

ЛЕСНАЯ БИОМЕТРИЯ

Сидельник Николай Ярославович

старший преподаватель
кафедры лесоустройства

тел. 8-029-755-48-76

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

- Лекции – 2+6=8 часов
- Лабораторные занятия – 4 часа
- Практические занятия – 8 часов
- Экзамен – 5 семестр
(3 курс, зимняя сессия)

ЛИТЕРАТУРА

А.А. Атрошчанка, У.П. Машкоўскі,
С.І. Мінкевіч

Лясная біяметрыя

Праграма, метадычныя ўказанні і кантрольныя заданні для студэнтаў спецыяльнасці 1-75 01 01 «Лясная гаспадарка» завочнай формы навучання, Мінск БДТУ, 2008 - 58 стар.

ЛИТЕРАТУРА

Атрощенко О.А., Машковский В.П.

ЛЕСНАЯ БИОМЕТРИЯ

учебное пособие для студентов
высших учебных заведений по
специальности «Лесное хозяйство»,
Минск: БГТУ, 2010. - 327 с.

КАК СДАТЬ ЭКЗАМЕН?

- Посетить и выполнить все задания на практических и лабораторных занятиях.
- Выполнить контрольную работу.
- На экзамене знать:
 - на оценку 4 - ответы на вопросы:
 - а) или по лекциям (20 вопросов),
 - б) или по контрольной работе.
 - на оценку выше 4 – задача + ответ по экзаменационному билету

БЫБОР ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ ДЛЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Вариант состоит из **4 цифр**, которые берутся:

1 и 3 буква фамилии

2 и 4 буква имени

Например,

СИДЕЛЬНИК НИКОЛАЙ

Из данной фамилии **1, 3** буква это **С, Д** соответственно

Из имени **2, 4** буква это **И, О** соответственно

Выбор варианта в зависимости от полученных цифр, осуществляется по таблице 1.1 (метод указания), согласно которой, буквы **С-Д-И-О** соответствуют варианту **17-15-9-7**.

| | | | | | | | | | | |
|-------------|------|----|----|------|------|------|------|------|------|------|
| Буква, знак | А | Ж | Н | У, Ё | Б | З, Ы | О, Ф | В, Ь | І, Й | П, Ю |
| Вариант | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Буква, знак | Х, Т | Г | К | Р, Ц | Д, Э | Л | С, Ч | Е, Ё | М, ’ | Ш, Я |
| Вариант | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

В методических указаниях представлен вариант 18-13-14-9.

Данные для всех вариантов берутся из приложения 1 методических указаний (дадатак 1, стар. 49)

Выборочная статистическая совокупность соотношения диаметров и высот деревьев. Вариант 18-13-14-9

| Номера вариантов | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 18 | | | | 13 | | | | 14 | | | | 9 | | | |
| D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H |
| 28,1 | 25,6 | 29,5 | 24,5 | 46,6 | 26,4 | 29,6 | 27,1 | 47,0 | 27,7 | 28,5 | 25,2 | 36,0 | 26,6 | 25,0 | 23,6 |
| 36,0 | 28,0 | 22,2 | 21,9 | 21,6 | 20,1 | 29,7 | 24,6 | 35,3 | 22,5 | 30,3 | 25,2 | 44,0 | 30,3 | 34,5 | 24,6 |
| 26,4 | 22,6 | 33,6 | 27,3 | 34,0 | 27,0 | 26,6 | 25,5 | 36,3 | 24,6 | 33,3 | 25,2 | 36,4 | 24,4 | 28,0 | 25,6 |
| 56,6 | 26,6 | 31,5 | 27,0 | 30,6 | 23,1 | 25,5 | 23,7 | 22,0 | 22,4 | 36,5 | 26,6 | 24,3 | 23,3 | 24,2 | 21,5 |
| 38,6 | 28,0 | 39,5 | 26,6 | 44,0 | 27,3 | 23,1 | 21,6 | 48,5 | 26,1 | 37,6 | 26,6 | 32,2 | 24,7 | 20,3 | 22,7 |
| 36,6 | 26,0 | 25,0 | 23,6 | 38,1 | 24,5 | 29,5 | 23,5 | 35,3 | 26,2 | 26,5 | 23,3 | 39,5 | 26,1 | 27,5 | 22,6 |
| 30,1 | 24,6 | 40,6 | 25,3 | 40,5 | 27,1 | 22,6 | 22,2 | 38,0 | 25,5 | 17,5 | 18,6 | 50,5 | 28,1 | 36,0 | 28,1 |
| 35,2 | 22,6 | 36,0 | 25,6 | 26,1 | 22,6 | 42,0 | 26,6 | 22,2 | 24,0 | 46,4 | 24,6 | 40,6 | 25,4 | 43,0 | 28,0 |
| 33,3 | 26,6 | 22,6 | 18,6 | 24,2 | 22,1 | 30,6 | 25,6 | 23,3 | 29,0 | 29,0 | 26,5 | 25,6 | 25,0 | 37,1 | 25,6 |
| 30,3 | 28,3 | 43,4 | 27,5 | 31,6 | 27,3 | 41,6 | 25,6 | 38,5 | 26,2 | 38,5 | 25,5 | 27,0 | 22,0 | 36,6 | 26,1 |
| 19,4 | 19,3 | 26,5 | 24,0 | 46,6 | 24,6 | 23,0 | 19,0 | 28,3 | 24,5 | 26,2 | 25,6 | 22,0 | 21,5 | 32,0 | 24,6 |
| 42,6 | 26,6 | 30,6 | 26,0 | 24,5 | 24,6 | 44,0 | 28,3 | 24,0 | 23,6 | 15,6 | 19,1 | 29,5 | 27,6 | 37,0 | 25,2 |
| 28,1 | 24,7 | 25,6 | 22,4 | 39,0 | 27,6 | 21,5 | 22,2 | 20,0 | 22,6 | 37,5 | 28,6 | 28,4 | 27,0 | 27,6 | 29,6 |
| 31,7 | 25,8 | 28,7 | 21,3 | 28,0 | 22,2 | 36,5 | 27,6 | 25,5 | 23,5 | 40,1 | 27,3 | 35,0 | 24,5 | 33,5 | 25,6 |
| 37,8 | 26,0 | 32,6 | 24,8 | 36,0 | 27,0 | 26,0 | 21,6 | 22,0 | 22,2 | 19,0 | 18,0 | 42,0 | 25,0 | 31,0 | 25,1 |
| 26,3 | 22,7 | 35,1 | 24,4 | 33,3 | 25,0 | 28,0 | 23,5 | 30,5 | 23,3 | 15,5 | 19,0 | 36,6 | 27,1 | 24,6 | 23,6 |
| 26,6 | 23,0 | 31,0 | 24,5 | 24,6 | 23,6 | 28,4 | 22,7 | 29,6 | 22,5 | 26,0 | 22,5 | 34,1 | 25,7 | 24,0 | 21,6 |
| 27,3 | 23,0 | 26,0 | 22,6 | 39,6 | 26,6 | 36,5 | 26,0 | 47,4 | 27,5 | 30,6 | 23,6 | 27,1 | 23,1 | 23,1 | 22,1 |
| 22,5 | 22,7 | 34,6 | 25,8 | 33,6 | 26,3 | 40,5 | 25,5 | 17,5 | 19,6 | 29,6 | 25,2 | 23,6 | 22,5 | 25,1 | 24,5 |
| 38,0 | 27,5 | 31,4 | 24,8 | 29,5 | 24,6 | 40,6 | 26,5 | 33,0 | 26,0 | 33,3 | 26,0 | 44,1 | 28,0 | 53,4 | 27,6 |
| 20,5 | 21,6 | 28,0 | 25,6 | 32,0 | 24,3 | 17,5 | 19,6 | 26,0 | 25,5 | 28,0 | 25,0 | 39,7 | 23,9 | 45,0 | 26,5 |
| 42,2 | 25,0 | 38,1 | 27,7 | 39,3 | 26,3 | 29,6 | 21,5 | 27,0 | 23,6 | 32,5 | 19,4 | 21,5 | 20,0 | 21,5 | 21,0 |
| 39,6 | 24,4 | 27,6 | 25,5 | 41,0 | 27,6 | 36,5 | 26,0 | 25,0 | 23,6 | 40,0 | 26,6 | 29,0 | 23,6 | 36,6 | 25,6 |
| 26,6 | 25,6 | 29,9 | 27,0 | 37,6 | 27,6 | 35,1 | 24,6 | 28,0 | 22,6 | 30,3 | 25,7 | 32,1 | 24,6 | 28,5 | 25,4 |
| 30,2 | 28,3 | 33,3 | 28,4 | 36,0 | 24,4 | 23,1 | 22,0 | 37,3 | 26,2 | 22,9 | 17,8 | 29,6 | 24,6 | 31,1 | 24,4 |

