

Ссылка для цитирования

Предварительно-напряженный железобетонный силос для хранения цементного клинкера. Марченко М.С., Кириченко А.В. // Вестник мостостроения. 2010. №1. с.58-60.

Предварительно-напряженный железобетонный силос хранения цементного клинкера

Кириченко Александр Владимирович Главный инженер ООО «Следящие тест-системы» (г.Москва), info@sts-hydro.ru, **Марченко Максим Сергеевич**, Главный инженер проектов ООО «Проектстроймост» (г.Коломна), info@psmost.ru

Рассматриваются особенности расчета и сооружения монолитного предварительно-напряженного железобетонного силоса.

Ключевые слова: силос, «на бетон», предварительно-напряженный.

Монолитные предварительно-напряженные железобетонные конструкции с натяжением высокопрочной арматуры «на бетон» в России применяются главным образом в транспортном строительстве – в основном это мосты и путепроводы.

В области гражданского строительства монолитные конструкции с напрягаемой арматурой только начинают появляться – известны лишь единичные случаи законченных строительством торговых комплексов и стоянок для автомобилей, в которых высокопрочная арматура натянута «на бетон».

Промышленное строительство (за исключением атомной отрасли) использует обширную номенклатуру сборных железобетонных конструкций с натяжением арматуры в заводских условиях «на упоры» - плиты, панели, ригели, фермы и т.д.

В то же время, в практике зарубежного промышленного строительства широко используется метод сооружения различных железобетонных конструкций из монолитного железобетона с натяжением арматуры «на бетон».

Учитывая вышесказанное, определенный интерес вызывает информация об одном из первых случаев возведения таких конструкций на территории нашей страны в рамках строительства завода по производству цемента на территории Ленинградской области в городе Сланцы (заказчик ООО «ЦЕМЕНТ»).

В составе участка по хранению клинкера предусмотрена силосная часть, в которой с отметки +45.200 до отметки +82.800 цилиндрические стены выполнены из монолитного предварительно-напряженного железобетона – общий вид в стадии завершения приведен на рисунке 1.

Первоначальный проект предусматривал устройство стен из монолитного железобетона без напрягаемой арматуры с толщиной от 800 до 1000мм, но благодаря принципиальной

позиции европейского технического консультанта было принято решение переработать документацию в предварительно-напряженном варианте.

Область работ ООО «Следящие тест-системы» охватывала поставку материалов, шефмонтаж, натяжение пучков и инъецирование каналов. ООО «ПроектСтройМост» выполняло работы по выполнению конструктивных расчетов и разработке рабочей документации в соответствии с отечественными нормами на основании принципиального компоновочного решения фирмы Северо-Западный Институт Цемента (Китай).



Рисунок 1 - Общий вид

Стены внутренним диаметром 40м, высота от верха ростверка (+45.200) до верха оголовка (+82.800) 37,6м. Толщина стен 500мм, на участке от отм.+45.200 до +49.850 толщина стен 550мм. Предусмотрены 4 пилона жесткости толщиной 814 мм, на которых анкеруются пучки канатов.

Архитектурные решения и технологическая часть предусматривают в стенах проемы, которые усилиются местным увеличением толщины стен (балками и колоннами), монолитно связанными со стенами.

В качестве напрягаемой арматуры применяются высокопрочные канаты группы прочности 1860МПа номинальным диаметром 15.2мм (площадь поперечного сечения 139мм²) российского производства. Анкера - АКС-7 системы преднапряжения ООО "Следящие тест-системы" (Москва). Пучки из 7-ми канатов расположены в металлических гофрированных каналаобразователях внутренним диаметром 70мм.

Пучки канатов разделены по длине окружности на 4 части с анкерровкой на 4-х пилонах жесткости, расположенных по периметру с шагом 90⁰. В вертикальном направлении пучки расположены с меняющимся шагом от 225 мм в нижней части до 900 мм в верхней части. Схема напрягаемого армирования приведена на рисунке 2.

При выполнении расчетов учитывались нагрузки согласно действующих норм [1] и [2]: собственный вес, ветровые нагрузки, нагрузки от надсильного здания (включая временные на

перекрытия, снеговые, ветровые и от скопления пыли), боковое давление клинкера с учетом отсутствия повышения давления при разгрузке для данных геометрических размеров [3], давление от криволинейности канатов при их натяжении [4].

