

УДК 625.122.627.824

**РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКОГО НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ
СИСТЕМЫ «ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО-СЛАБОЕ ОСНОВАНИЕ»**

Социал Жұлдыз Жеңісқызы

sotsialzh@gmail.com

Студент Механико-математического факультета специальности Механика ЕНУ им.

Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан

Научный руководитель – к.т.н. доцент Мухамбеталина Д.Ж.

При правильном проектировании, тщательном исполнении и нормальной эксплуатации земляного полотна железной дороги можно обеспечить его устойчивость даже в самых сложных условиях. Нагрузка на основную площадку земляного полотна от подвижного состава передается через шпалы и балластный слой. Земляное полотно и его основание неоднородны по составу грунтов и пород, что усложняет аналитическое решение задачи о распределении напряжений в грунтах. Поэтому для изучения статического напряженно-деформированного состояния земляного полотна и его основания используется численный метод – метод конечных элементов (МКЭ).

Рассматривается задача о распределении напряжений в теле земляного полотна и слабого основания при статических нагрузках. Исходное напряженно-деформированное состояние материала земляного полотна под действием собственного веса принимается нулевым и исследуется поле напряжений, вызванное весом верхнего строения пути и поездной нагрузки [1,2].

Земляное полотно состоит из неоднородных слоев грунта с различными плотностными и упругими характеристиками. Линейные размеры поперечного сечения земляного полотна несопоставимы с его протяженностью, поэтому в его центральном сечении выполняется условие плоской деформации [3]. Объектом исследования является земляное полотно на слабом основании в форме трапеции с наклоном боковых сторон в отношениях: $k_1 = 1:1,5$; $k_2 = 1:1,75$ и высотами $H_1 = 5,3\text{ м}$, $H_2 = 6,0\text{ м}$. Общая высота земляного полотна $H_{\text{зн}} = H_1 + H_2 = 11,3\text{ м}$, а с учетом высот дренирующего грунта и балластной призмы - $12,55\text{ м}$. Земляное полотно железной дороги возведено на горизонтальной площадке дневной поверхности. Основная площадка земляного полотна имеет ширину $b = 10,3\text{ м}$. Размер нижнего основания насыпи при принятых высотах и уклонах сторон составляет: $a = b + 2(k_1 \cdot H_1 + k_2 \cdot H_2) = 47,2\text{ м}$. Расчеты велись с учетом поездной нагрузки, передающейся от колеса на рельс, равным $P = 147\text{ кН}$. При расчетах приняты, что слабое основание и боковые стороны расчетной области жестко закреплены, т.е. в горизонтальном и вертикальном направлениях отсутствуют перемещения $-U = V = 0$.

Упругие и плотностные характеристики грунта насыпи и основания, соответственно, равны: $E_1 = 80\text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 20\text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,4$. Расчетная область разбита на 371 изопараметрические четырехугольные квадратичные элементы с общим количеством узлов равным 965. В пределах каждого элемента материал однороден.

Программа численного счета составлена на языке ФОРТРАН и реализована на IBM. Основания система уравнений МКЭ, связывающая узловые перемещения с узловыми усилиями, решена методом Гаусса [4,5].

Приводим некоторые результаты численного эксперимента по выявлению закономерностей распределения упругих статических напряжений и перемещений, возникающих в грунте системы «земляное полотно – слабое основание».

На рисунках 1-4 приведены диаграммы изменения изолинии напряжений σ_x и σ_y , а на рисунках 5-8 – изолинии перемещений U_x и U_y под действием заданной нагрузки.

