

Шафоростова Е. Н., канд. пед. наук, доц.,

Ковтун Н. И., ст. преп.

Старооскольский технологический институт (филиал МИСиС)

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

shaf-elena @yandex.ru

Для проведения геодезических работ Старооскольский филиал (СФ) «Белгородгеодезия» оснащен современными геодезическими приборами: двухчастотными двухсистемными GPS приемниками, электронными тахеометрами (Leica), которые выводят геодезические данные в общеземной системе координат WGS-84. WGS-84 является геоцентрической системой координат, в отличие от местных систем, является единой системой для всей планеты. В статье описана методика перехода от геоцентрической (геодезической) к местной системе координат, которую можно реализовать при разработке геоинформационной системы.

Ключевые слова. Геоцентрическая система координат, общеземная система, межевые дела, прямоугольные пространственные координаты, земельный кадастр, местная система координат.

Старооскольский филиал «Белгородгеодезия» - предприятие, успешно выполняющее комплекс землеустроительных работ по устновлению, восстановлению, изменению и закреплению в проектах межевания и на местности границ существующих и вновь формируемых земельных участков как объектов недвижимости. Для проведения геодезических работ СФ «Белгородгеодезия» оснащен современными геодезическими приборами и оборудованием, которое существенно облегчает процесс получения координат. Однако ввиду постановления правительства РФ «Об установлении местных систем координат», данные, полученные с помощью этого оборудования, измерены в общеземной системе координат, которые необходимо перевести в местную систему координат. Данный переход на сегодняшний день на предприятии осуществляется вручную, что не исключает ошибок ввода, намеренного искажения информации и других информационных угроз.

Целью работы является разработка геоинформационной системы для расчета местной системы координат. Данная тема является актуальной, поскольку существующий на сегодняшний день механизм обработки информации требует больших затрат времени и труда. Информация, циркулирующая между отделами, записана на бумажных носителях, формирование заявок, договоров, межевых дел ведутся вручную. Для того чтобы облегчить работу исполнителей услуги и улучшить процесс предоставления услуг заказчикам, необходимо автоматизировать процесс заказа услуг путем создания единой базы данных предприятия.

Одной из оказываемых услуг СФ «Белгородгеодезия» является выполнение землеустроительных работ, в том числе межевание земельных участков, при выполнении которого задействованы полевая группа и камеральная группа.

Рассматриваемую задачу можно разбить на несколько подзадач, облегчив тем самым работу над ними. Во-первых, необходимо организовать централизованное хранение всей информации как поступающей, так и получаемой в результате обработки, в виде единой базы данных хранимой под управлением СУБД. На этом же уровне необходимо организовать разграничение прав доступа различных пользователей к хранимой информации. Во-вторых, обеспечить автоматический перевод систем координат, исключая ошибки ввода и возможность редактирования параметров перевода. В-третьих, подготовить файлы для загрузки в ГИС Digitals и файл расширения CSV, для последующей передачи в Кадастровую палату, автоматически формировать данный документ.

Для проведения геодезических работ СФ «Белгородгеодезия» оснащено современными геодезическими приборами: двухчастотными двухсистемными GPS приемниками, электронными тахеометрами (Leica), которые выводят геодезические данные в общеземной системе координат WGS-84. WGS-84 является геоцентрической системой координат, в отличие от местных систем, является единой системой для всей планеты. Возникает необходимость перехода от геоцентрической (геодезической) к местной системе координат. Коэффициенты преобразования рассчитываются для каждой страны и утверждаются соответствующим нормативным документом. Для России это ГОСТ Р 51794-2001 [3].