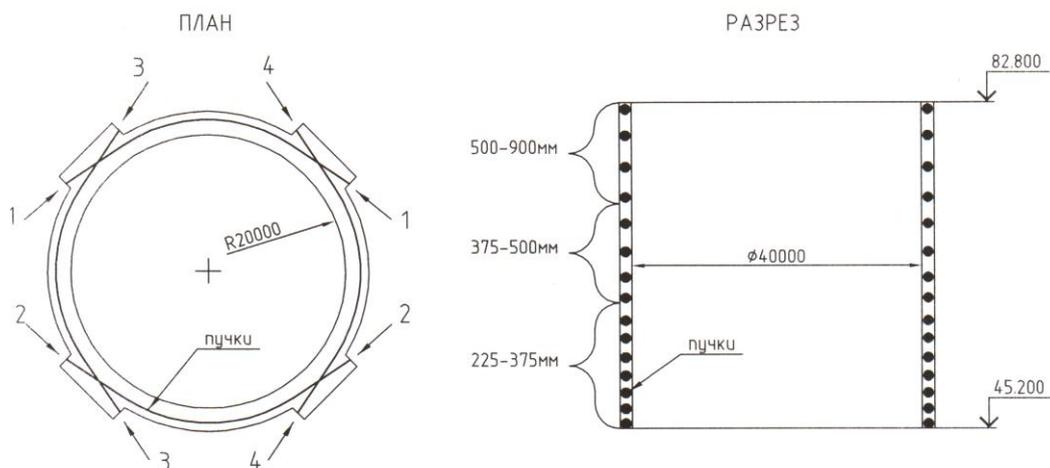


Рисунок 2 – Схема напрягаемого армирования

Статические расчеты проводились в пространственной постановке методом конечных элементов в программе SCAD Office для двух различных расчетных схем: схема I – до монтажа конструкций надсилосного здания и схема II - после монтажа конструкций надсилосного здания.

Распределение усилий в горизонтальных и вертикальных сечениях полностью соответствовало известному распределению для таких конструкций [3].

Вертикальные сечения (шириной равной толщине стены и высотой 1м) проверялись на прочность и трещиностойкость согласно требований [5] и [6] на действие кольцевых осевых растягивающих усилий, а также на действие изгибающего момента от разницы температур поверхностей стен. Площади поперечного сечения пучков и давление от криволинейности пучков усреднялись для элементов высотой 1м.

Горизонтальные сечения (шириной 1м и высотой равной толщине стены) проверялись на действие осевых сжимающих усилий и изгибающих моментов.

Бетонирование стен выполнялось с помощью автоматической скользящей опалубки с постоянным циклом работ по наращиванию арматурного каркаса и установке анкерных стаканов и каналобразователей. Монтаж канатов выполнялся после завершения бетонирования стен, поэтому к работам по установке каналобразователей и анкерных стаканов предъявлялись повышенные требования по отклонениям и герметичности соединений.

Первоначально планировалось натяжение каждого пучка с двух сторон. По предложению ООО «Следящие тест-системы», поддержанному ООО «ПроектСтройМост», было предложено для 75 процентов пучков выполнить натяжение с одной стороны, но с поочередной сменой «тяжного» конца по высоте.

При этом, как показали выполненные дополнительные расчеты, данное предложение позволяет не только уменьшить количество оборудования, одновременно используемого на площадке и сократить производственные потери времени на перестановках, но также учитывая возможность осреднения общего усилия обжатия в пределах высоты сечения 1м, позволяет получить более высокий уровень сжимающих напряжений в бетоне.

