

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал
№ 12 (115)/2023 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

2. Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

3. Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

4. Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

5. Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

Бушков С.В., Родионова И.Н.

О ПОСТАНОВКЕ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ СО СМЕЩЕНИЕМ
И ИНТЕГРАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ ДЛЯ УРАВНЕНИЯ
ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА,
ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ НА КООРДИНАТНЫХ
ПЛОСКОСТЯХ.....3

Куликова Н.А., Носова Д.С.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ
РАСЧЕТА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ8

Яковлева Н.Б., Яковлев Б.А.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ БАЛАНСА МЯЧА
ДЛЯ ГОЛЬФА НА ДАЛЬНОСТЬ ЕГО ПОЛЕТА.....15

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

Новиков М.Д.

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМАТИРОВАНИЯ
ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ18

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Очосов О.Ю., Матвеев А.И.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕГРЕГАЦИИ
МИНЕРАЛОВ В ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИБРАЦИОННОМ
КОНЦЕНТРАТОРЕ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ
СПОСОБА ВИБРАЦИОННОГО РАЗРЫХЛЕНИЯ
ПОСТЕЛИ21

Тешаев Э.А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ
ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ КАРКАСНЫХ
ЗДАНИЙ27

МАТЕМАТИКА И МЕХАНИКА

УДК 517.955

**О ПОСТАНОВКЕ КРАЕВЫХ ЗАДАЧ СО СМЕЩЕНИЕМ И ИНТЕГРАЛЬНЫМИ УСЛОВИЯМИ
ДЛЯ УРАВНЕНИЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО ТИПА ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА,
ВЫРОЖДАЮЩЕГОСЯ НА КООРДИНАТНЫХ ПЛОСКОСТЯХ****Бушков С.В.***Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева,
443086, г. Самара, Московское шоссе, 34***Родионова И.Н.***г. Самара***ON THE FORMULATION OF BOUNDARY VALUE PROBLEMS WITH DISPLACEMENT AND
INTEGRAL CONDITIONS FOR A THIRD-ORDER HYPERBOLIC EQUATION DEGENERATING
ON COORDINATE PLANES****S.V. Bushkov***Samara National Research University,
34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russia***I.N. Rodionova***Samara*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1932

АННОТАЦИЯ

В области, представляющей бесконечный параллелепипед, рассматривается полное уравнение гиперболического типа третьего порядка с сингулярными коэффициентами. Решены две задачи, в условиях которых задаётся определённый интеграл искомого решения по одной из переменных. В первой задаче найдено непрерывное внутри области решение уравнения с условиями смещения и одним интегральным. Вторая задача решена с двумя интегральными условиями и условиями разрыва первого рода относительно искомого решения и его нормальной производной на внутренней плоскости параллелепипеда.

ABSTRACT

In the domain representing an infinite parallelepiped, a complete equation of the hyperbolic type of the third order with singular coefficients is considered. Two problems have been solved, in which a certain integral of the desired solution is set for one of the variables. In the first problem, a continuous solution of the equation with displacement conditions and one integral is found inside the domain. The second problem is solved with two integral conditions and discontinuity conditions of the first kind with respect to the desired solution and its normal derivative on the inner plane of the parallelepiped.

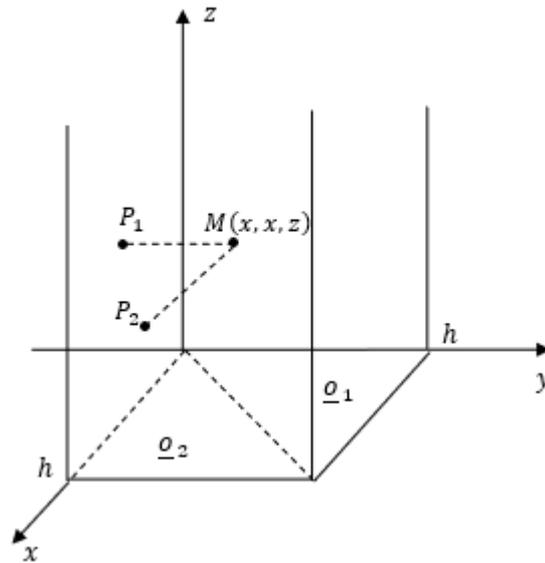
Ключевые слова: краевая задача, гиперболическое уравнение, Эйлера-Дарбу, Коши.**Keywords:** boundary value problem, hyperbolic equation, Euler-Darboux, Cauchy.

Уравнение

$$U_{xyz} + \frac{\gamma}{z}U_{xy} + \frac{\beta}{y}U_{xz} + \frac{\alpha}{x}U_{yz} + \frac{\beta\gamma}{yz}U_x + \frac{\alpha\gamma}{xz}U_y + \frac{\alpha\beta}{xy}U_z + \frac{\alpha\beta\gamma}{xyz}U = 0, \quad (1)$$

$0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$, рассматривается в области Ω , представляющей собой бесконечный параллелепипед, ограниченный плоскостями $z = 0, x = 0, y = 0, x = h, y = h, (0 \leq z < \infty), h > 0$.
Постановка задачи I.

Из точки $M(x, x, z)$ плоскости $y = x$ опускаем перпендикуляры на грани параллелепипеда $y = 0, x = h$.
Основание перпендикуляров - $P_1(x, 0, z)$ и $P_2(h, x, z)$.



Задача I. Найти решение уравнения (1), непрерывное в \underline{Q} , удовлетворяющее условиям:

$$[y^\beta U(x, y, z)]_{P_1} + \delta(x, z)U(P_2) = \omega(x, z); \tag{2}$$

$$(x, z) \in D_1 = \{(x, z) | 0 < x < h, 0 < z < +\infty\}$$

$$\int_a^h U(t, y, z) dt = g(y, z), (y, z) \in D_2 = \{(y, z) | 0 < y < h, 0 < z < +\infty\}; \tag{3}$$

$$[z^\gamma U(x, y, z)]_{z=0} = f(x, y), (x, y) \in D_3 = \{(x, y) | 0 < x < h, 0 < y < h\}; \tag{4}$$

Функции f, δ, g, ω имеют непрерывные смешанные частные производные второго порядка в обеих областях определения. Выполняются равенства:

$$\delta(h, z) = \omega(h, z) = 0; \tag{5}$$

$$f(h, y) = 0, \int_a^h f(t, y) dt = 0; \tag{6}$$

$$\int_a^h \left[\omega(t, z) - \frac{\delta(t, z)g(t, z)}{R \cdot t^\alpha} \right] dt = 0, \tag{7}$$

где $R = \int_a^h t^{-\alpha} dt$

Для решения задачи I воспользуемся результатами работы [1], из которых следует, что функция

$$U(x, y, z) = f_1(x, y)z^{-\gamma} + y^{-\beta}C_2(x, z) + x^{-\alpha}C_3(y, z) \tag{8}$$

является решением уравнения (1), удовлетворяющего условию (4).

Неизвестные функции C_2 и C_3 найдём, подчинив условиям (2), (3), с учётом равенств (5), (7):

$$C_2(x, z) + \delta(x, z)C_3(x, z)x^{-\alpha} = \omega(x, z), \quad (9)$$

$$\int_a^h C_2(t, z) dt y^{-\beta} + C_3(y, z)R = g(y, z). \quad (10)$$

Решение задачи I получаем, подставив найденные C_2, C_3 в формулу (8):

$$U(x, y, z) = z^{-\gamma} f(x, y) + y^{-\beta} \left[\omega(x, z) - \frac{\delta(x, z)g(x, z)}{R \cdot x^\alpha} \right] + \frac{g(y, z)}{R \cdot x^\alpha}.$$

Единственность решения доказывается методом от противного, существование – проверкой.

При ограничениях, налагаемых на коэффициенты уравнения (1) и данные задачи, решение её непрерывно в области \underline{Q} , а на координатных плоскостях, являющихся частью границы множества H , обращается в бесконечность порядка меньше единицы.

Для постановки задачи II внутри области \underline{Q} проведём плоскость $x = y$, которая разделит \underline{Q} на две подобласти $\underline{Q}_1(x > y)$ и $\underline{Q}_2(x < y)$. В задаче II рассмотрим случай, когда искомое решение и его нормальная производная имеют разрыв первого рода на плоскости $y = x$.

Задача II. На множестве $\underline{Q}_1 \cup \underline{Q}_2$ найти решение уравнения (1) с данными:

$$[z^\gamma U(x, y, z)]_{z=0} = \begin{cases} f_1(x, y), (x, y) \in D_0 = \{0 < y < x < h\}, \\ f_2(x, y), (x, y) \in D_0^* = \{0 < x < y < h\}; \end{cases} \quad (11)$$

$$\int_a^h U(t, y, z) dt = \Psi_1(y, z), (y, z) \in D_2; \quad (12)$$

$(0 < a < h)$

$$\int_a^h U(x, t, z) dt = \Psi_2(x, z), (x, z) \in D_1; \quad (13)$$

и сопряжением на плоскости $x = y$:

$$\lim_{y \rightarrow x-0} y^\beta U(x, y, z) = \lim_{y \rightarrow x+0} x^\alpha U(x, y, z), \quad (14)$$

$$\lim_{y \rightarrow x-0} y^\beta (U_x - U_y) = \lim_{y \rightarrow x+0} x^\alpha (U_x - U_y).$$

Предполагается выполнение условий:

1°. f_1, f_2, Ψ_1, Ψ_2 имеют непрерывные смешанные частные производные второго порядка в своих областях определения;

2° выполняются равенства:

$$f_i(x, x) = \frac{\partial f_i(x, x)}{\partial x} = \frac{\partial f_i(x, x)}{\partial y} = 0, \int_a^h f_1(t, y) dt = \int_a^h f_2(x, t) dt = 0; \quad (A)$$

$$\int_a^h \left[\frac{\Psi_1(t, z)t^{\beta-\alpha}}{K_1} - \frac{\Psi_2(t, z)t^{\alpha-\beta}}{K_2} \right] dt = 0, \quad (B)$$

$$K_1 = \int_a^h x^{-\alpha} dx, K_2 = \int_a^h x^{-\beta} dx$$

Для решения задачи II в областях \underline{Q}_1 и \underline{Q}_2 рассмотрим вспомогательные задачи, являющиеся частным случаем задачи I.

Функция $U(x, y, z) = \frac{\Psi_1(y, z)}{x^{\alpha K_1}} + \varphi_1(x, z)y^{-\beta} + z^{-\gamma}f_1(x, y)$ (15) является решением уравнения (1) в области \underline{Q}_1 с данными $[y^\beta u(x, y, z)]_{y=0} = \varphi_1(x, z)$,

$[z^\gamma U(x, y, z)]_{z=0} = f_1(x, y)$ и условием (12).

При этом предполагается выполнение равенства

$$\int_a^h \varphi_1(t, z) dt = 0. \quad (16)$$

В области \underline{Q}_2 функция

$$U(x, y, z) = z^{-\gamma}f_2(x, y) + \frac{\Psi_2(x, z)}{K_2 y^\beta} + x^{-\alpha}\varphi_2(y, z) \quad (17)$$

определяет решение уравнения (1) с условиями (13),

$[U(x, y, z)x^\alpha]_{x=0} = \varphi_2(y, z)$,

$$[z^\gamma U(x, y, z)]_{z=0} = f_2(x, y), \text{ при этом } \int_a^h \varphi_2(t, z) dt = 0. \quad (18)$$

Подчиняя функции (15) и (17) условиям сопряжения (14), найдем неизвестные функции φ_1 и φ_2 , удовлетворяющие условиям (16), (18) соответственно.