Порядок составления статистических рядов

- 1. Найти среди данных обмера (полученного варианта задания, например, 18-13-14-9) минимальное и максимальное значения (V_{\min} и V_{\max}) для диаметров и высот соответственно.

Например, в нашем примере:

а) для диаметров $V_{\max} = 53,0$ см; $V_{\min} = 17,4$ см;

б) для высот $V_{\max} = 29,6$ м; $V_{\min} = 18,0$ м.

- 2. Принять количество интервалов n равным 12 ± 2 , т.к. число наблюдений равно 200. Мы принимаем, например, $n = 12$.
- 3. Определяем размер интервала d составляемого статистического ряда по формуле:

$$d = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{n}$$

и округляем ее **до четной цифры после запятой**. В нашем примере

- а) для диаметров

$$d = \frac{53,0 - 17,0}{12} = 3,0 \text{ см;}$$

- б) для высот

$$d = \frac{29,6 - 18,3}{12} = 0,9 \approx 1,0 \text{ м}$$

!!!! Помнить про округление до четной цифры.

- 4. Согласно варианта задания, найти среднearифметическую величину M для диаметров и высот соответственно. В нашем примере - для диаметров $M = 31,5$ см; для высот $M = 24,5$ м.
- 5. Определить границы центрального интервала ($V_{i \max}$ и $V_{i \min}$):

$$M + \quad = V_{i \max}; \quad M - \quad = V_{i \min};$$

- В нашем примере: для диаметров: $31,5 + 3,0/2 = 33$ см; $31,5 - 3,0/2 = 30$ см, границы центрального интервала будут 30–33 см;

для высот: $24,5 + 1,0/2 = 25$ м; $24,5 - 1,0/2 = 24$ м, т.е. границы - 24–25 м.

- 6. Определить границы оставшихся интервалов и выполнить разnosку частот (количеств)

- - от значения нижней границы центрального интервала (у нас для диаметров 30 см) **ОТНИМАЕМ** величину интервала d , т.е. 3,0 см.

В результате получаем границы: 30,0–27,0–24,0–21,0–18,0–15,0.

Больше отнимать не нужно, т.к. у нас минимальное значение диаметра 17,0 см, и это минимальное значение попадет в интервал 15,0–18,0 см. Более тонких деревьев в нашем варианте нет.

- - к значению верхней границы центрального интервала (у нас для диаметров 33,0 см) **прибавляем** величину интервала ($d = 3,0$ см).



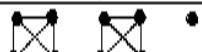










В результате: 33,0–36,0–39,0–42,0–45,0–48,0–51,0–54,0. Больше прибавлять не нужно, т.к. максимальное значение диаметра 53,0 см попадет в интервал 51,0–54,0. А деревьев с большим диаметром у нас нет.

То же самое выполняем и для ряда высот (значение величины интервала в нашем примере $d = 1$ м).

- 7. Выполняем разnosку частот по полученным интервалам по системе конверта для рядов диаметров и высот соответственно. Данные сводим в таблицу.

| D | H | D | H |
|------|------|------|------|
| 28,1 | 25,6 | 29,5 | 24,5 |
| 36,0 | 28,0 | 22,2 | 21,9 |
| 26,4 | 22,6 | 33,6 | 27,3 |
| 56,6 | 26,6 | 31,5 | 27,0 |
| 38,6 | 28,0 | 39,5 | 26,6 |
| 36,6 | 26,0 | 25,0 | 23,6 |
| 30,1 | 24,6 | 40,6 | 25,3 |
| 35,2 | 22,6 | 36,0 | 25,6 |
| 33,3 | 26,6 | 22,6 | 18,6 |
| 30,3 | 28,3 | 43,4 | 27,5 |
| 19,4 | 19,3 | 26,5 | 24,0 |
| 42,6 | 26,6 | 30,6 | 26,0 |
| 28,1 | 24,7 | 25,6 | 22,4 |
| 31,7 | 25,8 | 28,7 | 21,3 |
| 37,8 | 26,0 | 32,6 | 24,8 |
| 26,3 | 22,7 | 35,1 | 24,4 |
| 26,6 | 23,0 | 31,0 | 24,5 |
| 27,3 | 23,0 | 26,0 | 22,6 |
| 22,5 | 22,7 | 34,6 | 25,8 |
| 38,0 | 27,5 | 31,4 | 24,8 |
| 20,5 | 21,6 | 28,0 | 25,6 |
| 42,2 | 25,0 | 38,1 | 27,7 |
| 39,6 | 24,4 | 27,6 | 25,5 |
| 26,6 | 25,6 | 29,9 | 27,0 |
| 30,2 | 28,3 | 33,3 | 28,4 |

Размеркаванне колькасці ствалоў дрэў па інтэрвалах дыяметраў

| Межы інтэрвалаў | Сярэднія значэнні інтэрвалаў | Разноска колькасці ствалоў па інтэрвалах | Колькасці ствалоў па інтэрвалах |
|-----------------|------------------------------|---|---------------------------------|
| 15,0–17,9 | 16,5 |  | 3 |
| 18,0–20,9 | 19,5 |  | 9 |
| 21,0–23,9 | 22,5 |  | 21 |
| 24,0–26,9 | 25,5 |  | 22 |
| 27,0–29,9 | 28,5 |  | 38 |
| 30,0–32,9 | 31,5 |  | 34 |
| 33,0–35,9 | 34,5 |  | 18 |
| 36,0–38,9 | 37,5 |  | 22 |
| 39,0–41,9 | 40,5 |  | 13 |
| 42,0–44,9 | 43,5 |  | 8 |
| 45,0–47,9 | 46,5 |  | 7 |
| 48,0–50,9 | 49,5 |  | 1 |
| 51,0–53,9 | 52,5 |  | 4 |
| Усяго | – | – | 200 |

