

## ВОЗДЕЙСТВИЕ ЛЕДОВЫХ ОБРАЗОВАНИЙ НА БЕРЕГОЗАЩИТНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Рогачко С.И., *д.т.н., проф.*, Бааджи В.Г., *магистр*

*Одесская государственная академия строительства и архитектуры,  
Украина*

В процессе проектирования берегозащитных сооружений пассивного типа необходимо учитывать множество факторов, характеризующих естественные условия района строительства. К ним, прежде всего, относятся инженерно-геологические, гидрологические, океанологические, метеорологические условия, а также наличие местных строительных материалов, инфраструктуры района строительства, технических возможностей потенциальных подрядчиков и других факторов. Опыт проектирования, строительства и эксплуатации берегозащитных сооружений в Украине, и в Одесском регионе в частности, показывает, что при проектировании уже построенных сооружений не учитывались ледовые режимы рек, водохранилищ, а также Черного и Азовского морей в суровые зимы редкой повторяемости. Как показывает анализ результатов многолетних наблюдений, в 18 из 26 зим лед отсутствовал либо появлялся в начальных формах (сало, забереги, блинчатый лед). Тем не менее, в суровые зимы толщина ледяного покрова на всех акваториях может достигать до 0,7м при продолжительности периода времени с отрицательными температурами до 30 и более суток. Такие зимы в среднем повторяются один раз в десять лет (см. рис.1).



Рис.1. Воздействие ледовых образований на берегозащитное сооружение

Зона активного припая при этом может достигать, в зависимости от

топографии дна и конфигурации береговой линии, нескольких километров. Следует отметить, что во время разрушения активного припая на морях, в процессе дрейфа ровных ледяных полей, может происходить торшение льда с образованием одиночных торосов правильной формы. На мелководных участках акваторий могут формироваться торосы неправильной формы, как перед берегозащитными сооружениями, так и непосредственно на них. Таким образом, берегозащитные сооружения, проектируемые даже на 25 лет службы, будут в период эксплуатации неоднократно подвергаться существенным ледовым нагрузкам.

Исходя из изложенного выше, следует, что при расчетах конструкций берегозащитных сооружений необходимо учитывать и ледовые нагрузки от ровных ледяных полей, а при достаточных глубинах и торосистых образований. Кроме этого, в соответствии с рекомендациями ведомственных указаний Министерства транспорта России [5], следует производить оценку локального давления льда на конструктивные элементы берегозащитных сооружений. Такая оценка позволит назначить правильную марку бетона сооружения в зависимости от прочностных свойств метрических размеров расчетного ледового образования.

В процессе обследования технического состояния одного из берегозащитных сооружений полуоткосного типа в Одессе были выявлены смещения отдельных конструктивных элементов (упорных и ступенчатых массивов) от проектного положения и их локальные разрушения (см. рис.2).



Рис.2. Смещение элементов берегозащитного сооружения от проектного положения

Как видно на фото, за период эксплуатации сооружения произошли локальные смещения отдельных конструктивных элементов в тыловую

сторону под воздействием природных факторов – ветровых волн и дрейфующих ровных ледяных полей. Об этом свидетельствует искривление линий швов и линий укладки конструкций (надводного упорного массива и ступенчатого массива), поскольку это является недопустимым в процессе производства работ.

В надводной части сооружения было зафиксировано практически полное разрушение железобетонного ступенчатого массива (см. рис.3).



Рис.3. Локальное разрушение железобетонного ступенчатого массива

Такое разрушение может быть следствием действия на сооружение ровных ледяных полей в момент, когда площадь контакта ледяного поля с сооружением мала. Тогда проявляется локальное давление льда, величина которого может примерно в 5 раз превышать прочность льда на одноосное сжатие [4, 5]. Например, при воздействии ровного ледяного поля толщиной  $h_d=1\text{ м}$  на сооружение вертикального профиля площадь контакта в начальный момент времени может составить  $S=b \cdot h=0,4 \cdot 1=0,4 \text{ м}^2$  и менее. При прочности льда на одноосное сжатие  $R_c=1,8 \text{ МПа}$  и эффективной скорости деформации льда  $\epsilon=10^{-3} \text{ с}^{-1}$ , в соответствии с Р 31.3.07-01[5], локальное ледовое давление, определенное по следующей ниже зависимости,

$$P_i=k \cdot k_v \cdot k_{b,loc} \cdot R_c, \text{ МПа},$$

может достигать до 8 МПа.

В действующих ныне на Украине строительных нормах отсутствуют рекомендации по оценке локального ледового давления на сооружения. Такие рекомендации вошли в «Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения», действующие на территории РФ [5].

Таким образом, все эксплуатирующиеся в нашей стране берегозащитные сооружения не рассчитывались на действие ледовых нагрузок. По этой причине в настоящее время актуальной является разработка новых конструктивных решений берегозащитных сооружений. Причем эти сооружения должны противостоять воздействию не только ветровых волн, но и ровных ледяных полей. На кафедре Энергетического и водохозяйственного строительства была разработана новая конструкция берегозащитного сооружения [1, 2], представленная на рис.4.