Относительно φ_1 и φ_2 получаем систему уравнений

$$\varphi_1(x, z) = \varphi_2(x, z) + \frac{1}{K_2} \cdot \Psi_2(x, z)x^{\alpha-\beta} - \frac{1}{K_1} \Psi_1(x, z)x^{\beta-\alpha}, \quad (19)$$

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \frac{\beta}{x} \varphi_1 - \frac{x^{\beta-\alpha}}{K_1} \left[\frac{\partial \Psi_1}{\partial x} + \frac{\alpha}{x} \Psi_1 \right] = - \left[\frac{\partial \varphi_2}{\partial x} + \frac{\alpha}{x} \varphi_2 \right] + \frac{x^{\alpha-\beta}}{K_2} \left[\frac{\partial \Psi_2}{\partial x} + \frac{\beta}{x} \Psi_2 \right],$$

которая сводится к решению обыкновенного дифференциального уравнения с параметром z

$$\frac{\partial \varphi_1}{\partial x} + \frac{\alpha + \beta}{2x} \varphi_1(x, z) = \Phi(x, z, \Psi_1, \Psi_2) \quad (21)$$

и условиям (16). Применяя традиционные рассуждения, получаем

$$\varphi_1(x, z) = x^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \int_0^x \Phi(t, z) t^{\frac{\alpha+\beta}{2}} dt -$$

$$- x^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \int_a^h s^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} ds \cdot$$

$$\cdot \int_0^s t^{\frac{\alpha+\beta}{2}} \cdot \Phi(t, z) dt \cdot \left[\int_{-\alpha}^h s^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} ds \right]^{-1}.$$

Функцию φ_1 находим из равенства (19). Результаты подставляем в формулы (15), (17). После ряда преобразований, вводя обозначение

$$F(x, z) = \frac{\beta - \alpha}{2} x^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \int_0^x \left[\Psi_1(t, z) t^{\frac{3\beta-\alpha-2}{2}} + \Psi_2(t, z) - t^{\frac{3\alpha-\beta-2}{2}} \right] dt,$$

получаем решение задачи II. Имеем в области \underline{Q}_1 :

$$U_{(x,y,z)} = \frac{\Psi_1(y, z)}{x^\alpha K_1} + z^{-\gamma} f_1(x, y) +$$

$$+ \frac{x^{\alpha-\beta} \Psi_2(x, z)}{y^\beta K_2} + \frac{F(x, y)}{y^\beta} - x^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \cdot$$

$$\cdot y^{-\beta} \int_a^h \left[\frac{x^{\alpha-\beta}}{K_2} \Psi_2 + F(x, z) \right] dx \cdot$$

$$\cdot \left[\int_a^h t^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} dt \right]^{-1},$$

в области \underline{Q}_2 :

$$U_{(x,y,z)} = z^{-\gamma} f_2(x, y) + \frac{\Psi_2(x, z)}{y^\beta K_2} +$$

$$\frac{1}{K_1} \Psi_1(y, z) x^{-\alpha} y^{\beta-\alpha} + \frac{F(y, z)}{y^\beta} - x^{-\alpha} \cdot$$

$$\cdot y^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} \int_a^h \left[\frac{x^{\alpha-\beta}}{K_2} \Psi_2 + F(x, z) \right] dx \cdot$$

$$\cdot \left[\int_a^h t^{-\left(\frac{\alpha+\beta}{2}\right)} dt \right]^{-1}.$$

Единственность решения задачи II следует из единственности решения вспомогательных задач и единственности решения задачи Коши для неоднородного уравнения Бернулли при каждом фиксированном $z \in (0, +\infty)$. Существование установлено проверкой.

Список литературы:

1. И.Н. Родионова. Задача с интегральным условием для одного пространственного уравнения гиперболического типа, вырождающегося на координатных плоскостях. Вест. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2011, №2(23), с. 189-193.

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ДЛЯ РАСЧЕТА
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Куликова Наталья Анатольевна**кандидат физико-математических наук, доцент
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244**Носова Дарья Сергеевна**Студентка факультета промышленного и гражданского строительства
Академия строительства и архитектуры
Самарский государственный технический университет
443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244***NUMERICAL METHODS AND THEIR APPLICATION FOR THE CALCULATION
OF BUILDING STRUCTURES***Kulikova Natalia Anatoliievna**candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244**Nosova Daria Sergeevna**student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering
Academy of Construction and Architecture
Samara State Technical University
443100, Russia, Samara, st. Molodogvardeyskaya, 244**DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1933***АННОТАЦИЯ**

Численные методы направлены на решение задач, которые возникают на практике: это и финансовая математика, и инженерные расчеты, связанные с нахождением оптимального решения той или иной задачи. В работе применение метода простых итераций рассмотрено на примере расчетов строительной механики, так как данное направление является одним из основополагающих в строительстве, отрасли, которая требует нахождения наиболее оптимальных, точных и быстрых решений.

ABSTRACT

Numerical methods are aimed at solving problems that arise in practice: these are both financial mathematics and engineering calculations related to finding the optimal solution to a particular problem. In this paper, the application of the method of simple iterations is considered on the example of calculations of structural mechanics, since this area is one of the fundamental in construction, an industry that requires finding the most optimal, accurate and fast solutions.

Ключевые слова: численные методы, метод половинного деления, метод хорд, метод простых итераций, строительная механика, расчет фундаментной балки в условиях плоской деформации.

Key words: numerical methods, the method of half division, the chord method, the method of simple iterations, structural mechanics, calculation of a foundation beam under plane deformation conditions.

Современному инженеру в своей практике почти ежедневно приходится решать задачи расчета технологического процесса и оборудования. Для успешного и эффективного решения подобных задач необходимо уметь применять численные методы решений уравнений и систем уравнений. В своей работе я рассмотрю некоторые из таких методов, как в теоретическом аспекте, так и в их практическом применении. Выбор метода решения задачи определяет быстроту выполнения и точность решения.

Численные методы направлены на решение задач, которые возникают на практике. Решение задачи численными методами сводятся к арифметическим и логическим действиям над числами, что требует применение вычислительной техники. Условия и решения задач чаще всего являются приближительными, т.е. имеют погрешности, причиной которых являются

несоответствие построенной математической модели реальному объекту, погрешность исходных данных, погрешность метода решения, погрешность округления и т.д.

Задачи, сводящиеся к решению отдельных уравнений и их систем, можно классифицировать по числу уравнений и по числу решений. Одно из уравнений называется линейным, алгебраическим, трансцендентным в зависимости от того, имеет оно одно решение, n решений или неопределенное число решений. Система уравнений может быть линейной и нелинейной в зависимости от природы входящих в нее уравнений.

В данной работе рассмотрены основные теоретические вопросы, связанные с нахождением корней алгебраических уравнений такими методами как, метод половинного деления, метод хорд, метод простых итераций [1], и показаны применения этих методов на различных примерах,

в том числе на примере расчета строительных конструкций.

П.1. Метод половинного деления или метод бисекции – один из простейших методов нахождения корней нелинейного уравнения.

Будем считать, что отрезок $[a, b]$, на котором расположен единственный искомый корень, уже найден. Пусть $x = c$ – это единственный корень на отрезке $[a, b]$, т.е. $c \in [a, b]$.

За начальное приближение принимаем середину этого отрезка $c^0 = \frac{a+b}{2}$.

Если $f\left(\frac{a+b}{2}\right) = 0$, то c^0 является корнем уравнения. Если $f\left(\frac{a+b}{2}\right) \neq 0$, то выбираем ту из

половин $\left[a, \frac{a+b}{2}\right]$ или $\left[\frac{a+b}{2}, b\right]$, на концах которой функция $f(x)$ имеет противоположные знаки. Новый суженный отрезок снова делим пополам и производим те же самые действия.

Решение уравнений методом половинного деления можно программировать в различных программах, приведем пример решения уравнения данным методом в программе Excel.

Пример 1.

Найти корень уравнения $\ln x - x^2 + 5 = 0$.

Для решения уравнения изначально определим отрезок, в котором лежит корень уравнения. Для этого воспользуемся графическим методом и построим график исходной функции в программе Excel (рис.1).

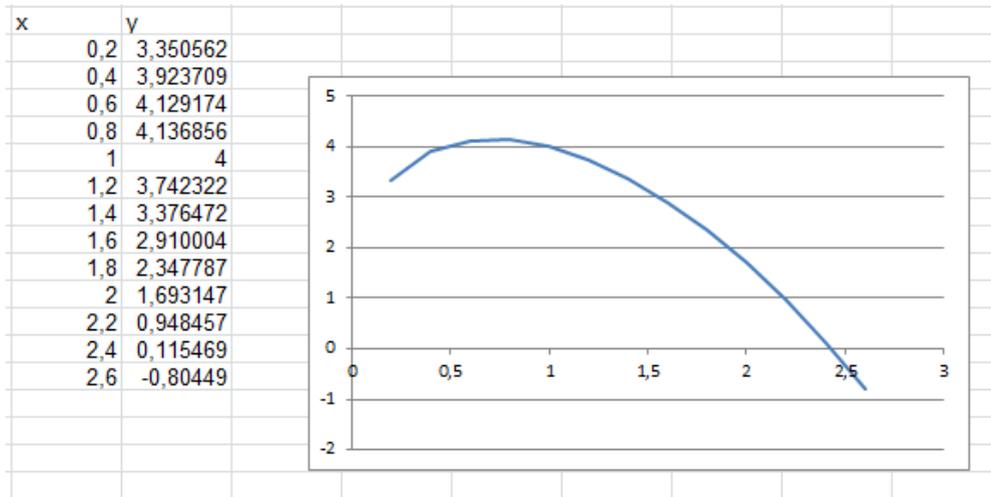


Рисунок 1. Графическое решение уравнения

Наглядно видно, что корень уравнения лежит в отрезке от 2 до 2,5. Тогда исходные данные:

1) отрезок, содержащий корень $[2; 2,5]$, из этого следует, что $a = 2, b = 2,5$, тогда $x_0 = a = 2; z_0 = b = 2,5; k = 0$, где k – число шагов операции, вычисляющийся по формуле $k > \log_2 \frac{|z_0 - x_0|}{\epsilon}$. Получаем, что $k = 8,96578428466209 \approx 9$,

2) $x^{k+1} = \frac{x^k + z^k}{2}$,

3) если $f(x^k) \cdot f(x^{k+1}) < 0$, то $z^{k+1} = x^k$, иначе $z^{k+1} = z^k$,

4) проверка на конец: если $z^{k+1} - x^{k+1} > \epsilon$, положить $k = k + 1$ и перейти к шагу 2; иначе процесс завершить, приняв $c = \frac{x^{k+1} + z^{k+1}}{2}$.

Проведя все вышеуказанные вычисления, получим таблицу (рис. 2):

Шагов k	8,96578428						
k	x^k	z^k	$f(x^k)$	$f(z^k)$	$z^k - x^k$	$\frac{x^k + z^k}{2}$	$f\left(\frac{x^k + z^k}{2}\right)$
0	2	2,5	1,69314718	-0,3337093	0,5	2,25	0,74843022
1	2,25	2,5	0,74843022	-0,3337093	0,25	2,375	0,22437244
2	2,375	2,5	0,22437244	-0,3337093	0,125	2,4375	-0,0504333
3	2,375	2,4375	0,22437244	-0,0504333	0,0625	2,40625	0,08803046
4	2,40625	2,4375	0,08803046	-0,0504333	0,03125	2,421875	0,01906352
5	2,421875	2,4375	0,01906352	-0,0504333	0,015625	2,4296875	-0,0156187
6	2,421875	2,4296875	0,01906352	-0,0156187	0,0078125	2,42578125	0,00173896
7	2,42578125	2,4296875	0,00173896	-0,0156187	0,00390625	2,42773438	-0,0069357
8	2,42578125	2,42773438	0,00173896	-0,0069357	0,00195313	2,42675781	-0,0025973
9	2,42578125	2,42675781	0,00173896	-0,0025973	0,00097656	2,42626953	-0,0004289
					0,001		

Рисунок 2. Конечный результат расчетов методом половинного деления

Получаем корень уравнения равный 2,42626953125.

Метод половинного деления находит свое применение в вопросах финансовой математики, на пример, вычисление доходности к погашению облигации.

П.2. В методе хорд процесс итераций состоит в том, что в качестве приближений к корню уравнения принимаются точки пересечения хорды AB с осью абсцисс. Этот метод можно считать аналогом метода бисекции, только отрезок делится не пополам, а в отношении $|f(a)|:|f(b)|$. Уравнение хорды, проходящей через концы первоначального отрезка, имеет вид

$$\frac{x-a}{b-a} = \frac{y-f(a)}{f(b)-f(a)} \cdot 2$$

Она пересекает ось абсцисс в точке $(x^1; 0)$. Поэтому

$$x^1 = a - \frac{f(a)}{f(b)-f(a)}(b-a) \cdot 3$$

Новую хорду следует проводить через точку $(x^1; f(x^1))$ и тот конец отрезка, знак функции в котором противоположен знаку $f(x^1)$. Этот конец всегда остается неподвижным. Неподвижным будет тот конец, в котором выполняется условие

$$f(x) \cdot f''(x) > 0 \quad (1)$$

Для случая, когда неподвижным является правый конец отрезка, приближения ищутся по формуле:

$$x^0 = a, \quad x^{k+1} = x^k - \frac{f(x^k)}{f(b)-f(x^k)}(b-x^k). \quad (5)$$

Для случая, когда неподвижным является левый конец отрезка:

$$x^0 = b, \quad x^{k+1} = a - \frac{f(a)}{f(x^k)-f(a)}(x^k-a). \quad (2)$$

Пример 2. Найдем решение уравнения $\ln x - x^2 + 5 = 0$ с точностью $\varepsilon = 10^{-3}$ методом хорд.

