

УДК 631.42.05; 631.171

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ АВТОМАТИЗАЦИИ КАРТИРОВАНИЯ ПОЛЯ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СПОСОБА ОТБОРА ПРОБ ПОЧВЫ

Васильев Сергей Иванович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: vasilev_si@ssaa.ru

Машков Сергей Владимирович, канд. экон. наук, доцент, зав. кафедрой «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: Mashkov_SV@ssaa.ru

Крючин Павел Владимирович, канд. техн. наук, доцент кафедры «Электрификация и автоматизация АПК», ФГБОУ ВО Самарская ГСХА.

446442, Самарская область, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная 2.

E-mail: Kruychin_PV@ssaa.ru

Ключевые слова: робот-пробоотборник, проба, почва, автоматизация, картирование.

Цель исследования – совершенствование способа отбора проб почвы путем автоматизации картирования поля. Недостатками существующих способов отбора проб почвы являются высокие затраты труда и времени на всех этапах выполнения исследований. Картирование поля осуществляется либо геодезическими методами и приборами, либо методами спутниковой картографии, однако во всех случаях анализ данных и работы по разметке участков на поле проводятся вручную. Недостатком является субъективность корректировки результатов картирования поля, также выполняемой вручную. Предлагаемый способ отбора проб почвы позволяет автоматизировать процесс картирования поля, т.е. расчета координат элементарных участков поля и координат точек входа роботизированных пробоотборников на данные участки, координат точек отбора проб на данных участках с учетом формы контура поля, параметров и ориентации координатной сетки, концентрации точек отбора проб, маршрута движения роботизированных пробоотборников между данными точками. По предлагаемому способу площадь поля делится на элементарные участки правильной (квадратной либо прямоугольной) или неправильной (с криволинейными границами) форм. Данные элементарные участки являются при этом ячейками

координатной сетки, накладываемой на карту поля. Ее параметры (шаг и азимут) задаются в начале картирования. Координаты точек отбора проб почвы на каждом элементарном участке и траектория их расположения определяются, исходя из формы конкретного участка по разработанным зависимостям. Предложенный способ отбора проб почвы подразумевает применение специального устройства для его осуществления – роботизированного пробоотборника, позволяющего производить отбор проб в автоматизированном режиме по заранее рассчитанным (в процессе картирования) координатам. Картирование поля и расчет координат всех характерных точек предлагается проводить на основе разработанных математических зависимостей и технологических схем автоматически, с применением систем навигации стандартов ГЛОНАСС или GPS.

THEORETICAL UNDERPINNING OF FIELDS MAPPING AUTOMATION FOR IMPROVEMENT OF THE WAY OF SOIL SAMPLING

Vasilyev S. I., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Electrification and automation of agriculture», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: vasilev_si@ssaa.ru

Mashkov S. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the department «Electrification and automation of agriculture», FSBEI HE Samara SAA.

446442, Samara region, settlement Ust'-Kinelsky, Uchebnaya street, 2.

E-mail: Mashkov_SV@ssaa.ru

Kruchin P. V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the department «Electrification and automation of agriculture», FSBEI HE Samara SAA.
446442, Samara region, settlement Ust'-Kinel'sky, Uchebnaya street, 2.
E-mail: Kruchin_PV@ssaa.ru

Keywords: robot sampler, test, soil, automation, mapping.

