

К.Н. Пряничников
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ SCAD OFFICE В РАСЧЕТАХ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

Основные положения расчета бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений приведены в СНиП 2.06.08-87 [1], примеры расчета – в Пособии по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений [2].

Расчет конструкций выполняется при упругой работе бетона по предельным состояниям первой и второй групп. Железобетонные конструкции следует рассчитывать

- по предельным состояниям первой группы:

- на прочность с проверкой устойчивости положения и формы конструкции, на выносливость при многократно повторяющейся нагрузке;

- по предельным состояниям второй группы:

- по образованию трещин или по ограничению величины их раскрытия;

- по деформациям.

Железобетонные конструкции должны удовлетворять требованиям по предельным состояниям первой группы при всех сочетаниях нагрузок и воздействий, а по предельным состояниям второй группы – только при основном сочетании нагрузок и воздействий. Расчеты по предельным состояниям следует производить для всех стадий возведения, транспортировки, монтажа и эксплуатации конструкций.

Ниже приведен пример расчета и проектирования железобетонной док-камеры, служащей для передачи тяжеловесных грузов массой 1000 т с речных судов на железнодорожный транспорт. Определение напряженно-деформированного состояния и армирования док-камеры возможно при использовании вычислительного комплекса SCAD OFFICE.

План и продольный разрез док-камеры приведен на рис. 1. Док-камера имеет следующие геометрические размеры:

длина – 133,5 м;

ширина по внутренней грани стен – 21,5 м;

ширина по наружным граням – 26,5 м;

высота стены от верха плиты днища – 14,0 м;

толщина стены по верху – 1,0 м;

толщина стены по низу – 2,5 м;

толщина днища – 2,4 м.

В состав несущей системы входит фундаментная плита, лежащая на упругом грунтовом основании, и вертикальные стены переменной толщины по высоте (сечения 1-1, 2-2 рис. 1). В процессе строительства выполняется водопонижение, и грунтовые воды отсутствуют. При входе баржи с грузом уровень воды соответствует отметке +6,000 м, при разгрузке баржи уровень воды соответствует отметке +12,500 м. Верх днищевой плиты имеет условную отметку 0,000 м.

Док-камера выполнена из тяжелого бетона класса В20, рабочая арматура класса А400, поперечная и монтажная – А240. Грунт основания и засыпки – песок с объемным весом $\gamma = 19,8 \text{ кН/м}^3$, углом внутреннего трения $\varphi = 28^\circ$. Упругое грунтовое основание имеет коэффициенты постели $C_1 = 42000 \text{ кН/м}^3$, $C_2 = 2700 \text{ кН/м}$, вычисленные при модуле деформации грунта $E = 30 \text{ МПа}$, коэффициенте Пуассона $\nu = 0,3$.

Стены и днище док – камеры разделены на четыре конструктивных элемента. Конечно-элементная схема сечения 1 – 1 док-камеры (рис.2) представлена линейными конечными элементами единичной ширины