Этап 1. Пересчет геоцентрических координат (от WGS-84 к ПЗ (Планета Земля)-90)

$$R_{WGS-84} = DR_0 + (1+m_1)W1 * R_{ПЗ-90}, \quad (1)$$

$$R_{WGS-84} = (X_{WGS-84}, Y_{WGS-84}, Z_{WGS-84})^T \quad (2)$$

$$DR_0 = (DX_0, DY_0, DZ_0)^T, \quad (3)$$

$$R_{ПЗ-90} = (X_{ПЗ-90}, Y_{ПЗ-90}, Z_{ПЗ-90})^T, \quad (4)$$

где R_{WGS-84} и $R_{ПЗ-90}$ - векторы в соответствующих координатных системах; DR_0 - вектор начала координатной системы ПЗ-90 в системе WGS-84; m_1 - различие линейных масштабов в этих системах; $W1$ - матрица поворота координатных осей, зависит от трех малых углов ω_x , ω_y , ω_z . Обычно угловые параметры не превышают 1''. Поэтому матрицу W , где ее элементы указаны в радианах, представляют в виде:

$$R_{ПЗ-90} = (1 - m_1) * W1^T * (R_{WGS-84} - DR_0) = (1 - m_1) * W1^T * R_{WGS-84} - DR_0 \quad (6)$$

Если координаты не трансформировать, то возникнет погрешность:

$$|dp| < \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2 + R_{земли} * 3 * m^2 + 2(wX^2 + wY^2 + wZ^2) \quad (7)$$

где $R_{земли}$ - радиус Земли, а ω_x , ω_y , ω_z выражены в радианах.

Этап 2. Пересчет геоцентрических координат в квазигеоцентрические (от ПЗ-90 к СК-42 на референц-эллипсоиде Красовского)

$$R_{ПЗ-90} = DR_{ПЗ-90} + (1 + m_2) W2^T * r_{СК-42} \quad (8)$$

где $r_{СК-42} = (X_{r СК-42}, Y_{r СК-42}, Z_{r СК-42})^T$ - вектор в референцной системе координат, $R_{ПЗ-90} = (X_{RПЗ-90}, Y_{RПЗ-90}, Z_{RПЗ-90})^T$ - вектор в общеземной системе координат, $DR_{ПЗ-90} = (DX_{0 ПЗ-90}, DY_{0 ПЗ-90}, DZ_{0 ПЗ-90})^T$ - вектор начала национальной системы в общеземной системе, m_2 - разница в линейных

$$r_{СК-42} B - r_{СК-42} A = (1 - m_2) * W2^T * (R_{ПЗ-90} - DR_{ПЗ-90}). \quad (10)$$

В этой формуле нет линейных параметров $DR_{ПЗ-90}$. Вместе с ними исчезли и их погрешности.

Этап 3. Преобразование прямоугольных пространственных координат в геодезические

$$X = (N + H) * \cos B * \cos A \quad (11)$$

$$Y = (N + H) * \cos B * \sin L \quad (12)$$

$$Z = ((1 - e^2) * N + H) * \sin B, \quad (13)$$

$$N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 * \sin^2 B}} \quad (14)$$

где X , Y , Z - прямоугольные координаты точки; B , L , H - геодезические координаты точки (соответственно широта и долгота в радианах и высота в метрах); N - радиус кривизны, m ; a - большая полуось; α - сжатие эллипсоида; e - эксцентриситет эллипсоида, равный 0,00669.

Для преобразования пространственных прямоугольных координат в геодезические необходимо проведение итераций при вычисле-

$$W = \begin{pmatrix} 1 & \omega_z & -\omega_y \\ -\omega_z & 1 & \omega_x \\ \omega_y & -\omega_x & 1 \end{pmatrix} \quad (5)$$

Формулу Гельмерта, учитывая, что $W^{-1} = W^T$, перепишем так, чтобы она была удобной для перехода от WGS-84 к ПЗ-90:

$$R_{ПЗ-90} = (1 - m_1) * W1^T * (R_{WGS-84} - DR_0) = (1 - m_1) * W1^T * R_{WGS-84} - DR_0 \quad (6)$$

масштабах систем, $W2$ - матрица поворота координатных осей от референцной системы к общеземной.

