



## Разработка программы для расчета осадок фундамента здания методом послойного суммирования на естественном основании

Т.Г. Середа<sup>1</sup>, С.Н. Костарев<sup>2,3</sup>✉

<sup>1</sup>Пермский государственный аграрно-технологический университет

им. академика Д.Н. Прянишникова, Пермь, Россия

<sup>2</sup>Пермский институт ФСИН России, Пермь, Россия

<sup>3</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

**Аннотация.** Вопросу разработке автоматизированного расчета осадков фундамента уделяется недостаточно внимания. Целью работы является разработка инструмента для автоматизированного расчета и выполнения эскиза эпюр нагрузок фундамента здания. Фундамент здания является основным опорным элементом строения, от правильности расчета осадков фундамента зависит устойчивость здания. Возникла необходимость в разработке автоматизированных расчетов осадка фундамента и эпюр напряжений, что позволит снизить риски, связанные с человеческим фактором. Программа разработана в соответствии со сводом правил СП 22.13330.2016. Она написана для конструкторского пакета AutoCAD, но также будет работать и на NanoCAD. Алгоритм составлен с помощью программы Pencil. В настоящее время были достигнуты некоторые результаты с использованием оболочек SCAD OFFICE, BIM-технологий, но специализированных программ недостаточно. Реализована разработка программы для расчета осадков фундамента методом послойного суммирования для естественного основания здания. Приведены алгоритмы, основные функции и аргументы, использованные в программе. Проведена симуляция работы программы с параметрами грунта, характерного для Пермского края. Результаты расчета программы позволят оценить суммарные осадки фундамента, определить нижнюю границу сжимаемости толщи и наглядно ознакомиться с эскизом эпюр напряжений в грунте.

**Ключевые слова:** безопасность эксплуатации зданий, фундамент, строительные конструкции, AutoLISP

**Для цитирования:** Середа Т.Г., Костарев С.Н. Разработка программы для расчета осадков фундамента здания методом послойного суммирования на естественном основании // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 2. С. 277–291. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-277-291>. EDN: NQQSNV.

### Original article

## Development of a program for calculating the precipitation of the foundation of a building by the method of layer-by-layer summation on a natural basis

Tatyana G. Sereda<sup>1</sup>, Sergey N. Kostarev<sup>2,3</sup>✉

<sup>1</sup>Perm State Agro-Technological University

named after Academician D.N. Pryanishnikov., Perm, Russia

<sup>2</sup>Perm Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia, Perm, Russia

<sup>3</sup>Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

**Abstract.** Insufficient attention is paid to the development of an automated calculation of foundation precipitation. The purpose of the work is to develop a tool for automated calculation and sketch of building foundation loads. The foundation of the building is the main supporting element of the structure, the stability of the building depends on the correctness of the calculation of the precipitation of the foundation. There was a need to develop automated calculations of foundation sediment and stress plots, which

would reduce the risks associated with the human factor. The program was developed in accordance with the code of rules of SP 22.13330.2016. It is written for the AutoCAD design package, but it will also work on nanoCAD. The algorithm is compiled using the Pencil program. Currently, some results have been achieved using SCAD OFFICE shells and BIM technologies, but specialized programs are not enough. The development of a program for calculating the foundation sediment by the method of layer-by-layer summation for the natural foundation of the building has been implemented. The algorithms, main functions and arguments used in the program are given. A simulation of the program's operation with soil parameters typical of the Perm Region was carried out. The results of the calculation of the program will allow us to estimate the total precipitation of the foundation, determine the lower limit of compressibility of the stratum and visually familiarize ourselves with the sketch of stress plots in the ground.

**Keywords:** building operation safety, foundation, building structures, AutoLISP

**For citation:** Sereda T.G., Kostarev S.N. Development of a program for calculating the precipitation of the foundation of a building by the method of layer-by-layer summation on a natural basis. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate.* 2025;15(2):277-291. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-2-277-291>. EDN: NQQSNV.

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время идет переход к использованию систем автоматизированного проектирования как к комплексному программному обеспечению, позволяющему полностью автоматизировать необходимые расчеты и выполнить конструкторскую чертежную документацию. Использование компьютерных расчетов может поспособствовать ускорению идущей реновации и строительству новых объектов. Одним из основных элементов строительства является фундамент здания, от устойчивости которого зависит его устойчивость и целостность. В рамках импортозамещения разработка программного обеспечения является актуальной задачей.

## МЕТОДЫ

В основе расчета осадков фундамента лежит метод учета деформаций. В качестве методики расчета выбран метод послойного суммирования, рекомендованный СП 22.13330.2016 СНиП 2.02.01-83\* Основания зданий и сооружений (Приказ Минстроя России от 16 декабря 2016 г. № 970/пр). В качестве программы используется диалектика языка LISP (AutoLISP) как встроенного модуля AutoCAD (NanoCAD). Программа разработана для расчетов осадки фундаментов, возводимых в неглубоких котлованах (глубиной до 5 м).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

