

УДК 630: 659.25

## ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ДРЕВЕСНЫХ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ

В.К. ХЛЮСТОВ<sup>1</sup>, М.М. УСТИНОВ<sup>1</sup>, д.в. хлюстов<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева;<sup>2</sup> ФГУП Рослесинфорг)

*Представлена принципиально новая информационно-справочная система лесотаксационных нормативов комплексной оценки древесных ресурсов насаждений разного породного состава, возраста, полноты, бонитета древостоев и типов лесорастительных условий. Повсеместно применяемые лесотаксационные нормативы в виде таблиц хода роста сомкнутых (полных) чистых по составу древостоев, стандартных, сортиментных, товарных таблиц и таблиц распределения числа деревьев по ступеням толщины условны не имеют экологической основы и не в состоянии отразить всего многообразия комбинаций породного состава, пространственной и возрастной структуры древостоев. Устранить эти недостатки позволяет единый системный комплекс электронных лесотаксационных нормативов текущей актуализации таксационных показателей древостоев.*

*Текущая актуализация таксационных показателей осуществляется на момент проведения инвентаризации древостоя и служит основой для прогнозирования прироста показателей элементов леса на заданный период упреждения от начального (текущего) возраста. Информационно-справочная система включает в себя многомерные статистические модели роста, строения, общей древесной, товарной и биологической продуктивности древостоев по элементам леса и позволяет имитировать возможную характеристику древостоев по 45 показателям при наличии пяти элементов леса. Входом в систему являются следующие показатели: тип лесорастительных условий, бонитет, полнота, доля породы в составе древостоя, возраст деревьев по элементам леса.*

*Интерфейс системы прост в управлении и позволяет получить полную таксационную характеристику конкретного древостоя в табличной форме, а также визуализировать по элементам леса многомерные закономерности объемообразующих показателей деревьев, категорий крупности древесины от толщины деревьев. Представить взаимосвязи средних значений показателей роста от пространственной, породной и возрастной структуры древостоев. Важным элементом системы является табличное представление и визуализация распределения числа деревьев, суммы площадей сечений, обезличенного запаса и запаса по категориям крупности древесины, дров, отходов, показателей биомассы стволов деревьев, ветвей, коры, хвои (листьев) по 10 классам толщины деревьев.*

*Методические указания по составлению электронных лесоводственно-таксационных нормативов текущей актуализации таксационных показателей древостоев по элементам леса сведены к постановке задачи, основанию для разработки, назначению разработки, требованию к функциональным характеристикам, требованию к надежности, условиям эксплуатации, к составу и параметрам технических средств, требованию к информационной и программной совместимости, а также к программной документации. Приведена концептуальная модель системы, архитектура программной системы, конструирование пользовательского интерфейса.*

*Ключевые слова: информационно-справочная система единого комплекса лесотаксационных нормативов, элементы леса, экологические условия местопроизрастания, статистические модели.*

Инвентаризация всего многообразия древостоев по породной, возрастной, пространственной (вертикальной и горизонтальной) структуре, произрастающих в различных типах лесорастительных условий, требует знания широкого спектра многомерных закономерностей формирования насаждений. Просуществовавшая более 150 лет теория хода роста древостоев уже по многим лесоводственно-таксационным и экологическим критериям не отвечает современным требованиям инвентаризации лесов.

Очевидным является и то, что возрастная динамика таксационных показателей конкретных древостоев не описывается принятой в таксации теорией хода роста. Каждый конкретный древостой в зависимости от исходной таксационной характеристики в начальном возрасте имеет на интересующий нас период упреждения присущие лишь ему изменения таксационных показателей [2]. Это подтверждается многолетними наблюдениями за постоянными пробными площадями, заложенными А. Шваппахом в Германии [3, 4], М.К. Турским, В.Т. Собичевским, В.П. Тимофеевым на Лесной опытной даче РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева [1], материалами постоянных пробных площадей Санкт-Петербургского НИИ лесного хозяйства и др.

Совершенствование экологических лесоводственно-таксационных нормативов прогнозирования роста, строения, общей, товарной и биологической продуктивности должно базироваться на достоверной информации об исходном состоянии древостоев в начальном возрасте каждого элемента леса. Получить такую информацию позволяет электронно-справочная система, разработанная или адаптированная для конкретного региона или субъекта РФ. Так, для лесов Московской области авторами разработана электронно-справочная система лесотаксационных нормативов инвентаризации древостоев по элементам леса (ИСС).

Запуск системы расчета таксационных показателей, отображающих состояние отдельных элементов леса древостоя на текущий момент времени, осуществляется после заполнения загрузочной панели. После выбора региона (Московская область) в систему подгружаются зональные многомерные модели, позволяющие имитировать взаимосвязи 43 расчетных таксационных показателей с пятью значениями независимых переменных, а именно: бонитетом (II); типом лесорастительных условий (ГЛУ) (СЗ); полнотой (1,0); возрастом (40 лет) и долевым участием древесной породы в составе древостоя (2С2Е2Лп2Б20с) (рис.1).

Правильное заполнение загрузочной панели контролируется записью: «Данные верны».

Введенная в панели исходная таксационная характеристика древостоя после нажатия кнопки «Рассчитать» указывается в окне «Основные таксационные показатели» (рис. 2). Наряду с этим по элементам леса показаны средние и итоговые значения таксационных показателей, характеризующих древостой с позиций общей, товарной, биологической продуктивности, углерода из всех фракций фитомассы.

При активировании кнопки «Строки» система выдает окно распределения каждого из 43 таксационных показателей по 10 классам толщины деревьев по элементам леса (рис. 3). Таким образом, впервые в предложенной ИСС нормативов удалось объединить теоретические положения лесной типологии с лесотаксационными закономерностями показателей роста, строения, сортиментации, общей, товарной и биологической продуктивности древостоев. Графическая визуализация многомерных закономерностей текущей актуализации таксационных показателей по тематическим разделам представлена на рис. 4, 5, 6 и 7.

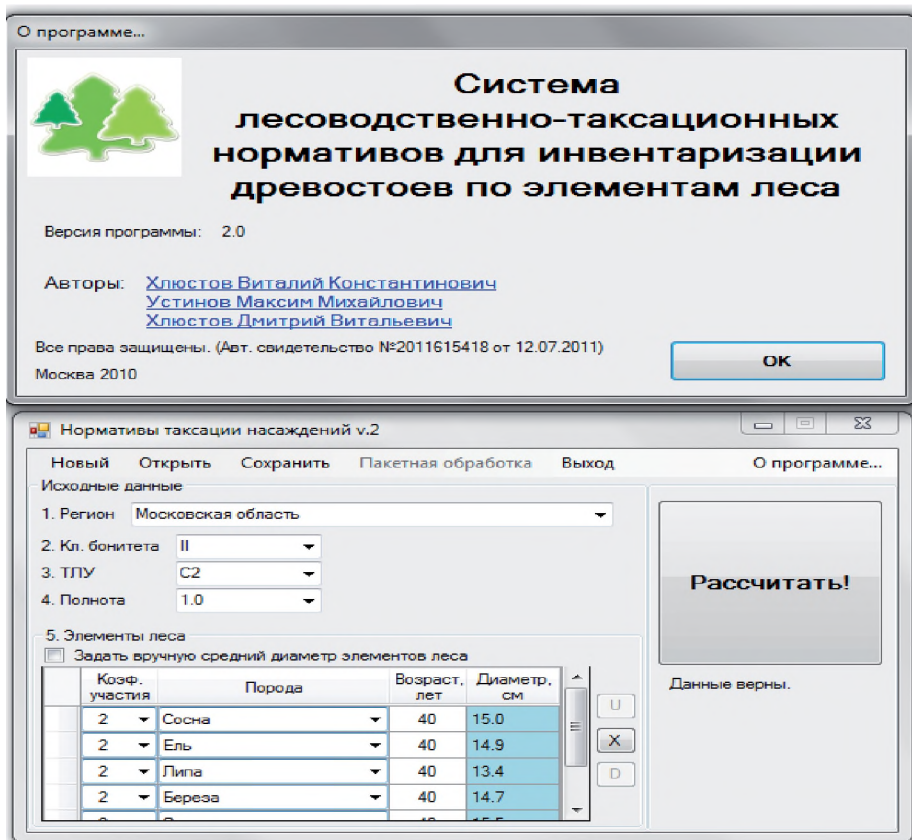


Рис. 1. Титульный лист и загрузочная панель

Методические указания по составлению электронных лесоводственно-таксационных нормативов текущей актуализации таксационных показателей древостоев по элементам леса сводятся к следующим положениям.