С целью пересчета координат из общеземной в референцную систему уравнения связи должны быть записаны в виде:

$$r_{СК-42} = (1 - m_2) * W2^T * (R_{ПЗ-90} - DR_{ПЗ-90}). \quad (9)$$

Предположим, определены координаты двух пунктов: RA пункта А и RB пункта В. Тогда уравнение связи для разности координат принимает следующий вид:

нии геодезической широты и геодезической высоты. Для этого используют следующий алгоритм:

- Вычисление вспомогательной величины D по формуле

$$D = \sqrt{X^2 + Y^2} \quad (15)$$

- анализ значения D следующим образом:

а) если $D = 0$, то

$$B = \frac{\pi}{2} * \frac{Z}{|Z|} \quad (16)$$

$$L = 0 \quad (17)$$

$$H = Z * \sin B - a * \sqrt{1 - e^2 * \sin^2 B} \quad (18)$$

- б) если $D > 0$, то

$$L_a = \arcsin \left(\frac{Y}{D} \right) \quad (19)$$

при этом

$$L = \begin{cases} 2\pi - L_{a, \text{если}} Y < 0, X > 0 & (20) \\ 2\pi + L_{a, \text{если}} Y < 0, X < 0 & (21) \\ \pi - L_{a, \text{если}} Y > 0, X < 0 & (22) \\ L = L_{a, \text{если}} Y > 0, X > 0 & (23) \end{cases}$$

- анализ значения Z

а) если $Z=0$, то

$$B = 0; \quad (24)$$

$$H = D - a; \quad (25)$$

б) во всех других случаях вычисления выполняют следующим образом:

- находят вспомогательные величины r , c , p по формулам:

$$r = \sqrt{X^2 + Y^2 + Z^2} \quad (26)$$

$$c = \arcsin\left(\frac{Z}{r}\right) \quad (27)$$

$$x = 6367558,4968*B - \sin^2 B * (16002,89 + 66,9607 * \sin^2 B + 0,3515 * \sin^4 B - 1^2 * (1594561,25 + 5336,535 * \sin^2 B + 0,149 * \sin^6 B + 12(672483,4 - 811219,9 \sin^2 B + 5420 * \sin^4 B - 10,6 * \sin^6 B + 1^2 * (278194 - 830174 * \sin^2 B + 572434 * \sin^4 B - 16010 * \sin^6 B + 1^2 * (109500 - 574700 * \sin^2 B + 863700 * \sin^4 B - 398600 * \sin^6 B)))) \quad (33)$$

$$y = (5 + 10n) * 10^5 + 1 * \cos B * (6378245 + 21346,1415 * \sin^2 B + 107,1590 * \sin^4 B + 0,5777 * \sin^6 B + 1^2 * (1070204,16 - 2136826,66 * \sin^2 B + 17,98 * \sin^4 B - 11,99 * \sin^6 B + 1^2 * (270806 - 1523417 * \sin^2 B + 1327645 * \sin^4 B - 21701 * \sin^6 B + 12(79690 - 866190 * \sin^2 B + 1730360 * \sin^4 B - 945460 * \sin^6 B))) \quad (34)$$

где x , y - плоские прямоугольные координаты, m ; B - геодезическая широта определяемой точки, рад; l - расстояние от определяемой точки до осевого меридиана зоны, рад, вычисляемое по формуле:

$$l = \{L - [3 + 6(n - 1)]\} / 57,29577951 \quad (35)$$

L - геодезическая долгота определяемой точки, градусы; n - номер шестиградусной зоны, вычисляемый по формуле

$$x = (x_o + X') - m5 * \cos a * Q1 - m5 * \sin a * (Q2 - Q3), \quad (37)$$

$$y = (y_o + Y') - \sin a * Q1 - m5 * \cos a * (Q2 - Q3), \quad (38)$$

$$X' = m5 * \cos a * dX + m5 * \sin a * dY, \quad (39)$$

$$Y' = m5 * \cos a * dY - m5 * \sin a * dX, \quad (40)$$

$$dX = X - X_o, \quad (41)$$

$$dY = Y - Y_o, \quad (42)$$

$$Q1 = dX * Y_o - (Y + dY) f, \quad (43)$$

$$Q2 = Y_o * 2 * dY * f, \quad (44)$$

$$Q3 = Y_o * (dX^2 - dY^2) * f, \quad (45)$$

где x_o , y_o , X_o , Y_o - координаты начального пункта соответственно в местной и государственной системах координат; $m5$ - масштабный коэффициент, т.е. соотношение длин линий в местной системе к линиям в государственной системе; a - угол разворота местной системы относительно государственной, X , Y и x , y - преобразуемые