| Номера вариантов | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 18 | | | | 13 | | | | 14 | | | | 9 | | | |
| D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H | D | H |
| 28,1 | 25,6 | 29,5 | 24,5 | 46,6 | 26,4 | 29,6 | 27,1 | 47,0 | 27,7 | 28,5 | 25,2 | 36,0 | 26,6 | 25,0 | 23,6 |
| 36,0 | 28,0 | 22,2 | 21,9 | 21,6 | 20,1 | 29,7 | 24,6 | 35,3 | 22,5 | 30,3 | 25,2 | 44,0 | 30,3 | 34,5 | 24,6 |
| 26,4 | 22,6 | 33,6 | 27,3 | 34,0 | 27,0 | 26,6 | 25,5 | 36,3 | 24,6 | 33,3 | 25,2 | 36,4 | 24,4 | 28,0 | 25,6 |
| 56,6 | 26,6 | 31,5 | 27,0 | 30,6 | 23,1 | 25,5 | 23,7 | 22,0 | 22,4 | 36,5 | 26,6 | 24,3 | 23,3 | 24,2 | 21,5 |
| 38,6 | 28,0 | 39,5 | 26,6 | 44,0 | 27,3 | 23,1 | 21,6 | 48,5 | 26,1 | 37,6 | 26,6 | 32,2 | 24,7 | 20,3 | 22,7 |
| 36,6 | 26,0 | 25,0 | 23,6 | 38,1 | 24,5 | 29,5 | 23,5 | 35,3 | 26,2 | 26,5 | 23,3 | 39,5 | 26,1 | 27,5 | 22,6 |
| 30,1 | 24,6 | 40,6 | 25,3 | 40,5 | 27,1 | 22,6 | 22,2 | 38,0 | 25,5 | 17,5 | 18,6 | 50,5 | 28,1 | 36,0 | 28,1 |
| 35,2 | 22,6 | 36,0 | 25,6 | 26,1 | 22,6 | 42,0 | 26,6 | 22,2 | 24,0 | 46,4 | 24,6 | 40,6 | 25,4 | 43,0 | 28,0 |

Распределение частот (количеств) стволов деревьев по интервалам диаметров и высот

| D \ H | 15,0-17, | 18,0-20, | 21,0-23, | 24,0-26 | 27,0-29, | 30,0-32, | 33,0-35, | 36,0-38 | 39,0-41, | 42,0-44 | 45,0-47, | 48,0-50 | 51,0-53, | Разам |
|-----------|----------|----------|----------|---------|----------|----------|----------|---------|----------|---------|----------|---------|----------|-------|
| | 9 | 9 | 9 | ,9 | 9 | 9 | 9 | ,9 | 9 | ,9 | 9 | ,9 | 9 | |
| 29,0-29,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 2 |
| 28,0-28,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 4 | 1 | - | 8 |
| 27,0-27,9 | - | - | - | - | - | - | 4 | 4 | 6 | 3 | 1 | - | 2 | 20 |
| 26,0-26,9 | - | - | - | - | 1 | 3 | 7 | 5 | 5 | - | 1 | - | 1 | 23 |
| 25,0-25,9 | - | - | - | 1 | 4 | 13 | 3 | 4 | 1 | 3 | - | - | - | 29 |
| 24,0-24,9 | - | - | 1 | 3 | 10 | 10 | 4 | 7 | - | - | - | - | - | 35 |
| 23,0-23,9 | - | - | 6 | 11 | 12 | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 39 |
| 22,0-22,9 | - | 3 | 7 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 21,0-21,9 | - | 4 | 4 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 20,0-20,9 | - | - | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 19,0-19,9 | 1 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 18,0-18,9 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| Усяго | 3 | 9 | 21 | 22 | 38 | 34 | 18 | 22 | 13 | 8 | 7 | 1 | 4 | 200 |

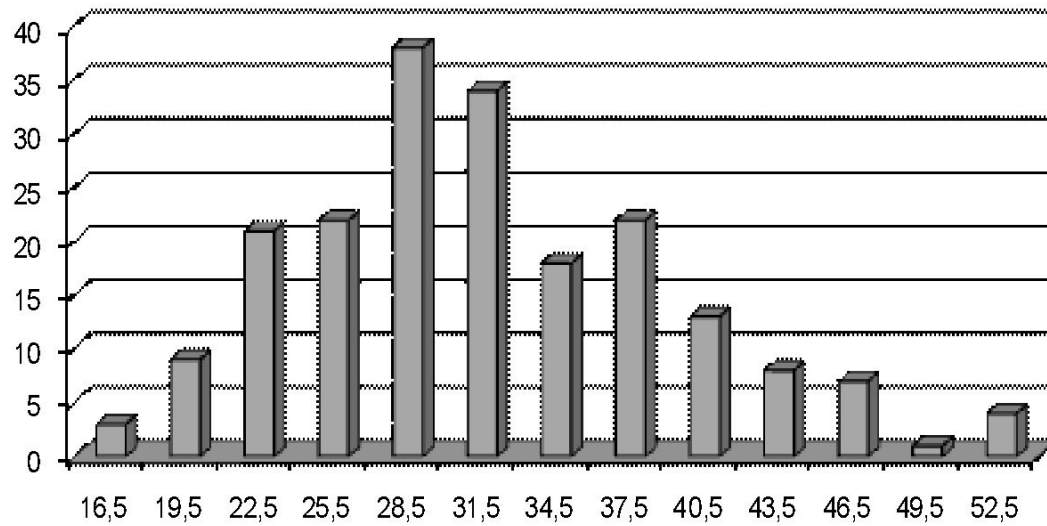
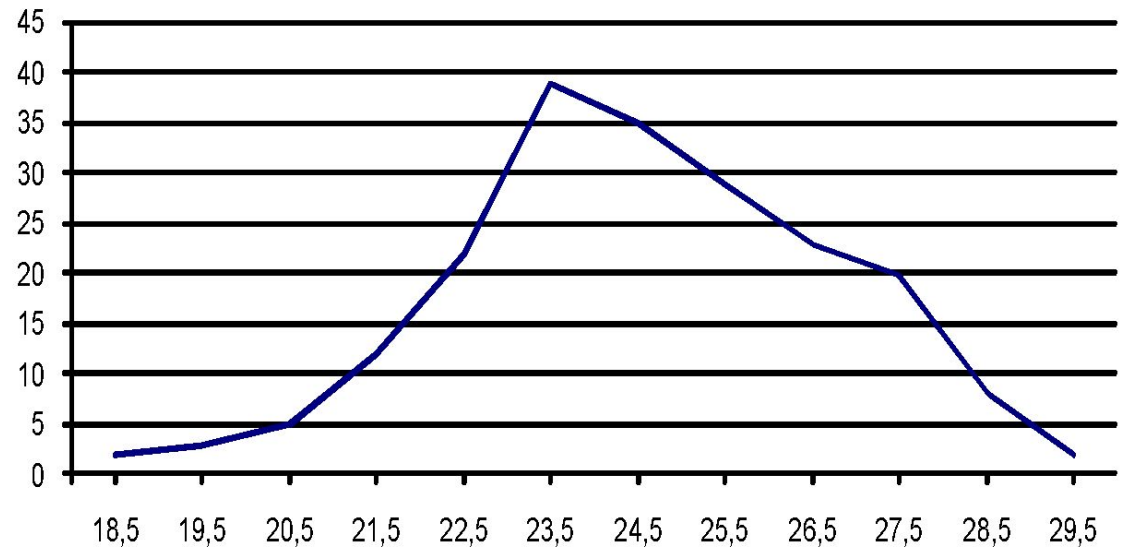


