

УДК 630*181.64

UDK 630*181.64

ЗАКОНОМЕРНОСТИ СВЯЗИ ДИАМЕТРОВ ДЕРЕВЬЕВ ПИХТЫ СИБИРСКОЙ (*Abies sibirica*) НА ВЫСОТЕ ГРУДИ И ДИАМЕТРОВ НА ВЫСОТЕ ПНЯ В УСЛОВИЯХ СРЕДНЕЙ СИБИРИ

REGULARITIES OF CONNECTION OF DIAMETERS OF TREES OF THE SIBERIAN FIR (*Abies sibirica*) AT ALTITUDE OF THE CHEST AND DIAMETERS AT ALTITUDE OF THE STUMP IN THE CONDITIONS OF MEDIAL SIBERIA

Вайс Андрей Андреевич
к.с.-х.н., доцент
Сибирский государственный технологический университет, Красноярск, Россия

Vays Andrey Andreevich
Cand.Agr.Sci., associate professor
Siberian State Technological University, Krasnoyarsk, Russia

На основе данных, собранных из различных районов Средней Сибири установлено, что у деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica*) для зависимостей $d_{1,3} = f(d_n)$ и $d_n = f(d_{1,3})$ построение единого норматива даже на уровне лесной зоны приводит к значительной величине ошибок, но могут использоваться при изучении общих закономерностей

On the basis of the data gathered from various districts of Medial Siberia it is mounted, that at trees of the Siberian fir (*Abies sibirica*) for associations $d_{1,3} = f(d_n)$ and $d_n = f(d_{1,3})$ a build-up of the uniform normative (even at level of a wood band) leads to the significant magnitude of errors, but can be used at study of blanket regularities

Ключевые слова: РЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ, ДИАМЕТР НА ВЫСОТЕ ГРУДИ, ДИАМЕТР НА ВЫСОТЕ ПНЯ, СВЯЗЬ, РАЙОН, УРОВЕНЬ ЗНАЧИМОСТИ, ОСНОВНАЯ ОШИБКА, ОСТАТОК

Keywords: REGRESSION MODEL, DIAMETER AT CHEST ALTITUDE, DIAMETER AT STUMP ALTITUDE, CONNECTION, DISTRICT, LEVEL OF SIGNIFICANCE, BASIC ERROR, RESIDUAL

Введение. Проблема незаконных рубок, необходимость восстановления срубленного запаса, вычисление объема крупного детрита приобретают в последние годы особую актуальность. В связи с этим изучение соотношения диаметров комлевой части стволов и на высоте груди имеет особую важность.

Размеры пня определяют возможность вычисления объемов хлыстов и размеров стволов по диаметру в любой точке. Кроме этого крупный древесный детрит (пни) является компонентом лесной экосистемы необходимым для оценки биологического разнообразия, циклов углерода и минеральных элементов [1].

Основой всех разработанных нормативов является линейная регрессия, что позволяет не только прогнозировать выходную переменную, но и получить оценку уравнения.

Программа и методика исследований. Целью данной работы является изучение особенностей регрессионных моделей для определения соотношения диаметров, и установления возможности построения местных или общих нормативов.

Для этого были поставлены следующие задачи.

- Установить особенности регрессионных связей $d_{1.3} = f(d_n)$ и $d_n = f(d_{1.3})$.
- Определить возможность составления единых нормативов для изучаемых связей деревьев пихты сибирской (*Abies sibirica*).
- Вычислить величину остатков уравнений и распределение их максимальных значений.

В основу исследований были положены данные обмеров учетных моделей пихты сибирской (*Abies sibirica*), собранных по ступеням толщины из трех лесных районов [2]: Приангарского (Северо-Енисейский, Абанский, Казачинский муниципальный район); Среднесибирского подтаежно-лесостепного (Большемуртинский, Козульский, Каннский, Дзержинский муниципальные районы); Алтае-Саянского горнотаежного (Курагинский муниципальный район). Общее количество моделей – 1816 штук. Все расчеты были выполнены в программе «Microsoft Excel».

