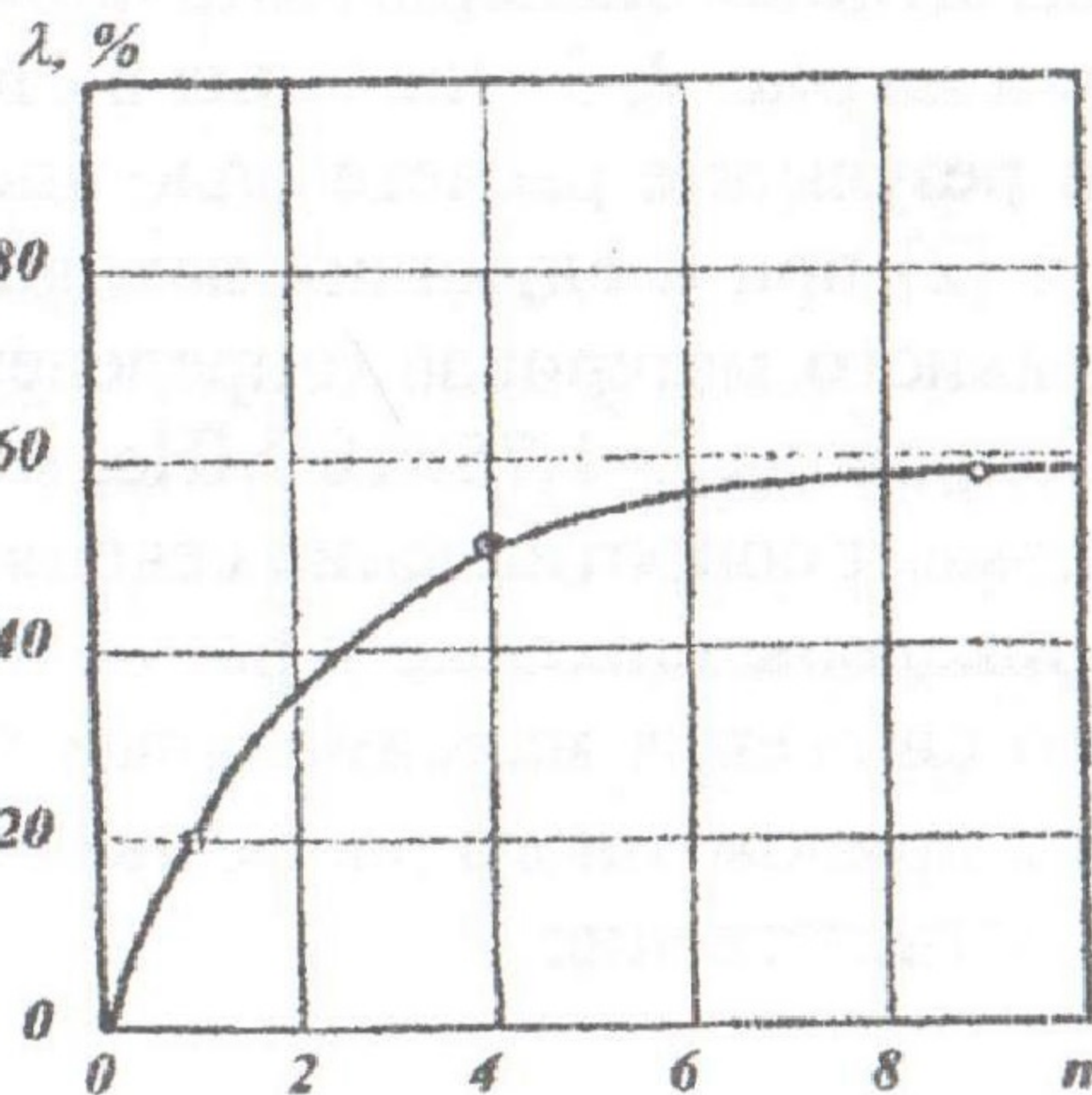


Рис. 3. Влияние шарниризации модели на снижение максимальных напряжений

Табл. Сопоставление опытных и расчетных значений основных параметров

Опыт	Р, Н/п.м	Н, м	Т, Н	L, м		θ, град		σ _{макс} , МПа	
				Опыт	Рас-	Опыт	Рас-	Опыт	Рас-
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10,0	1,00	80,0	5,50	5,00	18,4	21,4	4,77	4,34
2	-//-	1,00	295,0	8,25	8,20	11,5	13,4	1,60	1,33
3	10,0	1,25	135,0	6,75	6,67	18,1	21,1	3,06	2,90
4	-//-	1,25	343,0	10,00	9,80	12,5	14,2	1,41	1,14
5	10,0	1,50	177,5	8,75	7,98	18,5	20,6	2,42	2,21
6	-//-	1,50	306,5	10,00	10,15	14,8	16,5	1,62	1,28
7	10,0	1,75	226,5	10,00	9,55	18,8	20,2	2,03	1,73

Выводы

1. Как следует из сопоставительной таблицы, опытные и расчетные значения параметров, определяющих работу сплошной модели трубопровода при погружении его на различные глубины имеют высокую сходимость, что свидетельствует о корректном методическом подходе к выполненным экспериментальным исследованиям.

2. Величина растягивающего усилия существенно влияет на снижение максимальных напряжений при изгибе сплошной плети, достигая 85% в опытах. Однако опытная кривая лежит ниже расчетной с максимальным расхождением до 10%.

3. Введение шарниров в укладываемую плеть модели трубопровода эффективно влияет на снижение максимальных напряжений при изгибе, достигая 60% при максимальном числе шарниров.

Литература

1. Гачков А. Я. Глубоководный выпуск в море в эксплуатации. Ж. Водоснабжение и санитарная техника. М. № 9. 1982 г.
2. Рекомендации По технологии прокладки морских трубопроводов Р 125-72, ВНИИСТ, М., 1973.