

СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ
И ЕВРОПЕЙСКИХ МЕТОДИК РАСЧЕТА БОЛЬВЕРКОВ



COMPARISON OF RUSSIAN
AND EUROPEAN METHODS OF CALCULATION OF THE BULWARKS

Копцев Илья Сергеевич
студент, бакалавр 4 курс,
Кубанский государственный
технологический университет
Koptsev-i@mail.ru

Koptsev Ilya Sergeyevich
Student, bachelor of the 4th year,
Kuban state technological university

Аннотация. в статье будут рассматриваться такие вопросы, как само понятие конструкции и назначения больверка, основные методы и методика расчета. Представлены европейские и отечественные методики с описанием их достоинств и недостатков, проведен сравнительный анализ результатов расчета.

Annotation. The article will address such issues as the concept of the construction and purpose of the Bolwerk, the main methods and methods of calculation. European and domestic methods are Presented with a description of their advantages and disadvantages, and a comparative analysis of the calculation results is conducted.

Ключевые слова: больверк, механика грунтов, европейские методы расчета, отечественные методы расчета, сравнительный анализ.

Keywords: bolwerk, soil mechanics, European calculation methods, domestic calculation methods, comparative analysis.

Больверк, болверк или больворок представляет собой инженерное гидротехническое сооружение, которое предназначено для защиты морского берега и прибрежной зоны от разрушающего действия волн и воздействия других разрушительных природных явлений. Они устанавливаются с крутыми (так же морскими стенами и их выводят из бута на цементном растворе, с облицовкой стены, которая обращена в сторону моря, тесеным камнем.) или пологими береговыми откосами, а так же существуют одновременно и с крутыми, и с пологими (такие больверки, у которых на высоту дается от трех до десяти высот в основании. Располагаются они могут параллельно берегу и состоят из насыпи из земли, покрытой с внешней лицевой стороны крупными камнями, которые величиной не менее двух третей высоты волн), в этом случае их называют смешанными больверками.

В странах ЕС окончательная формулировка текста ЕК7 принята в 2003 г., и при этом ЕвроКоды принимают положение национальных стандартов. В этом случае представляется надлежущим стандартизировать отечественные документы с европейскими, так же как это сделано применимо к расчету оснований и фундаментов мелкого устройства.

Одной из важных задач портовой гидротехники является конструирование больверков (болверк, больворок) с установленной свободной высотой H под действием проектной эксплуатационной нагрузки. Как СНиП 2.06.07-87, так же и ЕК7 формулируют эту задачу так же: не допускать снижения основанием несущей способности, а постройкой – прочности и помимо того, горизонтальные перемещения лицевой стенки не должны быть больше заданной максимальной величины.

В российских расчетах оснований показатели грунтов формируются согласно СНиП 2.02.02-85.

В ЕК7 проектное значение X_d свойства грунта вычисляются через характеристическое значение X_k , считающее по результатам проверок с небольшой вероятностью 0,95. Связь между X_d и X_k имеет вид:

$$X_d = X_k / \gamma_i, E_d = \{= E\{\gamma_F \cdot F_{REP}; X_k / \gamma_M\},$$
$$E_{d=\gamma_F} \cdot E\{F_{REP}; X_k / \gamma_M\},$$

где γ_i – частные коэффициенты надежности: γ_F – по нагрузкам; γ_R – по сопротивлению; γ_M – по грунту.

Следовательно, требования к доверительной вероятности характеристических значений s , ϕ , E и плотности грунта g аналогичные, как к доверительной вероятности показателей грунта по 1 ГПС, то есть X_k в ЕК7 аналогично X_i .

Следовательно это означает, что статические показатели разнотипность механических свойств грунта, которые мы учитываем в СНиП коэффициентом надежности по грунту, в ЕК7 предусматриваются заранее. Коэффициенты надежности, которые вводятся дополнительно считают вероятность других неблагоприятных обстоятельств, например неточности в принятой модели грунта.

Отечественные расчеты бойверка по 1-му и 2-му группам предельных состояний рассчитываются с учетом требований, изложенных в СНиП и других требованиях.

Расчеты по ЕвроКодам так же предусматривают два варианта проверки.

1. Проверка сопротивления при предельных значениях свойств конструкции и грунта

Рассматривая ситуацию предельного значения при разрушении, нужно утвердиться в том, что:

$$E_d \leq R_d,$$

где E_d – проектное значение влияния воздействия (расчетное значение действующей обобщенной силы или деформаций); R_d – проектное значение сопротивления воздействию (расчетное значение обобщенной силы предельного сопротивления).