Из графического решения (рис. 1) можно увидеть, что корень уравнения лежит на отрезке $[2; 2,5]$. Определим, какой конец отрезка является неподвижным, для этого найдем вторую производную от исходной функции и значение функции в крайних точках отрезка.

$$f''(x) = -\frac{1}{x^2} - 2$$

$$f(2) = \ln 2 - 2^2 + 5 = 1,69314718055995$$

$$f''(2) = -\frac{1}{2^2} - 2 = -2,25$$

$$f(2,5) = \ln(2,5) - 2,5^2 + 5 = -0,33370928125845$$

$$f''(2,5) = -\frac{1}{2,5^2} - 2 = -2,16$$

Проверка условия (1) показывает, что неподвижен левый конец, $a = 2,5$. Воспользуемся формулой (2).

k	0	1	2	3
x^k	2	2,4176781	2,4260223	2,4261703
Δ_k	0,5	0,4176781	0,0083442	0,000148
$f(x^k)$	1,6931472	0,0376401	0,0006688	1,183E-05

Рисунок 3. Конечные вычисления методом хорд

Полученные вычисления представлены на рис.3. Получили такой же корень уравнения, как и при решении методом половинного деления.

П.3. Одним из наиболее эффективных способов численного решения уравнений является метод итераций. Сущность этого метода заключается в следующем. Пусть дано уравнение $f(x) = 0$. Заменим его равносильным уравнением $x = \phi(x)$. Выберем начальное приближение корня x_0 и подставим его в правую часть уравнения. Тогда получим некоторое число $x_1 = \phi(x_0)$. Подставляя теперь в правую часть вместо x_0 число x_1 , получим $x_2 = \phi(x_1)$. Повторяя этот процесс, будем иметь последовательность чисел $x_n = \phi(x_{n-1})$. Если эта последовательность сходящаяся, то есть существует предел $\xi = \lim_{n \rightarrow \infty} x_n$, то переходя к пределу в равенстве и предполагая функцию $\phi(x)$ непрерывной, найдем $\lim(x_n) = \phi(\lim(x_{n-1}))$ при $n \rightarrow \infty$ или $\xi = \phi(\xi)$.

Таким образом, предел ξ является корнем уравнения и может быть вычислен по формуле с любой степенью точности.

Пример 3. Найдем корни уравнения $e^x - 10x = 0$ со степенью точности $\varepsilon = 0,001$.

Находим первую производную $f'(x) = e^x - 10$.

Представим уравнение в форме: $x = x - \delta(e^x - 10x)$.

Графически можно предположить, что корень уравнения будет принадлежать отрезку $[0; 1]$.

Найдем максимальное значение производной от функции $f(x) = e^x - 10x$ на отрезке $[0; 1]$: $M = \max(e^x - 10) \approx -7,2817$.

$$\text{Значение } \delta = \frac{1}{M} = \frac{1}{-7,2817} = -0,1373.$$

Таким образом, решаем следующее уравнение:

$$x + 0,1373(e^x - 10x) = 0,$$

$$f(0) = 1; \quad f(1) = -7,282.$$

Поскольку $f(0) \cdot f(1) < 0$ (т.е. значения функции на его концах имеют противоположные знаки), то корень лежит в пределах $[0; 1]$.

Остальные расчеты сведем в таблицу.

N	x	f(x)
1	0	1
2	0,1373	-0,2258
3	0,1063	0,04921
4	0,1131	-0,01082
5	0,1116	0,00237

Ответ: $x = 0,11156541285178$; $f(x) = 0,00237$.

Метод простых итераций может быть применен как для решения линейных уравнений, так и для решения систем уравнений.

Система вида $A\bar{x} = \bar{b}$ может быть преобразована к эквивалентной ей системе $\bar{x} = (E - A)\bar{x} + \bar{b}$.

Обозначим через $B = (E - A)$, тогда $\bar{x} = B\bar{x} + \bar{b}$. Образует итерационный процесс $\bar{x}^{k+1} = B\bar{x}^k + \bar{b}$.

Пример 4. Решить систему уравнений методом простых итераций с точностью $\varepsilon = 0,01$

$$\begin{cases} 2,998x_1 + 0,209x_2 + 0,315x_3 + 0,281x_4 = 0,108 \\ 0,163x_1 + 3,237x_2 + 0,226x_3 + 0,307x_4 = 0,426 \\ 0,416x_1 + 0,175x_2 + 3,239x_3 + 0,159x_4 = 0,310 \\ 0,287x_1 + 0,196x_2 + 0,325x_3 + 4,062x_4 = 0,084 \end{cases}$$

Для решения системы применим следующий алгоритм.

1) Преобразуем систему к виду, необходимому для применения метода простой итерации. Для этого обе части первого уравнения разделим на 2,998, второго – 3,237, третьего – на 3,239, четвертого – на 4,062, и система примет вид (рис.4).

x1	x2	x3	x4	B
1,0000	0,0697	0,1051	0,0937	0,0360
0,0504	1,0000	0,0698	0,0948	0,1316
0,1284	0,0540	1,0000	0,0491	0,0957
0,0707	0,0483	0,0800	1,0000	0,0207

Рисунок 4. Преобразованная система для метода простых итераций

2) Неизвестные, стоящие на главной диагонали, оставим слева, остальные члены уравнений перенесем вправо. Обозначим:

Матрица C	0,0360	Матрица B	0,0000	-0,0697	-0,1051	-0,0937
	0,1316		-0,0504	0,0000	-0,0698	-0,0948
	0,0957		-0,1284	-0,0540	0,0000	-0,0491
	0,0207		-0,0707	-0,0483	-0,0800	0,0000

Рисунок 5. Промежуточные вычисления методом простых итераций

3) Вычислим норму B , чтобы обосновать возможность решения системы методом итерации $6. \|B\| =$

$\max\{0,2685; 0,2150; 0,2316; 0,1989\} 0,2685 < 1$, следовательно, условия теоремы о сходимости метода простых итераций выполнены, и систему данным методом решать можно.

4) Выбрав в качестве начального приближения $\bar{x}^0 = \bar{0}$, найдем k_0 – необходимое число итерационных шагов для решения системы методом простой итерации с точностью 0,01.

Так как по условию задачи нулевое приближение $\bar{x}^0 = \bar{0}$, то $\bar{x}^1 = B\bar{x}^0 + c$, $\|\bar{x}^1 - \bar{x}^0\| = \|c\| = 0,0360$.

Решим неравенство $\frac{\|B\|^k}{1 - \|B\|} \cdot \|\bar{x}^1 - \bar{x}^0\| < \varepsilon$.

$$\frac{(0,2685)^k}{1 - 0,2685} \cdot 0,036 < 0,01$$

$$k > \frac{\ln(0,01 \cdot (1 - 0,2685) : 0,036)}{\ln(0,2685)} = 2,197866,$$

полагаем $k = 3$.

5) Сделаем 3 шага и получим:

Итерации					
X1	0,0360	X2	0,0149	X3	0,0185
	0,1316		0,1211		0,1247
	0,0957		0,0830		0,0871
	0,0207		0,0041		0,0071

Рисунок 6. Конечное решение системы методом простых итераций

7. Столбик X3 выбираем в качестве приближенного решения исходной системы.

П.5. При выполнении расчета строительных конструкций данные методы играют большую роль, так как помогают быстро, в короткие сроки найти наиболее подходящее, а главное точное решение. Расчет фундаментных балок на линейно-

деформируемом подпространстве методами строительной механики приводит к необходимости решения систем линейных алгебраических уравнений вида (3), которые наиболее быстро решаются численными методами [2]:

$$\left. \begin{aligned} X_1\delta_{11} + X_2\delta_{12} + X_3\delta_{13} + X_4\delta_{14} + X_5\delta_{15} + X_6\delta_{16} + y_0 + \alpha_1\phi_0 + \Delta_{1p} &= 0 \\ X_1\delta_{21} + X_2\delta_{22} + X_3\delta_{23} + X_4\delta_{24} + X_5\delta_{25} + X_6\delta_{26} + y_0 + \alpha_2\phi_0 + \Delta_{2p} &= 0 \\ X_1\delta_{31} + X_2\delta_{32} + X_3\delta_{33} + X_4\delta_{34} + X_5\delta_{35} + X_6\delta_{36} + y_0 + \alpha_3\phi_0 + \Delta_{3p} &= 0 \\ \dots & \\ X_1\delta_{61} + X_2\delta_{62} + X_3\delta_{63} + X_4\delta_{64} + X_5\delta_{65} + X_6\delta_{66} + y_0 + \alpha_6\phi_0 + \Delta_{6p} &= 0 \end{aligned} \right\} (3)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_6 - \sum P = 0;$$

$$X_1\alpha_1 + X_2\alpha_2 + X_3\alpha_2 + \dots + X_6\alpha_6 - \sum M_p = 0.$$

Здесь $\delta_{n1}, \delta_{n2}, \dots$ – перемещения по направлению силы X_k от действия единичных сил, Δ_{np} – перемещение по направлению X_k от внешней нагрузки. При составлении двух последних уравнений положительные нагрузки приняты направленными вниз.

С повышением точности расчета строительных конструкций увеличивается количество уравнений, которые можно решить численными методами. Рассмотрим такой расчет на примере фундаментных балок (рис.7).

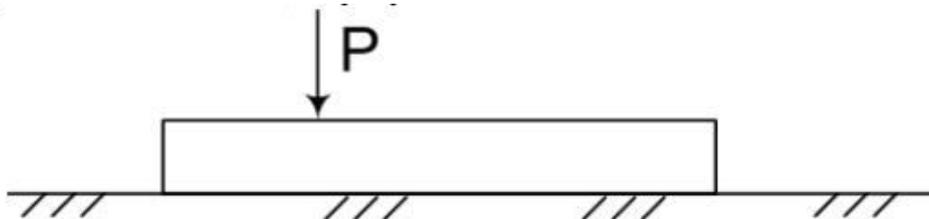


Рисунок 7. Фундаментная балка

Разделим балку на равные участки длиной s . Количество участков связано с точностью расчета конструкций. Распределение реактивных сил в

пределах каждого участка будем считать равномерным, а эпюра их будет ступенчатой (рис.8).

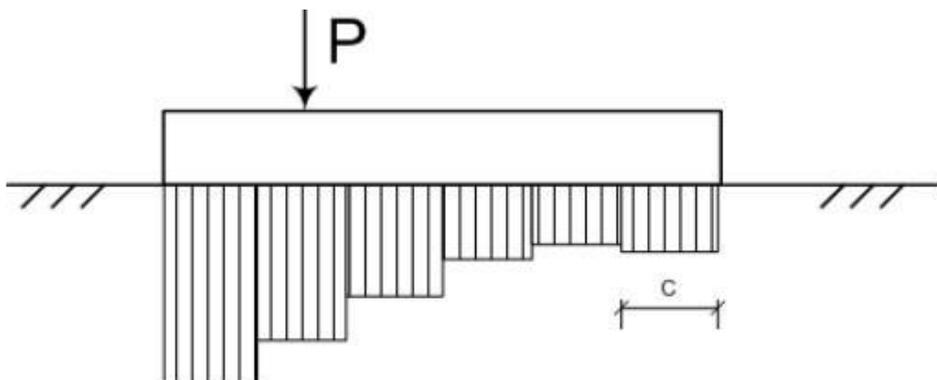


Рисунок 8. Деление балки на участки

Затем рассмотрим равнодействующую эпюры реактивного отпора, находящуюся в пределах участка длиной c , полагая что равнодействующая – это реакция, возникающая в вертикальном опорном стержне, поставленном в середине рассматриваемого участка. Таким образом, переходим к расчёту статически неопределённой балки. В соответствии с рекомендациями [3] для расчёта выберем смешанный способ. От способа сил следует отказаться в связи со сложностью вычисления коэффициентов.