The study objective – is the improvement of sampling of the soil by automation of field mapping. High labour and time requirements at all stages of performance study is the shortcoming of existing ways of soil sampling. In particular, field mapping is carried out by both ways either geodetic methods and equipment, or Aerial Survey Cartography, however in all cases the analysis of data and work allotted to make quads in the field is carried out manually. Manual subjective correction of field mapping results is a disadvantage. The soil sampling way offered allows automating this process, i.e. calculation of coordinates of quads, its entry and sampling points for robotics taking into account a field contour form parameters and a coordinate grid positioning, concentration of sampling points, a traffic route of robotic samplers between these points. The area of the field is divided into quads of correct (square or rectangular) or wrong (with the bent borders) forms in regard to this method. These quads are at the same time, cells of the coordinate grid put on the map of the field. Its parameters (a step and an azimuth) are set at the beginning of mapping. Coordinates of sampling points of the soil, on each quad, and a trajectory of their location, are determined taking into account a form of the concrete quad by the offered dependences. The offered way of sampling of the soil envisages the use of a special device for its implementation – the robotic sampler taking into account (in the course of mapping) coordinates estimated prior to the work start and its performance automatically. Field mapping and coordinates calculation of all critical points is to be carried out on the basis of the developed mathematical dependences and technological schemes automatically, using navigation systems of GLONASS or GPS standards.

Исследования физико-механического состояния почвы и содержания некоторых химических элементов важны на всех этапах возделывания сельскохозяйственных культур. Например, обеспечивая нужный уровень влажности почвы в течении всего вегетационного периода, возможно существенно повысить урожайность. Однако, измерения влажности почвы весьма затруднительны на больших площадях.

Одними из наиболее трудоемких и затратных по времени, в процессе проведения исследований, являются операции картирования поля и отбора проб почвы.

Упомянутые операции проводятся преимущественно устаревшими методами с использованием ручного труда, это существенно повышает затраты времени и делает невозможным отбор множества проб (массовости). Таким образом, объективность и информативность исследования состояния почвы существенно снижается.

Известно множество способов картирования поля и определения координат точек отбора проб. Однако все они предполагают использование ручного труда как в процессе картирования, так и отбора проб.

Например, известен способ отбора проб для анализа почвы [1]. Данный способ отбора проб включает определение места, частоты, длительности отбора проб почвы на площадках по координатной сетке, с указыванием их номера и координаты, при этом, в каждом узле координатной сетки или ее части закладывают площадку отбора проб почвы симметричной формы с симметрично расположенными относительно ее границ рядами точек взятия проб. К тому же площадку отбора проб почвы закладывают размерами 2×2 м, а минимальное количество проб почвы равно девяти на одной площадке.

Данный способ довольно прост в применении, однако его недостатком является невозможность автоматизации процесса отбора проб или применения автоматизированных (роботизированных) устройств, так как потребуются высокие затраты труда и времени на осуществление разметки площадок на местности, их координирования и непосредственного отбора проб почвы ручными пробоотборниками. Эти же причины определяют невозможность осуществления массовости (множественности) отбора проб, что также является недостатком данного способа.

Для автоматизации процесса отбора проб почвы в Самарской ГСХА было разработано устройство «Автоматизированный почвенный пробоотборник с дистанционным управлением» [2].

Полезная модель относится к устройствам, предназначенным для точного и быстрого отбора

проб почвы, и может быть использована для контроля ее состояния. Устройство позволяет повысить эффективность процесса отбора проб, снизить затраты труда и времени на отбор проб за счет частичной автоматизации процесса работы или дистанционного управления данным устройством. Данный пробоотборник содержит самоходное шасси с приводным устройством, блок управления и контроля, пробоотборник для взятия проб почвы, конвейер для транспортирования проб почвы, систему связи и навигации, систему удаленного управления, а также совокупность датчиков, обеспечивающих соблюдение траектории движения пробоотборника и систему глобального позиционирования [2].

Описанный пробоотборник благодаря предложенной совокупности механизмов, устройств и датчиков позволяет сократить время отбора проб, снизить трудоемкость и частично автоматизировать процесс отбора проб почвы.

Недостатком данного устройства является невозможность полной автоматизации процесса отбора проб, так как оно не содержит программируемого устройства с анализатором сигналов всех датчиков, неспособно автоматизированно выполнять картирование поля, поэтому является дистанционно управляемым. Для управления им необходим оператор.

Наиболее совершенным, из известных, является «Усовершенствованный способ агрохимического обследования почв» [3].

