

Проектирование навеса над наземной станцией метро

Тисецкий Е.Н.

Научный руководитель – к.т.н. Зегировский А.И.

Белорусский национальный технический университет

В больших городах многих стран актуальной стала проблема развитие общественного транспорта, и в частности метро. В связи с развитием новых линий метро возникает потребность в строительстве наземных станций и пересадочных узлов. При проектировании наземных станций, несущий каркас достаточно часто изготавливают из металлических конструкций.

Станционный комплекс представляет собой единый объем сложной формы в плане с максимальными размерами – длиной 216,55 м и шириной 28,3 м. Фасады навеса представляют собой сложную конфигурацию переменной высоты. Объем станционного комплекса накрыт самонесущей архитектурно-декоративной структурной оболочкой. Оболочка состоит из сетчатой стержневой пространственной системы с покрытием из алюминиевых перфорированных панелей. Верх оболочки в максимальной точке – 18,475 м. Фасады навеса наземной станции представлены на рисунке 1

Параметры сооружения: ширина платформы – 19,1 м (5,35 м + 4,2 м + 4,2 м + 5,35 м; ширина навеса на уровне опор переменная – от 11.52 м до 14.22 м; отметка верха арки переменная от 16.015 м до 18.475 м. Поперечные арки, пространственная решетка и раскосы выполнены из круглых труб. Покрытие выполнено из флот-стекла толщиной $t=10$ мм по DIN 18008-1.

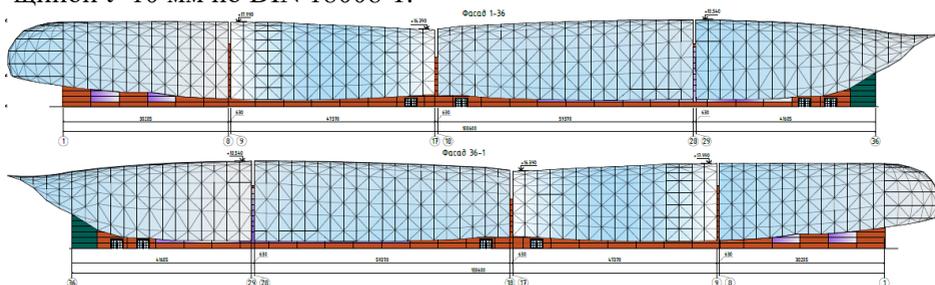


Рисунок 1 – Фасады «1-36» и «36-1» наземной станции метро

металлических конструкциях комплексной поставки. Схема расположения несущих опор наземной станции метро. Станция запроектирована отапливаемой.

Для расчета сетчатой оболочки навеса станции метро была разработана трехмерная модель сооружения, созданная в программном комплексе Dlubal Rfem 5.25. Так как сооружение состояло из четырех блоков, которые различались между собой линейными размерами, а узловые сопряжения во всех блоках были одинаковыми, то для подбора сечений элементов сетчатой оболочки и для расчета узлов, был выбран 3-й блок в осях «18-28» (рисунок 5).

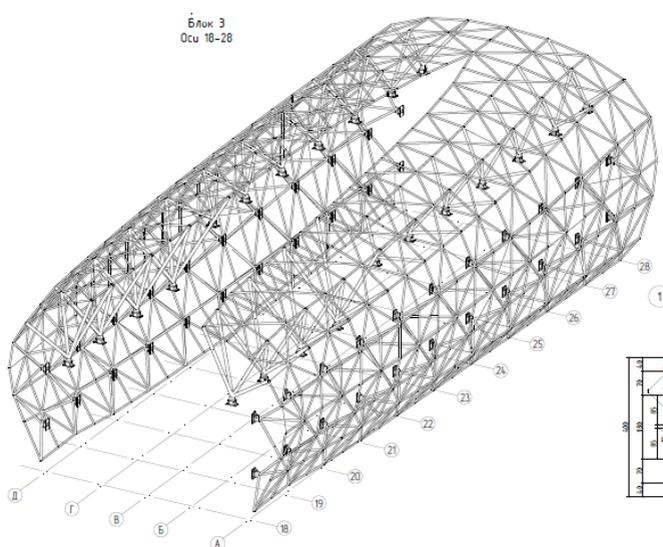


Рисунок 5 – Трехмерная модель сетчатой оболочки навеса 3-го блока наземной станции в осях «18-28».