- реализация итеративного процесса

$$s_1 = 0 \quad (29)$$

$$b = c + s_1 \quad (30)$$

$$S_2 = \arcsin\left(\frac{p * \sin(2b)}{\sqrt{1 - e^2 * \sin^2 b}}\right) \quad (31)$$

$$d = |s_2 - s_1| \quad (32)$$

Если модуль разности d равен или больше установленного значения (0.0001), то $B = b$, $H = D * \cos B + Z - a * \sqrt{1 - e^2 * \sin^2 B}$, $s_1 = s_2$ и вычисления повторяют с формулой (26). При преобразованиях координат в качестве допуска прекращения итеративного процесса принимают значение 0,0001".

Этап 4. Преобразование геодезических координат в плоские прямоугольные (СК-42 на эллипсоиде Красовского в плоские координаты проекции Гаусса-Крюгера)

$$n = E [(6+L)/6] \quad (36)$$

E [] - целая часть.

Этап 5. Конформное преобразование

Данное название условно, используется при установлении связи и выполнении преобразований государственной (СК-42, СК-95, СК-63) и местной систем координат. Конформное преобразование координат из государственной системы в местную выполняется по формулам:

$$x = (x_o + X') - m5 * \cos a * Q1 - m5 * \sin a * (Q2 - Q3), \quad (37)$$

$$y = (y_o + Y') - \sin a * Q1 - m5 * \cos a * (Q2 - Q3), \quad (38)$$

$$X' = m5 * \cos a * dX + m5 * \sin a * dY, \quad (39)$$

$$Y' = m5 * \cos a * dY - m5 * \sin a * dX, \quad (40)$$

$$dX = X - X_o, \quad (41)$$

$$dY = Y - Y_o, \quad (42)$$

$$Q1 = dX * Y_o - (Y + dY) f, \quad (43)$$

$$Q2 = Y_o * 2 * dY * f, \quad (44)$$

$$Q3 = Y_o * (dX^2 - dY^2) * f, \quad (45)$$

координаты соответственно в государственной и местной системах:

$$f = 0.5 * R_0 \quad (46)$$

где R_0 - радиус кривизны эллипсоида.

В итоге получаем координаты точки X и Y , на плоскости в местной системе координат.

Алгоритмы работы камерального исполнителя с приложением наглядно представляют основные этапы работы пользователя с системой (рис. 1). Для начала работы исполнитель должен войти пройти авторизацию, указав свой логин и пароль. Далее он может выбрать запуск локаль-

ного приложения, либо подключение к БД предприятия. При работе с БД ему доступны следующие действия: внесение изменений в межевое дело, исполнителем которого он является, формирование нового межевого дела, заполнение разделов межевых дел.

