

**ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ**

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА**

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (2022)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано

Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/UIQR5237>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомоллов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***Д. К. Оразова¹, К. Жания²**

^{1,2}Торайгыров университет,
Республика Казахстан, г. Павлодар

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМОИЗОЛИРОВАННЫХ ФУНДАМЕНТОВ НА УПРУГОМ ГРУНТОВОМ ОСНОВАНИИ ДЛЯ МАЛОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

В данной статье исследована эффективность утепления малозаглубленных фундаментов на упругом грунтовом основании. Рассмотрены методы решения эффективным путем проблемы строительства на пучинистых грунтах малоэтажных зданий. Применены теплоизоляционные материалы, которые частично или полностью исключают промерзание грунта под фундаментом. Рассмотрены три типа тестовых моделей для определения наиболее эффективного способа моделирования: модели упругого основания – для определения наиболее удачной и точной модели; модели объекта исследования с различными толщинами фундаментных плит – для выявления наиболее оптимальных параметров объекта исследования; модель насыпного грунта. Предложен рациональный способ моделирования фундамента, работающих совместно с грунтовым основанием. Выполнен теплотехнический расчет здания. В качестве объекта исследования принято основание под двухэтажным кирпичным зданием с переменным режимом эксплуатации. Проведены экспериментальные и расчетные исследования по оценке влияния термоизолирующего слоя под фундаментом на напряженно-деформированное состояние основания.

В статье определен наиболее оптимальный способ моделирования укрепляемого основания фундамента. Разработаны модели фундамента и модели грунтового основания, работающих совместно. Выявлены наиболее рациональные модели. Выработаны практические рекомендации на основе предложенной модели.

Ключевые слова: грунт, фундамент, перемещения, деформации, осадка.

Введение

По климатическим особенностям в Казахстане строительство ведется на сезонно промерзающих грунтах, в том числе, с глубоким сезонным промерзанием. Глубина промерзания грунтов колеблется в широких пределах, достигая 2,5–3 м в северных и восточных регионах страны. Заглубление фундаментов ниже глубины сезонного промерзания приводит к большому объему земляных и бетонных работ, в конечном счете, увеличивая стоимость фундаментов (до 25 %–50 %). Особенно существенно этот факт сказывается на малоэтажных зданиях, где стоимость фундаментов распределяется на небольшое количество этажей, тем

самым резко повышая стоимость жилья по сравнению с многоэтажными зданиями. Наиболее эффективным путем решения проблемы строительства на пучинистых грунтах малоэтажных зданий может явиться применение теплоизоляционных материалов, которые частично или полностью исключают промерзание грунта под фундаментом.

В последние годы возникло новое направление строительства индивидуальных зданий за счет применения теплоизоляционных материалов частично или полностью исключить промерзание грунта под фундаментом, при глубине заложения в среднем от 0,5–1 метра. Технология малозаглубленного теплоизолированного фундамента может позволить уменьшить теплопотери здания, что сократит расходы на отопление и увеличить срок службы фундамента [1].

Материалы и методы

Модели упругого основания (грунта)

При совместном расчете системы «здание и грунтовое основание» для грунта основания применяются четыре основные модели:

- модель коэффициента постели;
- линейно–деформируемой среды;
- билинейная модель;
- модель упрочняющегося грунта.

Модель Винклера – это модель, предназначенная только для решения контактной задачи. Согласно [2] в этой модели принимаются два существенных допущения: первое – осадка $W(x,y)$ точки поверхности основания прямо пропорциональна величине давления $p(x,y)$ в этой точке, второе – осадки происходят только в месте приложения нагрузки, а за пределами площади загрузки $W(x, y) = 0$

Модель линейно–деформируемого основания является более сложной моделью грунта основания. В СН РК 5.01–02–2013 «Основания зданий и сооружений» предлагаются две такие модели: модель линейно–деформируемого полупространства и линейно–деформируемого слоя.

Билинейная модель. Это упругопластическая модель, которая является дальнейшим усложнением модели линейно–деформируемого основания и учитывает наличие у грунта структурной прочности.

Осадка какой–либо точки поверхности основания (подошвы плиты) может быть записана в виде:

$$W = \int_{z_f}^{z_d} \varepsilon_z dz \tag{1}$$

где ε_z – послойные деформации грунта; z – вертикальная координата, возрастающая вниз; z_f – координата подошвы; $z_d = z_f + H$ – нижняя граница интегрирования; H – глубина сжимаемой толщи.

