




Содержание

	Глава 1. Общие сведения	5
	Глава 2. Гидравлический расчет труб и малых мостов.....	6
	2.1. Водопропускные трубы	6
	Карточка труб.....	6
	Гидравлический расчет труб	7
	Расчет стоков	7
	Расчет пропускной способности труб.....	18
	2.2. Мосты	20
	Карточка мостов.....	20
	Гидравлика периодических водотоков	20
	Расчет стоков	20
	Расчет пропускной способности малых мостов	21
	Глава 3. Проектирование водоотводных устройств.....	23
	3.1. Водоотводные устройства	23
	Выбор вида устройства	23
	Расчеты.....	25
	Расчет канавы.....	25
	Расчет кювета	28
	Расчет перепадов	29
	Расчет быстротока	33
	Расчет стенки падения.....	35
	Разное	36
	Результаты расчета.....	38
	Глава 4. Осадка насыпи на слабом основании.....	39
	4.1. Общие положения	39
	Основные положения моделирования.....	39
	Используемые термины и определения	40
	4.2. Исходные данные	42
	Общие данные	42
	Объект.....	42
	Дорожно-климатическая зона.....	42
	Категория дороги	42
	Продолжительность строительства.....	42
	Данные о грунтах и нагрузках.....	43
	Количество слоев болотного грунта	43
	Параметры болотного грунта.....	43
	Поперечный профиль земляного полотна.....	45
	Тип покрытия дорожной одежды	46
	Параметры дорожной одежды	46
	4.3. Результаты анализа.....	48
	Запустить расчет	48
	Результаты расчета.....	48
	Литература	49

Глава 5. Устойчивость откосов земляного полотна 50

5.1. Общие положения	50
Моделирование обрушения со срезом и вращением.....	51
Моделирование равноустойчивого откоса (метод F_p)	52
Анализ местной устойчивости.....	52
5.2. Исходные данные	53
Общие данные о дороге.....	53
Объект	53
Расчетная сейсмичность	53
Дорожно-климатическая зона.....	53
Глубина промерзания.....	53
Категория дороги	53
Тип покрытия	54
Ширина земляного полотна.....	54
Ширина проезжей части	54
Данные о грунтах и нагрузках	54
Количество слоев грунта в насыпи.....	54
Данные о грунтах насыпи	55
Количество слоев грунта в основании.....	56
Данные о грунтах основания	56
Данные по подтоплению насыпи.....	58
Данные по нагрузке	59
Нормирование коэффициента запаса устойчивости	59
5.3. Результаты анализа.....	61
Расчет без подтопления.....	61
Расчет с подтоплением	62
Просмотр результатов.....	63
5.4. Приложение.....	64
Основные расчетные зависимости	64
Моделирование обрушения со срезом и вращением.....	64
Моделирование равноустойчивого откоса (метод F_p)	66
Анализ местной устойчивости	67
Основные зависимости для расчета параметров грунтов	68
Термины и определения	69
Литература.....	72

Глава 6. Оценка загрязнения водной среды..... 73

6.1. Общие положения	73
6.2. Исходные данные	73
Типовые данные	73
Загрязнение дождевого стока.....	73
Загрязнение стока талых вод	74
Предельно-допустимые концентрации.....	74
Слой стока талых вод	74
Данные для расчета	75
Дорога	75
Водоток	76
Поверхностный сток дождевых вод.....	77
Поверхностный сток талых вод	77
6.3. Результаты расчета	78

Глава 4. Осадка насыпи на слабом основании

4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Моделирование дорожной насыпи на болотных грунтах необходимо при проектировании дорог в болотистой местности и анализе вариантов проектных решений с использованием болотной залежи в качестве основания насыпи. Алгоритм моделирования основан на расчетных схемах, разработанных известными специалистами в области строительства, механики грунтов и грунтоведения и рекомендованных ведущими научно-исследовательскими институтами, в том числе СоюзДорНИИ, БелДорНИИ, МАДИ и другими. Программа моделирования дорожной насыпи на болотных грунтах соответствует РСН 09-85 Госстроя БССР: Расчет дорожных насыпей на болотных грунта, Минск, 1985 - 80 с.

Для анализа устойчивости земляного полотна необходимы:

- Геологический профиль болота на расчетном поперечнике.
- Основные физические и механические характеристики слоев болотной залежи.
- Геотехническая модель болотной залежи с выделенными слоями и расчетными показателями.
- Характеристика грунтов минерального дна.
- Расчетные характеристики (прочностные и деформационные) грунтов земляного полотна и материалов конструктивных слоев дорожной одежды.

Каждый объект (расчетный поперечник) необходимо моделировать в своем каталоге. При повторных запусках из этого каталога и корректировке данных предыдущие варианты не сохраняются. При первом запуске будет сгенерирован вариант контрольного примера. Если были запорчены данные предыдущего сеанса, то при новом запуске будет восстановлен вариант контрольного примера.

Результаты анализа устойчивости включают:

- Чертежи поперечного профиля земляного полотна на экране и в формате DXF.
- Протоколы-таблицы моделирования.
- Расчетные схемы моделирования.

Основные положения моделирования

Моделирование дорожной насыпи на болотных грунтах основано на исследовании напряженно-деформированного состояния дорожной конструкции: дорожная одежда – насыпной грунт – уплотненная болотная залежь – минеральное дно. Моделирование предусматривает комплексный расчет дорожной одежды и земляного полотна с учетом особых требований, обусловленных особенностями болотных грунтов:

- Устойчивости – недопущение выпора болотного грунта из-под насыпи.
- Стабильности – согласование сроков завершения консолидации болотного грунта и устройства дорожной одежды.
- Статической и динамической прочности – упругие прогибы и колебания дорожной одежды под действием транспортной нагрузки не должны превосходить предельных значений.

Расчетные зависимости, используемые в программе, соответствуют положениям СНиП по проектированию автомобильных и железных дорог и основным нормативно-производственным документам.

В программе решаются следующие задачи:

- Установление типа основания по устойчивости и заключение о возможности использования болотной залежи в качестве основания насыпи.
- Расчет конечной осадки болотной залежи, в том числе осадки отдавливания и сжатия.
- Расчет толщины насыпного слоя с обеспечением статической прочности дорожной одежды, исходя из требуемого модуля упругости на поверхности насыпного слоя, модуля упругости материала насыпного слоя и модуля упругости уплотненной болотной залежи на несжимаемом минеральном дне.
- Расчет толщины насыпного слоя с обеспечением динамической прочности дорожной одежды, исходя из предельно-допустимых ускорений колебаний дорожных покрытий на "плавающей" насыпи при пропуске расчетных нагрузок.
- Расчет устойчивости основания при разных режимах возведения насыпи расчетной толщины (быстрая и медленная отсыпка).
- Расчет длительности осадки во времени.
- Расчет режима возведения насыпи, в том числе:
 - Технологических параметров временного пригружения для сокращения сроков строительства.
 - Продолжительности возведения насыпи до проектной толщины с обеспечением необходимого упрочнения основания в процессе консолидации.

Используемые термины и определения

Безопасная нагрузка на основание – нагрузка, которую можно приложить к слабому основанию, находящемуся в природном (неконсолидированном) состоянии при быстрой отсыпке насыпи:

$$P_{без}^{нач} = N \times \tau, \text{ где:}$$

- N – параметр, зависящий от относительной глубины расположения слабого (расчетного) слоя в долях от ширины насыпи по подошве.
- τ – сопротивление сдвигу слабого слоя грунта в природном залегании по данным испытаний крыльчаткой.

Безопасная нагрузка на предварительно консолидированное основание:

$$P_{без}^{кон} = \frac{P_{без}^{нач}}{1 - U_0 \times L_{сж}}, \text{ где:}$$

- $L_{сж}$ – величина относительной конечной осадки сжатия основания при предварительном уплотнении.
- U_0 – степень консолидации основания при предварительном уплотнении.

Длительность консолидации основания – промежуток времени, в течение которого достигается требуемая степень консолидации основания.

Консолидация – постепенное развитие во времени деформаций водонасыщенного грунта (многофазной среды) при постоянной временной нагрузке.

Консолидация фильтрационная – начальный этап уплотнения грунта с выдавливанием воды из пор и фильтрации ее из зоны обжатия.

Консолидация вязко-пластичная – вторичный этап консолидации с деформированием тонких пленок воды, окружающих частицы, и скелета грунта.

Консолидационный параметр T – параметр, характеризующий интенсивность затухания осадки, имеет размерность времени.

Коэффициент перегрузки – отношение временной пригрузки dP к расчетной нагрузке $P_{рас}$ от массы возводимой насыпи, действующей на болотную залежь.

Коэффициент безопасности $K_{без}$ – отношение безопасной нагрузки $P_{без}$, к расчетной $P_{рас}$.

Коэффициент пористости определяют как отношение объема пор, заполненных как водой, так и воздухом, к объему твердых частиц грунта.

Относительная осадка сжатия основания:

$$L_{сж} = \frac{S_{сж}}{H - S_{от}}, \text{ где:}$$

- H – мощность болотной залежи.
- $S_{сж}$ – осадка сжимающихся (уплотняющихся) слоев болотной залежи.
- $S_{от}$ – осадка отдавливаемых (выпираемых, выдавливаемых) слоев болотной залежи.

Продолжительность строительного периода - промежуток времени, в течение которого необходимо возводить насыпь до проектной толщины из условия обеспечения устойчивости основания (за это время основание успевает упрочниться в процессе консолидации).

Расчетная нагрузка – нагрузка от массы возводимой насыпи, действующая на болотную залежь:

$$P_{рас} = K_0 \times L_{сж} + P_0, \text{ где:}$$

- $L_{сж}$ – относительная осадка сжатия основания.
- K_0, P_0 – параметры нагрузки, зависящие от плотности грунта насыпи, рабочей отметки насыпи и глубины грунтовых вод.

Степень консолидации основания – отношение фактической осадки к расчетной.

Требуемая степень консолидации основания – степень консолидации, чаще всего определяющая сроки устройства дорожной одежды (от 0.75 до 0.98 в зависимости от типа покрытия и расчетной осадки сжатия).

4.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Задача вызывается в пункте меню системы CAD_CREDO "Земляное полотно / Проектирование поперечного профиля". После запуска задачи на экране появляется таблица, которая разделена на три части. В верхнюю часть таблицы необходимо ввести данные для моделирования дорожной насыпи на болотных грунтах. Пользователь должен ввести общие данные и данные о грунтах и нагрузках.

Общие данные

Таблица расположена в верхней правой части экрана:

Объект	
Дорожно-климатическая зона	
Категория дороги	
Продолжительность строительства, сутки	

Объект

Необходимо ввести наименование объекта.

Дорожно-климатическая зона

По номеру дорожно-климатической зоны и по типу покрытия программа устанавливает нормативные значения наименьшего коэффициента уплотнения грунта по СНиП 2.05.02-85.

Категория дороги

Категория дороги используется при нормировании требуемой степени консолидации

Продолжительность строительства

Пользователь должен определить продолжительность строительного периода, в течение которого необходимо возводить насыпь согласно проекту организации строительства дороги (обычно от момента начала земляных работ до момента устройства дорожной одежды). Результаты моделирования осадки насыпи на болотной залежи с учетом технологических мероприятий позволят уточнить:

- Сроки устройства дорожной одежды с обеспечением требуемой степени консолидации основания, которая, в свою очередь, зависит от типа покрытия дорожной одежды и расчетной осадки сжатия основания.
- Продолжительность возведения насыпи до проектной толщины с обеспечением необходимого упрочнения основания в процессе консолидации.