Рис. 1.1. Гистограмма распределения частот статистического ряда диаметров

Рис. 1.2. Полигон распределения частот статистического ряда высот



2. ОЦЕНКА МОМЕНТОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ

| V_i | n_i | K_i | $n_i K_i$ | $n_i K_i^2$ | $n_i K_i^3$ | $n_i K_i^4$ | Кантроль | |
|-------|-------|-------|-----------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------------|
| | | | | | | | $K_i + 1$ | $n_i (K_i + 1)^4$ |
| 16,5 | 3 | -6 | -18 | 108 | -648 | 3 888 | -5 | 1 875 |
| 19,5 | 9 | -5 | -45 | 225 | -1 125 | 5 625 | -4 | 2 304 |
| 22,5 | 21 | -4 | -84 | 336 | -1 344 | 5 376 | -3 | 1 701 |
| 25,5 | 22 | -3 | -66 | 198 | -594 | 1 782 | -2 | 352 |
| 28,5 | 38 | -2 | -76 | 152 | -304 | 608 | -1 | 38 |
| 31,5 | 34 | -1 | -34 | 34 | -34 | 34 | 0 | 0 |
| 34,5 | 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 18 |
| 37,5 | 22 | 1 | 22 | 22 | 22 | 22 | 2 | 352 |
| 40,5 | 13 | 2 | 26 | 52 | 104 | 208 | 3 | 1 053 |
| 43,5 | 8 | 3 | 24 | 72 | 216 | 648 | 4 | 2 048 |
| 46,5 | 7 | 4 | 28 | 112 | 448 | 1 792 | 5 | 4 375 |
| 49,5 | 1 | 5 | 5 | 25 | 125 | 625 | 6 | 1 296 |
| 52,5 | 4 | 6 | 24 | 144 | 864 | 5 184 | 7 | 9 604 |
| Усяго | 200 | - | -194 | 1 480 | -2 270 | 25 792 | - | 25 016 |

$$m_0 = 1;$$

$$m_1 = \frac{\sum n_i K_i}{N} = \frac{-194}{200} = -0,970; \quad m_2 = \frac{\sum n_i K_i^2}{N} = \frac{1480}{200} = 7,400;$$

$$m_3 = \frac{\sum n_i K_i^3}{N} = \frac{-2270}{200} = -11,350; \quad m_4 = \frac{\sum n_i K_i^4}{N} = \frac{25\,792}{200} = 128,960.$$

$$m_4^* = \frac{\sum n_i (K_i + 1)^4}{N} = \frac{25\,016}{200} = 125,080.$$

$$m_4^{**} = m_0 + 4m_1 + 6m_2 + 4m_3 + m_4.$$

$$m_4^{**} = 1 + 4(-0,970) + 6 \cdot 7,400 + 4(-11,350) + 128,960 = 125,080.$$

Схема оценки смешенного начального момента $m_{1/1}$ методом

| D K _x H K _y | произведений | | | | | | | | | | | | | Разам |
|--|--------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| | 15,0-1 | 18,0-2 | 21,0-3 | 24,0-4 | 27,0-2 | 30,0-3 | 33,0-3 | 36,0-4 | 39,0-4 | 42,0-4 | 45,0-4 | 48,0-5 | 51,0-5 | |
| | 7,9 | 0,9 | 23,9 | 26,9 | 9,9 | 32,9 | 5,9 | 38,9 | 41,9 | 44,9 | 7,9 | 0,9 | 3,9 | |
| | -6 | -5 | -4 | -3 | -2 | -1 | 0 | +1 | +2 | +3 | +4 | +5 | +6 | |
| 29,0-29,9 +5 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | +20 | - | +30 | 2 |
| 28,0-28,9 +4 | - | - | - | - | - | - | - | - | +8 | +12 | +16 | +20 | - | 8 |
| 27,0-27,9 +3 | - | - | - | - | - | - | 4 | +3 | +6 | +9 | +12 | - | +18 | 20 |
| 26,0-26,9 +2 | - | - | - | - | -4 | -2 | 7 | +2 | +4 | - | +8 | - | +12 | 23 |
| 25,0-25,9 +1 | - | - | - | -3 | -2 | -1 | 3 | +1 | +2 | +3 | - | - | - | 29 |
| 24,0-24,9 0 | - | - | 1 | 3 | 10 | 10 | 4 | 7 | - | - | - | - | - | 35 |
| 23,0-23,9 -1 | - | - | +4 | +3 | +2 | +1 | - | -1 | - | - | - | - | - | 39 |
| 22,0-22,9 -2 | - | +10 | +8 | +6 | +4 | - | - | - | - | - | - | - | - | 22 |
| 21,0-21,9 -3 | - | +15 | +12 | +9 | +6 | - | - | - | - | - | - | - | - | 12 |
| 20,0-20,9 -4 | - | - | +16 | +12 | +8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 |
| 19,0-19,9 -5 | +30 | +25 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 3 |
| 18,0-18,9 -6 | +36 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| Усяго | 3 | 9 | 21 | 22 | 38 | 34 | 18 | 22 | 13 | 8 | 7 | 1 | 4 | 200 |
| $\sum_{x,y} K_x K_y$ | 102 | 140 | 176 | 84 | 64 | -11 | 0 | 24 | 66 | 60 | 104 | 20 | 78 | 907 |
| $(\sum_{x,y} n_{xy} K_x)^2$ | 289 | 784 | 1936 | 784 | 1024 | 121 | 841 | 576 | 1089 | 400 | 676 | 16 | 169 | - |
| $\sum_{x,y} n_{xy}^2$ | 96,3 | 87,1 | 92,2 | 35,6 | 26,9 | 3,6 | 46,7 | 26,2 | 83,8 | 50,0 | 96,6 | 16,0 | 42,3 | 656,5 |

$$m_{1/1} = \frac{\sum n_{xy} K_x K_y}{N} = \frac{907}{200} = 4,535;$$

$$\mu_{1/1} = m_{1/1} - m_{1x} m_{1y} = 4,535 + 0,975 \cdot 0,055 = 4,588;$$

$$r_{1/1} = \frac{\mu_{1/1}}{\sigma_{1x} \sigma_{1y}} = \frac{4,588}{2,541 \cdot 2,168} = 0,833;$$

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЯДА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ИХ ОСНОВНЫХ ОШИБОК

| V_i | n_i | $V_i n_i$ | $\alpha_i = V_i - M$ | α_i^2 | $n_i \alpha_i^2$ | $n_i \alpha_i^3$ | $n_i \alpha_i^4$ |
|-------|-------|-----------|----------------------|--------------|------------------|------------------|------------------|
| 16,5 | 3 | 49,5 | -15,09 | 227,7 | 683 | -10 308 | 155 553 |
| 19,5 | 9 | 175,5 | -12,09 | 146,2 | 1 316 | -15 905 | 192 286 |
| 22,5 | 21 | 472,5 | -9,09 | 82,6 | 1 735 | -15 773 | 143 375 |
| 25,5 | 22 | 561,0 | -6,09 | 37,1 | 816 | -4 969 | 30 262 |
| 28,5 | 38 | 1 083,0 | -3,09 | 9,5 | 363 | -1 121 | 3 464 |
| 31,5 | 34 | 1 071,0 | -0,09 | 0,0 | 0 | 0 | 0 |
| 34,5 | 18 | 621,0 | 2,91 | 8,5 | 152 | 444 | 1 291 |
| 37,5 | 22 | 825,0 | 5,91 | 34,9 | 768 | 4 541 | 26 839 |
| 40,5 | 13 | 526,5 | 8,91 | 79,4 | 1 032 | 9 196 | 81 932 |
| 43,5 | 8 | 348,0 | 11,91 | 141,8 | 1 135 | 13 515 | 160 967 |
| 46,5 | 7 | 325,5 | 14,91 | 222,3 | 1 556 | 23 202 | 345 946 |
| 49,5 | 1 | 49,5 | 17,91 | 320,8 | 321 | 5 745 | 102 892 |
| 52,5 | 4 | 210,0 | 20,91 | 437,2 | 1 749 | 36 570 | 764 674 |
| Усяго | 200 | 6 318,0 | 37,83 | 1 748,0 | 11 626 | 45 137 | 2 009 482 |