При определении W методом послойного суммирования без учета боковых деформаций ($\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$; $\varepsilon_z \neq 0$) в случае грунта со структурной прочностью для ε_z , принимаются зависимости:

$$\varepsilon_z = \beta \frac{\sigma_z - \sigma_0}{E_e} \quad \text{при } \sigma_z \leq p_c$$

$$\varepsilon_z = \beta \left[\frac{p_c - \sigma_0}{E_e} + \frac{\sigma_z - p_c}{E_0} \right] \quad \text{при } \sigma_z > p_c \quad (2)$$

где σ_z – суммарное эффективное вертикальное напряжение $\sigma_z = \sigma_0 + \sigma_p$;

σ_0 – начальное вертикальное эффективное напряжение до начала приложения нагрузки, т.е. бытовое давление от собственного веса грунта и с добавкой давления от уже существующих соседних сооружений;

σ_p – дополнительное вертикальное эффективное напряжение (от вновь построенного сооружения);

E_0 – модуль общей (упругопластической) деформации;

$E_e = (4 \dots 8) E_0$ – модуль упругой (обратимой) деформации;

p_c – структурная прочность на сжатие, зависящая от плотности (пористости) грунта и давления;

β – коэффициент, отражающий степень стесненности боковых деформаций в условиях компрессионного испытания ($\varepsilon_x = \varepsilon_y = 0$)

Бытовое давление определяется в пределах каждого слоя по формуле:

$$\sigma_g = \bar{\sigma}_{gi} + \gamma'_i (z_i - z), \quad (3)$$

где σ_{gi} – бытовое давление на кровле i-го слоя $z = z_i$;

γ'_i – удельный вес грунта i-го слоя с учётом взвешивания при насыщении водой.

Изменение эффективного вертикального напряжения.

$$\Delta\sigma_k = \int_{\xi_1}^{\xi_2} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{3p_k (\zeta - z)^3}{2\pi R^5} d\xi d\eta, \quad (4)$$

где $R = \sqrt{(\xi - x)^2 + (\eta - y)^2 + (\zeta - z)^2}$, если $z > \zeta$ $\Delta\sigma_k = 0$.

Как правило, дно котлована принимается на отметке $z = z_f$, равной отметке подошвы плиты; σ_p получается аналогичным интегрированием от заданной нагрузки по подошве плиты, величина α (значение σ_r от равномерно распределённой нагрузки $\pi = 1$ по площади плиты) – аналогичным интегрированием единичной нагрузки только по подошве плиты.

$$\Delta\sigma_k = \int_{\xi_1}^{\xi_2} \int_{\eta_1}^{\eta_2} \frac{3p_k(\zeta - z)^3}{2\pi(\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2)^{5/2}} d\xi d\eta = F(\xi_2, \eta_4) + F(\xi_1, \eta_1) - F(\xi_1, \eta_4) - F(\xi_2, \eta_1),$$

$$\text{где } F(\xi, \eta) = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\xi\eta\zeta(\xi^2 + \eta^2 + 2\zeta^2)}{\sqrt{\xi^2 + \eta^2 + \zeta^2}(\xi^2 + \zeta^2)(\eta^2 + \zeta^2)} + \arcsin \frac{\xi\eta}{\sqrt{(\xi^2 + \zeta^2)(\eta^2 + \zeta^2)}} \right] \quad (5)$$

Для вычислимости при наличии особенностей принимается, что $F(\zeta, \eta, \zeta) = 0$ $\zeta < 0$ и $F(0,0,0) = 0.25$ (давление под углом равномерно нагруженной площади).

Для соответствующей элементарной площадки можно определить расчётный коэффициент постели:

$$k_{wi} = \frac{P_i}{w_i} \quad (6)$$

По сути, выражение для ε_z отображает нелинейные свойства грунта, для которого принимаются различные модули деформации, определенные при компрессионных испытаниях грунта, обладающего структурной прочностью, для выявления которой нагружения осуществляются малыми ступенями σ_z (рисунок 1)

Модуль деформации – ключевой элемент модели, то, что связывает модель основания с моделями грунтов [3].

