



КОШЕЛЄВА НІНА МИКОЛАІВНА

Кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу основ і фундаментів та захисту територій будівель і споруд від деформацій в складних інженерно-геологічних умовах Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій".

Основні напрями наукової діяльності: розробка просторових моделей висотних будинків при взаємодії з основою, моніторинг основ і фундаментів висотних будинків.

Автор 20 наукових робіт.

E-mail: adm-inst@ndibk.kiev.ua

УДК 624.131.381

ПРОЕКТИРОВАНИЕ УДЕРЖИВАЮЩИХ СТЕНОК ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ТЕРРИТОРИЙ

Ключові слова: зв'язні ґрунти, одноплосинне зрушення, пенетрація, кут внутрішнього тертя, питоме зчеплення, взаємозв'язок

Наведені результати чисельних досліджень утримуючих стінок з фундаментом дрібного закладення й на палях. Виконаний раціональний вибір утримуючих стінок з монолітного залізобетону для двох варіантів планування територій.

Приведены результаты численных исследований удерживающих стенок с фундаментом мелкого заложения и на сваях. Выполнен рациональный выбор удерживающих стенок из монолитного железобетона для двух вариантов планировки территорий.

There are results of numeral researches of retaining walls with shallow foundation and on piles. Rational choice of retaining walls of monolithic reinforced concrete is realized for two variants of territory planning. The results of calculations include distribution of stiffness to load-bearing structures in lateral and longitudinal directions and at the angles of the retaining wall. It is necessary to realize similar numerical research for the selection of reliable and economical structural design of retaining walls in other engineer-geological conditions of the onstruction site.

При подготовке территорий к строительству, особенно в условиях сложной пересечённой местности, возникает необходимость устройства удерживающих сооружений.

Для организации перепадов планировки по вертикали, как вариант, применяют удерживающие стенки из монолитного железобетона. Рациональный выбор удерживающей стенки заключается в экономии расхода бетона и арматуры, а также в уменьшении трудозатрат при производстве работ.

С этой целью выполнены численные исследования различных вариантов удерживающих стенок при двух вариантах инженерно-геологических условий. Расчеты выполнены на стадии проектирования с использованием программного комплекса „LIRA-WINDOWS”, версия 9.4, разработанного на методе конечных элементов.

Первый вариант исследовался с целью замены деформированного участка удерживающей стенки, а второй вариант с целью изменения вертикальной планировки территории.

В варианте 1 принята грунтовая среда с модулем деформации $E = 19$ МПа при удерживающей стенке высотой от 3,4 до 4,96 м с объемным весом насыпного грунта 18 кН/м^3 , для второго варианта - с $E = 15$ МПа при удерживающей стенке высотой 2,5 м с объемным весом насыпного грунта 19 кН/м^3 .

На рис. 1 показано вид исследуемой площадки по варианту 1.

Поскольку фундаменты здания отгорожены от удерживающей стенки шпунтовым рядом, то нагрузки от здания при расчетах не учитывали.

По первому варианту были разработаны две пространственные расчетные модели „основание-удерживающая стенка” с фундаментами мелкого заложения (варианты 1.1 и 1.2).

В качестве варианта 1.1 было выбрано удерживающую

стенку, изображенную на рис. 2, где h – высота стенки, b – ширина и h_{ϕ} – толщина, а также принятые в расчетной модели направления осей X, Y, Z.

Стенка принята с наклонным фундаментом вдоль оси X при переменной высоте 3,4...4,0 м – $b = 3,05$ м, $h_{\phi} = 0,4; 0,45$ м; вдоль оси Y при переменной высоте 4,0...5,0 м – $b = 3,75$ м, $h_{\phi} = 0,45$ м.

Вариант 1.2 принят аналогично варианту 1.1 только с уступами фундамента. Для стенки вдоль оси X: при переменной высоте 3,2; 3,7 и 4,65 м принята ширина 2,25; 2,6 и 3,3 м, толщина 0,4; 0,4 и 0,45 м соответственно. Для стенки вдоль оси Y: при переменной высоте 4,65 и 5,15 м принята ширина 3,3 и 3,6 м, толщина 0,45 м.

Расчетные модели собраны из универсальных конечных элементов типа: пространственного стержневого, треугольного и четырёхугольного оболочки. Для удерживающей стенки 1.1 – из конечных элементов 2988 шт. на 2045 узлах, для решения варианта 1.2 – из конечных элементов 3046 шт. на 2052 узлах.

На рис. 3 показано посадку удерживающей стенки (вариант 1.2) на инженерно-геологический разрез по варианту 1.

