

## Статический расчет блока и чаши бассейна

Андропова Е. Ю.

*Научный руководитель - Зверев В.Ф.*

Белорусский национальный технический университет

**Краткая характеристика объекта.** Здание расположено в Минске (снеговой район 2в, расчётная температура наружного воздуха минус 21°C). Конструктивное решение блока бассейна в составе школы базируется на архитектурно-планировочном решении и представляет собой систему вертикальных монолитных элементов каркаса (колонны, диафрагмы жёсткости, наружные стены), воспринимающих вертикальную и ветровую нагрузки от монолитных плит перекрытий и металлических ферм, передающих эту нагрузку на фундаменты.

Сечения и характеристики элементов каркаса, принятые в проекте: фундаменты – сваи железобетонные забивные и забивные составные; колонны – монолитные железобетонные сечением 400x400, диафрагмы и наружные стены – монолитные железобетонные толщиной 200 мм; безбалочное перекрытие – монолитная железобетонная плита толщиной 200 мм.

Класс бетона в монолитной части несущих элементов каркаса здания принят С25/30, фундаментов С20/25, класс продольной арматуры – S500.

**Расчёт каркаса здания.** При расчёте использован программный комплекс ЛИРА-САПР 2019(R1.2) (ПК ЛИРА) для Windows 7 (разработчик – «ЛИРА САПР», Киев, Украина), которые соответствуют действующим нормам СНБ. Статический расчёт был выполнен УП «Минскпроект».

Статический расчёт здания выполнен методом конечных элементов (МКЭ). По единой методике рассчитываются стержневые, пластинчатые и комбинированные системы. Удобно моделируются разнообразные граничные условия и нагрузки.

Расчёт здания, произведён по двум группам предельных состояний и выполнен на действие постоянных и временных вертикальных нагрузок, а также ветровой нагрузки согласно требованиям ТКП EN 1990-2011; ТКП EN 1991-1-3-2009; ТКП EN 1991-1-4-2009, ТКП EN 1992-1-1-2009.

Общий вид расчётной модели здания представлен на рисунке 1.

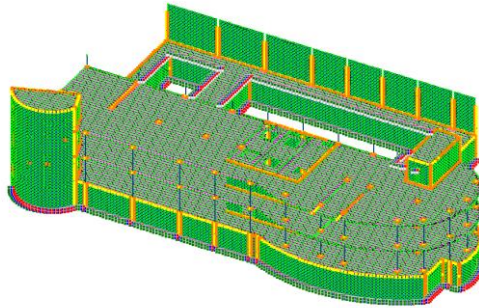


Рис.1 - Общий вид расчётной модели здания

В расчётной модели здания, колонны представлены стержневыми элементами общего вида (КЭ10), плиты перекрытия и диафрагмы изгибно-плосконапряжёнными конечными элементами (элементами плоской оболочки КЭ44). Последние являются случаем плоских конечных элементов, они имеют в узле шесть стандартных степеней свободы (3 линейные и 3 вращательные) и способны воспринимать продольные и поперечные силы и изгибающие моменты в двух ортогональных направлениях, а также крутящие моменты.

**Результаты расчёта.** В результате расчёта каркаса здания были определены:

- вертикальные перемещения по  $Z$  (прогибы плит перекрытия здания) значения которых варьируются от 0,154 до -8,19 мм, что не превышает максимально допустимого значения 30 мм для пролёта 6 метров.

- горизонтальные перемещения по  $X$ ,  $Y$  максимальные значения которых составляет 2,67 мм (см. приложение 2, 3), что не превышает максимально-но допустимого значения, где  $h$  –высота здания равная расстоянию от верха фундамента покрытия.

По результатам расчёта принято следующее армирование:

Основное нижнее и верхнее армирование по всей площади плит перекрытия и монолитных стен выполнено из арматуры  $\varnothing 10$  S500 шагом 200мм. Дополнительное армирование выполняется арматурой  $\varnothing 10 \dots \varnothing 25$  шагом 200мм с учётом необходимой длины анкеровки.

Армирование колонн соответствует результатам расчёта и конструктивным требованиям ТКП EN выполнено из арматуры  $\varnothing 16$  и  $\varnothing 20$  S500.

