

УДК 624.15; 725

*О.М. Галінський, к.т.н.; Л.М. Грубська;
В.О. Басанський, НДІБВ, Київ;
І.Д. Козявкін, ПП «Каматек», Київ*

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКІВ СТІЙКОСТІ ПІДПІРНИХ СТІН ВЗДОВЖ СХИЛІВ ЧЕРЕПАНОВОЇ ГОРИ НА ТЕРИТОРІЇ СТАДІОНУ НСК «ОЛІМПІЙСЬКИЙ» У КИЄВІ

АНОТАЦІЯ

Виконана оцінка стійкості конструкцій підпірних стін при різних варіантах довжини паль, визначення варіанту конструкції, що задовольняє умовам стійкості та економічної доцільності.

Розрахунки виконувались для двох етапів будівництва:

- розробка ґрунту до відмітки, на якій передбачено плити, встановлення естакади на контрфорсах;
- розробка ґрунту після встановлення плити естакади до проектної відмітки.

Розглянуто додатковий варіант з кріпленням ростверку паль анкерною палею, а також варіант з виконанням котловану «холодної зони» у основі підпірних стін. Складено висновок щодо варіанту конструкції, яка задовольняє умовам стійкості та економічної доцільності.

Ключові слова: підпірна стіна, паля, анкерна паля, розрахунки, переміщення, стійкість, економічна доцільність.

У процесі реконструкції НСК «Олімпійський» для збільшення простору перед стадіоном та влаштування об'їзної дороги споруджувалась група підпірних стін ПС-1 – ПС-6, які разом являють собою суцільний комплекс підпірних стін, що утримують схили Черепанової гори.

Підпірні стіни ПС-1 і ПС-5 – основні ділянки цього комплексу, мають прямолінійний напрямок і є конструктивним елементом естакади для влаштування об'їзної дороги.

Підпірна стіна ПС-5 розташована на північному схилі Черепанової гори і має довжину 112,5 м, а стіна ПС-1 – на західному схилі і має довжину близько 80 м (рис.1).

Конструкцію підпірних стін ПС-1 і ПС-5 розроблено ПП «Коматек» в 2009 р. на підставі розрахунків, виконаних НДІБВ.

Згідно з проектною документацією підпірні стіни ПС-1 і ПС-5 виконувались з двох рядів залізобетонних паль діаметром 1000 мм, що влаштовані в шаховому порядку, крок паль – 1,5 м. Відмітка верху паль – 140,20 м – 147,60 м, голови паль з'єднувались залізобетонним ростверком з розмірами 3200 мм x 1000 мм. Ростверк паль розділений деформційними швами на ділянки довжиною 15,0 м.

Конструкцією підпірної стіни ПС-5 передбачено влаштування на відм. 143,00 м залізобетонної плити з розмірами 7900 мм x 300 мм, що спирається на два ряди залізобетонних паль діаметром 1,0 м з кроком 7,5 м, ґрунт під плитою розробляється до відм. 136,00 м (рис.2). У подальшому по плиті буде виконана об'їзна дорога.

Конструкцією підпірної стіни ПС-1 передбачено влаштування залізобетонної плити на відм. 145 м. Ґрунт під плитою розробляється до відм. 136,00 м.

Інженерно-геологічні вишукування на площадці реконструкції НСК «Олімпійський» виконувались в 2008 р. АТЗТ «Київсоюздорпроект».

Згідно з результатами виконаних інженерно-геологічних вишукувань товща схилу, прорізана палями підпірних стін, складається з наступних шарів: делювіально-зсувний ґрунт потужністю 0,5 м – 1,5 м; глина важка, тверда, туго пластична потужністю 2,0 м – 3,0 м; піски пилюваті, мілкі, середньої щільності потужністю 20 м – 22,0 м; супісок піщанистий, пластичний потужністю 6,0 м, – 7,0 м; наглинок потужністю 5,0 м, глина тверда та напівтверда.

При виконанні розрахунків підпірних стін пальово-ростверкова конструкція була змодельована та розрахована в програмному комплексі «PLAXIS» методом кінцевих елементів.

Розрахунки виконувались для двох етапів будівництва:

- розробка ґрунту до відм. 141,00 м без встановлення залізобетонної плити на контрфорсних палях (для ПС-5 – 141,00 м, для ПС-1 – 143,00 м);
- розробка ґрунту до проектної відмітки після встановлення залізобетонної плити (для ПС-5 – 136,00 м, для ПС-1 – 140,00 м).