*Описание методики расчета осадок фундамента методом послойного суммирования*

Расчетные методы осадков фундамента можно классифицировать на фундаментальные, к которым относятся аналитические и численные методы, и эмпирические, с учетом уточняющих коэффициентов, полученных экспериментальным путем. В работах [1, 2] представлены сравнительный анализ осадки фундамента, выполненный численными и аналитическими методами. Использование метода случайных конечных элементов приведено в статье [3]. В настоящее время для расчета фундамента рекомендуется использовать свод правил 22.13330.2016, который является преемником СНиП 2.02.01-83\*. Ряд работ посвящен сравнительному анализу осадки основания свайного фундамента по СНиП и СП [4–6]. Также проводится уточнение методов расчета осадок фундаментов с учетом натуральных экспериментов [7]. Разрабатываются оптимальные методики расчета [8]. Автоматизация процесса проектирования и расчета фундаментов становится в данное время актуальной задачей [9–13]. Гипотеза расчета на основе деформаций грунтов предполагает, что фактическая осадка фундамента не превышает предельную. Расчет фундамента представляет собой комплексную задачу, учитывающую погружение и размеры фундамента, почвенные изыскания, вес здания и др. [14–15]. Одним из методов расчета является методика послойного суммирования слоев грунта, на основе которой разработана программа.

Расчет осадки основания фундамента ( $S$ ) можно определить по упрощенной формуле для неглубоких котлованов (СП 22.13330.2016)

$$S = 0,8 \left( \sum_{i=1}^n \frac{(\sigma_{zp,i} - \sigma_{zг,i}) h_i}{E_i} \right), \quad (1)$$

где  $\sigma_{zp, i}$  – вертикальное напряжение от внешней нагрузки в  $i$ -ом слое грунта;  $\sigma_{z\gamma, i}$  – вертикальное напряжение в  $i$ -ом слое от собственного веса грунта;  $h$  – толщина  $i$ -го слоя;  $E_i$  – модуль деформации грунта;  $n$  – число слоев, на которые разбита сжимаемая толща основания.

Вертикальное напряжение от внешней нагрузки  $\sigma_{zp}$  на глубине  $z$  от подошвы фундамента определяется по уравнению

$$\sigma_{zp} = \alpha p, \tag{2}$$

где  $\alpha$  – нормирующий коэффициент ( $\alpha$  определяется по СП, для промежуточных значений производится его интерполяция).

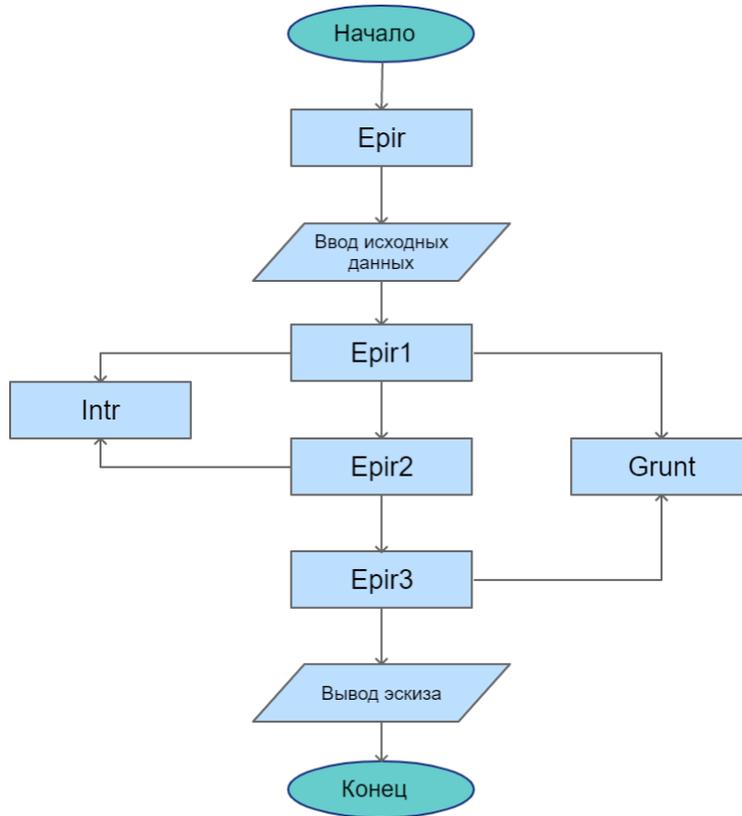
Вертикальное напряжение от собственного веса грунта на глубине  $z$  от подошвы фундамента рассчитывается по уравнению

$$\sigma_{z\gamma} = \alpha \sigma_{zg, 0}, \tag{3}$$

где  $\sigma_{zg, 0}$  – вертикальное напряжение от собственного веса грунта на отметке подошвы фундамента.

*Структура программного обеспечения*

Укрупненная блок-схема программы показана на рис. 1. При запуске основной функции EPIR, проектировщик вводит основные исходные данные, базовую точку (БТ) построения (для упрощения координаты БТ приняты за начало координат). Далее очерчивается фундамент, а программа постепенно запрашивает физические характеристики инженерно-геологических элементов с построением эпюр напряжений по слоям.



**Рис. 1. Алгоритм программы**  
**Fig. 1. Program algorithm**

В табл. 1 приведены функции программы. Программа содержит шесть функций. Главная функция – Epir, она же является командой запуска, функции Epir 1 и Epir 2 – построение эпюр напряжений выше или ниже грунтовых вод, функция Epir 3 – построение эпюр пересечений, функция Grunt – построение столба грунтов и Intr – функция интерполяции, необходимая для вычисления промежуточных значений нормирующего коэффициента  $\alpha$  (2, 3).