Сярэднеарыфметычная велічыня: $M = \frac{\sum V_i n_i}{N} = \frac{6318}{200} = 31,59 = 31,6$ см;

Найменшае сярэднеквадратычнае адхіленне $\sigma = \sqrt{\frac{\sum n_i \alpha_i^2}{N-1}} = \frac{11626}{199} = 7,64$ см;

Паказчык дакладнасці (асноўная памылка) ацэнкі сярэднеарыфметычнай велічыні: $m_M = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{N}} = \frac{7,64}{\sqrt{200}} = \pm 0,54$ см;

Каэфіцыент варыяцыі: $V = \frac{100\sigma}{M} = \frac{100 \cdot 7,64}{31,6} = 24,2\%$;

Працэнт дакладнасці сярэднеарыфметычнай велічыні:
 $P = \frac{100m_M}{M} = \frac{100 \cdot 0,54}{31,6} = 1,71\%$;

Каэфіцыент асіметрыі: $A_s = \frac{\sum n_i \alpha_i^3}{N\sigma^3} = \frac{45137}{200 \cdot 7,64^2} = 0,505$;

Каэфіцыент эксцэсу: $E = \frac{\sum n_i \alpha_i^4}{N\sigma^4} - 3 = \frac{2009482}{200 \cdot 7,64^4} - 3 = -0,056$;

Асноўная памылка ацэнкі сярэднеквадратычнага адхілення:

$m_\sigma = \pm \frac{\sigma}{\sqrt{2N}} = \pm \frac{7,64}{\sqrt{400}} = \pm 0,38$ см;

Асноўная памылка ацэнкі каэфіцыента варыяцыі: $m_V = \pm \frac{V}{\sqrt{2N}} = \pm \frac{24,2}{\sqrt{400}} = \pm 1,21\%$;

Асноўная памылка ацэнкі каэфіцыента асіметрыі:

$m_{A_s} = \pm \sqrt{\frac{6}{N}} = \pm \sqrt{\frac{6}{200}} = \pm 0,173$;

Асноўная памылка ацэнкі каэфіцыента эксцэсу: $m_E = \pm 2$

$\sqrt{\frac{6}{N}} = \pm 2 \sqrt{\frac{6}{200}} = \pm 0,346$;

Асноўная памылка працэнта дакладнасці сярэднеарыфметычнай велічыні:

$m_P = \pm \frac{P}{\sqrt{2N}} = \pm \frac{1,71}{\sqrt{400}} = \pm 0,086\%$;

4. МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

| V_i | n_i | t_i | $\Phi(t_i)$ | P_i | n'_i | $\Delta = n_i - n'_i$ |
|-----------|-------|-----------|-------------|-------|--------|-----------------------|
| 15,0–17,9 | 3 | -1,79 | 0,037 | 0,037 | 7,4 | -4,4 |
| 18,0–20,9 | 9 | -1,40 | 0,081 | 0,044 | 8,8 | 0,2 |
| 21,0–23,9 | 21 | -1,01 | 0,156 | 0,075 | 15,0 | 6,0 |
| 24,0–26,9 | 22 | -0,62 | 0,268 | 0,112 | 22,4 | -0,4 |
| 27,0–29,9 | 38 | -0,22 | 0,413 | 0,145 | 29,0 | 9,0 |
| 30,0–32,9 | 34 | 0,17 | 0,567 | 0,154 | 30,8 | 3,2 |
| 33,0–35,9 | 18 | 0,56 | 0,712 | 0,145 | 29,0 | -11,0 |
| 36,0–38,9 | 22 | 0,96 | 0,831 | 0,119 | 23,8 | -1,8 |
| 39,0–41,9 | 13 | 1,35 | 0,911 | 0,080 | 16,0 | -3,0 |
| 42,0–44,9 | 8 | 1,74 | 0,959 | 0,048 | 9,6 | -1,6 |
| 45,0–47,9 | 7 | 2,13 | 0,983 | 0,024 | 4,8 | 2,2 |
| 48,0–50,9 | 1 | 2,53 | 0,994 | 0,011 | 2,2 | -1,2 |
| 51,0– | 4 | $+\infty$ | 1,000 | 0,006 | 1,2 | 2,8 |
| Всего | 200 | - | - | 1,000 | 200,0 | - |

$$P(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-M)^2}{2\sigma^2}};$$

$$t_i = \frac{x_i - M}{\sigma},$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

$$\Phi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt;$$

| t_i | $\Phi(t_i)$ |
|-----------|-------------|
| -1,79 | 0,037 |
| -1,40 | 0,081 |
| -1,01 | 0,156 |
| -0,62 | 0,268 |
| -0,22 | 0,413 |
| 0,17 | 0,567 |
| 0,56 | 0,712 |
| 0,96 | 0,831 |
| 1,35 | 0,911 |
| 1,74 | 0,959 |
| 2,13 | 0,983 |
| 2,53 | 0,994 |
| $+\infty$ | 1,000 |

