

УДК 624.012

**Сравнительный анализ результатов армирования монолитной железобетонной плиты перекрытия плоскими арматурными сетками и стальными канатами с предварительным напряжением в построечных условиях**

Передков И.И.

(Научный руководитель – Зверев В.Ф.)

Белорусский национальный технический университет,  
Минск, Беларусь

В настоящее время в строительной отрасли Республики Беларусь намечается тенденция к усложнению возводимых зданий и сооружений. Строительство высотных зданий, большепролетных конструкций или уникальных сооружений, таких, как Островецкая АЭС – процесс, связанный с разрешением проектировщиками и исполнителями различных нетривиальных ситуаций, что неизбежно ведет к освоению новых технологий и материалов, а также методик проектирования.

В данной работе на примере конкретной расчетной ситуации проведен сравнительный анализ вариантов армирования монолитной плиты перекрытия сетками ненапрягаемой арматуры и канатами с предварительным напряжением в построечных условиях.

Рассматриваемая конструкция является частью каркаса здания банка в составе многоэтажного жилого комплекса с встроенными помещениями по ул.Филимонова – переменной этажности (6-7-8 этажей), овальной формы в плане, с общими размерами 91,40х73,40 м. Конструктивная схема – рамно-связевый монолитный железобетонный каркас. Каркас запроектирован с монолитными железобетонными колоннами, монолитными железобетонными диафрагмами жесткости, монолитными перекрытиями.

Рассматривается плита перекрытия на отметке +18.850 (шестой этаж, план – рисунок 1). Сбор нагрузок произведен в соответствии с требованиями действующих норм, а именно [1] и [2]. Расчет деформаций, НДС и армирования ненапрягаемой арматурой конструкций перекрытия произведен при помощи ПК “SCAD” версии 11.3. Конечноэлементная модель представлена непосредственно плитой перекрытия, а также жестко защемленными колоннами и диафрагмами в уровне этажом ниже. Такой способ задания позволяет учесть

различную податливость опор плиты (диафрагм и колонн) и получить картину перемещений и НДС, наиболее приближенную к действительности. Изолированное задание плиты вне каркаса дает картину перемещений без учета осадок нижележащих конструкций, т.е. непосредственно перекрытия. К сожалению, в настоящее ПК “SCAD” даже последних версий не дает инструментов для расчета предварительно напрягаемых конструкций, потому определение требуемой площади сечения напрягаемой арматуры и все сопутствующие расчеты выполнены вручную в соответствии с требованиями раздела 9 [2]. В расчет принята полоса шириной 1 м в осях 26 – Б-Г, т.к. именно данный фрагмент перекрытия претерпевает наибольшие деформации. Рассматривается сечение в пролете, между осями Б и В, натяжение арматуры производится в радиальном направлении (в направлении цифровых осей).

Подбор напрягаемой арматуры произведен с учетом требований п.5.5.3.7 [2] и п.5.5.3.8[2] по альтернативной и деформационной моделям соответственно. В расчет приняты канаты К7 Ø15 S1400. С учетом принятой технологии создания усилия предварительного обжатия, учтены требования п.9.9 [2] “Конструкции без сцепления напрягаемой арматуры с бетоном”. Произведен расчет потерь усилия предварительного обжатия по п.9.3 [2], технологических по п.9.3 (от релаксации напряжений в арматуре – п.9.3.1.1а [2], от проскальзывания арматуры в анкерных устройствах – п.9.3.1.4 [2], от трения арматуры о стенки каналов – п.9.3.1.6 [2]) и эксплуатационных. Согласно требованиям п.11.2.16 [2], наибольшие расстояния между осями стержней продольной арматуры, определяемые эффективностью работы бетонного сечения, усиленного арматурой, должны быть в изгибаемых элементах не более 400 мм, при этом площадь сечения конструктивно установленной арматуры должна быть не менее 0,15 % площади бетона. Анализ результатов расчета показал, что при армировании канатами К7 Ø15 S1400 данное требование не соблюдается, потому было принято решение ввести стержни ненапрягаемой арматуры Ø12 S400 в количестве 4 шт. общей площадью 452 мм<sup>2</sup> на метровую полосу сечения. Помимо конструктивных требований, такой подход целесообразен в целях усиления конструкции на стадии нахождения в опалубке, когда натяжение канатов еще не произведено. Армирование сжатой зоны се-

чения принято конструктивно (т.н. «фоновая» арматура стержнями  $\varnothing 10$  S400 с шагом 200 мм).

Итого, получено армирование сечения:

– в верхней зоне -  $\varnothing 10$  S400 с шагом 200 мм – 393 мм<sup>2</sup>/м (конструктивно);

– в нижней зоне – 2 каната К7  $\varnothing 15$  S1400 (шаг 500 мм) и 4 стержня  $\varnothing 12$  S400 – 257+452 = 709 мм<sup>2</sup>;

– поперечная арматура устанавливается конструктивно.