**Таблица 1.** Обозначение функций  
**Table 1.** Designation of functions

Функция	Назначение
Epir	Главная функция (команда запуска)
Epir 1	Построение эпюр напряжений
Epir 2	Построение эпюр напряжений ниже грунтовых вод
Epir 3	Построение эпюр пересечений
Grunt	Построение столба грунтов
Intr	Функция интерполяции

В табл. 2 приведены некоторые переменные, а также идентификаторы.

**Таблица 2.** Идентификаторы переменных  
**Table 2.** Variable identifiers

В программе	Обозначение
b	Ширина фундамента, м
S1	Глубина заложения фундамента, м
k	Глубина грунтовых вод, м
P	Дополнительное напряжение в грунте, на уровне подошвы фундамента, кПа
Y1	Плотность грунта, г/см <sup>3</sup>
Ee	Модуль деформации грунта, мПа
Ss	Суммарные осадки фундамента
Z1	Нижняя граница сжимаемой толщи
I3	Количество слоев (EPIR2)
I4	Толщина слоя (EPIR2)
D1	Расстояние от фундамента до грунтовых вод (EPIR2)
I0	Отсчет количества слоев (EPIR2)
gz	Расчет эпюры напряжений в грунте
m	Масштаб эпюр
C1	Глубина нижней границы слоя
NL	Граница природного рельефа

Реперные точки приведены в табл. 3.

**Таблица 3.** Опорные точки  
**Table 3.** Reference points

Мнемоника	Назначение
AA	Базовая точка
AA3	Смещение фундамента
Gia	Начало эпюры напряжений
Ag	Начало столба грунтов
AT	Начало таблицы
AP	Начало поверхности
AF1-AF4	Узловые точки фундамента

Симуляция программы приведена на рис. 2. В среде AutoCAD загружается редактор VisualLISP (vlide) и открывается файл \*.LSP.

Исполнение программы начинается с вызова главной функции (epir).

В качестве экспериментальных данных были введены следующие параметры:

- ширина фундамента (1,6 м);
- глубина заложения фундамента (1,9 м);
- глубина грунтовых вод (4,4 м);
- напряжение в грунте на уровне подошвы фундамента в кПа на погонный метр фундамента (169,4 кПа).

```

Visual LISP для AutoCAD <Чертеж1.dwg>
Файл Плавка Поиск Вид Проект Отладка Сервис Окно Справка
intr
tmp.lsp
; НАЧАЛО ПРОГРАММЫ

(Defun epir()
(Setq b(Getdist "/n ширину фундамента в м")
b(* b 1000)
s1(Getdist "/n введите глубину заложения фундамента в м")
s1(* s1 1000)
k(Getdist "/n введите глубину грунтовых вод в м")

```

Рис. 2. Редактор Visual LISP  
Fig. 2. Visual LISP Editor

Введены некоторые физико-механические характеристики инженерно-геологических элементов (ИГЭ), необходимые для расчета:

1. ИГЭ №1: введите глубину нижней границы слоя в м (2,2 м), плотность грунта  $\text{г/см}^3$  (18,7  $\text{г/см}^3$ ), модуль деформации грунта в МПа (15 МПа).
2. ИГЭ №2: введите глубину нижней границы слоя в м (4,6 м), плотность грунта  $\text{г/см}^3$  (18,7  $\text{г/см}^3$ ), модуль деформации грунта в МПа (9,5 МПа).
3. ИГЭ №3: введите глубину нижней границы слоя в м (7,2 м), плотность грунта  $\text{г/см}^3$  (21  $\text{г/см}^3$ ), модуль деформации грунта в МПа (24 МПа).
4. ИГЭ №4: введите глубину нижней границы слоя в м (9,6 м), плотность грунта  $\text{г/см}^3$  (19,98  $\text{г/см}^3$ ), модуль деформации грунта в МПа (23 МПа).

Полученный эскиз расчетной схемы фундамента показан на рис. 3.

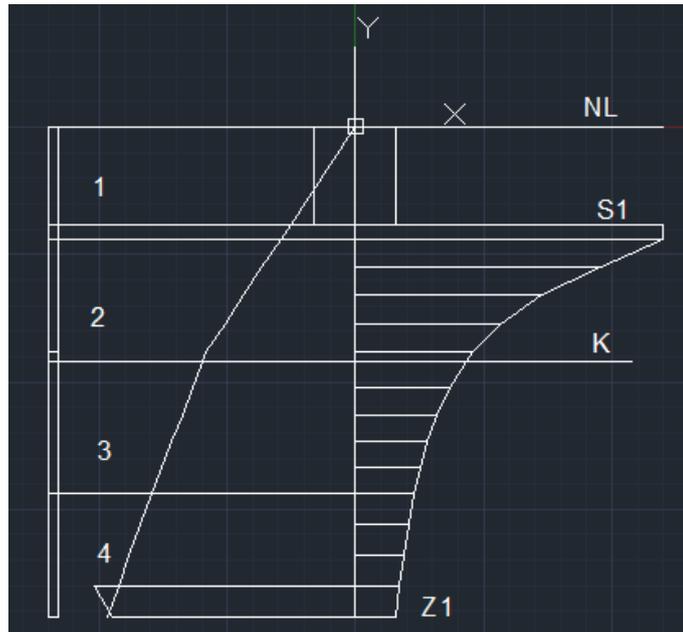


Рис. 3. Эскиз расчетной схемы фундамента: NL – граница природного рельефа, S1 – глубина заложения фундамента, K – глубина грунтовых вод, Z1 – нижняя граница сжимаемой толщи, 1–4 – инженерно-геологические элементы  
Fig. 3. A sketch of the calculated scheme of the foundation: NL is the boundary of the natural relief, S1 – depth of the foundation, K – depth of groundwater, Z1 – lower boundary of the compressible stratum, 1–4 – engineering and geological elements

Для вывода значения интересующих показателей (переменных) в программе AutoCAD нужно использовать команду «!». Результаты расчета суммарных осадков фундамента и определения нижней границы сжимаемой толщи (для данного примера расчета) приведены в табл. 4.