Инженерно-геологический разрез характеризуется выдержанным напластованием грунтов: 1 – насыпной слой – супесь, песок с включением строительного мусора (бетон, кирпич, металл, дерево и др.), влажный; 2 – песок желто-бурый, желто-серый, пылеватый, с мелкими прослойками суглинка, маловлажный и влажный, плотный; 3 – суглинок желто-бурый, мягкопластичной консистенции; 4 – суглинок краснобурый, тяжелый, с редкими

Таблица 1. Значения перемещений

Варианты	Перемещения, мм		
	вертикальные вдоль оси Z	горизонтальные вдоль осей X, Y	
		X	Y
1.1	14,66...15,38	13,16...15,04	2,81...3,96
1.2	9,06...11,45	12,60...14,89	4,93...5,70

Таблица 2. Ведомость расхода рабочей арматуры

Варианты	Арматура класса, кгс								Всего, кгс
	ДСТУ 3760:2006								
	Ø 12	Ø 14	Ø 18	Ø 20	Ø 25	Ø 28	Ø 32	Ø 36	
1.1	3037,0	—	30,0	—	40,0	45,9	528,1	—	3681,0
1.2	1820,4	654,7	362,6	2465,1	76,6	239,3	347,2	347,2	5965,9

включениями гравия, с линзами песка, тугопластичной консистенции (морена); 5 – глина бурая, серовато-бурая, плотная, твердой консистенции.

Деформационные характеристики бетона удерживающей стенки и грунтовой среды, нагрузки от собственного веса железобетонной конструкции и грунта приняты в соответствии действующих нормативных документов [1...3].

Расчеты выполнены в упругой стадии работы бетона, бетон принят В25.

Расчетная модель удерживающей стенки 1.2 в начальной и деформированной стадиях показана на рис. 4.

По результатам расчетных сочетаний нагрузок выполнено анализ изополей перемещений конечных элементов расчетной модели удерживающей стенки вдоль осей X, Y и Z. В таблице 1 приведены значения вертикальных и горизонтальных перемещений.

Наибольшее значение вертикального перемещения составило 15,4 мм.

Наибольшее значение горизонтального перемещения составило 15,0 мм.

По результатам расчетных сочетаний усилий с использованием программного комплекса „Lirarm” и нормативного документа [4] подобрана арматура.

В таблице 2 приведены результаты расхода рабочей арматуры для каждой стенки.

По результатам подсчетов получено, что расход арматуры и бетона В25 для удерживающей стенки при варианте 1.1 составил 3681,0 кгс и 70,08 м³, при варианте 1.2 – 5965,9 кгс и 68,25 м³ соответственно.

