

УДК 624.137.5:625.745

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДПОРНОЙ СТЕНКИ ПРИ СООРУЖЕНИИ
АВТОДОРОЖНОЙ РАЗВЯЗКИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНО-
АВТОМОБИЛЬНОМ МОСТОВОМ ПЕРЕХОДЕ ЧЕРЕЗ Р.ДНЕПР В
Г.КИЕВЕ**

д.т.н., проф. Петренко В.Д.; к.т.н., доц., Гузченко В.Т.;

к.т.н., доц., Тютькин А.Л.; асс, Лисневский М.А.

*Днепропетровский национальный университет железнодорожного
транспорта имени академика В. Лазаряна.*

Постановка задачи исследований.

Решение транспортной проблемы в Украине связано с комплексом сложных задач при строительстве мостовых переходов комбинированного типа. Одним из таких объектов в настоящее время является мост через реку Днепр в городе Киеве на железнодорожном участке Киев-Московский-Дарница, в котором предусмотрены автомобильные съезды на правом и левом берегу. Одним из таких сооружений на подходах к мосту является автодорожная развязка с Надднепровским шоссе на правом берегу Днепра. Данная развязка в виде автомобильного съезда запроектирована с использованием подпорных стенок переменной высоты и сложной конструкции (Рис. 1).

Основной задачей исследований было выполнить расчеты прочности и устойчивости подпорной стенки на автодорожной развязке с Надднепровским шоссе.

Цель исследований.

Для снижения объемов земляных работ была выбрана экономичная конструкция подпорной стенки. В этой связи необходимо исследовать методы повышения прочности и устойчивости подпорных стен данного сооружения и выбрать наиболее целесообразный метод его анализа.

Основной материал.

Для реализации поставленной цели был рассмотрен участок автомобильной дороги с подпорной стенкой сооружения №7П, запроектированного с использованием унифицированных железобетонных конструкций углового профиля из блоков типа ИСВ (ИСВ-17...ИСВ-60). В основании фундаментных частей блоков залегают насыпной грунт с прослойками супеси, суглинок черный, песок средней плотности от малонасыщенного до насыщенного водой, супесь текучей консистенции, глина легкая пылеватая, в основном полутвердой консистенции и песок мелкий средней плотности, насыщенный водой. Уровень грунтовых вод размещается примерно на отметке 6 м от поверхности.

Общая длина правосторонней стенки составляет 84 м. при этом на длине 42 м блоки подпорной стенки типа ИСВ (ИСВ-23...ИСВ-43) установлены совместно с подошвенными блоками типа ИПФ (ИПФ-23...ИПФ-43) на щебеночную подготовку толщиной 0.2 м. Далее на участке длиной 42 м

выполнено устройство 50 шт. свай прямоугольного сечения 35х35 см, из них на части участка длиной 12 м забиты 12 шт. свай типа С12-35Т5 длиной 12 м каждая, а на другой части длиной 30 м 38 шт. свай типа С14-35Т5 длиной 14 м.

Заглубление свай осуществлялось путем бурения лидерной скважины диаметром 300 мм и забивкой их дизельными молотами. При этом конец свай заглублялся на 1 м ниже забоя скважины.

Забивка свай производилась до отказа, который соответствует расчетной нагрузке на сваю в 42,3 т (423 кН).

Сваи соединялись с подпорными стенками с помощью железобетонных ростверков длиной 5990 мм, шириной 4500 мм и высотой 1000 мм.

Как известно, подпорные сооружения различных конструкций нашли широкое применение особенно в условиях плотной городской застройки. Основная функция подпорных стенок заключается в удерживании грунтового массива от обрушения, что позволяет применять их при решении большинства задач вертикальной планировки местности. Вследствие низкой материалоемкости и большого разнообразия конструктивных решений подпорные стенки уголкового профиля нашли применение в транспортном строительстве. При этом на основных стадиях проектирования расчет любых сооружений, и в том числе подпорных стен, заключается в оценке их эксплуатационных качеств, основными из которых являются прочность и устойчивость.

В статье изучается проблема прочности и устойчивости уголковых подпорных стен на свайном основании и выполнено исследование расчетной схемы "подпорная стенка на сваях - грунт".

