

ВНУТРЕННЕЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТОВ УПЛОТНЕНИЮ И ЕГО ПОКАЗАТЕЛИ

Догадайло А.И. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса)

В статье приведены основные показатели внутреннего сопротивления грунтов уплотнению, даны формулы их определения и установлено соответствие их реальному характеру развития деформаций грунта в основании под фундаментом.

С каким бы грунтом не имели дело строители, их в первую очередь интересует вопрос о способности грунта, залегающего под фундаментом сопротивляться действию внешних сил. Поэтому, установление показателей внутреннего сопротивления грунтов уплотнению, соответствующих реальному характеру развития деформаций грунта в основании под подошвой фундамента является одним из важнейших вопросов в механике грунтов. Это позволяет приблизить расчетные осадки к фактическим, имеющим место в процессе строительства и эксплуатации сооружений.

Выполненные исследования различными авторами в полевых условиях с замером фактической зоны деформации грунтов позволили установить, что внутреннее сопротивление грунтов уплотнению проявляет свое действие только в процессе развития деформации уплотнения, протекающей в пределах ограниченного объема зоны деформации [1...4]. Возникающие при этом деформации грунта зависят от целого ряда факторов и, в первую очередь, от величины эффективного давления P_e , действующего в пределах объема зоны деформации и вызывающего деформацию грунта. Эффективное давление равно разности между полным давлением P , передаваемым фундаментом на грунт основания и структурным сопротивлением грунта уплотнению P_{cy} .

Структурное сопротивление грунта уплотнению P_{cy} – это давление, при котором практически отсутствует деформация грунта.

Величина эффективного давления в пределах зоны деформации не постоянна. Она постепенно уменьшается по мере удаления от подошвы фундамента по глубине и в стороны. На границе зоны деформации

эффективное давление равно структурному сопротивлению грунта уплотнению ($P_3 = P_{cy}$). Действию эффективного давления препятствует внутреннее реактивное сопротивление грунта при деформации $\bar{R}_{гр}$ (рис. 1, а, б).