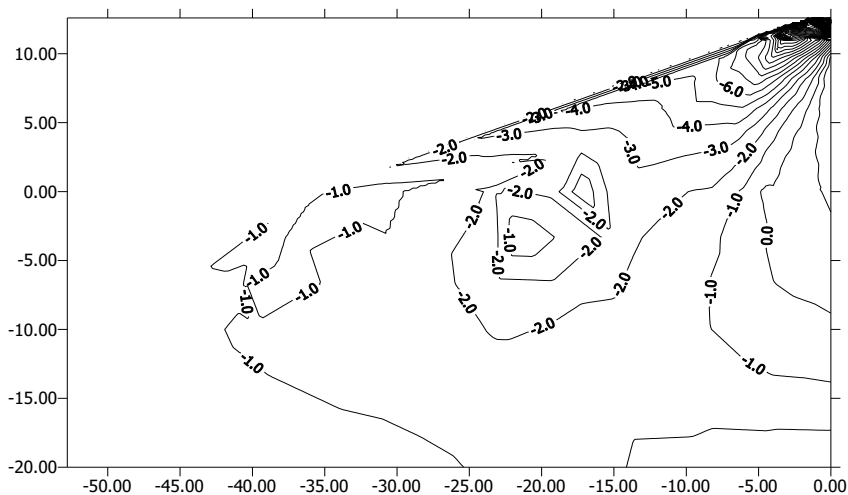


Рисунок 1 – Изменение изолинии напряжений σ_x в теле земляного полотна и основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,3$.

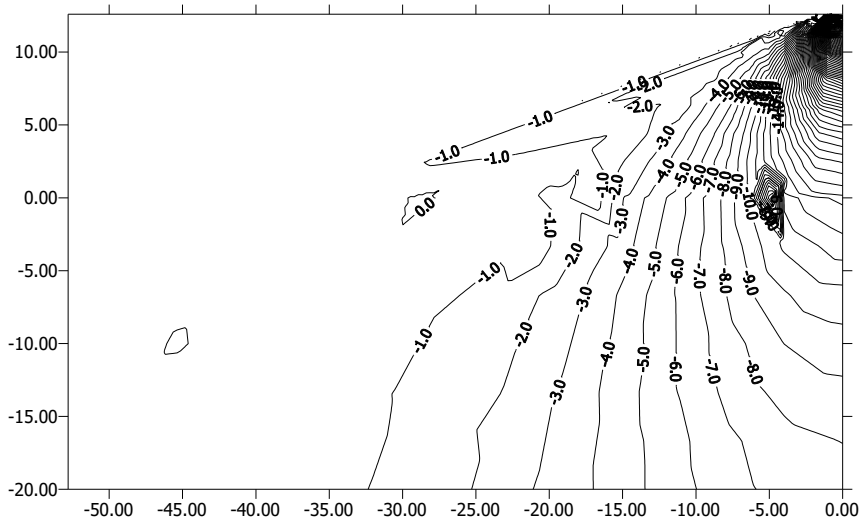


Рисунок 2 – Изменение изолинии напряжений σ_y в теле земляного полотна под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,3$.

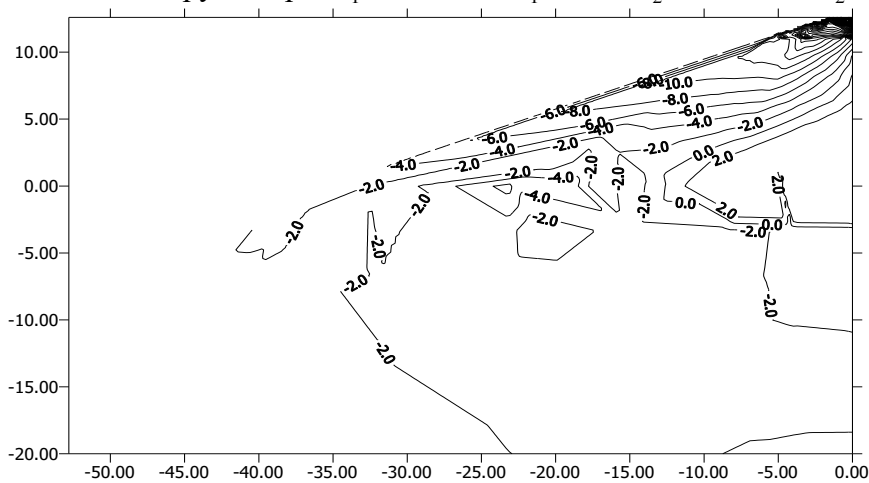


Рисунок 3 – Изменение изолинии напряжений σ_x в теле земляного полотна и основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 20 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,4$.