Экспериментальные исследования. На основании исходных данных был выполнен расчет линейных уравнений по пробным площадям. Показатели моделей представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели регрессионных уравнений $d_{1,3} = a + b \cdot d_{п}$ и $d_{п} = a + b \cdot d_{1,3}$

Район исследований	Показатели									
	$d_{1,3} = a + b \cdot d_{п}$					$d_{п} = a + b \cdot d_{1,3}$				
	a	b	R	m	F	a	b	R	m	F
Большемуртинский										
1	0,73	0,74	0,962	2,5	148	1,36	1,25	0,962	3,3	148
2	1,46	0,73	0,971	1,9	279	-0,15	1,28	0,971	2,5	279
3	4,01	0,63	0,986	1,7	720	-5,27	1,55	0,986	2,7	720
4	3,47	0,62	0,968	1,6	362	-3,59	1,52	0,968	2,5	362
5	2,44	0,68	0,974	1,3	431	-2,06	1,39	0,974	1,9	431
6	3,54	0,58	0,971	1,9	352	-4,00	1,63	0,971	3,2	352
7	4,31	0,53	0,980	1,7	492	-6,43	1,82	0,980	3,2	492
Дзержинский										
1	2,33	0,78	0,936	2,0	199	0,78	1,13	0,936	2,4	199
2	7,65	0,65	0,908	2,4	533	-2,31	1,26	0,908	3,3	533
3	3,44	0,71	0,942	3,0	219	-0,62	1,26	0,942	4,0	219
4	0,95	0,70	0,965	2,4	321	1,24	1,34	0,965	3,3	321
5	1,07	0,72	0,957	3,3	240	1,67	1,27	0,957	4,4	240
Северо-Енисейский										
1	3,80	0,71	0,952	2,3	441	-1,23	1,28	0,952	3,1	441
2	2,57	0,79	0,969	1,9	994	-0,79	1,19	0,969	2,4	994
3	6,85	0,63	0,903	1,9	447	-1,24	1,30	0,903	2,7	447
Козульский										
1	4,60	0,68	0,920	2,9	259	0,63	1,25	0,920	3,9	259
2	0,57	0,73	0,951	2,8	378	3,27	1,24	0,951	3,7	378
Канский										
1	6,59	0,65	0,806	2,4	52	7,56	1,00	0,806	2,9	52
2	8,71	0,57	0,879	2,4	291	-2,22	1,34	0,879	3,6	291
3	5,57	0,65	0,915	2,4	410	-0,19	1,30	0,915	3,4	410
4	7,00	0,63	0,850	2,9	316	4,45	1,14	0,850	3,9	316

5	3,70	0,71	0,933	2,3	235	1,07	1,23	0,933	3,0	235
6	9,37	0,58	0,895	2,1	507	-4,44	1,38	0,895	3,3	507
7	5,24	0,63	0,862	4,4	124	3,46	1,18	0,862	6,0	124
8	0,92	0,82	0,968	2,6	986	1,10	1,15	0,968	3,0	986
9	-0,19	0,81	0,954	2,7	852	3,80	1,12	0,954	3,1	852
10	-0,85	0,88	0,986	1,7	2138	1,73	1,10	0,986	1,9	2138
11	-5,09	0,99	0,993	0,9	594	5,51	0,99	0,993	0,9	594
12	5,39	0,55	0,942	2,5	158	-4,65	1,61	0,942	4,2	158
Курагинский район										
1	-2,41	0,90	0,938	2,7	885	7,23	0,97	0,938	2,8	885
2	-2,59	0,90	0,986	0,7	241	3,51	1,08	0,986	0,8	241
Абанский район										
1	9,41	0,53	0,870	5,3	28	-2,26	1,43	0,870	8,7	28
2	3,60	0,62	0,949	2,1	143	-2,42	1,44	0,949	3,2	143
3	1,23	0,75	0,981	2,5	493	-0,18	1,29	0,981	3,3	493
4	1,48	0,70	0,963	2,2	269	0,36	1,32	0,963	3,0	269
Казачинский район										
1	1,44	0,73	0,974	1,5	296	-0,60	1,30	0,974	2,0	296
2	2,75	0,65	0,983	1,9	1284	-3,15	1,48	0,983	2,8	1284
3	6,32	0,59	0,952	3,3	221	-6,22	1,52	0,952	5,3	221
4	1,48	0,74	0,967	1,9	608	-0,26	1,27	0,967	2,5	608

Примечание: а и b – коэффициенты уравнения; R – коэффициент корреляции; m – основная ошибка модели, см; F – критерий Фишера; - значимый коэффициент; - незначимый коэффициент.

Уравнения имели высокую адекватность $R > 0,762$. Достоверность моделей оценивалась по критерию Фишера ($F > 3$ – достоверно). Величина средних ошибок варьировала для первого уравнения – 1,3-4,1 см; для второй модели – 2,4-7,1 см. Следует отметить, что на большинстве пробных площадей коэффициент **a** (точка пересечения оси ординат) незначим ($p > 0,05$). Коэффициент **b** значим для обоих уравнений.

