

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

МІСТОБУДУВАННЯ ТА ТЕРИТОРІАЛЬНЕ ПЛАНУВАННЯ

Науково-технічний збірник

Заснований у 1998 році

Випуск №47

ЗМІСТ

Василенко Л.Г. Професор Чепелик Віктор Васильович	3
Кушніренко М.М., Іносова Т.Ю., Кравчук О.А. До 30-річного ювілею кафедри містобудування Київського національного університету будівництва і архітектури	5
Дьомін М.М. Громадська роль і професійна відповідальність містобудівної діяльності в умовах трансформації соціально-демографічних структур і суспільної свідомості населення міст України на початку ХХІ століття	16
Айлікова Г.В., Янчук В.В., Горковчук Д.В., Кравченко Ю.В., Сингаївська О.І. Структура та принципи побудови каталогу класів об'єктів профільних наборів геопросторових даних містобудівної документації	27
Айлікова Г.В., Янчук В.В. Система класифікації та умовних позначень об'єктів для містобудівної документації	37
Азари Аліреза Архитектурное проектирование многоэтажных жилых домов в условиях повышенной сейсмичности г. Тегеран	47
Антипенко Є.Ю. Класифікаційна схема характеристик організаційно-технологічного планування діяльності будівельних підприємств	57
Апостолова-Сосса Л.О., Маляр В.М. Динаміка розвитку економіки міста Києва за період 1995-2011 роки	62
Арутюнян І.А. Организация строительного производства на базе современных подходов	67
Банах В.А. Адекватность расчетных моделей зданий и сооружений и их аккомодация к экспериментальным данным	75
Барабаш М.С., Гензерский Ю.В. Компьютерное моделирование процессов жизненного цикла конструкций	83
Берлог А.И. Усовершенствование транспортно планировочной организации пересадочных узлов на метрополитене. (на примере г. Киев)	90
Бобраков А.А. Урахування можливої зміни властивостей матеріалів при формуванні організаційно-технологічних рішень в будівництві	101
Богданов С.С. Аналіз впливу вібрацій на стійкість системи штатив-тахеометр	106
Бондар О.А., Лаврухіна К.О. Обґрунтування доцільності управлінських процесів в маркетинговій системі з позиції прикладної геометрії	111

УДК 004.946:624.03

к.т.н., доцент Барабаш М.С.,

Гензерский Ю.В., «ЛИРА САПР», г. Киев

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА КОНСТРУКЦИЙ

Рассмотрены объекты строительства по функциональному назначению и проанализирован опыт информационного сопровождения жизненного цикла объектов строительства с использованием многовариантного моделирования.

Ключевые слова: компьютерные технологии, автоматизированное проектирование, информационная модель здания, параметрическое моделирование, жизненный цикл

Непрерывно увеличивающаяся мощность современных компьютеров (быстродействие, память, операционные среды) и современные фундаментальные методы строительной механики (метод конечных элементов, методы решения геометрически и физически нелинейных задач, нелинейная динамика и др.) создают предпосылки для компьютерного моделирования процессов жизненного цикла конструкций. Если в докомпьютерный период инженер-конструктор оперировал с расчетными схемами и, по сути, в его задачу входило определить напряженно-деформированное состояние (НДС) конструкции, соответствующее принятой расчетной схеме, то сейчас имеется возможность проводить компьютерное моделирование различных процессов:

- процесса возведения, когда НДС определяется для всех последовательно изменяемых конструктивных схем, соответствующих этапам возведения, и модель возведенной конструкции «хранит память» об истории ее возведения;

- процесса нагружения, когда, например, для железобетонных конструкций имеется возможность проследить начальные стадии линейно-упругой работы конструкции, стадии последовательного образования и развития трещин в бетоне, стадии развития пластических деформаций в сжатом бетоне и растянутой арматуре, стадии, непосредственно предшествующие разрушению, а также возможную полную или частичную разгрузку на любой из этих стадиях и дальнейшее нагружение;

- реологических процессов изменения НДС конструкции при длительном нагружении, связанных с ползучестью и изменением свойств материалов во времени;

- динамических процессов, в том числе для нелинейных систем, когда моделирование во времени динамического воздействия (на основе методов прямого интегрирования) дает возможность проследить

включение и выключение односторонних связей, раскрытие и закрытие трещин и многие другие эффекты;

- процессов «приспособляемости» конструкции при «форс-мажорных» аварийных ситуациях, когда при внезапном выходе из строя одного или нескольких элементов конструкция старается приспособиться к новой ситуации, изменив (иногда за счет потери эксплуатационных качеств) свою первоначальную конструктивную схему, но не допустив разрушения всего сооружения.