Данные о грунтах и нагрузках

Таблица расположена в верхней левой части экрана:

Количество слоев болотного грунта	
Параметры болотного грунта	
Поперечный профиль земляного полотна	
Тип покрытия дорожной одежды	
Параметры дорожной одежды	

Количество слоев болотного грунта

Количество слоев болотного грунта устанавливают на основе геологического разреза и после определения расчетных значений показателей физико-механических свойств грунтов болотной залежи. Каждый выделенный расчетный слой должен быть однородным по инженерно-геологическим свойствам. При этом:

- Основные классификационные показатели слоя не должны выходить за пределы своей классификационной группы (см., например, табл. 1, 2 в РСН 09-85).
- Геологический слой должен характеризоваться статистической однородностью (см. например, допустимые величины коэффициентов вариации в табл. 3 РСН 09-85).

Параметры болотного грунта

Параметры болотного грунта следует ввести в таблице, которая вызывается по клавише [Пробел]. При этом обращайте внимание на пределы значений.

Параметры болотного грунта	
Номер слоя	
Толщина слоя, м	[1 - 20]
Коэффициент пористости, e	[1 - 20]
Влажность, %	[30 - 1500]
Плотность частиц, г/см ³	[0.1 - 3.0]
Сопротивление вращательному срезу, МПа	[0.0 - 0.04]

Номер слоя

Номер слоя в болотной залежи следует устанавливать сверху вниз от поверхности болота до минерального дна.

Толщина слоя

Толщина слоя определяется на основе геологического разреза и по расчетным значениям показателей физико-механических свойств грунтов болотной залежи. Каждый выделенный расчетный слой должен быть однородным по инженерно-геологическим свойствам.

На предварительной стадии показатели физико-механических свойств грунтов болотной залежи определяются по показателям состава (соотношение волокнистых, гумусных и минеральных частиц) и состояния (природной влажности или пористости).

Подробные таблицы показателей свойств грунтов болотной залежи приводятся в таблицах 1, 2 в РСН 09-85 или в таблицах 3, 4 в "Пособии по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах" Ниже приводятся краткие таблицы.

- **Торфяные грунты**

Вид болотного грунта	Физико-механические показатели			
	W	e	Gd, г/см ³	T, МПа
Осушенный	< 3	< 4	> 0.25	> 0.026
Очень влажный	9...12	14...18	0.07...0.10	0.003...0.015
Маловлажный	3...6	4...9	0.14...0.25	0.013...0.040
Средне влажный	6...9	9...14	0.10...0.14	0.008...0.026
Избыточно влажный	12	18	0.07	< 0.003

- **Органоминеральные грунты**

Вид болотного грунта и тип залегания	Физико-механические показатели		
	W	e	T, МПа
Неуплотненные озерные сапропели органические детритовые	600..2000	12..25	< 0.002
Неуплотненные озерные сапропели органоминеральные известковистые	200.. 600	5..12	0.002..0.006
Неуплотненные озерные сапропели органоминеральные кремнеземистые	200.. 600	4..12	0.003..0.006
Неуплотненные болотные органические торфо-сапропели	900..1200	16..20	0.002..0.013
Неуплотненные болотные сапропели детритовые	600.. 900	12..16	0.002..0.013
Неуплотненные болотные сапропели органоминеральные известковистые	200.. 600	4..12	0.008..0.013
Неуплотненные болотные сапропели органоминеральные кремнеземистые	200.. 600	3..12	0.007..0.013
Неуплотненный болотный мергель	100	1...3	0.008...0.020
Неуплотненный болотный ил	100	1...3	0.011..0.032
Уплотненные под слоем наносов или насыпью сапропели детритовые	100...300	4...6	0.008..0.020
Сапропели известковые	100...300	0.4..1.2	0.010..0.025
Сапропели кремнеземистые	100...200	1.4..4	0.010..0.030

Коэффициент пористости

Коэффициент пористости определяют как отношение объема пор, заполненных как водой, так и воздухом, к объему твердых частиц грунта. Если в инженерно-геологических данных нет коэффициента пористости, его (кроме болотных грунтов Западной Сибири) вычисляют по формуле:

$$e = \frac{G_s}{G_d}, \text{ где:}$$

- G_s – плотность частиц грунта (см. таблицу).
- G_d – плотность сухого грунта, которую находят по формуле:

$$G_d = \frac{1}{0.01 \times W + \frac{1}{G_s}}, \text{ где:}$$

- W – влажность грунта.

Вид болотного грунта	Плотность частиц грунта, г/см ³
Торф	1.5
Органический сапропель	1.6
Органоминеральный сапропель	2.0
Болотный мергель	2.0
Болотный ил	2.0

Для болотных грунтов Западной Сибири e и G_d вычисляют по формулам:

$$e = \frac{0.1}{T} + 5$$

$$G_d = \frac{G_s}{1 + E_o}, \text{ где:}$$

- T – сопротивление сдвигу крыльчатке в природном залегании, МПа.
- G_s – плотность частиц грунта, г/см³.

Влажность

Влажность грунта в болотной залежи вводят как природную влажность и определяют отношением массы содержащейся в грунте воды к массе частиц грунта (сухого).

Плотность частиц

Плотность частиц определяют как отношение массы грунта, включая массу воды в его порах, к объему, занимаемому грунтом.

Сопротивление вращательному срезу

Удельное сцепление грунта болотной залежи устанавливают по сопротивлению сдвигу крыльчатке в природном залегании.

Поперечный профиль земляного полотна

Пользователь должен ввести геометрические параметры поперечного профиля земляного полотна в таблице, которая вызывается по клавише [Пробел]. При вводе значений следует обращать внимание на пределы параметров.

Параметры поперечного профиля земляного полотна	
Ширина земляного полотна поверху, м	[5 - 40]
Проектная отметка, м	[1 - 9999]
Отметка земли по оси дороги, м	[1 - 9999]
Глубина залегания грунтовых вод, м	[0 - 10]
Коэффициент заложения откосов земляного полотна	[0 - 10]
Коэффициент заложения откосов нижней части насыпи	[0 - 5]

Заложение откосов земляного полотна задают знаменателем отношения заложения откоса к высоте слоя. Например, при заложении 1:1.5 вводят 1.5. Заложение откосов нижней части насыпи, погруженной в торф, принимают равным:

- **1.5** – для песков мелких и пылеватых.
- **1** – для песков средней крупности и крупных.

Тип покрытия дорожной одежды

По клавише [Пробел] необходимо выбрать тип покрытия. Система предлагает:

Усовершенствованное
Переходное
Облегченное

Тип покрытия определяет степень и момент консолидации болотной залежи, после которого можно приступать к устройству дорожной одежды. Если дорожную одежду устроить раньше, то возможно нарушение ровности, появление трещин и т.д.

Параметры дорожной одежды

Параметры дорожной одежды и насыпного слоя необходимо определить в таблице, которая вызывается по клавише [Пробел].

Параметры дорожной одежды	
Расчетное давление на покрытие, МПа	[0.1 – 3]
Диаметр следа колеса, м	[0.1 - 1]
Толщина дорожной одежды, м	[0.1 - 2]
$E_{тр}$ на поверхности насыпного слоя, МПа	[10 – $E_{нс}$]
$E_{ср}$ дорожной одежды, МПа	[10 – 999]
Модуль упругости насыпного слоя $E_{нс}$, МПа	[10 – 300]
Средняя плотность грунта насыпи и д/о, т/м ³	[0.1 - 3]

Расчетное давление на покрытие

Расчетное давление на покрытие следует устанавливать такое же, как при расчете дорожной одежды. См., например, ВСН 46-83 [6].

Диаметр следа колеса

Диаметр следа колеса расчетного автомобиля следует устанавливать такое же, как при расчете дорожной одежды. См., например, ВСН 46-83 [6].

Толщина дорожной одежды

Для расчета толщины дорожной одежды необходимо суммировать покрытие, основание, подстилающий слой. Насыпной слой в расчет НЕ включается.

$E_{тр}$ на поверхности насыпного слоя

Требуемый модуль упругости на поверхности насыпного слоя $E_{тр}$ – это модуль упругости той поверхности, на которую укладывается дорожная одежда, иными словами – это модуль упругости конструкции:

"Насыпной слой + уплотненный весом насыпи торф"

В первом приближении $E_{тр}$ на поверхности насыпного слоя можно приравнять к модулю упругости грунтов за пределами болотной залежи. В дальнейшем, для

достижения равнопрочности дорожной одежды как за пределами болотной залежи, так и на плавающей насыпи на торфе, можно уточнить конструкцию дорожной одежды. Для этого необходимо пересчитать дорожную одежду, уложенную на насыпной слой, эквивалентный модуль упругости которого E_{ϕ} принимается по результатам расчета из файла *Peat.res* при просмотре результатов расчета.

$E_{\text{ср}}$ дорожной одежды

Средний модуль упругости дорожной одежды $E_{\text{ср}}$ вычисляют как средневзвешенный по слоям следующим образом:

$$E = \frac{E1 \times h1 + E2 \times h2 + E3 \times h3 + \dots}{h1 + h2 + h3 + \dots}$$

Модуль упругости насыпного слоя

Модуль упругости насыпного слоя определяется по результатам испытаний или примерно в зависимости от вида песка:

- Пески крупные и гравелистые – 130 МПа.
- Пески средней крупности – 100 МПа.
- Пески мелкие – 80 МПа.

Средняя плотность грунта насыпи и дорожной одежды

Средняя плотность грунта насыпи и д/о вычисляется как средневзвешенная:

$$G_{\text{ср}} = \frac{G_{\text{до}} \times G_{\text{нас}} + G_{\text{нас}} \times H_{\text{нас}}}{H_{\text{до}} + H_{\text{нас}}}, \text{ где:}$$

- **до** – дорожная одежда.
- **нас** – насыпь.

При несоответствии данных по параметрам поперечного профиля и дорожной одежды программа вас предупредит об этом, например:

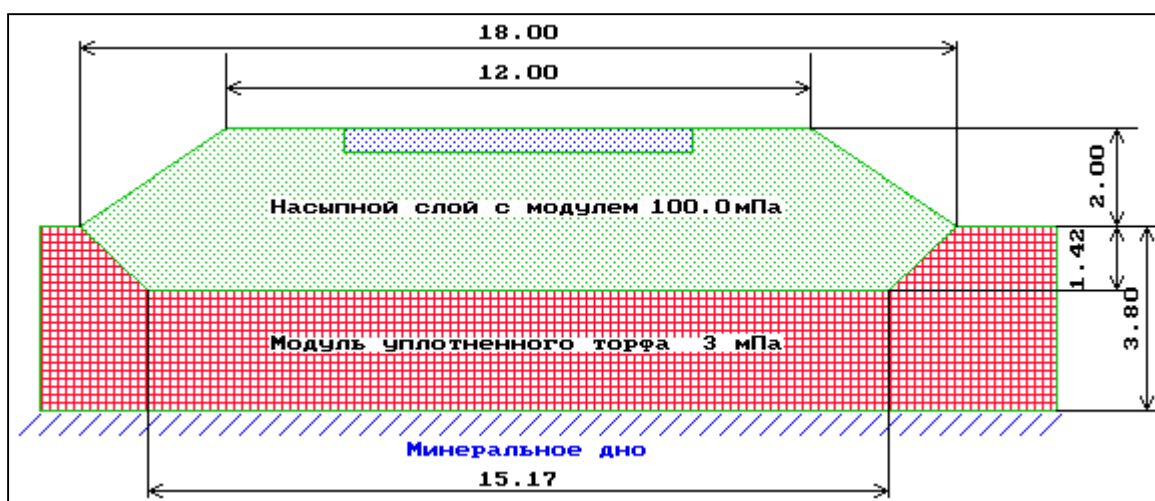
**Отметка насыпи недостаточна для устройства дорожной одежды.
Увеличьте ее.
Клавишу для продолжения**

4.3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

Запустить расчет

После ввода или корректировки данных необходимо запустить расчет. Изменив данные, можно выполнить повторный расчет. После завершения работы в текущем каталоге остается только последний вариант данных. Поэтому, чтобы сохранить варианты решений, следует создавать новый каталог для каждого варианта расчета.