При сравнении двух вариантов можно сде-

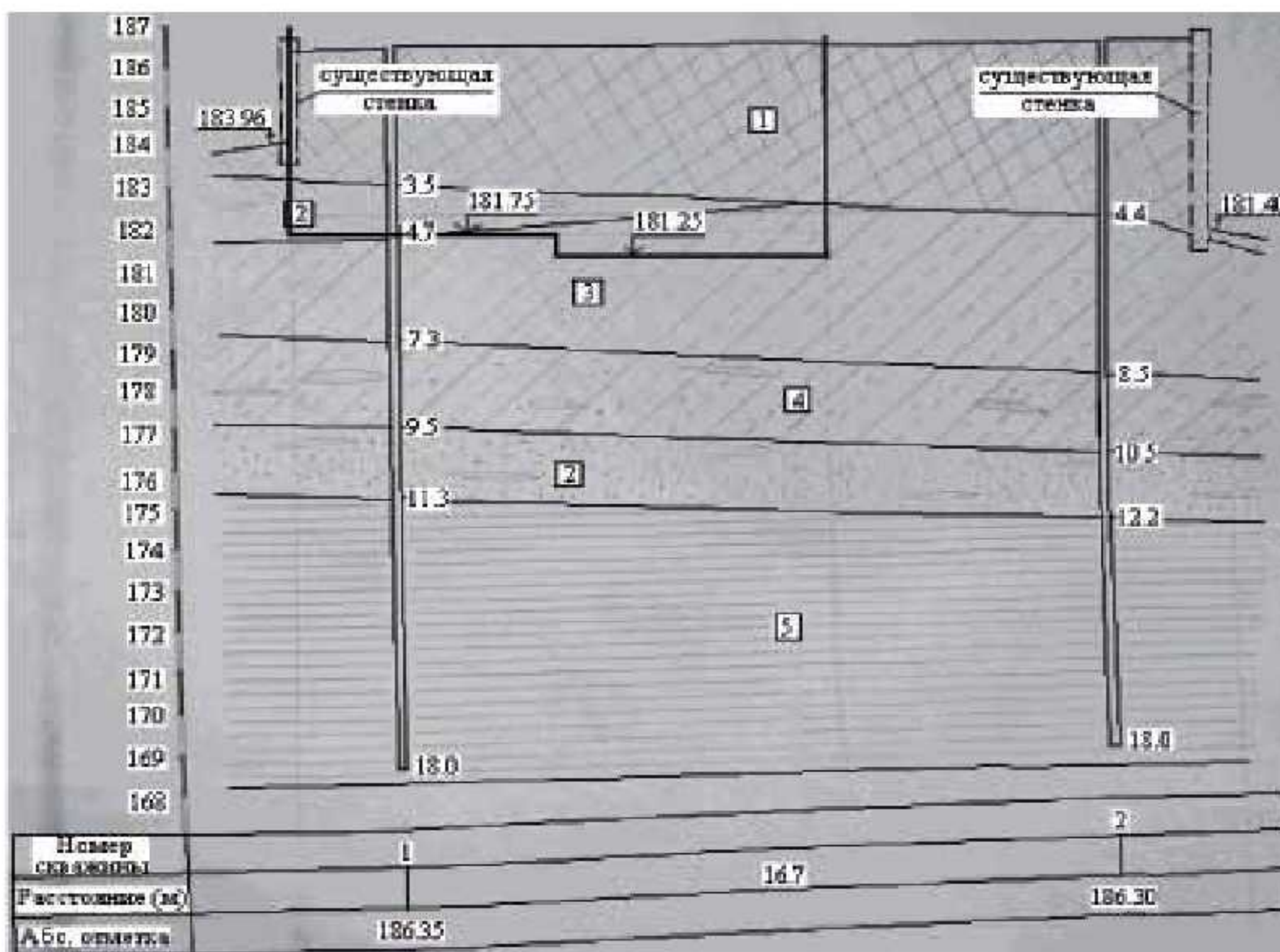


Рис. 3. Вид по фронту длинной стороны стенки (вариант 1.2) с посадкой на инженерно-геологический разрез

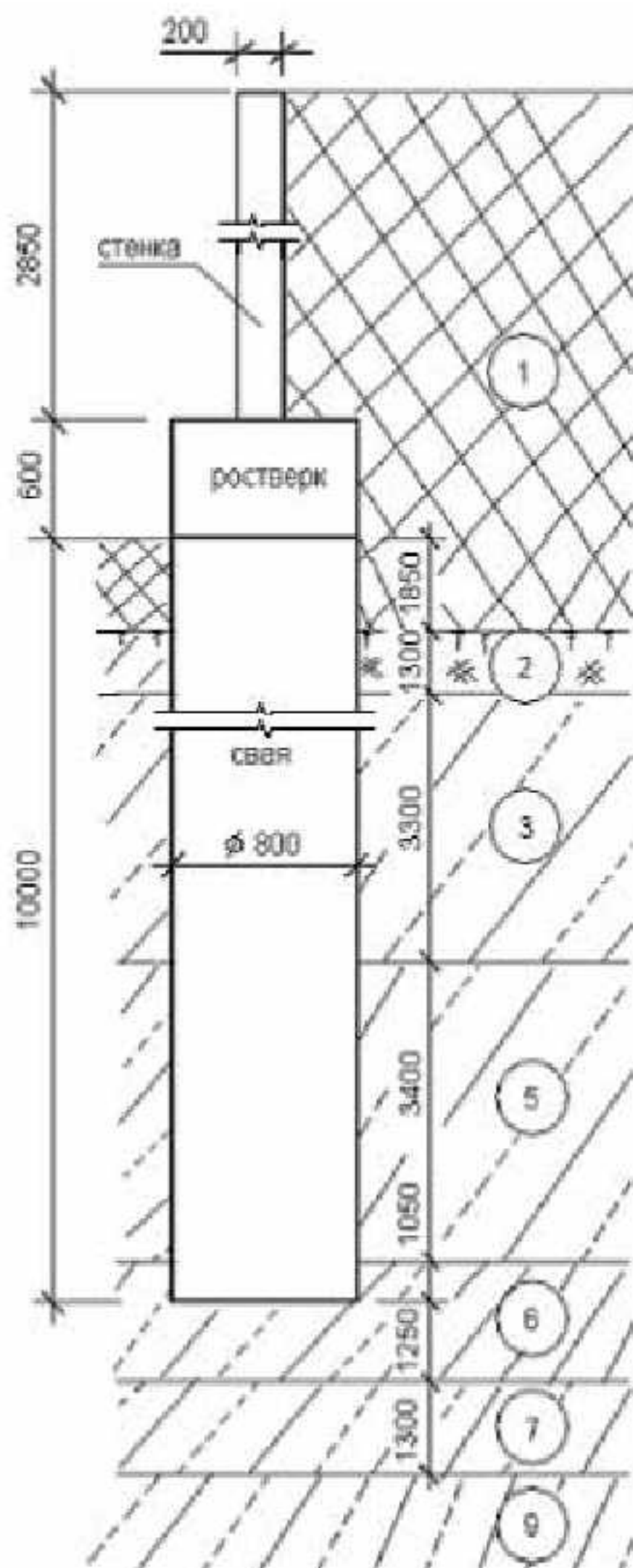


Рис. 5. Вид стенки (вариант 2.3) с посадкой на инженерно-геологический разрез.

Инженерно-геологический разрез характеризуется выдержанным напластованием грунтов: 1 – насыпные грунты; 2 – почвенно-растительный слой; 3 – суглинки полутвердые, просадочные; 5 – суглинки полутвердые; 6 – суглинки полутвердые; 7 – суглинки полутвердые; 9 – суглинки полутвердые.

Из этого следует, что вариант 1.1 (удерживающая стенка уголкового типа) более рациональный при расходе бетона и арматуры, а вариант 1.2 (удерживающая стенка с уступами) более технологичный и надежный при эксплуатации.

