$$P_{x\,р} = P_x k_{сн} \cos^2 \beta_в + P_{x\,п} \cos^2 \beta_т; \quad (3.25)$$

$$P_{z\,р} = P_z k_{с\,н} \cos^2 \beta_в + P_{z\,п} \cos^2 \beta_т, \quad (3.26)$$

где P_x и P_z — горизонтальная и вертикальная составляющие нагрузок от волн, определяются для двух случаев по формулам (3.18) и (3.19) и по формулам (3.22) и (3.23); $\beta_в$ — угол между нормалью к оси трубопровода и лучом набегающей волны; $\beta_т$ — угол между нормалью к оси трубопровода и направлением течения; $P_{xп}$ и $P_{zп}$ — горизонтальная и вертикальная составляющие гидродинамического воздействия потока (течения) на трубопровод, определяются по формулам (3.5) и (3.6), в которых следует заменить P_x на $P_{xп}$ и P_y на $P_{zп}$; $k_{сн}$ — коэффициент снижения, учитывающий неодновременность действия нагрузки от волн по длине трубопровода, принимается при расстоянии менее $0{,}25\,\bar{\lambda}$ — 0,8, при $(0{,}25—0{,}5)\,\bar{\lambda}$ — 0,7, при $(0{,}5—1)\,\bar{\lambda}$ — 0,6, при $\bar{\lambda} > 1$ и без опор — 0,5.

ГЛАВА 4. РАСЧЕТ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРОЧНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

§ 4.1. РАСЧЕТ ПОДВОДНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ НА ПРОЧНОСТЬ

Линейную часть магистральных трубопроводов на прочность рассчитывают по методике, приведенной в СНиП II-45—75. Однако основные положения этой методики вызывают противоречивые толкования относительно ее научной обоснованности. Что касается методического подхода к практической реализации основных расчетных формул, то недочеты СНиП II-45—75 в этом плане были показаны нами еще в работе [6] и поэтому в данной книге останавливаться на них мы не будем.

Методика расчета прочности СНиП II-45—75 распространяется лишь на некоторые подводные трубопроводы. Это можно понять из примечания к п. I.1 СНиПа, где сказано, что нормы не распространяются на трубопроводы, прокладываемые в морских акваториях, но не указывается на наличие каких-либо ограничений по их применению к расчетам подводных трубопроводов на пересечениях рек, озер, водохранилищ.

Необходимость разработки самостоятельной методики, пригодной для расчета подводных трубопроводов в морской или не в морской акватории, очевидна. Трубопровод может находиться в морской акватории на различных глубинах; на тех же глубинах может находиться и трубопровод, прокладываемый в водохранилищах или реках, при этом внутреннее давление перекачиваемого продукта и внешнее давление воды также могут быть одинаковыми. Равноценными могут быть и последствия в случае разрушения труб на внутреннем водоеме и на морской акватории. С учетом изложенного авторами разработан метод расчета подводных трубопроводов на прочность.

1. Факторы, оказывающие влияние на несущую способность подводного трубопровода.

К их числу относятся: рабочее давление внутри трубопровода, его стабильность в период эксплуатации, величина испытательного давления, внешнее давление воды, изгиб и колебания отдельных участков трубопровода под воздействием волн или течений и, наконец, различного рода механические воздействия в строительный и эксплуатационные периоды.

Рабочее давление создает в трубах постоянные кольцевые $\sigma_к$ и продольные $\sigma_{пр}$ напряжения, которые могут изменяться при