После запуска расчета на экране вычерчивается поперечный профиль земляного полотна на уплотненной болотной залежи на момент завершения процесса осадки.



Чертеж поперечного профиля насыпи на болотной залежи выводится в файл *Boloto.dxf*, что позволяет вычерчивать его имеющимися средствами.

Результаты расчета

Изучив графические результаты моделирования, после нажатия любой клавиши Пользователь возвращается в основное окно, в котором отображаются основные результаты расчета:

Основные результаты расчета			
Статика и динамика	Парам.	Пригрузка насыпи	Парам.
Тип основания по устойчивости		Без пригрузки:	
Высота насыпи, м		– период консолидации, сут	
К-т статической прочности = $E_f / E_{тр}$		Дополнительный слой насыпи	
К-т динамической прочности = $A_{доп} / A_f$		Насыпь-пригрузка	
Осадка насыпи общая, м		Движущаяся пригрузка	

Детальные результаты моделирования Пользователь может просмотреть или распечатать, активизируя пункт меню "Просмотр результатов". Протокол моделирования напряженно-деформированного состояния земляного полотна включает таблицы:

- Общих данных, в том числе основных параметров района строительства дороги, поперечного профиля земляного полотна и дорожной одежды.

- Параметров болотного грунта в естественных условиях и общих параметров болотной залежи.
- Результатов расчета осадки насыпи на слабом основании при начально-заданной толщине насыпного слоя.
- Результатов расчета статической и динамической прочности дорожной одежды при начально-заданной толщине насыпного слоя.
- Результатов повторного расчета осадки насыпи при толщине насыпного слоя, необходимой для обеспечения требуемых критериев статической и динамической прочности дорожной одежды.
- Заключение по типу основания по устойчивости и выбору конструкции земляного полотна.
- Результатов расчета режима возведения насыпи без пригрузки.
- Результатов расчета режима возведения насыпи с временной пригрузкой в виде дополнительного слоя насыпи.
- Результатов расчета режима возведения насыпи с временной пригрузкой в виде суженной "насыпи-пригрузки".
- Результатов расчета режима возведения насыпи для схемы "движущаяся пригрузка".
- Параметров поперечного сечения насыпи после осадки, в том числе:
 - Строительной высоты насыпи.
 - Толщины слоя сверх проектной отметки для компенсации осадки.
 - Толщины временной пригрузки.
 - Площади поперечного сечения пригрузки.
 - Площади поперечного сечения просевшей части земляного полотна – результатов расчета интенсивности отсыпки насыпи и пригрузки.

Литература

1. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах (к СНиП 2.02.01-85). СОЮЗДОРНИИ. Минтрансстрой СССР. М. Стройиздат, 1989. Стр. 192.
2. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. М. Стройиздат, 1986. Стр. 415.
3. РСН 09-85 Госстроя БССР: Расчет дорожных насыпей на болотных грунтах. Минск, 1985. Стр. 80.
4. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
5. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
6. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа. ВСН 46-83 / Минтрансстрой СССР. М. Транспорт, 1987. Стр. 176.

Глава 5. Устойчивость откосов земляного полотна

5.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Анализ устойчивости земляного полотна необходим при индивидуальном (не типовом) проектировании поперечного профиля, то есть при высоких насыпях, глубоких выемках, подтоплении откосов, слабом основании насыпи, проектировании в сейсмических районах и т.д.

Алгоритм анализа устойчивости земляного полотна основан на общепринятых расчетных схемах, разработанных известными специалистами в области строительства, механики грунтов и грунтоведения и рекомендованных ведущими научно-исследовательскими институтами, в частности ЦНИИС, НИИОСП, СоюзДорНИИ, МАДИ и других.

Основные расчетные зависимости, используемые в программах, соответствуют положениям СНиП по проектированию оснований зданий и сооружений, проектированию автомобильных и железных дорог и т.д.

Анализ устойчивости включает следующие задачи, требующие громоздких и многовариантных расчетов:

1. Общая устойчивость.
2. Местная устойчивость.
3. Устойчивость откосов с учетом силового воздействия подземных вод.
4. Устойчивость откосов с учетом сейсмического воздействия.
5. Устойчивость земляного полотна на слабом основании.

Существует некоторая неопределенность критериев оптимизации проектных решений по поперечным сечениям земляного полотна, а именно:

- Минимум площади поперечного сечения при нормативном коэффициенте запаса устойчивости.
- Максимум коэффициента запаса устойчивости при ограничениях на параметры поперечного профиля.
- Максимум коэффициента запаса устойчивости при вариантном переборе разновидностей грунтов в насыпи и т.п.

В связи с неопределенностью алгоритмом не предусмотрена полная оптимизация проектирования земляного полотна, поэтому задача генерирования вариантов формы поперечного профиля, замены грунтов и т.п. возложена на Пользователя.

Для анализа устойчивости земляного полотна необходимы:

- Данные по общим инженерно-геологическим, гидрогеологическим и климатическим условиям района строительства.
- Очертание поперечного профиля насыпи или выемки.
- Геотехнический разрез по расчетному поперечнику.
- Расчетные значения физико-механических характеристик грунтов, слагающих откос и его основание.
- Расчетные временные нагрузки.

Каждый объект, в данном случае поперечный профиль земляного полотна, необходимо моделировать в отдельном каталоге. При повторных запусках задачи из этого каталога и корректировке данных предыдущие варианты не сохраняются. При первом запуске задачи будет сгенерирован вариант контрольного примера. Если по какой-либо причине были заперчены данные предыдущего сеанса работы, то при ее новом запуске будет восстановлен вариант контрольного примера, о чем программа информирует Пользователя.

Результаты анализа устойчивости включают:

- Протоколы-таблицы моделирования напряженно-деформированного состояния земляного полотна, а в некоторых случаях и дорожной одежды.
- Чертежи поперечного профиля.
- Расчетные схемы моделирования.

Анализ общей устойчивости основан на исследовании напряженно-деформированного состояния значительных частей массива, слагающего откос. Расчеты устойчивости выполняются для условий плоской задачи, то есть для элемента откоса протяженностью один метр вдоль трассы.

Алгоритм задачи общей устойчивости позволяет выполнить моделирование с анализом предельного состояния по несущей способности и по двум наиболее важным и часто встречающимся в инженерной практике расчетным схемам потери устойчивости:

- Обрушение со срезом и вращением – метод кругло-цилиндрических поверхностей скольжения в модификации К.Терцаги.
- Деформация по схеме оползня-сдвига – метод равноустойчивого откоса, метод Фр, предложенный Н.Н.Масловым.

При решении этих задач исследуются также случаи силового воздействия подземных вод и сейсмических сил на общую устойчивость. Анализ местной устойчивости откосов земляного полотна основан на исследовании развития деформаций локального скольжения, пластического течения, сплывов и выносов в пределах активной зоны, чаще всего определяемой глубиной промерзания. Расчет местной устойчивости откосов выполняется по методике ЦНИИС.

Моделирование обрушения со срезом и вращением

Обрушение со срезом и вращением моделируется с использованием метода кругло-цилиндрических поверхностей скольжения в модификации К.Терцаги.

Силовое воздействие подземных вод рассчитывается для опасного случая быстрого спада воды от уровня высокой воды. При этом:

- При определении сдвигающих сил вследствие резкого увеличения веса отсека обрушения исключается эффект взвешивания в пределах зоны обводнения.
- Учитывается эффект взвешивания при определении удерживающих сил.
- Учитывается изменение удельного сцепления грунта в водонасыщенной части земляного полотна.

Фильтрационное давление, связанное с движением воды, фильтрующей через откос, и увеличивающее сдвигающие силы, находится умножением объема обводненной части отсека на гидравлический градиент кривой депрессии.

Суммирование выполняется по всем блокам.

Наиболее опасная кривая скольжения находится методом покоординатного спуска (последовательно по осям X и Y), от начального приближения положения центра кривой, установленного в начале расчета с учетом рекомендаций Феллениуса.

Последовательный поиск опасной кривой скольжения заканчивается, если:

- Дальнейшие перемещения центра кривой скольжения по оси X и Y ведет только к увеличению коэффициента запаса устойчивости.
- Коэффициент запаса устойчивости становится меньше единицы.

Моделирование равноустойчивого откоса (метод F_p)

В анализе напряженно-деформированного состояния земляного полотна по схеме оползня-сдвига использован метод F_p (метод равноустойчивого откоса), предложенный Н.Н.Масловым. Программа предлагает Пользователю сравнить проектный поперечный профиль с поверхностью равноустойчивого откоса, построенного по методу F_p .

Фильтрационное давление учтено вводом фиктивного угла внутреннего трения $\phi_{i.v}$.

По результатам расчета формируется таблица, в которой выделяется опасная зона с коэффициентом запаса устойчивости $K_y < 1$. В этой зоне необходимо сделать откос более пологим или заменить грунты. В некоторых случаях эффективна замена грунтов в вышерасположенных слоях.

Анализ местной устойчивости

При анализе местной устойчивости по методике ЦНИИС исследуются процессы осеннего влагонакопления и набухания грунта перед промерзанием, морозного пучения и разуплотнения грунта и прогнозируется возможность потери устойчивости вследствие:

- Перехода грунта в текучее состояние и стекания по откосу.
- Сплыва отдельных блоков грунта по поверхности ослабления.

Этими процессами определяется методика двух расчетов.

1. **Местная устойчивость поверхностных слоев грунта на откосе** земляного полотна обеспечена, если W_{of} (влажность грунта после промерзания) меньше W_t (влажности на границе текучести). В противном случае следует проектировать мероприятия для защиты грунта от промерзания и пучения.
2. **Устойчивость против сплыва отдельных блоков грунта по поверхности ослабления** анализируется при условии W_{of} меньше W_t .

Для обеспечения местной устойчивости следует проектировать:

- Уменьшение крутизны откосов или устройство берм.
- Дренаж для осушения переувлажненных слоев грунта.
- Укрепление откосов с целью защиты от местных размывов и переувлажнения поверхностной водой.
- Покрытие поверхности откосов материалами, снижающими интенсивность процесса промерзания-оттаивания грунта откоса.