**Таблица 4.** Вывод результатов расчета  
**Table 4.** Output of calculation results

Расчетные показатели	Команда	Результат расчета	Размерность
Суммарные осадки фундамента	!ss	Команда: !ss 29.9065	мм
Нижняя граница сжимаемой толщи	!z1	Команда: !z1 7700.0	мм

Функции листинга программы приведены ниже.

*Функция epir*

```
(Defun c:epir ()
  (Setq b 1.6 ;(Getdist "/n Ширина фундамента ")
    b (* b 1000)
    s1 1.9 ;(Getdist "/n Глубина заложения фундамента ")
    s1 (* s1 1000)
    k 4.4 ;(Getdist "/n Глубина грунтовых вод ")
    k (* k 1000)
    p 169.4 ;(Getdist "/n Дополнительное напряжение в грунте, кПа ")
    AA (LIST 0 0)
    C 0
    gz 0
    gi p
    m1 0.1
    ss 0
    m (/ 6000 p) ; Масштаб эпюры
    Z 0 ;
    AA3 (POLAR AA (- (/ PI 2)) (* S1 m1))

    GiA (Polar AA3 0 (* (* p m) m1)); Начало эпюры напряжений
    AG (POLAR AA PI (* 6000 m1)); Начало столба грунтов
    AT (POLAR AA 0 (* 9000 m1)); Начало таблицы
    AP (POLAR AA 0 (* 6000 m1))
  )
  (command "_Line" AG aP "") ; поверхность
  (command "_Line" aa3 GiA "")
  (Setq CC (POLAR AA 0 0)
    u 0
    qq 2
    qq1 qq
    q 1
    AF1 (polar AA pi (* (/ b 2) m1)); Фундамент
    AF4 (polar AA 0 (* (/ b 2) m1))
    AF2 (polar Af1 (- (/ pi 2)) (* s1 m1))
    AF3 (polar Af4 (- (/ pi 2)) (* s1 m1))
  )
  (command "_Line" AA AF1 AF2 AF3 AF4 "з")
  (while (> qq q)
    (Setq c1 (Getdist "/n Глубина нижней границы слоя ")
      c1 (* c1 1000)
      y1 (Getdist "/n Плотность грунта ")
      EE (Getdist "/n Модуль деформации грунта ")
      ee (* ee 1000)
      y (/ y1 1000)
    )
  )
  (cond
    ((and (< c s1) (<= c1 s1))
```

```

(epir1 AA gz CC m y k s1 m1 c c1 AG Q QQ)
(setq CC CC1
  AA AA1
  gz gz1
  c c1
  AG AG1
)
)
((and (< c s1) (> c1 s1))
(setq nn 8)
(progn (Setq c2 s1)
  (setq nn 9)
  (epir1 AA gz CC m y k s1 m1 c c2 AG Q QQ)
  (setq nn 10)

  (setq CC CC1
    AA AA1
    gz gz1
    AG AG1
  )
  (setq nn 15)
  (epir2 p AA GIA gz CC z m y b k m1 c2 c1 gi q ss ee AG)
  (setq nn 20)

  (Setq CC CC1
    AA AA1
    GIA GIA1
    z z1
    gz gz1
    gi gi1
    ss ss1
    c c1
    AG AG1
  )
)
)
)
)
(> c s1)
(epir2 p AA GIA gz CC z m y b k m1 c c1 gi q ss ee AG)
(Setq CC CC1
  AA AA1
  GIA GIA1
  z z1
  gz gz1
  gi gi1
  ss ss1
  c c1
  AG AG1
)
)
)
)
(T "")
)
)
(setq abc 1)
)

(Defun epir1 (AA gz CC m y k s1 m1 c c1 AG Q QQ)
  (cond ((< k c) (setq k1 c))
        ((< k c1) (setq k1 k))
  )
)

