

Задание и исходные данные к практическому занятию на тему:  
**«Определение осадки при оттаивании многолетнемерзлых грунтов (ММГ) в основании столбчатых фундаментов, расположенных по средней и крайней осям здания»**

| Номер варианта | Ширина подошвы фундамента, $b$ , м | Длина подошвы фундамента, $l$ , м | Глубина оттаивания ММГ под серединой здания, $H_c$ , м | Глубина оттаивания ММГ под краем здания, $H_e$ , м | Глубина заложения фундамента, $d_f$ , м | Давление передаваемое подошвой фундамента $p$ , МПа | ИГЭ-1            |                 |                                                        |                                    |                                                    | ИГЭ-2            |                 |                                                        |                                    |                                                    | ИГЭ-3            |                 |                                                        |                                    |                                                    |
|----------------|------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------|-----------------|--------------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|
|                |                                    |                                   |                                                        |                                                    |                                         |                                                     | Вид грунта (ИГЭ) | Мощность ИГЭ, м | Уд. вес природного грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Коэфф. оттаивания, $A_{th}$ , д.е. | Коэфф. сжимаемости, $m_{th,i}$ , МПа <sup>-1</sup> | Вид грунта (ИГЭ) | Мощность ИГЭ, м | Уд. вес природного грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Коэфф. оттаивания, $A_{th}$ , д.е. | Коэфф. сжимаемости, $m_{th,i}$ , МПа <sup>-1</sup> | Вид грунта (ИГЭ) | Мощность ИГЭ, м | Уд. вес природного грунта $\gamma$ , кН/м <sup>3</sup> | Коэфф. оттаивания, $A_{th}$ , д.е. | Коэфф. сжимаемости, $m_{th,i}$ , МПа <sup>-1</sup> |
| 1              | 2                                  | 3                                 | 4                                                      | 5                                                  | 6                                       | 7                                                   | 8                | 9               | 10                                                     | 11                                 | 12                                                 | 13               | 14              | 15                                                     | 16                                 | 17                                                 | 18               | 19              | 20                                                     | 21                                 | 22                                                 |
| 1              | 1,2                                | 2,4                               | 14                                                     | 8                                                  | 2,4                                     | 0,2                                                 | Песок мелкий     | 4.0             | 18,1                                                   | 0,01                               | 0,008                                              | Супесь           | 4.8             | 18,6                                                   | 0,014                              | 0,01                                               | Глина            | 16,0            | 18,8                                                   | 0,002                              | 0,008                                              |
| 2              | 1,4                                | 2,8                               | 16                                                     | 9                                                  | 2,5                                     | 0,22                                                | Песок грав.      | 4.2             | 18,2                                                   | 0,012                              | 0,01                                               | Суглинок         | 5.0             | 18,7                                                   | 0,016                              | 0,012                                              | Супесь           | 18,0            | 18,9                                                   | 0,003                              | 0,009                                              |
| 3              | 1,6                                | 3,2                               | 18                                                     | 10                                                 | 2,6                                     | 0,24                                                | Песок средн. кр. | 4.4             | 18,3                                                   | 0,014                              | 0,012                                              | Глина            | 5.2             | 18,8                                                   | 0,018                              | 0,014                                              | Суглинок         | 20,0            | 19,0                                                   | 0,004                              | 0,010                                              |
| 4              | 2,0                                | 4,0                               | 20                                                     | 11                                                 | 2,7                                     | 0,26                                                | Песок крупный    | 4.6             | 18,4                                                   | 0,016                              | 0,014                                              | Супесь           | 5.4             | 18,9                                                   | 0,02                               | 0,016                                              | Глина            | 22,0            | 19,1                                                   | 0,005                              | 0,011                                              |
| 5              | 2,2                                | 4,4                               | 22                                                     | 12                                                 | 2,8                                     | 0,28                                                | Песок пылев.     | 4.8             | 18,5                                                   | 0,018                              | 0,016                                              | Суглинок         | 5.6             | 19,0                                                   | 0,022                              | 0,018                                              | Супесь           | 24,0            | 19,2                                                   | 0,006                              | 0,012                                              |
| 6              | 2,4                                | 4,8                               | 24                                                     | 13                                                 | 2,9                                     | 0,30                                                | Песок мелкий     | 5.0             | 18,6                                                   | 0,02                               | 0,018                                              | Глина            | 5.8             | 19,1                                                   | 0,024                              | 0,02                                               | Суглинок         | 26,0            | 19,3                                                   | 0,007                              | 0,013                                              |
