Определяемый параметр	Формула	Номер формулы в работе [10]
Для стандартных трехосных испытаний в дренированных условиях		
Осевая деформация (см. рис. 1)	$\varepsilon_1 = \frac{q_a}{2E_{50}} \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{q_a - (\sigma_1 - \sigma_3)} \quad \text{для} \quad \mathrm{q} < \mathrm{q_f}$	(1)
Предельное девиаторное напряжение на основе критерия разрушения Мора – Кулона (начиная с $q = q_f$ происходит пластическое течение)	$q_f = \frac{6 \sin\varphi_p}{3 - \sin\varphi_p} (p + c \cot\varphi_p)$	(2)
Асимптотический уровень прочности, к которому стремится зависимость между девиаторным напряжением и осевой деформацией	$q_a = \frac{q_f}{R_f}$	
Модуль жесткости (деформации) при первичном нагружениии	$E_{50} = E_{50}^{ref} \left(\frac{\sigma_3 + c \cot\varphi_p}{\sigma^{ref} + c \cot\varphi_p} \right)^m$	(3)
Модуль жесткости (деформациии) при разгрузке и повторном нагружении	$E_{ur} = E_{ur}^{ref} \left(\frac{\sigma_3 + c \cot\varphi_p}{\sigma^{ref} + c \cot\varphi_p} \right)^m$	(4)
Модуль сдвига при разгрузке и повторном нагружении	$G_{ur} = \frac{1}{2(1 + \nu_{ur})} E_{ur}, \quad \sigma^{ref} = 100\ \text{кПа}$	(5)
Относительные упругие деформации в процессе девиаторного нагружения (деформации на первой стадии изотропного сжатия не включены в формулу)	$\varepsilon_1^e = \frac{q}{E_{ur}}, \quad \varepsilon_2^e = \varepsilon_3^e = \nu_{ur} \frac{q}{E_{ur}}$	(6)
Функции текучести при девиаторном нагружении	$f_{12} = \frac{q_a}{E_{50}} \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)}{q_a - (\sigma_1 - \sigma_2)} - \frac{2(\sigma_1 - \sigma_2)}{E_{ur}} - \gamma^p$	(7)
	$f_{13} = \frac{q_a}{E_{50}} \frac{(\sigma_1 - \sigma_3)}{q_a - (\sigma_1 - \sigma_3)} - \frac{2(\sigma_1 - \sigma_3)}{E_{ur}} - \gamma^p$	(8)
Параметр упрочнения – пластическая деформация сдвига γ^p	$\gamma^p = \varepsilon_1^p - \varepsilon_2^p - \varepsilon_3^p = 2\varepsilon_1^p - \varepsilon_v^p \approx 2\varepsilon_1^p$	(9)
Скорость объемной пластической деформации	$\dot{\varepsilon}_v^p = \sin\psi_m \, \dot{\gamma}^p$	(10)
Мобилизованный угол дилатансии (синус)	$\sin\psi_m = \frac{\sin\varphi_m - \sin\varphi_{cv}}{1 - \sin\varphi_m \sin\varphi_{cv}}$	(11)
Мобилизованный угол внутреннего трения (синус)	$\sin\varphi_m = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 + \sigma_3 - 2c \cot\varphi_p}$	(12)
Угол дилатансии при предельном состоянии (синус)	$\sin\psi_{cv} = \frac{\sin\varphi_p - \sin\psi_p}{1 - \sin\varphi_p \sin\psi_p}$	(13)
Функции потенциала пластической деформации g_{12}, g_{13}	$g_{12} = (\sigma_1 - \sigma_2)/2 - (\sigma_1 + \sigma_2)/2 \cdot \sin\psi_m$ $g_{13} = (\sigma_1 - \sigma_3)/2 - (\sigma_1 + \sigma_3)/2 \cdot \sin\psi_m$	(14)
Скорость пластической деформации с использованием правила Койтера	$\dot{\varepsilon}^p = \dot{\Lambda}_{12} \frac{\partial g_{12}}{\partial \sigma} + \dot{\Lambda}_{13} \frac{\partial g_{13}}{\partial \sigma} =$	(15)

	$= \dot{\Lambda}_{12} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sin\psi \\ -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sin\psi \\ 0 \end{bmatrix} + \dot{\Lambda}_{13} \begin{bmatrix} \frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sin\psi \\ 0 \\ -\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sin\psi \end{bmatrix}$	
Интегрирование по времени (временная интеграция) для использования модели в программе PLAXIS с помощью метода конечных элементов		
Приращение смещения Δu, вычисляемое во время глобального итерационного процесса с помощью глобальной системы уравнений (16)	$\boldsymbol{K}\ \Delta \boldsymbol{u} = \Delta \boldsymbol{f}_{ext} - \Delta \boldsymbol{f}_{int}$	(16)
Напряжение в конце приращения для данного приращения деформации $\Delta\varepsilon$	$\boldsymbol{\sigma}^1 = \boldsymbol{\sigma}^0 + \Delta\boldsymbol{\sigma}$	(17)
Приращение напряжения	$\Delta\boldsymbol{\sigma} = \overset{4}{\mathbf{D}} \left(\Delta\boldsymbol{\epsilon} - \Delta\Lambda \frac{\partial g}{\partial \boldsymbol{\sigma}} \right)$	(18)
Множитель Λ	Должен быть определен из условия, что функция $f(\sigma^1,\gamma^p) = 0$ должна быть равна нулю для нового состояния «напряжение – деформация»	