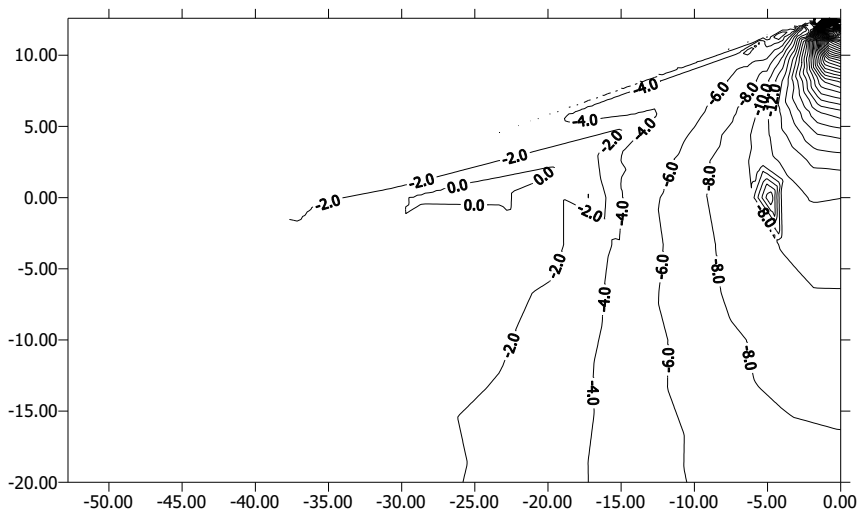


Рисунок 4 – Изменение изолинии напряжений σ_y земляного полотна и слабого основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 20 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,4$.

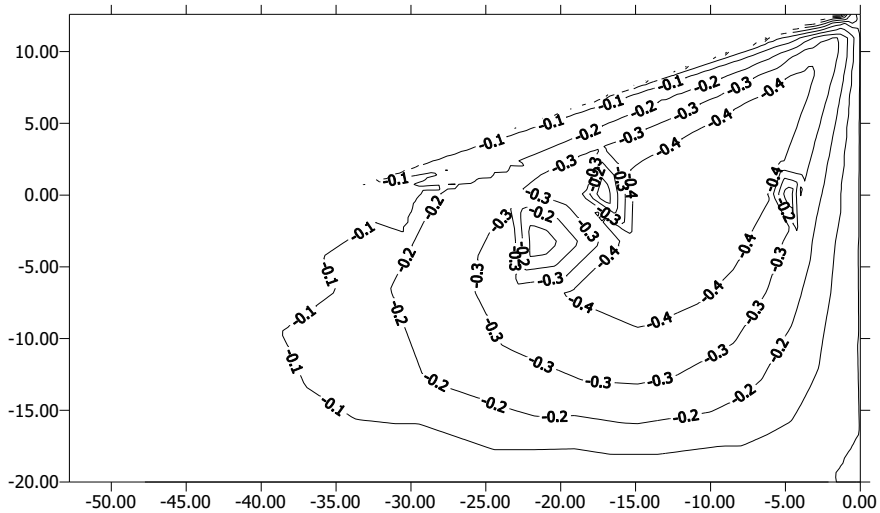


Рисунок 5 – Изменение изолинии перемещений U_x в теле земляного полотна и основания под действием поездной нагрузки $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,3$.

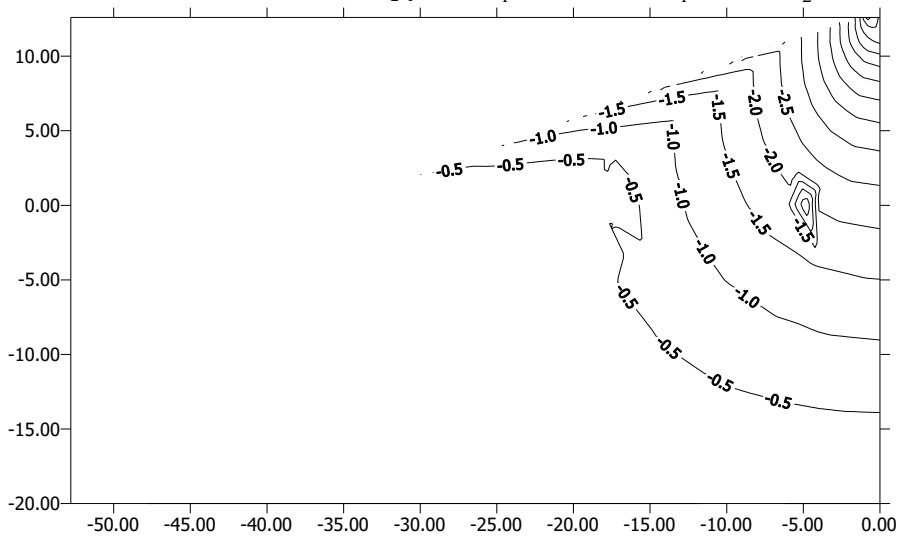


Рисунок 6 – Изменение изолинии перемещений U_y в теле земляного полотна и основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,3$.