| 7              | 2,6                                | 5,2                               | 26                                                     | 14                                                 | 3,0                                     | 0,32                                                | Песок грав.      | 5.2             | 18,7                                                   | 0,022                              | 0,02                                               | Супесь           | 6.0             | 19,2                                                   | 0,026                              | 0,022                                              | Глина            | 28,0            | 19,4                                                   | 0,008                              | 0,014                                              |
| 8              | 2,8                                | 5,6                               | 28                                                     | 15                                                 | 3,1                                     | 0,34                                                | Песок средн. кр. | 5.4             | 18,8                                                   | 0,024                              | 0,022                                              | Суглинок         | 6.2             | 19,3                                                   | 0,028                              | 0,024                                              | Супесь           | 30,0            | 19,5                                                   | 0,009                              | 0,015                                              |
| 9              | 3,0                                | 6,0                               | 30                                                     | 16                                                 | 3,2                                     | 0,36                                                | Песок крупный    | 5.6             | 18,9                                                   | 0,026                              | 0,024                                              | Глина            | 6.4             | 19,4                                                   | 0,030                              | 0,026                                              | Суглинок         | 32,0            | 19,6                                                   | 0,010                              | 0,016                                              |
| 10             | 3,2                                | 6,4                               | 32                                                     | 17                                                 | 3,3                                     | 0,38                                                | Песок пылев.     | 5.8             | 19,0                                                   | 0,028                              | 0,026                                              | Супесь           | 6.6             | 19,5                                                   | 0,032                              | 0,028                                              | Глина            | 34,0            | 19,7                                                   | 0,011                              | 0,017                                              |
| 11             | 3,4                                | 6,8                               | 34                                                     | 18                                                 | 3,4                                     | 0,39                                                | Песок мелкий     | 6.0             | 19,1                                                   | 0,030                              | 0,028                                              | Суглинок         | 6.8             | 19,6                                                   | 0,034                              | 0,030                                              | Супесь           | 36,0            | 19,8                                                   | 0,012                              | 0,018                                              |
| 12             | 3,6                                | 7,2                               | 36                                                     | 19                                                 | 3,5                                     | 0,4                                                 | Песок грав.      | 6.2             | 19,2                                                   | 0,032                              | 0,030                                              | Глина            | 7,0             | 19,7                                                   | 0,036                              | 0,032                                              | Суглинок         | 38,0            | 19,9                                                   | 0,013                              | 0,019                                              |
| 13             | 3,8                                | 7,6                               | 38                                                     | 20                                                 | 3,6                                     | 0,42                                                | Песок средн. кр. | 6.4             | 19,3                                                   | 0,034                              | 0,032                                              | Супесь           | 7,2             | 19,8                                                   | 0,038                              | 0,034                                              | Глина            | 40,0            | 20,0                                                   | 0,014                              | 0,020                                              |
| 14             | 4,0                                | 8,0                               | 40                                                     | 21                                                 | 3,7                                     | 0,44                                                | Песок крупный    | 6.6             | 19,4                                                   | 0,036                              | 0,034                                              | Суглинок         | 7,4             | 19,9                                                   | 0,040                              | 0,036                                              | Супесь           | 42,0            | 20,1                                                   | 0,015                              | 0,021                                              |
| 15             | 4,2                                | 8,4                               | 42                                                     | 22                                                 | 3,8                                     | 0,46                                                | Песок пылев.     | 6.8             | 19,5                                                   | 0,038                              | 0,036                                              | Глина            | 7,6             | 20,0                                                   | 0,042                              | 0,038                                              | Суглинок         | 44,0            | 20,2                                                   | 0,016                              | 0,022                                              |