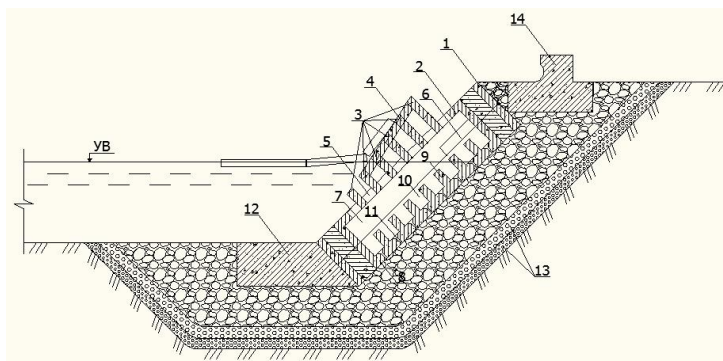


Рис.4. Поперечный разрез сооружения

- 1 - короб; 2 - верхняя часть; 3 - разные по высоте выступы;
- 4 - отверстия в виде усеченного конуса; 5 - прямоугольные отверстия;
- 6 - перепускные окна; 7 - боковая стенка; 8 - нижняя часть;
- 9 - прямоугольные выступы; 10 - боковая стенка;
- 11 - щели переменного по высоте сечения; 12 - упорный массив;
- 13 - контрфильтр; 14 - волноотбойная стенка

Данная конструкция относится к сооружениям пассивной защиты. В зимние периоды года, на сооружение будут воздействовать дрейфующие ледовые образования в виде только ровных ледяных полей или их обломков, поскольку даже незначительные по высоте торосы не смогут подойти непосредственно к сооружению из-за недостаточной глубины воды.

Под воздействием сил дрейфа ровные ледяные поля и их обломки будут наползать на откос, соприкасаясь с верхней частью элементов полуконуса. При этом они будут разрушаться на обломки за счет изгиба в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Величина обломков будет зависеть от прочностных и метрических характеристик ровных ледяных полей, угла наклона, размеров разрушающих элементов и расстояний между ними. Часть обломков льда будет выжиматься силами

дрейфа на откос, а часть из них образует буферную зону перед сооружением, которая будет существенно уменьшать силовое воздействие льда. Наличие на ней прямоугольных выступов приведет к концентрации напряжений в местах контакта, которые будут способствовать дроблению льда.

Известно, что прочность льда на изгиб примерно в 2,5 раза меньше прочности на одноосное сжатие. По результатам многочисленных исследований в различных морях, была получена эмпирическое соотношение между прочностью льда на одноосное сжатие и изгибной прочностью [6], которая в качестве рекомендации вошла в нормативный документ, действующий на территории нашей страны [3], а именно  $R_c = 0,4R_f$ . При воздействии ледяного поля на такое сооружение нагрузка от льда разделяется на горизонтальную и вертикальную составляющие.

К сожалению, в нормативных документах отсутствуют рекомендации по определению ледовой нагрузки на предложенный вариант конструкции по причине не исследованности данного вопроса. Тем не менее, для приближенной оценки ледовой нагрузки можно использовать рекомендации действующего нормативного документа СНиП 2.04.06-82\*[3]. Расчет ледовой нагрузки на секцию такого сооружения следует производить по формулам:

а) горизонтальная составляющая силы,  $F_h$  МН,

$$F_h = 0,1R_f b h_d \operatorname{tg} \alpha \quad (1)$$

б) вертикальная составляющая силы,  $F_v$  МН,

$$F_v = F_h \operatorname{ctg} \alpha \quad (2)$$

где  $R_f$  – прочность льда при изгибе, МПа;  $b$  – расчетная ширина секции сооружения, равная расстоянию между двумя соседними полуконическими поверхностями, м.;  $h_d$  – расчетная толщина ледяного поля;  $\alpha$  – угол наклона передней грани сооружения к горизонту, град.

### **Выводы**

Следует отметить, что значения ледовых нагрузок, вычисленные по этим зависимостям, будут значительно ниже благодаря наличию на лицевой поверхности конструкции ледоразрушающих элементов, образующих полуконическую поверхность.

Метод расчёта ледовых нагрузок на такое сооружение можно разработать только на основе экспериментальных исследований эффек-

тивности работы такого сооружения. Проектирование берегозащитного сооружения такого возможно только при надлежащем научном сопровождении.

### **Summary**

**In this work the new design of the coastal-protection construction with the clearing chamber is considered. This construction can be protect effectively the coastal areas with industrial and civil objects, monuments of architecture and history from force exposure of storm waves and the drifting level ice. This technical decision was defended by patents of Ukraine.**

### *Литература*

1. Рогачко С.И., Бааджи В.Г. Патент на полезную модель UA №50150 UA МПК (2009) E02B 3/04 «Берегозащитное сооружение».

2. Рогачко С.И. Берегозащитное сооружение откосного профиля с камерой гашения / Рогачко С.И., Бааджи В.Г. // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2012. - №45 – С.203-208.

3. СНиП 2.06.04-82\* «Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов)».

4. Рогачко С.И. Исследование локального давления льда в натуральных условиях // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – Одеса: ОДАБА, 2008. - №32.

5. Р 31.3.07-01 «Указания по расчету нагрузок и воздействий от волн, судов и льда на морские гидротехнические сооружения» Дополнение к СНиП 2.06.04-82\* М., 2001.

6. Евдокимов Г.Н., Рогачко С.И., Смирнов Г.Н. О ледовых нагрузках на портовые сооружения. «Транспортное строительство», № 5, научн-техн. и производств. Журнал, орган Министерства Транспорт. Стр-ва СССР, М., 1990.