Для инженерно-геологических условий по варианту 2 были разработаны фрагменты пространственных расчетных моделей «основание-удерживающая стенка» с тремя вариантами железобетонной стенки на свайных фундаментах (варианты 2.1...2.3).

Свайный вариант принят с целью прорезки насыпного грунта, почвенно-растительного слоя и суглинка полутвердого, просадочного (рис. 5).

Инженерно-геологический разрез характеризуется выдержанным напластованием грунтов: 1 – насыпные грунты; 2 – почвенно-растительный слой;

3 – суглинки полутвердые, просадочные; 5 – суглинки полутвердые; 6 – суглинки полутвердые; 7 – суглинки полутвердые; 9 – суглинки полутвердые.

Каждая модель рассматривается состоящей из стенки, ростверка и свай.

Вариант 2.1 удерживающей стенки состоит из стенки толщиной 200 мм, высотой 2,8 м; ростверка толщиной 600 мм, шириной 2,7 м; свай диаметром 700 мм, длиной 10 м с шагом 1 м в свету.

Вариант 2.2 – стенки толщиной 200 мм, высотой 2,8 м; ростверка толщиной 600 мм, шириной 0,7 м; свай диаметром 700 мм и 500 мм, длиной 10 м расположенных рядом друг с другом.

Вариант 2.3 – стенки толщиной 200 мм, высотой 2,8 м; ростверка толщиной 600 мм, шириной 0,8 м; свай диаметром 800 мм, длиной 10 м с шагом 1 м в свету.

Общий вид расчетных моделей показан на рис. 6.

Деформационные характеристики бетона удерживающей стенки и нагрузки приняты аналогично первому варианту. Деформационные характеристики грунта приняты в соответствии с нормативным документом [5].

Выполнены расчеты и проведен анализ аналогично первому варианту.

Результаты расчетов приведены в табличной форме.

Значения вертикальные и горизонтальные перемещения конечных элементов приведены в виде графиков на рис. 7 и 8, а наибольшие значения усилий (Q – поперечная сила, M – момент) действующие на сваи – в таблице 3.

Наибольшее значение вертикального перемещения составило 0,9 мм.

Наибольшее значение горизонтального перемещения составило 15,4 мм.

Наибольшее значение поперечной силы в каждом из вариантов не превышает граничное.

Результаты подобранной рабочей арматуры в сваях и анализ армирования монолитных железобетонных ростверков и стенок удерживающей стенки с шагом арматуры 200 x 200 мм приведены в таблице 4.

В таблице 5 приведены результаты расхода рабочей арматуры и бетона для каждого варианта удерживающей стенки.

Таблица 3. Значения усилий

Варианты	Q , тс	M , тсм	Граничная Q , тс
2.1	3,90	12,26	3,91
2.2	5,28	7,40	5,35
2.3	7,27	10,79	7,28

Таблица 4. Минимальный диаметр рабочей арматуры, который рекомендуется принять при конструировании монолитных железобетонных свай, ростверков и стенок

Варианты	Арматура А400С свай		Диаметр арматуры А400С с шагом 200 мм вдоль осей							
			ростверков				стенок			
	количество, диаметр	площадь, см ² /сваю	у нижней грани		у верхней грани		у нижней грани		у верхней грани	
			X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
2.1	12д28	73,92	8	6	8	8	6	6	6	16
2.2	24д25	117,84	6	6	6	6	6	6	8	16
2.3	24д28	147,84	6	6	6	6	6	6	10	18

Таблиця 5. Ведомость расхода рабочей арматуры и бетона

Вариант 2.1				
расход	сваи	ростверк	стенка	всего
бетона, тс/п.м	718,36	13,205	37,159	768,7
арматуры, кгс/п.м	10,871	3,888	1,368	16,1
Вариант 2.2				
бетона, тс/п.м	811,195	3,619	39,844	854,7
арматуры, кгс/п.м	11,620	1,008	1,368	14,0
Вариант 2.3				
бетона, тс/п.м	678,454	3,841	50,192	732,5
арматуры, кгс/п.м	6,707	1,152	1,368	9,2

Анализ показал, что наиболее адаптированный к инженерно-геологическим условиям по варианту 2 оказался свайный вариант 2.3 (удерживающая стенка со сваями в один ряд).

Пространственная расчетная модель „основание-удерживающая стенка” дает наиболее точную картину напряженно-деформованного состояния конструкций стенки.

При помощи пространственной расчетной модели учитываются нагрузки, которые действуют на все несущие конструкции удерживающей стенки.

Результаты расчетов включают перераспределение жесткости между несущими конструкциями в поперечном и продольном направлениях, а так же под углами удерживающей стенки.

Определено, что для инженерно-геологических условий по варианту 1 при удерживающей стенке с переменной высотой 3,4...4,96 м более технологичной и надежной при эксплуатации является удерживающая стенка с уступами, а для инженерно-геологических условий по варианту 2 (в пределах длины свай расположен насыпной грунт, почвенно-растительный слой и суглинки полутвердые, просадочные) при удерживающей стенке высотой 2,5 м – свайный вариант со сваями в один ряд.