Современная теория расчета свайных противооползневых конструкций основывается на принципе учета воздействия давления грунта с соблюдением их устойчивости против сдвига, опрокидывания и поворота; устойчивости и прочности основания; прочности элементов конструкции, узлов соединения; материала свай и свайных ростверков.

Для расчета подпорных стен, особенно на свайном фундаменте, применен метод конечных элементов (МКЭ) на основе программного комплекса LIRA 9.6.

Конечно-элементная объемная модель толщиной 1 м имеет деформационные граничные условия, а именно, запрет перемещений по границам модели: по вертикальным пределам – запрет перемещений по осям X и Y, по нижней границе – запрет перемещений по осям X, Y и Z. К верхней границе модели граничные условия не прикладываются. Высота модели взята из условия совместной работы свай и окружающего массива, который представлен в основном влажными песками.

Конечно-элементная модель включает следующие деформационные характеристики грунтов:

- модуль упругости E в МПа;
- коэффициент Пуассона ν ;
- удельный вес грунта γ в кН/м³.

Данные характеристики представлены в табл. 1.

Для расчета напряженно-деформированного состояния были заданы нагрузки в соединениях, на которые рассчитывается подпорная стенка. При этом была принята суммарная нагрузка от собственного веса грунта и подпорной стенки, а также нагрузки от автотранспорта типа НК-100.

Таблица 1.

Значения физико-механических характеристик грунтовых инженерно-геологических элементов.

Тип ИГЭ	Параметры грунтов		
	Модуль упругости, Е, МПа	Коэффициент Пуассона, ν	удельный вес грунта, γ , т/м ³
Насыпной грунт	50	0,3	20
ИГЭ-2	10	0,3	18
ИГЭ-10в	31	0,3	16,6
ИГЭ-12б	9	0,3	17,7
ИГЭ-18	25	0,3	18,7
ИГЭ-17в	40	0,3	19,8
Железобетонные элементы подпорной стенки	38000	0,2	25
Слой асфальтобетона	23000	0,2	24,5

Как установлено, картина напряженного состояния в подпорной стенке не очень сложная, без каких-либо аномальных распределений напряжений по трем компонентам (Рис. 2-4).

Вместе с тем, анализ каждой из них не является полным. Поэтому для дальнейшего расчета конструкции на прочность применим формулу четвертой энергетической теории, которая включает в себя получение эквивалентного напряжения на основе всех компонент и выражением для которой является

$$\sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + \sigma_z^2 + 3\tau_{xy}^2} \leq [\sigma],$$

где σ_x и σ_z - компоненты нормальных напряжений по глобальным осям X и Z; τ_{xy} - касательная компонента в плоскости XZ; $[\sigma]$ - расчетное сопротивление материала, для бетона В30 расчетное сопротивление $[\sigma] = 17,0$ МПа.

Наиболее напряженным сечением в подпорной стенке является её верхняя часть, где слой асфальтобетона соединяется с железобетонной конструкцией стенки, причем эквивалентные напряжения рассчитываются в двух точках сечения.

Точка 1 - внутренняя сторона стенки (со стороны засыпки); точка 2 - внешняя сторона стенки (свободная сторона стенки).

Также находим запас прочности конструкции, как отношение расчетного

сопротивления бетона к эквивалентному напряжению, который показывает во сколько раз эквивалентное напряжение меньше предела прочности конструкции.