При створенні розрахункової моделі конструкція естакади розглядалась як жорстка опора у місці її примикання.

При виконанні розрахунків були розглянуті варіанти підпірної стіни з різною довжиною паль в межах 23,5 м – 36,0 м.

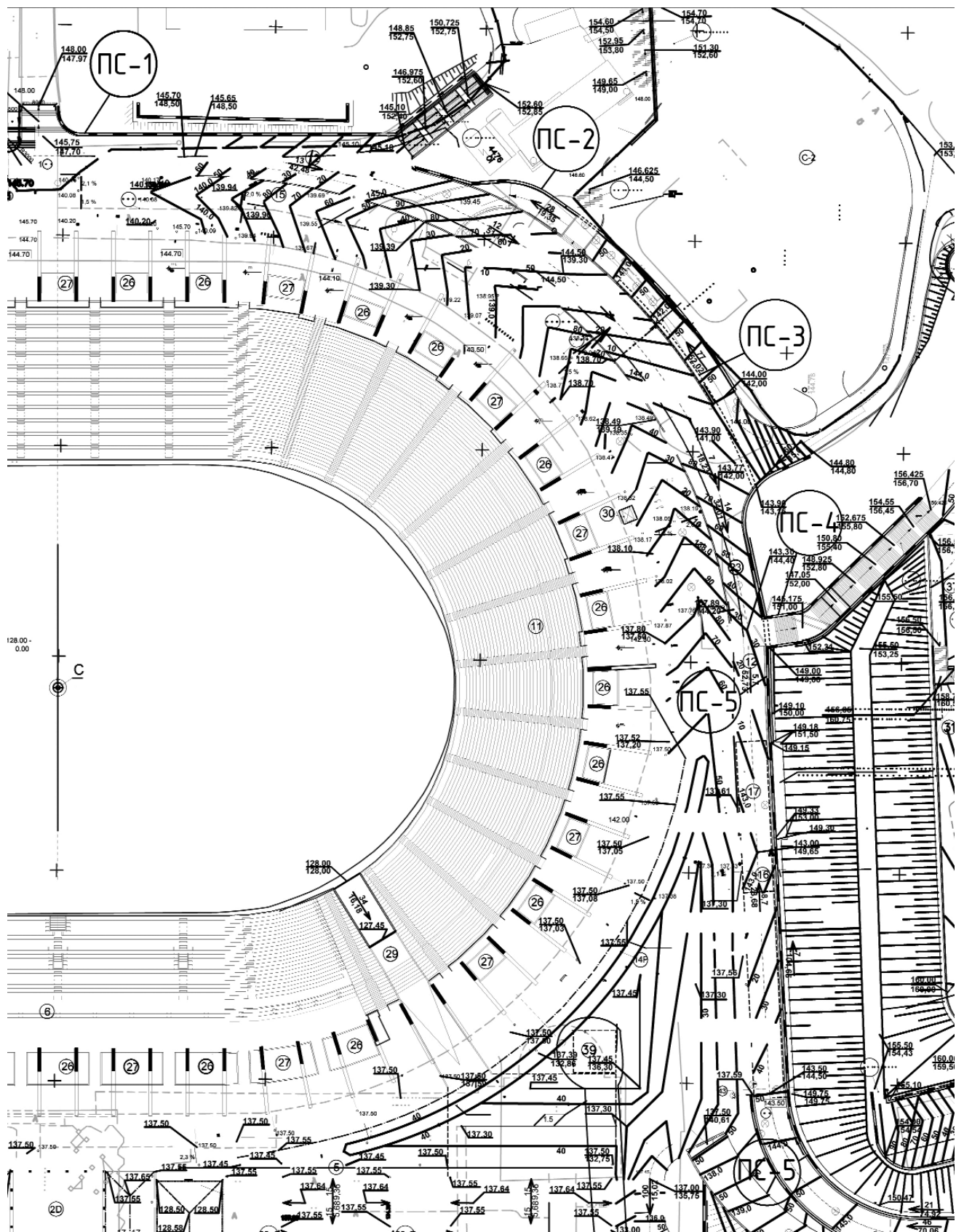


Рис. 1. План розташування підпирних стін

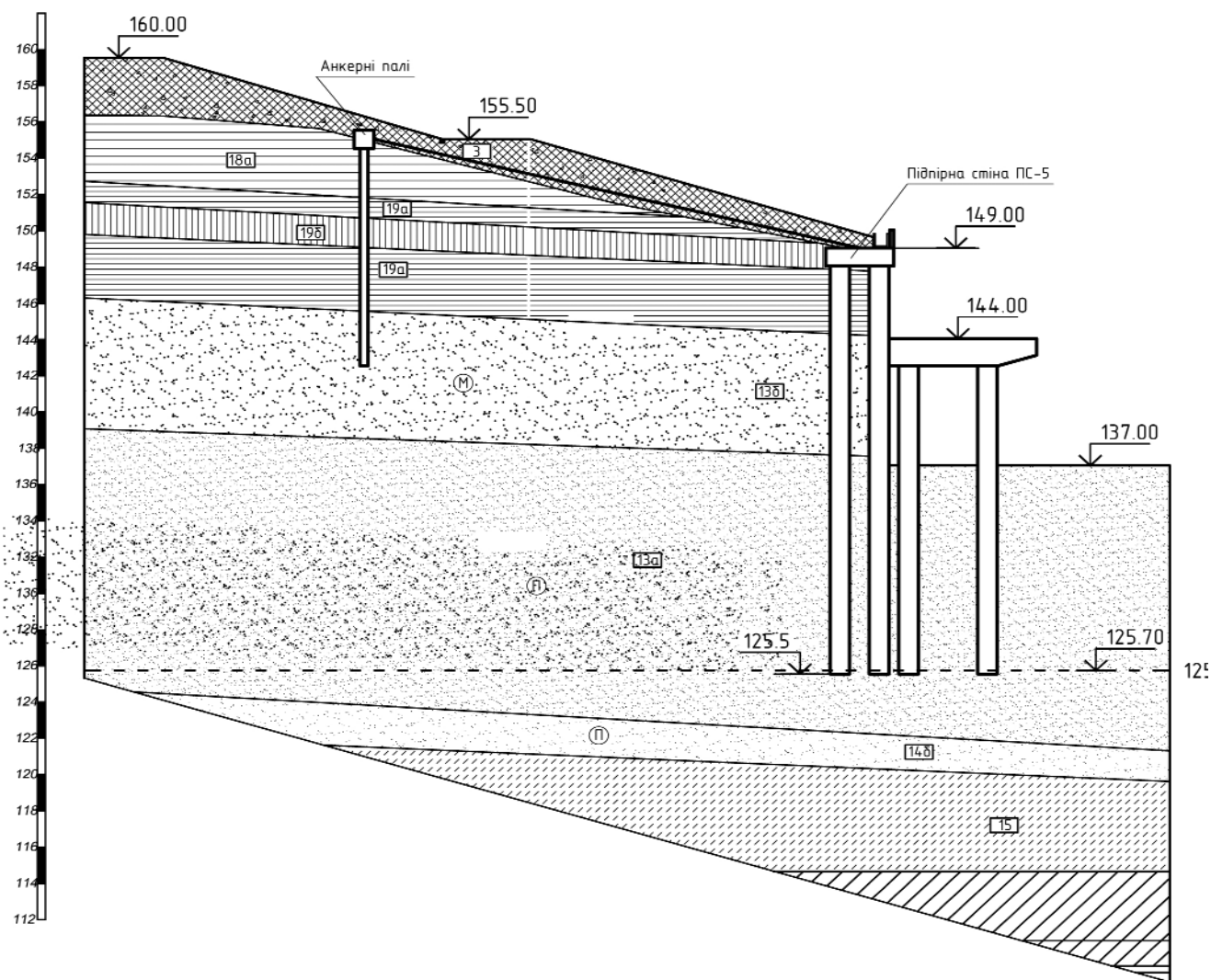


Рис. 2. Конструкція підпірної стіни ПС-5

Таблиця 1. Підпірна стіна ПС-5. Значення переміщень і згинаючих моментів на етапі розробки ґрунту до відм. 141,00 м

Відмітка низу палі, м (довжина палі*, м)	Згинаючий момент, кН*м	Переміщення верху палі, мм	Переміщення низу палі, мм	Різниця переміщень палі, мм	Відносне до довжини палі переміщення
113,00 (36,0)	566,32	85,23	25,35	59,88	1/585
118,00 (31,0)	557,06	82,32	36,48	45,84	1/655
121,00 (28,0)	547,91	83,30	39,67	43,63	1/619
125,00(24,0)	526,10	82,57	42,43	40,14	1/573

Таблиця 2. Підпірна стіна ПС-5. Значення переміщень і згинаючих моментів на етапі розробки ґрунту до відм. 136,00 м