Суть способа состоит в том, что он включает выделение контуров по результатам дистанционного зондирования полей с открытой (вспаханной) почвой на обработанных радиолокационных аэрокосмических снимках и перенесение контуров на карты землепользования. С помощью контуров выделяют элементарные участки для отбора почвенных образцов на бумажные носители и в натуре.

Контуров выделяют с помощью отраженных сигналов радиолокатора бокового обзора дециметрового диапазона длин волн и на основании коэффициента криволинейной корреляции, который определяют соотношением величины отраженного сигнала радиолокатора к агрохимическим показателям, судят о почвенном плодородии.

Данный способ даёт возможность корректировки точек отбора проб на основании данных радиолокации, что позволяет повысить адаптивность способа к различным условиям, однако он обладает и недостатками.

Недостатком известного способа является сложность подготовительных работ по картированию поля (радиолокационные измерения, обработка данных, выделение контуров плодородия и их определение на бумажном носителе и в натуре), это требует участия высококвалифицированных специалистов, больших затрат времени и труда, что приводит к невозможности проведения массового (множественного) отбора проб и составления карт плодородия почв [4].

Также недостатком данного способа является невозможность автоматизации картирования поля и процесса отбора проб почвы, т.к. определение координат точек отбора и их корректировка проводятся только вручную, на основе анализа данных радиолокации. Это существенно увеличивает время проведения картирования, отбора проб и трудоемкость данных операций.

В связи с этим возникает необходимость комплексного решения проблемы исследования физико-механического и химического состояния почвы путем обеспечения массовости отбора проб. Достичь этого возможно путем автоматизации операций картирования и непосредственного отбора проб почвы.

Цель исследований – совершенствование способа отбора проб почвы путем автоматизации картирования поля.

Задачи исследований – теоретически обосновать зависимости для расчета координат точек отбора проб на каждом из элементарных участков поля, с учетом формы его контура и концентрации точек отбора проб; раскрыть экономический эффект от автоматизации картирования поля по показателям затрат времени и труда на выполнение картирования.

Материалы и методы исследований. Исследования проводятся одновременно теоретическим и экспериментальным путем. На теоретическом этапе исследований разрабатываются математические зависимости, на основании которых возможно автоматизировать

операции по картированию исследуемого поля. Первоначально производится определение параметров координатной сетки: шаг и угол наклона (азимут), исходя из конфигурации поля и требований массовости отбора проб. На этом же этапе рассчитываются координаты элементарных участков поля (ячеек координатной сетки) методом комплексных чисел.

Далее на теоретическом этапе исследований рассчитываются координаты точек отбора проб. Для этого составляются расчетные схемы расположения точек отбора проб. Параметры расчетных схем зависят от конфигурации поля и составляются для квадратных (прямоугольных) участков, сходящихся (расходящихся) участков и других участков с криволинейными границами. При этом на криволинейных и сходящихся участках абсциссы точек отбора проб рассчитываются по методу срединных интервалов, а ординаты – по методу средних линий.

Экспериментальный этап исследований проводился на территории сельскохозяйственного предприятия «Орловка-Агро» Похвистневского района Самарской области, на небольшом участке поля площадью 6 га. Приблизительные (вследствие не прямолинейности границ) размеры участка поля 200x250 м, а периметр – 1121 м.

Исследование начинается с картирования поля. Для этого оператор объезжает поле с работающей мобильной навигационной системой, состоящей из высокоточного навигационного приемника «EZ-Guide-250», работающего по стандарту GPS/ГЛОНАСС и специальной программы «SMS Mobile», автоматически определяя и фиксируя координаты маршрута движения, а при возвращении в исходную точку (рис. 1, точка 1) создается контур поля, который сохраняется в памяти компьютера. Далее данные из навигационной системы передаются в ГИС-систему «SMS Advanced» и обрабатываются на персональном компьютере [8].

