



УДК 69.04

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС MIDASGTSNX В РАСЧЕТЕ НАПРЯЖЕННО ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОСНОВАНИЕ-СООРУЖЕНИЕ

Роман Виталиевич Бурцев

студент

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Андрей Вадимович Манухин

ООО «Простор-Л»

E-mail: roburtsev@mail.ru, stal-met@mail.ru

Аннотация

Сложная конфигурация надземных и подземных частей сооружений, сложные инженерно-геологические условия и многофакторность решаемых задач предполагает расчет НДС оснований сооружений проводить, преимущественно, с помощью программных комплексов, реализующих МКЭ или МКР.

Данная работа представляет собой стадийный расчет системы «основание-сооружение» с учетом взаимного влияния близ расположенных условных секций с использованием модели грунта Мора-Кулона в программном комплексе MidasGTSNX.

Ключевые слова: Midas GTS NX, система «основание-сооружения», модель Мора-Кулона, модуль общей деформации, коэффициента Пуассона, сцепление грунта, угол внутреннего трения, вертикальные перемещения, горизонтальные перемещения.

MIDAS GTS NX SOFTWARE PACKAGE FOR CALCULATING THE STRESS-STRAIN STATE OF A BASE-STRUCTURE SYSTEM

Roman V. Burtsev

student

Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering

Andrei V. Manukhin

ООО «Prostor-L»

E-mail: roburtsev@mail.ru, stal-met@mail.ru

ABSTRACT

The complex configuration of the above-ground and underground parts of structures, complex engineering and geological conditions and the multifactorial nature of the tasks to be

solved involves calculating the VAT of the foundations of structures mainly using software systems that implement FEM or MKR.

This work is a stage-by-stage calculation of the "base-structure" system taking into account the mutual influence of adjacent conventional sections using the Mora-Coulomb soil model in the Midas GTS NX software package.

Keywords: Midas GTS NX, base-structure system, Mora-Coulomb model, modulus of general deformation, Poisson's ratio, soil adhesion, angle of internal friction, vertical displacements, horizontal displacements.

Цель всей работы – создание инструмента, позволяющего принимать обоснованные решения при разработке ППР (проекта производства работ) при строительстве многосекционных монолитных жилых зданий.

Традиционно, без учета очередности возведения секций и этажей задача вычисления осадок ставится следующим образом: полностью построены невесомые секции, затем «включаются» силы тяжести, конструкции обретают вес. Из этих условий и выполняется расчёт.

В том случае, когда влияние собственного веса на напряженно-деформированное состояние конструкций и основания сравнительно невелико (понятие «невелико», конечно же требует отдельного анализа, не является предметом настоящей работы, и поэтому остаётся за скобками), такой подход к решению задачи может быть правомерен.

Однако в случае монолитных железобетонных конструкций жилых зданий нагрузка от собственного веса несущего каркаса может создавать около половины от полных усилий и напряжений. А в этом случае, как показывает практика расчётов, пренебрежение последовательностью возведения может привести к значительным погрешностям в определении напряженно-деформированного состояния системы основание – верхнее строение.

Поэтому в первом, самом грубом приближении задача ставится так:

- а) возведена первая секция, «включены» силы тяжести, вычислены перемещения;
- б) рядом возведена точно такая же вторая секция, «включены» силы тяжести, вычислены перемещения первой и второй секций.

При этом перемещения первой секции складываются из перемещений, вычисленных в п. а), и перемещений вычисленных в п. б).

Для того, чтобы упростить возможность анализа результатов, грунтовое основание принято однородным в плане. Кроме того, вычислены предварительно и не учитываются в дальнейшем осадки от собственного веса грунта.

Наиболее используемые модели для расчета оснований:

1. Модель местных упругих деформаций и ее вариации
2. Линейно-упругая модель
3. Идеально-упругопластичная модель с критериями прочности по Мору-Кулону
4. Модифицированная упруго-пластичная модель с критерием прочности по Кулону-Мору или модель упрочняющегося грунта
5. Модель «слабого» грунта с учетом ползучести

Моделирование и определение перемещений производится в программном комплексе MidasGTSNX. Программа реализует все выше представленные модели для расчета оснований и дает возможность выполнение расчетов с учетом поэтапности возведения, что являлось важным при выборе программного продукта.