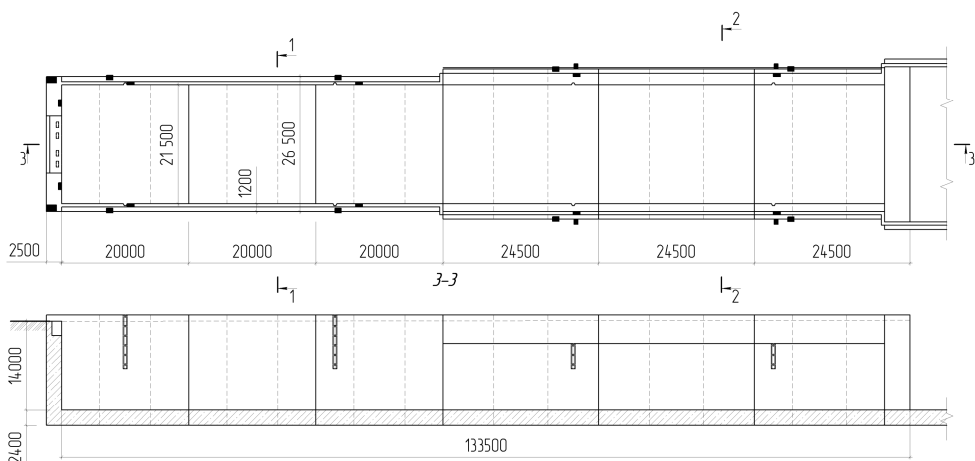


Рис. 1. План док-камеры и продольный разрез 3 – 3

(1,0 п.м.). Применяются следующие типы конечных элементов: тип КЭ – 7 «балка на упругом основании», обозначенные номерами №1-№4 в кружках с постоянной высотой сечения $h = 240$ см, конечные элементы типа КЭ – 2 «плоская рама» с переменной высотой сечения ($h = 230, 190, 150, 120$ см).

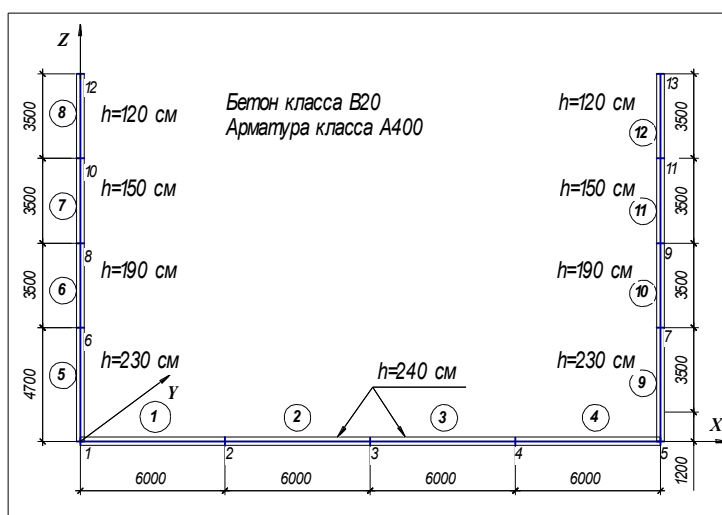


Рис. 2. Конечно-элементная расчетная схема сечения 1 – 1

Расчетная схема имеет следующие загрузки: первое – постоянными нагрузками от сил веса и активного давления грунта (рис. 3); второе – временная нагрузка от гидростатического давления воды при наиболее низком уровне +6,000 м (рис. 4); третье – временная нагрузка от гидростатического давления воды при наиболее высоком уровне +12,500 м (рис. 5).