За неизвестные приняты реакции $x_1 - x_6$ в перерезанных опорных стержнях, осадка y_0 и угол поворота ϕ_0 в заделке левого конца балки. Система канонических уравнений будет иметь вид (3).

Количество неизвестных в системе на два больше количества уравнений, и для того, чтобы сделать ее разрешимой, вводим два уравнения статики.

Перемещение δ_{ik} в какой-либо точке i от действия единичной силы приложенной в точке k

складывается из осадки оснований y_{ik} и прогиба балки f_{ik}

$$\delta_{ik} = y_{ik} + f_{ik}.$$

Для нахождения значения осадки оснований и прогиба балки разработаны специальные таблицы, упрощающие расчеты [3].

Пример 5. С помощью численных методов произвести расчет железобетонной балки на упругом основании [4]. Пусть есть железобетонная балка длиной 4м, работающая в условиях плоской деформации (рис.9). Модуль упругости материала балки $E=2100\text{МПа}$, модуль деформации грунтов основания $E_0 = 20\text{Мпа}$. Коэффициенты Пуассона для балки и основания соответственно равны $\mu = 0,2$ и $\mu = 0,3$. Для расчета разобьем балку на 5 участков, каждый длиной $c = \frac{4}{5} = 0,8\text{м}$.

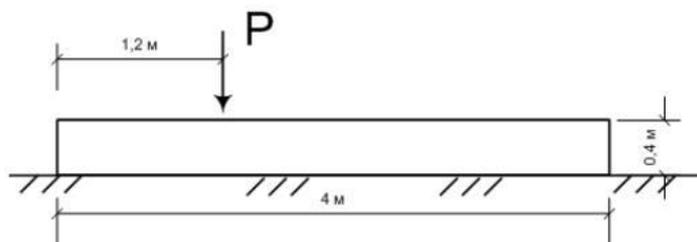


Рисунок 9. Исходный чертеж к условию практической задачи

Основную систему получим, перерезая опорные стержни и вводя заделку левого конца балки (рис.10).

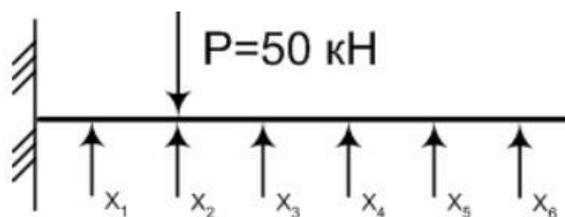


Рисунок 10. Распределение сил по опорным частям балки

Момент инерции сечения балки будет равен:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

$$J = \frac{1 \cdot 0,4^3}{12} = 0,00533\text{м}^4.$$

Цилиндрическая жесткость равна: $D = \frac{E \cdot J}{1 - \mu^2}$

$$D = \frac{2100 \cdot 0,00533}{1 - 0,2^2} = 116,594\text{МН} \cdot \text{м}^2.$$

Коэффициент α для случая плоской деформации будет равен:

$$\alpha = \frac{\pi E_0 c^3}{6D(1 - \mu_0^2)} = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 0,8^3}{6 \cdot 116,594(1 - 0,3^2)} = 0,050508.$$

Далее вычислим единичные перемещения.

$$\begin{aligned} \delta_{15} &= -6,154 + 0,050508 \cdot 14 = -5,446888 & \delta_{55} &= 0 + 0,050508 \cdot 250 = 12,627 \\ \delta_{22} &= 0 + 0,050508 \cdot 16 = 0,808128 & \Delta_{1p} &= -0,050508 \cdot 5 = -0,25254 \\ \delta_{23} &= -3,296 + 0,050508 \cdot 28 = -1,881776 & \Delta_{2p} &= -0,050508 \cdot 16 = -0,808128 \\ \delta_{24} &= -4,751 + 0,050508 \cdot 40 = -2,73068 & \Delta_{3p} &= -0,050508 \cdot 28 = -1,414224 \\ \delta_{25} &= -5,574 + 0,050508 \cdot 50 = -2,947584 & \Delta_{4p} &= -0,050508 \cdot 40 = -2,02032 \\ \delta_{33} &= 0 + 0,050508 \cdot 54 = 2,727432 & \Delta_{5p} &= -0,050508 \cdot 52 = -2,626416 \end{aligned}$$

Рисунок 11. Единичные перемещения балки

Составим таблицу коэффициентов системы канонических уравнений.

Таблица 1

Коэффициенты системы канонических уравнений.							
Номера уравнений	1	2	3	4	5	6	7
X ₁	0,101016	-3,04346	-4,346936	-5,018412	-5,446888	1	0,4
X ₂	-3,04346	0,808128	-1,881776	-2,73068	-2,947584	1	1,2
X ₃	-4,346936	-1,881776	2,727432	0,795148	0,703864	1	2,0
X ₄	-5,018412	-2,73068	0,795148	6,465024	5,629408	1	2,8
X ₅	-5,446888	-2,94758	0,703864	5,629408	12,627	1	3,6
Y ₀	1	1	1	1	1	0	0
φ ₀	0,4	1,2	2,0	2,8	3,6	0	0
Свободные члены	-0,25254	-0,808128	-1,414224	-2,02032	-2,626416	-50	60

Решим систему, состоящую из 7 уравнений, с использованием программы Excel методом итераций.

Уравнения 6 и 7 состоят из таких же коэффициентов, как и свободные члены во всех

остальных 5 уравнениях. Поэтому для решения возьмем только 5 уравнений.

В исходной системе коэффициентов поменяем столбцы 1 и 3 местами для того, чтобы можно было применить метод итераций:

X3	X2	X1	X4	X5		B
-4,3469	-3,0435	0,1010	-5,0184	-5,4469		-1,5725
-1,8818	0,8081	-3,0435	-2,7307	-2,9476		-3,7281
2,7274	-1,8818	-4,3469	0,7951	0,7039		-7,2142
0,7951	-2,7307	-5,0184	6,4650	5,6294		-11,9803
0,7039	-2,9476	-5,4469	5,6294	12,6270		-18,0264

Рисунок 12. Исходная система

Свободные коэффициенты сложим в одно число и запишем в столбец B (рис.12). Приведем систему к виду для метода итераций (рис.13).

X1	X2	X3	X4	X5		B
1,0000	0,7001	-0,0232	1,1545	1,2530		0,3618
-2,3286	1,0000	-3,7661	-3,3790	-3,6474		-4,6133
-0,6274	0,4329	1,0000	-0,1829	-0,1619		1,6596
0,1230	-0,4224	-0,7762	1,0000	0,8707		-1,8531
0,0557	-0,2334	-0,4314	0,4458	1,0000		-1,4276

Рисунок 13. Готовая система к методу итераций

Рассчитаем норму B и число шагов итераций (рис.14).

Норма B	13,12106	
Точность	0,0001	
Шагов к	2,213727	3

Рисунок 14. Промежуточные расчеты

Проделив 3 шага итераций, получаем приближенные корни уравнений:
 $X_1 = 24,8354$; $X_2 = 10,213$; $X_3 = 7,6578$; $X_4 = 5,0421$; $X_5 = 2,4012$.

Для определения интенсивности давления по подошве балки разделим найденные значения X на c :

$$P_1 = \frac{24,8354}{0,8} = 31,04425 \text{кПа};$$

$$P_2 = \frac{10,213}{0,8} = 12,76625 \text{кПа};$$

$$P_3 = \frac{7,6578}{0,8} = 9,57225 \text{кПа};$$

$$P_4 = \frac{5,0421}{0,8} = 6,302625 \text{кПа};$$

$$P_5 = \frac{2,4012}{0,8} = 3,0015 \text{кПа}.$$

Зная информацию о внешних нагрузках балки, можно в любом поперечном сечении найти внутренние усилия и подобрать армирование железобетонной балки в соответствии с нормами (СНиП 52-01-2003.Бетонные и железобетонные конструкции).

Итак, преимущества численных методов состоит в том, что, во-первых, их можно программировать в различных программах [5], начиная от Excel, Mathcad и заканчивая известнейшими языками программирования, такими как Python и т.д. Во-вторых, зная теоретическую часть данных методов, вычисления корней уравнений с помощью них становится мало затратным процессом, что весьма положительно сказывается при больших строительных или финансовых расчетах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Курамшина Р.П. Численные методы в строительстве и их реализация: Учебное пособие / Р.П. Курамшина. – Братск: ГОУВПО «Братский государственный университет», 2010. – 104 с.
2. Масленников А.М. Расчет строительных конструкций численными методами: Учеб. пособие. – Л.: изд-во Ленингр.ун-та, 1987. – 224 с.
3. Жемочкин Б.Н., Сеницын А.П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. – М.: Госстройиздат, 1962. – 240 с.
4. Численные методы анализа: методические указания / сост.: А.Н. Пахомов, Ю.В. Пахомова. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 32 с.
5. Бахвалов Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – М.: Наука, 1987.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛИЯНИЯ БАЛАНСА МЯЧА ДЛЯ ГОЛЬФА НА ДАЛЬНОСТЬ ЕГО ПОЛЕТА

*Яковлева Наталья Борисовна,
 кафедра теории и методик велосипедного спорта, триатлона и гольфа,
 старший преподаватель,
 Российский университет спорта
 «ГЦОЛИФК»;*

*Yakovlev Boris Alexandrovich,
 PhD, Associate Professor,
 Department of Theory and Methodology of Cycling,
 Triathlon and Golf.
 Russian University of Sports
 "GTSOLIFK"*

A METHOD FOR DETERMINING THE EFFECT OF THE BALANCE OF A GOLF BALL ON ITS FLIGHT RANGE

*Yakovleva Natalia Borisovna
 the teacher of Department of Theory and Methodology of Cycling, Triathlon and Golf,
 Senior Lecturer,
 Russian University of Sports "GTSOLIFK"*

*Yakovlev Boris Alexandrovich
 Candidate of Pedagogical Sciences,
 Associate Professor of the Department of Theory and Methodology of
 Individual Game and Intellectual Sports;
 Russian State University physical culture, sports, youth and tourism;*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1934

АННОТАЦИЯ

Цель работы: определить влияние баланса мяча на его дальность его полета. Для достижения цели определялся баланс мяча, рассчитывалась площадь лобового сопротивления вращающегося в полете мяча в зависимости от величины баланса и сокращение дальность полета мяча.

ANNOTATION

The purpose of the work is to determine the effect of the ball's balance on its flight range. To achieve the goal, the balance of the ball was determined, the drag area of the rotating ball in flight was calculated depending on the value of the balance and the flight range of the ball was reduced.

Ключевые слова: гольф, баланс мяча, димплы, площадь лобового сопротивления, ОЦМ, дальность полета мяча.

Keywords: golf, ball balance, dimples, drag area, ball flight range.

Введение

Мяч для гольфа является сложной конструкцией, т. к. имеет несколько слоев и повышенные требования к точности изготовления. Особенно большой проблемой может быть несовпадение геометрического центра мяча и общего центра масс (ОЦМ) мяча, т. е. нарушена балансировка. В полете мяч вращается вокруг ОЦМ. Угловая скорость вращения мяча в зависимости от используемой клюшки лежит в

пределах от 50 до 200 оборотов в секунду. Если ОЦМ и геометрический центр мяча совпадают, то площадь лобового сопротивления мяча будет равна его сечению относительно оси симметрии. Если ОЦМ мяча не будет совпадать с геометрическим центром, то тогда площадь лобового сопротивления будет больше, и, как следствие, увеличение аэродинамического сопротивления, уменьшающее дальность полета мяча (рис. 1) [1].

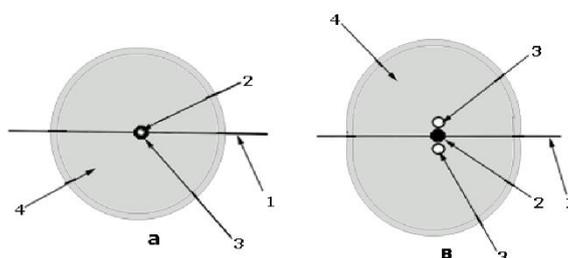


Рис. 1. Увеличение площади лобового сопротивления вращающегося мяча (обратное вращение) при несовпадении ОЦМ и геометрического центра мяча **В** по сравнению со сбалансированным мячом **а**. 1 – ось вращения, 2 – ОЦМ мяча, 3 – геометрический центра мяча, 4 – площадь аэродинамического сопротивления.