Особенности моделирования подобных процессов и возможности современных программных средств, используемые при этом, проиллюстрируем на примерах решения реальных задач из проектной практики, выполненных на основе применения программного комплекса ЛИРА-САПР [1].

1. Моделирование процесса возведения мембраны большепролетного покрытия

Приведем пример компьютерного моделирования процесса возведения большепролетной (200 м × 110 м) мембраны (рис. 1.1).

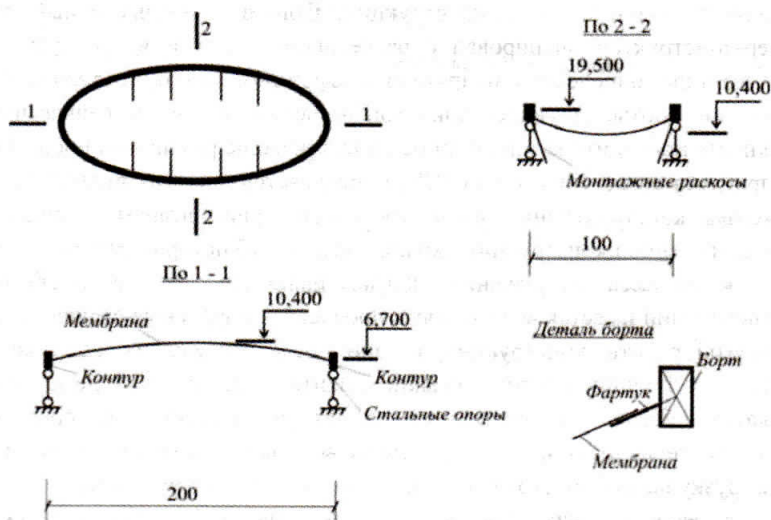


Рис. 1.1. Конструкция мембранного покрытия (размеры даны в метрах).

Стальная мембрана толщиной 6 мм опирается на бортовой элемент прямоугольного сечения, окаймленный стальным коробом, который в дальнейшем поэтапно заполняется железобетоном. По контуру борт

опирається на шарнірні опори из сталевих труб. Для придання бóльшої жорсткості бортовий елемент стягується канатами, лежачими на мембрані і розположеними вздовж довгої сторони мембрани.

Комп'ютерне моделювання було проведено з допомогою програмного комплексу ЛІРА і включало наступні стадії:

Стадія 1



Монтується колонни, коробка борта, фартук, раскосы. Расчет выполняется в линейно-упругой стадии на нагрузку собственного веса установленных элементов.

Стадія 2



Монтується поперечна постель, замоноличується перший шар борта. Сталеві полоси постели моделюються геометрично нелінійними розтягнутими стержнями. Бортові елементи моделюються фізично нелінійними сжато-ізогнутими стержнями. Учитывається значительное кручение бортового элемента, вызванного усилиями от навешиваемой постели. Расчет выполняется шаговым методом в физически и геометрически нелінійной постановке. Дополнительная нагрузка – собственный вес постели и замоноличенной части бортового элемента.

Стадія 3



Монтується продольна постель, полностью замоноличується бортовий елемент. Схема расчета аналогична стадии 2.

Стадія 4



Монтується мембрана. Мембрана моделюється чотирикутними і трикутними геометрично нелінійними кінцевими елементами мембрани. Расчет выполняется в физически и геометрически нелінійной постановке. Дополнительная нагрузка – собственный вес мембраны.

Стадія 5



Монтується і преднапрягаються уложенные поверх мембрани канати. Расчет выполняется в физически и геометрически нелінійной постановке. Нагрузка –

собственный вес канатов и усилия преднапряжения. Преднапряжение моделируется специальным элементом – «форкопф». Учитывается проскальзывание канатов в узлах опирания на мембрану.

Стадия 6

Демонтируются раскосы. Расчет выполняется в физически и геометрически нелинейной постановке на нагрузку, соответствующую усилиям в демонтируемых раскосах.