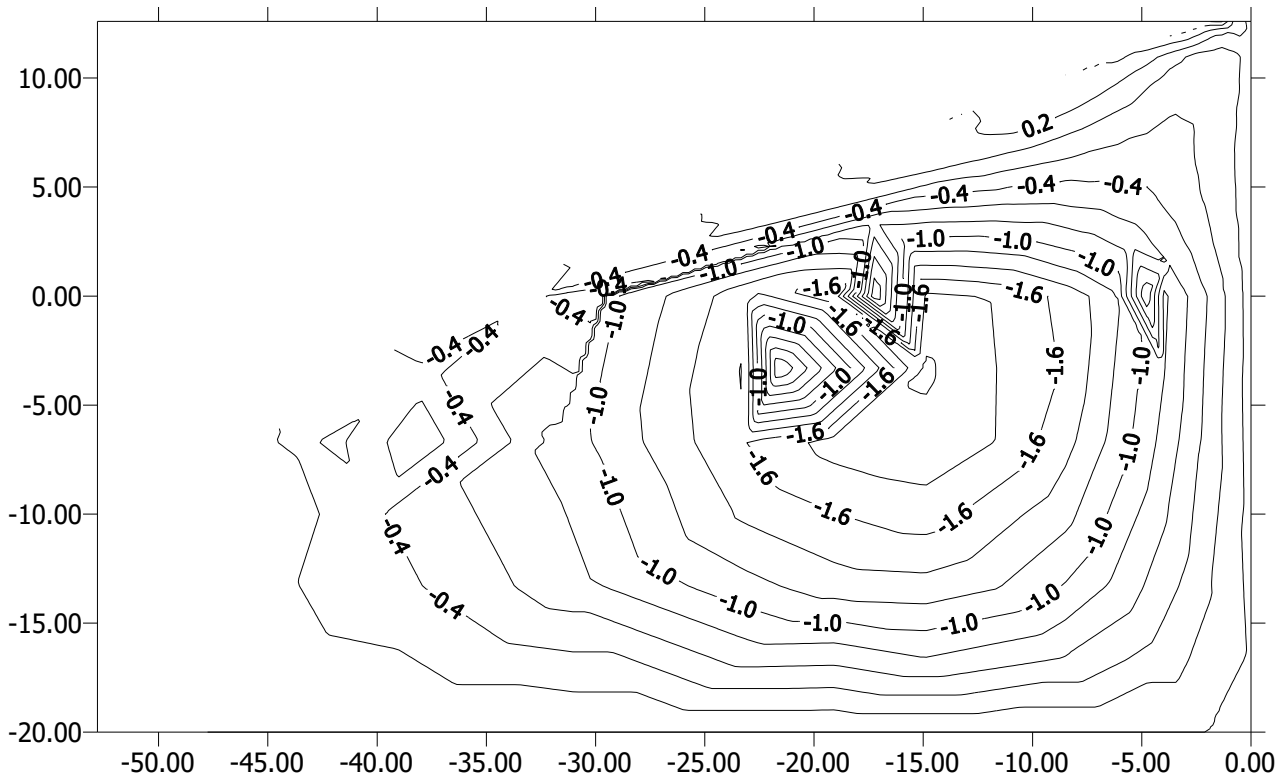


Рисунок 7 – Изменение изолинии перемещений U_x в теле земляного полотна основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 20 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,4$.