Відмітка низу палі, м (довжина палі від верху ростверка, м)	Згинаючий момент, кН*м	Переміщення верху палі, мм	Переміщення низу палі, мм	Різниця переміщень палі, мм	Відносне до довжини палі переміщення
113,00 (36,0)	558,21	79,41	36,77	42,64	1/820
118,00 (31,0)	551,89	78,91	50,68	28,23	1/1063
121,00 (28,0)	506,53	78,29	51,93	26,36	1/1024
125,00(24,0)	508,16	78,79	51,89	26,90	1/855

* — довжина палі від верху ростверку

У результаті виконаних розрахунків отримані значення переміщень ґрунту і паль та значення згинаючих моментів у перерізах паль, які наведені в табл.1, 2.

Аналіз результатів розрахунків стійкості підпірної стіни ПС-5 з палями різної довжини показав, що для палі довжиною 24,0 м (відм.125,00 м, яка проходить в пісках) значення переміщень, що отримані в результаті розрахунків по обох моделях близькі за значенням і знаходяться в межах 7,9 см – 8,2 см. Значення згинаючих моментів в перерізах паль знаходяться в межах 508,16 кНм – 566,32 кНм.

З метою зменшення переміщення верху паль було розглянуто конструктивну схему з кріпленням ростверку анкерними палями, що влаштовуються на відстані не менше 10,0 м від підпірної стіни.

Конструктивне рішення в цьому варіанті передбачає влаштування трьох анкерних паль діаметром 400 мм на ділянці між деформаційними швами ростверка (довжина ділянки 15,0 м). Крок паль – 7,5 м (рис. 3) (див. кольорову вкладку).

Результати розрахунків стійкості підпірної стіни з палями довжиною 24,0 м та з кріпленням ростверку анкерною палею показали, що переміщення верху палі при такій конструктивній схемі можливо зменшити до 5,2 см. Максимальний згинаючий момент дорівнює 520,78 кНм, що допустимо для паль діаметром 1,0 м.

Отже, виходячи з умов стійкості підпірної стіни та економічної доцільності, рекомендовано прийняти для проектування варіант конструкції з довжиною палі 24,0 м з улаштуванням кріплення верхнього ростверка паль до анкерних паль діаметром 400 мм, які влаштовуються з кроком 7,5 м на відстані не менше 10,0 м від підпірної стіни.

У процесі будівництва підпірних стін ПС-1 та ПС-5 виникло ряд додаткових умов та змін у конструкціях підпірних стін, які викликали необхідність виконання додаткових розрахунків підпірних стін.

Були виконані розрахунки конструкції підпірної стіни ПС-5 з урахуванням зміни вертикальних відміток (зміна відмітки верху плити естакади з 142,50 м на відм. 143,00 м; зміна відмітки розробки ґрунту під естакадою з 136,00 м на відм. 137,60 м). Отримані зусилля при зміні висотних відміток конструкцій підпірної стіни ПС-5 не перевищували значень зусиль, що можуть сприйняти запроектовані конструкції.

Виконані розрахунки підпірної стіни ПС-1 з урахуванням зміни вертикальних відміток (зміна відмітки верху плити естакади з 147,00 м на відмітку 145,10 м; зміна відмітки розробки ґрунту під естакадою з 140,00 м на відмітку 140,10 м). Отримані зусилля при зміні висотних відміток конструкцій підпірної стіни ПС-1 не перевищували значень зусиль, що можуть сприйняти запроектовані конструкції.

У процесі розрахунку основної конструкції підпірних стін конструкція естакади розглядалась як жорстка опора у місці її примикання. Але конструкція естакади має досить складну конфігурацію і складається з плити та двох контрфорсних паль. Для визначення зусиль, що виникають в окремих елементах конструкції естакади, була розроблена розрахункова модель з урахуванням моделювання конструкції естакади з окремих елементів – в місці примикання естакади жорстка опора замінена на елемент – залізобетонна плита, яка спирається і передає навантаження на пару контрфорсних паль (рис.4). Розрахунки, виконані за цією розрахунковою моделлю показали, що стійкість підпірних стін ПС-1 і ПС-5 та естакади забезпечена. Отримані зусилля в елементах естакади. Максимальний згинаючий момент в перерізах контрфорсних паль $M_p = 365,42$ кНм. Максимальний згинаючий момент в перерізах плити естакади $M_e = 753,55$ кНм, максимальне поперечне зусилля в перерізах плити естакади $Q_e = 402,18$ кНм. Отримані зусилля в перерізах паль підпірної стіни мали значення менші ніж прийняті для проектування конструкцій паль.