Дальнейший расчет на расчетные сочетания эксплуатационных нагрузок (снег, ветер, собственный вес кровли) выполняются не с «нулевого» НДС смонтированной конструкции, а с НДС, соответствующего последней (шестой) стадии монтажа.

На рисунках 1.2...1.4 приведены некоторые иллюстрации расчетной схемы и результатов расчета.

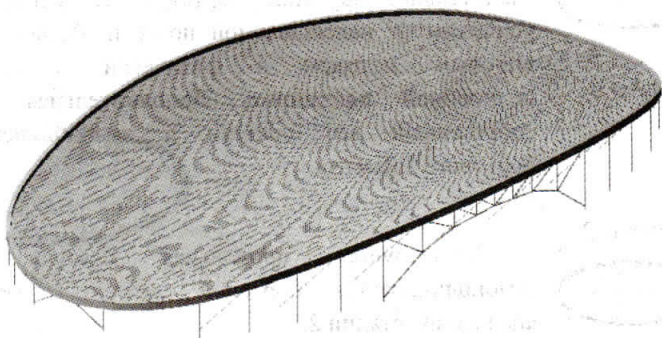


Рис. 1.2. Общий вид расчетной схемы на эксплуатационной стадии.

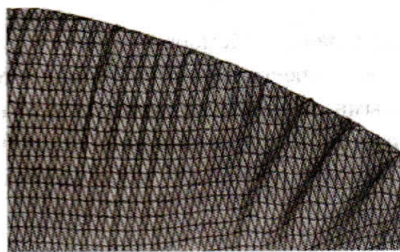


Рис. 1.3. Форма потери местной устойчивости мембраны в околоконтурной зоне.

Максимальное напряжение - 10
Эпора My
Единицы измерения - Гн

z
Максимальное усилие - 784.01
Минимальное усилие - 688.58

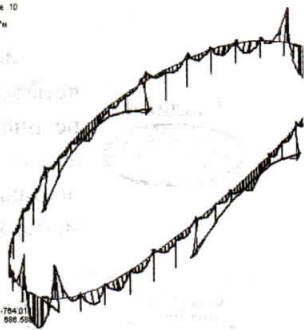


Рис. 1.4. Эпора изгибающих моментов в элементах опорного контура.

2. Моделирование процесса устройства котлована со шпунтовым ограждением

Котлован шириной 20 м и глубиной 10 м (рис. 2.1) возводится в грунтовом массиве, включающем три слоя:

1 слой – насыпной: $E=800 \text{ т/м}^2$; $\nu=0.3$; $\gamma=1.6 \text{ т/м}^3$; $c=0.1 \text{ т/м}^2$;
 $\varphi=30^\circ$;

2 слой – песок: $E=3000 \text{ т/м}^2$; $\nu=0.3$; $\gamma=1.7 \text{ т/м}^3$; $c=0.1 \text{ т/м}^2$;
 $\varphi=34^\circ$;

3 слой – глина: $E=2000 \text{ т/м}^2$; $\nu=0.33$; $\gamma=1.7 \text{ т/м}^3$; $c=0.8 \text{ т/м}^2$;
 $\varphi=29^\circ$.

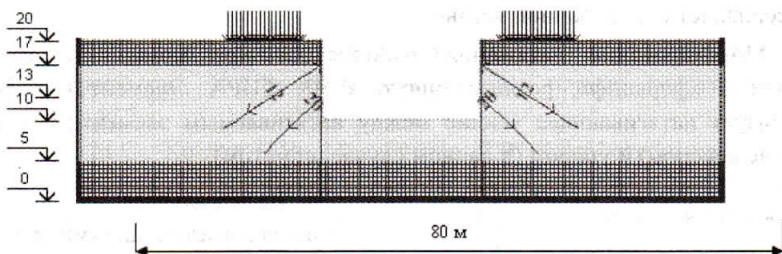


Рис. 2.1. Схема котлована, шпунтового ограждения, анкеров и грунтового массива.