Определение ветровых нагрузок осуществляется на основании СН 2.01.05-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия».

Район строительства г. Минск находится во 2-ом ветровом районе с базовым значением скорости ветра $V_{b,0} = 23 \text{ м/с}$.

Нагрузки на конструкцию навеса назначались согласно СН 2.01.04-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки».

Согласно карты снеговых районов, СН 2.01.04-2019, г. Минск находится в районе IV, отметка района строительства над уровнем моря $A=183,20$ м. Характеристическое значение снеговых нагрузок на грунт определяется по формуле:

$$Sk = 1,35 + 0,38 \cdot (A - 140) / 100 = 1,35 + 0,38 \cdot (183,20 - 140) / 100 = 1,51 \text{ кПа}$$

Согласно СН 2.01.04-2019 характеристическое значение снеговых нагрузок на покрытие определяется по формуле:

$$s = \mu \cdot Ce \cdot Ct \cdot sk$$

При определении снеговых нагрузок для неутеплённых покрытий при уклонах кровли свыше 3% и обеспечении надлежащего отвода талой воды допускается вводить понижающий коэффициент $Ct=0,8$. В остальных случаях $Ct=1,0$. При этом нагрузка sk должна составлять минимум 0,5 кПа;

Временная снеговая нагрузка для двухскатного покрытия может иметь два варианта загрузки согласно п.5.3.5 СН 2.01.04-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» (без учёта и с учётом заноса снега) (рисунки 6 и 7):

– вариант I



Рисунок 6 – 1 случай загрузки снеговой нагрузки $s=0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,51=1,21$ (кПа)

– вариант II

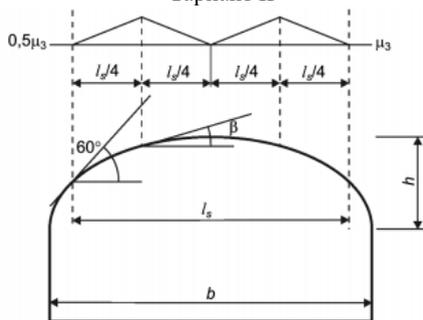


Рисунок 7 – 2 случай загрузки снеговой нагрузкой

Для определения внутренних усилий в стальных элементах фрагмента сетчатой оболочки навеса станции метро была разработана трехмерная модель сооружения, созданная в программном комплексе *Dlubal Rfem 5.25* (рисунок 8).

Статический расчет каркаса навеса выполнялся на следующие воздействия: постоянная нагрузка от собственного веса конструкций; постоянная нагрузка от кровельного покрытия; различные варианты ветра вдоль буквенных и вдоль числовых осей; снег на скате №1 и снег на скате №2.

При расчете несущих конструкций по предельному состоянию несущей способности (ULS/ПС1) согласно национальному приложению к ТКП EN 1990 приняты формулы 6.10(a), 6.10(b). При расчете несущих конструкций по предельному состоянию эксплуатационной пригодности (SLS/ПС2) принималось: а) характеристическое сочетание (RAR); б) Частое сочетание (FRE); в) Практически постоянное сочетание (QPR).

В результате были сгенерированы сочетания заданных загрузок: 1. SLS (ПС2) и 2. ULS (ПС2)