```

```
((< c1 k) (setq k1 c1))
(T "")
)
(setq d1 (- k1 c)
d2 (- c1 k1)
AA2 AA
gz2 gz
CC2 CC
AG1 AG
AG4 AG
AA1 (polar AA2 (- (/ pi 2)) (* d1 m1))
gz1 (+ gz2 (* d1 y))
CC1 (polar AA1 pi (* (* gz1 m) m1))
)
(command "_Line" cc2 cc1 "")
(command "_Line" AA2 AA1 "")
(grunt d1 AG1 aa1 q qq)
(setq AG1 AG4)
(setq
AA2 AA1
gz2 gz1
CC2 CC1
AA1 (polar AA2 (- (/ pi 2)) (* d2 m1))
gz1 (+ gz2 (- (* y d2) (* 0.01 d2)))
cc1 (polar AA1 pi (* (* gz1 m) m1))
)
(command "_Line" CC2 CC1 "")
(command "_Line" AA2 AA1 "")
(grunt d2 AG1 aa1 q qq)
(setq AG1 AG4)
)

(Defun epir2 (p aa GIA gz cc z m y b k m1 c c1 gi q ss ee AG)
(cond ((< k c) (setq k1 c))
((< k c1) (setq k1 k))
((< c1 k) (setq k1 c1))
(T ""))
)
(Setup d1 (- k1 c) ; расстояние от фундамента до грунтовых вод
d2 (- c1 k1) ; наоборот
)
(if (= d1 0)
(setq i3 0
i4 0)
)
(setq i0 (* b 0.4) ; начало расчетов, количество слоев
i1 (rem d1 i0)
i2 (+ d1 (- i0 i1))
i3 (/ i2 i0) ; количество слоев d1
i4 (/ d1 i3) ; толщина слоя d1
)
)

(if (= d2 0)
(setq ii3 0
ii4 0)
)
)
```

```

(setq ii1 (rem d2 i0)
  ii2 (+ d2 (- i0 ii1))
  ii3 (/ ii2 i0)           ; количество слоев d2
  ii4 (/ d2 ii3)          ; толщина слоя d2
)
)
(setq AA2 aa
  CC2 cc
  gz2 gz
  gi1 gi
  z2 z
  GIA2 GIA
  AG1 AG
  AG4 AG
  R1 0
  r2 0
  ss1 ss
)
(while (and (> i3 r1) (> qq q))
  (Setq AA1 (Polar AA2 (- (/ PI 2)) (* i4 m1))
    Z1 (+ z2 i4)
    gi2 gi1
  )
  (intr z1 b)
  (Setq gi1 (* p a)
    GIA1 (Polar AA1 0 (* (* gi1 m) m1))
    gz1 (+ gz2 (* y i4))
    cc1 (POLAR aa1 Pi (* (* gz1 m) m1))
  )
  (command "_Line" AA2 AA1 "")
  (command "_Line" GIA2 GIA1 "")
  (command "_Line" CC2 CC1 "")
  (if (> (* gi1 6) gz1)
    (Setq qq 2)
    (Setq qq 0)
  )
  )
  ; ЦИКЛ
  (epir3 qq q aa2 aa1 di2 di1)
  (if (> d1 0)
    (progn (Setq ss2 (* (* 0.8 (/ (+ gi1 gi2) 2)) (/ i4 ee))
      ss1 (+ ss1 ss2)
    )
    (command "_Line" aa1 gia1 "")
  )
  )
  )
  (Setq CC2 CC1
    AA2 AA1
    GIA2 GIA1
    z2 z1
    gz2 gz1
    r1 (+ r1 1)
  )
  ; ЦИКЛ (> i3 r1)
  )
  )
  (grunt d1 AG1 aa1 q qq)
  (setq AG1 AG4)
  (while (and (> ii3 r2) (> qq q))
    (Setq AA1 (Polar AA2 (- (/ PI 2)) (* ii4 m1))

```

```
z1 (+ z2 ii4)
gi2 gi1
)
(intr z1 b)
(Setq gi1 (* p a)
  GIA1 (Polar AA1 0 (* (* gi1 m) m1))
)
(command "_Line" AA2 AA1 "")
(command "_Line" GIA2 GIA1 "")
(Setq gz1 (+ gz2 (- (* y ii4) (* 0.01 ii4)))
  ; построение эпюры напряжений в грунте
  CC1 (POLAR aa1 Pi (* (* gz1 m) m1))
)
(command "_Line" CC2 CC1 "")
(if (> (* gi1 6) gz1)
  (Setq qq 2) ; тогда
  (Setq qq 0)
) ; иначе цикл
(epir3 qq q aa2 aa1 di2 di1)
(if (> d2 0)
  (progn (Setq ss2 (* (* 0.8 (/ (+ gi1 gi2) 2)) (/ ii4 ee))
    Ss1 (+ ss1 ss2)
  )
  (command "_Line" aa1 gia1 "")
)
)
)
(Setq CC2 CC1
  AA2 AA1
  GIA2 GIA1
  z2 z1
  gz2 gz1
  r2 (+ r2 1) ; цикл (> ii3 r2)
)
)
)
(grunt d2 AG1 aa1 q qq)
(setq AG1 AG4)
)
; Функция построения столба грунтов
(Defun grunt (d AG1 aa1 q qq)
  (IF (> d 0)
    (progn
      (Setq AG2 (Polar AG1 0 (* 200 m1))
        AG4 (Polar AG1 (- (/ PI 2)) (* D m1))
        AG3 (Polar AG2 (- (/ PI 2)) (* D m1))
      )
      ; (command "_Line" AG1 AG2 AG3 AG4 "з")
      (command "_Line" AG1 AG2 AG3 AG4 AG1 "")
    )
  )
  (IF (> qq q)
    (command "_Line" AG3 AA1 "")
  )
)
) ; Defun
; Функция построения эпюр пересечений
(Defun epir3 (qq q aa2 aa1 di2 di1)
  (IF (< qq q)
```

```
(PROGN
  (Setq CCC (polar aa2 pi (* (* (* gi2 6) m) m1))
    CCC1 (polar aa1 pi (* (* (* gi1 6) m) m1))
    hh (+ z1 s1)
  )
  (command "_Line" AA2 CCC CCC1 AA1 "")
)
)
)
) ; Defun
```