**Расчёт чаши бассейна.** При расчёте использован программный комплекс ЛИРА-САПР 2019(R1.2) (ПК ЛИРА) для Windows 7 (разработчик – «ЛИРА САПР», Киев, Украина), которые соответствуют действующим нормам СНБ. Статический расчёт был выполнен УП «Минскпроект».

Статический расчёт чаши бассейна выполнен методом конечных элементов (МКЭ).

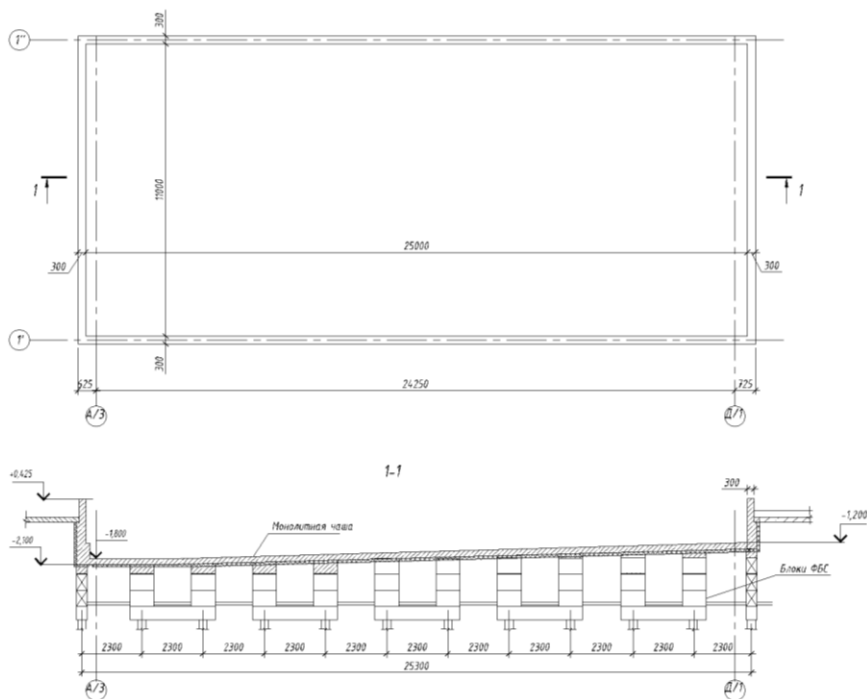


Рис. 2 - Общий вид чаши бассейна

Связи по бортикам описаны как шарнирные и ограниченные в перемещении из плоскости; по внешнему контуру дна и над опорами в узлах ограничено перемещение в трёх.

Поверхностям чаши задана жёсткость как пластинам толщиной 30 см, с коэффициентом Пуассона 0,2 (для железобетона) и модулем упругости  $3 \cdot 10^6$  т/м<sup>2</sup>. Плотность (удельный вес) материала равен 2,5 т/м<sup>3</sup>.

Нормативные значения нагрузок и коэффициенты надёжности определены согласно ТКП EN 1990-2011; ТКП EN 1992-1-1-2009.

Нагрузка от продольных стенок на днище при высоте стенки 1,2 м – 1,175 т/м.п., при высоте 1,8 м – 2,115 т/м.п.

**Результаты расчёта.** Продольное армирование вдоль оси X верхнее и нижнее принято в виде арматуры S500  $\varnothing$ 12мм, с дополнительными сетками по верхней грани поперёк опор; вдоль оси Y -  $\varnothing$  8мм, с дополнительными сетками вдоль опор по верхней и нижней грани; продольное армирование в стенках -  $\varnothing$ 8мм.

Поперечное армирование согласно результатам расчёта принимается конструктивно.

Конструктивно загибаем продольную арматуру днища на 1 м вверх по стенке для обеспечения анкеровки продольной арматуры и восприятия крутящих моментов, аналогично поступаем с продольными стержнями арматуры стенки.

#### **Список использованных источников**

1. ТКП EN 1990-2011. Основы проектирования строительных конструкций.
2. ТКП EN 1991-1-3-2009. Воздействия на конструкции. Часть 1-3, 1-4. Снеговые нагрузки. Ветровые воздействия.
3. ТКП EN 1992-1-1-2009. Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
4. ТКП 45-3.02-325-2018. Общественные здания. Строительные Нормы Проектирования.