Задействованная в расчете идеально-упругопластичная модель Мора-Кулона использует модель линейно деформируемого пространства для описания поля деформаций и условие прочности Кулона для предельного состояния. При

возникновении в массиве точки предельного равновесия там развиваются пластические деформации.

Критерий прочности Мора-Кулона представляет собой зависимость касательных напряжений материала от величины приложенных нормальных напряжений:

$$\tau = \sigma \tan(\varphi) + c \quad (1)$$

где τ – величина касательных напряжений;

σ – величина нормальных напряжений;

φ – угол внутреннего трения;

c – сцепление грунта.

Модель требует определения модуля общей деформации, коэффициента Пуассона, сцепления и угла внутреннего трения. В данном расчетном случае принимаются супеси твердые [2] ($E = 21000 \text{ кН} / \text{м}^2$, $\nu = 0,35$, $c = 133 \text{ кН} / \text{м}^2$, $\varphi = 31^\circ$).

Расчет в программном комплексе Midas GTS NX выполняем в три стадии:

1. Грунт с учетом собственного веса и ограничением перемещений в заданной области массива, последующее обнуление перемещений.

2. Постановка секции 1.

3. Постановка секции 2.

Толщина созданного массива, в пределах которого происходят все действующие перемещения, определяется исходя из вычисленной глубины сжимаемой толщи в области максимальных значений деформаций грунта (между секциями) [1]. В таблице представлены рассчитанные величины вертикальных напряжений от собственного веса грунта и внешних нагрузок методом послойного суммирования.

Вертикальные напряжения от собственного веса грунта и внешних нагрузок

$h, \text{ м}$	$\sigma_{zg}, \text{ кПа}$	$\sigma_{zp}, \text{ кПа}$
5	113,7	179,4
10	227,4	169,73
14	341,1	158,96

Нижнюю границу сжимаемой толщи основания принимают на глубине $z = H_c$, где выполняется условие $\sigma_{zp} = 0,5\sigma_{zg}$. При этом глубина сжимаемой толщи не должна быть меньше H_{\min} , равной $(4 + 0,1b)$ при $10 < b \leq 60 \text{ м}$ [1].

Толщину созданного массива в программном комплексе принимаем $H_c = 14 \text{ м}$. Габариты условных секций – $h = 73 \text{ м}$, $b = 17 \text{ м}$, $l = 50 \text{ м}$. Размер деформационного шва – $l_{ш} = 0,5 \text{ м}$.

Расчетная модель в программном комплексе Midas GTS NX представлена на рисунке 1. Полученные значения вертикальных перемещений tz , горизонтальных перемещений у верха секции ty , горизонтальных перемещений у верха секции tx представлены на рисунках 2–4. Общая деформированная схема представлена на рисунке 5.

Осадка, полученная методом послойного суммирования первой секции с учетом взаимного влияния второй секции в области деформационного шва:

$$s = \beta \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,icp} \cdot h_i}{E_i} \quad (2)$$

где β – безразмерный коэффициент, равный 0,8;

$\sigma_{zp,icp}$ – среднее значение вертикального нормального напряжения, кПа;

h_i – толщина i -гослоя грунта, см, принимаемая не более 0,4 ширины фундамента;

E_i –модуль деформации i -го слоя грунта по ветви первичного нагружения, кПа.

$$s = \frac{0,8}{21000} \cdot 3158,94 = 0,12(м) = 12(см)$$

Величины перемещений tz , полученных в программном комплексе (рис.2) и посчитанных методом послойного суммирования расходятся незначительно.

Стоит отметить характер однонаправленности перемещений секций, который наблюдается на рисунках 2,3и 5. Данный результат связан с уменьшением деформативности грунта после первого нагружения (постановки секции 1), вызванным появлением массовых сил, в рассматриваемом случае – сил тяжести, и как следствие уклон второй секции в сторону более «слабого» грунта.

Программный комплекс MidasGTSNX, использующий МКЭ, предполагающий возможность выполнения постадийных расчетов, а также не мало важным является учет снижения деформативности грунта после нагружения [3], позволяет получать наиболее точные значения перемещений. В дальнейших исследованиях планируется усложнение модели, разделение каждой секции по высоте на несколько ярусов и рассмотрение вариантов последовательности возведения секций.