Степень различия в соотношении диаметров демонстрирует графический анализ (рисунок 1). Линии построены по выровненным

значениям для зависимости $d_{1,3}=f(d_{п})$. Форма указывала на гантелеобразный характер прямых с точкой перегиба 35 см.

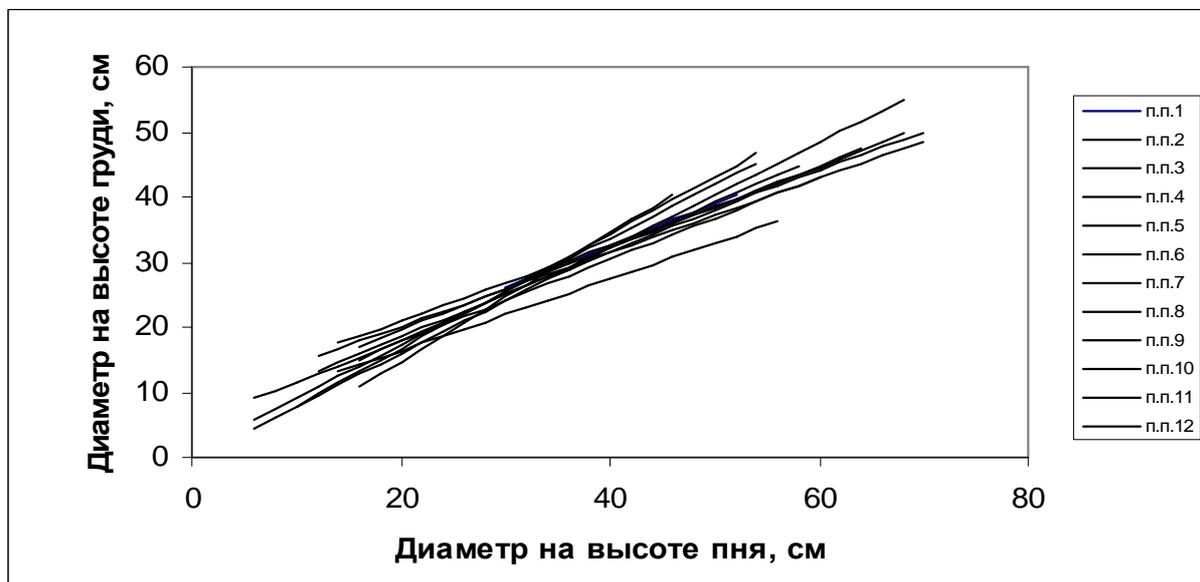


Рисунок 1 - Линейная связь $d_{1,3}=f(d_{п})$ (пробные площади Каннского района)

Объединение материала по муниципальным районам позволило получить модели линейного вида (таблица 2).

Расположение линий выявило следующие закономерности.

- Верность прямых (Большемуртинский район).
- Параллельность прямых (Дзержинский район).
- Слабая верность прямых (Северо-Енисейский район).
- Параллельность прямых (Козульский район).
- Гантелевидные прямые (Каннский район).
- Совпадение прямых (Курагинский район).
- Верность и разброс прямых (Абанский район).
- Совпадение прямых (Казачинский район).

Таблица 2 – Модели и их характеристики по муниципальным районам

Район исследований	Параметры									
	$d_{1,3} = a + b \cdot d_{\pi}$					$d_{\pi} = a + b \cdot d_{1,3}$				
	a	b	m	r_a	r_b	a	b	m	r_a	r_b
Большемуртинский	3,95	0,60	2,3	зн.	зн.	-3,30	1,52	3,6	зн.	зн.
Дзержинский	3,06	0,73	3,0	зн.	зн.	0,99	1,20	3,9	незн.	зн.
Северо-Енисейский	4,63	0,70	2,3	зн.	зн.	-0,73	1,25	3,0	незн.	зн.
Козульский	2,56	0,71	3,0	зн.	зн.	2,42	1,23	4,0	незн.	зн.
Канский	3,63	0,71	2,9	зн.	зн.	1,16	1,22	3,8	зн.	зн.
Курагинский	-2,63	0,91	2,6	зн.	зн.	6,37	1,00	2,7	зн.	зн.
Абанский	2,49	0,68	3,1	зн.	зн.	-0,37	1,34	4,3	незн.	зн.
Казачинский	3,12	0,66	2,3	зн.	зн.	-2,80	1,42	3,4	незн.	зн.

Незначимыми оказался коэффициент **a** Дзержинского, Северо-Енисейского, Абанского, Козульского районов для модели $d_{\pi} = a + b \cdot d_{1,3}$. Уравнения достоверны с ошибкой 2,3-4,3 см и корреляцией 0,928 и выше.

Сравнение рядов производилось по формуле В.В. Загребва [3]:

$$X_{cp} = 200 * \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{a_i - b_i}{a_i + b_i} \right)^2}{n - 1}}$$

где X_{cp} - среднеквадратический процент отклонений сравниваемых рядов, %;

a и b – попарно сравниваемые данные;

n – число сравниваемых пар, шт.

На рисунке 2 представлен обобщенный график выровненных линий по лесным районам.

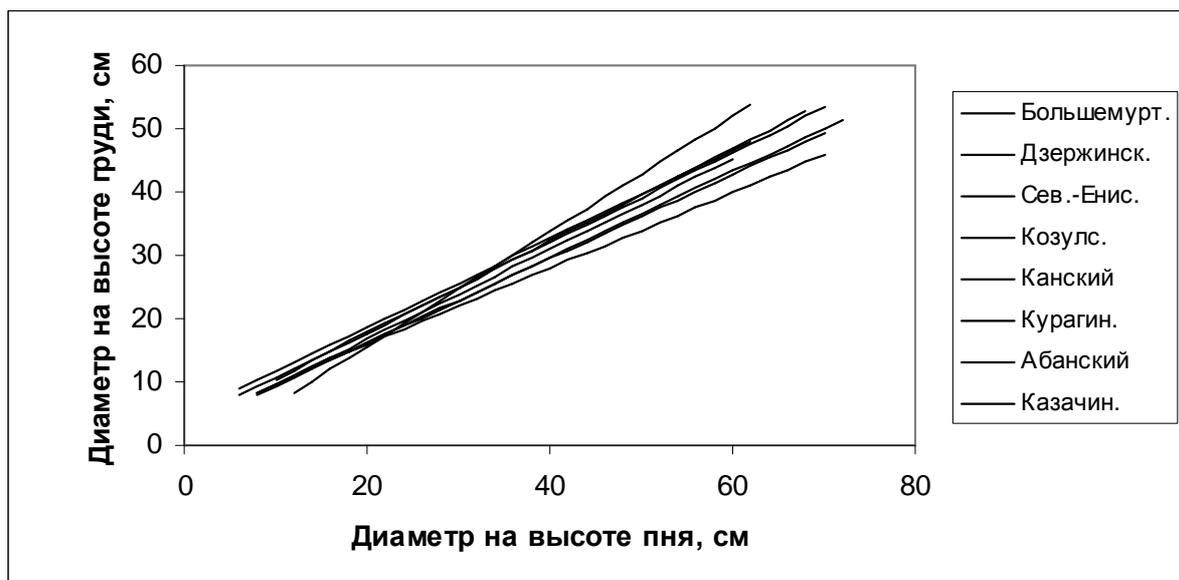


Рисунок 2 – Зависимость диаметра на высоте груди от диаметра на высоте пня деревьев пихты сибирской по лесным районам

Степень различия рядов оказалась следующей: Большемуртинский – Курагинский районы – 19,7 %; Большемуртинский – Северо-Енисейский районы – 16,1 %; Северо-Енисейский – Курагинский районы – 15,9 %; Курагинский – Казачинский районы – 14,2 %; Курагинский – Абанский районы – 14,1 %; Большемуртинский – Дзержинский районы – 14,1 %; Канский – Курагинский районы – 13,8 %; Большемуртинский – Канский районы – 13,7 %; Северо-Енисейский – Абанский районы – 13,6 %; Дзержинский – Курагинский районы – 12,7 %; Северо-Енисейский – Казачинский районы – 12,6 %; Козульский – Курагинский районы – 12,1 %; Северо-Енисейский – Козульский районы – 9,8 %; Большемуртинский – Козульский районы – 9,5 %; Канский – Абанский районы – 9,2 %; Дзержинский – Абанский районы – 9,0 %; Дзержинский – Казачинский районы – 8,9 %; Канский – Казачинский районы – 8,7 %; Большемуртинский – Казачинский районы – 5,5 %; Большемуртинский –

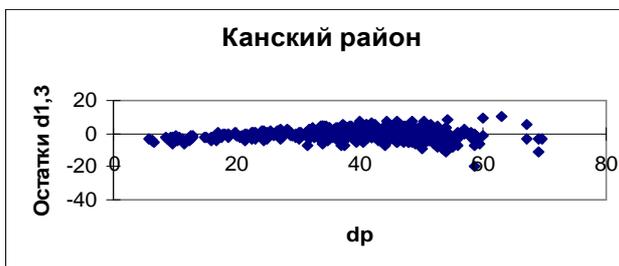
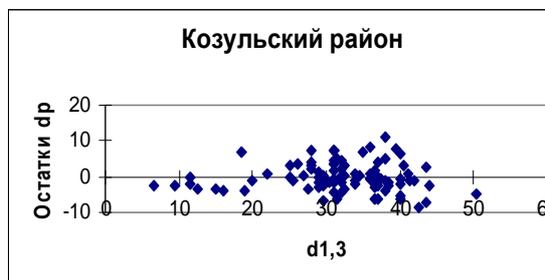
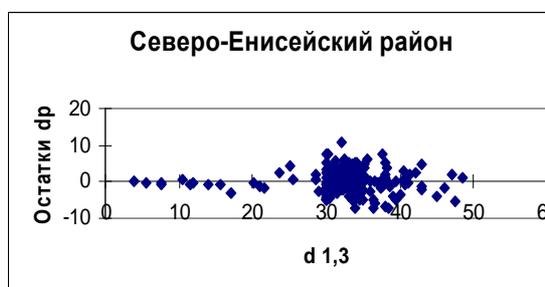
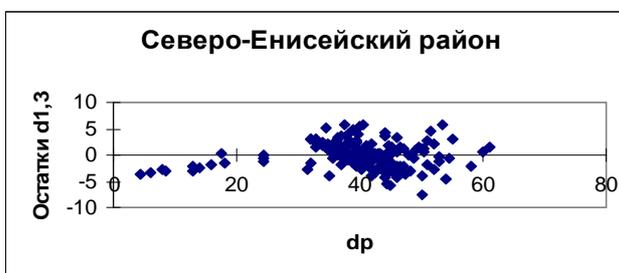
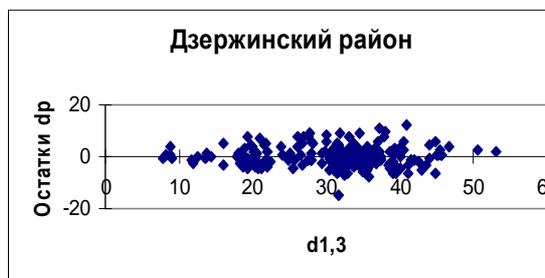
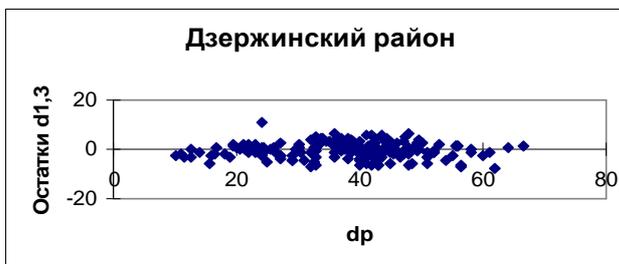
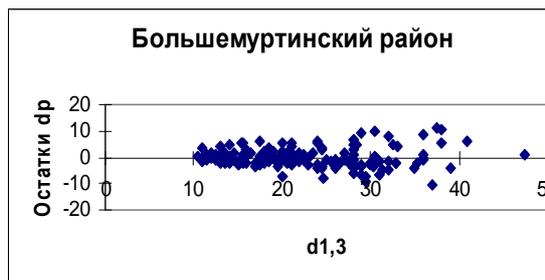
Абанский районы – 6,3 %; Козульский – Канский районы – 5,9 %; Дзержинский – Козульский районы – 4,9 %; Северо-Енисейский – Канский районы – 4,5 %; Козульский – Казачинский районы – 4,3 %; Козульский – Абанский районы – 4,3 %; Дзержинский – Северо-Енисейский районы – 3,9 %; Абанский – Казачинский районы – 1,9 %; Дзержинский – Канский районы – 1,4 %.

Дифференциация различий (1,4 – 19,7 %) позволяет разделить районы на однородные группы, что не является задачей данной статьи.

Применение расчетных моделей возможно только при приемлемой величине ошибки. С целью установления распределения погрешностей использовали графический анализ (рисунок 3).

Величина остатков варьировала в значительной степени в зависимости от объема выборки и района. В модели $d_{1,3} = a + b \cdot d_{\pi}$ максимальные погрешности не превысили следующие пределы: Дзержинский район (-7,7 - +11,1 см), Большемуртинский район (-5,3 - +7,5 см), Северо-Енисейский район (-7,4 - +5,7 см), Козульский район (-6,9 - +7,4 см), Канский район (-19,5 - +9,9 см), Курагинский район (-11,9 - +5,2 см), Казачинский район (-5,6 - +10,7 см), Абанский район (-9,5 - +7,8 см).

Для уравнения $d_{\pi} = a + b \cdot d_{1,3}$ пределы ошибок составляли следующую величину: Дзержинский район (-14,9 - +12,2 см), Большемуртинский район (-10,4 - +11,4 см), Северо-Енисейский район (-7,4 - +10,6 см), Козульский район (-8,5 - +11,0 см), Канский район (-8,8 - +26,3 см), Курагинский район (-4,3 - +13,9 см), Казачинский район (-15,1 - +10,5 см), Абанский район (-9,9 - +15,2 см).



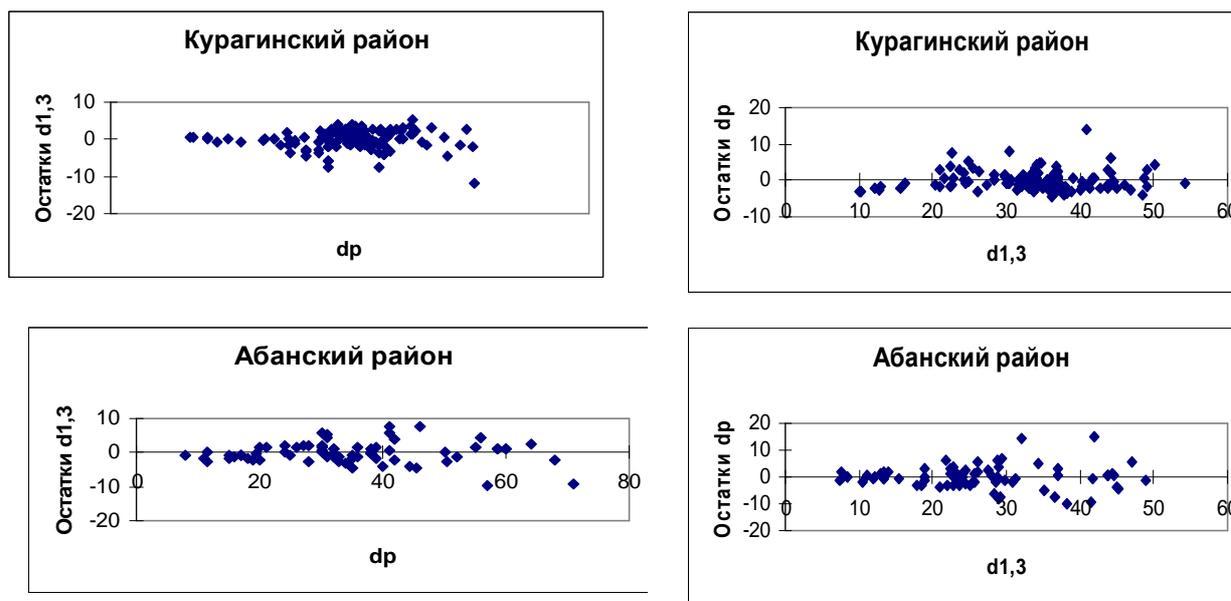


Рисунок 3 - Остатки зависимостей уравнений $d_{1,3} = f(d_{п})$ и $d_{п} = f(d_{1,3})$ по лесным районам

Выводы. В результате можно констатировать.

- Регрессии для зависимостей $d_{1,3} = f(d_{п})$ и $d_{п} = f(d_{1,3})$ характеризовались линейной формой.
- Величина ошибок по районам варьировала в широких пределах.
- Построение всеобщих таблиц приведет к значительному увеличению ошибок, поэтому необходимо составлять местные нормативы.

Список литературы

1. Harmon, M.E. Ecology of Coarse Woody Debris in Temperate Ecosystems / M.E. Harmon [и др.] // Adv. Ecol. Res. - № 15. – 1986. – p. 133-202.
2. Об утверждении перечня лесорастительных зон и лесных районов Российской Федерации // Пр. МПР РФ от 28 марта 2007 г. № 68. – 12 с.
3. Загребев, В.В. Географические закономерности роста и продуктивности древостоев / В.В. Загребев. – М.: Лесн. пром-ть, 1978. – 240 с.