

УДК 539.3

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СООРУЖЕНИЙ С СУХИМИ И ВОДОНАСЫЩЕННЫМИ ГРУНТАМИ

Д.В. Бережной, Ю.Г. Коноплев, Л.Р. Секаева

### Аннотация

Представлена методика и результаты расчета строительных конструкций, взаимодействующих с сухими и водонасыщенными грунтами. Приведены результаты расчета коллектора, расположенного в непосредственной близости от строящейся линии метрополитена в г. Казани.

### 1. Разрешающие уравнения. Определяющие соотношения

Целью настоящей работы является моделирование процесса взаимодействия сухого и водонасыщенного грунта с подземными деформируемыми конструкциями.

Рассмотрим квазидвухфазный грунт, в котором газ либо полностью растворен в жидкости, либо находится частично в пузырьках, движущихся со скоростью фильтрующейся жидкости. К первой фазе отнесем так называемый «скелет» грунта, под которым понимается совокупность минеральных частиц и среды, осуществляющей непосредственную связь структурных элементов. Второй фазой будем считать свободную так называемую поровую жидкость (не участвующую в образовании связей между частицами грунта). Каждая из фаз рассматривается как однородная среда, подчиняющаяся определенным законам деформирования. Рассмотрим случай квазистатического деформирования, когда инерционными слагаемыми можно пренебречь.

Первой частью работы является получение основной системы разрешающих уравнений. В первую очередь к такой системе относятся уравнения равновесия, записанные для всего грунта в целом [1]:

$$\frac{\partial \sigma_{ij}^{\text{tot}}}{\partial x_j} + \rho g \delta_{i3} = 0, \quad (1)$$

причем согласно принципу напряжений Терцаги [2] тотальные напряжения в грунте  $\sigma_{ij}^{\text{tot}}$  принимаются равными

$$\sigma_{ij}^{\text{tot}} = \sigma_{ij}^{\text{ef}} - \delta_{ij} P,$$

где  $P$  – давление в жидкой фазе,  $\sigma_{ij}^{\text{ef}}$  – эффективные напряжения в грунте, а  $\rho$  – осредненная плотность водонасыщенного грунта, определяемая как

$$\rho = m\rho^f + (1 - m)\rho^s.$$

Индексы  $s$  и  $f$  соответствуют параметрам скелета грунта и воды, через  $m$  обозначается пористость. Здесь  $x_i$  – глобальные декартовы координаты текущего (актуального) состояния,  $i_i$  – орты глобальной декартовой системы координат,  $g$  – ускорение свободного падения

$$g = g i_3.$$