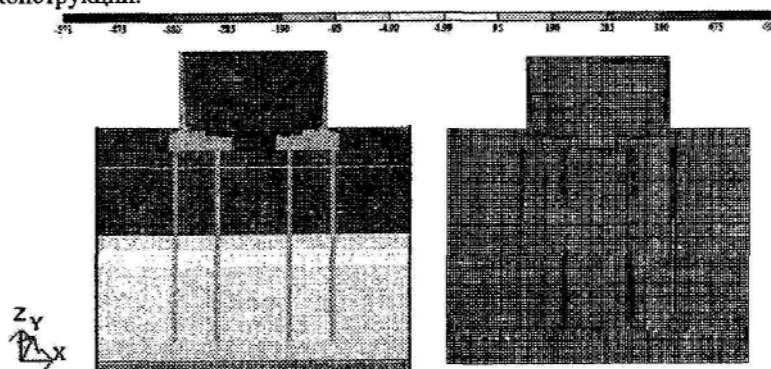


Рис. 1. Конструкция подпорной стенки. Рис. 2. Изополя напряжений вдоль оси X

Высота подпорной стенки $H=6.5\text{ м}$

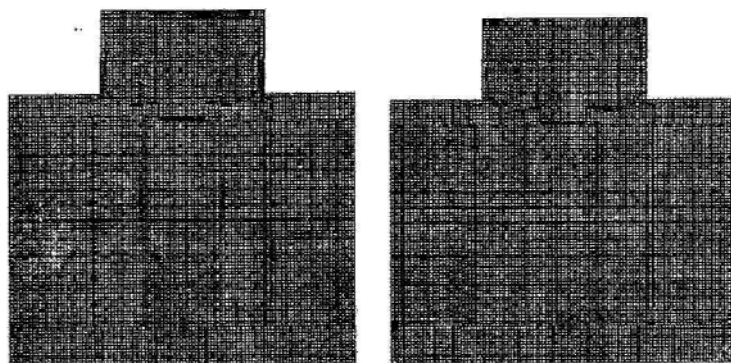


Рис. 3. Изополя напряжений вдоль оси Y Рис. 4. Изополя напряжений по XZ

В результате получим следующие величины напряжений:

Точка 1: $N_x=-2,91\text{ МПа}$, $N_z=-4,59\text{ МПа}$, $T_{xz}=-2,84\text{ МПа}$. Эквивалентное напряжение – $8,19\text{ МПа}$. Запас прочности – $2,1$ раза.

Точка 2: $N_x=2,47\text{ МПа}$, $N_z=6,98\text{ МПа}$, $T_{xz}=0,69\text{ МПа}$. Эквивалентное напряжение – $8,57\text{ МПа}$. Запас прочности – $2,0$ раза.

При анализе деформированного состояния установлено, что горизонтальные перемещения подпорной стенки составляют около 3 мм и в отдельных случаях до 5 мм . Это подтверждает вывод о значительной устойчивости инженерного сооружения, а количественные значения перемещений подтверждают низкий уровень критических деформаций.

Как следует из анализа численных результатов все три варианта подпорной стенки со всеми рассмотренными видами её соединений имеют соответствующую несущую способность с требуемым запасом прочности при неизменном состоянии инженерно-геологических условий, нормальной эксплуатации и не превышении нагрузок более чем НК-100.

Выводы.

В работе были решены следующие задачи:

1. Проведен комплексный анализ вероятности разрушений возведенных подпорных сооружений уголкового типа на свайном основании.
2. Выполнена оценка достоверности и надежности существующих методов расчета прочности и устойчивости уголковых подпорных стен на сваях.
3. Разработана методика анализа устойчивости уголковой подпорной стенки с учетом особенностей её взаимодействия с засыпкой и работы основного силового элемента – фундаментной плиты с ростверком на сваях.
4. Исследовано влияние свайного основания на величину обеспечиваемого засыпкой удерживающего момента в расчетах устойчивости подпорного сооружения уголкового профиля и разработаны критерии оценки эффективности свайного фундамента при использовании подпорных стенок.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Савенко В. Я., Гавриленко С. В., Петрович В. В. Актуальність проблеми оптимального конструювання дорожніх одягів автомобільних доріг // Зб. наук. пр. НТУ: Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Вип. 63. - К.: НТУ. - 2001. - С. 16-20.
2. Тимофеева Л. М. Армирование грунтов. Теория и практика применения. Ч. 1. Армированные основания и армогрунтовые подпорные стены - Пермь: ППИ, 1991. - 478 с.

УДК 625.12.044

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ АРМИРОВАНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА В СЛОЖНЫХ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

д.т.н., проф. Петренко В.Д, к.т.н. доц. Косяк В.Н., инженер Ковальчук В.В**, аспирант Алхдур А.М.М*.*

**Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В.Лазаряна (ДНИТ), г. Днепропетровск*

***ЧПКП «Технотранспроект», г. Днепропетровск*

Постановка проблемы. Распределение напряжений в насыпи земляного полотна железнодорожного пути от действия постоянных (от собственного веса) нагрузок так и переменных (от повторяющихся циклических поездных) отличается большой неравномерностью и вызывает сложные структурно-