Таблица 2. Номера вариантов у студентов группы СУС-17

| №<br>вариан-<br>та | ФИО                           |
|--------------------|-------------------------------|
| 1                  | Акинфеева Ксения Витальевна   |
| 2                  | Аленина Дарья Андреевна       |
| 3                  | Асланян Рафаэл Арменович      |
| 4                  | Захаров Алексей Романович     |
| 5                  | Колобова Инна Викторовна      |
| 6                  | Косичкин Артём Алексеевич     |
| 7                  | Леонов Алексей Сергеевич      |
| 8                  | Обухов Никита Александрович   |
| 9                  | Соколов Дмитрий Юрьевич       |
| 10                 | Хуторная Дарья Алексеевна     |
| 11                 | Шелеметьев Кирилл Сергеевич   |
| 12                 | Шемелина Анастасия Васильевна |

## РАСЧЕТ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТОВ ПО ПРИНЦИПУ II

4.26. Расчет оснований по деформациям без учета совместной работы оттаивающего основания и фундаментов (сооружения) надлежит производить исходя из условия

$$s \leq s_u, \quad (22)$$

где  $s$  - совместная деформация основания и сооружения при оттаивании грунтов в процессе эксплуатации сооружения под воздействием собственного веса грунта и дополнительной нагрузки от сооружения в пределах расчетной глубины оттаивания  $H$ ;

$s_u$  - предельно допустимое значение совместной деформации основания и сооружения, устанавливаемое согласно [СНиП 2.02.01-83](#), СП 22.13330, а для мостов - [СНиП 2.05.03-84](#), СП35.133330.

4.27. Расчет оснований и фундаментов по деформациям с учетом совместной работы основания и сооружения следует производить исходя из условия

$$F_f \leq \frac{F_{fd}}{\gamma_c \gamma_n}, \quad (23)$$

где  $F_f$  - расчетные усилия, возникающие в элементах конструкций фундаментов (сооружения) при неравномерных осадках оттаивающего основания;

$F_{fd}$  - предельные значения сопротивления элементов конструкции сооружения, рассчитываемые по нормам проектирования соответствующих конструкций;

$\gamma_c$  - коэффициент условий работы системы «основание-сооружение», принимаемый равным 1,25;

$\gamma_n$  - коэффициент надежности по назначению сооружения, принимаемый равным 1,0; 0,95 и 0,9 соответственно для сооружений I, II и III классов ответственности.

Расчет усилий в элементах фундаментных конструкций и реактивных давлений грунтов следует выполнять, как правило, численными методами на основании уравнений строительной механики с учетом зависимостей реактивных давлений от неравномерных осадок основания. При этом оттаивающее основание допускается рассматривать как линейно-деформируемый слой конечной толщины. Допускается применять другие расчетные схемы, в том числе с использованием вероятностных методов расчета, учитывающих статистическую неоднородность основания. При расчете оснований и фундаментов по деформациям среднее давление на основание под подошвой фундамента от основного сочетания нагрузок не должно превышать расчетного давления на основание  $R$ , определяемого в соответствии со [СНиП 2.02.01-83](#), СП 22.13330 по расчетным характеристикам оттаивающих грунтов.

4.28. Осадку оттаивающего в процессе эксплуатации сооружения основания следует определять по формуле

$$S = S_{th} + S_p, \quad (24)$$

где  $S_{th}$  - составляющая осадки основания, обусловленная действием собственного веса оттаивающего грунта, определяемая по указаниям [п. 4.29](#);

$S_p$  - составляющая осадки основания, обусловленная дополнительным давлением на грунт от действия веса сооружения, определяемая по указаниям [п. 4.31](#).

4.29. Составляющую осадки основания  $S_{th}$ , м (см), надлежит определять по формуле

$$S_{th} = \sum_{i=1}^n (A_{th,i} + m_{th,i} \cdot \sigma_{zg,i}) h_i, \quad (25)$$

где  $n$  - число выделенных при расчете слоев грунта;

$A_{th,i}$  и  $m_{th,i}$  - коэффициент оттаивания, доли единицы, и коэффициент сжимаемости,  $\text{кПа}^{-1}$  ( $\text{см}^2/\text{кгс}$ ),  $i$ -го слоя оттаивающего грунта, принимаемые по экспериментальным данным согласно указаниям [п. 4.30](#);

$\sigma_{zg,i}$  - вертикальное напряжение от собственного веса грунта в середине  $i$ -го слоя грунта,  $\text{кПа}$  ( $\text{кгс}/\text{см}^2$ ), определяемое расчетом для глубины  $z_i$  от уровня планировочных отметок с учетом взвешивающего действия воды;

$h_i$  - толщина  $i$ -го слоя оттаивающего грунта, м (см).