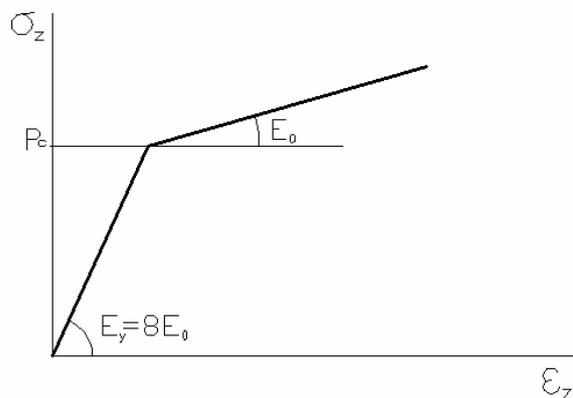


Рисунок 1 – График испытания грунта

Модель упрочняющегося грунта – это упругопластическая модель гиперболического типа, которая является основной моделью второго уровня. Эта модель учитывает эффект упрочнения как при сжатии, так и при сдвиге грунта; учитывает зависимость жесткостных характеристик от напряжений [4].

Результаты и обсуждение

Теплотехнический расчёт

В качестве объекта исследования принято основание под двухэтажным кирпичным зданием с переменным режимом эксплуатации. В качестве

теплоизолятора принимаем пенополистирольную изоляцию с прочностью на сжатие при 2 %-ной тинейной деформации – 83 кПа; с модулем упругости – 15000 кПа; В качестве материала для устройства грунтовой подушки и засыпки пазух котлована – гравийно–песчаную смесь плотностью $\rho = 1988 \text{ кг/м}^3$ и модулем деформации $E = 35000 \text{ кПа}$ [5].

Грунты основания представлены:

- суглинком мягким плотностью 18.2 кН/м^3 и модулем деформации 6110 кН/м^2 ;
- песком мелким плотностью 18.0 кН/м^3 и модулем деформации 28000 кН/м^2 ;
- глиной плотностью $21,0 \text{ кН/м}^3$ и модулем деформации 28000 кН/м^2 .

Расчёт глубины промерзания: нормативная глубина сезонного промерзания грунта $d_{in} = 1,2 \text{ м}$; расчетная глубина сезонного промерзания грунта $d_r = 0,8 \cdot 1,2 = 1 \text{ м}$.

Определение СГТВ и ИМ: среднегодовую температуру наружного воздуха определяем по СГТВ = $4,4^\circ\text{C}$; индекс мороза — по схематической карте, ИМ = 45000 градусо–часов [6].

Определение параметров условной глубины промерзания. Для пользования таблицами принимаем СГТВ = $3,00\text{C}$, ИМ = 50 тыс. градус часов. Этим значениям входных параметров соответствуют следующие значения: толщина горизонтальной грунтовой подушки $\delta_h = 14,7 \text{ см}$, толщина вертикальной теплоизоляции $\delta_v = 6 \text{ см}$; ширина устраиваемой подушки (юбки) $D_h = 2,23 \text{ м}$, условная глубина промерзания $d_y = 0,66 \text{ м}$. [7]

Расчет толщины грунтовой подушки:

$$d'_f = kd_y \sqrt{\frac{\lambda_f \cdot (1 + W_c)}{\rho_f \cdot W_c}}, \text{ где} \quad (7)$$

где k – эмпирический коэффициент численно равный $2 \text{ м} \cdot \text{Вт}$;

d_y – условная глубина промерзания;

λ_f – коэффициент теплопроводности непучинистого грунта в мерзлом состоянии, применяемого для устройства грунтовой подушки и засыпки пазух котлована;

ρ_f – плотность грунтовой подушки непучинистого грунта;

W_c – суммарная влажность грунтовой подушки непучинистого грунта.

$$d'_f = 10 \cdot 0,66 \sqrt{\frac{1,17 \cdot (1 + 0,06)}{1988 \cdot 0,06}} = 0,673 \text{ м} \quad (8)$$

Толщина грунтовой подушки считается по формуле:

$$H = d'_f - (d + \delta_h), \quad (9)$$

где d – глубина заложения подошвы фундамента

$$H = 0,673 - (0,3 + 0,147) = 0,226 \text{ м}, \text{ принимаем } H = 0,23 \text{ м}$$

В итоге принимаем для моделирования следующие характеристики объекта исследования:

Фундамент – железобетонный, бетон класса В15, размерами в плане 8х12 м, толщина 0,3 м.

