

РИС. 3.6.
Расчетная схема распределения скоростей потока в подводных траншеях

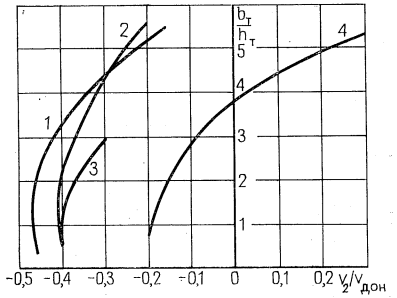


РИС. 3.7.
Зависимость $v_2/v_{дон}$ от m и $b_т/h_т$:
1 — $m=1$; *2* — $m=0{,}5$; *3* — $m=0$; *4* — $m=2{,}5$

траншеи и в различных ее сечениях могут быть определены по теории турбулентных струй.

Следует отметить, что кинематическая структура потока в подводных траншеях характеризуется своеобразным полем турбулентных пульсаций скоростей. Мгновенные скорости в опытах изменялись в пределах ± (5—20 %) от их средних значений. Так как опыты проводились для траншей с гладкими поверхностями и в условиях плоской задачи, степень пульсаций скоростей в опытах будет несколько меньшей по сравнению с натурными условиями (шероховатость поверхности траншеи, неправильность ее формы, пространственные условия увеличивают степень пульсации скоростей).

Пример. Определить расчетную скорость потока, действующего на трубопровод, расположенный на дне подводной траншеи, при условии, что $D=500$ мм; $m=1$; $h_т=2$ м; $b_т=2{,}2$ м; $v_{дон}=0{,}7$ м/с.

По графику (см. рис. 3.7.) для заданных $m=1$ и $b_т/h_т=2{,}2/2{,}0=1{,}1$ находим $v_2/v_{дон}=-0{,}45$ и донную скорость в траншее $v_2=-0{,}45\cdot 0{,}7=-0{,}315$ м/с; $v_1=0{,}9$ $v_{дон}=0{,}63$ м/с. По формуле (3.2) строим эпюру распределения скоростей по глубине траншеи. Заменяя криволинейную эпюру на участке D трапецеидальной, находим расчетную скорость $v_{т.р}=-0{,}28$ м/с.

§ 3.3. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТЕЧЕНИЙ НА ПОДВОДНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Подводные трубопроводы подвергаются воздействию потока в строительный период (при различных способах укладки и расположении трубопровода в незасыпанной грунтом траншее) и в период эксплуатации (трубопровод уложен непосредственно

на дно водной преграды без заглубления в грунт, при оголении участка трубопровода в результате деформаций морского дна или переформировании русла и берегов реки в створе переходов, при проведении капитального ремонта).

При обтекании потоком жидкости подводные трубопроводы подвергаются силовому воздействию, составляющие которого условно можно разделить на две группы: переменные (продольные и поперечные), обусловливающие колебания трубопровода, и постоянные (сила лобового сопротивления и подъемная сила).

Составляющие гидродинамического воздействия потока P_i, действующие на единицу длины трубопровода, определяют по известной в аэрогидродинамике формуле

$$P_i = C_i \rho \frac{v^2}{2} D, \qquad (3.3)$$

где C_i — коэффициент пропорциональности, принимающий разные значения для различных составляющих силового воздействия (C_x и C_y — соответственно коэффициенты лобового сопротивления и подъемной силы для постоянных составляющих воздействия потока, $C_{хп}$ и $C_{уп}$ — соответственно коэффициенты лобового сопротивления и поперечной силы для переменных составляющих воздействия потока); ρ — плотность жидкости; v — скорость потока; D — внешний диаметр трубопровода.

Коэффициенты C_x и C_y характеризуют следующие виды сопротивлений: сопротивление трения, обусловленное касательными напряжениями, приложенными к поверхности обтекаемого трубопровода; сопротивление давления, обусловленное нормальными напряжениями, приложенными к поверхности обтекаемого трубопровода; волновое сопротивление, возникающее в процессе непрерывного образования волн на свободной поверхности в результате обтекания трубопровода, погруженного в жидкость.

Коэффициенты $C_{хп}$ и $C_{уп}$ характеризуют вихревое сопротивление, обусловленное вихревым движением жидкости, возникающим за обтекаемым телом в процессе периодического отрыва пограничного слоя от поверхности трубопровода.

Все параметры, входящие в формулу (3.3), кроме коэффициента C_i — известные. Для определения гидродинамического воздействия потока на подводные трубопроводы необходимо знать значения и основные зависимости для C_i.

Рассмотрим постоянные составляющие силового воздействия потока на трубопроводы. Анализ результатов большого числа экспериментальных работ по обтеканию круглого цилиндра потоком жидкости, выполненных советскими и зарубежными исследователями, позволяет сделать обоснованные рекомендации по определению C_x для подводных трубопроводов.

Наиболее исследовано обтекание цилиндров при отсутствии влияния дна и свободной поверхности потока. График зависи-