Качественное определение баланса предложил Дэйв Пэлз (Dave Pelz) [2]. На существовавшей некогда кафедре теории и методики гольфа РГУФКСМиТ эта методика была усовершенствована. Определение баланса упростилось, и стало возможным определить баланс мяча количественно.

Для определения баланса мяча готовится раствор поваренной соли высокой концентрации, так, чтобы площадь плавающего мяча над поверхностью воды составляла более одного квадратного сантиметра. Затем медленно поверх солевого раствора, избегая перемешивания,

наливается вода. Мяч располагается под водой, но плавает в растворе. Это устраняет влияние поверхностного натяжения. После остановки мяча он осторожно извлекается, и на его верхней точке делается отметка. Далее мяч опускается в раствор и раскручивается так, чтобы отмеченная точка вращалась в вертикальной плоскости. После остановки вращения мяча подсчитывается количество его полу колебаний. Количество полу колебаний условно принимается за баланс мяча. Если мяч после прекращения вращения совершает, например, шесть полу колебаний, то баланс мяча считается равным шести (рис. 2) [1].

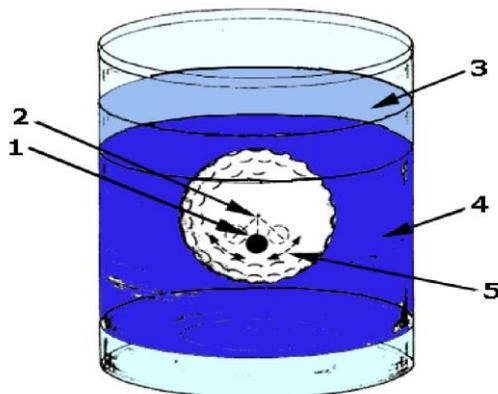


Рис. 2. Определение баланса мяча. 1 – ОЦМ мяча, 2 – геометрический центр мяча, 3 – вода, 4 – концентрированный раствор поваренной соли, 5 – колебания несбалансированного мяча.

Был отобран сбалансированный мяч (с балансом 0). Была измерена его масса с точностью до 0,00001 кг, которая составила 0,045413 кг, диаметр мяча и рассчитана его площадь лобового сопротивления равная 134,078 мм², определена площадь сечения относительно оси симметрии. Затем один из димполсов (углубление в поверхности мяча для гольфа) был заполнен пластичным веществом массой 0,0001кг. У мяча с добавленной массой был определен баланс. Далее рядом с заполненным добавочной массой димполсом заполнялся соседний и повторялась процедура определения баланса. Максимальный баланс мяча составил 15.

Зная диаметр мяча, его массу, добавленную массу и радиус на которой она расположена от центра, рассчитывалось расстояние, на которое сместился общий центр масс мяча для каждого значения баланса. Произведение расстояния смещения центра масс на диаметр мяча определял прирост площади лобового сопротивления вращающегося в полете мяча. Делалось допущение, что величина прироста площади прямо пропорционально приросту силы аэродинамического сопротивления и обратно пропорционально дистанции полета. В таблице представлены результаты расчётов потерь перемещения мяча при его полете на различные дистанции в зависимости от его баланса.

Таблица

Потери перемещения мяча при его полете на различные дистанции в зависимости от баланса

Баланс мяча	150 м	175 м	200 м	225 м	250 м	275 м
0	0	0	0	0	0	0
3	1	2	2	2	2	2
5	4	4	5	5	6	7
8	5	6	7	7	8	9
9	6	8	9	10	11	12
10	8	10	11	12	14	15
11	10	12	13	15	17	18
13	12	13	15	17	19	21
15	13	15	17	19	22	24

Заключение

Предложенный способ определения влияния баланса мяча для гольфа на дальность его полета наглядно показывает необходимость отбора мячей для соревнований и тренировок особенно спортсменам высокой квалификации. В настоящее время российские спортсмены игнорируют отбор мячей уповая на качество зарубежной продукции, хотя, по данным авторов, от 1 до 3% выпускаемых

мячей известных популярных производителей имеют баланс 10 и более.

Список литературы

- 1.Яковлев Б.А., Яковлева Н.Б. Инвентарь и аксессуары для гольфа. – М. Издательство «Перо», 2022, - 144 с. ил.
- 2.Dave Pelz's. Putting Bible. New York, 2008.

КОМПЬЮТЕРНЫЕ НАУКИ И ИНФОРМАТИКА

СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО ФОРМАТИРОВАНИЯ ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ ПАСКАЛЬ

Новиков Михаил Дмитриевич

*кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник
Московский государственный университет,
факультет вычислительной математики и кибернетики*

SYSTEM FOR AUTOMATIC FORMATTING OF PASCAL PROGRAMS.

Novikov Mikhail Dmitrievich

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1935

АННОТАЦИЯ

В статье описывается система, позволяющая автоматически разбивать текст программы на языке Паскаль на строки в соответствии с общепринятыми стандартами. Перечислены основные правила разбивки программы на строки. Приведен пример работы системы.

ABSTRACT

A system that automatically splits a Pascal-program into separate lines is described in this article. The splitting is performed in accordance with the generally accepted standards. Main rules for the splitting are given. An example of the splitting is presented.

Ключевые слова: язык Паскаль, программирование, оформление программ, форматирование, абзацные отступы,

Key words: Pascal, programming, program formatting, program decoration, indents.

Введение. Как известно, язык программирования Паскаль допускает достаточно произвольную разбивку текстов программ на строки. Однако для удобства чтения программы и ее отладки рекомендуется следовать определенным правилам: размещать каждый оператор на отдельной строке, устанавливать отступы от начала строки для операторов, входящих в состав сложного оператора и т.д. Эти требования отражены, в основном, в [1], [2], [3] и [4], причём они не полностью идентичны и иногда противоречат друг другу. В описываемой системе выбрано форматирование, описанное в [3], как обеспечивающее наиболее наглядное представление программы на экране и делающее программу легко читаемой и удобной для анализа.

1. Основные правила разбивки на строки описаний и операторов языка Паскаль.

а) Описание переменных, типов, констант и меток.

Каждое описание (последовательность слов и знаков, начинающаяся со служебного слова var, type, const или label и заканчивающаяся точкой с запятой), размещается на отдельной строке. При этом, если служебное слово текущего описания совпадает со служебным словом предыдущего описания, то оно не дублируется, а заменяется пробелами.

Пример.

```
const n=10;
type t=array[1..n]of real;
var x,y,t;
k,m:integer;
```

б) Простые операторы (присваивания, перехода, ввода, вывода и вызова процедуры или функции).

Допускается размещение нескольких коротких простых операторов на одной строке с целью уменьшения общего количества строк программы и большего удобства ее чтения – в пределах допустимой максимальной длины строки. Максимальная длина строки устанавливается пользователем и может варьироваться от 40 до 200.

в) Составной оператор и оператор цикла repeat. Служебные слова begin и repeat и соответствующие им слова end и until (с условием) располагаются в отдельных строках одно под другим (с одним и тем же числом возможных отступов). Все внутренние операторы составного оператора и оператора цикла repeat располагаются с отступом в две позиции от слова begin или repeat.

Пример.

```
x:=1;
repeat
x:=x*2; writeln(x);
until x>=1073741824 {2 в степени 30};
```

Этот фрагмент программы выводит на экран степени числа 2 от первой до 30-й включительно.

г) Операторы цикла while и for.

Заголовок цикла размещается на отдельной строке. Тело цикла размещается с отступом в 2 позиции.

Пример (решается та же задача – вывод степеней числа 2).

```
x:=1;
for i:=1 to 30 do
begin
x:=x*2; writeln(x)
end;
```

д) Условный оператор.

Служебное слово if с логическим выражением располагается на отдельной строке. На следующей строке располагается служебное слово then с

отступом в две позиции. Далее располагается оператор, стоящий после слова then - с отступом в две позиции от слова then. Служебное слово else располагается на отдельной строке под служебным словом then. Оператор, стоящий после else, располагается с отступом в две позиции от слова else.

Пример.

```
if (x<a)or(x>d)or(x>b)and(x<c)
then
write(false)
else
write(true);
```

Данный фрагмент программы выводит слово true, если число x принадлежит одному из отрезков [a,b] или [c,d] (считается, что $a < b < c < d$), и слово false иначе.

е) Оператор выбора.

Заголовок (последовательность слов и знаков, начинающаяся со слова case и заканчивающаяся словом of) располагается на отдельной строке. Каждый вариант располагается на отдельной строке с отступом в две позиции. Заключительное слово else располагается под словом case.

Пример.

```
case t of
0..10: write(1);
11..20: write(2);
21..30: write(3);
else
write(4)
end;
```

ж) Процедуры и функции.

Заголовок процедуры/функции располагается на отдельной строке. Все внутренние описания и операторы (включая возможные вложенные процедуры и функции) располагаются с отступом в две позиции от заголовка в соответствии с перечисленными выше правилами размещений описаний и операторов.

з) Метки и комментарии.

Каждая метка и каждый комментарий располагаются на отдельной строке. Исключение составляют комментарии, расположенные внутри конструкций, которые в соответствии с перечисленными выше правилами должны располагаться на одной строке – это описания, заголовки циклов и подпрограмм, логические выражения и простые операторы.

Пример.

```
x:={обнуление x}0;
но
x:=0;
{обнуление x}
и) Модули.
```

Ключевые слова unit (с именем модуля), interface и implementation располагаются на отдельных строках в соответствии с правилами языка Паскаль. Все внутренние процедуры и функции располагаются так, как было описано ранее.

Дополнительно: все заглавные буквы в именах переменных и служебных словах заменяются

соответствующими строчными буквами; удаляются все лишние пробелы между словами.

Замечание. Если какая-либо конструкция, которая в соответствии с правилами должна располагаться на одной строке, имеет длину, большую установленной максимальной длины, то переносов на другие строки не производится. Таким образом, в результирующем файле возможны длинные строки, например, комментарии или условия, содержащие длинные логические выражения.

2. Работа системы автоматического форматирования программ.

После запуска системы на выполнение ей следует задать имя файла с программой на Паскале. Система записывает содержимое файла в одну (длинную) строку и затем выполняет форматирование в соответствии с вышеуказанными правилами. Отформатированный файл записывается под тем же именем, что и исходный файл. Исходный же файл предварительно копируется в файл с именем, которое получается из имени исходного файла путем добавления к нему суффикса 0001 (при первом форматировании), 0002 (при втором форматировании, так в этом случае файл с суффиксом 0001 уже существует) и т.д.

Система не производит полной проверки синтаксической правильности исходной программы; проверяется лишь баланс операторных скобок begin end и repeat until. Поэтому перед преобразованием программы системой рекомендуется проверить программу на предмет отсутствия в ней синтаксических ошибок.

3. Использование системы автоматического форматирования программ.

Данная система была разработана в 2023 году. В настоящее время она используется на вечернем отделении факультета ВМК МГУ. Предполагается использовать ее на первом курсе факультета ВМК для проверки заданий студентов, изучающих Паскаль в первом семестре. Следует сказать, что для проверки правильности программ студентов (отсутствия в них логических ошибок), используется система автоматического тестирования [5]; данная же система позволяет проверить структуру программы. По результатам будущих апробаций в систему могут быть внесены изменения и дополнения.

Система разработана в среде Delphi; используется язык Object Pascal. Она может выполняться на локальном компьютере и не требует выхода в Интернет.

4. Пример работы системы автоматического форматирования программ.

В качестве примера приведена программа, вводящая информацию о товарах (название и стоимость каждого товара в рублях и копейках), упорядочивающая товары по возрастанию их стоимости и выводящая преобразованную информацию.

```
{Описания}
const n=10;
```

```

type
name:string[20];rub:0..10000;kop:0..99;end;
var x:array[1..n]of tgoods;
i,j:integer;
function compare(a,b:tgoods):boolean;
begin
if a.rub<>b.rub
then
begin
compare:=a.rub>b.rub; exit
end;
if a.kop<>b.kop
then
begin
compare:=a.kop>b.kop; exit
end;
compare:=a.name>b.name
end;
procedure swap(var a,b:tgoods);
var c:tgoods;
begin
c:=a; a:=b; b:=c
end;
{Основная программа}
begin
{Ввод исходных данных }
for i:=1 to n do
begin
readln(x[i].name); readln(x[i].rub,x[i].kop)
end;

```

```

tgoods=record

```

```

{Сортировка}
for i:=1 to n-1 do
for j:=1 to n-i do
if compare(x[j],x[j+1])
then
swap(x[j],x[j+1]);
{Вывод}
for i:=1 to n do
begin
writeln; write(x[i].name);
for j:=1 to 22-length(x[i].name)do
write(' ');
write(x[i].rub:6,' руб. '); write(x[i].kop:2,' коп.')
end
end.