Основание, из насыпной породы разреза «Восточный» – модуль деформации $E=15000$ кПа, коэффициент Пуассона $\nu = 0.4698$, плотность $\rho = 35,0$ кг/м³, толщина 0,15 м.

Грунтовая подушка – гравийно-песчаная смесь толщиной 0,23 м.

Грунты основания представлены: суглинком мягким толщиной 1 м; песком мелким толщиной 2 м; глиной.

Для проверки выбранных параметров теплоизоляции и противопучинистой подушки был проведен теплотехнический расчет в программе, предназначенной для расчета температурного поля ограждающих конструкций методом конечных элементов.

Исходные данные: фундамент, изоляционный материал и насыпное грунтовое основание замоделированы объёмными элементами с трилинейным распределением температуры.

Принятая расчетная схема приведена на рисунке 2.

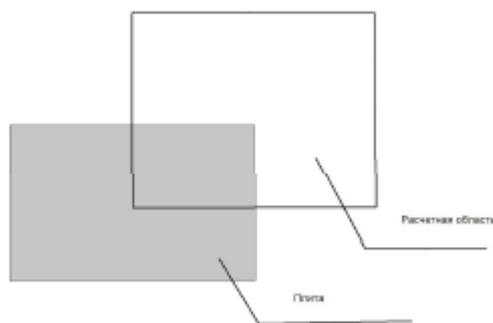


Рисунок 2 – Расчетная схема, принятая для моделирования объекта исследования

Примеры построения моделей. Замоделирован плитный фундамент и подстилающий слой (основание).

Исходные данные: фундамент замоделирован оболочечными элементами с размерами 0,5х0,5 м; $t=0,30$ м; граничные условия (запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz) установлены в 6 узлах модели; пенополистирольная изоляция – объёмными элементами с размерами 0,5х0,5х0,15 м; нагрузка – собственный вес КЭ; вес стандартного пола; нагрузка от вышерасположенных конструкций (полезная и собственный вес дома).

Принятые допущения: в модели не рассматриваются надфундаментные конструкции (только нагрузки от них); не моделируются изоляционная юбка, вертикальная изоляция и дренажная система.

Всего для моделирования было использовано 850 узлов и 1264 элементов.

Построение моделей упругого грунтового основания. Для выявления наиболее подходящей модели применительно к рассматриваемой задаче исследования, построено три модели грунтового основания, работающих совместно с плитным фундаментом и укрепляемым слоем с изоляцией.

Первая модель упругого основания (плоская задача): билинейная, неоднородная и многослойная в плане. Характеристиками основания являются модуль деформации и модуль упругости.

Исходные данные: Грунты основания представлены в таблице 2; граничные условия (запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz) установлены в 6 узлах модели; нагрузка – нагрузка от замоделированного фундамента [8].

Таблица 1 – Характеристики грунтов основания

Наименование грунта	Удельный вес, кН/м ³	Модуль деформации, кН/м ²	Модуль упругости, кН/м ²
Гравийно-песчаная смесь	19.88	35000	291667.0
Суглинок мягкий	18.2	6110	50917.0
Песок мелкий	18.0	28000	233330
Глина	21.0	28000	233330

Принятые допущения: слой насыпного грунта принят бесконечным в плане.

Всего для моделирования было использовано 850 узлов и 1264 элементов.

Для сведения модели грунтового основания и модели фундамента был произведён комплекс итерационных расчётов.

Вторая модель упругого основания (объёмная задача): модель упругого полупространства – основание представлено некоторой «областью влияния», внутри которой наносится конечноэлементная сетка. Характеристикой основания является модуль упругости.

Исходные данные: основание замоделировано объёмными элементами, их размеры приведены в таблице 2 граничные условия: боковые грани – запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz в угловых узлах; запрет линейных перемещений вдоль оси X, запрет поворота вокруг Uz в узлах грани, перпендикулярной оси X; запрет линейных перемещений вдоль оси Y, запрет поворота вокруг Uz в узлах грани, перпендикулярной оси Y; нижняя грань – запрет линейных перемещений вдоль всех осей, запрет поворота вокруг всех осей во всех узлах грани; нагрузка – нагрузка от замоделированного фундамента.

Таблица 2 – Характеристики второй модели упругого основания

Наименование грунта	Модуль упругости, кН/м ²	Размеры конечного элемента, м
Гравийно-песчаная смесь	291667,0	0,5x0,5x0,38
Суглинок мягкий	50917,0	0,5x0,5x1
Песок мелкий	233330	0,5x0,5x2
Глина	233330	0,5x0,5x3,04

Принятые допущения: слой насыпного грунта принят бесконечным в плане; границы грунтового основания приняты равными высоте сжимаемой толщи под фундаментом – 6,42 м.

