

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОДЕЛЕЙ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГРУНТА ПРИ РАСЧЕТЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

При расчетах несущей способности грунтовых сооружений в инженерной практике законы деформирования грунта идеализируются моделями, в которых задаются основные характеристики и закономерности поведения грунта. Расчетная модель выбирается в зависимости от вида грунта, характера нагружения и цели решаемой задачи.

При решении вопросов устойчивости земляного полотна железных дорог обычно прибегают к модели определения упругопластического деформирования грунта. Это простейший вариант, при котором выделяются две основные фазы: упругого и пластического деформирования. Упругое деформирование происходит по закону Гука, но при дальнейшей нагрузке достигаются предельные значения напряжений, при которых перестает выполняться критерий прочности Кулона—Мора, и грунт переходит в текучее состояние.

Это предположение позволяет применять при расчете решения теории упругости механики грунтов. При этой модели основными характеристиками являются деформационные — модуль деформации E и коэффициент Пуассона ν , а также прочностные — угол внутреннего трения φ и удельное сцепление c .

Однако на практике при деформировании грунта не выявляются какие-либо определенные фазы. В зоне упругих деформаций происходит постоянное изменение модуля деформации. В этом случае однажды принятый единственный модуль деформации не может достоверно и в точности описать процесс деформирования грунта.

Эту проблему позволяет решить применение другой модели — модели описания упрочняющегося грунта. С ее использованием процесс деформирования описывается тремя значениями модуля деформации: касательным в начальной точке — E_{oed} , секущим, через значение деформации при напряжении, равном половине критического, — E_{50} , а также модулем деформации при разгрузке — E_{ur} . Это позволяет более точно описать процессы, происходящие в грунте.

Цель работы заключается в установлении соответствия значений напряжений в теле насыпи при расчете с применением модели упругодеформированного состояния грунта и модели упрочняющегося грунта. На рис. 1 и 2 представлены графики нагружения, соответствующие каждой из указанных моделей.

Влияние различных комбинаций модулей упругости в модели упрочняющегося грунта заранее не известно. Для объективизации результатов был произведен сравнительный расчет напряжений при различных комбинациях модулей деформации при равных значениях удельного сцепления и переменного значения угла внутреннего трения. В табл. 1 приведены основные комбинации значений модулей деформации.

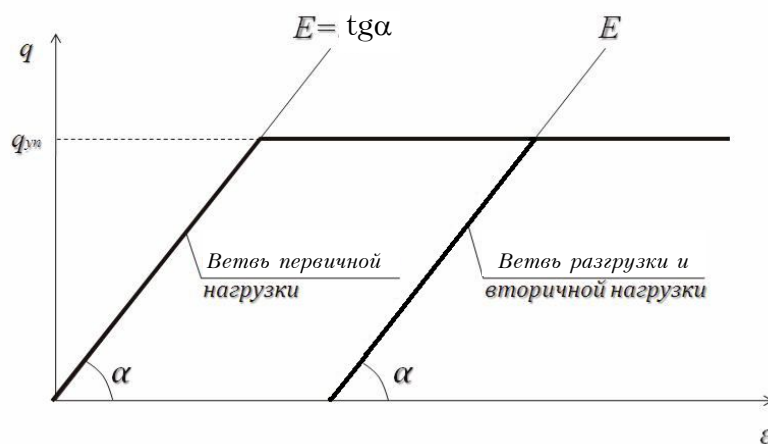


Рис. 1. График зависимости относительных деформаций от напряжения в упругопластической модели грунта

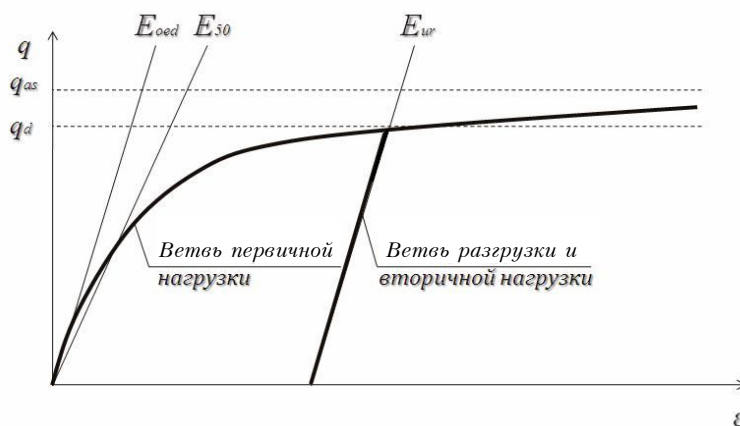


Рис. 2. График зависимости относительных деформаций от напряжения в модели упрочняющегося грунта

Таблица 1

Значения модулей деформации при различных сочетаниях

Значения модулей, МПа	Сочетание 1	Сочетание 2	Сочетание 3
E_{oed}	45	55	65
E_{50}	40	40	40
E_{ur}	80	100	120

Полученные значения напряжений при соответствующих сочетаниях модулей деформации в уровне основной площадки представлены на рис. 3.

Для дальнейших расчетов модели упрочняющегося грунта примем следующее сочетание значений модулей деформации: $E_{oed} = 55$ МПа; $E_{50} = 40$ МПа; $E_{ur} = 100$ МПа. Для расчетов упругопластической модели грунта принято значение модуля $E = 40$ МПа.

Сравнение напряжений по вышеописанным моделям деформирования грунта производилось при фиксированных значениях удельного сцепления с вариацией значений угла внутреннего трения. В качестве объекта рассматривалась насыпь высотой 10 м. Значения напряжений снимались на уровне основной площадки и на глубине 1 м от поверхности основной площадки земляного

полотна. На рис. 4, 5 приведены поля напряжений в поперечном сечении насыпи при различных моделях деформирования грунта.

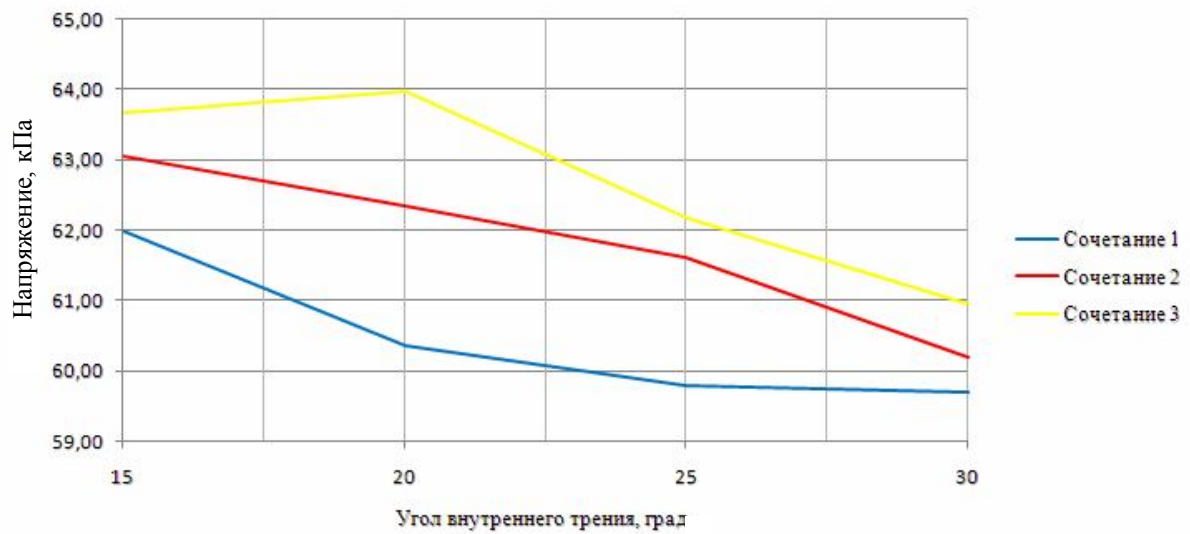


Рис. 3. График напряжений при различных сочетаниях модулей упругости в зависимости от φ при $c = 20$ кПа

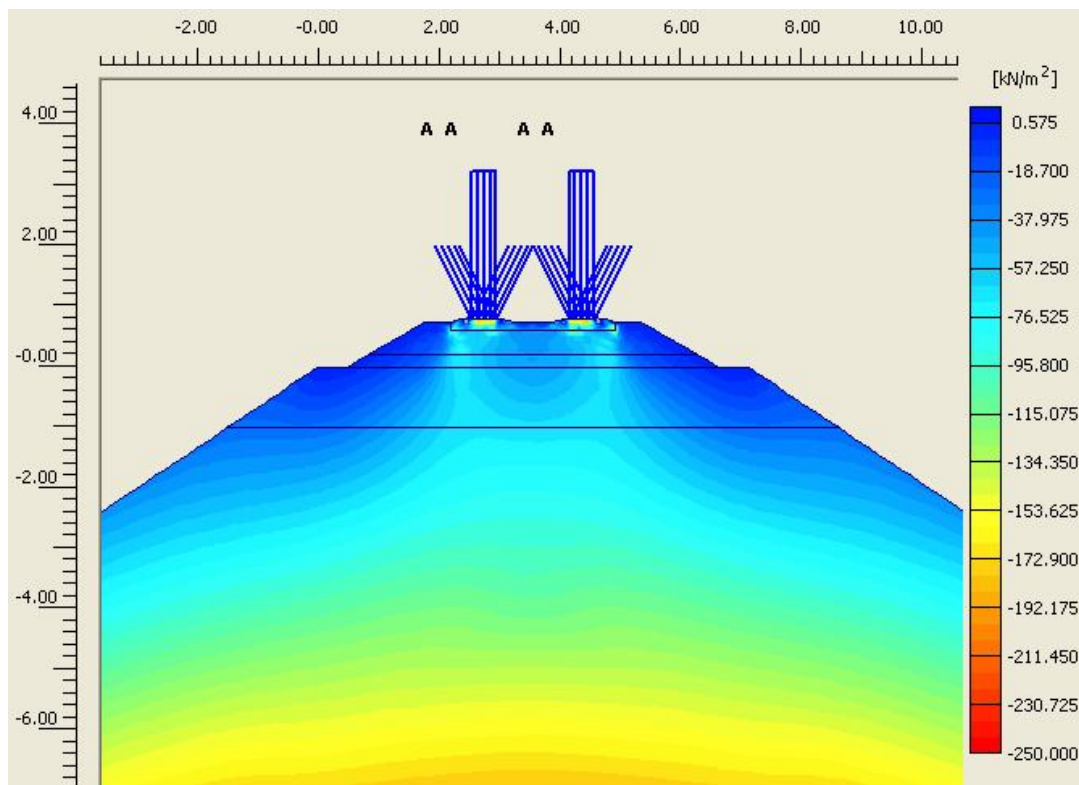


Рис. 4. Поле напряжений в сечении насыпи при линейно-упругой жесткопластической модели грунта при $c = 20$ кПа, $\varphi = 15^\circ$

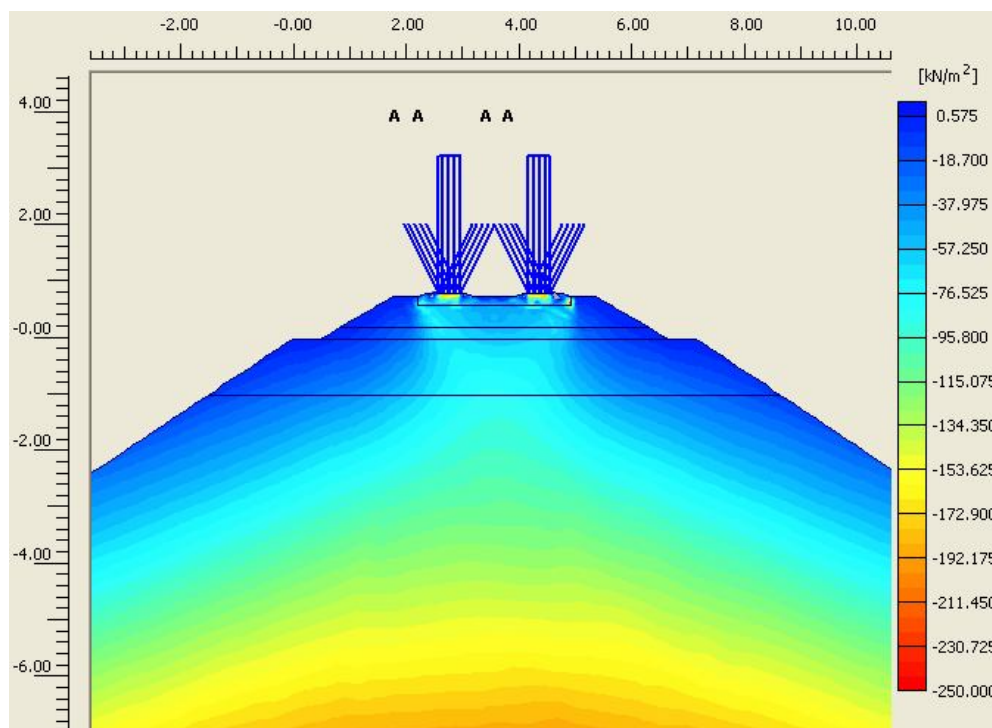


Рис. 5. Поле напряжений в сечении насыпи при модели представления упрочняющегося грунта при $c = 20$ кПа, $\phi = 15^\circ$

Анализ полей напряжения показывает, что при использовании модели «создания» упрочняющегося грунта в подшпальной зоне наблюдается более равномерное распределение напряжений по подошве шпалы, что приводит к понижению их пиковых значений на уровне основной площадки по сравнению со значениями напряжений, полученными при использовании упругопластической модели грунта. При этом передача напряжений в глубь массива в упрочняющемся грунте происходит с меньшим «рассеиванием».

Сравнительные графики напряжений, рассчитанные на уровне основной площадки при различных значениях c , приведены на рис. 6, 7 и 8 соответственно.



Рис. 6. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 20$ кПа на уровне основной площадки земляного полотна

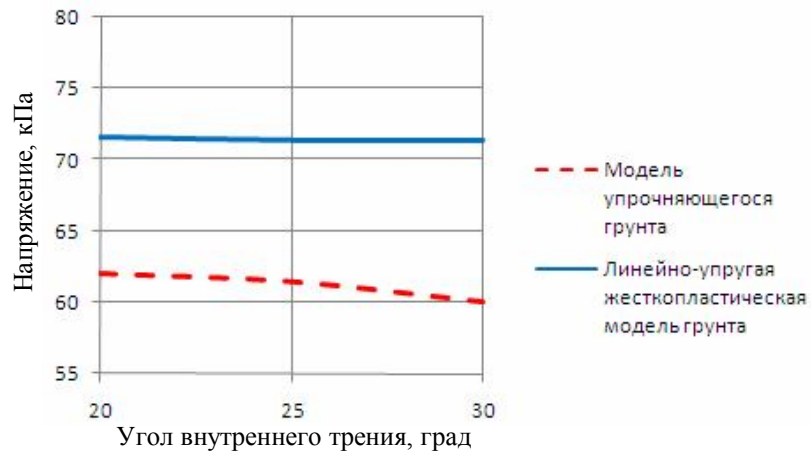


Рис. 7. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 25$ кПа на уровне основной площадки земляного полотна

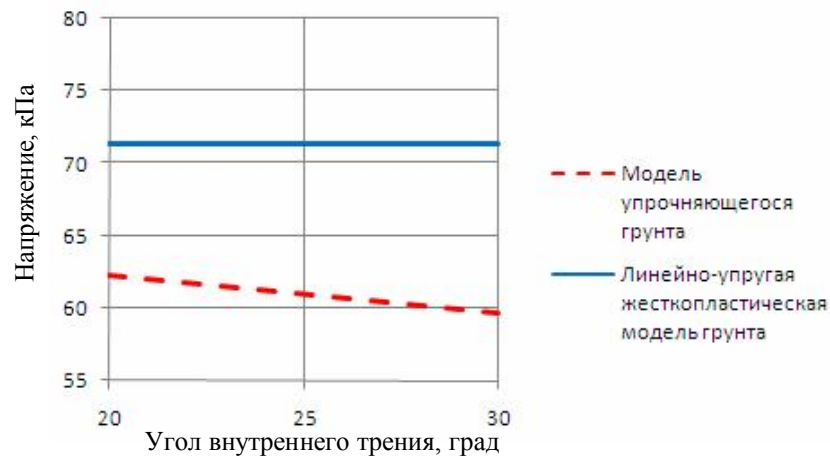


Рис. 8. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 30$ кПа на уровне основной площадки земляного полотна

Сравнительные графики напряжений, рассчитанные на глубине 1 м от уровня основной площадки при различных значениях c , приведены на рис. 9, 10 и 11 соответственно.

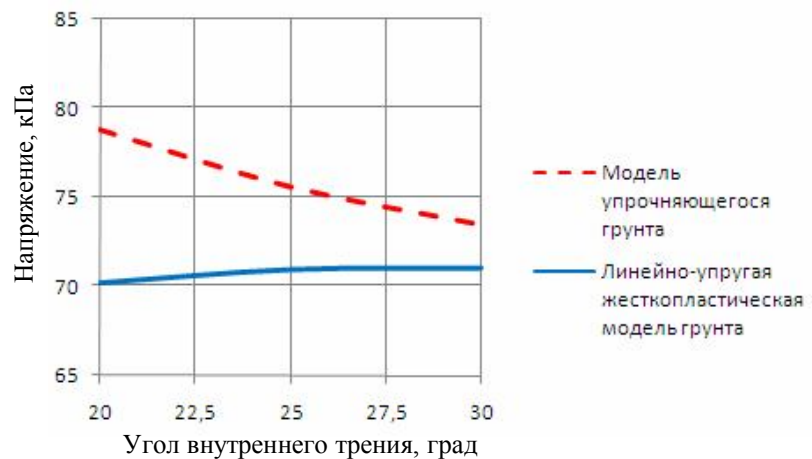


Рис. 9. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 20$ кПа на глубине 1 м от уровня основной площадки земляного полотна

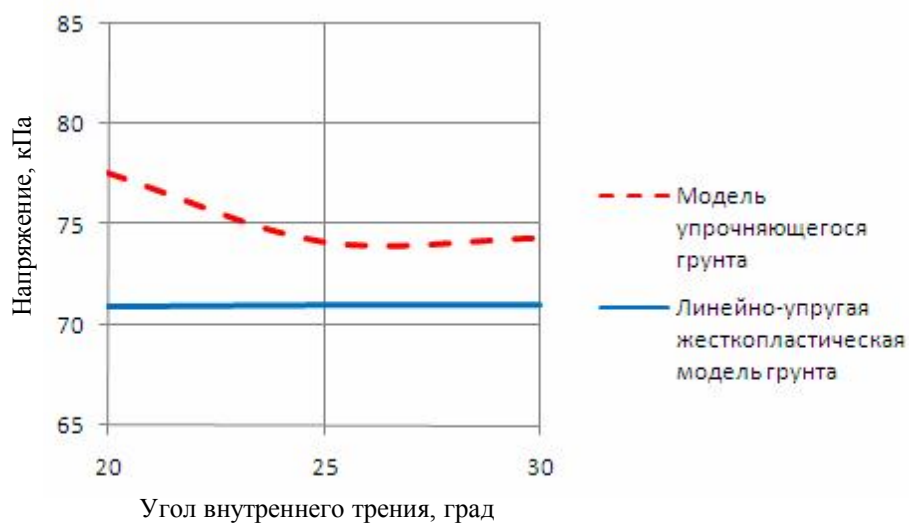


Рис. 10. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 25$ кПа на глубине 1 м от уровня основной площадки земляного полотна

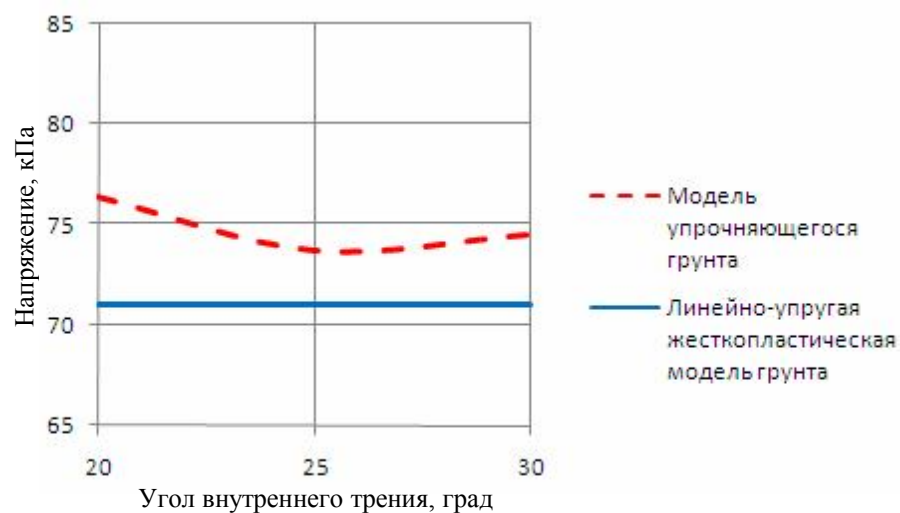


Рис. 11. График напряжений при разных моделях грунта в зависимости от ϕ при $c = 30$ кПа на глубине 1 м от уровня основной площадки земляного полотна

Итак, анализ полей напряжений показал, что при использовании модели упрочняющегося грунта:

- передача напряжений в глубь массива при воздействии поездной нагрузки происходит более равномерно по сравнению с упругопластической моделью грунта;
- значения вертикальных напряжений на основной площадке меньше на 10–15 %.