5.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Задача вызывается в пункте меню системы CAD_CREDO "Земляное полотно / Проектирование поперечного профиля". После запуска задачи на экране появляется таблица, в которую необходимо ввести данные. Для анализа устойчивости земляного полотна необходимо ввести общие данные о дороге и данные о грунтах и нагрузках.

Общие данные о дороге

Объект	
Расчетная сейсмичность	
Дорожно-климатическая зона	
Глубина промерзания, м	
Категория дороги	
Тип покрытия	
Ширина земляного полотна, м	
Ширина проезжей части, м	

Объект

Объект – введите наименование дороги.

Расчетная сейсмичность

Анализ устойчивости откосов с учетом сейсмического воздействия требует ввода расчетной сейсмичности J_p , которую следует вычислить по формуле:

$$J_p = J_0 + m, \text{ где:}$$

- J_0 – расчетная сейсмичность в данном районе, в баллах.
- m – сейсмическая характеристика, учитывающая увеличение сейсмичности в зависимости от грунта основания.

Грунт основания	Сейсмическая характеристика, балл
Аллювиальные отложения щебенистые или песчаные (сухие)	1-2
Глинистые, мергелистые или лессовидные	1-3
Болотистые и водонасыщенные	3-4

Дорожно-климатическая зона

По номеру дорожно-климатической зоны и по типу покрытия программа устанавливает нормативные значения наименьшего коэффициента уплотнения грунта по СНиП 2.05.02-85.

Глубина промерзания

Глубина промерзания используется при анализе устойчивости против сплыва отдельных блоков грунтов по поверхности ослабления на глубине промерзания откоса после весеннего оттаивания.

Категория дороги

Категория дороги используется при нормировании частного коэффициента K_2 для дальнейшего расчета минимального коэффициента запаса устойчивости:

- Для первой и второй категории $K_2 = 1$.
- Для остальных $K_2 = 1.03$.

Тип покрытия

По клавише [Пробел] необходимо выбрать тип покрытия. Система предлагает:

<p>Усовершенствованное</p> <p>Переходное</p> <p>Облегченное</p>
--

Ширина земляного полотна

Ширину земляного полотна вводят с клавиатуры.

Ширина проезжей части

Ширину проезжей части вводят с клавиатуры.

Данные о грунтах и нагрузках

Для осуществления моделирования можно вводить параметры грунтов тремя способами в зависимости от полноты исходных данных. По клавише [Пробел] Вы можете выбрать:

<p>По физическим характеристикам</p> <p>По лабораторным испытаниям</p> <p>Минимальные</p>
--

- При вводе данных "**По физическим характеристикам**" прочностные параметры грунтов устанавливаются программой в соответствии с нормативными значениями грунтов по СНиП 2.02.01-83 (Приложение 1, таблицы 1, 2) в зависимости от типа грунта, его коэффициента пористости и показателя текучести.
- При вводе данных "**По лабораторным испытаниям**" параметры грунтов принимают по результатам лабораторных испытаний и статистической обработки.
- При вводе данных "**Минимальные**" прочностные параметры грунтов принимают по литературным и справочным данным.

Данные о грунтах и нагрузках включают:

Количество слоев грунта в насыпи	
Данные о грунтах насыпи	
Количество слоев грунта в основании	
Данные о грунтах основания	
Данные по подтоплению насыпи	
Данные по нагрузке	
Нормативный коэффициент запаса устойчивости	

Количество слоев грунта в насыпи

Слои грунта в земляном полотне следует нумеровать сверху вниз. Границу раздела слоев совмещают с переломами откосов земляного полотна и с границами изменения физико-механических характеристик отсыпаемого грунта. Как в земляном полотне, так и в основании система позволяет вводить до 9 слоев, то есть всего до 18.

Данные о грунтах насыпи

Клавишей [Пробел] или [Enter] активизируйте данную строку, после чего на экране появится выпадающее меню:

<p>Геометрические параметры</p> <p>Параметры к общей устойчивости</p> <p>Параметры к местной устойчивости</p>
--

Геометрические параметры

Программой предусмотрено вариантное конструирование поперечного профиля насыпи и размещение слоев грунта в многослойной насыпи, направленное на поиск оптимального проектного решения, удовлетворяющего нормативным требованиям по общей устойчивости откосов.

Клавишей [Enter] активизируйте строку "Геометрические параметры", после чего заполните таблицу геометрических параметров откосной части для каждого слоя.

Геометрические параметры	
Номер слоя	
Толщина слоя, м	[1 – 10]
Крутизна откоса (коэффициент заложения)	[0.5 – 8]
Ширина бермы внизу слоя, м	[0 – 10]

Общая высота насыпи не должна превышать 100 м, а горизонтальная проекция откоса не должна быть более 200 м.

При этих ограничениях Пользователь имеет возможность обработать практически любое разумное количество вариантов проектных решений.

При изменении количества слоев в большую сторону, например, с 3 до 5, геометрические и физико-механические параметры добавленных слоев (четвертого и пятого) перед их корректировкой будут соответствовать последнему в начальном варианте, то есть третьему слою. При изменении количества слоев в меньшую сторону, например, с 5 до 3, параметры исключенных слоев (четвертого и пятого) автоматически удаляются.

Параметры к общей устойчивости

Параметры к общей устойчивости несколько отличаются в зависимости от выбранного варианта "Данные о грунтах и нагрузках".

Параметры к общей устойчивости	По физическим характеристикам	По лаб. испытаниям и минимальные
Номер слоя		
Тип грунта по СНиП 2.02.01-83		
Плотность частиц грунта R_s , т/м ³	[1 – 3]	[1 – 3]
Удельное сцепление C , МПа	[По СНиП 2.02.01-83]	[0 – 0.1]
Угол внутреннего трения F_i , градус	[По СНиП 2.02.01-83]	[1 – 50]
Коэффициент пористости e	[0 – 2]	[0 – 2]
Число пластичности I_p (для глинистых гр.)	[1 – 30]	[1 – 30]
Влажность на границе текучести W_t , %	[1 – 50]	[1 – 50]
Показатель текучести I_L (для глинистых гр.)	[1 – 30]	[1 – 30]
Удельное сцепление водонасыщ. Гр. Св, МПа	[0 – 0.1]	[0 – 0.1]

Тип грунта по СНиП 2.02.01-83 выбирается по клавише [Пробел]:

Песок гравийный и крупный
Песок средней крупности
Песок мелкий
Песок пылеватый
Супесь
Суглинок
Глина
С примесью органических веществ
Ил

Параметры к местной устойчивости

Для анализа местной устойчивости откосов введите для каждого слоя:

Параметры к местной устойчивости	
Номер слоя	
Тип грунта	
Влажность W , %	[1 – 50]
Интенсивность набухания грунта, доли един.	[0 – 1]
Расчетная глубина сезонного изменения влажности набухания, м	[0 – 2]

Количество слоев грунта в основании

Слои грунта в земляном полотне следует нумеровать сверху вниз. Границу раздела слоев совмещают с переломами откосов земляного полотна и с границами изменения физико-механических характеристик отсыпаемого грунта. Как в земляном полотне, так и в основании система позволяет вводить до 9 слоев, то есть всего до 18.

Данные о грунтах основания

Для работы задачи анализа общей устойчивости в самом общем случае необходимы следующие параметры грунтов для каждого слоя основания:

- Тип грунта по СНиП 2.02.01-83.
- Плотность грунта R , т/м³.
- Удельное сцепление C , мПа.
- Угол внутреннего трения ϕ , градус.
- Коэффициент пористости e .
- Число пластичности I_p (для глинистых грунтов).
- Показатель текучести IL (для глинистых грунтов).
- Плотность частиц грунта R_s , т/м³.
- Влажность на границе текучести W_t , %.
- Влажность на границе раскатывания W_r , %.
- Влажность естественная W , %.
- Плотность сухого грунта при естественной влажности R_{dt} , г/см³.
- Коэффициент уплотнения грунта $K_{ур}$.
- Оптимальная влажность W_{opt} , %.
- Оптимальная плотность грунта R_{opt} , г/см³.
- Требуемая плотность грунта $R_{треб}$, г/см³.

Поскольку все параметры связаны различными функциональными или корреляционными зависимостями, то некоторые из них не вводят, а они вычисляются в программе известными методами определения расчетных характеристик грунтов и по формулам грунтоведения. Поэтому количество и состав параметров, необходимых для работы программы, зависят от того, какой из трех способов ввода данных вы выбрали:

- По физическим характеристикам.
- По лабораторным испытаниям.
- Минимальные.

При варианте **"По физическим характеристикам"** необходимо ввести параметры:

Параметры к общей устойчивости	
Номер слоя	
Тип грунта по СНиП 2.02.01-83	
Коэффициент пористости e (для песков и супесей)	[0 – 2]
Число пластичности I_p (для глинистых грунтов)	[1 – 30]
Влажность на границе текучести W_t , % (для глинистых грунтов)	[1 – 50]
Показатель текучести IL (для глинистых грунтов)	[1 – 30]
Удельное сцепление водонасыщенного грунта C_v , мПА.	[0 – 0.1]

Значение удельного сцепления водонасыщенного грунта следует вводить, если предусмотрен расчет устойчивости подтопленной насыпи. По умолчанию коэффициент сцепления грунта в водонасыщенной части земляного полотна принят равным половине коэффициента сцепления в сухой части.

Остальные поля недоступны, но значения параметров в них отображаются, как результат вычислений по зависимостям, приведенным в Приложении "Основные зависимости для расчета параметров грунтов".

Тип грунта выбирается по клавише [Пробел].

При варианте **"По лабораторным испытаниям"** таблица включает параметры.

Параметры к общей устойчивости	
Номер слоя	
Тип грунта по СНиП 2.02.01-83	
Плотность грунта R , т/м ³	[1 – 3]
Удельное сцепление C , МПа	[0 – 0.1]
Угол внутреннего трения F_i , градус	[1 – 50]
Коэффициент пористости e	[0 – 2]
Число пластичности I_p (для глинистых грунтов)	[1 – 30]
Влажность W , %	[1 – 50]
Показатель текучести IL (для глинистых грунтов)	[1 – 30]
Удельное сцепление водонасыщенного грунта C_v , мПА.	[0 – 0.1]

При варианте **"Минимальные"** таблица включает следующие параметры.

Параметры к общей устойчивости	
Номер слоя	
Тип грунта по СНиП 2.02.01-83	
Плотность грунта R , т/м ³	[1 – 3]
Удельное сцепление C , МПа	[0 – 0.1]
Угол внутреннего трения F_i , градус	[1 – 50]
Удельное сцепление водонасыщенного грунта C_v , мПА.	[0 – 0.1]

Особенности ввода параметров грунтов основания

Правила ввода параметров грунтов практически одинаковы как для насыпи (выемки), так и для основания. При вводе параметров грунтов основания и при числе слоев более одного необходимо дополнительно вводить толщину слоя (от 1 м до 50 м). По умолчанию принята толщина 50 м.

Поскольку при слабом основании существует вероятность выхода опасной кривой скольжения за подошву насыпи, то при величине угла внутреннего трения (вариант "По лабораторным испытаниям") менее восьми градусов программа вас предупредит:

При ϕ основания менее 8 градусов опасная кривая скольжения выходит за подошву откоса. Рекомендуем найти ее, варьируя положение точки выхода по минимуму коэффициента запаса устойчивости.

Клавишу для продолжения.