Всего для моделирования было использовано 9590 узлов и 7872 элементов.

Третья модель упругого основания (объёмная задача): модель упругого полупространства – насыпное основание представлено некоторой «областью влияния», внутри которой наносится конечноэлементная сетка. Характеристикой основания является модуль деформации [9].

Исходные данные: основание замоделировано объёмными элементами, их размеры приведены в таблице 2; граничные условия: боковые грани – запрет линейных перемещений вдоль осей X и Y, запрет поворота вокруг Uz в угловых узлах; запрет линейных перемещений вдоль оси X, запрет поворота вокруг Uz в узлах грани, перпендикулярной оси X; запрет линейных перемещений вдоль оси Y, запрет поворота вокруг Uz в узлах грани, перпендикулярной оси Y; нижняя грань – запрет линейных перемещений вдоль всех осей, запрет поворота вокруг всех осей во всех узлах грани; нагрузка – нагрузка от замоделированного фундамента.

Таблица 3 – Характеристики третьей модели упругого основания

Наименование грунта	Модуль упругости, т/м ²	Размеры конечного элемента, м
Гравийно-песчаная смесь	3500	0,5x0,5x0,38
Суглинок мягкий	611	0,5x0,5x1
Песок мелкий	2800	0,5x0,5x2
Глина	2800	0,5x0,5x3,04

Принятые допущения:

- слой насыпного грунта принят бесконечным в плане;
- границы грунтового основания приняты равными высоте сжимаемой толщи под фундаментом – 6,42 м.

Всего для моделирования было использовано 9590 узлов и 7872 элементов [10].

Исследование моделей упругого основания. На их основании результатов статических расчётов на деформативность и прочность моделей построены графики по моделям упругого основания и проведен сравнительный анализ.

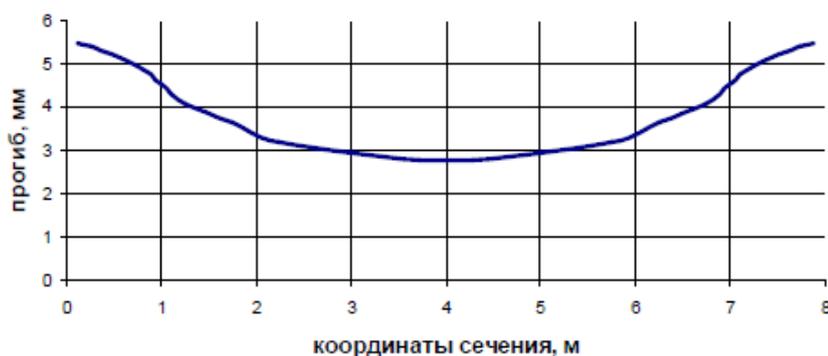


Рисунок 3 – Распределение прогибов в поперечном сечении плиты при моделировании упругого основания билинейной моделью

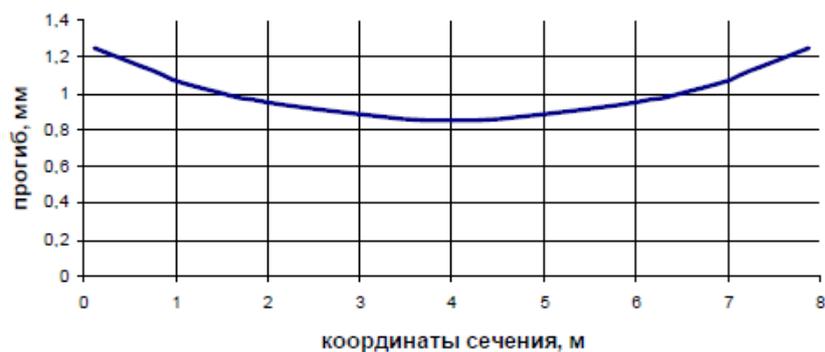


Рисунок 4– Распределение прогибов в поперечном сечении плиты при моделировании упругого основания моделью упругого полупространства (с модулем упругости)

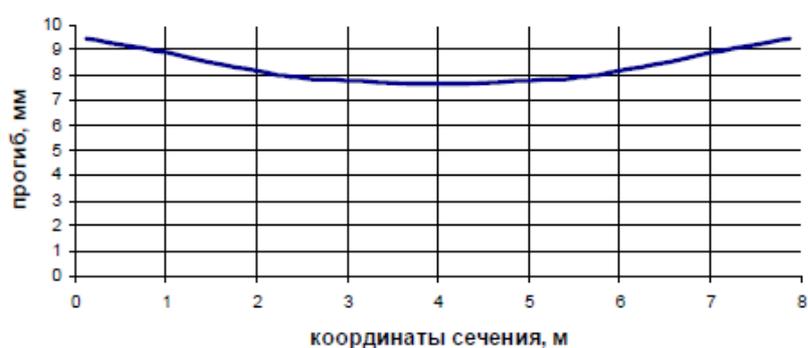


Рисунок 5 – Распределение прогибов в поперечном сечении плиты при моделировании упругого основания моделью упругого полупространства (с модулем деформации)

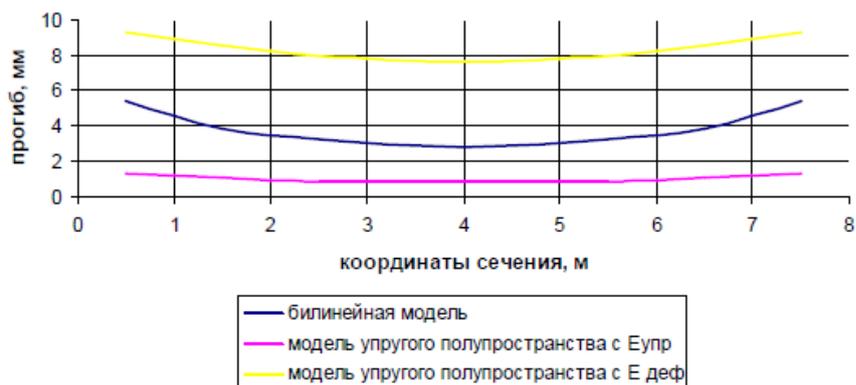


Рисунок 6 – Характер изменения величины прогиба в поперечном сечении плиты

Из графиков 3–6 видно, что билинейная модель упругого основания и модель упругого полупространства с E_{деф} переключаются между собой: характер

изменения их прогибов одинаков – плавная парабола (в отличии от модели упругого полупространства с Еупр, где изменение прогибов незначительно и представляет собой практически прямую линию); изополя перемещений имеют примерно одинаковое строение.

Опираясь на полученные результаты и выводы построим модель грунта на основании модели упругого полупространства с модулем деформации.

Выводы

Проведенный анализ теоретических и экспериментальных исследований показал, что одним из наиболее перспективных направлений строительства малоэтажных зданий на сезонно промерзающих грунтах является использование поверхностно теплоизолированных фундаментов. Практическое их использование повышает эффективность строительства малоэтажных зданий и сооружений и рассматривается как энергоэффективное направление.

Было рассмотрено 3 типа тестовых моделей для определения наиболее эффективного способа моделирования:

- модели упругого основания – для определения наиболее удачной и точной модели;
- модели объекта исследования с различными толщинами фундаментных плит – для выявления наиболее оптимальных параметров объекта исследования.
- модель насыпного грунта. Предложен рациональный способ моделирования фундамента, работающих совместно с грунтовым основанием

Из расчета видно, что с уменьшением толщины плиты увеличивается разница между максимальным и минимальным прогибом.

Показано, что внедрение 1 м³ насыпного грунта из принятой породы для фундаментов взамен традиционных с глубиной заложения 1,5...2,0 м может позволить сэкономить порядка: 0,1 м³ цемента; 3,0 м³ земляных работ; снизить: расход бетона на 50–80 %, трудозатраты на 40–70%, стоимость на 15 % и более.

Наиболее распространенным способом тепловой изоляции фундаментов мелкого заложения является применение пенополистирола, укладываемого непосредственно под подошвой фундамента в виде слоя, толщина которого определяется теплотехническим расчетом.

Результаты экспериментальных исследований моделей фундаментов на слое пенополистирола в лотке показали, что их осадки несущественно зависят от его водонасыщения, промораживания и последующего оттаивания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 **Веселов, В. В.** Автореферат – «Методика расчета теплоизолированных фундаментов на сезонно промерзающих грунтах». – Екатеринбург, 2007. – 45 с.
- 2 Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / Под общей ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. – М. : Изд-во АСВ, 2014. – 728 с.
- 3 **Гольдштейн, М. Н., Царьков, А. А., Черкасов, И. И.** Механика грунтов, основания и фундаменты. – М. : Транспорт, 2015. –220 с.

4 **Далматов, Б. И., Бронин, В. Н., Карлов, В. Д. и др.** Основания и фундаменты. Ч. 2. Основы геотехники : Учебник / Под ред. проф. Б. И. Далматова – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 392 с.

5 **Далматов, Б.И., Лапшин, Ф. К., Россихин, Ю. В.** Проектирование свайных фундаментов в условиях слабых грунтов. – Л. : Стройиздат., 2016.– 240 с.

6 **Ершов, Э. Д.** Деформации и напряжения в промерзающих и оттаивающих породах. – М. : Изд-во Московского университета, 2013.– 167 с.

7 **Золотарь, И. А.** Обоснование условий и технико-экономической целесообразности применения плит из экструдированного полистирола «Пеноплэкс» в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог / Военная академия тыла и транспорта. – СПб. : Изд-во ВАТТ, 2009. – 42 с.

8 **Иванов, А. И.** Региональные и теплофизические исследования мерзлых горных пород Сибири – Якутск, Якутское книжное издательство, 2006. – 224 с.

9 **Иванов, Н. С.** Моделирование тепловых процессов в горных породах. – М. : Издательство «Наука», 2009. – 138 с.

10 **Иванов, П. Л.** Грунты и основания гидротехнических сооружений. – М. : Высшая школа, 2010. – 352 с.

REFERENCES

1 **Veselov, V. V.** Avtoreferat – «Metodika rascheta teploizolirovanny`x fundamentov na sezonno promerzayushhix gruntax» [Abstract – «Method of calculation of thermally insulated foundations on seasonally freezing soils»]. Ekaterinburg, 2007. – 45 p.

2 **Spravochnik geotexnika. Osnovaniya, fundamenty` i podzemny`e sooruzheniya** [Geotechnics Reference Book. Foundations, foundations and underground structures] / Pod obshhej red. V. A. Il'icheva i R. A. Mangusheva. – Moscow : Izd-vo ASV, 2014. – 728 p.

3 **Gol'dshtejn, M. N., Czar'kov, A. A., Cherkasov, I. I.** Mexanika gruntov, osnovaniya i fundamenty` [Soil mechanics, foundations and foundations]. – Moscow : Transport, 2015. – 220 p.

4 **Dal'matov, B. I., Bronin, V. N., Karlov, V. D. i dr.** Osnovaniya i fundamenty`. Ch. 2. Osnovy` geotexniki [Foundations and foundations. Part 2. Fundamentals of geotechnics] : Uchebnik / Pod red. prof. B.I. Dal'matova. – Moscow : Izd-vo ASV, 2002. – 392 p.

5 **Dal'matov, B. I., Lapshin, F. K., Rossixin, Yu. V.** Proektirovanie svajny`x fundamentov v usloviyax slaby`x gruntov [Design of pile foundations in conditions of weak soils]. – L. : Strojizdat., 2016. – 240 p.

6 **Ershov, E` D.** Deformacii i napryazheniya v promerzayushhix i ottaivayushhix porodax [Deformations and stresses in freezing and thawing rocks]. – Moscow : Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2013.– 167 p.

7 **Zolotar`, I. A.** Obosnovanie uslovij i texniko-e`konomicheskoy celesoobraznosti primeneniya plit iz e`kstrudirovannogo polistirola «Penople`ks» v konstrukciyax dorozhny`x odezhd avtomobil`ny`x dorog [Substantiation of the conditions and technical and economic feasibility of the use of plates made of extruded polystyrene «Penoplex» in

the constructions of road clothes of highways] // Voennaya akademiya ty`la i transporta – St. Peterburg : Izd-vo VATT, 2009. – 42 p.

8 **Ivanov, A. I.** Regional`ny`e i teplofizicheskie issledovaniya merzly`x gorny`x porod Sibiri [Regional and thermophysical studies of frozen rocks of Siberia]. – Yakutsk : Yakutskoe knizhnoe izdatel`stvo, 2006. – 224 p.