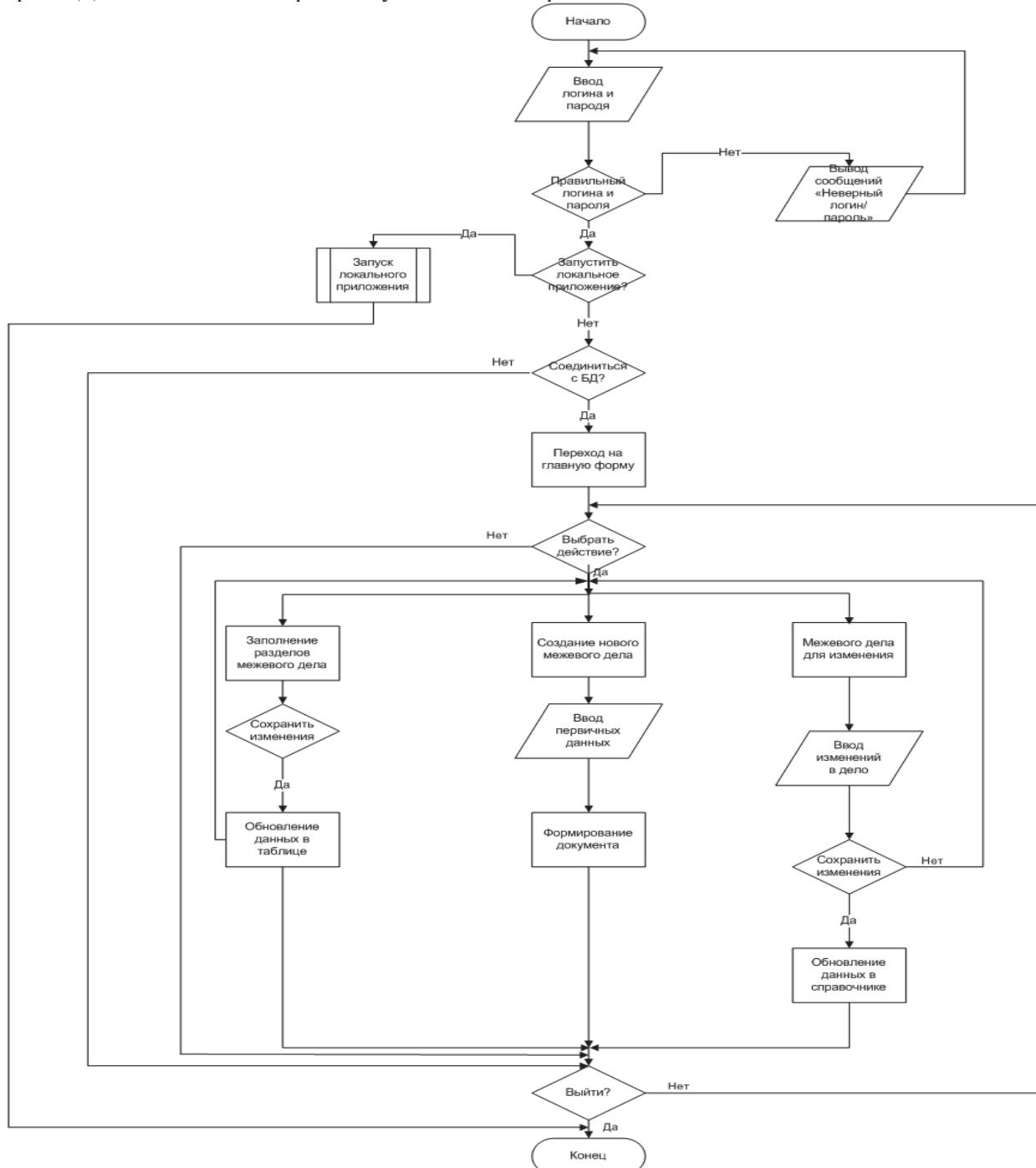


Рис. 1 Алгоритм «Работа камерального исполнителя»

Алгоритм работы начальника партии с приложением (рис. 2). После обязательной авторизации, он может выбрать справочник для изменения, назначить исполнителей согласно новым договорам на услуги, просмотреть информацию о выполняемых межевых делах, их исполнителях.

Применение разработанной информационной системы позволит создавать CSV-файл, переводить координаты из WGS-84 в СК-31, вести автоматический учет выполненных межевых дел, включая информацию о заказчике, исполнителе, оборудовании, оплате, информацию о хранимом межевом деле, путем ведения единой

БД экономистом, камеральными исполнителями, начальником партии.