На этом этапе задаются параметры координатной сетки и проводится ее накладывание на полученный контур поля. Таким образом площадь поля делится на отдельные элементарные участки с координатами X_0 и Y_0 , на данных участках определяются координаты точек отбора проб на основании математических зависимостей, разработанных на теоретическом этапе исследований.

Как правило (по умолчанию) на каждом элементарном участке отбирается по 9 проб в 9-ти точках соответственно [5].

Таким образом, общая методика исследований подразумевает интеграцию теоретических исследований в экспериментальные.

Результаты исследований. В результате теоретических исследований получены математические зависимости для осуществления автоматизированного картирования поля и разработки электронного технического задания для пробоотборников. Зависимости позволяют рассчитать

координаты элементарных участков поля, координаты точек входа пробоотборников на данные участки и координаты точек отбора проб на каждом из участков. Также для применения роботизированных устройств для отбора проб почвы позволяют рассчитать траектории движения пробоотборников между точками отбора проб.

Для примера рассмотрим расчет координат на элементарных участках А и В. Параметры координатной сетки следующие – 50x50 м. Таким образом координаты участка А составят $X_0 = 100$ м, $Y_0 = 150$ м. Координаты участка В, соответственно $X_0 = 100$ м, $Y_0 = 200$ м (рис. 1). Координаты участков определены относительно базовой точки поля X_n , Y_n , координаты которой определяются навигационной системой.

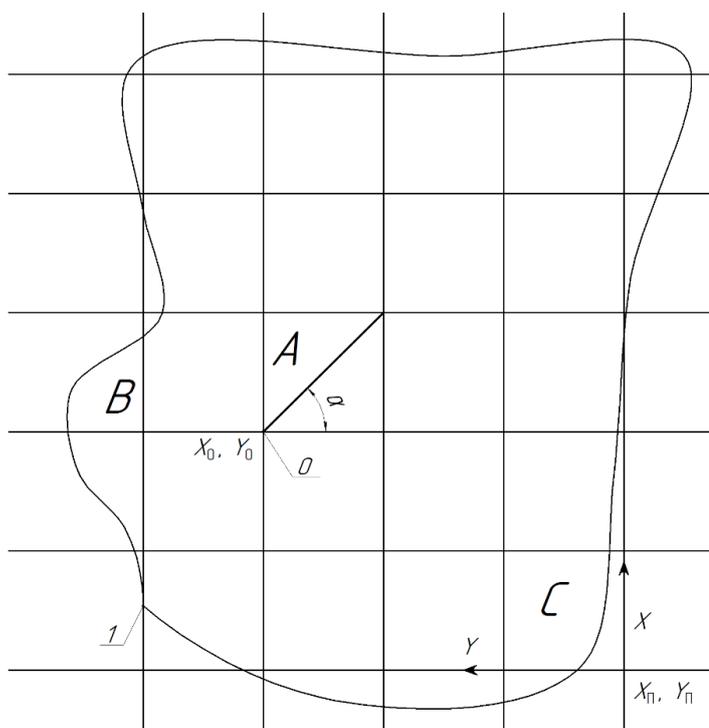


Рис. 1. Схема контура поля для определения координат элементарных участков

Элементарные участки координатной сетки могут иметь различную форму. Внутренние участки (участки координатной сетки, располагающиеся внутри поля и не прилегающие к его контуру) могут иметь квадратную либо прямоугольную форму (рис. 1, участок А). Участки, прилегающие к контуру поля, имеют одной из своих сторон криволинейную границу, т.е. имеют неправильную форму (рис. 1, участки В и С). Координаты расположения точек отбора проб и, соответственно, траектория движения пробоотборника к этим точкам и между точками определяются в этих случаях следующим образом.

Если элементарный участок имеет прямоугольную либо квадратную форму, то точки отбора проб располагаются по его диагонали (рис. 2).

Диагональ проводится из базовой точки данного участка (рис. 1, 2, точка «0»), она образует угол α с осью абсцисс. Далее в программе «SMS Advanced» проводится измерение длины этой диагонали и её разделение на k -е количество (k как правило равно 9-ти) одинаковых элементарных отрезков Δl . Точки отбора проб почвы располагаются строго по центрам полученных отрезков Δl .