```

Список литературы.

1. <https://algorprog.ru/material/module-15969> (дата обращения 19.01.2024).
2. <https://forinformatics.blogspot.com/2012/02/pascal.html> (дата обращения 19.01.2024).
3. <https://fkn.ktu10.com/?q=node/8763> (дата обращения 19.01.2024).
4. https://www.infotech12.ru/files/olimp/2020_coding_conventions.pdf (дата обращения 19.01.2024).
- 8.5. Новиков М.Д. Автоматическое тестирование студенческих программ. Всероссийская научная конференция. Тверь, 2021, с. 235-239.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 622.755

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СЕГРЕГАЦИИ МИНЕРАЛОВ В ЦЕНТРОБЕЖНО-ВИБРАЦИОННОМ КОНЦЕНТРАТОРЕ ЗА СЧЕТ МОДЕРНИЗАЦИИ СПОСОБА ВИБРАЦИОННОГО РАЗРЫХЛЕНИЯ ПОСТЕЛИ

¹Очосов О.Ю., ¹Матвеев А.И.¹Институт горного дела Севера им. Н.В.Черского
Сибирского отделения Российской академии наук

INCREASING THE EFFICIENCY OF MINERAL SEGREGATION IN A CENTRIFUGAL VIBRATION CONCENTRATOR BY MODERNIZING THE METHOD OF VIBRATIONAL LOOSENING OF THE BED

¹Ochosov O.Y., ¹Matveev A.I.¹N.V.Chersky Institute of Mining of the North of
the Siberian Branch of the Russian Academy of SciencesDOI: [10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1936](https://doi.org/10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1936)

АННОТАЦИЯ

В данной статье представлены результаты исследования новой конструкции центробежно-вибрационного концентратора, созданного на базе Института горного дела Севера СО РАН, с учетом предыдущих исследований. Горнодобывающая промышленность играет важную роль в социально-экономическом развитии регионов, особенно на удаленных труднодоступных территориях России. Она сталкивается с задачами, включающей необходимость модернизации технологий обогащения и переработки золотосодержащего сырья.

Целью данного исследования является повышение эффективности извлечения ценных компонентов тяжелых минералов и благородных металлов, из сложных руд, используя новую конструкцию центробежно-вибрационного концентратора, позволяющего контролировать параметры вибраций и активного разрыхления тяжелых компонентов, что улучшает процесс обогащения. Подобные исследования особенно важны в условиях сокращения запасов легкообогащаемых золотосодержащих месторождений.

Особенности фракционного состава, размеров и формы частиц золота подчеркивает сложность извлечения мелких частиц, что остается актуальной задачей. Новая конструкция центробежно-вибрационного концентратора представляет возможность оптимизации обогащения мелкого и тонкого золота. Эти усовершенствования способствуют устойчивому развитию горнодобывающей промышленности и социально-экономическому развитию регионов, зависящих от этой отрасли. Полученные результаты могут быть применены для более эффективной обработки золотосодержащего сырья в различных условиях, включая производственные участки горнодобывающих предприятий.

ANNOTATION

This article presents the results of a study of a new design of a centrifugal vibration concentrator created on the basis of the Institute of Mining of the North SB RAS, taking into account previous studies. The mining industry plays an important role in the socio-economic development of regions, especially in remote, hard-to-reach territories of Russia. It faces challenges, including the need to modernize technologies for the enrichment and processing of gold-bearing raw materials.

The purpose of this study is to increase the efficiency of extracting valuable components of heavy minerals and precious metals from complex ores using a new design of a centrifugal vibration concentrator that allows you to control vibration parameters and active loosening of heavy components, which improves the enrichment process. Such studies are especially important in conditions of declining reserves of easily enriched gold-bearing deposits.

The peculiarities of the fractional composition, size and shape of gold particles emphasize the difficulty of extracting small particles, which remains an urgent task. The new design of the centrifugal vibration concentrator provides an opportunity to optimize the enrichment of fine and fine gold. These improvements contribute to the sustainable development of the mining industry and the socio-economic development of the regions dependent on this industry. The results obtained can be applied to more efficient processing of gold-bearing raw materials in various conditions, including production sites of mining enterprises.

Ключевые слова: центробежный концентратор, обогащение, извлечение, вибрационные колебания, центробежная сила, постель, тяжелые минералы, золото, концентрат, хвосты.

Key words: centrifugal concentrator, enrichment, extraction, vibration vibrations, centrifugal force, bed, heavy minerals, gold, concentrate, tailings.

Введение

Горнодобывающая промышленность играет ключевую роль в социально-экономическом развитии многих регионов России, особенно на удаленных территориях, таких как Якутия и Северо-Восток России. Эти регионы зависят от горнодобывающей деятельности, как основного источника экономической устойчивости. Несмотря на это, горнодобывающая промышленность сталкивается с современными задачами, включающими потребность в модернизации технологий переработки и обогащения золота.

Этот процесс предполагает создание новых, более эффективных геотехнологий с целью увеличения производительности и снижения негативного воздействия на окружающую среду, направленных на максимальное извлечение золота и других ценных элементов в процессе добычи и переработки сырья, основываясь на тщательном анализе и исследовании технологических свойств золота.

С уменьшением запасов легкообогатимых золотосодержащих месторождений становится очевидной необходимость использования минерального сырья с более низким содержанием золота и более сложной природой, при этом традиционные методы добычи и обогащения, ориентированные на легкообогатимые руды,

сопровождаются технологическими потерями, которые могут достигать 25-54% [1].

Мелкие частицы золота представляют основную сложность для процессов обогащения, поскольку чем мельче золото, тем сложнее его извлечение. Следовательно, вопрос повышения эффективности обогащения мелкого и тонкого золота остается актуальной задачей [2, 3].

Обзор центробежных концентраторов

Благодаря внедрению современных центробежных концентраторов безнапорного типа, применяемых в основном в золотодобывающей промышленности [4, 5], становится возможным осуществлять процесс гравитационного обогащения тяжелых минералов. Этот прогресс в технологиях обогащения минерального сырья позволяет включать в обработку месторождений с менее высоким содержанием полезных компонентов и более сложным фракционным составом [6, 7].

Центробежные концентраторы различаются по своей конструкции, но основным общим элементом является вращающийся рабочий орган с улавливающей поверхностью на внутренней стороне. Исходное питание подается на дно рабочего органа. Принципиальная конструкция центробежных концентраторов представлена на рисунке 1.

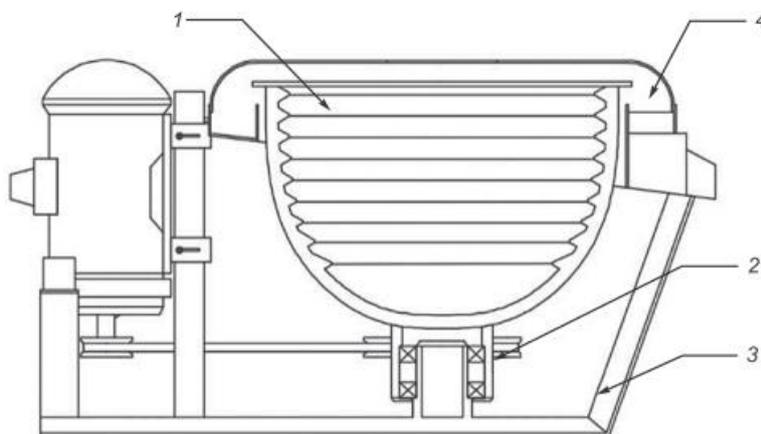


Рисунок 1 – Безнапорный центробежный концентратор, где 1 – рабочий орган в виде чаши; 2 – приводной вал с системой подшипников; 3 – несущая рама; 4 – устройство загрузки и разгрузки продуктов обогащения.

Аппараты данного типа включают в себя рабочий орган (ротор) в форме чаши или конуса, который соединен с приводным валом и системой подшипников, размещенных на раме. Кроме того, они оборудованы устройствами для загрузки и выгрузки продуктов обогащения [8].

Принцип работы центробежных концентраторов безнапорного типа основан на создании центробежной силы, которая достигается принудительным вращением исходного материала в виде пульпы при его подаче на дно рабочего органа. Под действием центробежной силы тяжелые частицы оседают внутри улавливающих рифлей рабочего органа, формируя постель из тяжелых минералов, в то время как легкие частицы

уносятся смывным потоком пульпы за пределы рабочего органа.

Центробежные концентраторы классифицируются на основе способов разрыхления минеральной постели и методов разгрузки концентрата. Способы разрыхления минеральной постели в зоне накопления концентрата могут включать:

- Без разрыхления минеральной постели;
- Механическое разрыхление минеральной постели;
- Разрыхление минеральной постели оживающей водой (флюидизация);
- Вибрационное разрыхление минеральной постели;

- Разрыхление за счет деформации формы чаши;
- Разрыхление за счет изменения скорости вращения чаши.

Центробежные концентраторы также различаются по способам разгрузки концентрата:

- Периодическая разгрузка концентрата;
- Непрерывная разгрузка концентрата;
- Псевдонепрерывная разгрузка концентрата.

Наиболее широкое распространение из вышеперечисленных видов получили концентраторы, которые используют ожижающую воду для разрыхления минеральной постели и относятся к классифицирующему типу. В этих концентраторах разделение минералов происходит как по плотности, так и по крупности. Тяжелые частицы оседают ближе к дну чаши, средние тяжелые смешиваются с крупными легкими частицами, а мелкие тяжелые смешиваются с средними легкими частицами. Несмотря на это, в некоторых случаях, ожижающая вода может вызвать снос мелких частиц ценных компонентов.

Одним из широко распространенных концентраторов классифицирующего типа является концентратор Knelson. В настоящее время он служит эталоном для извлечения мелкого и тонкого золота, а его эффективность является стандартом для сравнения с другими аппаратами, разрабатываемыми и внедряемыми в сфере центробежной сепарации. Для сравнения и оценки эффективности таких аппаратов существует международный тест GRG [9-11].

Меньшее распространение получили концентраторы, которые используют вибрации для разрыхления минеральной постели и относятся к сегрегационному типу. В этих концентраторах, распределение частиц прямо противоположное концентраторам классифицирующего типа: мелкие тяжелые частицы находятся ближе к дну, затем идет слой крупных тяжелых частиц с мелкими легкими, и наверху - крупные легкие частицы. В процессе работы происходит накопление тяжелых частиц и вытеснение легких частиц. В качестве примера подобного устройства можно упомянуть концентратор ЦВК ОАО "Грант", где разрыхление материала в нарифлениях конической вращающейся чаши достигается путем воздействия высокочастотных планетарных колебаний, достигающих частоты до 150 вибраций в секунду.

Современные центробежные концентраторы имеют широкий диапазон значений центробежной силы G , достигая значений до 600 единиц. Однако важно отметить, что эффективность извлечения тонкодисперсных минералов не всегда пропорционально увеличению значения силы G . Механизм разделения минеральных частиц зависит от множества параметров, таких как состав материала, распределение по крупности, форма частиц и другие факторы. Важно учитывать эти переменные при выборе оптимальных параметров для конкретного процесса извлечения.

Сравнение центробежных концентраторов

А.В. Богданович провел исследование, сравнивающее различные центробежные концентраторы с схожими характеристиками и эффективностью на синтетических смесях. Рассмотрены также методы разрыхления осевшего продукта, включая использование устройств, таких как "Falcon SB-40", "ЦКПП-120", "ЦВК-100" и "Knelson-3". Полученные данные выявили заметные преимущества концентраторов сегрегационного типа. Особенно они проявили себя, как более эффективные в извлечении тонких частиц с высокой плотностью по сравнению с аппаратами, где разрыхление постели ведется с использованием ожижающего потока воды, за счет разного распределения минералов по крупности и плотности, описанных выше.

Также, при эксплуатации концентраторов с применением потока ожижающей воды, наблюдается значительная динамика процесса и сложность контроля плотностных характеристик сконцентрированной постели тяжелых минералов внутри улавливающих рифлей. Это ухудшает улавливающую способность и уменьшает емкость постели, а также снижает производительность установки.