При проектировании удерживающих стенок в других инженерно-геологических условиях строительной площадки необходимо проводить аналогичные численные исследования с целью выбора надежных и экономичных конструктивных решений удерживающих стенок.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ДБН В.2.1-10-2009. Основы та фундаменти споруд. – К.: Мінрегіон України, 2009.
2. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции./ Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1989. СНиП 2.01.07-85.
3. ДБН --В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. – К.: Мінбуд України, 2006.
4. Рекомендации по применению арматурного проката по ДСТУ 3760-98 при проектировании и изготовлении железобетонных конструкций без предварительного напряжения арматуры, Киев, 2002.
5. СНиП 2.02.03-85. Свайные фундаменты. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

XIV ДУНАЙСЬКА ЄВРОПЕЙСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ

початок дивись стр. 3

На секції 6 «Математичні і фізичні моделі при геотехнічному проектуванні» головними доповідями були: 1. Осідання будинків із-за зміни рівня ґрунтових вод, обумовленого водами Дунаю, проф. J.Mecsi; 2. Застосування гідропластичної моделі для аналізу підпійної стінки у піску, д-р L.Miša; 3. Захист Братислави від повені та її специфіка з точки зору геологічного складу оточуючого середовища, д-р M.Minarik (Словаччина); 4. Осьове навантаження буровісційних колон – результати випробувань і математичного моделювання, д-р G.Modoni.

На секції 7 «Інтерактивне проектування (метод спостереження) в геотехнічній практиці» головними доповідями були: 1. Зміна характеристик обшивки тунелю під час риття котловану, проф. J.Logar (Словаччина); 2. Електронні системи контролю в спеціальному обладнанні фундаментів, проф. W.G.Brunner; 3. Застосування методу спостереження для прокладки тунелів в містах, проф. P.Croce; 4. Легкі дамби – призначення, проектування, моніторинг, д-р V.Herle.

В роботі конференції в Словаччині 2-4 червня 2010 р. взяли участь 220 делегатів з 36 країн світу (Австралія, Австрія, Азербайджан, Алжир, Бельгія, Болгарія, Боснія та Герцеговина, Великобританія, Германия, Греція, Данія, Естонія, Ізраїль, Іран, Іспанія, Італія, Македонія, Нідерланди, Норвегія, Південна

Африка, Польща, Португалія, Росія, Румунія, Сербія, Словачька Республіка, Словенська Республіка, США, Туреччина, Угорщина, Україна, Франція, Хорватія, Чеська Республіка, Швейцарія, Швеція). Делегація фахівців України складалась з 3 осіб (два представники ДП НДІБК і один представник ДП НДІБВ).

В рамках конференції на постерних секціях було оприлюднено 6 доповідей від Українського товариства механіки, геотехніки і фундаментобудування (автори: М.Л. Зоценко, Ю.Л. Винников, А.В. Яковлев; А.М.Бамбура, Р.К.Ковальський, Ю.С.Слюсаренко; Н.М.Кошелева; Ю.І.Немчинов, М.Г.Марьєнков, В.С.Шокарев, В.Ф.Гречко; М.П.Дубровський, М. Пойзнер, Д.Бойчук; І.П. Бойко, В.С. Носенко, В.Л. Підлуцький). Чотири доповіді представлені в цьому номері журналу.

Під час конференції відбулась зустріч голів національних товариств країн Дунайського регіону. Були підведені попередні підсумки поточної конференції і обране місце наступної.

Під час конференції діяла виставка геотехнічного обладнання, представленого провідними розробниками.

П.І. Кривошеєв
Р.К. Ковальський

Науково-технічні і рекламні матеріали конференції, зібрані учасниками делегації: компакт-диски, 1 том анотацій статей конференції на 312 сторінках, проспекти з виставки, передані до бібліотеки ДП НДІБК і будуть доступні фахівцям України для ознайомлення.

**РИСУНКИ К СТАТЬЕ КОШЕЛЕВОЙ Н.Н. «ПРОЕКТИРОВАНИЕ УДЕРЖИВАЮЩИХ СТЕНОК
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ ТЕРРИТОРИЙ»**