;Функция интерполяции

```
(Defun intr (z b)
  (Setq s (/ (* 2 z) b)
    A (cond
      ((<= s 0.4) (- 1 (* (/ (- s 0) (- 0.4 0)) (- 1 0.997))))
      ((<= s 0.8)
        (- 0.997 (* (/ (- s 0.4) (- 0.8 0.4)) (- 0.997 0.881))))
      )
      ((<= s 1.2)
        (- 0.881 (* (/ (- s 0.8) (- 1.2 0.8)) (- 0.881 0.755))))
      )
      ((<= s 1.6)
        (- 0.755 (* (/ (- s 1.2) (- 1.6 1.2)) (- 0.755 0.642))))
      )
      ((<= s 2)
        (- 0.642 (* (/ (- s 1.6) (- 2 1.6)) (- 0.642 0.550))))
      )
      ((<= s 2.4)
        (- 0.550 (* (/ (- s 2) (- 2.4 2)) (- 0.550 0.477))))
      )
      ((<= s 2.8)
        (- 0.477 (* (/ (- s 2.4) (- 2.8 2.4)) (- 0.477 0.420))))
      )
      ((<= s 3.2)
        (- 0.420 (* (/ (- s 2.8) (- 3.2 2.8)) (- 0.420 0.374))))
      )
      ((<= s 3.6)
        (- 0.374 (* (/ (- s 3.2) (- 3.6 3.2)) (- 0.374 0.337))))
      )
      ((<= s 4)
        (- 0.337 (* (/ (- s 3.6) (- 4 3.6)) (- 0.337 0.306))))
      )
      ((<= s 4.4)
        (- 0.306 (* (/ (- s 4) (- 4.4 4)) (- 0.306 0.280))))
      )
      ((<= s 4.8)
        (- 0.280 (* (/ (- s 4.4) (- 4.8 4.4)) (- 0.280 0.258))))
      )
      ((<= s 5.2)
        (- 0.258 (* (/ (- s 4.8) (- 5.2 4.8)) (- 0.258 0.239))))
      )
      ((<= s 5.6)
        (- 0.239 (* (/ (- s 5.2) (- 5.6 5.2)) (- 0.239 0.223))))
      )
      ((<= s 6)
        (- 0.223 (* (/ (- s 5.6) (- 6 5.6)) (- 0.223 0.208))))
      )
      ((<= s 6.4)

```

```
(- 0.208 (* (/ (- s 6) (- 6.4 6)) (- 0.208 0.196)))  
)  
((<= s 6.8)  
(- 0.196 (* (/ (- s 6.4) (- 6.8 6.4)) (- 0.196 0.185))))  
)  
((<= s 7.2)  
(- 0.185 (* (/ (- s 6.8) (- 7.2 6.8)) (- 0.185 0.175))))  
)  
((<= s 7.6)  
(- 0.175 (* (/ (- s 7.2) (- 7.6 7.2)) (- 0.175 0.166))))  
)  
((<= s 8)  
(- 0.166 (* (/ (- s 7.6) (- 8 7.6)) (- 0.166 0.158))))  
)  
((<= s 8.4)  
(- 0.158 (* (/ (- s 8) (- 8.4 8)) (- 0.158 0.150))))  
)  
((<= s 8.8)  
(- 0.150 (* (/ (- s 8.4) (- 8.8 8.4)) (- 0.150 0.143))))  
)  
((<= s 9.2)  
(- 0.143 (* (/ (- s 8.8) (- 9.2 8.8)) (- 0.143 0.137))))  
)  
((<= s 9.6)  
(- 0.137 (* (/ (- s 9.2) (- 9.6 9.2)) (- 0.137 0.132))))  
)  
((<= s 10)  
(- 0.132 (* (/ (- s 9.6) (- 10 9.6)) (- 0.132 0.126))))  
)  
((<= s 10.4)  
(- 0.126 (* (/ (- s 10) (- 10.4 10)) (- 0.126 0.122))))  
)  
((<= s 10.8)  
(- 0.122 (* (/ (- s 10.4) (- 10.8 10.4)) (- 0.122 0.117))))  
)  
((<= s 11.2)  
(- 0.117 (* (/ (- s 10.8) (- 11.2 10.8)) (- 0.117 0.113))))  
)  
((<= s 11.6)  
(- 0.113 (* (/ (- s 11.2) (- 11.6 11.2)) (- 0.113 0.109))))  
)  
(>=s 11.6  
(- 0.109 (* (/ (- S 11.6) (- 12 11.6)) (- 0.109 0.106))))  
)  
(T "" )  
) ; cond  
) ; Setq  
) ; Defun Конец функции интерполяции
```

Результаты вычислений показали, что с помощью разработанной программы можно получить эскиз расчетной схемы фундамента на естественном основании, а также различные интересующие показатели, например, суммарные осадки фундамента, нижнюю границу сжимаемой толщи и др., что позволит проводить численное моделирование нагрузок на фундамент здания.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Расчет осадков фундамента является важным этапом при проектировании зданий, от которого в целом будет зависеть долговечность и надежность конструктивных элементов здания. Показаны методика расчета, укрупненный алгоритм программы, результаты построения эпюр инженерно-

геологические элементов и нижняя граница сжимаемой толщи. В методике расчета также учитывается глубина заложения грунтовых вод. Расчет и построение эпюр нагружения выполнены в AutoCAD, но могут быть реализованы на отечественном продукте NanoCAD. Применение разработанной программы в проектных и учебных целях будет способствовать импортозамещению, а также ускорит расчет осадков фундамента.