В большинстве случаев, в процессе разработки месторождений с намывными отложениями, эксплуатация концентраторов с использованием ожижающей воды требует снабжения чистой водой, обеспечивающих эффективность его работы и становится дополнительной финансовой нагрузкой. Помимо этого, сложность процесса центробежной концентрации создает особые требования к условиям эксплуатации, а также требует высокой квалификации и опыта у обслуживающего персонала.

Центробежные концентраторы, работающие на основе вибрационного метода разрыхления минеральной постели показывают высокую эффективность в лабораторных условиях, за счет эффекта снижения вязкости воды и смягчения воздействия тонкодисперсных взвешенных шламов. Однако низкая производительность не позволяет в полной мере реализовать их потенциал в производственных условиях, но представляет собой альтернативный способ обогащения в доводочных операциях приближенных к лабораторным условиям.

Цель и материалы исследований

Целью исследований является изучения воздействия направленных вдоль оси вращения вибрационных колебаний на минеральную постель в поле действия центробежных сил [13, 14]. В результате предшествующих исследований, проведенных в лаборатории ОПИ ИГДС СО РАН, было установлено, что максимальное разделение минеральных частиц по плотности происходит при воздействии вибрационных колебаний, направленных перпендикулярно к направлению гравитационной силы (силы тяжести). На основе этого явления разработан и изготовлен новый центробежно-вибрационный концентратор.

Основным отличием этого устройства от существующих аналогов является его способность генерировать вибрационные колебания направленных вдоль оси вращения.

Общий вид лабораторной модели центробежно-вибрационного концентратора показан на рисунке 2. Рабочий орган концентратора представляет собой цилиндр со съёмной футеровкой в виде конуса из оргстекла, установленного на приводной вал. Вал размещен в корпусе с шарикорадиальными подшипниками. Корпус подшипников вместе с рабочим органом и

приводным валом закреплён на раме из профилированных труб. Передача вибрационных колебаний на рабочий орган осуществляется через систему роликовых подшипников, установленных в нижней части приводного вала. Передача вращающего момента на рабочий орган осуществляется клиноременной передачей от асинхронного электродвигателя мощностью 0,3 кВт с частотой вращения 1250 оборотов в минуту. Продукты разделения на концентраторе извлекаются периодически по мере накопления ценных, более тяжелых минералов.

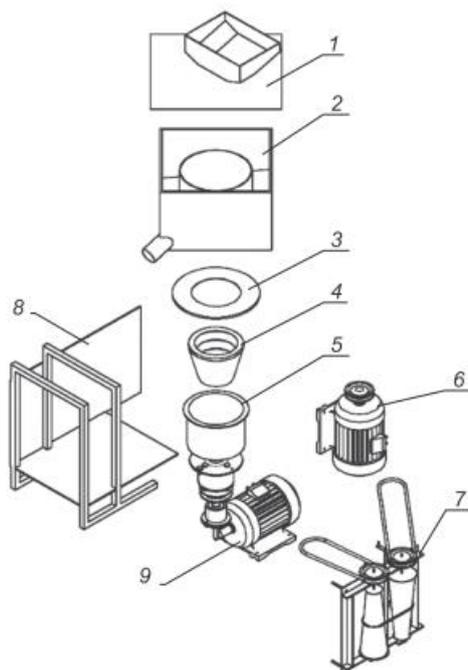


Рисунок 2 – Общий вид лабораторной модели центробежно-вибрационного концентратора. 1 – крышка с приемным бункером, 2 – кожух, 3 – зажимное кольцо, 4 – съёмная футеровка, 5 – узел рабочего органа, 6 – приводной двигатель, 7 – валковый вариатор, 8 – несущая рама, 9 – двигатель вибратора.

По результатам предыдущих исследований выявлены зависимости качественно-количественных показателей обогащения от рабочих параметров концентратора, таких как частота оборотов и частота колебаний рабочего органа. Оптимальные показатели по извлечению тяжелых минералов достигнуты при частоте вращения рабочего органа 260 оборотов в минуту и частоте колебаний 22 Гц, что привело к эффективности в 61,3%. В условиях той же скорости вращения, но без разрыхления постели, извлечение составило всего 27,9%.

Полученные данные свидетельствуют о величине воздействия частоты вибраций на процесс извлечения тяжелых минералов. Однако стоит отметить, что эксперименты проводились при фиксированной амплитуде колебаний рабочего

органа в размере 2,5 мм. Это было обусловлено ограничениями в конструкции центробежного концентратора.

С учетом этого, была выполнена модернизация конструкции концентратора с целью дальнейших исследований и уточнения оптимальных параметров вибраций, а также механизма их воздействия на процесс сегрегации тяжелых компонентов. В рамках модернизации системы привода вибратора были внесены изменения, что позволило регулировать амплитуду колебаний.

Для регулирования амплитуды колебаний были изготовлены пять вариантов эксцентриковых валов с амплитудами 0,5, 1, 1,5, 2 и 2,5 мм (см. рисунок 4). Это предоставило возможность точной настройки амплитуды колебаний с интервалом в 0,5 мм.

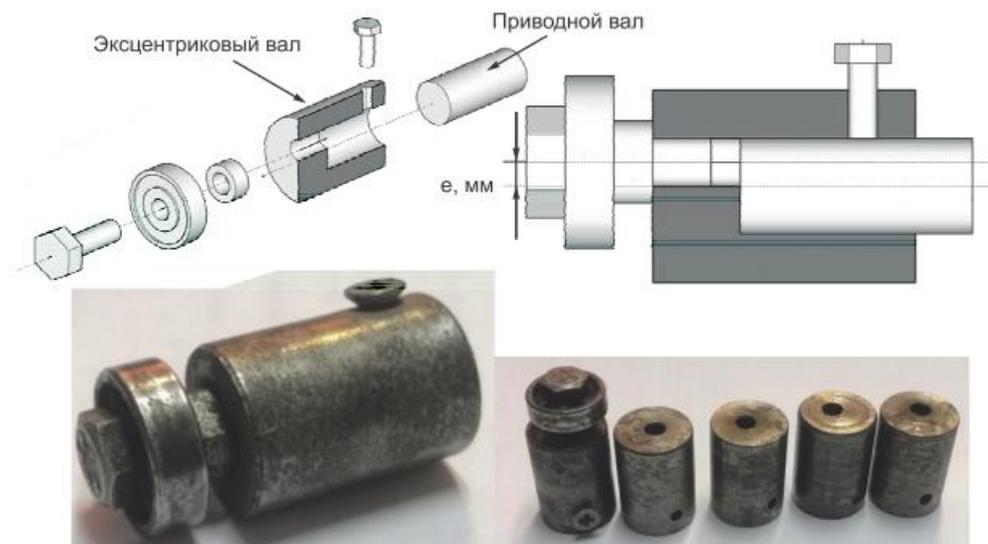


Рисунок 4 – Эксцентриковые валы привода вибратора центробежно-вибрационного концентратора.

Механический вариатор был заменен на электронный частотный преобразователь VACON0020-3L, что позволило регулировать частоту оборотов рабочего органа в широком диапазоне. После модернизации концентратора эксперименты проводились при амплитуде колебаний в пределах от 0,5 до 2,5 мм, варьировании частоты вибраций от 0 до 60 Гц, и при постоянной частоте вращения рабочего органа в 260 оборотов в минуту. Диапазоны регулирования параметров вибраций были выбраны с учетом ограничений в конструкции концентратора, обеспечивая необходимую амплитуду колебаний при частотах до 60 Гц.

По результатам первых экспериментов на усовершенствованной версии концентратора с использованием искусственной модельной смеси массой 5 кг, состоящей из речного песка (–1 мм) и магнетита (–0,5 мм) массой до 50 г, было установлено что при одинаковых условиях эксперимента наилучший результат из 10 тестовых испытаний в каждом режиме достигается при частоте колебаний 22 Гц и амплитуде более 1,5 мм. При этом достигается максимальное извлечение в размере 61,2%. Уменьшение амплитуды до 1,5 мм сохраняет плотность постели концентратора, но снижается уровень извлечения до 35,3%. В диапазоне частот от 0 до 22 Гц извлечение не повышается из-за высокой плотности постели, по сравнению с диапазоном частот от 22 до 40 Гц, где извлечение повышается до максимального

значения 63,8%. При частотах колебаний свыше 40 Гц происходит массовый вынос материала из постели на рифленной поверхности рабочего органа на что указывает снижение извлечения до 26,8%.

Последующие испытания концентратора проводились на производственном участке АО «Алмазы Анабара», где осуществляется параллельное извлечение золота в процессе добычи и обогащения алмазосодержащих песков с использованием стандартного шлюзового оборудования. С целью повышения эффективности рационального использования природных ресурсов, АО «Алмазы Анабара» провели совместные исследования с ИГДС СО РАН для оценки возможности снижения потерь мелкого и тонкого золота в процессе параллельного обогащения.

Была разработана методика исследований, в ходе которой определялись оптимальные режимы работы концентратора на основе предыдущих экспериментов: амплитуда 2 мм, частота колебаний 22 Гц и частота оборотов 260 об/мин. В соответствии с этой методикой, образцы проходили две стадии обработки на концентраторе. На первом этапе проводились расчеты эффективности концентрации материалов, в то время как второй этап был многократно повторен для верификации результатов первой стадии и составления баланса металлов. Усредненные данные экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний концентратора ЦВК

№	Операции и продукты	Выход	Содержание Au	Извлечение
		%	г/т	%
1	<i>поступает:</i>			
	Питание ЦВК	100,00	0,053	100,00
	Итого	100,00	0,053	100,00
2	<i>выходит:</i>			
	Концентрат	0,142	34,64	92,80
	Хвосты	99,86	0,0038	7,20
	Итого	100,00	0,052	100,00

В результате экспериментов было достигнуто извлечение золота в концентрат на уровне 92,8%, что в рамках промышленного производства считается высоким показателем. Однако, с учетом стремления к повышению производительности, серийные концентраторы, такие как Итомак и Knelson, которые используют оживающую воду, обладают очевидными преимуществами. Это связано с минимальным количеством движущихся и подвергающихся износу частей рабочего органа, что позволяет им расширять конструкцию и увеличивать объемы, обеспечивая тем самым более высокую производительность.

Недостаток концентраторов типа ЦВК заключается в технической сложности реализации высокопроизводительной конструкции, что ограничивает их применение в основных обогащательных процессах. Тем не менее, на доводочных фабриках они могут представлять альтернативный метод обогащения.

Выводы:

В результате экспериментов, которые проводились с золотосодержащим песком, было подтверждено, что амплитуда и частота колебаний играют критическую роль в эффективности извлечения золотосодержащего материала. Оптимальное извлечение при использовании искусственных смесей составило 63,9%, в условиях промышленного участка – 92,8%. Эти результаты имеют важное практическое применение, особенно в отношении обогащения золотосодержащих руд, где содержится большое количество мелкого и тонкого золота. Таким образом, оптимизация параметров колебаний становится ключевым фактором в производстве драгоценных металлов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 0297-2021-0022, ЕГИСУ НИОКТР № 122011800089-2) с использованием оборудования ЦКП ФИЦ ЯНЦ СО РАН (грант № 13.ЦКП.21.0016).

Список литературы

1. Попова. Ю. Т. Выбор типа промывочной установки на основе анализа существующих моделей для условий разработки россыпей Забайкалья // Кулагинские чтения: техника и технологии производственных процессов. – 2017. – С. 182-186.

2. Ван-Ван-Е А..П. Состояние и развитие ресурсного потенциала золотодобывающей отрасли ДВО / А..П. Ван-Ван-Е, В.С. Литвинцев, Г.В. Секисов // Горный информационно-аналитический бюллетень. Дальний Восток-2, 2009. - С. 32-36.

3. Медков М.А.. Переработка техногенного золотосодержащего сырья / М.А.. Медков, Г.Ф. Крысенко, Д.Г. Эпов, А.А. Юдаков // Вестник ДВО РАН, 2010. - № 5. - С. 75-79.

4. А.ф.ана.сенко С. И. и др. Центробежный концентратор «КРЦ-400» с планетарным движением рабочего конуса. // Научные основы и практика. переработки руд и техногенного сырья. – 2020. – С. 275-278.

5. Пелих В. В., Салов В. М. Специфика применения центробежных сепараторов Knelson с периодической разгрузкой // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2015. – № 12 (107). – С. 229-235.

6. Федотов К. В., Тютюнин В. В. Оптимизация работы центробежных концентраторов // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 1. – С. 208-215.