$$\Phi(-x) = 1 - \Phi(x).$$

$$n'_i = P_i N$$

| x | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,0 | 0,500 | 0,504 | 0,506 | 0,512 | 0,516 | 0,520 | 0,524 | 0,528 | 0,532 | 0,536 |
| 0,1 | 0,540 | 0,544 | 0,548 | 0,552 | 0,556 | 0,560 | 0,564 | 0,567 | 0,571 | 0,575 |
| 0,2 | 0,579 | 0,583 | 0,587 | 0,591 | 0,595 | 0,599 | 0,603 | 0,606 | 0,610 | 0,614 |
| 0,3 | 0,618 | 0,622 | 0,626 | 0,629 | 0,633 | 0,637 | 0,641 | 0,644 | 0,648 | 0,652 |
| 0,4 | 0,655 | 0,659 | 0,663 | 0,666 | 0,670 | 0,674 | 0,677 | 0,681 | 0,684 | 0,688 |
| 0,5 | 0,691 | 0,695 | 0,698 | 0,702 | 0,705 | 0,709 | 0,712 | 0,716 | 0,719 | 0,722 |
| 0,6 | 0,728 | 0,729 | 0,732 | 0,736 | 0,739 | 0,742 | 0,745 | 0,749 | 0,752 | 0,755 |
| 0,7 | 0,758 | 0,761 | 0,764 | 0,767 | 0,770 | 0,773 | 0,776 | 0,779 | 0,782 | 0,785 |
| 0,8 | 0,788 | 0,791 | 0,794 | 0,797 | 0,800 | 0,802 | 0,805 | 0,808 | 0,811 | 0,813 |
| 0,9 | 0,816 | 0,819 | 0,821 | 0,824 | 0,826 | 0,829 | 0,831 | 0,834 | 0,836 | 0,839 |
| 1,0 | 0,841 | 0,844 | 0,846 | 0,848 | 0,851 | 0,853 | 0,855 | 0,858 | 0,860 | 0,862 |
| 1,1 | 0,864 | 0,866 | 0,869 | 0,871 | 0,873 | 0,875 | 0,877 | 0,879 | 0,881 | 0,883 |
| 1,2 | 0,885 | 0,887 | 0,889 | 0,891 | 0,893 | 0,894 | 0,896 | 0,898 | 0,900 | 0,901 |
| 1,3 | 0,903 | 0,905 | 0,907 | 0,908 | 0,910 | 0,911 | 0,913 | 0,915 | 0,916 | 0,918 |
| 1,4 | 0,919 | 0,921 | 0,922 | 0,924 | 0,925 | 0,926 | 0,928 | 0,929 | 0,931 | 0,932 |
| 1,5 | 0,933 | 0,934 | 0,936 | 0,937 | 0,938 | 0,939 | 0,941 | 0,942 | 0,943 | 0,944 |
| 1,6 | 0,945 | 0,946 | 0,947 | 0,948 | 0,950 | 0,951 | 0,952 | 0,953 | 0,954 | 0,954 |
| 1,7 | 0,955 | 0,956 | 0,957 | 0,958 | 0,959 | 0,960 | 0,961 | 0,962 | 0,961 | 0,963 |
| 1,8 | 0,964 | 0,965 | 0,966 | 0,966 | 0,967 | 0,968 | 0,969 | 0,969 | 0,970 | 0,971 |
| 1,9 | 0,971 | 0,972 | 0,973 | 0,973 | 0,974 | 0,974 | 0,975 | 0,976 | 0,976 | 0,977 |
| 2,0 | 0,977 | 0,978 | 0,978 | 0,979 | 0,979 | 0,980 | 0,980 | 0,981 | 0,981 | 0,982 |
| 2,1 | 0,982 | 0,983 | 0,983 | 0,983 | 0,984 | 0,984 | 0,985 | 0,985 | 0,985 | 0,986 |
| 2,2 | 0,986 | 0,986 | 0,987 | 0,987 | 0,987 | 0,988 | 0,988 | 0,988 | 0,989 | 0,989 |
| 2,3 | 0,989 | 0,990 | 0,990 | 0,990 | 0,990 | 0,991 | 0,991 | 0,991 | 0,991 | 0,992 |
| 2,4 | 0,992 | 0,992 | 0,992 | 0,992 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,993 | 0,994 |
| 2,5 | 0,994 | 0,994 | 0,994 | 0,994 | 0,994 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,995 | 0,995 |
| 2,6 | 0,995 | 0,995 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 |
| 2,7 | 0,996 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 | 0,997 |
| 2,8 | 0,997 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 |
| 2,9 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,998 | 0,999 | 0,999 | 0,999 |
| 3,0 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 |
| 3,1 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 |
| 3,2 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 0,999 | 1,000 |
| 3,3 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |
| 3,4 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

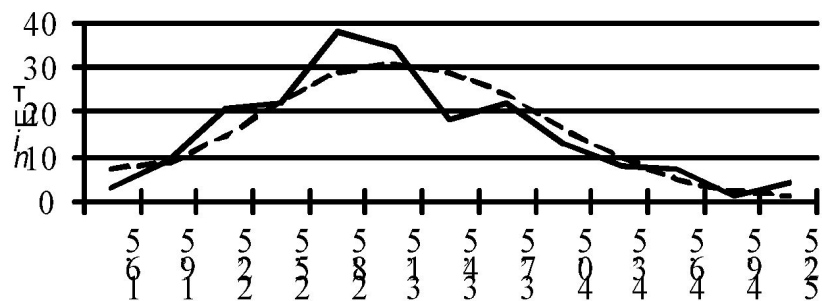


Рис. 4.1. Сопоставление теоретических частот кривой нормального распределения ряда диаметров с опытными данными

— Опытные данные (частоты)
 - - - Теоретические данные (частоты)

ВЫЧИСЛЕНИЕ КРИТЕРИЯ СОГЛАСИЯ

| V_i | n_i | $n'_i = NP$ | $n_i - n'_i$ | $(n_i - n'_i)^2$ | $(n_i - n'_i)^2 / n'_i$ |
|-------|-------|-------------|--------------|------------------|-------------------------|
| 16,5 | 3 | 7,4 | -4,4 | 19,36 | 2,62 |
| 19,5 | 9 | 8,8 | 0,2 | 0,04 | 0,00 |
| 22,5 | 21 | 15,0 | 6,0 | 36,00 | 2,40 |
| 25,5 | 22 | 22,4 | -0,4 | 0,16 | 0,01 |
| 28,5 | 38 | 29,0 | 9,0 | 81,00 | 2,79 |
| 31,5 | 34 | 30,8 | 3,2 | 10,24 | 0,33 |
| 34,5 | 18 | 29,0 | -11,0 | 121,00 | 4,17 |
| 37,5 | 22 | 23,8 | -1,8 | 3,24 | 0,14 |
| 40,5 | 13 | 16,0 | -3,0 | 9,00 | 0,56 |
| 43,5 | 8 | 9,6 | -1,6 | 2,56 | 0,27 |
| 46,5 | 7 | 4,8 | 2,2 | 14,44 | 3,01 |
| 49,5 | 1 | 2,2 | 2,8 | | |
| 52,5 | 4 | 1,2 | 3,8 | | |
| - | 200 | 200 | 0 | - | 16,30 |

Критические значения квантилей $\chi^2_{\alpha;u}$ в зависимости от уровня значимости α и числа степеней свободы u

$\alpha = 0,05$ (в лесном хозяйстве сейчас чаще всего используется уровень значимости $\alpha = 0,05$)

$$u = m - r - 1 = 11 - 2 - 1 = 8.$$

Число $m = 11$ – это количество интервалов вариационного ряда с учетом объединения интервалов
 $r = 2$ – количество параметров распределения (для нормального распределения это 2 параметра:

M – среднеарифметическая величина и σ – среднеквадратическое отклонение).

| $u \backslash \alpha$ | 0,99 | 0,95 | 0,90 | 0,80 | 0,70 | 0,50 | 0,30 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,01 | 0,001 |
|-----------------------|----------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------------|--------|--------|
| 1 | 0,000157 | 0,00393 | 0,0158 | 0,0642 | 0,148 | 0,455 | 1,074 | 1,642 | 2,706 | 3,841 | 6,635 | 10,827 |
| 2 | 0,0201 | 0,103 | 0,211 | 0,446 | 0,713 | 1,386 | 2,408 | 3,219 | 4,605 | 5,991 | 9,210 | 13,815 |
| 3 | 0,115 | 0,352 | 0,584 | 1,005 | 1,424 | 2,366 | 3,665 | 4,642 | 6,251 | 7,815 | 11,345 | 16,266 |
| 4 | 0,297 | 0,711 | 1,064 | 1,649 | 2,195 | 3,357 | 4,878 | 5,989 | 7,779 | 9,488 | 13,277 | 18,467 |
| 5 | 0,554 | 1,145 | 1,610 | 2,343 | 3,000 | 4,351 | 6,064 | 7,289 | 9,236 | 11,070 | 15,086 | 20,515 |
| 6 | 0,872 | 1,635 | 2,204 | 3,070 | 3,828 | 5,348 | 7,231 | 8,558 | 10,645 | 12,592 | 16,812 | 22,457 |
| 7 | 1,239 | 2,167 | 2,833 | 3,822 | 4,671 | 6,346 | 8,363 | 9,803 | 12,017 | 14,067 | 18,475 | 24,322 |
| 8 | 1,646 | 2,733 | 3,490 | 4,594 | 5,527 | 7,344 | 9,524 | 11,030 | 13,362 | 15,507 | 20,090 | 26,125 |
| 9 | 2,088 | 3,325 | 4,168 | 5,380 | 6,393 | 8,343 | 10,656 | 12,242 | 14,684 | 16,919 | 21,666 | 27,877 |
| 10 | 2,558 | 3,940 | 4,865 | 6,179 | 7,267 | 9,342 | 11,781 | 13,442 | 15,987 | 18,307 | 23,209 | 29,588 |
| 11 | 3,053 | 4,575 | 5,578 | 6,989 | 8,148 | 10,341 | 12,899 | 14,631 | 17,275 | 19,675 | 24,725 | 31,264 |
| 12 | 3,571 | 5,226 | 6,304 | 7,807 | 9,034 | 11,340 | 14,011 | 15,812 | 18,519 | 21,026 | 26,207 | 32,909 |
| 13 | 4,107 | 5,892 | 7,042 | 8,634 | 9,926 | 12,340 | 15,119 | 16,985 | 19,812 | 22,362 | 27,688 | 34,528 |
| 14 | 4,660 | 6,571 | 7,790 | 9,467 | 10,821 | 13,339 | 16,222 | 18,151 | 21,064 | 23,685 | 29,141 | 36,123 |
| 15 | 5,229 | 7,261 | 8,547 | 10,307 | 11,721 | 14,339 | 17,322 | 19,311 | 22,307 | 24,996 | 30,578 | 37,697 |
| 16 | 5,812 | 7,962 | 9,312 | 11,152 | 12,624 | 15,338 | 18,418 | 20,465 | 23,542 | 26,296 | 32,000 | 39,252 |
| 17 | 6,408 | 8,672 | 10,085 | 12,002 | 13,531 | 16,338 | 19,511 | 21,615 | 24,769 | 27,587 | 33,409 | 40,790 |
| 18 | 7,015 | 9,390 | 10,865 | 12,857 | 14,440 | 17,338 | 20,601 | 22,760 | 25,989 | 28,869 | 34,805 | 42,312 |
| 19 | 7,633 | 10,117 | 11,651 | 13,716 | 15,352 | 18,338 | 21,689 | 23,900 | 27,204 | 30,144 | 36,191 | 43,820 |
| 20 | 8,260 | 10,851 | 12,443 | 14,578 | 16,266 | 19,337 | 22,775 | 25,038 | 28,412 | 31,410 | 37,566 | 45,315 |
| 21 | 8,897 | 11,591 | 13,240 | 15,445 | 17,182 | 20,337 | 23,853 | 26,171 | 29,615 | 32,671 | 38,932 | 46,797 |
| 22 | 9,542 | 12,338 | 14,041 | 16,310 | 18,101 | 21,337 | 24,939 | 27,301 | 30,813 | 33,924 | 40,289 | 48,268 |
| 23 | 10,196 | 13,091 | 14,848 | 17,187 | 19,021 | 22,337 | 26,018 | 28,429 | 32,007 | 35,172 | 41,638 | 49,728 |

5. КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ

$$r = \frac{\sum \alpha_x \alpha_y}{N \sigma_x \sigma_y}. \quad (5.1)$$

Пры дастатковым аб'ёме выбаркі ацэнка каэфіцыента карэляцыі выконваецца метадам момантаў:

$$r = \frac{\mu_{1/1}}{\sigma_{1x} \sigma_{1y}}, \quad (5.2)$$

дзе $\mu_{1/1}$ – змяшаны цэнтральны момант першага парадку паміж $x = D$ і $y = H$ (гл. тэма 2, падраздзел 2.3); σ_{1x} , σ_{1y} – ненайменныя сярэднеквадратычныя адхіленні (для радоў дыяметраў і вышынь) (гл. тэма 2, падраздзел 2.2).

Змяшаны цэнтральны момант першага парадку паміж x і y вылічваецца па формуле

$$\mu_{1/1} = m_{1/1} = m_{1x} m_{1y}, \quad (5.3)$$

Раней былі вылічаны значэнні (гл. тэма 2):

$$m_{1/1} = 4,535; m_{1x} = -0,970; m_{1y} = 0,055; \sigma_{1x} = 2,541; \sigma_{1y} = 2,168.$$

$$\text{Адсюль } \mu_{1/1} = m_{1/1} - m_{1x} m_{1y} = 4,535 + 0,975 \cdot 0,055 = 4,588.$$

Значыць, змяшаны асноўны момант першага парадку ($r_{1/1}$), які ўяўляе сабою каэфіцыент карэляцыі (r), склаў (гл. тэма 2, падраздзел 2.3):

$$r_{1/1} = \frac{M_{1/1}}{\sigma_{1x} \sigma_{1y}} = \frac{4,588}{2,541 \cdot 2,168} = 0,833.$$

Асноўная памылка каэфіцыента карэляцыі:

$$m_r = \pm \frac{1 - r^2}{\sqrt{N}} = \frac{1 - 0,833^2}{\sqrt{200}} = \frac{1 - 0,6932}{14,14} = \pm 0,022.$$

Корреляционное отношение (η)

$$\eta_{y/x}^2 = \frac{1}{M_{2y}} \left[\frac{1}{N} \sum \frac{(\sum n_{xy} k_y)^2}{n_x} - m_{1y}^2 \right]. \quad (5.4)$$

У нашым выпадку гэтыя паказчыкі роўныя (гл. тэма 2): $\mu_{2y} = 4,702$
(для рада вышынь y); $\sum \frac{(\sum n_{xy} k_y)^2}{n_x} = 656,5$; (гл. табл. 2.2); $N = 200$;
 $m_{1y} = 0,055$ (для рада вышынь), адсюль:

$$\eta_{y/x}^2 = \frac{1}{4,702} \left(\frac{656,5}{200} - 0,055 \right) = 0,698.$$

Значыць, карэляцыйная адносіна складзе:

$$\eta_{y/x} = \sqrt{0,698} = 0,835.$$

Таму $\eta_{y/x} = 0,835 > r = 0,833$.

6. РЕГРЕССИОННЫЙ

АНАЛИЗ

| D \ H | 15,0-17,9 | 18,0-20,9 | 21,0-23,9 | 24,0-26,9 | 27,0-29,9 | 30,0-32,9 | 33,0-35,9 | 36,0-38,9 | 39,0-41,9 | 42,0-44,9 | 45,0-47,9 | 48,0-50,9 | 51,0-52,9 | V _y | n _y |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|----------------|
| 29,0-29,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 1 | 29,5 | 2 |
| 28,0-28,9 | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | 2 | 4 | 1 | - | 28,5 | 8 |
| 27,0-27,9 | - | - | - | - | - | - | 4 | 4 | 6 | 3 | 1 | - | 2 | 27,5 | 20 |
| 26,0-26,9 | - | - | - | - | 1 | 3 | 7 | 5 | 5 | - | 1 | - | 1 | 26,5 | 23 |
| 25,0-25,9 | - | - | - | 1 | 4 | 13 | 3 | 4 | 1 | 3 | - | - | - | 25,5 | 29 |
| 24,0-24,9 | - | - | 1 | 3 | 10 | 10 | 4 | 7 | - | - | - | - | - | 24,5 | 35 |
| 23,0-23,9 | - | - | 6 | 11 | 12 | 8 | - | 2 | - | - | - | - | - | 23,5 | 39 |
| 22,0-22,9 | - | 3 | 7 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | - | 22,5 | 22 |
| 21,0-21,9 | - | 4 | 4 | 2 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 21,5 | 12 |
| 20,0-20,9 | - | - | 3 | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | 20,5 | 5 |
| 19,0-19,9 | 1 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 19,5 | 3 |
| 18,0-18,9 | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 18,5 | 2 |
| V _x | 16,5 | 19,5 | 22,5 | 25,5 | 28,5 | 31,5 | 34,5 | 37,5 | 40,5 | 43,5 | 46,5 | 49,5 | 52,5 | - | 200 |
| n _x | 3 | 9 | 21 | 22 | 38 | 34 | 18 | 22 | 13 | 8 | 7 | 1 | 4 | 200 | - |
| H _{ум} | 18,8 | 21,4 | 22,4 | 23,2 | 23,7 | 24,8 | 26,1 | 24,9 | 27,0 | 27,0 | 28,2 | 28,5 | 27,8 | | |

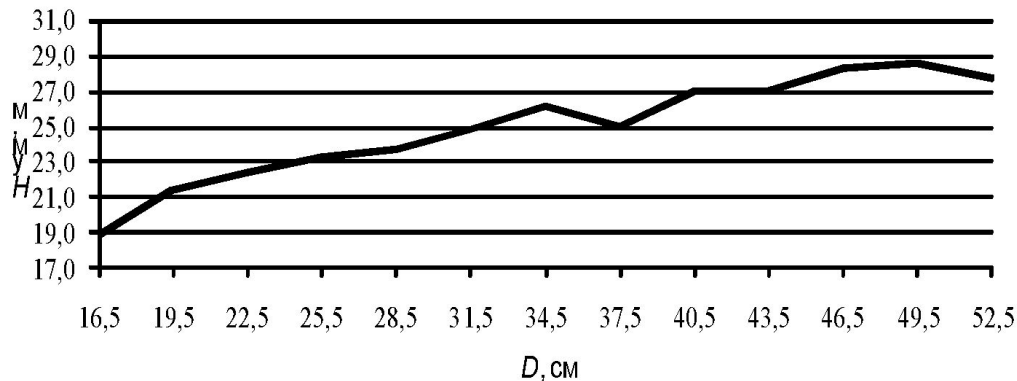


Рис. 6.1. График условных средних высот по интервалам диаметров

6.1. Оценка коэффициентов уравнения прямой

| D = x | H _{ср} = y | x ² | xy | y' | Δ = y - y' | Δ ² |
|---------------|---------------------|------------------|------------------|------|------------|----------------|
| 16,5 | 18,8 | 272,25 | 310,75 | 20,7 | -1,8 | 3,32 |
| 19,5 | 21,4 | 380,25 | 417,08 | 21,4 | 0,0 | 0,00 |
| 22,5 | 22,4 | 506,25 | 504,11 | 22,1 | 0,3 | 0,09 |
| 25,5 | 23,2 | 650,25 | 592,30 | 22,8 | 0,4 | 0,16 |
| 28,5 | 23,7 | 812,25 | 674,25 | 23,5 | 0,1 | 0,01 |
| 31,5 | 24,8 | 992,25 | 781,94 | 24,3 | 0,6 | 0,30 |
| 34,5 | 26,1 | 1 190,25 | 900,83 | 25,0 | 1,1 | 1,25 |
| 37,5 | 24,9 | 1 406,25 | 933,75 | 25,7 | -0,8 | 0,67 |
| 40,5 | 27,0 | 1 640,25 | 1 095,06 | 26,4 | 0,6 | 0,36 |
| 43,5 | 27,0 | 1 892,25 | 1 174,50 | 27,2 | -0,2 | 0,03 |
| 46,5 | 28,2 | 2 162,25 | 1 311,96 | 27,9 | 0,3 | 0,11 |
| 49,5 | 28,5 | 2 450,25 | 1 410,75 | 28,6 | -0,1 | 0,01 |
| 52,5 | 27,8 | 2 756,25 | 1 456,88 | 29,3 | -1,6 | 2,50 |
| Σ448,5 | 323,8 | 17 111,25 | 11 564,16 | - | - | 8,82 |

$$\begin{cases} an + b \sum x = \sum y, \\ a \sum x + b \sum x^2 = \sum xy. \end{cases}$$

$$\begin{cases} 13a + 448,5b = 323,8, \\ 448,5a + 17111,25b = 11564,16. \end{cases}$$

$$\begin{array}{r} a + 34,5b = 24,91 \\ - \\ a + 38,15b = 25,78 \\ \hline -3,65b = -0,87 \\ b = 0,239. \end{array}$$

Подставляя значение $b = 0,239$ в первое уравнение, получаем $a = 24,91 - (0,239 \cdot 34,5) = 16,669$.

Уравнение прямой будет иметь вид: $H' = 16,669 + 0,239D$.

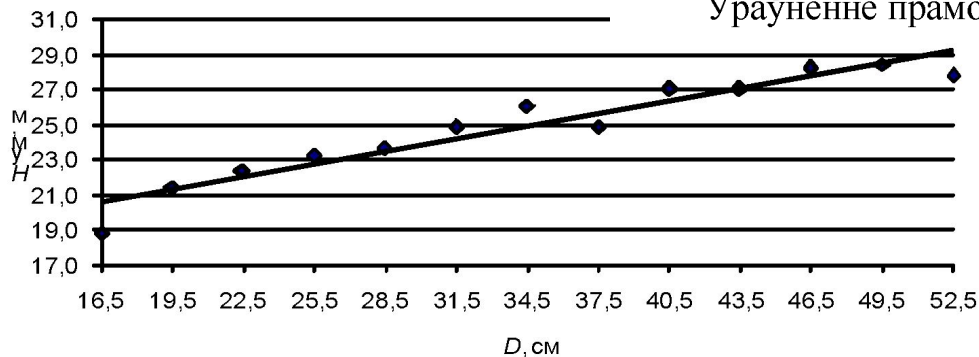


Рис. 6.2. Линейная зависимость между условными средними высотами и средними диаметрами по интервалам статистического ряда

$$m_{1x} = \pm \frac{\sqrt{\sum \Delta^2}}{\sqrt{n-2}} = \pm \sqrt{\frac{8,72}{13-2}} = \pm 0,89 \text{ м.}$$

$$P_y = \frac{m_{1x} \cdot 100}{y''} = \frac{0,89 \cdot 100}{24,5} = 3,6\%.$$

Спасибо за внимание!

Рекомендуемая литература

Атрощенко О.А., Машковский В.П.
Лесная биометрия.- Мн.: БГТУ, 2010. -
329 с.

Рекомендуемая литература

Машковский В.П. Лесная биометрия:
учебно-методическое пособие
по одноименной дисциплине
для студентов специальности 1-75 01 01
«Лесное хозяйство.
Мн.: БГТУ, 2005. – 72 с.

Рекомендуемая литература

Труль О.А. Математическая статистика в лесном хозяйстве.- Мн.: Высшая школа, 1966. - 234 с.

Свалов Н.Н. Вариационная статистика. М.: Лесная промышленность, 1977.- 176 с.

Рекомендуемая литература

Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов - 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1990.- 352 с.

Рокицкий П.Ф. Биологическая статистика.- Мн.: Вышэйшая школа, 1973.- 320 с.

Рекомендуемая литература

Митропольский А.К. Техника статистических вычислений.- М.: Наука, 1971.- 576 с.

Плохинский Н.А. Биометрия.- М.: Издательство московского университета, 1970.- 368 с.

Рекомендуемая литература

Тюрин А.В. Основы вариационной статистики в применении к лесоводству.

М.: Гослесбумиздат, 1961. - 103 с.

Дворецкий М.Л. Пособие по вариационной статистике
Изд. 3.- М.: Лесная промышленность,
1971.- 104 с.