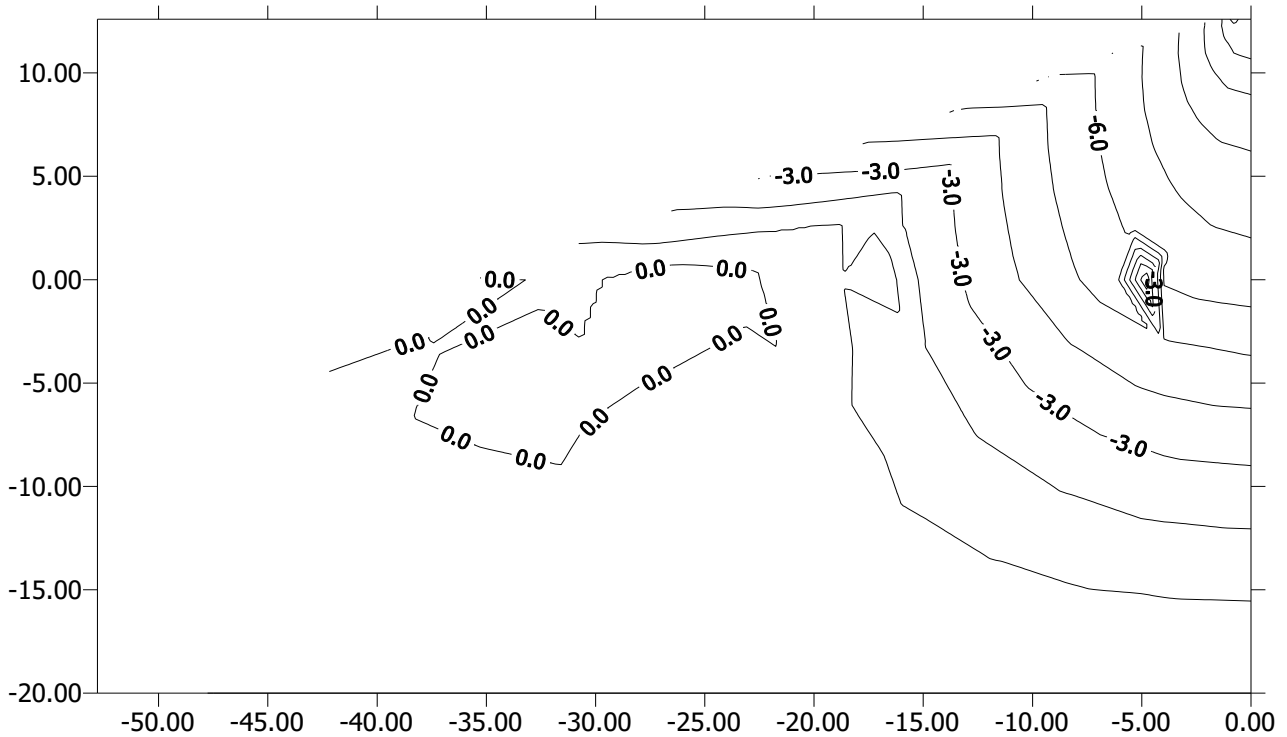


Рисунок 8 – Изменение изолинии U_y в теле земляного полотна и основания под действием поездной нагрузки при $E_1 = 80 \text{ МПа}$, $\nu_1 = 0,3$; $E_2 = 20 \text{ МПа}$, $\nu_2 = 0,4$.

Анализ изолиний перемещений и напряжений, приведенных на рисунках 1-8, показывает, что в примыкающем к нагрузку верхнем слое наблюдается концентрация напряжений до определенной глубины и деформирование основной площадки. Числовые величины, проставленные на изолиниях, даны для напряжений в МПа, перемещений в мм.

Сравнительная оценка полученных результатов значений компонентов перемещений и напряжений подтверждает о влиянии на напряженно-деформированное состояние системы «земляное полотно – слабое основание» упругих характеристик слабого основания. Анализ полученных численных результатов позволяет сделать вывод о том, что резкое отличие в упругих характеристиках грунта слабого основания и вышележащего грунтового слоя приводит к концентрации напряжений. Поэтому усиление верхней части земляного полотна геотекстилем значительно увеличивает несущую способность его грунтов. Геотекстиль рационально укладывать на таких участках пути, основание которых сложены из недостаточно прочных грунтов, а также имеющих различную жесткость верхнего строения.

Список использованных источников

1. Омаров А.Д. Исследование напряженно-деформированного состояния железнодорожных насыпей на наклонном основании. В кн.: Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений. Межвузовский трудов, вып.2. КазАТК, 1998, с.3-9.
2. Омаров А.Д. Исследование устойчивости железнодорожных насыпей на горизонтальном основании. В кн.: Проектирование, строительство и эксплуатация транспортны сооружений. Межвузовский сборник научных трудов, вып.3. КазАТК, 1998, с.12-22.
3. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М.: Высшая школа, 1969, 512 с.
4. Зенкевич О. Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975, 541 с.
5. К.Бате, Е.Вильсон. Численные методы анализа и метод конечных элементов. М.: Мир, 1975, 541 с