Для компенсації значного поперечного навантаження на плиту естакади і контрфорсні палі проектувальником запропоновано використання пінополістирольних прокладок під плиту естакади в зоні опирання на контрфорсні палі.

Виконані розрахунки для підпірної стіни ПС-1 показали, що за допомогою пінополістирольних прокладок можливо зменшити навантаження на плиту і контрфорсні палі на 205,05 кН.

При проектуванні підпірних стін ПС-1 і ПС-5 не враховувався вплив спорудження котловану «холодної зони», який був запроектований пізніше вздовж підпірних стін на відстані 12 м.

Виконані розрахунки конструкцій підпірних стін ПС-1 і ПС-5 з урахуванням котловану «холодної зони». Глибина котловану 6 м, ширина – 16 м. Огородження котловану «холодної зони» вико-

нана з металевих паль і дерев'яної забірки. Довжина паль – 12,0 м. У верхній частині шпунтового огороження влаштовувався розпирний елемент.

Складання розрахункової моделі проводилось з урахуванням моделювання елементів шпунтового огороження котловану (рис.5).

Розрахунки велись у два етапи. На першому етапі моделювалась ситуація з розробкою ґрунту до відмітки розкопування ґрунту під естакадою. На другому етапі моделювалась ситуація з розробкою ґрунту в котловані «холодної зони» до відм. 133,50 м.

Виконані розрахунки показали, що стійкість підпирних стін на обох етапах забезпечена і отримані значення переміщень та зусиль в перерізах конструкцій підпирних стін, естакади і огороження котловану (максимальний згинаючий момент у перерізах паль – 530,12 кНм; максимальний згинаючий момент у перерізах плити естакади 702,26 кНм; максимальне поперечне зусилля у перерізах плити естакади 407,09 кН; максимальний згинаючий момент у перерізах контрфорсної палі 314,14 кНм; максимальний згинаючий момент у перерізах шпунтового огороження 116,37 кНм; максимальне зусилля в перерізах розпирного елемента шпунтового огороження 104,26 кН).

Отримані в результаті розрахунку зусилля в конструкціях підпирних стін і шпунтового огороження котловану «холодної зони» не перевищили значення зусиль, на які запроектовані конструкції підпирних стін і естакади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Реконструкція НСК «Олімпійський». Об'їздна дорога і противооползневые укрепления склонов Черепановой горы, 128-2008-ПС-КЖ, ПП «КО-МАТЕК», Киев, 2008.

2. Інженерно-геологічні вишукування для розрахунків стійкості схилів на проектування реконструкції існуючих і будівництва нових об'єктів НСК «Олімпійський», АТЗТ «Київсоюздорпроект», Київ, 2008.

3. Реконструкція НСК «Олімпійський». Висновок про інженерно-геологічні вишукування. Вихідні дані, загальна пояснювальна записка, інженерно-ге-

ологічні розрізи, ДП «Інститут КИЇВГЕО» ВАТ «Київпроект», Київ, 2008.

АННОТАЦИЯ

Выполнена оценка устойчивости конструкций подпорных стен при различных вариантах длины свай, определения варианта конструкции, удовлетворяющей условиям устойчивости и экономической целесообразности.

Расчеты выполнялись для двух этапов строительства:

- разработка грунта до отметки, на которой предусмотрено плиты, установка эстакады на контрфорсы;

- разработка грунта после установки плиты эстакады до проектной отметки.

Рассмотрены дополнительный вариант с креплением ростверка свай анкерной сваей, а также вариант с выполнением котлована «холодной зоны» в основе подпорных стен.

Составлено заключение по варианту конструкции, которая удовлетворяет условиям устойчивости и экономической целесообразности.

Ключевые слова: подпорная стена, свая, анкерная свая, расчеты, перемещения, стойкость, экономическая целесообразность.

ANNOTATION

The estimation of the stability of retaining walls structures in different variants of the length of piles, the definition of alternative designs that satisfy the conditions of stability and economic feasibility.

Calculations were performed for two phases of construction:

- Development of ground to the mark, which provides plates, set racks in the buttresses;

- Development of the soil after the installation plate to the flyover project mark.

A further option of mounting tension pile grillage Pale and option execution pit of the cold zone "at the basis of retaining walls.

Compiled opinion on alternative designs that satisfy the conditions of stability and economic feasibility.

Key words: retaining walls, pile, anchor pile, calculations, displacement, stability, economic feasibility.