Левая часть неравенства должна удовлетворять уравнениям:

$$E_d = \{ E\{\gamma_F \cdot F_{REP}; X_k/\gamma_M\}, \\ E_{d=\gamma_F} \cdot E\{F_{REP}; X_k/\gamma_M\},$$

где F_{REP} – значительное значение воздействия (постоянная плюс временные особые нагрузки).

Правая часть неравенства устанавливается из уравнений:

$$R_d = R\{\gamma_F \cdot F_{REP}; X_k/\gamma_M\}, \\ R_d = R\{\gamma_F \cdot F_{REP}; X_k\}/\gamma_R, \\ R_d = R\{\gamma_F \cdot F_{REP}; \frac{X_k}{\gamma_M}\}/\gamma_R.$$

Выбор одного из выше изложенных вариантов зависит от традиций геотехнических школ разных европейских стран. Знак равенства в условии расчета приводит к наиболее экономичному решению. Учет зависимостей рассматриваемых формул расчета дает наиболее неблагоприятную детализацию условия в виде:

$$\gamma_F \cdot F_{REP} = \frac{R\{X_k\}}{\gamma_M} / \gamma_R.$$

ЕК7 допускает 3 проектных подхода при рассмотрении последнего расчета. Каждому подходу соответствует свой набор наиболее часто встречаемых значений коэффициентов надежности. В большинстве европейских стран отдают предпочтение ограничиваться вариантом, который включает в себя набор коэффициентов надежности А1 и М2 (табл.1).

При этом нужно быть уверенным в том, что предельное состояние не возникает при наборах коэффициентов как А1, так и М2 или R2.

В строке А1 запас входит в нагрузки, из этого получается уравнение в предельном состоянии принимает вид :

$$F_{REP} = R\{X_k\}/\gamma_F.$$

В строке М2 запас входит в величины прочности грунта. В этом варианте тоже уравнение определяют как:

$$F_{REP} = R\{X_k/\gamma_M\}.$$

Таблица 1

| Частные коэффициенты надежности по | | Набор коэффициентов | | |
|------------------------------------|----------------------------------|---------------------|------|------|
| | | A1 | M2 | R2 |
| нагрузке γ | | 1,35 | 1,00 | 1,00 |
| сопротивлению γ | | 1,00 | 1,00 | 1,40 |
| грунту γ | углу внутреннего трения γ | 1,00 | 1,25 | 1,00 |
| | сцеплению γ | 1,00 | 1,25 | 1,00 |
| | удельному весу γ | 1,00 | 1,00 | 1,00 |

*Коэффициент γ применяется к значению tg

Значения активного и пассивного давлений грунта рассчитываются по Кулону с углом трения о стенку $\delta \leq 2\phi/3$. Коэффициенты распора и отпора формируются по формулам Мюллера-Бреслау с коэффициентом надежности $\gamma_m = 1,05$. Активное давление грунта является выполнимым, если перемещение шпунта $u > 0,0005$ Н. При $u \leq 0,0005$ Н стена считается не двигаемой.

2. Проверка эксплуатационной надежности

Для контроля предельных состояний эксплуатационной надежности грунта и конструкции необходимо, что бы:

$$E \leq C,$$

где C – предельное значение горизонтального перемещения больверка.

В этих расчетах имеется в виду, что перемещение C_d может вызвать разрушение смежных конструкций и коммуникаций или привести к недопустимой разности осадок подкрановых путей. Расчеты выполняются при коэффициентах надежности $\gamma = 1,0$ с типичными показателями грунтов, которые всегда меньше нормативных значений.

Металлический больверк с одним ярусом анкеровки

Видимая лицевая стенка из шпунта типа Ларсен; свободная высота больверка – 10 м; Отметки точки крепления анкера к поверхностной стенке – 3,0,0,5,0,0 и (-7,0) м соответственно. Добавочных нагрузок от волн, судов нет. Грунты основания (мелкий песок) и засыпки (песок средней крупности) в таблице 2 (K – коэффициент пропорциональности в контактной модели грунта). В числителе значения удельного веса грунта над водой, в знаменателе – под водой.