Пользователь может игнорировать сообщение и ввести нулевое расстояние.

Данные по подтоплению насыпи

Для анализа подтопленных насыпей необходимо дополнительно ввести:

Данные по подтоплению насыпи	
Уровень высокой воды над подошвой насыпи	[1 – 999]
Гидравлический градиент	[0 – 0.3]

При вводе таблица параметров грунтов насыпи дополняется коэффициентом сцепления грунта в водонасыщенной части земполотна. По умолчанию он принят равным половине коэффициента сцепления в сухой части независимо от варианта ввода данных. Коэффициент в водонасыщенной части можно корректировать.

Уровень высокой воды вводят в метрах, как глубину над подошвой насыпи.

Гидравлический градиент J , как потерю напора на единицу пути фильтрации, вводят в долях единицы. При вводе можно ориентироваться на следующие зависимости гидравлического градиента от вида грунта.

Тип грунта	Гидравлический градиент
Крупноблочные грунты	0.003...0.006
Песчаные грунты	0.006...0.020
Супесчаные грунты	0.020...0.050
Суглинки	0.050...0.100
Глинистые грунты	0.100...0.150
Тяжелые глины	0.150...0.200
Торфянистые грунты	0.020...0.120

При одинаковых уровнях воды в верхнем и нижнем бьефах и при очень медленном спаде высокой воды можно вводить нулевой гидравлический градиент.

Алгоритм разработан для случая, при котором в точке пересечения откоса с подошвой насыпи уровень свободной поверхности воды в грунте выше уровня подошвы насыпи, то есть, когда уровень воды не может падать ниже подошвы насыпи. Программа контролирует вводимые значения УВВ и J , а при некорректных данных предупреждает:

**Кривая депрессии ниже подошвы насыпи.
Измените гидродинамический градиент или глубину воды.
Клавишу для продолжения**

Данные по нагрузке

Данные по нагрузке заносятся в таблицу:

Данные по нагрузке	
Ширина базы нормативной нагрузки НГ-60, м	[1 – 9]
Нормативная нагрузка на одну гусеницу, кН/м	[10 – 99]
Нагрузка от веса дорожной одежды, кН/м	[1 – 9]

При анализе устойчивости насыпи временная подвижная нагрузка и постоянная нагрузка от дорожной одежды учтены путем приведения этих нагрузок к эквивалентному слою грунта земляного полотна. За расчетную принята нормативная гусеничная нагрузка для данной категории дороги при ее самом невыгодном расположении на поперечном профиле (наибольшее число расчетных машин).

Данными для расчета эквивалентного слоя грунта служат:

- $V_{бн}$ – ширина базы нормативной нагрузки, м.
- $P_{нг}$ – нормативная нагрузка на одну гусеницу, кН/м.
- $P_{до}$ – нагрузка от веса дорожной одежды, кН*м².
- $V_{пч}$ – ширина проезжей части, м.
- $V_{зп}$ – ширина земляного полотна, м.

Показатели	Нагрузка			
	Единица измерения	НГ-80	НГ-60	НГ-30
Вес машины	т	80	60	30
Ширина базы	м		3.3	3.0
Нагрузка на гусеницу	кН/м		60	37.5

Нагрузку от веса дорожной одежды $P_{до}$ (кН/м) следует вычислять с учетом ее толщины $H_{до}$ (в метрах), плотности $P_{мс}$ материала ее слоев (т/м³), ширины проезжей части $V_{пч}$ и земляного полотна $V_{зп}$:

$$P_{до} = 10 * H_{до} * P_{мс} * V_{пч} / V_{зп}.$$

Нормирование коэффициента запаса устойчивости

Коэффициент запаса устойчивости $K_{нр}$ в программе устанавливается отдельно для каждой расчетной схемы потери устойчивости:

- При анализе местной устойчивости он равен **1.5**.
- В схеме оползня-сдвига по методу равноустойчивого откоса (метод Fp) равен **1**.
- В схеме обрушения со срезом и вращением по методу кругло-цилиндрических поверхностей скольжения коэффициент запаса нормируется, исходя из следующих положений.

Существуют различные методики нормирования коэффициента запаса устойчивости, в связи с этим Пользователь может выбрать один из двух вариантов:

1. Установить $K_{пр}$, руководствуясь ведомственными оценками, основанными на анализе опыта эксплуатации сооружений в регионе строительства, и ввести это значение в активное поле коэффициента;
2. Ввести данные для расчета $K_{пр}$ по методике, учитывающей ряд важнейших параметров, от которых зависят частные составляющие коэффициента.

Во втором случае по клавише [**Enter**] необходимо вызвать таблицу и ввести данные для расчета.

Данные для расчета нормативного коэффициента запаса устойчивости		
Нормативный коэффициент запаса устойчивости	[1-3]	$K_{пр}$
Количество испытанных образцов	[3-10]	K_1
Категория дороги	[1-5]	K_2
Перерыв движения в случае аварии, сутки	[0-10]	K_3
Расчет ведется методом попыток		K_4
По виду грунтов установлен коэффициент		K_5

Предельное значение коэффициента запаса устойчивости вычисляется по формуле:

$$K_{пр} = K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5, \text{ где:}$$

- **$K_1...K_5$** – частные составляющие коэффициента запаса, определяемые следующим образом:
 - **K_1** - зависит от количества испытанных образцов $K_{обр}$ грунта:
 - При $3 \leq K_{обр} \leq 5$ $K_1 = 1.10$.
 - При $6 \leq K_{обр} \leq 20$ $K_1 = 1.05$.
 - При $20 < K_{обр}$ $K_1 = 1.00$.
 - **K_2** - определяется категорией дороги (см. "Общие данные о дороге / Категория дороги"):
 - **$K_2 = 1$** - для дорог первой и второй категории.
 - **$K_2 = 1.03$** - для остальных дорог.
 - **K_3** зависит от перерыва движения в случае аварии:
 - При перерыве менее одних суток - **$K_3 = 1.1$** .
 - При перерыве более одних суток - **$K_3 = 1.2$** .
 - **K_4** учитывает соответствие расчетной схемы естественным инженерно-геологическим условиям:
 - **$K_4 = 1.05$** - если расчет ведется методом попыток.
 - **$K_4 = 1$** - если плоскости ослабления грунтового массива явно выражены и грунт однороден.
 - **K_5** - учитывает тип грунта и его работу в сооружении в соответствии со следующей таблицей:

Коэффициент K_5	Тип грунта	
	В насыпи	В основании
1.0	Дренарующий	Дренарующий
1.03	Дренарующий	Глинистый
1.03	Глинистый	Дренарующий
1.05	Глинистый	Глинистый

При числе слоев более одного тип грунта определяется как средневзвешенный.

5.3. РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИЗА

После ввода или корректировки данных следует запустить расчет. Возможны два варианта:

Расчет без подтопления

Расчет с подтоплением

Изменив данные, можно выполнить повторный расчет. После завершения работы в текущем каталоге остается только последний вариант данных. Поэтому при необходимости сохранять варианты решений следует создавать отдельный каталог.

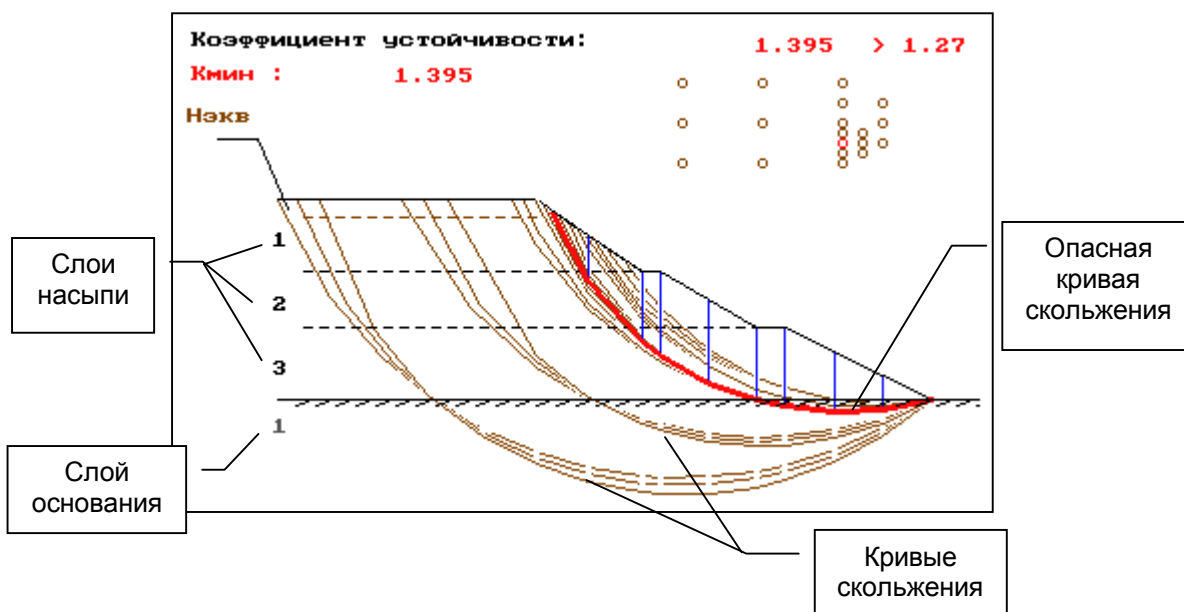
Расчет без подтопления

После запуска расчета устойчивости на экране появляется изображение поперечного профиля земляного полотна с выделенными слоями грунта и условным слоем, эквивалентным действию временной подвижной нагрузки и постоянной нагрузки от дорожной одежды.

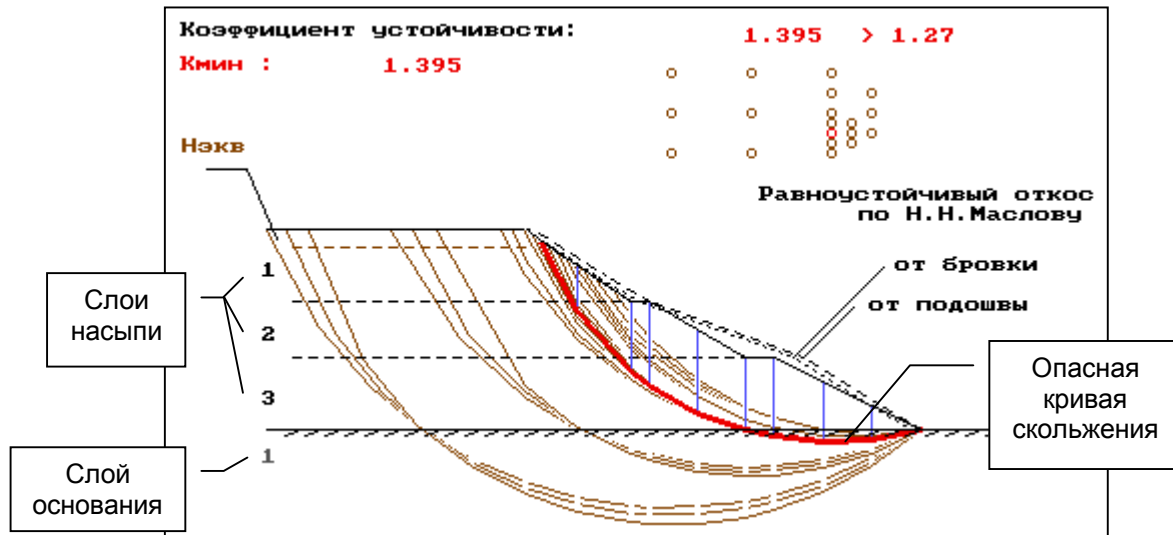
Процесс анализа общей устойчивости отображается на экране динамичной картиной последовательного поиска опасной кривой скольжения методом покоординатного спуска к минимуму коэффициента запаса устойчивости.