Рис. 1. Вид стенки после реконструкции

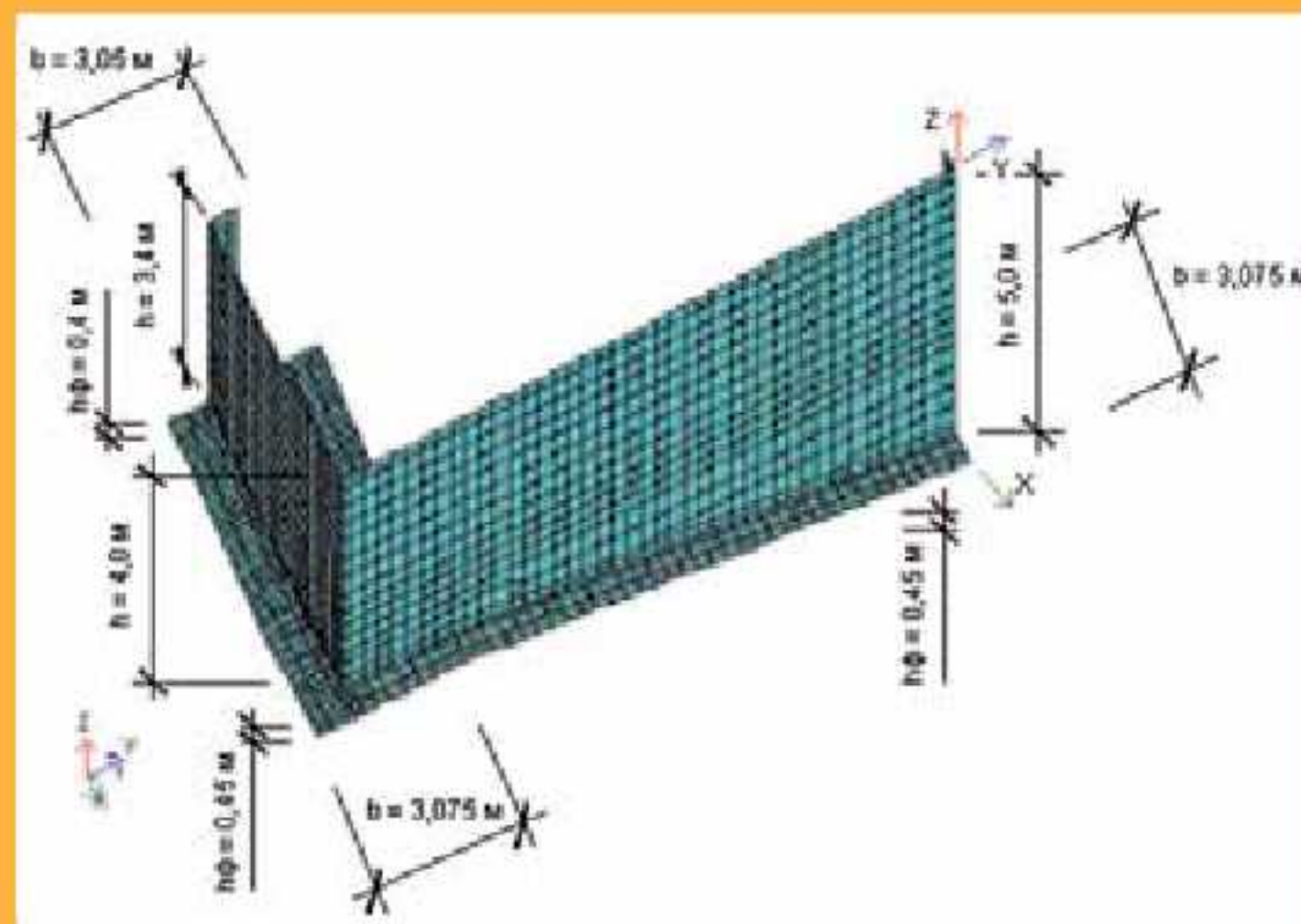


Рис. 2. Общий вид расчетной модели стенки (вариант 1.1)



Рис. 4. Общий вид начальной и деформированной стадии расчетной модели стенки (вариант 1.2)