7. А.ф.ана.сенко С. И. Применение центробежных концентраторов ИТОМАК с автоматической системой управления на действующих предприятиях // Научные основы и практика. переработки руд и техногенного сырья. – 2020. – С. 272-274.

8. Шохин В.Н., Лопалин А.. Г. Гравитационные методы обогащения. Учебник для вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Недра, 1993. — с. 350.

9. Суримбаев Б. Н. и др. Оценка гравитационной обогатимости золотосодержащей руды-GRG // Горные науки и технологии. – 2020. – Т. 5. – № 2. – С. 92-103.

10. Сенченко А.. Е. и др. Технологическая оценка обогатимости руды гравитационными методами // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2020. – № 4. – С. 262-280.

11. Ярмола Д. А., А.ф.ана.сенко С. И., Лазариди А.. Н. Теоретический анализ процесса обогащения в центробежном концентраторе с горизонтальной осью вращения // Красноярск, Сибирский федеральный университет, 15-25 апреля 2016 г. – 2016. – С. 50.

12. Богданович А. В., Петров С. В. Сравнительные испытания центробежных концентраторов различных типов // Обогащение руд. – 2001. – №. 3. – С. 38-42.

13. Очосов О.Ю., Малтвеев А.И. Повышение эффективности разделения минеральных частиц под действием центробежных сил за счет использования направленных вибрационных

колебаний // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2016. — № 10. — С. 259— 265.

14. Очосов О.Ю., Малтвеев А.И. Механизм дополнительной сегрегации минералов по плотности в постели центробежно-вибрационного концентратора // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. — 2022. — № 10. — С. 527— 538.

УДК 528.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ФУНДАМЕНТОВ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Тешаев Э.А.

*Ошский технологический университет им. Академика М.М.Адышева
Кыргызстан, 723500, г.Ош, ул.Исанова, 81*

STUDY OF THE ACCURACY OF LAYOUT WORKS DURING THE CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS OF FRAME BUILDINGS

Teshayev E.A.

*Osh Technological University named after. Academician M.M. Adyshev
Kyrgyzstan, 723500, Osh, 81 Isanov str.*

DOI: 10.31618/ESU.2413-9335.2023.1.115.1937

АННОТАЦИЯ

Как известно фундамент — это часть здания, являющиеся строительной несущей конструкцией здания, сооружения, которая воспринимает все нагрузки от вышележащих конструкций и распределяет их по основанию. Фундамент, как правило, изготавливается из бетона или железобетона. Для строительства зданий применяются ленточные, отдельно стоящие столбчатые, свайные и плитные или комбинированные фундаменты. Они бывают сборные (сплошные монолитные или стаканного типа), монолитные и сборно-монолитные. Выбор фундамента зависит от сейсмичности местности, залегающих в основании грунтов и архитектурных решений. От качества и устойчивости фундамента зависит надежность и долговечность всего здания. В статье рассматриваются вопросы, связанные с увеличением качества разбивочных работ при устройстве отдельно стоящих столбчатых фундаментов каркасных зданий.

ANNOTATION

As you know, the foundation is a part of the building, which is a building load-bearing structure of the building, construction, which takes all the loads from the overlying structures and distributes them on the base. As a rule, the foundation is made of concrete or reinforced concrete. For the construction of buildings, strip, free-standing column, pile and slab or combined foundations are used. They are prefabricated (solid monolithic or cup type), monolithic and prefabricated-monolithic. The choice of foundation depends on the seismicity of the terrain, the underlying soils and architectural solutions. The quality and stability of the foundation determines the reliability and durability of the entire building. The article deals with the issues related to the increase of the quality of partitioning works in the construction of freestanding column foundations of frame buildings.

Ключевые слова: фундамент, каркас, разбивка, точность, отклонение, разбивочная сеть, каркасное здание, насечка, детальная разбивка.

Keywords: foundation, frame, breakdown, accuracy, deviation, breakdown network, frame building, notching, detailed breakdown.

На основании программы "Доступное жилье 2015-2020" постановления Правительства Кыргызской Республики от 5 августа 2015 года, а также увеличения городского населения на сегодняшний день можно наблюдать ту картину, когда строительная индустрия становится одной из наиболее перспективной и быстроразвивающейся. Такая тенденция достигается за счет развития и внедрения инновационных проектов, продуктов, идей и открытий. Наглядным примером стремительного развития строительной индустрии является южная столица Кыргызстана – г.Ош.

Многоэтажные жилые дома являются основным типом жилища в современных городах,

такие дома позволяют рационально использовать территорию, сокращают протяженность инженерных сетей, улиц, сооружений городского транспорта.

Значительное увеличение плотности жилого фонда при многоэтажной застройке дает ощутимый экономический эффект.

Одним из основных элементов каркасного дома является фундамент здания. От точности разбивочных работ фундамента зависит прочность каркаса здания [2].

Принимаемый способ геодезических работ и их точность зависят, как правило, от строения

верхней части фундамента и определяется на основе требований СНиПа 3.0 3.0 1 - 8 7. разбивочной сети должна определяться требованиями табл.1 [1].

Точность детальной разбивки осей фундаментов относительно геодезической

Таблица 1.

Требования к точности детальной разбивки осей фундаментов относительно геодезической разбивочной сети

Объем строительства	Средняя квадратическая ошибка разбивочных работ (измерений)		
	линейных	угловых	высотных
Многопролетные промышленные здания, многоэтажные здания и сооружения из металлоконструкций; сооружения из сборного железобетона, монтируемого методом самофиксации в узлах; высота не более 100м то же, от 60 до 100м	1/15000	5	1
	1/10000	10	2
Инженерные сооружения и здания высотой от 15 до 60 м, пролетами от 6 до 18 м из сборного железобетона, из металлоконструкций со сварными и болтовыми соединениями	1/5000	20	2,5
То же, высота до 15 м, длина пролета до 6 м	1/3000	30	3
Инженерные сети, конструкции из дерева	1/2000	30	5

Предельно допустимые отклонения результатов геодезических измерений при выносе в натуру осей фундаментов зависит от типа сооружения, которая не должна превышать величины $\sim \sigma = 0,2\Delta$.

Контроль точности должен соответствовать условию [3].

$$\delta_{гк} < c\delta_n$$

где: c – коэффициент точности, зависящий от коэффициента точности технологического процесса T_n возведения здания (от 0,2 до 0,5); δ_n – предельное нормированное отклонение контролируемого параметра.

Коэффициент точности технологического процесса T_n назначается в соответствии с видом выполняемых работ и определяется формулой [5].

$$T_n = \delta_n / m_n$$

где: m_n – средняя квадратическая ошибка технологического процесса строительно – монтажных работ.

Значение коэффициента T_n регламентируются точностью измерений при геодезическом контроле разбивочных, строительно – монтажных работ и монтажа технологического оборудования, рассчитанные с учетом точности технологических процессов (табл. 2) [4].

Таблица 2.

Значение коэффициента T_n , рассчитанные с учетом точности технологических процессов

Доверительная вероятность	T_n			
	2,5 - 3	2	1,5	1
0,9973	0,33	0,30	0,18	0,15
0,9545	0,50	0,45	0,27	0,22

Согласно СНиП 3.02.01. – 83, допускаемое отклонение положения свай характеризуется величиной 3 см и более.

Смещение осей фундаментных блоков и стаканов не должно быть более 13 мм (СНиП III – 16 - 80) в плане и 10 мм по высоте. Смещение анкерных болтов в плане должно быть не более 5 мм. Верхняя часть опорных плит не должна иметь наклон более 1/1500, а отклонение по высоте $\pm 1,5$ мм (СНиП III – 18 - 75).

При выносе в натуру к анкерным болтам предъявляется более высокая точность, чем к остальным элементам фундамента [6].

Определим необходимую точность геодезических измерений для этого случая,

учитывая, что установку анкерных болтов в проектное положение контролируют электронным тахеометром. Если принять допуск на смещение анкерного болта $A = 5$ мм, то из выражения $Ap/S \leq t$ можно определить максимальное удаление S тахеометра от разбивочной точки

$$S \leq Ap/t, \text{ или } S \leq 5 \times 200000/10'' = 200 \text{ м}$$

При расчете точность тахеометра t принята равной $5''$, так как она отвечает условиям строительной площадки.

Повышенные требования к точности предъявляются при установке опорных плит. Допустимый уклон при размере плиты 800 x 800 мм

равен 1: 1500. Предельную ошибку определения отметок углов опорной плиты принимаем 1 мм.

Указанную точность обеспечивает тахеометр Sokkia SET – 530, устанавливаемый на максимальном удалении от контролируемой плиты.

Для котлована глубиной более 20 м и зданий длиной более 50 м детальную разбивку выполняют по дну котлована с точек главных и основных осей здания.

Оси отдельных фундаментов под колонны каркасных зданий выносят также электронным тахеометром, относительно реперов, установленных на строительной площадке.

Дно углублений фундаментов (стаканов) нивелируют по всем углам и середине. По насечкам на фундаментах проверяют расстояние между осями.

Для устройства горизонтальной поверхности фундаментов в бетонную смесь предварительно замоноличивают под проектную отметку нивелированием.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие **выводы**:

- предельная ошибка измерений при разбивке осей опалубки не должна превышать 5 мм;
- при контроле положения анкерных болтов измерения осуществляют в плане;
- внутри контура опоры с погрешностью не более 1.7 мм, в плане вне контура опоры – 3 мм;
- при контроле высотного положения верхней поверхности опорной плиты измерения не должны иметь ошибку более 0.5 мм;
- смещение осей фундаментных блоков и стаканов фундаментов относительно разбивочной оси 1.3 мм;
- отклонение отметок верхних опорных поверхностей фундаментов 10 мм;
- отклонение отметок дна стаканов фундаментов 20 мм.

Список литературы:

1. СНиП 3.0 3.0 1 - 8 7. Несущие и ограждающие конструкции. Госстрой России – М.: ФГУП ЦПП, 2007, -192 с.
2. Поклад Г.Г., Гриднев С.П. Геодезия. - М.: Академический проспект, 2007, – 592 с.
3. Неумывакин Ю.К., Смирнов А.С. Практикум по геодезии. - М.: Недра, 1985, - 200с.
4. Тешаев Э.А., Жалалдинов М.М. Влияние точности разбивочных работ при выносе в натуру основных осей многоэтажных монолитных домов. Общество. 2021. № 2-1 (21) С. 32-35.
5. Тешаев Э.А., Жалалдинов М.М., Турабыев Ч.К. Повышение точности производства геодезических работ на строительной площадке при использовании электронного тахеометра. выпуск 11 (79) Часть 14 Ноябрь 2021 г. С. 52-56.
6. Тешаев Э.А., Жалалдинов М.М., Турабыев Ч.К. Предварительный расчет точности геодезических работ при устройстве фундаментов каркасных зданий. 2022. № 3 (96) С. 5-8.

Евразийский Союз Ученых. Серия: технические и физико-математические науки

Ежемесячный научный журнал

№ 12 (115)/2023 Том 1

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Макаровский Денис Анатольевич

AuthorID: 559173

Заведующий кафедрой организационного управления Института прикладного анализа поведения и психолого-социальных технологий, практикующий психолог, специалист в сфере управления образованием.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Штерензон Вера Анатольевна

AuthorID: 660374

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт новых материалов и технологий (Екатеринбург), кандидат технических наук

Синьковский Антон Владимирович

AuthorID: 806157

Московский государственный технологический университет "Станкин", кафедра информационной безопасности (Москва), кандидат технических наук

Штерензон Владимир Александрович

AuthorID: 762704

Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, Институт фундаментального образования, Кафедра теоретической механики (Екатеринбург), кандидат технических наук

Зыков Сергей Арленович

AuthorID: 9574

Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН, Отдел теоретической и математической физики, Лаборатория теории нелинейных явлений (Екатеринбург), кандидат физ-мат. наук

Дронсейко Виталий Витальевич

AuthorID: 1051220

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Кафедра "Организация и безопасность движения" (Москва), кандидат технических наук

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Материалы публикуются в авторской редакции.

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций.

Художник: Валегин Арсений Петрович
Верстка: Курпатова Ирина Александровна

Адрес редакции:
198320, Санкт-Петербург, Город Красное Село, ул. Геологическая, д. 44, к. 1, литера А
E-mail: info@euroasia-science.ru ;
www.euroasia-science.ru

Учредитель и издатель ООО «Логика+»
Тираж 1000 экз.