Координаты точек отбора проб (точки 1; 2; 3 и т.д., рис. 1) рассчитываются относительно ранее определенных координат точки «0» – базовой точки или точки входа на элементарный участок [6].

Для прямоугольного (квадратного) участка расчет координат, проводится по следующим зависимостям (рис. 2):

$$X_n = X_0 + \Delta l \left[\frac{1}{2} + (n - 1) \right] \cos \alpha, \text{ м}, \quad (1)$$

$$Y_n = Y_0 + \Delta l \left[\frac{1}{2} + (n - 1) \right] \sin \alpha, \text{ м}, \quad (2)$$

где n – номер соответствующей точки отбора пробы (от 1 до k);

X_0, Y_0 – координаты базовой точки элементарного участка поля, м;

Δl – длина элементарного отрезка диагонали элементарного участка поля, м.

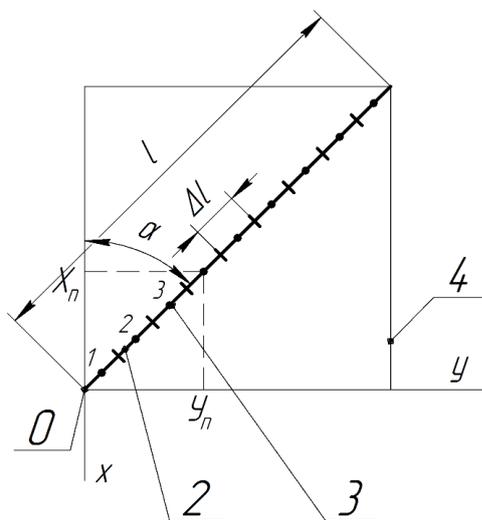


Рис. 2. Расчетная схема квадратного (прямоугольного) участка А

Тригонометрические функции также можно заменить соответствующими отношениями катетов (размеров координатной сетки)

$$X_n = X_0 + \left[\frac{1}{2} + (n - 1) \right] \frac{X}{k}, \text{ м,} \quad (3)$$

$$Y_n = Y_0 + \left[\frac{1}{2} + (n - 1) \right] \frac{Y}{k}, \text{ м,} \quad (4)$$

где X_0, Y_0 – координаты базовой точки «0» элементарного участка, м;

n – номер соответствующей точки отбора пробы (от 1 до k);

k – количество точек отбора проб на элементарном участке поля, шт.;

X, Y – размеры элементарного участка поля по осям абсцисс и ординат соответственно, м.

В данном случае (участок А) диагональ участка составит 70,71 м, а длина элементарного отрезка $\Delta l = 7,86$ м, $X = Y = 50$ м. Таким образом, координаты любой точки отбора проб на данном участке можно вычислить. Например, координаты точки 4 составят $X_4 = 119,45$ м, $Y_4 = 169,45$ м.

Если элементарный участок имеет криволинейную границу (сходящийся (рис. 3) или открытый (рис. 4), соответственно участки В и С (рис. 1)), то точки отбора проб располагаются на средней линии по ординатам криволинейного края.

Для определения их координат удобнее ось абсцисс совместить с наибольшей (или единственной) линией координатной сетки, к которой прилегает данный участок (рис. 3, 4). Таким образом достигается наибольшая эффективность исследования параметров почвы на участках неправильной формы.

Далее определяются координаты точек отбора проб, расположенных на средней линии участка, при этом координаты по осям абсцисс и ординат рассчитываются следующим образом.

Координаты по оси абсцисс рассчитываются последовательно от точки «0» входа на элементарный участок как средние точки каждого k -го элементарного отрезка Δl , равномерно распределенного по этой оси (рис. 4).