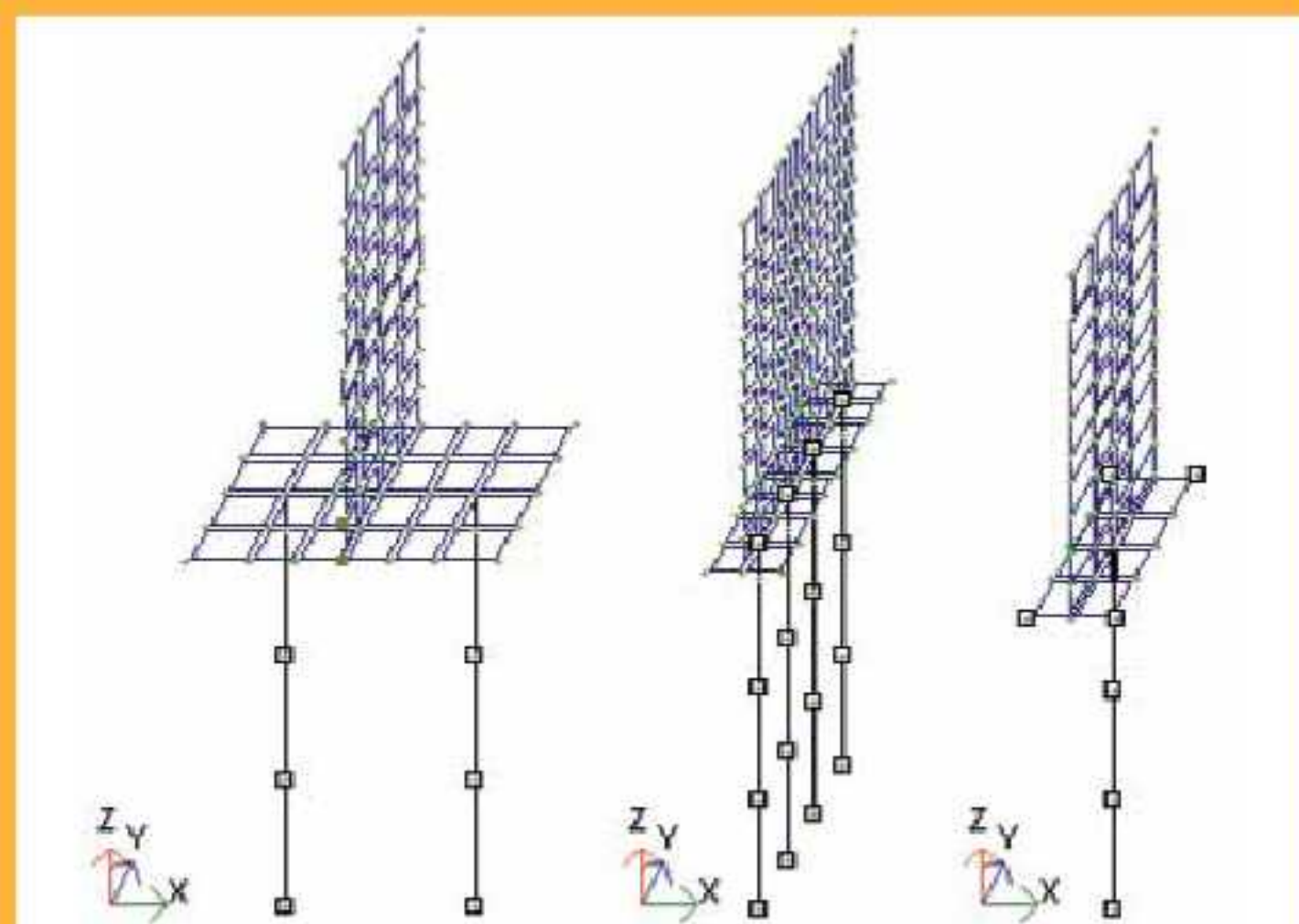


Рис. 6. Общий вид расчетных моделей удерживающей стенки
а – вариант 2.1, б – вариант 2.2, в – вариант 2.3