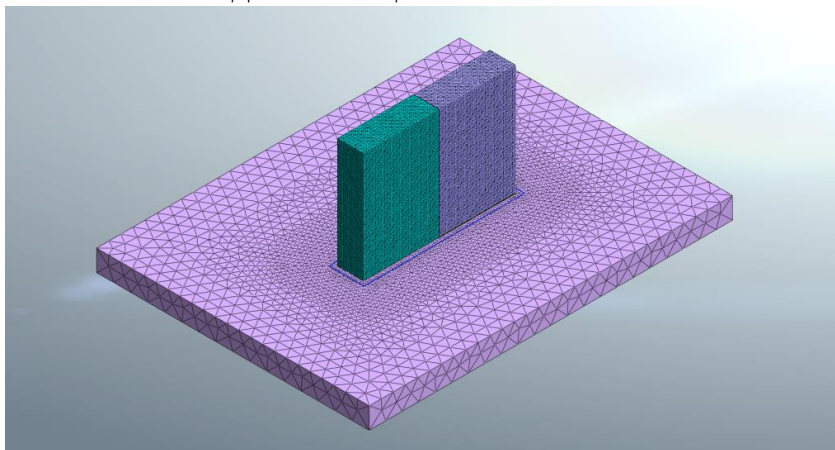


Рисунок 1. Расчетная модель в программном комплексе MidasGTSNX

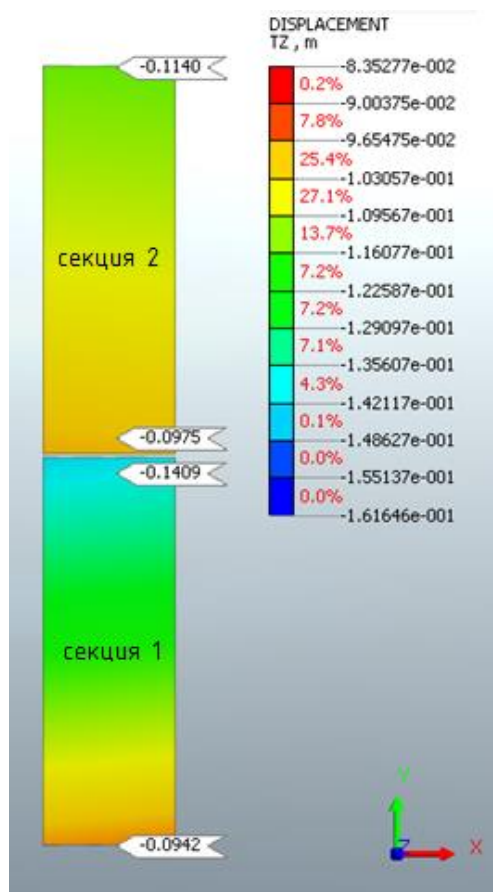


Рисунок 2. Вертикальные перемещения t_z

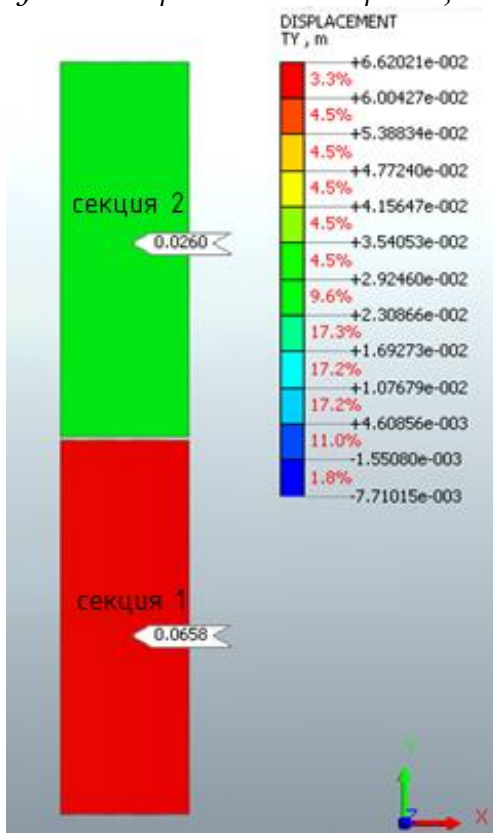


Рисунок 3. Горизонтальные перемещения у верха секций t_y

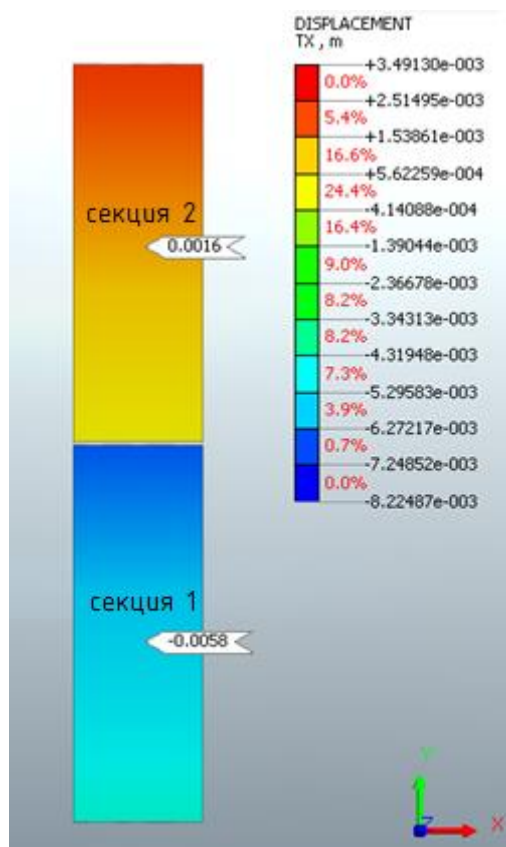


Рисунок 4. Горизонтальные перемещения у верха секций tx

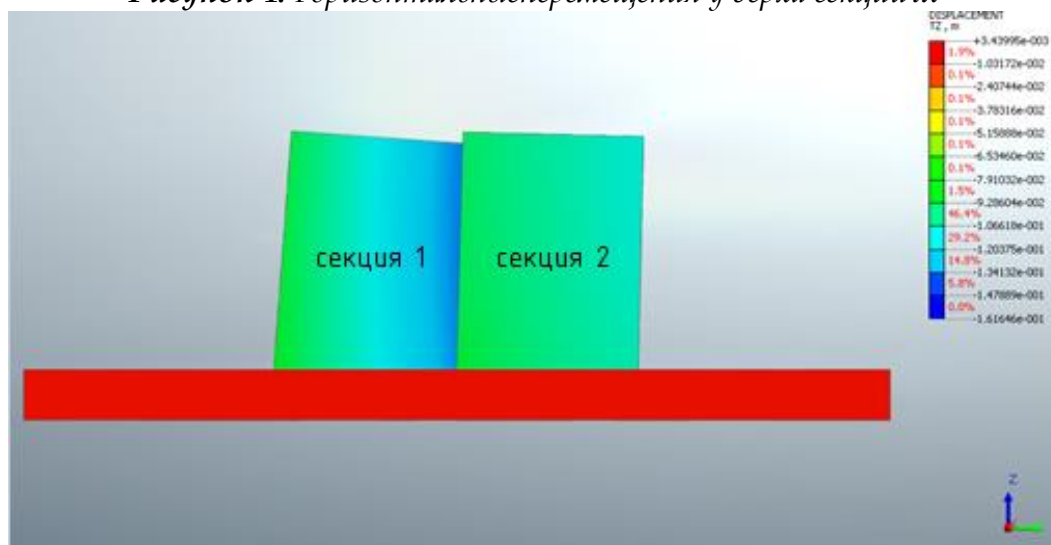


Рисунок 5. Деформированная схема

Список литературы

1. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений. Актуализированная редакция СНиП 2.02.01-83*. – М.: Минрегион России, 2010. – 166 с.
2. ГОСТ 25100–2011. Грунты. Классификация. – Введ. 2013-01-01. – М.: Технорматив, 2013. – 38 с.
3. Пронозин Я.А., Наумкина Ю.В., Рачков Д.В. Уточненный метод послойного суммирования для определения осадки плитных фундаментов // Академический вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН – 2015. – №3. – С. 131-139.

Refernces

1. SP 22.13330.2011. Foundations of buildings and structures. Updated edition SNiP 2.02.01-83*. – М.: Ministry of Regional Development of Russia, 2010. – 166 p.
2. GOST 25100-2011. Soils. Classification. –Enter. 2013-01-01.–М.: Techno-normative, 2013 .– 38 p.
3. Pronosin Y. A., Naumkina Yu. V., Rachkov D. V. The refined method of layer-by-layer summation to determine the settlement of slab foundations // Academic Bulletin URALNIIPROEKT RAASN -2015.-№. 3.-P. 131-139.