Например, координата конца первого элементарного отрезка ΔX , а его центра (первой точки отбора проб), соответственно X_1 . Тогда X_n – координата любой точки отбора проб на данном участке по оси абсцисс:

$$X_n = X_0 + \left[\frac{\Delta X}{2} + \Delta X(n - 1) \right], \text{ м,} \quad (5)$$

где ΔX – длина элементарного отрезка по оси абсцисс, м.

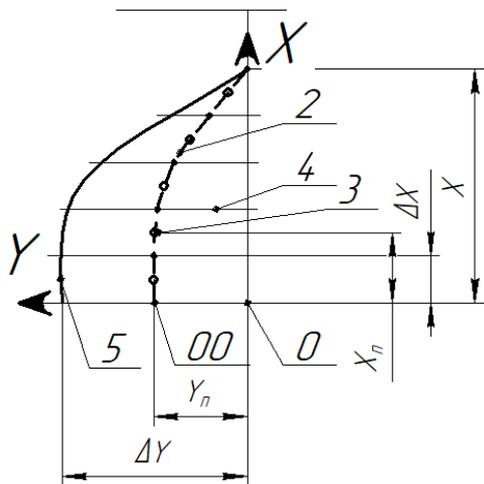


Рис. 3. Расчетная схема сходящегося (расходящегося) участка В

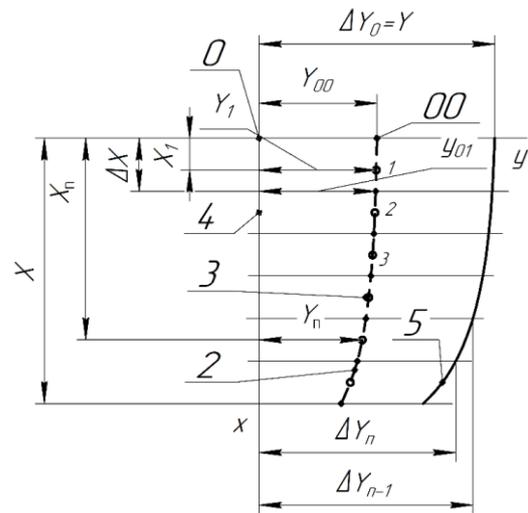


Рис. 4. Расчетная схема участка с криволинейной границей

С учетом того, что элементарный отрезок $\Delta X = X/n$, получим

$$X_n = X_0 + \frac{X(2n - 1)}{2k}, \text{ м}, \quad (6)$$

где X – размер элементарного участка поля по оси абсцисс, м.

Ординаты соответствующих n -х точек отбора проб Y_n из их количества k определяются по средней линии участка, то есть как среднее значение ординаты криволинейной границы, при соответствующем значении координаты по оси абсцисс X_n точки n :

$$Y_n = Y_0 + \frac{1}{2} [\Delta y_{(n-1)} + \Delta y_n], \text{ м}, \quad (7)$$

где $\Delta y_{(n-1)}$ – ордината криволинейной границы в начале элементарного n -го участка, м;

Δy_n – ордината криволинейной границы в конце того же элементарного n -го участка, м.

Например, для участка В, координата 5-й точки отбора проб составят (ординаты $\Delta y_{(n-1)} = 14$ м, $\Delta y_n = 1$ м) $X_5 = 136$ м, $Y_5 = 207,5$ м.

Таким образом рассчитываются координаты всех точек отбора проб на элементарном участке. Объединяя полученные точки, можно получить линию оптимальной траектории движения пробоотборника. В процессе отбора проб почвы необходимо двигаться по полученной средней линии криволинейного участка. Координаты точки входа на данные участки могут не совпадать с координатами самого элементарного участка (рис. 1, точка «0»), определяемыми в начале (при наложении координатной сетки). То есть, например, для участка С (рис. 4) координаты составят:

$$\begin{aligned} X_{00} &= X_0, \text{ м}, \\ Y_{00} &= Y_0 + \frac{\Delta Y_0}{2}, \text{ м}, \end{aligned} \quad (8)$$

где $\Delta Y_0 = Y$ – ордината нелинейного края в начале элементарного участка, м.

Таким образом, координаты точки входа на элементарный участок рассчитываются для каждого участка отдельно, но по одинаковому, выше представленному, алгоритму автоматизировано (по программе).

В результате такого картирования и координирования получается электронная карта поля с определенными координатами точек отбора проб.

Преимуществом данного способа является то, что корректировка координат точек отбора проб оператором, исходя из субъективных данных, не проводится, что повышает объективность проводимых исследований в целом.

Для оценки экономической эффективности автоматизации картирования по предлагаемому способу, необходимо определить экономию затрат времени и труда на выполнение картирования, в сравнении с традиционным методом.

Время выполнения картирования также существенно сокращается по сравнению с известными способами. Основные затраты времени по предлагаемому способу приходятся на объезд поля по контуру. В данном примере при движении оператора с наименьшей скоростью 10 км/ч (2,8 м/с) и длине контура 1121 м время объезда составит 6,67 минуты, дальнейший расчет координат осуществляется компьютером. В результате, общее время картирования, с учетом подготовительных работ оператора, составит не более 10 мин. В тоже время картирование по стандартной методике составит не менее 5 часов (300 мин) [9; 10]. Экономия времени не менее 97%.

Отбор проб возможно производить как вручную, так и с применением технических средств. Предложенный способ осуществляется с помощью специального устройства – автоматизированного робота-пробоотборника. Таким образом автоматизация процесса картирования поля позволяет существенно усовершенствовать способ отбора проб почвы без ручной корректировки координат оператором, повышая, тем самым, объективность исследований.

Заключение. В результате исследований теоретически обоснованы зависимости, используемые для автоматизации картирования поля, т.е. расчета координат точек отбора проб на каждом из элементарных участков с учетом формы контура участка (поля) и концентрации точек отбора проб. С экономической точки зрения автоматизация картирования позволяет существенно сократить время его выполнения (на 97%) по сравнению с известными (традиционными) методами. В результате картирования создается электронная карта поля, содержащая координаты точек отбора проб, элементарных участков и точек входа на них. Наличие такой карты позволяет осуществить отбор проб с помощью роботизированных технических средств, снизив, тем самым, трудоемкость работ на 70%, по сравнению с методами ручного отбора.

Библиографический список

1. Пат. 2485499 РФ, G01N33/24. Способ отбора проб для анализа почвы / Мазуркин П. М., Михайлова С. И., Тойшева Н. П. – № 2010132816/15 ; заявл. 04.08.10 ; опубл. 20.06.13, Бюл. №17.
2. Пат. 186042 U1 РФ, G01N 1/02. Автоматизированный почвенный пробоотборник с дистанционным управлением / Машков С. В., Котов Д. Н., Бекетов Я. М., Котрухова М. С. – № 2016117060 ; заявл. 28.04.16 ; опубл. 17.01.17, Бюл. №2.
3. Пат. 2102748 РФ, G01N33/24, G01S13/89. Усовершенствованный способ агрохимического обследования почв / Афанасьев Р. А., Благов А. В., Мейер О. Н. – №94004566/13 ; заявл. 08.02.94 ; опубл. 20.01.98, Бюл. №12.
4. Нугманов, С. С. ТЗ: оснаждающиеся перспективы / С. С. Нугманов, С. И. Васильев, М. В. Сазонов // Сельский механизатор. – 2007. – №3. – С. 22.
5. Нугманов, С. С. Новые устройства для агрооценки почвы / С. С. Нугманов, Т. С. Гриднева, С. И. Васильев, А. В. Иваськевич // Сельский механизатор. – 2011. – №11. – С. 10-11.
6. Нугманов, С.С. Совершенствование конструкции почвенного пробоотборника / С. С. Нугманов, Т. С. Гриднева, С. И. Васильев // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. – 2015. – №3. – С. 55-60.
7. Васильев, С. И. Комбинированное устройство для комплексного измерения твердости и влажности почвы // Вклад молодых ученых в аграрную науку Самарской области : сб. науч. тр. – Кинель : РИЦ СГСХА, 2011. – С. 96-99.
8. Картирование полей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://egps.ru/news/kartirovanie-polei/>.
9. Методика разработки схемы землеустройства района. Подготовительные работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kadastrua.ru/zemleustroitelnoe-proektirovanie/771-metodika-razrabotki-skhemy-zemleustrojstva-rajona-podgotovitelnye-raboty.html>.
10. АгроГИС – инновационный инструмент для принятия бизнес-решений в растениеводстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agrobusiness.livejournal.com/tag/gps>.