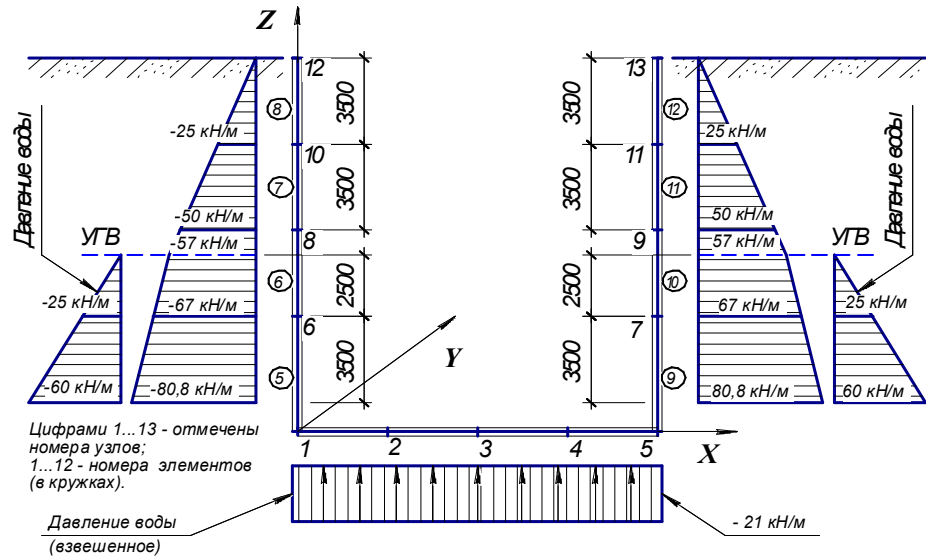


Рис. 3. Постоянные нагрузки от сил веса и активного давления грунта

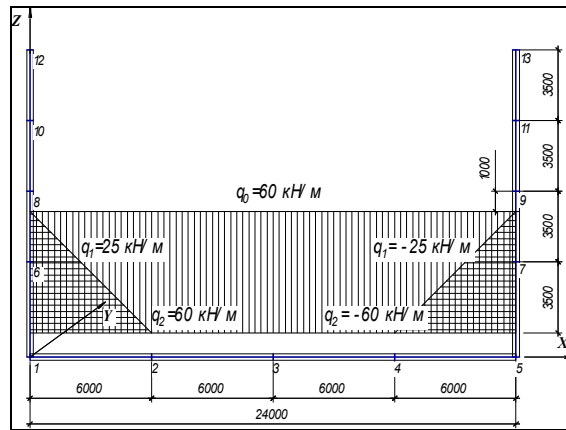


Рис. 4. Временная гидростатическая нагрузка при уровне воды +6,000 м

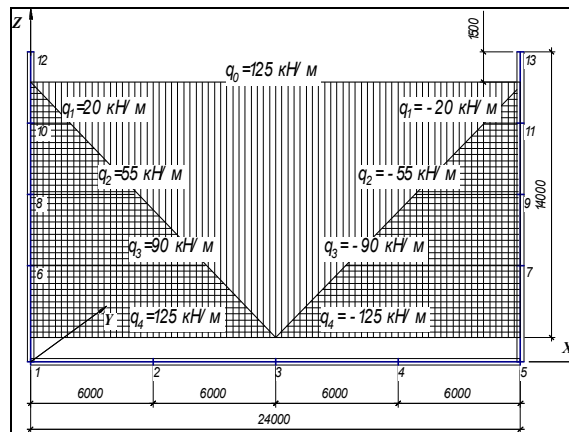


Рис. 5. Временная гидростатическая нагрузка при уровне воды +12,500 м

БК SCAD OFFICE позволяет выполнить статический расчет каждого нагружения, расчетных сочетаний усилий при ограничении ширины раскрытия трещин 0,2 мм. В результате расчета определяются внутренние усилия в стержневых элементах (кН, кНм): N – осевая сила, M – изгибающий момент, Q – поперечная сила и деформации для каждого нагружения (фрагмент расчета приведен в табл. 1) и расчетных сочетаний усилий, а также расчетные площади рабочей арматуры AS1, AS2 (см²) при симметричном и несимметричном армировании (табл. 2)

Таблица 1

Расчетные усилия в конечных элементах по каждому нагружению

Разработан SCAD Group (Украина, Киев) Tue Mar 08 10:35:41 2011 Шлюз основная схема 6.0001												
У С И Л И Я /НАПРЯЖЕНИЯ/ В ЭЛЕМЕНТАХ												
002_	1-	1-	1-	2-	2-	2-	3-	3-	3-	4-	4-	4-3
	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	4
	2	2	2	3	3	3	4	4	4	5	5	5
1 - "Постоянная"												
M	4562.	2305.	683.5	683.5	-258.3	-563.	-563.	-258.3	683.5	683.5	2305.	4562.
Q	-833.	-654.	-425.8	-425.8	-205.			205.1	425.8	425.8	654.	833.
2 - "Нижний уровень воды"												
M	-574.2	-500.7	-366.1	-366.1	-256.5	-215.7	-215.7	-256.5	-366.1	-366.1	-500.7	-574.2
Q		40.64	44.02	44.02	26.49			-26.49	-44.02	-44.02	-40.64	
3 - "Верхний уровень воды"												
M	-4187.	-3651.	-2670.	-2670.	-1871.	-1573.	-1573.	-1871.	-2670.	-2670.	-3651.	-4187.
Q		296.4	321.	321.	193.2			-193.2	-321.	-321.	-296.4	