Примечание. Взвешивающее действие воды при определении  $S_{th}$  следует учитывать для водопроницаемых грунтов, залегающих ниже расчетного уровня подземных вод, но выше водоупора.

4.30. Коэффициенты оттаивания  $A_{th}$  и сжимаемости оттаивающего грунта  $\delta$  надлежит устанавливать, как правило, по результатам полевых испытаний мерзлых грунтов горячим штампом по методике [ГОСТ 23253-78](#). Если значения  $A_{th}$  и  $\delta$  получены по данным лабораторных испытаний грунтов, то расчетные значения их при определении осадок оттаивающего основания следует умножать на поправочный коэффициент  $k_i = 1 + \Delta i_i$ , где  $\Delta i_i$  разность между суммарной льдистостью  $i$ -го слоя грунта и льдистостью испытанного образца, взятого из этого слоя. Допускается вводить поправки за неполное смыкание макропор и набухание оттаивающего грунта, если это подтверждено экспериментальными данными.

4.31. Составляющую осадки основания  $s_p$ , м (см), при расчетной схеме в виде линейно-деформируемого слоя конечной толщины следует определять по формуле

$$s_p = p_0 b k_h \sum_{i=1}^n m_{th,i} k_{\mu,i} (k_i - k_{i-1}), \quad (26)$$

где  $p_0$  - дополнительное вертикальное давление на основание под подошвой фундамента, кПа (кгс/см<sup>2</sup>);

$b$  - ширина подошвы фундамента, м (см);

$k_h$  - безмерный коэффициент, определяемый по [табл. 7](#) в зависимости от отношения  $z/b$ , где  $z$  - расстояние от подошвы фундамента до нижней границы зоны оттаивания или кровли непресадочного при оттаивании грунта, м (см);

$m_{th,i}$  - коэффициент сжимаемости  $i$ -го слоя грунта, кПа<sup>-1</sup> (см<sup>2</sup>/кгс);

$k_{\mu,i}$  - коэффициент, определяемый по [табл. 7](#) в зависимости от отношения  $z/b$ , где  $z$  - расстояние от подошвы фундамента до середины  $i$ -го слоя грунта, м (см);

$k_i$  и  $k_{i-1}$  - коэффициенты, определяемые по [табл. 8](#) в зависимости от отношений  $l/b$ ,  $z_i/b$  и  $z_{i-1}/b$ , где  $z_i$  и  $z_{i-1}$  - расстояние от подошвы фундамента соответственно до подошвы и кровли  $i$ -го слоя грунта, м (см).

**П р и м е ч а н и е .** Расчет развития осадок оттаивающего основания во времени следует производить по скорости протавивания грунтов под сооружением, определяемой теплотехническим расчетом.

Т а б л и ц а 7

| $z/b$      | $k_h$ | Коэффициент $k_{\mu,i}$ для грунтов |                    |           |      |
|------------|-------|-------------------------------------|--------------------|-----------|------|
|            |       | крупнообломочных                    | песчаных и супесей | суглинков | глин |
| 0 - 0,25   | 1,35  | 1,35                                | 1,35               | 1,36      | 1,55 |
| 0,25 - 0,5 | 1,25  | 1,33                                | 1,35               | 1,42      | 1,79 |
| 0,5 - 1,5  | 1,15  | 1,31                                | 1,35               | 1,45      | 1,96 |
| 1,5 - 3,5  | 1,10  | 1,29                                | 1,35               | 1,52      | 2,15 |
| 3,5 - 5,0  | 1,05  | 1,29                                | 1,35               | 1,53      | 2,22 |
| 5,0        | 1,00  | 1,28                                | 1,35               | 1,54      | 2,28 |