### *Постановка задачи*

В результате анализа предметной области существующих программ-аналогов, а также анализа пожеланий пользователей сформулирована задача разработки компонента программной системы для моделирования таксационных характеристик древостоев.

### *Основание для разработки*

Основанием для разработки системы электронных нормативов являются:

- потребность в получении качественных и количественных характеристик древостоев и насаждений в целом по сравнению с существующими нормативами, на основе которых возможна достоверная экономическая оценка лесных ресурсов;

Основные таксационные показатели

Экспорт | Строки | Столбцы | Графики

Древостой

Регион: Московская область  
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15,5)

Кэф. состава	Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Мин. диаметр, см	Ср. диаметр, см	Макс. диаметр, см	Высота, м	Колье стволов, шт./га	Сумма площ. сечений, кв.м/га
2	Сосна	40	по элементу леса	3,2	15,0	31,2	15,7	325	5,71
2	Ель	40	по элементу леса	3,5	14,9	32,5	15,9	320	5,57
2	Липа	40	по элементу леса	2,9	13,4	29,9	15,4	441	6,19
2	Береза	40	по элементу леса	3,3	14,7	32,2	17,5	324	5,51
2	Осина	40	по элементу леса	3,1	15,5	31,0	17,6	287	5,38

Продолжение строк

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Объем ствола, куб.м	Запас, куб.м/га	% деловой	% крупной из деловой	% средней и мелкой	% дров и отходов
Сосна	40	по элементу леса	0,1368	44,51	77,21	1,13	76,09	21,91
Ель	40	по элементу леса	0,1392	44,51	80,83	2,84	78,00	18,94
Липа	40	по элементу леса	0,1010	44,51	75,79	0,90	74,89	24,69
Береза	40	по элементу леса	0,1375	44,51	68,94	2,33	66,61	30,25
Осина	40	по элементу леса	0,1552	44,51	53,60	1,34	52,26	45,85

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Объем ствола, куб.м	Запас, куб.м/га	Деловая, куб.м	Крупная из деловой, куб.м	Средняя и мелкая, куб.м	Дрова и отходы, куб.м
Сосна	40	по элементу леса	0,1368	44,51	0,1057	0,0015	0,1041	0,0300
Ель	40	по элементу леса	0,1392	44,51	0,1125	0,0040	0,1086	0,0264
Липа	40	по элементу леса	0,1010	44,51	0,0765	0,0009	0,0756	0,0249
Береза	40	по элементу леса	0,1375	44,51	0,0948	0,0032	0,0916	0,0416
Осина	40	по элементу леса	0,1552	44,51	0,0832	0,0021	0,0811	0,0712

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Запас деловой, куб.м/га	Запас крупной, куб.м/га	Запас средней и мелкой, куб.м/га	Запас дров и отходов, куб.м/га	Масса ствола, кг	Запас биомассы стволов, кг/га
Сосна	40	по элементу леса	34,370	0,501	33,869	9,755	59,78	19 445,1
Ель	40	по элементу леса	35,982	1,263	34,719	8,433	67,37	21 544,3
Липа	40	по элементу леса	33,735	0,401	33,335	10,993	52,04	22 944,8
Береза	40	по элементу леса	30,687	1,037	29,650	13,466	71,96	23 302,9
Осина	40	по элементу леса	23,860	0,595	23,265	20,411	72,95	20 919,8

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Масса коры, кг	Запас биомассы коры, кг/га	Масса хвои/листьев, кг	Запас биомассы хвои/листьев, кг/га	Масса ветвей, кг	Запас биомассы ветвей, кг/га
Сосна	40	по элементу леса	4,94	1 606,1	3,21	1 043,5	7,59	2 469,0
Ель	40	по элементу леса	5,78	1 848,8	8,47	2 707,8	10,57	3 380,3
Липа	40	по элементу леса	11,14	4 913,4	1,50	661,5	10,82	4 772,5
Береза	40	по элементу леса	8,66	2 804,0	2,36	765,6	10,25	3 318,0
Осина	40	по элементу леса	11,13	3 190,8	1,86	532,7	8,37	2 398,9

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Масса корней, кг	Запас биомассы корней, кг/га	Верхняя высота, м	Содержание углерода в стволе, кг	Содержание углерода в коре, кг	Содержание углерода в листьях/хвое, кг
Сосна	40	по элементу леса	18,04	5 869,7	19,2	29,89	2,47	1,44
Ель	40	по элементу леса	18,41	5 887,7	21,1	33,68	2,89	3,81
Липа	40	по элементу леса	25,65	11 308,1	18,9	26,02	5,57	0,68
Береза	40	по элементу леса	15,76	5 102,2	20,2	35,98	4,33	1,06
Осина	40	по элементу леса	22,40	6 423,6	20,2	36,47	5,56	0,84

Порода	Возраст, лет	Класс толшины	Содержание углерода в ветках, кг	Содержание углерода в корнях, кг	Запас углерода в стволе, кг/га	Запас углерода в коре, кг/га	Запас углерода в листьях/хвое, кг/га	Запас углерода в ветках, кг/га	Запас углерода в корнях, кг/га
Сосна	40	по элементу леса	3,42	9,02	9 722,6	803,0	469,6	1 111,1	2 934,9
Ель	40	по элементу леса	4,76	12,82	10 772,1	924,4	1 218,5	1 521,1	2 943,9
Липа	40	по элементу леса	4,87	9,21	11 472,4	2 456,7	297,7	2 147,6	5 654,1
Береза	40	по элементу леса	4,61	7,88	11 651,5	1 402,0	344,5	1 493,1	2 551,1
Осина	40	по элементу леса	3,76	11,20	10 459,9	1 595,4	239,7	1 079,5	3 211,8

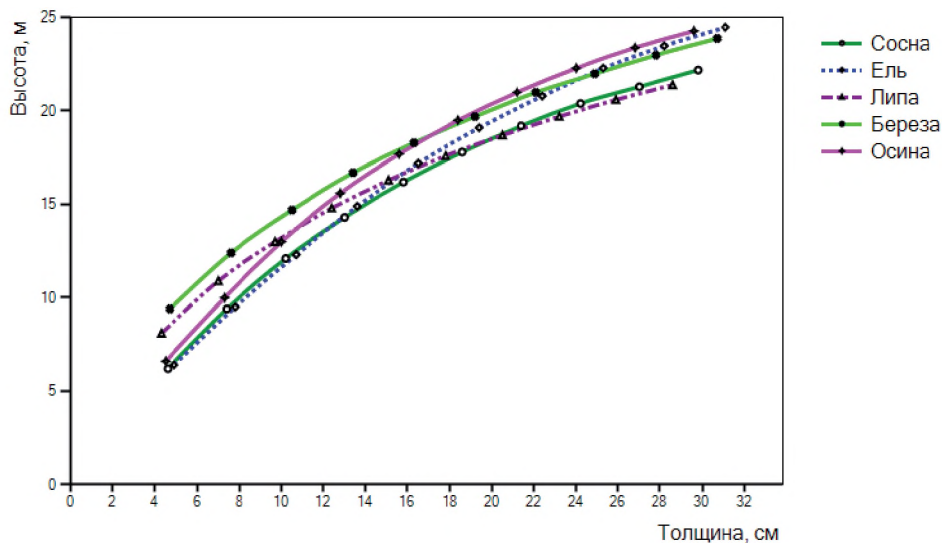
Рис. 2. Результат расчета средних и итоговых таксационных показателей древостоев по элементам леса

Основные таксационные показатели									
Экспорт ▾   Строки ▾   Столбцы ▾   Графики ▾									
Древостой									
Регион: Московская область									
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1									
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15,5)									
Коэф. состава	Порода	Возраст, лет	Класс толщине	Мин. диаметр, см	Ср. диаметр, см	Макс. диаметр, см	Высота, м	Кол-во стволов, шт./га	Сумма площ. сечений, кв.м/га
<b>2</b>	<b>Сосна</b>	<b>40</b>	<b>по элементу леса</b>	<b>3,2</b>	<b>15,0</b>	<b>31,2</b>	<b>15,7</b>	<b>325</b>	<b>5,71</b>
			класс 1	3,2	4,6	6,0	6,2	13	0,021
			класс 2	6,0	7,4	8,8	9,4	37	0,157
			класс 3	8,8	10,2	11,6	12,1	58	0,474
			класс 4	11,6	13,0	14,4	14,3	69	0,915
			класс 5	14,4	15,8	17,2	16,2	66	1,293
			класс 6	17,2	18,6	20,0	17,8	43	1,165
			класс 7	20,0	21,4	22,8	19,2	23	0,843
			класс 8	22,8	24,2	25,6	20,4	11	0,512
			класс 9	25,6	27,0	28,4	21,3	4	0,256
			класс 10	28,4	29,8	31,2	22,2	1	0,081
<b>2</b>	<b>Ель</b>	<b>40</b>	<b>по элементу леса</b>	<b>3,5</b>	<b>14,9</b>	<b>32,5</b>	<b>15,9</b>	<b>320</b>	<b>5,57</b>
			класс 1	3,5	4,9	6,4	6,4	23	0,044
			класс 2	6,4	7,8	9,3	9,5	46	0,221
			класс 3	9,3	10,7	12,2	12,3	65	0,585
			класс 4	12,2	13,6	15,1	14,9	66	0,970
			класс 5	15,1	16,5	18,0	17,2	52	1,125
			класс 6	18,0	19,4	20,9	19,1	32	0,950
			класс 7	20,9	22,4	23,8	20,8	18	0,701
			класс 8	23,8	25,3	26,7	22,3	10	0,490
			класс 9	26,7	28,2	29,6	23,5	5	0,314
			класс 10	29,6	31,1	32,5	24,5	2	0,168
<b>2</b>	<b>Липа</b>	<b>40</b>	<b>по элементу леса</b>	<b>2,9</b>	<b>13,4</b>	<b>29,9</b>	<b>15,4</b>	<b>441</b>	<b>6,19</b>
			класс 1	2,9	4,3	5,6	8,1	37	0,053
			класс 2	5,6	7,0	8,3	10,9	69	0,265
			класс 3	8,3	9,7	11,0	13,0	84	0,619
			класс 4	11,0	12,4	13,7	14,8	86	1,030
			класс 5	13,7	15,1	16,4	16,3	71	1,268
			класс 6	16,4	17,8	19,1	17,6	47	1,160
			класс 7	19,1	20,5	21,8	18,7	27	0,873
			класс 8	21,8	23,2	24,5	19,7	13	0,532
			класс 9	24,5	25,9	27,2	20,6	5	0,273
			класс 10	27,2	28,6	29,9	21,4	2	0,118
<b>2</b>	<b>Береза</b>	<b>40</b>	<b>по элементу леса</b>	<b>3,3</b>	<b>14,7</b>	<b>32,2</b>	<b>17,5</b>	<b>324</b>	<b>5,51</b>
			класс 1	3,3	4,7	6,2	9,4	23	0,041
			класс 2	6,2	7,6	9,1	12,4	48	0,221
			класс 3	9,1	10,5	12,0	14,7	61	0,533
			класс 4	12,0	13,4	14,8	16,7	64	0,905
			класс 5	14,8	16,3	17,7	18,3	54	1,130
			класс 6	17,7	19,2	20,6	19,7	36	1,046
			класс 7	20,6	22,1	23,5	21,0	21	0,795
			класс 8	23,5	24,9	26,4	22,0	10	0,487
			класс 9	26,4	27,8	29,3	23,0	4	0,250
			класс 10	29,3	30,7	32,2	23,9	1	0,108
<b>2</b>	<b>Осина</b>	<b>40</b>	<b>по элементу леса</b>	<b>3,1</b>	<b>15,5</b>	<b>31,0</b>	<b>17,6</b>	<b>287</b>	<b>5,38</b>
			класс 1	3,1	4,5	5,9	6,6	10	0,015
			класс 2	5,9	7,3	8,6	10,0	28	0,114
			класс 3	8,6	10,0	11,4	13,0	47	0,371
			класс 4	11,4	12,8	14,2	15,6	58	0,753
			класс 5	14,2	15,6	17,0	17,7	55	1,062
			класс 6	17,0	18,4	19,8	19,5	42	1,126
			класс 7	19,8	21,2	22,6	21,0	26	0,933
			класс 8	22,6	24,0	25,4	22,3	13	0,597
			класс 9	25,4	26,8	28,2	23,4	5	0,292
			класс 10	28,2	29,6	31,0	24,3	2	0,115

Продолжение столбцов

Рис. 3. Результат расчета распределения таксационных показателей по толщине деревьев по элементам леса (фрагмент)

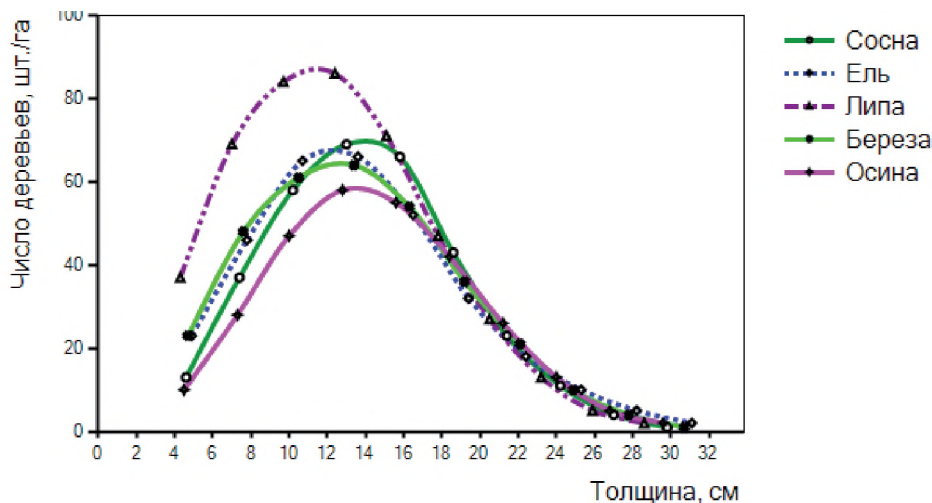
### Зависимость высоты от толщины деревьев



Регион: Московская область  
 Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТЛУ - С2; Полнота - 1  
 Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15,5)

а

### Распределение числа деревьев по классам толщины

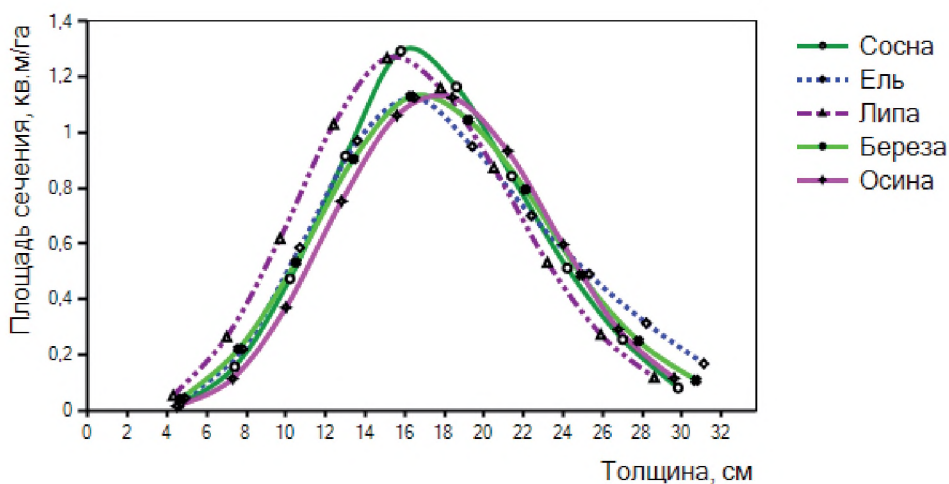


Регион: Московская область  
 Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТЛУ - С2; Полнота - 1  
 Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

б

Рис. 4. Визуализация графиков высот (а) и строения древостоя (б) по классам толщины деревьев элементов леса, составляющих древостой

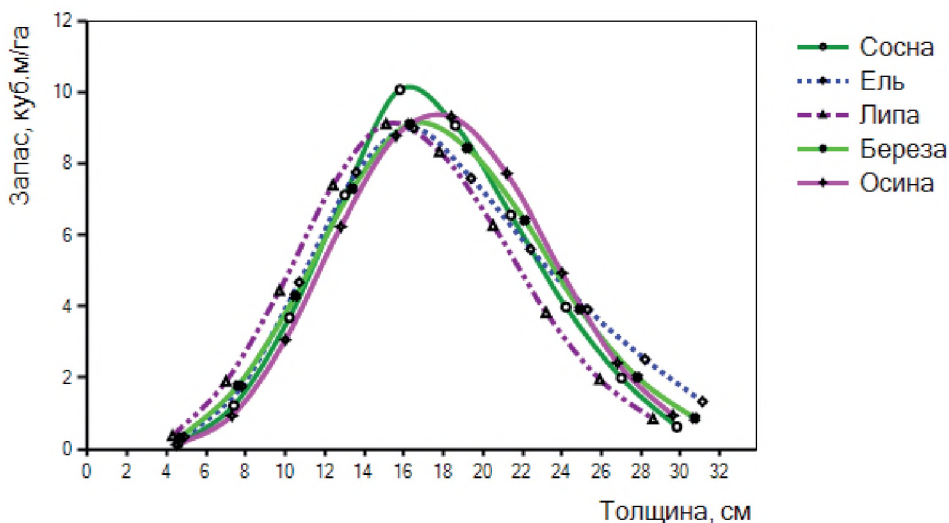
### Распределение суммы площадей сечения по классам толщины деревьев



Регион: Московская область  
 Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТЛУ - С2; Полнота - 1  
 Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

а

### Распределение запаса по классам толщины деревьев

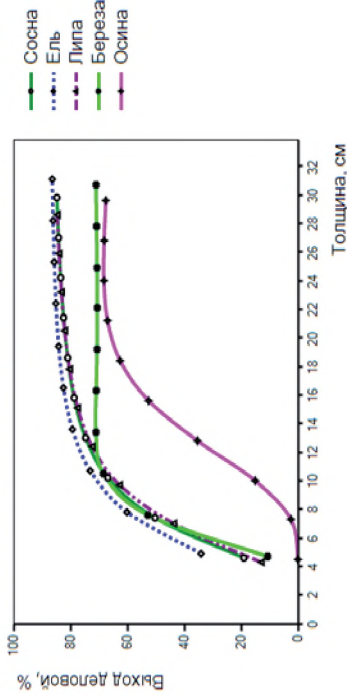


Регион: Московская область  
 Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТЛУ - С2; Полнота - 1  
 Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

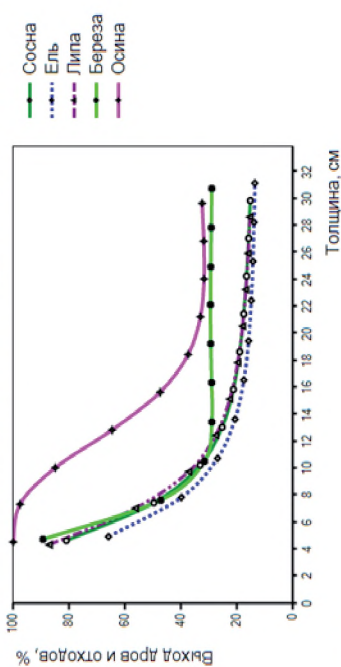
б

Рис. 5. Визуализация распределения суммы площадей сечения (а) и запаса (б) по толщине деревьев элементов леса

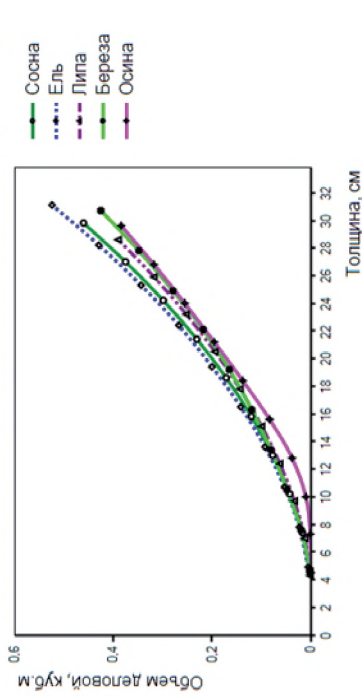
**Зависимость % выхода деловой древесины от толщины деревьев**



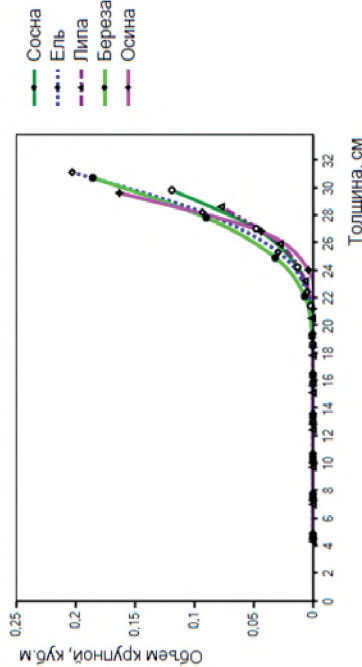
**Зависимость % выхода дров и отходов от толщины деревьев**



**Зависимость объема деловой древесины от толщины деревьев**



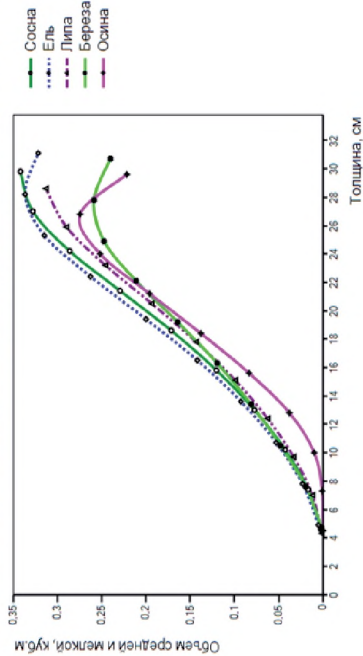
**Зависимость объема крупной древесины от толщины деревьев**



**Рис. 6.** Визуализация закономерностей сортиментации деревьев и распределения запаса категорий древесины по толщине деревьев (первый фрагмент)

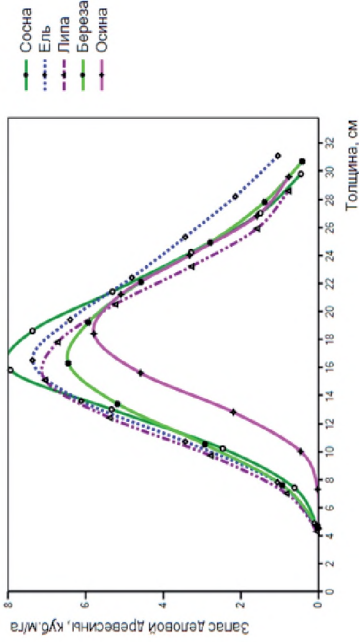


### Зависимость объема средней и мелкой древесины от толщины деревьев



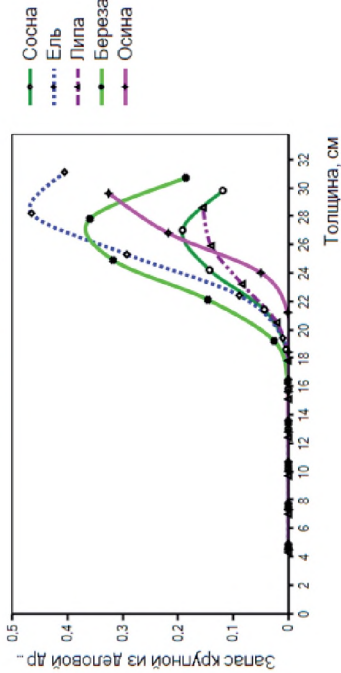
Регон: Московская область  
Характеристика участка: К5, Бонитета - II, ТПУ - С2, Полнота - I  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15), 2 Ель (A=40, D=14,9), 2 Липа (A=40, D=13,4), 2 Береза (A=40, D=14,7), 2 Осина (A=40, D=15,6)

### Распределение запаса деловой древесины от толщины деревьев



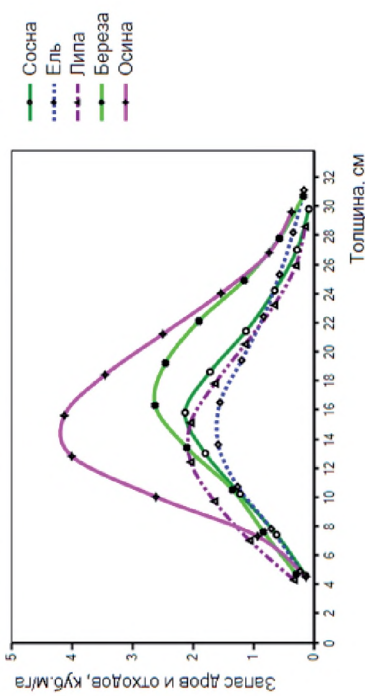
Регон: Московская область  
Характеристика участка: К5, Бонитета - II, ТПУ - С2, Полнота - I  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15), 2 Ель (A=40, D=14,9), 2 Липа (A=40, D=13,4), 2 Береза (A=40, D=14,7), 2 Осина (A=40, D=15,6)

### Распределение запаса крупной из деловой древесины от толщины деревьев



Регон: Московская область  
Характеристика участка: К5, Бонитета - II, ТПУ - С2, Полнота - I  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15), 2 Ель (A=40, D=14,9), 2 Липа (A=40, D=13,4), 2 Береза (A=40, D=14,7), 2 Осина (A=40, D=15)

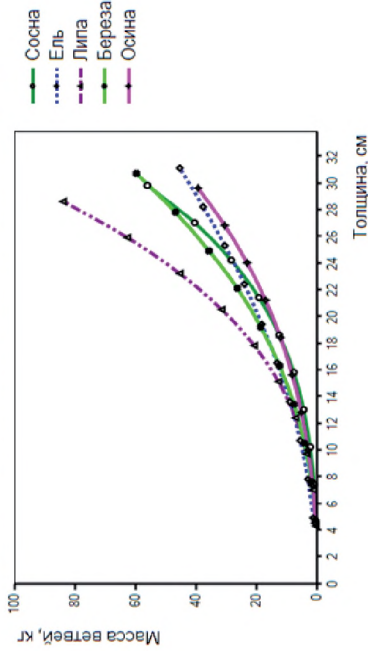
### Распределение запаса дров и отходов от толщины деревьев



Регон: Московская область  
Характеристика участка: К5, Бонитета - II, ТПУ - С2, Полнота - I  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15), 2 Ель (A=40, D=14,9), 2 Липа (A=40, D=13,4), 2 Береза (A=40, D=14,7), 2 Осина (A=40, D=15)

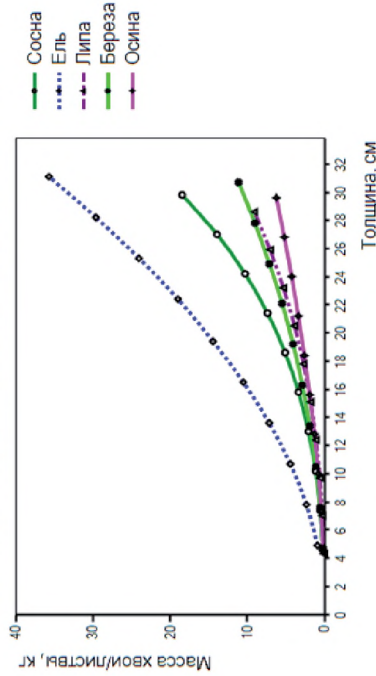
Рис. 6. Визуализация закономерностей сортировки деревьев и распределения запаса категорий древесины по толщине деревьев (второй фрагмент)

### Зависимость массы ветвей от толщины деревьев



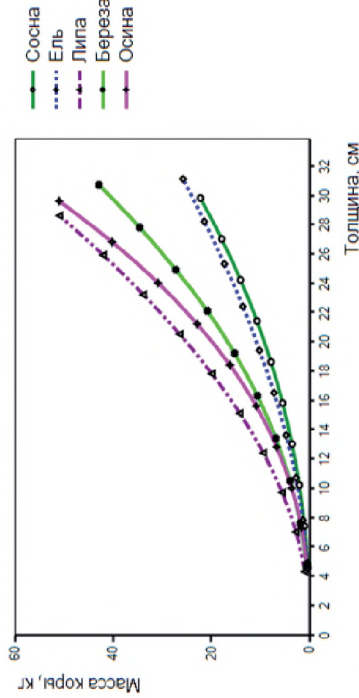
Рег. М.: Московская область  
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1  
Состав: 2 Сосна (А=40, D=15), 2 Ель (А=40, D=14,9), 2 Липа (А=40, D=13,4), 2 Береза (А=40, D=14,7), 2 Осина (А=40, D=15)

### Зависимость массы хвои (листвы) от толщины деревьев



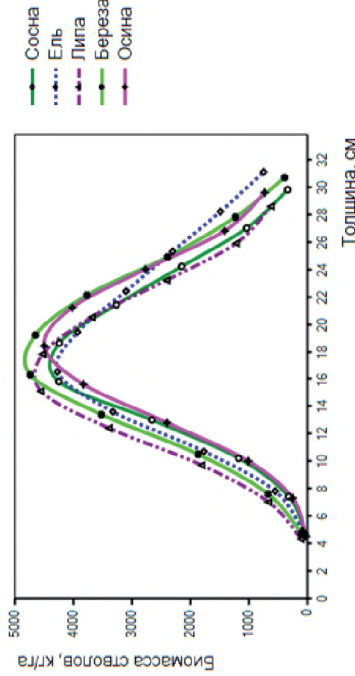
Рег. М.: Московская область  
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1  
Состав: 2 Сосна (А=40, D=15), 2 Ель (А=40, D=14,9), 2 Липа (А=40, D=13,4), 2 Береза (А=40, D=14,7), 2 Осина (А=40, D=15)

### Зависимость массы коры от толщины деревьев



Рег. М.: Московская область  
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1  
Состав: 2 Сосна (А=40, D=15), 2 Ель (А=40, D=14,9), 2 Липа (А=40, D=13,4), 2 Береза (А=40, D=14,7), 2 Осина (А=40, D=15)

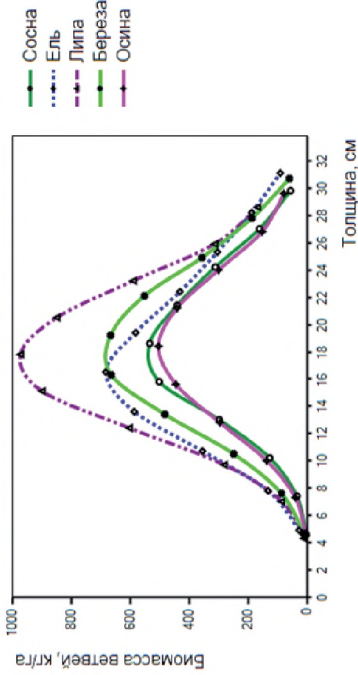
### Распределение биомассы стволов по классам толщины



Рег. М.: Московская область  
Характеристика участка: Кл. бонитета - II; ТПУ - С2; Полнота - 1  
Состав: 2 Сосна (А=40, D=15), 2 Ель (А=40, D=14,9), 2 Липа (А=40, D=13,4), 2 Береза (А=40, D=14,7), 2 Осина (А=40, D=15)

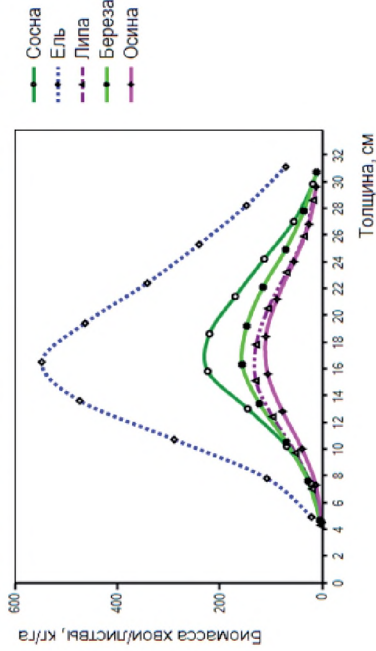
Рис. 7. Визуализация закономерностей изменения фракций фитомассы и распределения биомассы фракций по толщине деревьев (первый фрагмент)

### Распределение биомассы ветвей по классам толщины



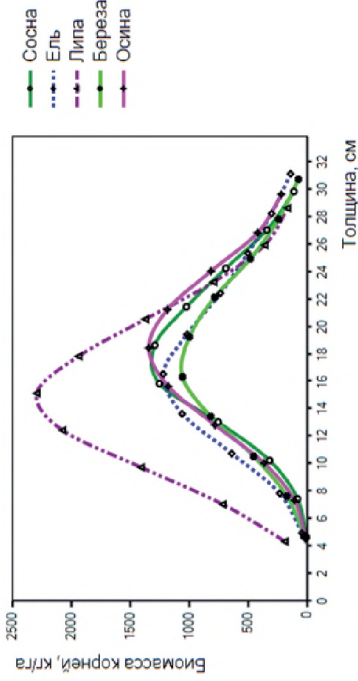
Рекон. Московская область.  
Характеристика участка: Кп. болота - II: ТПУ - С2; Полота - 1  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

### Распределение биомассы хвоя(листвы) по классам толщины



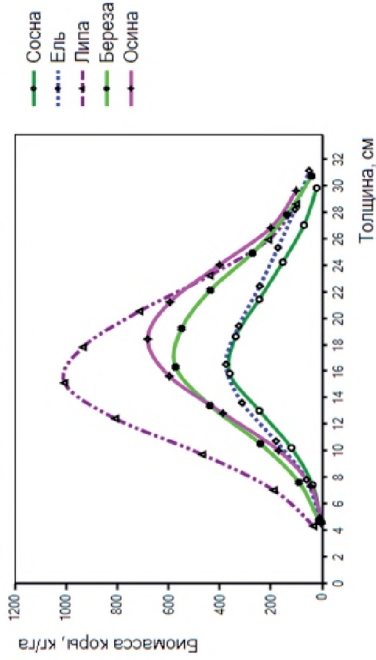
Рекон. Московская область.  
Характеристика участка: Кп. болота - II: ТПУ - С2; Полота - 1  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

### Распределение биомассы корней по классам толщины



Рекон. Московская область.  
Характеристика участка: Кп. болота - II: ТПУ - С2; Полота - 1  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

### Распределение биомассы коры по классам толщины



Рекон. Московская область.  
Характеристика участка: Кп. болота - II: ТПУ - С2; Полота - 1  
Состав: 2 Сосна (A=40, D=15) 2 Ель (A=40, D=14,9) 2 Липа (A=40, D=13,4) 2 Береза (A=40, D=14,7) 2 Осина (A=40, D=15)

Рис. 7. Визуализация закономерностей изменения фракций фитомассы и распределения биомассы фракций по толщине деревьев (второй фрагмент)

- получение детализированной информации по насаждению, древостою и элементу леса;
- автоматизация процесса камеральной обработки данных;
- интеграция и взаимодействие с другими компонентами системы автоматизации в лесном хозяйстве;
- перенос физического документооборота в виртуальную среду с частичной автоматизацией процессов создания/формирования, передачи и обработки первичных документов;
- переход на системно-объектный подход к таксации леса, предполагающий учет биологических, экологических и лесоводственных закономерностей лесов.

### *Назначение разработки*

Программная система электронных нормативов предназначена для специалистов лесного хозяйства с целью:

- получения аналитической информации по таксационным описаниям выделов насаждений и древостоев;
- актуализации таксационных показателей насаждений и древостоев при проведении инвентаризации лесного фонда;
- проверки соответствия полевых материалов естественным закономерностям между биологическими, экологическими, таксационными и лесоводственными показателями насаждений и древостоев;
- оценки экологического состояния и моделирования процессов естественного целенаправленного формирования высокопродуктивных насаждений.

Информационно-справочная система должна отвечать нижеизложенным требованиям.

### *Требования к функциональным характеристикам*

В программной среде (ПС) должны быть реализованы следующие функции:

- моделирование значений таксационных, лесоводственных и биологических характеристик древостоев и элементов леса;
- поддержка расширяемости системы без необходимости внесения значительных изменений в систему за счет использования распределенного ядра;
- возможность пользователю сохранять исходные данные и результаты работы программы в соответствующих типах файлов.

Входными данными в ПС являются:

- вводимый пользователем набор известных значений основных таксационных характеристик древостоев и/или элементов леса;
- ранее созданные программой файлы, содержащие исходную информацию для моделирования (сохранение);
- данные, передаваемые из других приложений, соответствующие требованиям к содержанию и структуре данных, обрабатываемых ядром системы (xml).

Выходными данными ПС являются:

- вычисленные по моделям характеристики древостоев и элементов леса, выводимые пользователю на экран или файл открытой структуры в виде таблицы;
- графически представленные закономерности изменения таксационных показателей.

По временным и аппаратным характеристикам ПС должна обеспечивать приемлемое время работы — не более 1 с для расчета модели одного насаждения (выдела) и не более 1 с для построения графика связи между признаками на аппаратной платформе средней производительности (ОЗУ 1 Гб 400 МГц, ЦП 2000 МГц).

Пользовательский интерфейс должен основываться на стандартных элементах управления и оконном интерфейсе, предоставляемых ОС Windows, быть интуитивно понятным и не предусматривать специальную подготовку пользователей ПК.

### *Требования к надежности*

Надежное функционирование ПС должно быть обеспечено за счет организации бесперебойного питания технических средств, на которых установлена ПС.

Время восстановления после отказа, вызванного неисправностью технических средств, фатальным сбоем ОС, не должно превышать времени, требуемого на устранение неисправностей технических средств и переустановки программных средств.

Защита данных в ПС необходима только на уровне обеспечения их целостности и восстановления после сбоев. Разграничение прав пользователей на уровне данной ПС не требуется, так как данная функция перекладывается на ОС.

### *Условия эксплуатации*

Пользователь должен иметь высшее или среднее специальное профильное образование по специальности «Лесное хозяйство».

Климатические условия эксплуатации, при которых должны обеспечиваться заданные характеристики, должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к техническим средствам в части условий их эксплуатации.

### *Требования к составу и параметрам технических средств*

В состав технических средств должен входить IBM-совместимый персональный компьютер (ПЭВМ), включающий в себя:

- ОС Windows XP или выше;
- процессор 600 МГц или выше;
- оперативная память: 256 Мб (ПС использует 6 Кб + загруженные данные и данные модели, зависящие от сложности исходных данных);
- видеокарта 800 x 600, truecolor;
- свободное место на жестком диске: 3 Мбайт.

### *Требования к информационной и программной совместимости*

Дополнительные требования к исходным кодам и языкам программирования не предъявляются.

Программные средства, используемые программой, должны быть представлены лицензионной локализованной версией операционной системы Windows XP или выше.

### *Требования к программной документации*

Состав программной документации должен включать в себя как руководство пользователя, так и программиста.

### Концептуальная модель системы

Источниками информации для программной системы является пользователь, предоставляющий значения определенного набора таксационных характеристик выдела, указываемых вручную в соответствующей форме ввода или в виде файлов в поддерживаемых программной системой форматах. Для поддержки автоматизации и интеграции с другими компонентами системы в программном компоненте предусматривается API-интерфейс и формирование входящих и исходящих данных в виде XML-схем и структур.

По запросам пользователя программная система предоставляет запрашиваемые аналитические данные в виде таблиц, графиков или сохраняет их в требуемом формате — внутреннем, таблично-текстовом, графическом или в виде XML-структуры (рис. 8).

Рассмотрим более детально информационные потоки внутри системы, представленной на рис. 9.

Более детальное представление потоков данных каждой конкретной подсистемы целесообразно при непосредственном проектировании системы.

### Архитектура программной системы

При анализе предметной области были выделены такие основные объекты, как «насаждение», «древостой», «элемент леса» и «ступень толщины». Моделирование их характеристик (таксационных, лесоводственных, экологических, биологи-

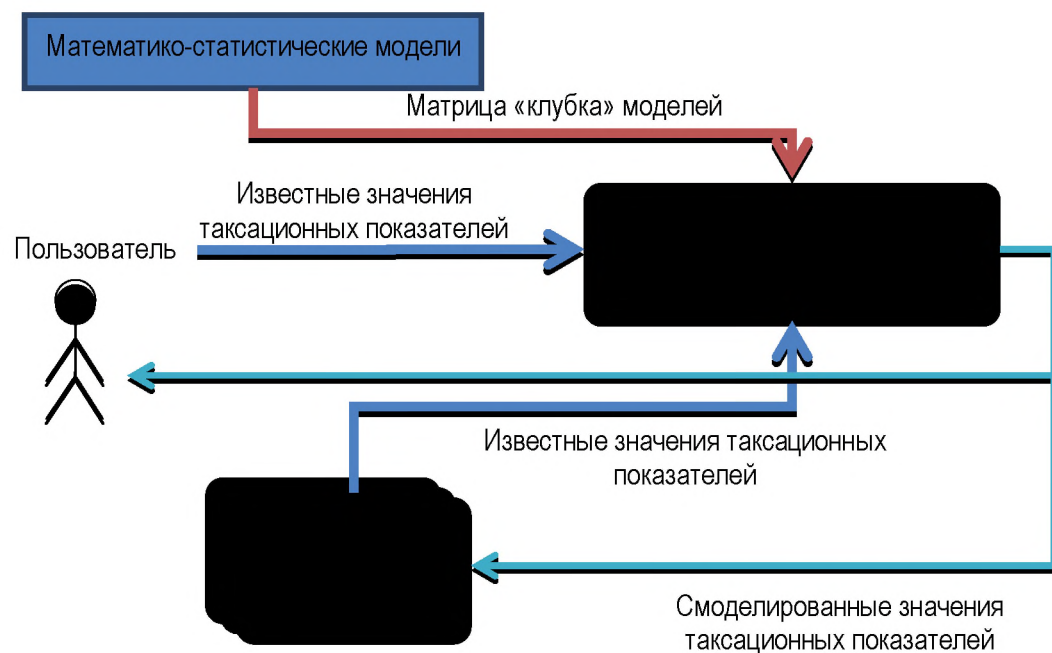


Рис. 8. Контекстная диаграмма модели потоков данных для программной системы электронных нормативов. Внешние потоки (уровень 0)

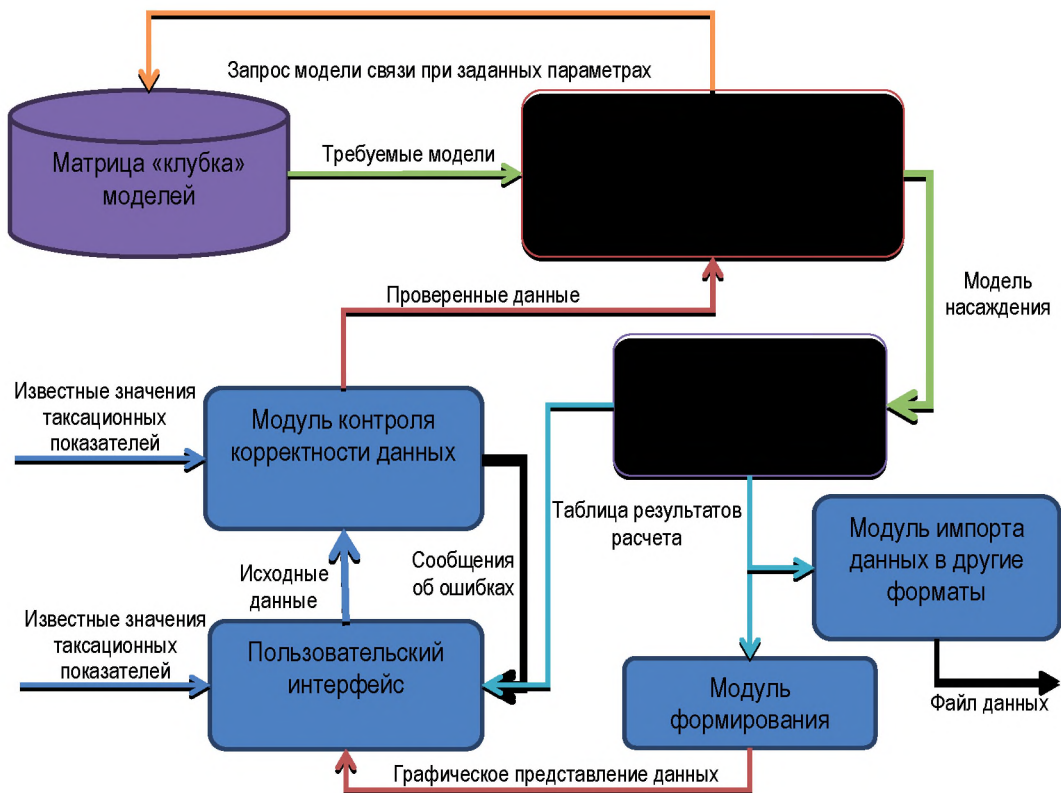


Рис. 9. Контекстная диаграмма модели потоков данных для программной системы электронных нормативов. Внутренние потоки (уровень 1)

ческих и др.) является основной целью системы. Построенные виртуальные модели в виде соответствующим образом организованных структур данных могут быть использованы не только с целью представления их пользователю, но и являться промежуточными для других модулей системы автоматизации лесного хозяйства. Поэтому функцию моделирования указанных объектов целесообразно было возложить на отдельное вычислительное ядро.

### *Конструирование пользовательского интерфейса*

В связи с тем, что пользователями программного продукта являются работники лесного хозяйства и работники научной и образовательной деятельности в области лесного хозяйства, анализ требований проводится отдельно по каждой из указанных групп (табл. 1).

Компьютером на лесохозяйственных предприятиях пользуется большой круг сотрудников, от директора до инженера. В научных и образовательных учреждениях компьютер использует множество людей, от руководителя до студентов. Хотя эти группы пользователей преследуют свои цели использования ПС, они должны иметь интерфейс, позволяющий в полном объеме решать задачи, обеспечивающие гибкость, комфортабельность и экономию времени и сил.

## Результаты анализа требований пользователей

Показатель	Группы пользователей	
	работники ЛХ	работники научной и образовательной деятельности
<i>Профиль пользователей</i>		
Возраст	От 18 лет	От 18 лет
Пол	Любой	Любой
Язык	Русский, английский	Русский, английский
Уровень владения ПК	Средний пользователь	Опытный пользователь
Предварительное знание ПС	Нет	Нет
<i>Задачи, стоящие перед пользователями</i>		
Ограничение функциональности ПС	Нет	Нет
Разделение пользователей	Нет	Нет
<i>Требования пользователей</i>		
Доступность	Да	Да
Вывод информации	Да	Да
Печать информации	Да	Да
Изменение информации	Да	Да
<i>Среда пользователей</i>		
Тип ПС	ПК- программа	ПК- программа
Тип ПК	x86 совместимые 32 бит	x86 совместимые 32 бит
<i>Соответствие требований задачам, стоящим перед пользователями</i>		
Вывод информации	Стандартные отчеты	Стандартные отчеты, настраиваемые пользователем отчеты

Пользовательский интерфейс информационно-справочной системы лесотаксационных нормативов учитывает следующие требования:

1. Простота восприятия и соответствие популярным приложениям;
2. Взаимозаменяемое использование мыши и клавиатуры, что делает управление более гибким и облегчает работу пользователей. Возможность работы с клавиатурой предполагает ее использование вместо мыши, кроме того, панели инструментов ускоряют работу при использовании мыши;



Т а б л и ц а 2

## Цели и задачи, стоящие перед продуктом

Показатель	Группы пользователей	
	работники ЛХ	работники научной и образовательной деятельности
<i>Удобство применения</i>		
Цель пользователя	Возможность использовать программу для выполнения производственных задач	Возможность использовать программу для выполнения исследовательских и образовательных задач
Задачи пользователя	Использование системы для решения своей задачи после первой попытки	Использование системы для решения своей задачи после соответствующего тренинга
<i>Эффективность</i>		
Цель ПС	Эффективная деятельность пользователя	Эффективная деятельность пользователя
<i>Легкость в освоении</i>		
Необходимость обучения пользователя	Не требуется	Минимальное (45 мин)
Интуитивность	Да	Да
Справочная система	Нет	Нет
Подсказки	Да	Да

Т а б л и ц а 3

## Сценарии и задачи, стоящие перед пользователями

Показатель	Группы пользователей	
	работники ЛХ	работники научной и образовательной деятельности
Сценарий	Подготовка отчетности по стандартным формам, поиск необходимой информации, текущих изменений в БД	Получение необходимой и поиск аналитической информации
Задачи, стоящие перед пользователем	Запуск программы, внесение необходимой информации, распечатка соответствующих отчетов и текущих изменений в БД	Запуск программы, внесение необходимой информации, анализ информации, распечатка соответствующих пользовательских отчетов

3. Предусмотрение списков и меню, содержащих объекты или документы, которые можно выбрать, не заставляя пользователей вводить информацию вручную без поддержки системы;

4. Использование во всем интерфейсе понятных для пользователя терминов. При возникновении ошибок система выдает соответствующее сообщение;

5. Предусмотрение возможности выполнения типовых операций без тренировки и без обращения к поставщику решения.

Принимая во внимание все вышеперечисленное, получаем программу, имеющую оконный интерфейс Windows. Главное окно программы имеет главное меню, в котором представлен весь перечень действий над данными, которые пользователь может осуществить.

В программе предусмотрена панель меню, расположенная в верхней части экрана, что обеспечивает быстрый доступ к нему, а пользователи будут работать внутри экранов или окон. Панель меню представляет собой динамический список основного набора пунктов, которые ведут пользователя к другим пунктам, представленным в отдельном выпадающем меню. Пункты меню выделены серым цветом, если они являются недоступными на данный момент.

Окна состоят из рамки, панели названия (заголовка), системного меню, кнопок управления окном, устанавливающих размер окна, а также полос прокрутки, что позволяет манипулировать ими и содержащейся в них информацией.

Реализация изложенной автоматизированной системы комплексной оценки лесных ресурсов может быть осуществлена на обычных полевых компьютерах. Новые технические решения позволяют отказаться от малоинформативных лесотаксационных таблиц, камеральных работ и непосредственно в лесу получать полную лесоводственно-таксационную характеристику конкретного насаждения по росту, строению, товарной и биологической продуктивности древостоев по элементам леса. Впервые в информационно-справочной системе практически объединены все теоретические положения отечественного лесоводства и таксации леса на экологической основе. Широкомасштабное внедрение разработанной системы нормативов текущей актуализации позволяет радикально поменять философию инвентаризации лесных ресурсов и автоматизировать процесс составления таксационных описаний.

#### Библиографический список

1. Итоги экспериментальных работ в лесной опытной даче 1862-1962 / Тимофеев В.П. [и др.]. М.: ТСХА, 1962. 498 с.

2. Хлюстов В.К. Древесный прирост и лесопользование, ЛТА. С.-Петербург, 1992. Депонир. во ВНИПИЭИлеспром 06.05.92, №2842-л692. 495 с.

3. Schwappach A. Die Kiefer. Wirtschaftliche und statistische Untersuchungen der forstliche Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde. Neudam: Verlag von J. Neumann, 1908. 108 s.

4. Schwappach A. Die Rotbuche. Wirtschaftliche und statistische Untersuchungen der forstliche Abteilung der Hauptstation des forstlichen Versuchswesens in Eberswalde. Neudam: Verlag von J. Neumann, 1911. 231 s.

## DIRECTORY SYSTEM OF FOREST STANDS COMPLEX ASSESSMENT

V. K. KHLIUSTOV<sup>1</sup>, M.M. USTINOV<sup>1</sup>, D.V. KHLIUSTOV<sup>2</sup>

(<sup>1</sup> RSAU- Timiryazev MAA;<sup>2</sup> Federal State Unitary Establishment Roslesinforg)

*Principally new directory system of forest taxation standards of a complex assessment of forest resources of different structure, age, completeness, site class of forest stands and types of forest vegetation conditions is presented. Applied forest taxation standards in the form of tables of growth of close (full) pure forest stands on structure, standard, assortment, commodity tables and tables of distribution of number of trees on steps of thickness are relative, have no ecological basis and don't reflect all the variety of combinations of structure, spatial and age structure of forest stands. The uniform system complex of electronic forest taxation standards of the current updating of forest stands taxation indicators allows eliminating these problems.*

*The current updating of taxation indicators is carried out at the time of carrying out inventory of a forest stand and forms a basis for forecasting the indicators of wood elements for the set up period from current age. The directory system includes multidimensional statistical models of growth, structure, general wood, commodity and biological efficiency of forest stands on elements of the wood and allows imitating the possible characteristic of forest stands on 45 characteristics with the help of the elements of the wood. The following indicators are login: type of forest vegetation conditions, site class, completeness, breed share as a part of a forest stand, age of trees on wood elements.*

*The interface of system is simple for management and allows to receive the total taxation characteristic of a concrete forest stand in a tabular form; design the multidimensional regularities of volume indicators of trees, categories of a size of wood from thickness of trees on wood elements; present the interrelation of average values of characteristics of growth with spatial, pedigree and age structure of forest stands. Important element of system is tabular representation and visualization of distribution of trees number, the sums of the areas of the sections, the depersonalized stock and a stock on categories of wood size, firewood, waste, indicators of trunks of trees biomass, branches, bark, needles (leaves) on 10 classes of thickness of trees.*

*Methodical instructions on the preparation of electronic forest taxation inventory update current regulations taxation parameters stands for elements of the forest and help to reduce the problem statement, establish the base for the development, design purposes, the requirement to functional characteristics, the reliability, the operating conditions, the requirements for the structure and parameters of technical means, fulfill the request for information and program compatibility, software requirements documentation. The conceptual model of the system architecture of a software system, design the user interface is presented.*

*Keywords: information system of single set standards for forest taxation, forest elements, environmental conditions, statistical models, current and forecasted updated forest inventory characteristics, commodity productivity, biological productivity, structure of taxation characteristics stand on tress thickness/forecasting of current growth stands.*

Хлюстов Виталий Константинович — д. с.-х. н., проф., заведующий кафедрой лесоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; тел.: 8 (903) 526-90-73; e-mail: 89035269073@mail.ru).

Устинов Максим Михайлович — к. с.-х. и., доцент кафедры лесоводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Тел.: 8 (926) 648-84-63.

Хлюстов Дмитрий Витальевич — к. с.-х. н., начальник отдела по науке и инновациям ФГУП Рослесинфорг (109316, г. Москва, Волгоградский проспект, д. 45, стр. 1; тел.: 8 (916) 920-90-98; e-mail: dimi\_work@mail.ru).