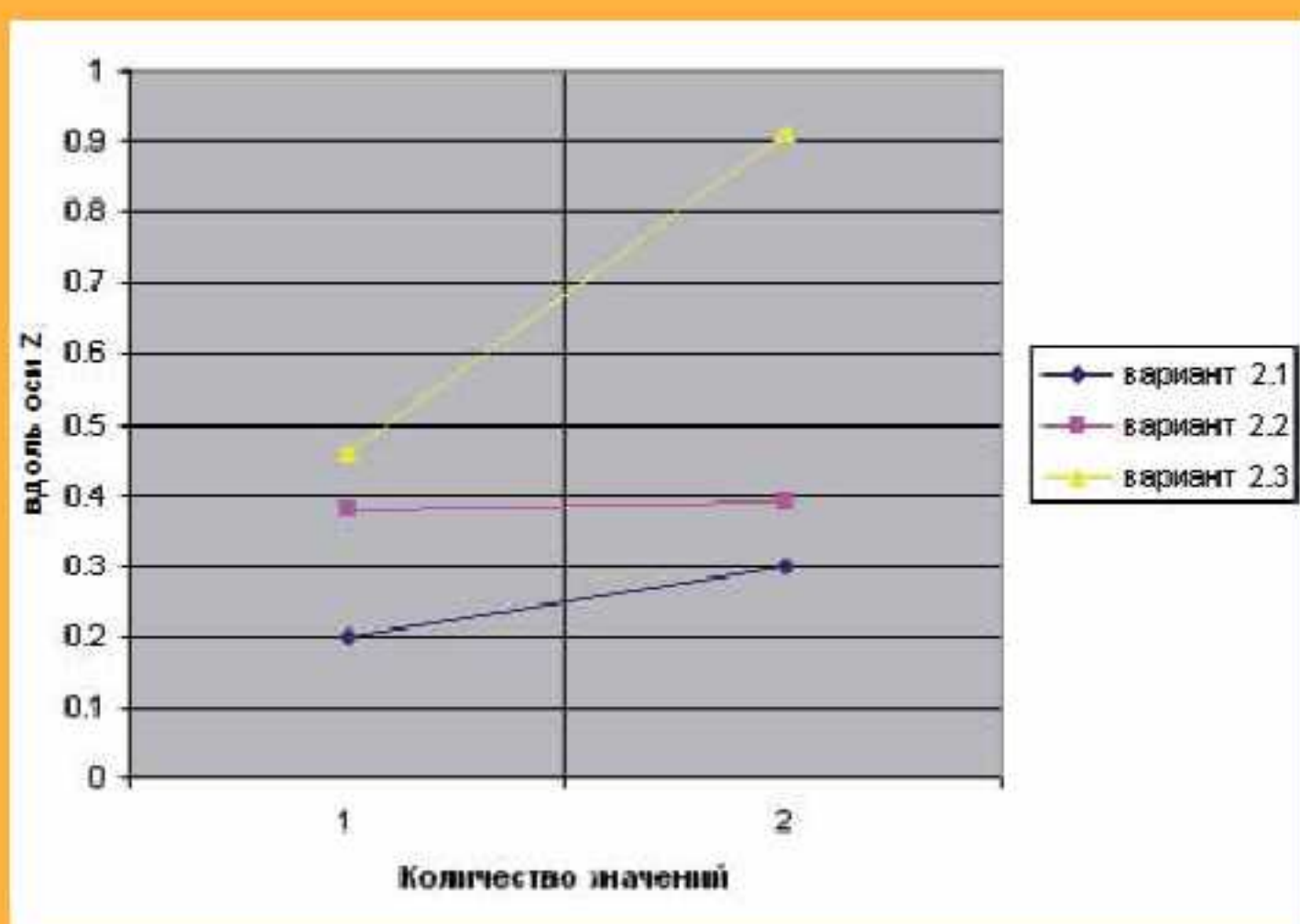


Рис. 7. Графики вертикальных перемещений расчетных моделей

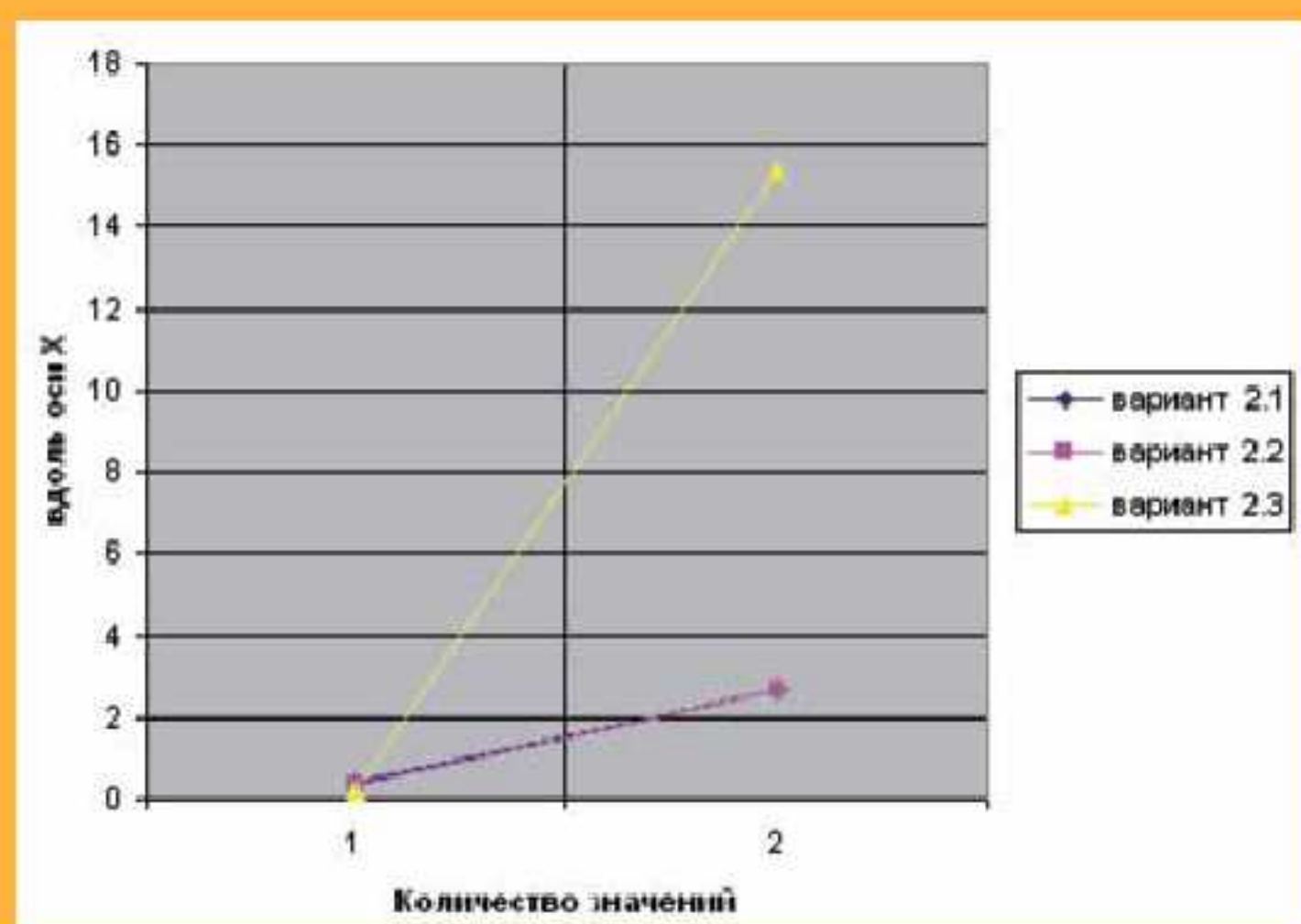


Рис. 8. Графики горизонтальных перемещений расчетных моделей