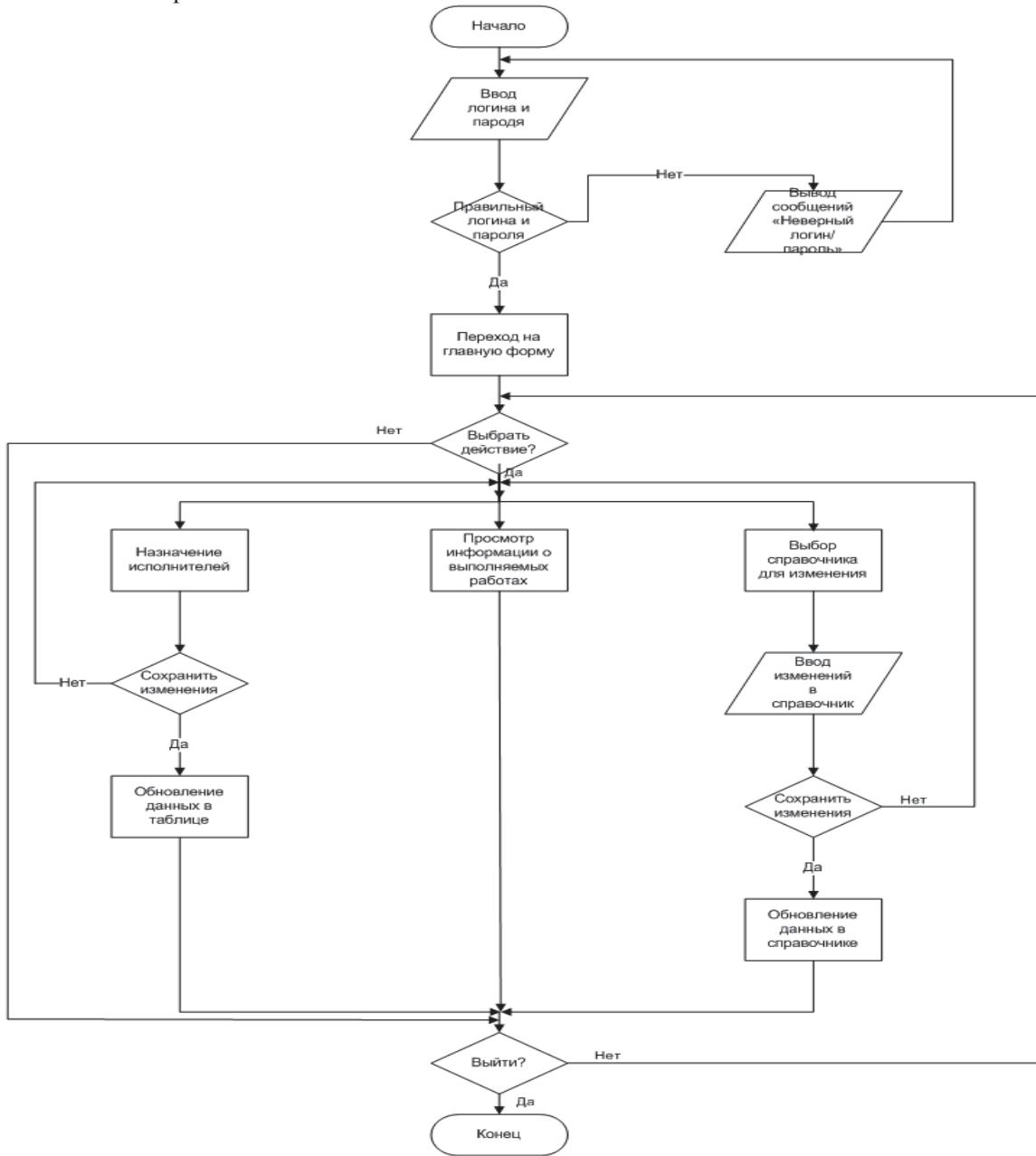


Рис. 2 Алгоритм «Работа начальника партии»

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акулов В.Б., Рудаков М.Н. Теория организации: Учебное пособие: ПетрГУ, 2006. 145 с.
2. ГОСТ 51794-2001. Системы координат. Методы преобразований координат определяемых точек. – М.: Госстандарт РФ, 2001. Бланшет Ж., Саммерфилд М. Qt 4: программирование GUI на C++. Пер. с англ. 2-е изд., доп. - М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2008. - 736 с.