Т а б л и ц а 8

| $z/b$ | Коэффициент $k$ при $l/b$ |       |       |       |       |       |       |
|-------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|       | 1                         | 1,4   | 1,8   | 2,4   | 3,2   | 5     | 10    |
| 0     | 0                         | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| 0,2   | 0,100                     | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,100 | 0,104 |
| 0,4   | 0,200                     | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,200 | 0,208 |
| 0,6   | 0,299                     | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,300 | 0,311 |
| 0,8   | 0,380                     | 0,394 | 0,397 | 0,397 | 0,397 | 0,397 | 0,412 |
| 1,0   | 0,446                     | 0,472 | 0,482 | 0,486 | 0,486 | 0,486 | 0,511 |
| 1,2   | 0,449                     | 0,538 | 0,556 | 0,565 | 0,567 | 0,567 | 0,605 |
| 1,4   | 0,542                     | 0,592 | 0,618 | 0,635 | 0,640 | 0,640 | 0,687 |
| 1,6   | 0,577                     | 0,637 | 0,671 | 0,696 | 0,707 | 0,709 | 0,763 |
| 1,8   | 0,606                     | 0,676 | 0,717 | 0,750 | 0,768 | 0,772 | 0,831 |
| 2,0   | 0,630                     | 0,708 | 0,756 | 0,796 | 0,820 | 0,830 | 0,892 |
| 2,5   | 0,676                     | 0,769 | 0,832 | 0,889 | 0,928 | 0,952 | 1,020 |
| 3,0   | 0,708                     | 0,814 | 0,887 | 0,958 | 1,011 | 1,056 | 1,138 |
| 3,5   | 0,732                     | 0,846 | 0,927 | 1,016 | 1,123 | 1,131 | 1,230 |
| 4,0   | 0,751                     | 0,872 | 0,960 | 1,051 | 1,128 | 1,205 | 1,316 |
| 6,0   | 0,794                     | 0,933 | 1,037 | 1,151 | 1,257 | 1,384 | 1,550 |
| 10,0  | 0,830                     | 0,983 | 1,100 | 1,236 | 1,365 | 1,547 | 1,696 |
| 16,0  | 0,850                     | 1,011 | 1,137 | 1,284 | 1,430 | 1,645 | 2,095 |
| 20,0  | 0,857                     | 1,021 | 1,149 | 1,300 | 1,451 | 1,679 | 2,236 |

4.32. Осадку основания  $s$  при предварительном оттаивании или замене льдистых грунтов до глубины  $h_{b,th}$  для уменьшения деформаций основания ([п. 3.25](#)), а также в случаях, когда слой сезонного промерзания-оттаивания не сливается с вечномерзлым грунтом, следует определять по формуле

$$s = s_{p,th} + s_{ad}, \quad (27)$$

где  $s_{p,th}$  - осадка уплотнения предварительно оттаянного, замененного или естественного немерзлого слоя грунта толщиной  $h_{b,th}$  под воздействием веса сооружения, определяемая в соответствии со [СНиП 2.02.01-83](#);

$s_{ad}$  - дополнительная осадка основания при оттаивании вечномерзлых грунтов в процессе эксплуатации сооружения, определяемая по [формуле \(25\)](#) для интервала глубин  $d - h_{b,th}$ , где  $d$  - расчетная глубина оттаивания грунта, считая от уровня планировки под зданием, устанавливаемая теплотехническим расчетом по указаниям рекомендуемого [приложения 8](#).

Глубину предварительного оттаивания или замены грунтов основания  $h_{b,th}$  следует устанавливать исходя из условия

$$s_{p,th} + s_{ad} \leq s_u, \quad (28)$$

где  $s_u$  - предельно допустимая для данного сооружения осадка основания, принимаемая по [п. 4.26](#).

4.33. Крен фундамента  $i$  на оттаивающем основании, вызванный внецентренными нагрузками, неравномерным оттаиванием и неоднородностью грунтов, а также влиянием близко расположенных фундаментов, следует определять по формуле

$$i = (s_a - s_b)/b, \quad (29)$$

где  $s_a$  и  $s_b$  - осадка краев фундамента;

$b$  - размер фундамента в направлении крена.

4.34. Расчет гибких ленточных фундаментов на оттаивающих в процессе эксплуатации сооружения грунтах надлежит производить с учетом переменной по длине фундамента осадки основания, обусловленной неравномерным оттаиванием грунтов под сооружением. При определении реактивных давлений оттаивающего грунта на подошву фундамента допускается рассматривать оттаивающий грунт как линейно-деформируемое основание, характеризующееся переменным по длине фундамента коэффициентом постели.