

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЕФОРМИРУЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ С СУХИМИ И ВОДОНАСЫЩЕННЫМИ ГРУНТАМИ

Секаева Л.Р., Бережной Д.В., Коноплев Ю.Г.  
(Казанский государственный университет, Казань, Россия)

## INVESTIGATION OF INTERACTION OF DEFORMABLE CONSTRUCTIONS WITH DRY AND WATER-SATURATED GROUNDS

Sekaeva L.R., Berezhnoi D.V., Konoplev Yu.G.  
(Kazan State University, Kazan, Russia)

Представлена методика расчета напряженно-деформированного и предельного состояния сухих и водонасыщенных грунтовых массивов, взаимодействующих с деформируемыми конструкциями, на основе метода конечных элементов. Рассматривается статическое и динамическое взаимодействие подземных промышленных сооружений с грунтом.

Расчет взаимодействия фундаментов, подземных строительных и транспортных сооружений с грунтовыми массивами требует учета влияния фильтрующих грунтовых вод для адекватной оценки напряженно-деформированного состояния, как самих строительных сооружений, так и взаимодействующего с ними грунта. В настоящей работе разрабатывается методика конечно-элементного расчета водонасыщенной пористой среды, взаимодействующей с деформируемыми конструкциями.

Система вариационных разрешающих уравнений динамической консолидации квазидвухфазных грунтовых сред

$$\sum_{\alpha} \left( \int_{V^{(\alpha)}} \sigma_{ij}^{tot} \delta \varepsilon_{ij}^{sk} dV + \int_{V^{(\alpha)}} \delta_{i3} g \rho \delta g_i^{sk} dV \right) - \int_{S_{\sigma}} \tilde{p}_i^n \delta g_i^{sk} dS = 0, \quad (1)$$

$$\sum_{\alpha} \left( \int_{V^{\alpha}} k_{\phi}^w \left( \delta_{i2} + \frac{\delta_{ij} P_{,j}^w}{g \rho^w} \right) \delta P_{,i}^w dV + \int_{V^{\alpha}} \frac{m}{K_w} \dot{P}^w \delta P^w dV + \right. \\ \left. + \int_{V^{\alpha}} \dot{g}_{i,i}^{sk} \delta P^w dV \right) - \int_{S_{P_n}} k_{\phi}^w \tilde{H}_{,n}^w \delta P^w dS = 0. \quad (2)$$

получена на основе Эйлера подхода к описанию движения [1]. Принцип Терцаги определяет связь между напряжениями в виде

$$\sigma_{ij}^{tot} = \sigma_{ij}^{ef} - \delta_{ij} m P^w. \quad (3)$$

Закон фильтрации записывается по отношению к разности приведенных скоростей жидкости и скелета грунта в форме Дарси-Герсеванова. Таким образом, для компонент массовых сил Жуковского  $G_i^w$ , обусловленных сопротивлением движению жидкости при течении ее в пористой среде, имеем

$$G_i^w = -\rho^w g \frac{m_w}{k_{\phi}^w} (\dot{g}_i^w - \dot{g}_i^{sk}). \quad (4)$$

Рассмотрен случай квазистатического движения грунтовой среды, когда ускорениями частиц фильтрующей жидкости и скелета грунта можно пренебречь.

Расчет проводится на основе изопараметрических квадратичных конечных элементов сплошной среды Сирендинова семейства, в качестве узловых неизвестных которых выбраны декартовы проекции вектора перемещений скелета грунта и поровое давление фильтрующей жидкости.