Программа может стать основой для усовершенствования расчетов и в дальнейшем может быть дополнена другими расчетными схемами.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Барина А.В., Веремеев Д.В. Сравнительный анализ осадки фундамента по результатам расчетов аналитическим методом и методом конечных элементов // *Современные технологии в строительстве. Теория и практика*. 2022. Т. 1. С. 188–194. EDN: QDQNKА.
2. Филиппов А.Н. Численное моделирование и расчет осадки здания в Лира-САПР и Midas GTS NX // *Проблемы науки*. 2021. № 9. С. 22–29. <https://doi.org/10.24411/2413-2101-2021-10901>. EDN: WKEIFV.
3. Горлов А.А., Фоменко И.К. Стохастический расчет осадки основания фундамента с использованием метода случайных конечных элементов (RFEM) // *Инженерные изыскания в строительстве. Шестая общероссийская науч.-практ. конф. молодых специалистов «Инженерные изыскания в строительстве»* (г. Москва, 25 апреля 2024 г.). М., 2024. С. 150–156. EDN: NXONBU.
4. Баранова А.А., Заборик А.С. Сравнительный анализ расчета осадки основания свайного фундамента по СНиП и СП // *Современные технологии и научно-технический прогресс*. 2024. № 11. С. 188–189. EDN: KHENSC.
5. Мельников В.А., Алексеев Н.С., Ионов К.И. Сравнительный анализ методик расчета осадки свайных фундаментов // *Современные научные исследования и инновации*. 2015. № 9-1. С. 37–45. EDN: ULQMFZ.
6. Лушников В.В. Оценка двух нормативных методов расчета осадок фундаментов // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Строительство и архитектура*. 2016. Т. 7. № 4. С. 15–30. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.4.02>. EDN: XHOMRL.
7. Дыба В.П., Галашев Ю.В., Осипова О.Н. Уточнение методов расчета осадок фундаментов по данным лотковых и натурных экспериментов // *Основания, фундаменты и механика грунтов*. 2011. № 3. С. 23–26. EDN: SAHMKR.
8. Дубинин Д.П. Расчет осадки фундамента конструкции по оптимизированному методу послойного суммирования // *Перспективы науки*. 2021. № 5. С. 82–86. EDN: MXKZNR.
9. Конюшков В.В. Анализ методов аналитических расчетов осадок фундаментов во времени // *Вестник гражданских инженеров*. 2020. № 4. С. 106–114. <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-4-106-114>. EDN: OMNHBO.
10. Денисенко А.П., Новожилова Д.И., Нуждин Л.В. Расчет осадок фундаментов в программном комплексе SCAD OFFICE // *Интеллектуальный потенциал Сибири. 26-я региональная научная студенческая конференция «Интеллектуальный потенциал Сибири»* (г. Новосибирск, 22–24 мая 2018 г.). Новосибирск, 2018. С. 165–167. EDN: GFMBBD.
11. Лукьянов А.И., Тюфанов В.А. Выбор модели грунтового основания, реализованных в ПК SCAD Office // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2021. № 1. С. 29–37. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-1-29-37>. EDN: EODSEE.
12. Дедоша А.О., Катин Л.В. Автоматизация процесса проектирования фундаментов на естественном основании // *Бурение и нефть*. 2020. № 10. С. 1–41. EDN: WFQWWD.
13. Kostarev S.N., Sereda T.G., Kochetova O.V., Sidorova K.A. Technological and Constructor Solutions for The Design of Silage Trenches Using CAD // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 421. Iss. 4. P. 1–7. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/421/4/042010>.
14. Костарев С.Н., Мурынов А.И. Автоматизированное проектирование, управление и системный анализ природно-технических объектов утилизации отходов // *САПР и графика*. 2010. № 3. С. 78–80. EDN: RZEUXF.
15. Костарев С.Н., Середа Т.Г. Анализ технического состояния здания на примере цеха подготовки кормов // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2024. Т. 14. № 2. С. 311–325. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-311-325>. EDN: UZYS DP.

### REFERENCES

1. Barinova A.V., Veremeev D.V. Comparative Analysis of the Foundation Settlement According to The Results of Calculations by The Analytical Method and The Finite Element Method. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 2022; 1: 188-194. (In Russ.). EDN: QDQNKА.