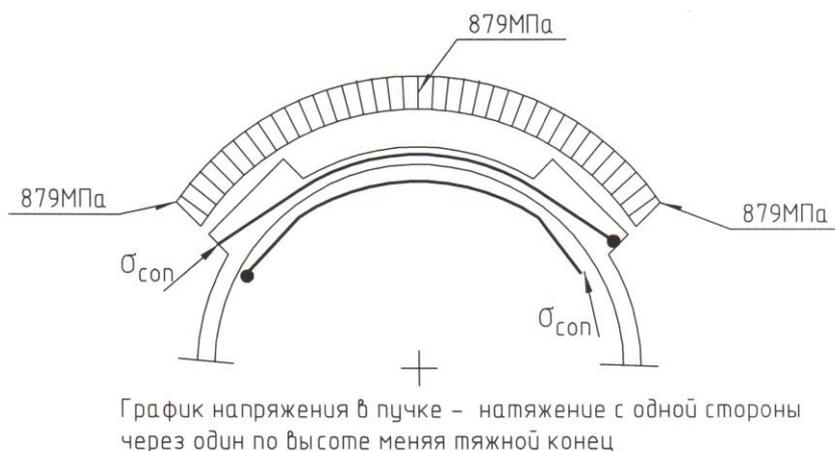
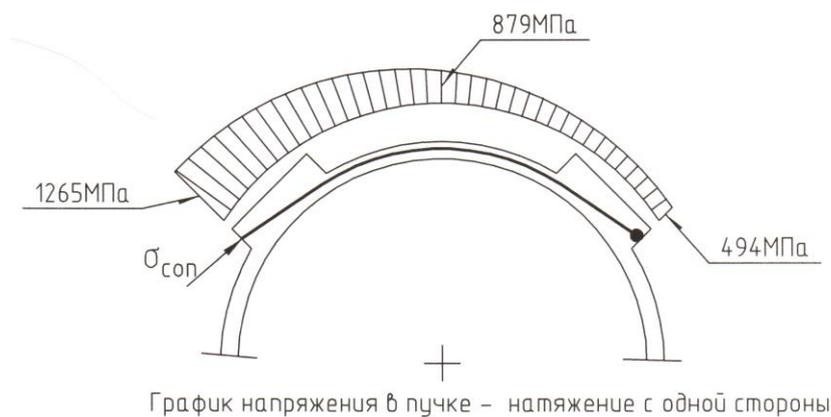
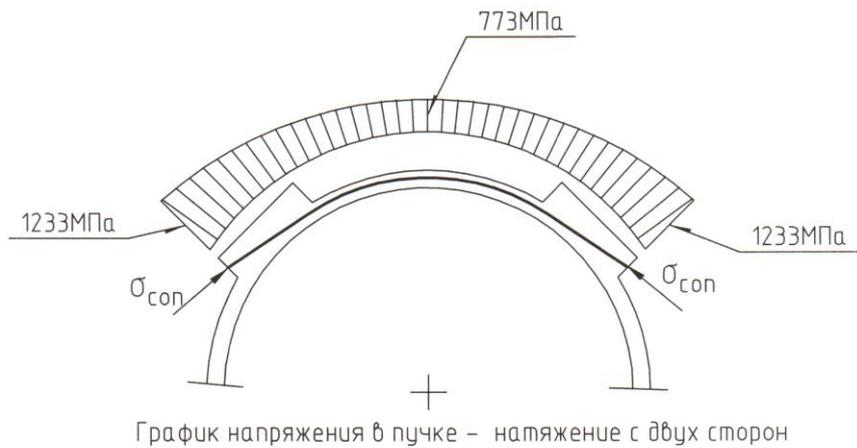


Рисунок 3 – Графики напряжений в канатах

На рисунке 3 приведены графики напряжений в канатах после прохождения всех потерь для осредненного сечения бетона высотой 1м. Для данной конструкции более выгодным вариантом натяжения является вариант натяжения пучков с одной стороны, но с поочередной

сменой тяжного конца по высоте. При таком методе натяжения в сечениях пучка в начале, в середине и в конце длины пучка получается напряжение после всех потерь 879МПа. В случае же натяжения одновременно с двух сторон в начале и в конце длины получается напряжение после всех потерь 1233МПа, но в середине 773МПа – что и взято равномерным в расчете трещиностойкости.

Таким образом, натяжение с одной стороны со сменой через один «тяжных» концов является более выгодным с точки зрения трещиностойкости – 879 МПа > 773 МПа. При этом, данный вывод относится только к участку конструкции где шаг пучков по высоте составляет менее 500мм – данное ограничение получено из статического расчета путем сравнения осевых усилий обжатия в сечениях на расстоянии более 3-х метров от мест анкеровки.

Для пучков расположенных с шагом более 500 мм натяжение было выполнено с двух сторон.

В заключении необходимо отметить, что применение монолитных железобетонных конструкций с натяжением арматуры «на бетон» в промышленных сооружениях будет с каждым годом только увеличиваться за счет большой программы строительства и реконструкции российских заводов по производству цемента. В настоящее время кроме вышеприведенного примера уже известно о законченном строительстве нескольких силосов различных типоразмеров с натяжением канатов «на бетон» при расширении завода в г.Коломне Московской области. Планируется возведение таких конструкций на целом ряде заводов в южной части России.

Список литературы:

1. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия.
2. СНиП 2.09.03-85 «Сооружения промышленных предприятий»
3. Латышев Б.В. Практические методы расчет железобетонных силосных корпусов. – 2-е изд., доп. и перераб.-Л.: Стройиздат.1985.-192с.ил.
4. Горюнов Б. Ф. Статически неопределимые конструкции из напряженного армированного бетона. Л. Госстройиздат 1957г. 208 с.
5. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
6. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции.