УДК 630*182.58

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ДЕРЕВЬЕВ И ПНЕЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ЛЕСНОЙ ТЕМАТИЧЕСКОЙ КАРТЫ

Русинова Н.В., Мазуркин П.М.

Марийский государственный технический университет, Йошкар-Ола, e-mail: kaf_po@mail.ru

Предложенная методика позволяет выполнять сбор точной информации о расположении объектов лесного участка, создавать во времени ряд тематических лесных карт для оценки динамики роста и развития деревьев с целью повышения качества проводимого ухода за лесом.

Ключевые слова: участок леса; GPS; геоинформационная система; электронная карта

TECHNIQUE OF DEFINITION OF A SITE OF TREES AND STUBS FOR CONSTRUCTION OF A WOOD CARD

Rusinova N.V., Mazurkin P.M.

Mari state technical university, Yoshcar-Ola, e-mail: kaf_po@mail.ru

The offered technique allows to carry out gathering of the exact information on an arrangement of objects of a forest plot, to create in time a number of thematic wood cards for an estimation of dynamics of growth and development of trees for the purpose of improvement of quality of spent care by wood.

Keywords: wood site; GPS; geoinformation system; electronic card

Измерение таксационных и картографических показателей объектов лесного участка (выдела, делянки) выполняется по способу [3], включающему выбор базовой точки; измерение расстояния до учетного дерева; выбор наблюдаемой характерной точки на учетном дереве; вычисление угла поворота и угла наклона наблюдаемой характерной точки учетного дерева от нуль-пункта; вычисление ширины и высоты до наблюдаемой характерной точки учетного дерева от нуль-пункта. Геодезическую привязку нуль-пункта выполняют относительно середины диаметра корневой шейки учетного дерева, а координаты наблюдаемых характерных точек учетного дерева измеряются относительно нуль-пункта по координатной сетке с началом в середине диаметра корневой шейки.

При этом измерения и обработка данных измерений имеют высокую погрешность, возникающую, *во-первых*, при определении и увязке координат деревьев и пней; *во-вторых*, при нанесении их на карту участка леса. В связи с чем сложно получить достоверную электронную карту взаимного расположения оставленных после рубок деревьев и пней.

Целью предлагаемой методики [4, 5] является повышение точности измерений расстояний между пнями и оставленными после проведения рубок ухода (прореживания и проходных рубок) деревьями для определения взаимоувязанных координат объектов участка и построения правильной тематической лесной карты всего выдела или делянки.

Подготовительные работы. Выполнить оценку размещения деревьев и пней по всей площади выдела достаточно сложно. В связи с этим предлагается территорию исследуемого участка условно разделить на ленты размерами 10×20 м (рис. 1).

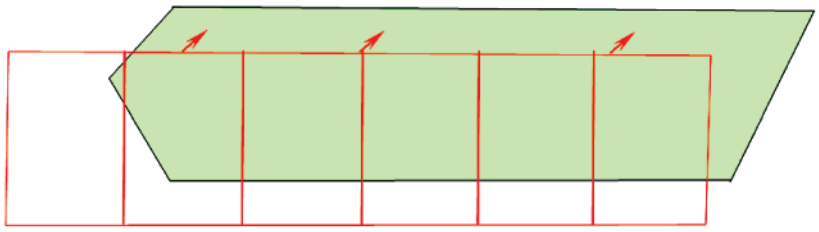

Рис. 1. Схема совмещения выдела и аналитической сетки

На каждой ленте окажется конкретное число деревьев и пней, расположение которых можно картографировать с помощью GPS [6] и геодезического оборудования (рис. 2).

Использование GPS–приемников в лесном хозяйстве заключается в привязке опорных точек на местности. Погрешности от лесной растительности устраняются посредством подбора соответствующих мест

расположения опорных точек, а при возможности с помощью незначительной расчистки этих мест от растительности.

За опорные точки на пробной площади рядом с учетными деревьями принимаются два пня, расположенные на расстоянии соответственно 15 и 45 м от края лесной дороги в глубь участка. Дополнительно позиционируются дорога и границы лесосеки для привязки к квартальной сетке в ГИС. Над базовой опорной точкой устанавливают штатив с триггером для выравнивания линий визирования в горизонтальной плоскости. Затем на штатив с триггером монтируют GPS-приемник [6]. При этом для точного измерения местоположений смежных базовых опорных точек устанавливают не менее двух GPS-приемников. После окончания процесса спутникового наведения GPS-приемников демонтируют со штативов, а на их место устанавливают буссоли с лазерными рулетками.

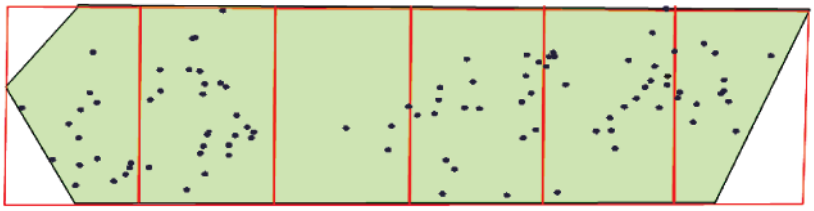

Рис. 2. Схема совмещения выдела с исследуемыми объектами и аналитической сетки

Основные работы. Луч лазерной рулетки направляют на дерево и совмещают с его вертикальной осью. У пней за вертикальную ось принимают вешку или шест, устанавливаемые на центр годичных колец. После этого по рулетке определяют расстояние до исследуемых объектов. По горизонтальному кругу теодолита снимаются отсчеты для определения угла между базовой линией и линией, соединяющей опорную точку с центром картографируемого дерева (пня), и проводится сплошной перечет всех деревьев и пней (рис. 3).

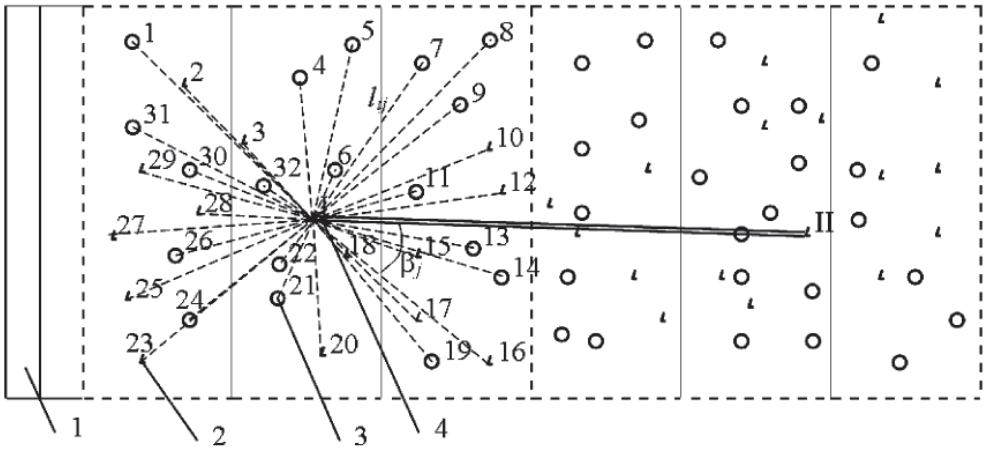

Рис. 3. Пробная площадь:
1 – лесная дорога; 2 – пень; 3 – растущее дерево; 4 – центральный пень; 1, 2, …, 32 – номер дерева или пня на ленте; lij – расстояния между объектами, м; bi – угол между базисной линией и направлением на центр картографируемого дерева (пня)

Одновременно определяют координаты второй опорной точки точно ориентированным на север и отцентрированным GPS–приемником, установленным на геодезический штатив с триггером. Работы выполняются в статическом режиме, поэтому время на каждую станцию по определению координат составляет от 15 до 45 минут. Продолжительность съемки под пологом леса в большинстве случаев зависит от высоты расположения и сомкнутости крон деревьев, то есть чем больше просветов между кронами и чем меньше угол связи спутника и GPS, тем сбор информации по времени осуществляется быстрее.

При наведении двумя GPS-приемниками (рис. 3) образуется линия увязки станций спутникового наведения. Координаты базовых опорных точек вычисляются с высокой точностью спутникового наведения двумя GPS-приемниками. После уточняющих поправок получаются координаты (рис. 4) каждой базовой опорной точки с GPS-приемником.

объект 50/48
позиция 1, превышение 1,2985 м
00221740 Не обработано Полевые

WGS84 (метры)	СК42 (метры)	zona 8 (метры)
X: 2395325.710	Шир.: С 56 08 20.11711	**В: 670593.191**
Y: 2636369.311	Дол.: В 47 44 39.78680	**С: 6227533.663**
Z: 5273145.595	**Выс.: 71.400**	Conv: 2 16 46.04577
	Отм.: 61.938	Grid Scale: 1.00035679

объект 51/36
позиция 2, превышение 1,3135 м
00221738 Не обработано Полевые

WGS84 (метры)	СК42 (метры)	zona 8 (метры)
X: 2395078.691	Шир.: С 56 08 24.84929	**В: 670808.257**
Y: 2636426.051	Дол.: В 47 44 52.58357	**С: 6227688.762**
Z: 5273223.330	**Выс.: 66.805**	Conv: 2 16 56.80607
	Отм.: 57.343	Grid Scale: 1.00035769

Рис. 4. Уточненные координаты базовых точек

Предварительной разметки границ пробной площадки (20×60 м) с помощью мерной ленты и колышек не требуется. Разметка границ выполняется в процессе работы с помощью лазерной рулетки, скрепленной с теодолитом и установленной на штатив над пнем. Для этого измеряются расстояния до исследуемых объектов (деревьев, пней), расположенных в пределах 18 м от опорной точки (пень). Таким образом, одновременно с картографированием и изучением растительности происходит закладка пробной площадки, что позволяет исключить трудозатраты на подготовительно–вспомогательные работы.

Дополнительные работы. В процессе измерения расстояния от опорной точки до деревьев или пней, «закрытых» другими деревьями, необходимо привязываться к близрастущим деревьям (пням) (рис. 5).

Для определения длины линии I3 измеряют расстояние между объектами № 2 и № 3, № 1 и № 3, № 1 и № 2.

Длину линии I3 (см. рис. 4) вычисляют по теореме косинусов

$$L_{I3} = \sqrt{L_{32}^2 + L_{I2}^2 - 2 \cdot L_{32} \cdot L_{I2} \cdot \cos\beta}, \quad (1)$$

где L_{I3}, L_{I2}, L_{32} – расстояние между объектами с учетом поправок, м; β – угол, образованный линиями I2 и 23, и рассчитываемый по формуле

$$\beta = \beta_{321} + \beta_{I21}, \quad (2)$$

где β_{321}, β_{I21} – углы при объекте 2 соответственно в треугольниках 321 и I21, град.

Значения углов вычисляют по теореме косинусов

$$\beta_{321} = \arccos\left(\frac{L_{12}^2 + L_{32}^2 - L_{13}^2}{2 \cdot L_{12} \cdot L_{32}}\right), \quad (3)$$

где l_{I1}, l_{I2}, l_{I3} – измеренное расстояние от опорной точки до объектов 1, 2, 3 соответственно; l_{12}, l_{23}, l_{13} – расстояние между соседними исследуемыми объектами; β_{321}, β_{I21} – углы

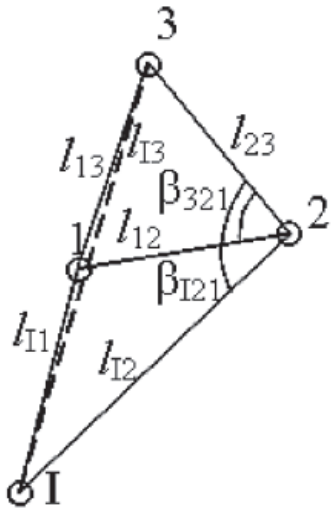

Рис. 5. Схема определения расстояния до «недоступных» деревьев или пней

Вычисленные расстояния используются в расчетах координат деревьев и пней.

Обработка и конвертация данных в ГИС. Исходной информацией для конвертации данных в ГИС по местоположению деревьев и пней является электрон-

ный журнал координат станций (рис. 4), журнал вычислений дирекционных углов и расстояний от опорных точек до деревьев и пней, а также журнал таксационных характеристик деревьев и пней. Данные этих журналов вносятся в электронные таблицы Exsel в форме, представленной на рис. 6.

номер дерева	описание	порода	диаметр, см						высота, м	магнитный азимут			
52-25 РО			с-ю		з-в		среднее			гд		пд	
Описание выдела			в коре	без коры	в коре	без коры	в коре	без коры		градусы	минуты	градусы	минуты
станция 1		С	24,0	18,0	24,0	17,0	24,0	17,50	0,18				
1,0		С	43,0		42,0		42,5	0,00	29,00	51	60	231	50
2,0		С	39,0		38,5		38,8	0,00	22,00	66	30	246	25
3,0		С	37,5		37,0		37,3	0,00	25,00	70	20	250	15
4,0		С	38,5		43,0		40,8	0,00	22,50	74	35	254	30
5,0		С	40,0		44,0		42,0	0,00	27,50	80	60	260	55
6,0		С	40,0		44,0		42,0	0,00	27,50	84	35	264	30
7,0		С	42,0		43,0		42,5	0,00	29,00	94	60	274	55
8,0		С	43,0		41,0		42,0	0,00	22,00	100	5	280	0
9,0		С	37,0		36,5		36,8	0,00	24,00	120	25	300	25
10,0		С	49,0		47,0		48,0	0,00	25,00	128	60	308	55

	румб			расстояния до деревьев, м			Приращение, м		Координаты, м	
	направление	градусы	минуты	без учета поправки и радиуса	поправка, м	с учетом поправки и радиуса	по X	по У	X	У
среднее										
									6227649,831	8672336,091
55	св	50	0	14,075		14,288	8,813	11,246	6227658,644	8672347,337
28	св	65	0	19,674		19,868	7,936	18,214	6227657,767	8672354,305
18	св	68	30	11,340		11,526	3,887	10,851	6227653,718	8672346,942
33	св	72	30	15,477		15,681	4,180	15,113	6227654,011	8672351,204
58	св	79	30	19,292		19,502	3,066	19,260	6227652,897	8672355,351
33	св	84	0			23,720	2,257	23,612	6227652,088	8672359,703
58	юв	87	0	6,861		7,074	-0,611	7,047	6227649,220	8672343,138
3	юв	81	30	11,330		11,540	-2,012	11,363	6227647,819	8672347,454
25	юв	61	30	17,680		17,864	-9,043	15,406	6227640,788	8672351,497
58	юв	53	0	16,430		16,670	-10,480	12,963	6227639,351	8672349,054

1

Рис. 6. Общая структура данных в электронной таблице (кружком выделены координаты станции GPS)

В таблице Exsel производится расчет координат *X* и *Y* по деревьям и пням относительно каждой станции на исследуемой постоянной пробной площадке по известным из геодезической практики зависимостям с учетом магнитного склонения и поправок на диаметры деревьев [2]. Для того, чтобы вставить этот массив данных в ГИС «Карта 2000», был создан модуль конвертации данных в MS Access, в котором выполняли формирование текстового документа обменного формата **.txf* для данной ГИС. На основе этого файла получается электронная карта с нанесенными на ней деревьями, пнями и позициями станций GPS-приемника (фрагмент электронной карты показан на рис. 7).

Для последующего моделирования размещения деревьев и пней на созданную карту при помощи программных приложений ГИС «Карта 2000» накладывается пробная площадь в виде прямоугольника, разделенного шестью лентами 10×20 м (рис. 8).

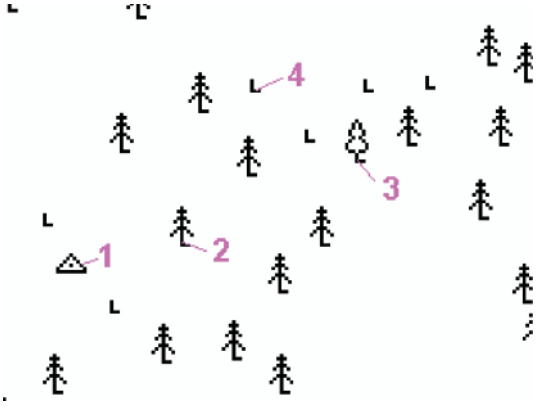

Рис. 7. Вид карты расположения деревьев и пней в ГИС «Карта 2000»: 1 – станция, пень, положение GPS-приемника; 2 – дерево хвойных пород; 3 – дерево лиственных пород; 4 – пень

При этом возможны различные случаи:

а) разбивка лесного участка на места со вновь закладываемыми постоянными

пробными площадками, тогда потребуется вынесение координат пробной площадки с электронной карты на натуру с использованием геодезической съемки и забивки колышек по вершинам лент, начиная с края лесной дороги;

б) с помощью GPS-приемника определение координат вершин лент существующее пробной площадки и занесение их в ГИС;

в) проверка правильности размещения существующих пробных площадок на выделе или делянке.

Рис. 8. Схема пробной площадки и её лент с деревьями и пнями на электронной карте

На электронной карте пробной площади можно подсчитать количество деревьев и пней на лентах и восстановить границы биогруппы деревьев до рубки. Можно проверить сохранность буферной зоны вокруг этой биогруппы.

Для повышения функциональных возможностей тематической лесной карты в ГИС выдела даются параметры по каждому дереву, например, диметре и высоте (рис. 9).

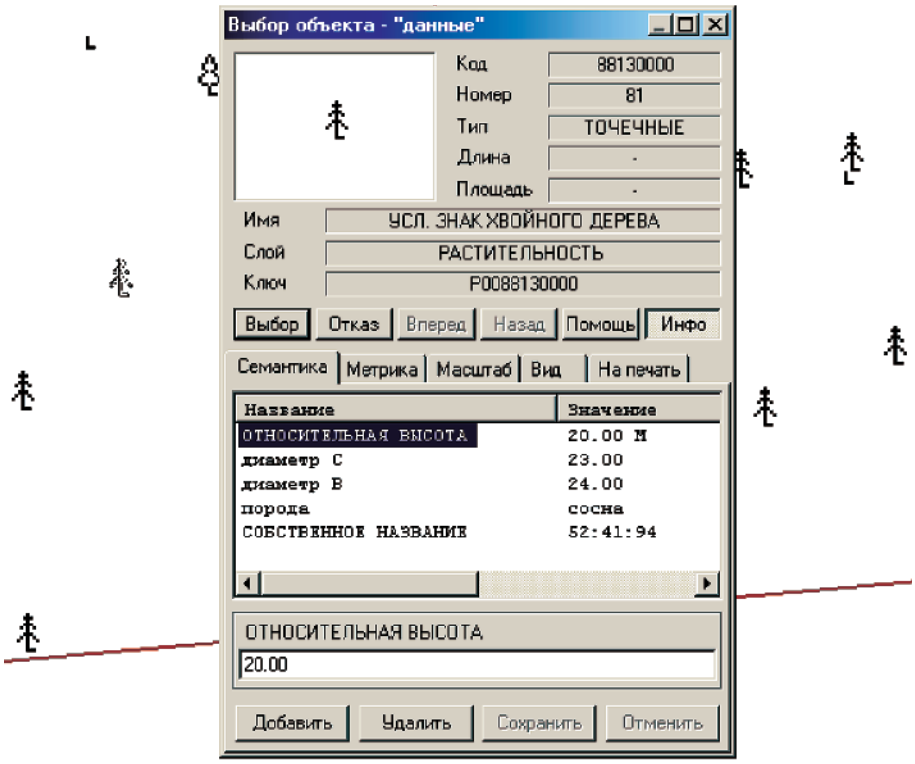

Рис. 9. Панель семантической информации по объекту электронной карты

Поправки, вводимые при вычислении. Для точного картирования деревьев и пней на участке леса необходимо измерять расстояния между центрами объектов геодезического измерения.

В полевых условиях с помощью приборов (мерная лента, рулетка) можно замерять расстояния (горизонтальные проложения) от коры одного дерева до коры другого. Аналогичная ситуация появляется и при измерениях расстояний между деревьями лазерной рулеткой. В связи с этим необходимо увеличивать длину линий между исследуемыми объектами на сумму радиусов деревьев.

$$l_{ij} = l_{\text{изм}} + (R_i + R_j), \qquad (4)$$

где l_{ij} – расстояние между деревьями с учетом поправки, м; $l_{\text{изм}}$ – измеренное расстояние между деревьями, м; R_i, R_j – радиусы деревьев, м.

Диаметры срубленных деревьев на высоте 1,3 м вычисляют приближенно по формуле (если по способу измерения были выполнены на выделе еще до рубки деревьев, то такие расчеты не выполняются, а принимаются результаты прошлых измерений) [1]:

$$D_{1,3} = D_{\text{пня}} - \frac{D_{\text{пня}} \cdot k}{100}, \qquad (5)$$

где $D_{\text{пня}}$ – диаметр пня, м, см; k – процент разности между диаметром пня и диаметром ствола на высоте 1,3 м, который определяют по уравнению проф. К.Е. Никитина

$$k = 52,5 \cdot \lg\left(1 + \frac{1-x}{0,26}\right), \qquad (6)$$

где x – расстояние от нижнего среза ствола до соответствующего сечения, вычисляемое следующим образом, по формуле

$$x = 1 - \frac{h_{\text{пня}}}{1,3}, \qquad (7)$$

где 1,3 – высота дерева, у которого определяется диаметр, м; $h_{\text{пня}}$ – высота пня, м.

В программном обеспечении ГИС предусмотрен пересчет расстояний, диаметров и высот с учетом поправок.

При мониторинге в каждой серии измерений на постоянной пробной площади повторяют замеры таксационных показателей, отмечают изменения в растительном сообществе. Это позволяет создавать во времени ряд тематических лесных карт и ГИС в динамике роста и развития деревьев, идентифицировать устойчивые закономерности поведения деревьев и сравнивать их с фитопатологическими испытаниями растущих деревьев.

Методика применима в мониторинге лесов при оценке качества рубок ухода в молодняках, средневозрастных и приспевающих древостоях; для обоснования экологических требований и выбора рациональных технологических процессов рубок ухода (в частности, прореживания и проходных рубок); при экологической сертификации особо охраняемых территорий (парки, заповедники, зоны отдыха и туризма, природные памятники и др.).

Подробнее о моделировании: набрать в Google «Мазуркин Петр Матвеевич»
Статья подготовлена и опубликована при поддержке гранта 3.2.3/12032 МОН РФ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анучин Н.П. Лесная таксация. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 552 с.

2. Буденков, Н.А., Нехорошков П.А. Курс инженерной геодезии / Н.А. Буденков, П.А. Нехорошков. – М.: МГУЛ, 2004. – 340 с.

3. Способ измерения учетного дерева: Пат. 2224418 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 23/02. / Мазуркин П.М., Кошкина Т.А. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. № 2002116082/12; заявл. 18.06.02; опубл. 27.02.04, Бюл. № 6..

4. Способ измерения выдела леса для электронной тематической лесной карты: Пат. 2378823 Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). / Русинова Н.В., Мазуркин П.М., Фадеев А.Н. (РФ); заявитель и патентообладатель Марийск. гос. техн. ун-т. №2007145980/12; заявл. 10.12.2007; опубл. 20.01.2010. Бюл. № 2.

5. Способ построения элекронной карты выдела или делянки: Пат. 2399196 Российская Федерация, МПК А 01 G 23 / 00 (2006.01). / Русинова Н.В., Мазуркин П.М. (РФ); заявитель и патентообл. Марийск. гос. техн. ун-т. №2007145523/21; заявл. 07.12.2007; опубл. 20.09.2010.

6. Stratus – GPS приемник и система сбора данных: рук. по эксплуатации // POINT, Inc. – 2002. – 137 с.