Таблица 2

Результаты расчета площади рабочей арматуры в элемента днища

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА																
N элем.	N сеч.	Тип	Площадь продольной арматуры (см.кв)							Ширина раскрытия трещины		Площадь поперечной арматуры, максимальный шаг хомутов				
			несимметричной				симметричной			мм		см.кв	см	см.кв	см	
			AS1	AS2	AS3	AS4	%	AS1	AS3	%	ACR1	ACR2	ASW1	Шаг	ASW2	Шаг
ГРУППА ДАННЫХ 1																
МОДУЛЬ АРМИРОВАНИЯ 1 (2D - плоский стержень)																
БЕТОН В20 АРМАТУРА: ПРОДОЛЬНАЯ А400С ПОПЕРЕЧНАЯ А-1																
Максимально допустимый диаметр 32 мм																
СЕЧЕНИЕ: ПРЯМОУГОЛЬНИК В=100.0 Н=240.0 (см)																
Расстояние до ц. т. арматуры: А1 = 8.0 А2 = 8.0 (см)																
1	1	Σ	85.8	24.4			0.47	84.7		0.73	0.18	0.18				
	2	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
	3	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
2	1	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
	2	Σ	24.4	30.1			0.23	30.1		0.26						
	3	Σ	24.4	30.2			0.24	30.2		0.26						
3	1	Σ	24.4	30.2			0.24	30.2		0.26						
	2	Σ	24.4	30.1			0.23	30.1		0.26						
	3	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
4	1	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
	2	Σ	28.0	28.0			0.24	28.0		0.24						
	3	Σ	85.8	24.4			0.47	84.7		0.73	0.18	0.18				

Вывод. Расчет док-камеры с использованием БК SCAD OFFICE в отличие от ручного расчета имеет следующие преимущества:

- возможность выбора наиболее тяжелого сочетания нагрузок;
- учета непрямизматичности стен, влияния упругого основания, ширины раскрытия трещин.

Недостаток расчета – не учтена концентрация напряжений.

Список литературы:

- [1] СНиП 2.06.08-87. Бетонные и железобетонные конструкции гидротехнических сооружений / Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2001. – 32 с.
[2] Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений (без предварительного напряжения) к СНиП 2.06.08-87/ Гидропроект им. С.Я. Жука, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. – М.: ВНИИГ, 1991. – 276 с.

Е.П. Роннов, В.В. Анисимова
ФБОУ ВПО «ВГАВТ»

ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ОБСТАНОВОЧНЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

Для разездов бригады обстановочной службы по обслуживаемому участку водного пути в ее распоряжение предоставляется приспособленное для этой цели обстановочное судно. В процессе проектирования для каждого конкретного участка можно получить суда с различными вариантами главных размерений и характеристик. Среди них необходимо выделить теплоход с такими элементами и характеристиками, с которыми он наиболее эффективно выполнит все возложенные на него функции.

Задача может быть сформулирована в следующем виде: при известном векторе исходных данных Y найти компоненты вектора $F(X, Y, Q)$ (X – совокупность варьируемых параметров; Q – совокупность определяемых главных элементов и характеристик обстановочного судна), при котором выполняемая за навигацию обязательная и дополнительная работа будет сделана с наибольшей экономической эффективностью, т.е. чтобы функция цели (критерий эффективности достигал экстремума [1]):

$$k_{opt} = f(Y, X, Q) \rightarrow \min(\max) \quad (1)$$

При этом должны выполняться ограничения, определяемые условиями эксплуатации обстановочного судна, требованиями заказчика, нормативными документами, правилом Российского Речного Регистра, а также пределами изменений выражений, описывающих математическую модель судна. Ограничения накладываются в виде строгих равенств, или неравенств.

Примерами таких ограничений могут быть:

– условие выполнения всех видов обязательных работ по обслуживанию судходной обстановки на всех закрепленных участках $i \in Y$

$$\sum_i \sum_q n_i \cdot Z_{qi} = \sum_i M_i \quad (2)$$

где n_i – количество знаков судходной обстановки на i -ом закрепленном участке, обслуживаемом одним судном;

Z_{qi} – количество судов q -го с характеристиками, соответствующими варьируемому параметрам X , работающих на i -ом участке.

M_i – общее количество обслуживаемых знаков судходной обстановки на i -ом закрепленном участке;