Расчет по образованию трещин (п.9.8.1.4 [2]) показал, что трещины не образуются, а полный прогиб конструкции при использовании предварительно напрягаемой арматуры составил всего лишь 1.2 мм, что обусловлено большей жесткостью сечения без трещин и значительно упрощает работы по устройству полов и отделке потолков на нижнем этаже.

Подбор ненапрягаемой арматуры средствами ПК “SCAD” дал следующее армирование сечения:

– в верхней зоне -  $\varnothing 10$  S400 с шагом 200 мм – 393 мм<sup>2</sup>/м (конструктивно);

– в нижней зоне - 5 стержней  $\varnothing 16$  S400 - 1005 мм<sup>2</sup>/м;

– поперечная арматура устанавливается конструктивно.

Ширина непродолжительного раскрытия по результатам машинного расчета при арматуре  $\varnothing 16$  мм – 0.3 мм, продолжительного – 0.3 мм. Прогиб перекрытия в пролете составил 21 мм. Поверочный подбор арматуры вручную дал совпадение результатов с точностью до 4%.

Очевидно, что несмотря на некоторую технологическую сложность реализации, предварительное напряжение в построечных условиях ощутимо улучшает технические, эксплуатационные и эстетические характеристики конструкции. Заметна тенденция к уменьшению расхода стали, однако рассматриваемый пример в данном отношении не совсем показателен ввиду относительно небольшого пролета конструкции и нагрузок на нее. Однако, можно предположить, что в случае армирования элементов более масштабных конструкций удастся достигнуть и снижения расхода арматуры ввиду ее более эффективного использования.

Следует учитывать также и некоторые технологические особенности конструкции с предварительным напряжением арматуры в

построечных условиях. Концепция использования каналообразователей, заполненных антикоррозионной смазкой, предполагает возможность замены одного или нескольких канатов, а также более полный контроль за их техническим состоянием. Фактически, речь идет о ремонтопригодности конструкции. А это более качественный подход к технической эксплуатации зданий и сооружений.

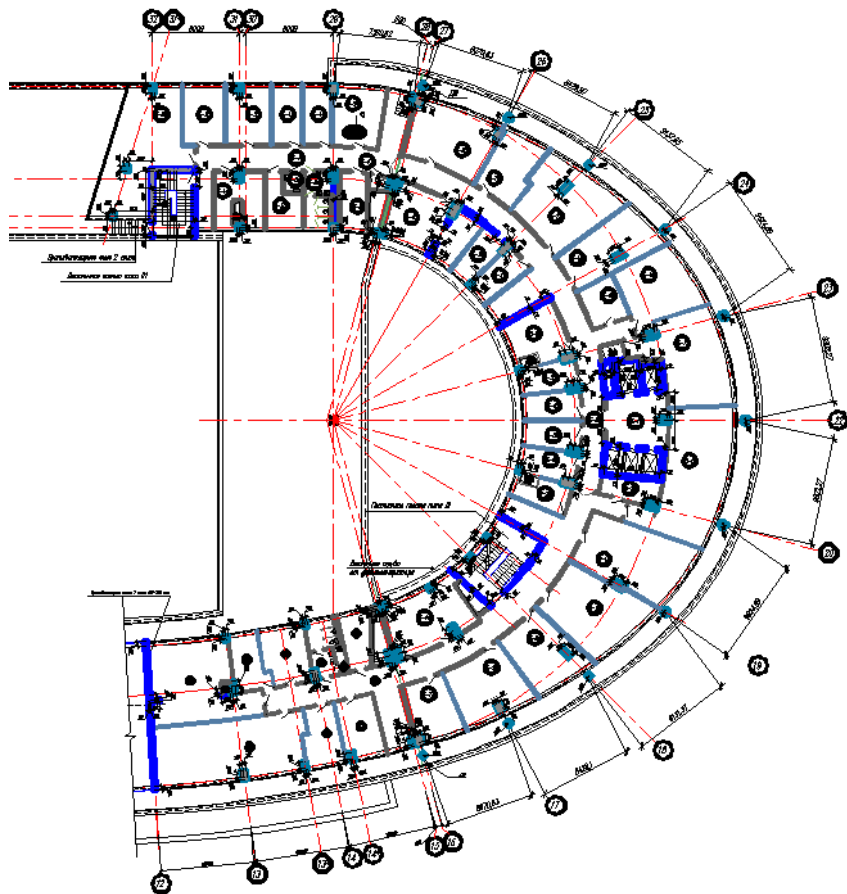


Рисунок 1. Фрагмент плана на отм. +19.000

## ЛИТЕРАТУРА

1. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85. - Госстрой СССР. - М., ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с. С изменением №1 РБ.
2. Бетонные и железобетонные конструкции: СНБ 5.03.01-02. - Минстройархитектуры РБ, Минск 2003. – 140 с.
3. Байков В. Н., Сигалов Э. Е. Железобетонные конструкции. –М: Стройиздат, 1985 г.
4. Пецольд Т.М., Тур В.В. Железобетонные конструкции. –Брест, БГТУ, 2003. -.380 с.