9 **Ivanov, N. S.** Modelirovanie teplovy`x processov v gorny`x porodax [Modeling of thermal processes in rocks]. – Moscow : Izdatel`stvo «Nauka», 2009. – 138 p.

10 **Ivanov, P. L.** Grunty` i osnovaniya gidrotexnicheskix sooruzhenij [Soils and foundations of hydraulic structures]. – Moscow : Vy`sshaya shkola, 2010. – 352 p.

Материал поступил редакцию 06.06.22.

**Д. К. Оразова¹, К. Жания²*

^{1,2}Торайғыров университеті,

Қазақстан Республикасы, Павлодар қ.

Материал 06.06.22 баспаға түсті.

АЗ ҚАБАТТЫ ҒИМАРАТТАР ҮШІН СЕРПІМДІ ТОПЫРАҚ НЕГІЗІНДЕГІ ЖЫЛУ ОҚШАУЛАНҒАН ІРГЕТАСТАРДЫ ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ

Бұл мақалада серпімді топырақ негізіндегі төмен тереңдетілген іргетастарды оқшаулаудың тиімділігі зерттелген. Төмен қабатты ғимараттардың терең топырақтарында құрылыс мәселесін тиімді шешу әдістері қарастырылған. Жылу оқшаулағыш материалдар қолданылады, олар іргетас астындағы топырақтың қатып қалуын ішінара немесе толығымен жояды. Модельдеудің ең тиімді әдісін анықтау үшін тест модельдерінің 3 түрі қарастырылады – серпімді негіз модельдері-ең сәтті және дәл модельді анықтау үшін; іргетас плиталарының қалыңдығы әртүрлі зерттеу объектісінің модельдері-зерттеу объектісінің ең оңтайлы параметрлерін анықтау үшін; топырақ үйіндісінің моделі. Топырақ негізімен бірге жұмыс істейтін іргетасты модельдеудің ұтымды әдісі ұсынылған. Ғимараттың жылу техникалық есебі орындалды. Зерттеу объектісі ретінде ауыспалы пайдалану режимі бар екі қабатты кірпіш ғимарат астындағы негіз қабылданды. Іргетас астындағы жылу оқшаулағыш қабаттың кернеулі-деформацияланған күйіне әсерін бағалау бойынша эксперименттік және есептік зерттеулер жүргізілді.

Мақалада іргетастың нығайтылатын негізін модельдеудің ең оңтайлы әдісі анықталған. Іргетастың модельдері және бірге жұмыс істейтін топырақ негізінің модельдері жасалды. Ең ұтымды модельдер анықталды. Ұсынылған модель негізінде практикалық ұсыныстар жасалды.

Кілтті сөздер: топырақ, іргетас, орын ауыстыру, деформация, шөгү.

***D. K. Orazova¹, K. Zhaniya²**

^{1,2}Toraighyrov University,
Republic of Kazakhstan, Pavlodar.
Material received on 06.06.22.

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE USE OF THERMALLY INSULATED FOUNDATIONS ON ELASTIC SOIL FOUNDATIONS FOR LOW-RISE BUILDINGS

In this article, the effectiveness of insulation of low-depth foundations on an elastic soil base is investigated. Methods of solving the problem of construction of low-rise buildings on heaving soils in an effective way are considered. Thermal insulation materials have been applied, which partially or completely exclude the freezing of the soil under the foundation. 3 types of test models are considered to determine the most effective method of modeling: elastic base models – to determine the most successful and accurate model; models of the object of study with different thicknesses of foundation slabs – to identify the most optimal parameters of the object of study; a model of bulk soil. A rational method of modeling the foundation, working together with the soil foundation, is proposed. The thermal engineering calculation of the building was performed. The base under a two-story brick building with a variable operating mode is accepted as the object of research. Experimental and computational studies have been carried out to assess the effect of the thermal insulation layer under the foundation on the stress-strain state of the foundation.

The article defines the most optimal way of modeling the reinforced foundation foundation. Foundation models and ground foundation models working together have been developed. The most rational models have been identified. Practical recommendations have been developed based on the proposed model.

Keywords: soil, foundation, displacement, deformation, sediment.

Теруге 06.06.22 ж. жіберілді. Басуға 30.06.22 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

8,9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 12,4. Таралымы 300 дана.

Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: З. С. Искакова

Корректор: А. Р. Омарова

Тапсырыс № 3964

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

<https://vestnik.tou.edu.kz/>

<http://stk.tou.edu.kz/>