Для каждой кривой скольжения показаны:

- Ее положение и центр.
- Разбиение отсека, ограниченного кривой скольжения, на блоки.
- Коэффициент запаса устойчивости в сопоставлении с предельным значением.
- Значение наименьшего коэффициента запаса устойчивости из всех, уже проанализированных, K_{\min} .



После завершения поиска опасной кривой скольжения Пользователь может сравнить проектный поперечный профиль с поверхностью равноустойчивого откоса, построенного по методу **Fr** (по любой клавише). Поверхность равноустойчивого откоса показана в двух вариантах: от бровки и от подошвы. В слоях с поверхностью равноустойчивого откоса более пологой, чем проектный поперечный профиль, коэффициент запаса устойчивости по методу **Fr** меньше единицы.

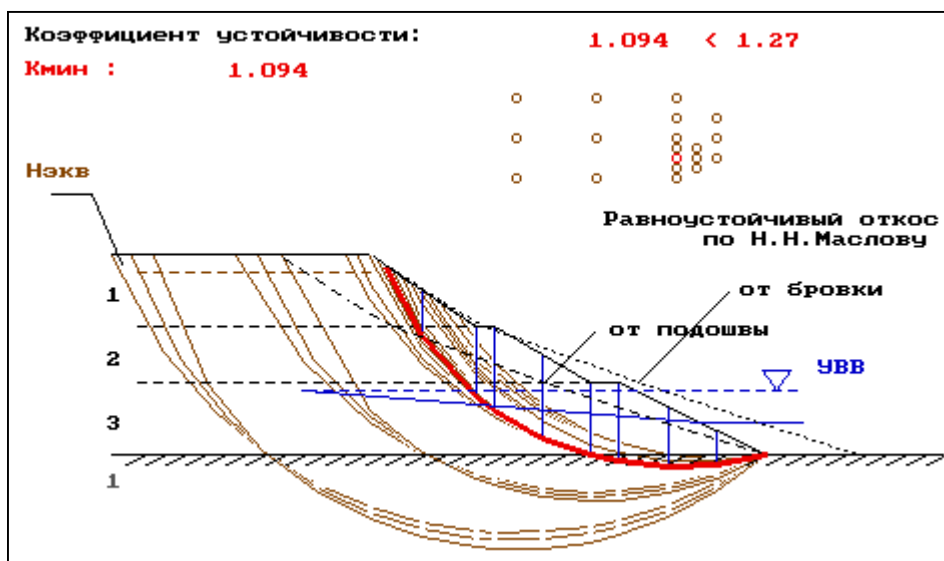


По результатам расчета формируются файлы *Otkos.res* и *Soil_dry.dxf*.

Расчет с подтоплением

При работе программы на экране показаны две линии поверхности воды:

- Горизонтальная – уровень высокой воды (УВВ).
- Наклонная – кривая свободной поверхности воды в грунте насыпи для опасного и расчетного случая спада высокой воды.



По результатам расчета формируются файлы *Otkos.res* и *Soil_wet.dxf*.

Просмотр результатов

После изучения графических результатов, нажав любую клавишу, Пользователь возвращается в таблицу, в которой отображаются основные результаты расчета:

Основные результаты расчета			
Параметр	Значение	Параметр	Значение
Коэффициент запаса устойчивости		Норм. коэф. запаса устойчивости	
Момент сдвигающий		Вес оползающей части	
Момент удерживающий:		Длина кривой скольжения	
1) момент сил трения		Кол-во машин на поп. сеч.	
2) момент сил сцепления		Толщина эквивалентного слоя	

По результатам моделирования программа создает файл *Otkos.res*, который Пользователь может просмотреть или распечатать, активизируя:

Просмотр результатов

В данном пункте активны следующие пункты:

Вывод на экран
Вывод на печать

Протокол моделирования напряженно-деформированного состояния земляного полотна включает таблицы:

- Общих данных.
- Данных для расчета нормативного коэффициента запаса устойчивости.
- Параметров грунтов по каждому слою.
- Геометрических параметрах слоев грунта.
- Результатов расчета устойчивости по схеме оползня-сдвига (метод F_p).
- Результатов расчета устойчивости по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения.
- Результатов расчета местной устойчивости откосов земляного полотна.

После некоторых таблиц даются пояснения к расчетной схеме, основные зависимости, обоснования и ссылки на нормативные документы.

Программа создает чертежи расчетных схем в формате DXF:

- *Soil_dry.dxf* – расчетная схема без подтопления.
- *Soil_wet.dxf* – расчетная схема с подтоплением.

5.4. ПРИЛОЖЕНИЕ

Основные расчетные зависимости

Моделирование обрушения со срезом и вращением

Обрушение со срезом и вращением моделируется с использованием метода круглоцилиндрических поверхностей скольжения в модификации К.Терцаги.

Устойчивость откоса оценивают по коэффициенту запаса устойчивости:

$$K = \frac{M_y}{M_{сд}}, \text{ где:}$$

- M_y – момент удерживающих сил относительно центра наиболее опасной дуги скольжения.
- $M_{сд}$ – то же сдвигающих сил.

После разделения отсека, ограниченного кривой скольжения, на ряд блоков моменты вычисляются следующим образом:

$$M_y = \sum (P_i \times \cos(\alpha_i) \times tg(\varphi_i)) + \sum (C_i \times L_i),$$

$$M_{сд} = \sum (P_i \times \sin(\alpha_i)), \text{ где:}$$

- i – номер блока.
- α – угол наклона поверхности скольжения блока к горизонту.
- P_i – вес блока с учетом толщины слоев грунта в блоке и их плотности.
- L_i – длина отрезка дуги скольжения в пределах блока.
- φ – средневзвешенный угол внутреннего трения грунта с учетом толщины слоев грунта в блоке.
- C_i – средневзвешенное удельное сцепление грунта с учетом толщины слоев грунта, пересекаемых кривой скольжения в данном блоке.

Силовое воздействие подземных вод рассчитывается для опасного случая быстрого спада воды от уровня высокой воды. При этом:

- При определении сдвигающих сил вследствие резкого увеличения веса отсека обрушения исключается эффект взвешивания в пределах зоны обводнения.
- Учитывается эффект взвешивания при определении удерживающих сил.
- Учитывается изменение удельного сцепления грунта в водонасыщенной части земляного полотна.

Фильтрационное давление, связанное с движением воды, фильтрующей через откос, и увеличивающее сдвигающие силы, находится умножением объема обводненной части отсека на гидравлический градиент кривой депрессии.

Сейсмическое воздействие определяется умножением сдвигающих сил на коэффициент, который вычисляется в по формуле:

$$K_c = 1 + \frac{A_{\max}}{g}, \text{ где:}$$

- A_{\max} – расчетная величина сейсмического ускорения, мм/с².
- g – ускорение силы тяжести, мм/с².

Расчетная сейсмичность, балл	Сейсмическое ускорение, мм/(с ²),	Сейсмический угол, градус
7	101 - 250	2
8	251 - 500	3
9	501 - 1000	6
10	1001 - 2500	14
11	2501 - 5000	27

При анализе устойчивости откосов по схеме оползня-сдвига, то есть по методу равноустойчивого откоса (см. далее метод F_p), **сейсмическое воздействие** определяют при расчете коэффициента сопротивления сдвигу по формуле:

$$F_p = Tg(\varphi - b) + \frac{C}{P_s}, \text{ где:}$$

- b – сейсмический угол, градус, как функция расчетной сейсмичности.
- P_s – величина нормального давления с учетом сейсмичности:

$$P_s = P_{cp} \times Z \times (1 + e), \text{ где:}$$

- e – коэффициент сотрясения, равный отношению расчетного сейсмического ускорения к ускорению силы тяжести.

Суммирование выполняется по всем блокам.

Наиболее опасная кривая скольжения находится методом покоординатного спуска (последовательно по осям X и Y), от начального приближения положения центра кривой скольжения, установленного в начале расчета с учетом рекомендаций Феллениуса. Последовательный поиск опасной кривой скольжения заканчивается в одном из двух случаев:

- Дальнейшие перемещения центра кривой скольжения по оси X и Y ведет только к увеличению коэффициента запаса устойчивости.
- Коэффициент запаса устойчивости становится меньше единицы.

Моделирование равноустойчивого откоса (метод F_p)

В анализе напряженно-деформированного состояния земляного полотна по схеме оползня-сдвига использован метод F_p (метод равноустойчивого откоса), предложенный Н.Н.Масловым. Программа предлагает Пользователю сравнить проектный поперечный профиль с поверхностью равноустойчивого откоса, построенного по методу F_p .

Степень соблюдения принципа равноустойчивого откоса оценивается для различных участков откоса по коэффициенту K_y запаса устойчивости:

$$K_y = \frac{Tg(F_p)}{Tg(A)}, \text{ где: } Tg(F_p) = Tg(\varphi_i) + \frac{C}{(P_{cp} \times Z)}, \text{ где:}$$

- $T_g(\Phi_p) = F_p$ – коэффициент сопротивления сдвигу для данного горизонта Z (м), считая от верха откоса.
- φ_i, C – угол внутреннего трения и коэффициент сцепления на том же горизонте.
- P_{cp} – средняя плотность грунта, расположенного в толще откоса выше данного горизонта.
- A – угол наклона поверхности проектного откоса к горизонтальной поверхности.

Фильтрационное давление учтено вводом фиктивного угла внутреннего трения φ_{i_v} :

$$\varphi_{i_v} = \varphi \times \frac{P_b}{P_i}, \text{ где:}$$

- P_b и P_i – соответственно вес грунта с учетом и без учета взвешивания в зоне обводнения.

Дополнительные показатели и параметры для горизонта Z :

- H – толщина расчетного слоя грунта,
- P – плотность грунта расчетного слоя,
- $\Phi_p = \text{Arctg}(F_p)$ – угол сопротивления сдвигу.

По результатам расчета формируется таблица, в которой выделяется опасная зона с коэффициентом запаса устойчивости $K_y < 1$. В этой зоне необходимо сделать откос более пологим или заменить грунты. В некоторых случаях эффективна замена грунтов в вышерасположенных слоях.

Анализ местной устойчивости

При анализе местной устойчивости по методике ЦНИИС исследуются процессы осеннего влагонакопления и набухания грунта перед промерзанием, морозного пучения и разуплотнения грунта и прогнозируется возможность потери устойчивости вследствие:

- Перехода грунта в текучее состояние и стекания по откосу.
- Сплыва отдельных блоков грунта по поверхности ослабления.

Этими процессами определяется методика двух расчетов.