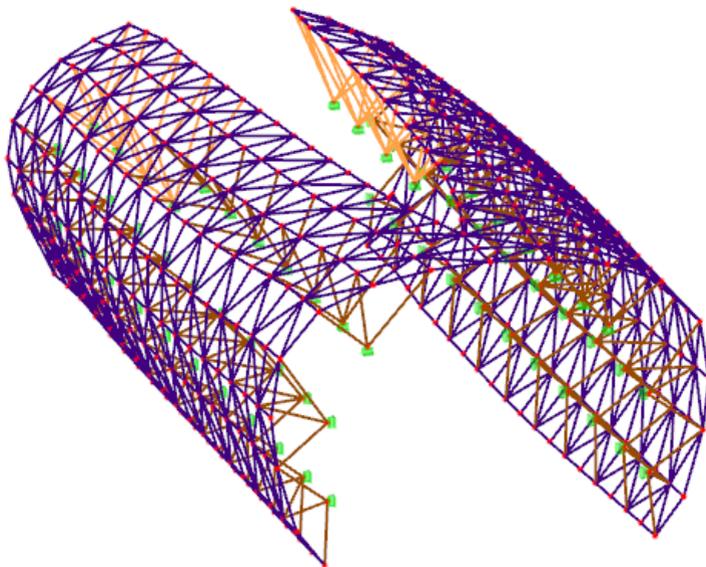


Рисунок 8 – Расчетная модель сетчатой оболочки навеса станции метро

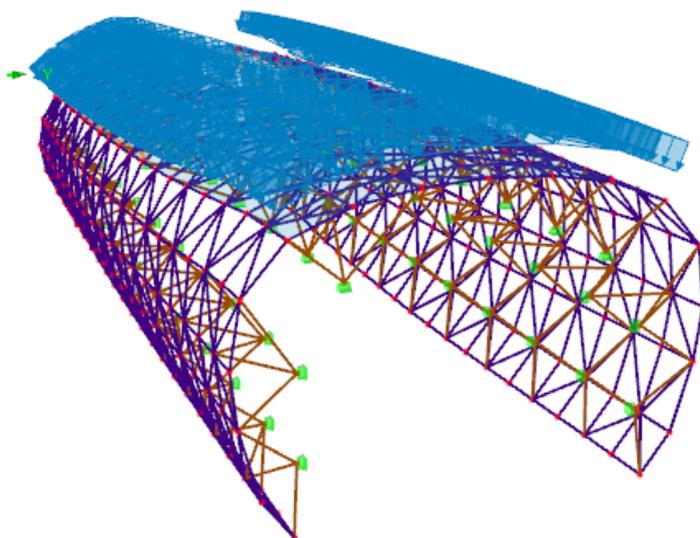


Рисунок 9 – Временная нагрузка от снега (I случай)

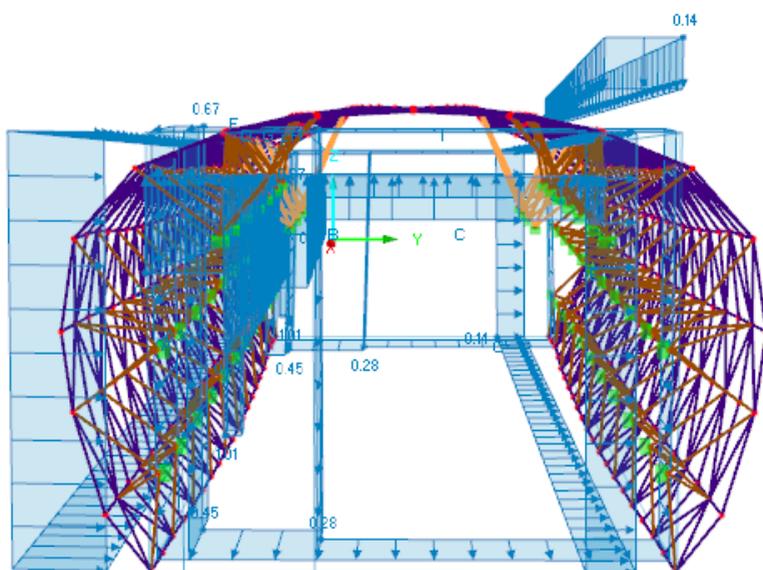


Рисунок 10 – Ветровая нагрузка вдоль цифровых осей (Y)

Расчёт узлов крепления металлических подкосов и распорок односетчатой оболочки навеса выполнялся в программном комплексе Idea StatiCa 21.1. На рисунке 11 представлена модель узла крепления подкосов к бетонному основанию. На рисунке 12 представлена схема распределения напряжений в узле крепления подкосов к бетонному основанию.