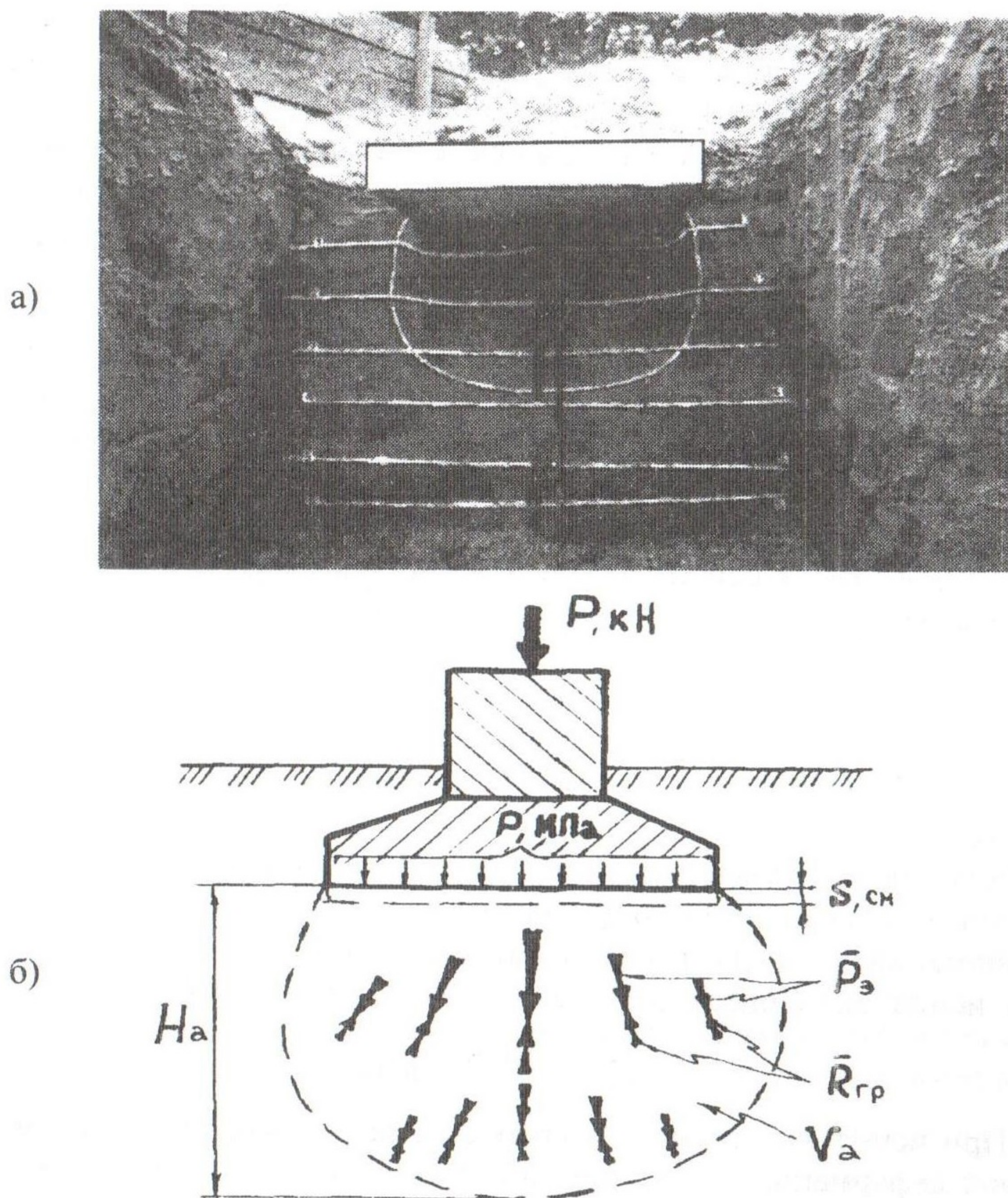


Рис. 1. Характер развития деформаций грунта в пределах ограниченного объема зоны деформаций:
 а – фото зоны деформации под штампом;
 б – схема сил, действующих в пределах зоны деформаций.

Количественными показателями внутреннего сопротивления грунтов уплотнения являются: модуль деформации грунта $E_{гр}$, среднее значение модуля объемной деформации грунта $\bar{E}_{гр}$ и среднее значение реактивного сопротивления грунта при деформации $\bar{R}_{гр}$.

Если испытание грунта выполняется в приборе без возможности объемной деформации (в одомере или в другом подобном приборе), тогда определяется модуль деформации грунта $E_{гр}$.

При испытании грунта в приборе с возможностью объемной деформации (прибор ОИСИ-4) определяется средний модуль объемной деформации грунта $\bar{E}_{гр}$ и среднее реактивное сопротивление грунта при деформации $\bar{R}_{гр}$.

Модуль деформации грунта и реактивное сопротивление грунта не являются величинами постоянными, а по мере уплотнения грунта под нагрузкой значения их увеличиваются. Это объясняется тем, что в процессе уплотнения грунта уменьшается пористость и влажность грунта, а минеральные частицы сближаются друг с другом.

Как известно, в основу определения модуля деформации грунта положена формула Гука, которая в общем виде может быть записана:

$$E = P / \varepsilon ; \text{МПа} \quad (1)$$

где: P – сжимающее давление, МПа, $\varepsilon = \Delta l / l$ – относительная деформация.

Для грунтов относительную деформацию можно записать как отношение осадки штампа или фундамента S к глубине развития зоны деформации h . Тогда формула для определения модуля деформации при испытании в одомере будет иметь вид:

$$E_{гр} = P \cdot h / S ; \text{МПа} \quad (2)$$

При испытании грунтов в приборе с возможностью развития объемной деформации грунта или при проведении испытаний в полевых условиях с замером глубины развития зоны деформации грунта, среднее значение модуля объемной деформации грунта может быть определено по формуле:

$$\bar{E}_{гр} = \bar{P}_э \cdot H_a / S ; \text{МПа} \quad (3)$$

$$\text{или } \bar{E}_{\text{гр}} = \bar{P}_3 \cdot V_a / V_s ; \text{ МПа} \quad (4)$$

где $\bar{P}_3 = 0,5 P_3$ – среднее значение эффективного давления, МПа;
 H_a – глубина зоны деформации, см;
 S – осадка штампа или фундамента, см;
 V_a – объем зоны деформации, м³;
 $V_s = S \cdot A$ – объемная осадка, м³ (A – площадь штампа или фундамента).