2. Filippov A.N. Numerical Modeling and Calculation of Building Settlement in Lira-CAD and Midas GTS NX. *Problems of Science*. 2021;9:22-29. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/2413-2101-2021-10901>. EDN: WKEIFV.
3. Gorlov A.A., Fomenko I.K. Stochastic Calculation of the Yield of the Foundation Base Using the Random Finite Element Method (RFEM). In: *Inzhenernye izyskaniya v stroitel'stve. Shestaya obshcherossiiskaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh spetsialistov «Inzhenernye izyskaniya v stroitel'stve» = Engineering Surveys in Construction. The Sixth All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Specialists "Engineering Surveys in Construction"*. 25 April 2024, Moscow. Moscow; 2024. p. 150–156. (In Russ.). EDN: NXONBU.
4. Baranova A.A., Zaborik A.S. Comparative Analysis of the Calculation of the Sediment of the Pile Foundation Base According to SNP and SP. *Modern Technologies and Scientific and Technological Progress*. 2024;11:188-189. (In Russ.). EDN: KHENSC.
5. Melnikov V.A., Alekseev N.S., Ionov K.I. A Comparative Analysis of Methodologies for Calculating Precipitation Pile Foundations. *Modern Scientific Researches and Innovations*. 2015;9-1:37-45. (In Russ.). EDN: ULQMFZ.
6. Lushnikov V.V. Evaluation of Two Normative Methods of Calculation Deformations of Foundations. *PNRPU Bulletin. Construction and Architecture*. 2016; 7(4): 15-30. (In Russ.). <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2016.4.02>. EDN: XHOMRL.
7. Duba V.P., Galashev Y.V., Osipova O.N. More Precisely Defined Methods of Foundation-Settlement Calculation Based On Tray and In-Situ Experiments. *Soil Mechanics and Foundation Engineering*. 2011;3:23-26. (In Russ.). EDN: SAHMKR.
8. Dubinin D.P. Calculation of The Settlement of the Foundation of the Structure Using the Method of Optimized Layer-By-Layer Summation. *Science Prospects*. 2021; 5: 82-86. (In Russ.). EDN: MXKZNR.
9. Konyushkov V.V. Analysis of Methods of Analytical Calculations of Foundation Settlements in Time. *Bulletin of Civil Engineers*. 2020;4:106-114. (In Russ.). <https://doi.org/10.23968/1999-5571-2020-17-4-106-114>. EDN: OMNHBO.
10. Denisenko A.P., Novozhilova D.I., Nuzhdin L.V. Calculation of Foundation Settlements in The SCAD OFFICE Software Package. In: *Intellektual'nyi potentsial Sibiri. 26-ya regional'naya nauchnaya studentcheskaya konferentsiya «Intellektual'nyi potentsial Sibiri» = Intellectual Potential of Siberia. 26<sup>th</sup> Regional Scientific Student Conference "Intellectual Potential of Siberia"*. 22–24 May 2018, Novosibirsk. Novosibirsk; 2018. p. 165–167. (In Russ.). EDN: GFMBBD.
11. Lukyanov A.I., Tyufanov V.A. Selection of The Ground Base Model Implemented in The SCAD Office. *Bulletin of Belgorod State Technological University Named After V.G. Shukhov*. 2021;1:29-37. (In Russ.). <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2021-6-1-29-37>. EDN: EODSEE.
12. Dedosha A.O., Katin L.V. Design Process Automation of the Shallow Foundations. *Burenie i nef'*. 2020;10:1-41. (In Russ.). EDN: WFQWWD.
13. Kostarev S.N., Sereda T.G., Kochetova O.V., Sidorova K.A. Technological and Constructor Solutions for The Design of Silage Trenches Using CAD. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020;421(4):1-7. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/421/4/042010>.
14. Kostarev S.N., Murynov A.I. Automated Design, Management and System Analysis of Natural and Technical Waste Disposal Facilities. *SAPR i grafika*. 2010;3:78-80. (In Russ.). EDN: RZEUXF.
15. Kostarev S.N., Sereda T.G. Analysis of The Technical Condition of Building Structures On the Example of a Feed Preparation Workshop. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2024;14(2):311-325. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2024-2-311-325>. EDN: UZYSDP.

#### Информация об авторах

**Середа Татьяна Геннадьевна,**  
д.т.н., доцент, профессор кафедры  
строительных технологий,  
Пермский государственный  
аграрно-технологический университет  
им. академика Д.Н. Прянишникова,  
614099, г. Пермь, ул. Петропавловская, 23,  
Россия,  
e-mail: iums@dom.raid.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7682-9013>  
Author ID: 434093

#### Information about the authors

**Tatyana G. Sereda,**  
Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor,  
Professor of the Department of Construction  
Production,  
Perm State Agro-Technological University  
named after Academician D.N. Pryanishnikov,  
23 Petropavlovskaja St., Perm 614990,  
Russia,  
e-mail: iums@dom.raid.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-7682-9013>  
Author ID: 434093

**Костарев Сергей Николаевич,**

д.т.н., доцент,  
профессор кафедры зоотехнии,  
Пермский институт ФСИН России,  
614012, г. Пермь, ул. Карпинского, 125, Россия,  
профессор кафедры информационных  
технологий и автоматизированных систем,  
Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет,  
614099, г. Пермь, ул. Комсомольский пр., 29,  
Россия,  
✉e-mail: iums@dom.raid.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-7037>  
Author ID: 353194

**Sergey N. Kostarev,**

Dr. Sci. (Eng.), Associate Professor,  
Professor of the Department of Animal Science,  
Perm Institute of the Federal Penitentiary Service  
of Russia,  
125 Karpinskogo St., Perm 614012, Russia,  
Professor of the Department Information  
Technologies and Automated Systems,  
Perm National Research Polytechnic University,  
29 Komsomolsky Ave. St., Perm 614099,  
Russia,  
✉e-mail: iums@dom.raid.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3097-7037>  
Author ID: 353194

**Критерии авторства**

Все авторы сделали эквивалентный вклад  
в подготовку публикации.

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта  
интересов.

Все авторы прочитали и одобрили  
окончательный вариант рукописи

**Информация о статье**

Статья поступила в редакцию 03.02.2025.  
Одобрена после рецензирования 18.02.2025.  
Принята к публикации 20.02.2025.

**Contribution of the authors**

The authors contributed equally to this article.

**Conflict of interests**

The authors declare no conflict of interests  
regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved  
by all the co-authors.

**Information about the article**

The article was submitted 03.02.2025.  
Approved after reviewing 18.02.2025.  
Accepted for publication 20.02.2025.