References

1. Mazurkin, P. M., Mikhaylova, S. I., & Toysheva, N. P. (2013). Sposob otbora prob dlya analiza pochvy [A way of sampling for the analysis of the soil] *Patent 2485499 Russian Federation, G01N33/24, № 2010132816/15* [in Russian].
2. Mashkov, S. V., Kotov, D. N., Beketov, Ya. M., & Kotrukova, M. S. (2017). Avtomatizirovanniy pochvennyy probotobornik s distancionnym upravleniem [The automated soil sampler with remote control] *Patent 186042U1 Russian Federation, G01N1/02, № 2016117060* [in Russian].
3. Afanasyev, R. A., Blagov, A. V., & Meyer, O. N. (1998). Usovershenstvovanniy sposob agrohimicheskogo

obsledovaniya pochv [Advanced way of agrochemical inspection of soils] Patent 2102748 Russian Federation, G01N33/24, G01S13/89, № 94004566/13 [in Russian].

4. Nugmanov, S. S., Vasilyev, S. I., & Sazonov, M. V. (2007). TZ: obnadezhivayushchie perspektivy [TZ: the encouraging prospects]. *Seliskiy mekhanizator – Selskiy Mechanizator*, 3, 22 [in Russian].

5. Nugmanov, S. S., Gridneva, T. S., Vasilyev, S. I., & Ivaskevich, A. V. (2011). Novye ustroystva dlya agrootsenki pochvy [New devices for soil agroassessment]. *Seliskiy mekhanizator – Selskiy Mechanizator*, 11, 10-11 [in Russian].

6. Nugmanov, S. S., Gridneva, T. S., & Vasilyev, S. I. (2015). Sovershenstvovanie konstruksii pochvennogo probobornika [Improvement of a design of the soil sampler]. *Izvestiya Samarskoi gosudarstvennoi selskohozyaistvennoi akademii – Bulletin Samara state agricultural academy*, 3, 55-60 [in Russian].

7. Vasilyev, S. I. (2011). Kombinirovannoe ustroystvo dlia kompleksnogo izmereniia tverdosti i vlazhnosti pochvy [The combined device for complex measurement of hardness and humidity of the soil]. The contribution of young scientists to agrarian science of the Samara region '11: *sbornik nauchnykh trudov – collection of proceedings*. (pp. 96-99). Kinel: RITS Samarskoi GSKHA [in Russian].

8. Kartirovanie polei [Mapping of fields]. *egps.ru/news*. Retrieved from <http://egps.ru/news/kartirovanie-polei/>.

9. Metodika razrabotki skhemy zemleustrojstva raiona. Podgotovitelnye raboty [Technique of development of the scheme of land management of the area. Preparatory work]. *kadastrua.ru*. Retrieved from <http://kadastrua.ru/zemleustroitelnoe-proektirovanie/771-metodika-razrabotki-skhemy-zemleustrojstva-raiona-podgotovitelnye-raboty.html>.

10. AgroGIS – innovatsionnyi instrument dlya priniatiya biznes-resheniy v rastenievodstve [AgroGIS – the innovative tool for adoption of business solutions in crop production]. *Agrobusiness.livejournal.com/tag/gps*. Retrieved from <https://agrobusiness.livejournal.com/tag/gps>.