1. **Местная устойчивость поверхностных слоев грунта на откосе земляного полотна обеспечена, если W_{of} (влажность грунта после промерзания) меньше W_t (влажности на границе текучести).** В противном случае следует проектировать мероприятия для защиты грунта от промерзания и пучения. Значение влажности после промерзания вычисляется по формуле:

$$W_{of} = 100 \times G \times G_{wt} \times \frac{((R_s \times (1 + j) \times (1 + f)))}{\frac{R_d - 1}{R_s}}, \text{ где:}$$

- G – водонасыщение грунта после набухания и пучения, $G = 0.9$.
 - G_{wt} – удельный вес воды.
 - R_s – плотность частиц грунта.
 - R_d – плотность сухого грунта.
 - j – интенсивность набухания грунта при естественной влажности.
 - f – интенсивность пучения грунта.
2. **Устойчивость против сплыва отдельных блоков грунта по поверхности ослабления анализируется при условии W_{of} меньше W_t .** Если это условие соблюдается, то вычисляется коэффициент местной устойчивости:

$$K = B \times ((R - 1) \times M \times \frac{tg(\varphi)}{R} + A \times 0.1 \times \frac{C}{(R \times H \times Km)}), \text{ где:}$$

- R – плотность грунта.
- φ, C – расчетные показатели угла внутреннего трения и сцепления.
- M – коэффициент заложения откоса.
- A, B – коэффициенты, зависящие от:
 - H - высоты откоса насыпи.
 - h – глубины промерзания и коэффициента заложения откоса.

Устойчивость против сплыва обеспечена при $K \geq 1.5$.

Для обеспечения местной устойчивости следует проектировать:

- Уменьшение крутизны откосов или устройство берм.
- Дренаж для осушения переувлажненных слоев грунта.
- Укрепление откосов с целью защиты от местных размывов и переувлажнения поверхностной водой.
- Покрытие поверхности откосов материалами, снижающими интенсивность процесса промерзания-оттаивания грунта откоса.

Основные зависимости для расчета параметров грунтов

При вводе данных "По физическим характеристикам" плотность грунта R в программе вычисляется в соответствии с нормами возведения земляного полотна. При этом последовательно рассчитываются:

1. Оптимальная влажность:

$$W_{opt} = 2 + \alpha \times W_t, \text{ где:}$$

- W_t – влажность на границе текучести, %.
- α – коэффициент, зависящий от типа грунта.

2. Оптимальная и требуемая плотность:

$$R_{opt} = R_s \times \frac{V}{1 + 0.01 \times W_{opt} \times R_s},$$

$$R_{tr} = R_{opt} \times K_{упл} \times 0.01, \text{ где:}$$

- R_s – плотность частиц грунта.
- V – объем защемленного воздуха в порах грунта в долях единицы.
- $K_{упл}$ – наименьший коэффициент уплотнения грунта, % по СНиП 2.05.02-85, таблица 22.

Значения плотности частиц грунта приняты как средние (таблица 9 "Пособия по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83, М. Стройиздат, 1986)):

- 2.66 – для песка.
- 2.70 – для супеси.
- 2.71 – для суглинка.
- 2.74 – для глины.

Окончательно плотность грунта R вычисляется по зависимости:

$$R = R_{tr} \times (1 + 0.01 \times W_{opt}), \text{ где:}$$

- W_{opt} – оптимальная влажность, %.
- R_{tr} – требуемая плотность.

Объем защемленного воздуха V и коэффициент α приняты в зависимости от типа грунта по следующей таблице.

Тип грунта	Объем защемленного воздуха		
	Естественная влажность	Оптимальная влажность	Коэффициент α
Песок	0.1	0.06	0.75
Супесь	0.1	0.06	0.72
Суглинок	0.1	0.05	0.62
Глина	0.1	0.04	0.47

При вводе данных "По лабораторным испытаниям" **плотность частиц грунта** следует вычислить по формуле:

$$R_s = (e + 1) \times \frac{R}{1 + 0.01 \times W_e}, \text{ где:}$$

- W_e – естественная влажность, %.
- e – пористость.

Естественную влажность W_e следует ввести в процентах, а влажность W_t на границе текучести пылевато-глинистых грунтов использовать при расчете числа пластичности I_p и показателя текучести IL по известным зависимостям:

$$I_p = W_t - W_p \quad \text{и} \quad IL = \frac{W_e - W_p}{I_p}$$

Оптимальная влажность, оптимальная и требуемая плотность в программе вычисляются по приведенным выше зависимостям.

Термины и определения

Влажность на границе текучести W_l – влажность грунта при переходе от текучего состояния к пластичному; определяет границу текучести. Границу текучести экспериментально определяют как влажность, при которой конус стандартных размеров с определенной массой за определенное время погружается в образец грунта на заданную глубину.

Влажность на границе раскатывания W_p – влажность грунта при переходе от пластичного состояния к полутвердому (граница пластичности).

Влажность оптимальная W_{opt} – влажность, соответствующая максимальной плотности грунта при стандартном уплотнении.

Влажности требуемый интервал $W_{opt} \pm 0.7 \times W_t$ – диапазон влажности, при которой разрешено производить уплотнение грунта.

Гидравлический градиент – потеря напора на единицу пути фильтрации. Для пойменных насыпей при отсутствии дренажной системы гидравлический градиент принимают постоянным (по Дюпюи), а при свободной фильтрации – равным тангенсу угла наклона хорды, стягивающей кривую депрессии (по К.С.Ордуянцу). Гидравлический градиент зависит от вида грунта.

Интенсивность набухания грунта определяется отношением:

$$j = \frac{h_{sat} - h}{h}, \text{ где:}$$

- h_{sat} – высота образца после его свободного набухания в условиях невозможности бокового расширения в результате замачивания до полного водонасыщения.
- h – начальная высота образца природной влажности.

Интенсивность набухания грунта используется при расчете влажности грунта после промерзания. Устойчивость обеспечена, если влажность грунта после промерзания не больше влажности на границе текучести.

Консистенция грунта – состояние грунта, зависящее от его влажности: текучее, пластичное и твердое.

Консолидация – постепенное развитие во времени деформаций водонасыщенного грунта (многофазной среды) при постоянной временной нагрузке.

Консолидация фильтрационная – начальный этап уплотнения грунта с выдавливанием воды из пор и фильтрации ее из зоны обжатия.

Консолидация вязко-пластичная – вторичный этап консолидации с деформированием тонких пленок воды, окружающих частицы, и скелета грунта.

Коэффициент уплотнения K_y – отношение фактической плотности сухого грунта к максимальной его плотности при стандартном уплотнении.

Кривая депрессии (понижения) – уровень поверхности свободной (несвязанной) воды в грунте.

Местная устойчивость – см. "Устойчивость местная".

Метод Фр (Н.Н.Маслова) – метод равноустойчивого (равнопрочного) откоса, основанный на допущении, что при обрушении части грунтового массива остающаяся часть находится в состоянии устойчивого равновесия и поверхность остающейся части проходит на уровне, на котором сопротивление сдвигающим усилиям соответствует сопротивлению грунта сдвигу.

Общая устойчивость – см "Устойчивость общая".

Плотность грунта – отношение массы грунта, включая массу воды в его порах, к занимаемому этим грунтом объему.

Плотность сухого грунта – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к занимаемому этим грунтом объему.

Плотность частиц грунта – отношение массы сухого грунта (исключая массу воды в его порах) к объему твердой части грунта.

Показатель I_L текучести (консистенции) – классификационный признак грунта, определяющий его состояние (консистенцию); определяется по формуле:

$$I_L = \frac{W_e - W_p}{W_t - W_p} = \frac{W_e - W_p}{I_p}, \text{ где:}$$

- W_t – влажность на границе текучести, %.
- W_p – влажность на границе раскатывания, %.
- W_e – естественная влажность, %.
- I_p – число пластичности.

Показатель текучести часто используется как квалификационная характеристика пылевато-глинистого грунта.

Грунт	Показатель текучести
Супеси:	
твердые	$I_L < 0$
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$
Суглинки и глины:	
твердые	$I_L < 0$
полутвердые	$0 \leq I_L \leq 0.25$
пластичные	$0 \leq I_L \leq 1$
тугопластичные	$0.25 \leq I_L \leq 0.50$
мягкопластичные	$0.50 \leq I_L \leq 0.75$
текучепластичные	$0.75 \leq I_L \leq 1$
текучие	$I_L > 1$

Пористость n – отношение объема пор, заполненных как водой, так и воздухом, к общему объему грунта.

Пористости коэффициент e – отношение объема пор, заполненных как водой, так и воздухом, к объему твердых частиц грунта.

Коэффициент пористости часто используется как квалификационная характеристика песка по плотности сложения.

Вид песков	Плотность сложения		
	плотное	средней плотности	рыхлые
Гравелистые, крупные и средней крупности	$e < 0.55$	$0.55 \leq e \leq 0.70$	$e > 0.70$
Мелкие	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.75$	$e > 0.75$
Пылеватые	$e < 0.60$	$0.60 \leq e \leq 0.80$	$e > 0.80$

Прочность земляного полотна – способность сохранять приданные ему при строительстве форму и размеры, не деформируясь под действием внешних сил и природных факторов.

Прочностные и деформационные характеристики грунта – модуль деформации, модуль упругости, удельное сцепление, угол внутреннего трения.

Угол внутреннего трения ϕ – параметр прочности грунта в зависимости предельных сопротивлений сдвигу от вертикальных сжимающих напряжений (закон Кулона), обусловленный минералогическим составом частиц, их размером, угловатостью, плотностью сложения грунта.

Удельное сцепление c – параметр прочности грунта в зависимости предельных сопротивлений сдвигу от вертикальных сжимающих напряжений (закон Кулона), обусловленный водно-коллоидными, кристаллическими и цементационными связями частиц грунта.

Удельный вес грунта – отношение веса грунта (произведение плотности на ускорение свободного падения) к его объему.

Устойчивость земляного полотна – способность сохранять предусмотренное проектом положение в пространстве без смещения и просадок.

Устойчивость местная – способность земляного полотна сопротивляться смещениям поверхностных слоев откоса или склона.

Устойчивость общая – способность земляного полотна сопротивляться смещениям больших грунтовых массивов, включающих весь откос или склон, или их значительную часть, а также сооружение в целом.

Фильтрационное (гидродинамическое) давление – давление, связанное с движением воды, фильтрующей через откос и увеличивающее сдвигающие силы; находится перемножением объема обводненной части земляного полотна на гидравлический градиент кривой депрессии.

Число пластичности I_p – важнейший классификационный признак грунта, обобщенно характеризующий зерновой состав пылевато-глинистого грунта и интенсивность взаимодействия воды с поверхностью твердых частиц; определяется как разность:

$$I_p = W_t - W_p, \text{ где:}$$

- W_t – влажность на границе текучести, %.
- W_p – влажность на границе раскатывания, %.

Число пластичности определяет тип пылевато-глинистого грунта, обусловленный водно-коллоидными, кристаллическими и цементационными связями частиц грунта:

Вид грунта	Число пластичности I_p
Супеси	$1 \leq I_p < 7$
Суглинки	$7 \leq I_p < 17$
Глины	$I_p < 17$

Физические характеристики грунта – характеристики пористости, плотности, влажности грунта.