Реактивное сопротивление грунта при деформации определяется энергетическим методом, исходя из равенства работ внешних и внутренних сил.

Работа внешних сил W_ϕ равна произведению среднего значения эффективного давления \bar{P}_3 на объемную осадку V_s

$$W_\phi = \bar{P}_3 \cdot V_s, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (5)$$

Работа внутренних сил $W_{\text{гр}}$ равна произведению среднего значения реактивного сопротивления грунта при деформации $\bar{R}_{\text{гр}}$ на объем зоны деформации грунта

$$W_{\text{гр}} = \bar{R}_{\text{гр}} \cdot V_a, \text{ кН} \cdot \text{м}, \quad (6)$$

Тогда при уравнивании работы внешних сил работой внутренних сил, т.е. $W_\phi = W_{\text{гр}}$, можно записать следующее равенство

$$\bar{P}_3 \cdot V_s = \bar{R}_{\text{гр}} \cdot V_a, \quad (7)$$

$$\text{откуда } \bar{R}_{\text{гр}} = \bar{P}_3 \cdot V_s / V_a, \text{ МПа} \quad (8)$$

Из представленных выше двух формул (4 и 8), характеризующих величину внутреннего сопротивления грунтов уплотнению, возникает вопрос: какая из них в большей степени соответствует истинному значению? Для этого проведем следующую операцию и определим значение объема зоны деформации грунта:

$$\text{из формулы Гука (4) - } V_a = \bar{E}_{\text{гр}} \cdot V_s / \bar{P}_3, \text{ м}^3 \quad (9)$$

$$\text{из формулы равенства работ - } V_a = \bar{P}_3 \cdot V_s / \bar{R}_{\text{гр}}, \text{ м}^3 \quad (10)$$

Анализируя вышеизложенное можно сделать следующие выводы:

1. В формуле Гука (9) зависимость объема зоны деформации V_a прямопропорциональна модулю деформации грунта $E_{\text{гр}}$, объемной

осадке V_s и обратно пропорциональна эффективному давлению, т.е. чем больше значение модуля деформации грунта, тем больше объем зоны деформации и наоборот, чем больше эффективное давление, тем меньше объем зоны деформации грунта.

2. В формуле равенства работ (10) зависимость объема зоны деформации V_a прямопропорциональна эффективному давлению P_e , объемной осадке V_s и обратно пропорциональна реактивному сопротивлению грунта при деформации $R_{гр}$, т.е. чем больше эффективное давление, тем больше объем зоны деформации, и чем больше реактивное сопротивление грунта, тем меньше объем зоны деформации грунта.
3. В формуле (9) вывод не соответствует физической сущности природы, происходящего в грунте процесса и не подтверждается экспериментальными исследованиями.
4. В формуле (10) отмеченное выше противоречие исключено. Поэтому она в большей степени отвечает реальному процессу развития деформации грунта, происходящего в основании под подошвой фундамента.

Литература

1. Голубков В.Н., Тугаенко Ю.Ф., Кинашенко Р.С. Определение показателей внутреннего сопротивления уплотнению лессовых грунтов в полевых условиях. Сб. Основания и фундаменты, вып. 12 – Киев, Будівельник, 1979, с. 17...22.
2. Голубков В.Н. Проектирование уплотнения слабых грунтов на основе равенства работ внешних и внутренних сил. Материалы к V совещанию по закреплению и уплотнению грунтов, Новосибирск, 1966, с. 225...227.
3. Гольдштейн М.Н. Механические свойства грунтов и совершенствование методов их исследований. Ж. Основания, фундаменты и механика грунтов, №3, 1982 с 21...23.
4. Догадайло А.И. Симонов Г.Н. К вопросу о зависимости деформативных свойств слабых грунтов от их физических показателей. Межвузовский сборник. Исследования работы оснований и фундаментов в сложных грунтовых условиях. Казань, 1985, с. 14...15.