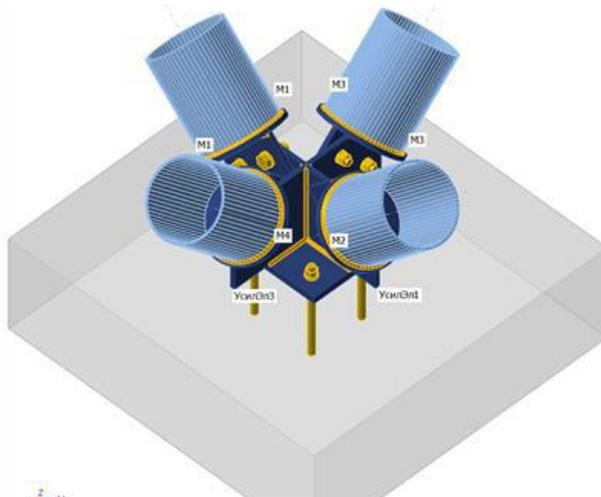


Рисунок 11 – Узел крепления подкосов к бетонному основанию

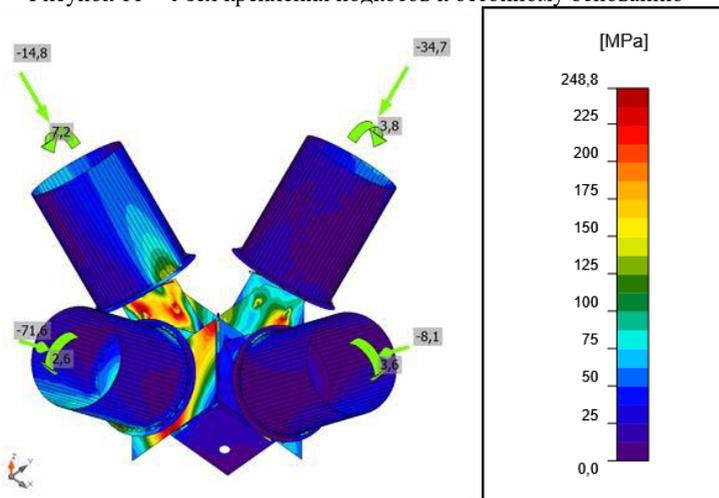


Рисунок 12 – Схема распределения напряжений в узле крепления подкосов к бетонному основанию

На рисунке 13 представлена модель узла крепления вертикальных распорок к бетонной стенке. На рисунке 14 представлена схема распределения напряжений в вертикальных распорках.