Литература

1. **Бабков В.Ф., Безрук В.М.** Основы грунтоведения и механики грунтов. М. Высш. шк., 1986. Стр. 239.
2. **Маслов Н.Н.** Основы инженерной геологии и механики грунтов. М. Высш. шк., 1982. Стр. 511.
3. Методические рекомендации по обеспечению устойчивости откосов земляного полотна при проектировании и строительстве автомобильных дорог. М. Союздорнии, 1974. Стр. 133.
4. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах (к СНиП 2.02.01-85) СОЮЗДОРНИИ Минтрансстроя СССР. М. Стройиздат, 1989. Стр. 192.
5. Пособие по проектированию оснований зданий и сооружений (к СНиП 2.02.01-83) / НИИОСП им. Герсеванова. М. Стройиздат, 1986. Стр. 415.
6. Рекомендации по проектированию земляного полотна дорог в сложных инженерно-геологических условиях / Всесоюзный научно-исследовательский институт транспортного строительства. М. Изд-во ЦНИИС Минтрансстроя, 1974. Стр. 260.
7. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений.
8. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги.
9. Программное обеспечение исследований по механике грунтов и фундаментостроению / Дж.У.З. Миллиган, Дж.Т.Хоулсби, Ю.Онис и др. Под ред. В.М.Лиховцева. М. Стройиздат, 1991. Стр. 528.
10. **Хуан Я.Х.** Устойчивость земляных откосов. Пер. с англ. В.С.Забавина; под ред. В.Г.Мельника. М. Стройиздат, 1988. Стр. 240.

Глава 6. Оценка загрязнения водной среды

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Программа выполняет расчет уровня загрязнения водных объектов рыбохозяйственного водопользования продуктами износа покрытий, шин, выбросов от работы двигателей автомобилей, материалов, используемых для борьбы с гололедом и т.п. при смыве их поверхностным стоком в водотоки.

Расчет выполняется по методике "Рекомендации по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов". Федеральный Дорожный Департамент Министерства Транспорта Российской Федерации. Москва 1995 г.

Задача вызывается в главном меню системы CAD_CREDO "Проектирование автодороги".

6.2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

После запуска программы на экране появляется таблица, которая разделена на три части. В верхнюю часть таблицы необходимо ввести типовые данные и данные для расчета.

Типовые данные

Загрязнение дождевого стока
Загрязнение стока талых вод
ПДК
Слой стока талых вод

Загрязнение дождевого стока

Введите фактическое количество загрязнений (мг/л) в поверхностном дождевом стоке с покрытия автомобильной дороги первой категории.

Загрязнение дождевого стока с покрытия дороги I категории	
Загрязнение взвешенными веществами, мг/л	[1300]
Загрязнение свинцом, мг/л	[0.28]
Загрязнение нефтепродуктами, мг/л	[24]

При отсутствии данных для целей оценки воздействия в проектной документации "Рекомендациями по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов" (в дальнейшем "Рекомендации") допускаются значения, приведенные в скобках: (1300), (0.28), (24).

Загрязнение стока талых вод

Введите фактическое количество загрязнений (мг/л) в поверхностном стоке талых вод с покрытия автомобильной дороги первой категории. При отсутствии данных для целей оценки воздействия в проектной документации "Рекомендациями" допускаются значения, приведенные в скобках: (2700), (0.30), (26).

Загрязнение снегового стока с покрытия дороги I категории		
Загрязнение взвешенными веществами, мг/л	[2700]	
Загрязнение свинцом, мг/л	[0.30]	
Загрязнение нефтепродуктами, мг/л	[26]	

Предельно-допустимые концентрации

Предельно-допустимые концентрации для указанных веществ приняты по перечню ПДК в "Правилах охраны поверхностных вод". Уточнять приведенные здесь ПДК следует после изменения их значений в нормативных документах. ПДК для взвешенных веществ при экологическом расчете будут приняты как сумма концентрации взвешенных веществ в водотоке в бытовых (природных) условиях ПЛЮС указанные здесь превышения. А именно: + 0.25 мг/л для водотоков высшей и I категории водопользования или + 0.75 мг/л для водотоков второй категории.

Загрязнение дождевого стока с покрытия дороги I категории		
Взвешенные вещества для водотоков высшей и I категории, мг/л	[+ 0.25]	
Взвешенные вещества для водотоков второй категории, мг/л	[+ 0.75]	
Свинец, мг/л	[0.1]	
Нефтепродукты, мг/л	[0.05]	

Слой стока талых вод

Слой стока талых вод за 10 дневных часов (мм) установлен для выделенных в "Рекомендациях" четырех районов. Предоставлена возможность ввести региональные значения слоя стока для двух местных районов.

Слой стока талых вод за 10 дневных часов, мм		
Район 1	25	Рис. 4.4.2
Район 2	20	Рис. 4.4.2
Район 3	15	Рис. 4.4.2
Район 4	7	Рис. 4.4.2
Район 5		местный
Район 6		местный

Данные для расчета

<p>Дорога</p> <p>Водоток</p> <p>Поверхностный сток дождевых вод</p> <p>Поверхностный сток талых вод</p>

Дорога

Данные о дороге	
Наименование	
Категория дороги	
Тип дорожной одежды	
Интенсивность движения, авт/сутки	
Длина участка дороги, м	
Ширина участка дороги, м	
Продольный уклон участка дороги, %	

- 1. Категория дороги** определяет количество загрязнений в поверхностном стоке. По сравнению с дорогой 1-ой категории загрязнения составляют для дорог:
 - 2-ой категории – 80%.
 - 3-ей категории – 60%.
 - 4-ой категории – 40%.
 - 5-ой категории – 30%.
- 2. Тип дорожной одежды** определяет количество загрязнений в поверхностном стоке. По клавише [Пробел] Пользователь выбирает:

<p>Усовершенствованный</p> <p>Переходный</p>
--

- 3. Интенсивность движения** определяет количество загрязнений в поверхностном стоке. Количество взвешенных веществ в поверхностном стоке с дорожных покрытий переходного типа принимается с коэффициентом 1.1 при интенсивности движения до 200 авт/сутки и 1.2 – при интенсивности движения более 200 авт/сутки. ("Рекомендации", таблица 4.4.1).
- 4. Длина участка дороги и ее ширина** (а для мостов – расстояние между перилами в свету) определяют ту водосборную площадь, с которой поверхностные сточные дождевые или талые воды попадают в водный объект рыбохозяйственного значения.
- 5. Продольный уклон участка дороги (в %)** определяет величину удельного расхода дождевых вод. С увеличением уклона удельный расход увеличивается. ("Рекомендации", таблица 4.4.3).

Водоток

Расстояние от выпуска до контрольного створа по прямой, м	
Категория реки... (0 – высшая категория, затем 1, 2)	
Выпуск сточных вод	
Расход воды в водотоке (P = 95%), м ³ /с	
Средняя скорость потока в русле, м/с	
Средняя глубина в русле при заданном уровне, м	
Количество взвешенных веществ в водотоке в природных условиях, мг/л	
Количество свинца в водотоке в природных условиях, мг/л	
Количество нефтепродуктов в водотоке в природных условиях, мг/л	
Расстояние от выпуска до контрольного створа по фарватеру реки, м	
Расстояние от выпуска до контрольного створа по прямой, м	
Коэффициент извилистости русла реки	

- 1. Категория реки** определяет величину ПДК загрязняющих веществ в водном объекте рыбохозяйственного значения. ("Рекомендации", таблица 4.4.4).
- 2. Выпуск сточных вод.** Место выпуска сточных вод определяет режим смешения сточных вод с водой водотока. ("Рекомендации", формула 4.4.8). По клавише [Пробел] Пользователь выбирает:

Береговой выпуск
Выпуск в фарватер
- 3. Расчетный расход незарегулированных водотоков** должен приниматься как минимальный среднемесячный расход воды в водотоке (95% обеспеченности) по данным органов гидрометеослужбы или определяться в соответствии со СНиП 2.01.14.83. ("Рекомендации", страница 41).
- 4. Средняя скорость потока в русле** определяет коэффициент турбулентной диффузии и, в конечном итоге, режим смешения сточных вод с водой водотока. ("Рекомендации", страница 47).
- 5. Средняя глубина в русле при заданном уровне** определяет коэффициент турбулентной диффузии и, в конечном итоге, режим смешения сточных вод с водой водотока. ("Рекомендации", страница 47).
- 6. Количество данного загрязняющего вещества в водотоке** в бытовых условиях (концентрация в мг/л) принимается по данным органов гидрометеослужбы и Санэпиднадзора. ("Рекомендации", страница 46).
- 7. Расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру и расстояние от выпуска до контрольного створа по прямой** определяют коэффициент извилистости русла реки и, в конечном итоге, режим смешения сточных вод с водой водотока. Расчетный (контрольный) створ ближайших пунктов водопользования определяется санитарно-эпидемиологической службой и органами рыболовства, но не далее, чем в 500 м от места выпуска сточных вод. ("Рекомендации", пункт 4.4.6).

Поверхностный сток дождевых вод

Данные о поверхностном стоке дождевых вод	
Коэффициент n по рис. 4.4.1.	
Время концентрации поверхностного стока, мин	
Расчетный расход дождевых вод, л/с	
Удельный расход, л/(схга)	
Площадь стока, га	
Коэффициент K в формуле 4.4.2.	

- 1. Коэффициент n** , определяющий величину удельного расхода, назначается по карте. ("Рекомендации", рис 4.4.1).
- 2. Время концентрации поверхностного стока** определяет величину удельного расхода и назначается в пределах от 5 до 10 мин. ("Рекомендации", таблица 4.4.2).

Поверхностный сток талых вод

Данные о поверхностном стоке талых вод	
Район стока талых вод по рис. 4.4.2.	
Время притекания талых вод к створу, час	
Слой стока талых вод за 10 часов, мм	
Расчетный расход талых вод, л/с	
Коэффициент окучивания снега K_s в формуле 4.4.3.	
Площадь стока, га	

- 1. Район стока талых вод.** Устанавливается для определения величины слоя стока. ("Рекомендации", рис. 4.4.2).
- 2. Время притекания талых вод до расчетного участка** при отсутствии данных необходимо назначить 1 час.

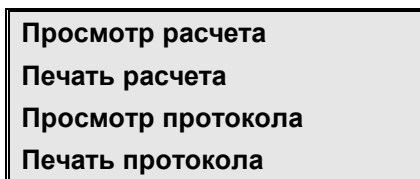
6.3. РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА

После ввода или корректировки данных необходимо запустить расчет. Изменив данные, можно выполнить повторный расчет. После завершения работы в текущем каталоге остается только последний вариант данных. Поэтому, если необходимо сохранить варианты решений, следует создавать новый каталог для каждого варианта расчета.

После запуска расчета в нижней части основной таблицы отображаются основные результаты расчета:

Наименование параметра	Единица измерений	Количество
Фактический сброс взвешенных веществ		
Предельно допустимый сброс взвешенных веществ		
Фактический сброс свинца		
Предельно допустимый сброс свинца		
Фактический сброс нефтепродуктов		
Предельно допустимый сброс нефтепродуктов		

Далее Пользователь может просмотреть и распечатать результаты расчетов, активизируя пункт меню "Просмотр и печать":



Просмотр и печать протокола позволяют получить результаты расчета со ссылкой на пункты, формулы и рисунки, используемые при расчете согласно "Рекомендациям по учету требований по охране окружающей среды при проектировании автомобильных дорог и мостовых переходов". Глава 4, Раздел 4.4. Федеральный Дорожный Департамент Министерства Транспорта Российской Федерации. Москва 1995 г.