Пластическая деформация сдвига, используемая в качестве параметра упрочнения	$\gamma^p = \gamma^p_0 + \Delta\gamma^p$	(19)
Предикативное (прогнозное) напряжение	$\boldsymbol{\sigma}^{tr} = \boldsymbol{\sigma}^0 + \overset{4}{\mathbf{D}}\ \Delta\boldsymbol{\epsilon}$	(20)
Конститутивные главные напряжения	$\boldsymbol{\sigma}^1 = \boldsymbol{\sigma}^{tr} - \Delta\Lambda\mathbf{b}$ при $\mathbf{b} = \overset{4}{\mathbf{D}} \frac{\partial g}{\partial \boldsymbol{\sigma}}$	(21)
Девиаторное напряжение	$q = \sigma_1^{tr} - \sigma_3^{tr} - \Delta\Lambda(b_1 - b_3) = q^{tr} - \Delta\Lambda(b_1 - b_3)$	(22)
Асимптотическое девиаторное напряжение	$q_a = \frac{2\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\frac{1}{R_f}\sigma_3^* = \frac{2\sin\varphi}{1-\sin\varphi}\frac{1}{R_f}(\sigma_3^{*\,tr} - \Delta\Lambda b_3),$	(23)
Сокращенное обозначение в формулах (22) и (23)	$\sigma_3^* = (\sigma_3 + c\cot\varphi)$	(24)
Условие для формул (22) и (23)	$f(\boldsymbol{\sigma}^1) - f(\boldsymbol{\sigma}^0) - \Delta\gamma^p = 0$	(25)
Конститутивные главные напряжения (индексы в формуле (26) соответствуют индексам главных напряжений, используемых для функций текучести и потенциала пластической деформации)	$\boldsymbol{\sigma}^1 = \boldsymbol{\sigma}^{tr} - \Delta\Lambda_{12}\ \overset{4}{\mathbf{D}}\ \frac{\partial g_{12}}{\partial \boldsymbol{\sigma}} - \Delta\Lambda_{13}\ \overset{4}{\mathbf{D}}\ \frac{\partial g_{13}}{\partial \boldsymbol{\sigma}}$ (в случае трехосного сжатия $\sigma_2=\sigma_3$ и $\Lambda_{23}=0$)	(26)
Шатровая поверхность текучести («шапка», см. рис. 3). Ей соответствуют нижние индексы «c»		
Функция текучести для изотропного нагружения. Поверхность текучести при изотропном нагружении совпадает с поверхностью потенциала пластической деформации ($g_c = f_c$), т. е. действует ассоциированный закон течения	$f_c = \frac{\tilde{q}^2}{M^2} + (p+a)^2 - p_c + a)^2$ где $a = c \cot\varphi$	(27)
Особая мера девиаторных напряжений $\tilde{q}$, в частном случае трехосного сжатия равная (σ_1–σ_3), а для трехосного расширения равная α(σ_1–σ_3)	$\tilde{q} = \sigma_1 + (\alpha - 1)\sigma_2 - \alpha\sigma_3$ при $p = (\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3)$; $\alpha = \frac{3+\sin\varphi}{3-\sin\varphi}$	(28), (29)
Функция потенциала	$g_c = f_c$	(30)

пластической деформации g_c		
Скорость объемной пластической деформации	$\dot{\varepsilon}_v^p = \frac{\dot{p}}{K_c} - \frac{\dot{p}}{K_s} = \frac{1}{H}\dot{p}$	(31)
Модуль упрочнения в соответствии с уравнением (32), являющийся параметром шатровой поверхности текучести	$H = \frac{K_c}{K_s - K_c} K_s$	(32)
Скорость изменения всестороннего давления грунта для случая изотропного компрессионного сжатия (q=0, p=p_c)	$\dot{p}_c = H\,\dot{\varepsilon}_v^p = H\,\dot{\Lambda}_c \frac{\partial g_c}{\partial p} = 2\,H\,\dot{\Lambda}_c p$	(33)
Скорорсть изменения функции текучести	$\dot{f}_c = \frac{\partial f_c}{\partial \boldsymbol{\sigma}} \cdot \dot{\boldsymbol{\sigma}} + \frac{\partial f_c}{\partial p_c}\dot{p}_c = 0$	(34)
Множитель (коэффициент) пластичности	$\dot{\Lambda}_c = \frac{H}{2(p+a)} \left(\frac{p_c + a}{\sigma^{ref} + a}\right)^m \frac{\dot{p}_c}{\sigma^{ref} + a}$	(35)
Объемная пластическая деформация при изотропном сжатии на пределе текучести (на шатровой поверхности текучести) ε_v^c	$\varepsilon_v^c = \frac{H}{m+1} \left(\frac{p_c}{\sigma^{ref}}\right)^{m+1}$	(36)
Дополнительно о некоторых параметрах модели HSM		
Модуль упругости Юнга при разгрузе и повторном нагружении при компрессионных испытаниях (модуль разгрузки), кПа	$E_{ur} = 2\,(1 + \nu_{ur})\,G_{ur}$	
Одометрический модуль жесткости	$E_{oed} = E_{oed}^{ref} \left(\frac{\sigma_1 + c\cot\varphi_p}{\sigma^{ref} + c\cot\varphi_p}\right)^m$	(37)
Упругопластический модуль при нормальной консолидации	$K_0^{NC} = 1 - \sin\varphi_p$	
Мобилизованный угол дилатансии и дилатансионная «отсечка»	для $e < e_{cv}$ $\sin\psi_m = \frac{\sin\varphi_m - \sin\varphi_{cv}}{1 - \sin\varphi_m \sin\varphi_{cv}}$; для $e \geq e_{cv}$ $\sin\psi_m = 0$.	(*38)
Приращение объемной относительной деформации	$\varepsilon_{v0} - \varepsilon_v = \ln\left(\frac{1+e}{1+e_0}\right)$	(39)