Жесткость шпунтового ограждения длиной 15 м – $EF=1,2 \times 10^6 \text{ т/п.м.}$;
 $EI=1,24 \times 10^4 \text{ тм}^2/\text{п.м.}$

Верхний анкер длиной 10,8 м устанавливается под углом 30° и имеет жесткость $EF=8 \times 10^3 \text{ т}$. Величина натяжения верхнего анкера – 12 т. Нижний анкер длиной 5,6 м устанавливается под углом 45° , имеет жесткость $EF=8 \times 10^3 \text{ т}$. Величина натяжения нижнего анкера – 20 т.

Эксплуатация котлована производится в три этапа:

- выемка грунта до отм. -3.0 м;
- выемка грунта до отм. -7.0 м;
- выемка грунта до отм. -10.0 м.

Задача решена в плоской постановке, хотя программные комплексы PLAXIS, STARK и ЛИРА допускают трехмерную постановку.

Компьютерное моделирование процесса возведения котлована и шпунтового ограждения включало следующие стадии:

1. Определение НДС грунтового массива с учетом нагрузки на поверхности грунта.
2. Установка шпунтового ограждения и экскавация грунта до отм. -3.0 м.
3. Установка верхнего анкера и его натяжение на 12 т.
4. Экскавация котлована до отм. -7.0 м.
5. Установка нижнего анкера и его натяжение на 20 т.
6. Экскавация котлована до отм. -10.0 м.

На каждой стадии определялось НДС для грунтового массива, шпунтового ограждения и анкеров. НДС предыдущей стадии являлось стартовой для расчета на следующей стадии. Расчет проводился с учетом физико-механических свойств грунта (грунт работает только на сжатие, ветвь разгрузки не совпадает с нагрузочной ветвью).

Моделирование натяжения выполнялось при помощи специального элемента «форкопф», реализованного в ПК ЛИРА. Элемент (см. рис. 2.2) реализует натягивающее усилие между натягиваемым элементом (в данном случае анкером) и упором (в данном случае шпунтом).

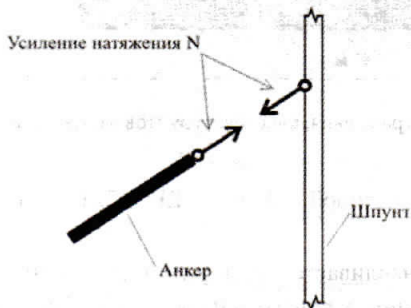


Рис. 2.2. Схема модели натяжения анкера

Натягивающее усилие прикладывается частями (на каждом этапе расчета использовался шаговый метод) до тех пор, пока растягивающая сила в анкере не достигнет заданной величины.

Моделирование процесса натяжения учитывает податливость грунта в месте анкеровки и податливость шпунта, обусловленную деформацией самой конструкции и обжатием грунта.

На основе исследования НДС грунта на каждой стадии экскавации котлована можно получать изополя сдвигающих усилий, на основании чего строить линии скольжения и судить об устойчивости склона.

Изополя предельных напряжений сдвига представлены на рис. 2.3.

Окончательное напряженное состояние конструкции шпунта и анкеров представлено на рис. 2.4.



Рис. 2.3. Предельные напряжения сдвига (коэффициент запаса устойчивости $K_u=2$)

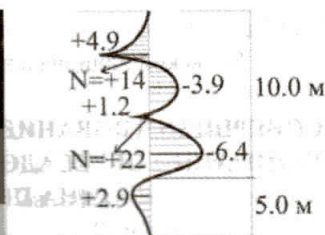


Рис. 2.4. Эпюра изгибающих моментов в шпунтовом ограждении (тм) и усилия в анкерах (т).

Ета інформація може okazaється корисною при визначенні стійкості схилу, підпертого шпунтом з анкерами.

Список литературы

1. А.С.Городецкий, И.Д.Евзеров. Компьютерные модели конструкций. – М.:АСВ, 2009. – 357 с.
2. Барабаш М.С., Козлов С.В., Медведенко Д.В. Комп'ютерні технології проектування металевих конструкцій (ГрифМОН України. Лист № 1/11-1378 від 18.02.11 р.). – К.:НАУ, 2012. – 572 с.

Анотация.

В статті розглянуто об'єкти будівництва за функціональним призначенням та проаналізовано досвід в інформаційному супроводі життєвого циклу об'єктів будівництва з використанням багатоваріантного моделювання.

Abstract.

The article is considered construction sites for functionality and the experience in information support of the life cycle of construction projects using multivariate modeling.