Таблица 2

| Вид грунта | По СН и П 2.02.02-85 | | | | | | По ЕК7 | | | | |
|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------|---------------|--------------------------|-------------------------|
| | $\phi = \phi$, град. | ϕ , град. | $C = C = C$, кПа | γ , кН/м | γ , кН/м | K , кН/м | ϕ , град. | ϕ , град. | $C = C$, кПа | $\gamma = \gamma$, кН/м | K , кН/м ⁴ |
| Песок средней крупности | 35 | 30 | 0 | | | 5000 | 30 | 25 | 0 | | 4170 |
| Песок мелкий | 30 | 26 | 0 | – | – | 5000 | 26 | 21 | 0 | – | 4170 |

Разрешенные значения перемещений больверка на отметке 3.0 м – 8 см; на отметке 0,5 м – 7,2 см. Данные полученные значения считаются исключительными в обоих вариантах как в отечественном, так и в европейских нормах. В европейских странах для расчета больверков используется программа Msheet. Расчет в этой программе сравнивался с результатами расчетов по программе BOMAJN, которую используют в отечественных организациях.

В подведение итога можно сказать то, что такое сравнение методик расчета больверка показало заметное неравенство в подходах российских и европейских норм. Последние относятся к расчетам более осторожно в плане назначений свойств грунтов.

Даже характеристические значения, идут в разрез нашим нормативным величинам, и определяются с обеспеченностью 95 % (с коэффициентом надежности 1,2) . Так же коэффициенты надежности применяются отдельно так как, это гарантирует обильный запас несущей способности основания.

Литература

1. Фадеев А.Б., Лукин В.А. Сопоставление методик СНиП и ЕК7 при расчете оснований фундаментов мелкого заложения // ОФМГ. – 2006. – № 4.
2. Подпорные стены, судоходные шлюзы, рыбопропускные и рыбозащитные сооружения : СНиП 2.06.07-87 / Госстрой СССР. – М. : Госстрой СССР, 1986. – 45 с.
3. Леонова А.Н. Методика определения коэффициентов гидравлического сопротивления проницаемых волногасящих гидротехнических сооружений : дис. ... кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – СПб., 2006.
4. Леонова А.Н. Экспериментальное определение коэффициентов гидравлических сопротивлений различных видов проницаемых набросок : Проблемы нормирования и исследования потребительских свойств мостов // труды ЦНИИС; под редакцией А.И Васильева. – М., 2002. – Вып. 208. – С. 197–203.
5. Иванов А.В. [и др.]. Новые математические модели и программные комплексы в прибрежной морской гидротехнике : монография. – Сочи, 2014.
6. Леонова А.Н. Методика определения коэффициентов гидравлического сопротивления проницаемых волногасящих гидротехнических сооружений : автореферат дис. ... кандидата технических наук / Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – СПб., 2006.
7. Леонова А.Н. Взаимодействие волн с проницаемыми волногасящими гидротехническими сооружениями : монография. – Краснодар, 2015.
8. Сравнение отечественных и зарубежных методов расчета больверков. – URL : <https://docplayer.ru/38019628-Sravnenie-otechestvennyh-i-evropeyskih-metodik-rascheta-bolverkov.html>

References

1. Fadeev A.B., Lukin V.A. Comparison of the SNiP and EK7 methods at calculation of the small-scale pound-data bases // OFMG. – 2006. – № 4.
2. Support walls, shipping locks, fish passage and fish protection structures : SNiP 2.06.07-87 / Gosstroy SSSR. – M. : Gosstroy of the USSR, 1986. – 45 p.
3. Leonova A.N. Method for determination of the hydraulic resistance coefficients of the permeable breakwaters hydrotechnical structures : dis. ... Candidate of Technical Sciences / All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after B.E. Vedeneev. – SPb., 2006.
4. Leonova A.N. Experimental determination of coefficients of hydraulic resistances of different types of permeable sketch : Problems of rationing and research of bridge consumer properties // Proceedings of CNIIS; under edition of A.I. Vasiliev. – M., 2002. – Issue. 208. – P. 197–203.
5. Ivanov A.V. [et al.]. New mathematical models and program complexes in coastal marine hydrotechnics: monograph. – Sochi, 2014.
6. Leonova A.N. Method for determination of the hydraulic resistance coefficients of the permeable wave-quenching hydrotechnical structures: abstract of dis. ... Candidate of Technical Sciences / All-Russian Scientific Research Institute of Hydraulic Engineering named after B.E. Vedeneev. – SPb., 2006.
7. Leonova A.N. Interaction of waves with the permeable wave-quenching hydrotechnical structures: a monograph. – Krasnodar, 2015.
8. Comparison of domestic and foreign methods for calculation of bolverki. – URL : <https://docplayer.ru/38019628-Sravnenie-otechestvennyh-i-evropeyskih-metodik-rascheta-bolverkov.html>