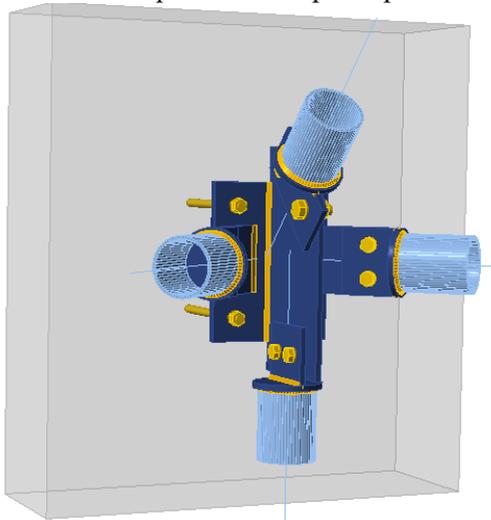


Рисунок 13 – Узел крепления вертикальных распорок к бетонной стенке

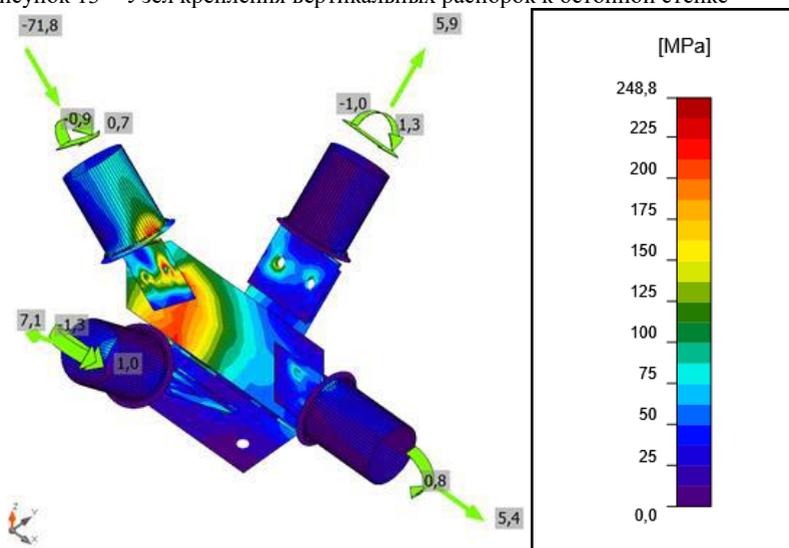


Рисунок 14 – Схема распределения напряжений в вертикальных распорках

На рисунке 15 представлен узел крепления ригеля покрытия к вертикальной распорке. На рисунке 16 представлена схема распределения напряжений в узле крепления ригеля покрытия к вертикальной распорке.

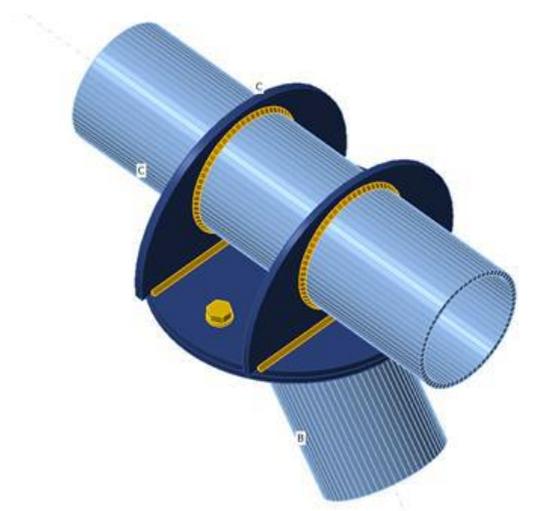


Рисунок 15 – Узел крепления ригеля покрытия к вертикальной распорке

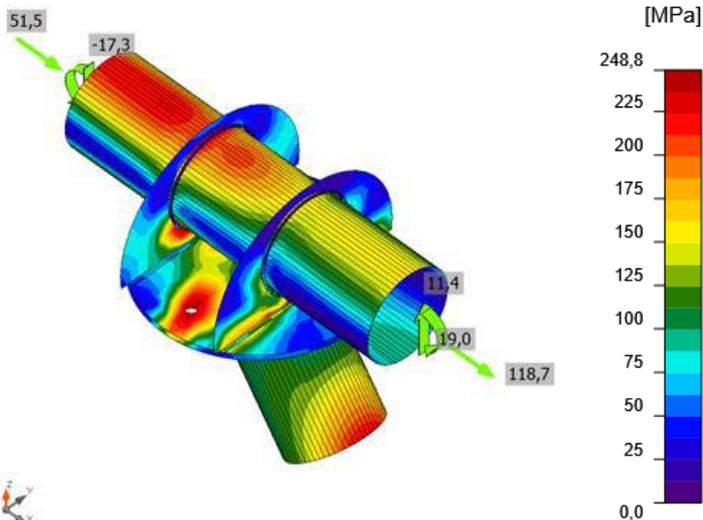


Рисунок 16 – Распределение напряжений в узле крепления ригеля покрытия к вертикальной распорке

Для соединения стальных элементов принималась полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа и сварной проволокой СВ-08Г2С (d=1,4-2,0 мм).

Список использованных источников

1. СН 2.01.04-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Снеговые воздействия».
2. СН 2.01.05-2019 «Воздействия на конструкции. Общие воздействия. Ветровые воздействия».
3. СП 5.04.01-2021 «Стальные конструкции».
4. СП 1.03.08-2023 «Сварочные работы. Контроль качества работ».
5. ТКП 45-5.04-121-2009 «Стальные строительные конструкции. Правила изготовления».