

Принимаем длину доски по стандарту $l_1 = 4,0$ м.

Оптимальная ширина этих досок будет равна

$$b_1 = \sqrt{\frac{D^2 - E_1^2}{3}} = \sqrt{\frac{312^2 - 247,8^2}{3}} = 109,4 \text{ мм.}$$

Принимаем номинальную ширину доски по стандарту $b_1 = 100$ мм или с припуском на усушку $b_1 = 103,7$ мм.

Для уточнения величины новой длины доски вычислим величину расчетного диаметра d_{p1}

$$d_{p1} = \sqrt{E_1^2 + b_1^2} = \sqrt{247,8^2 + 103,7^2} = 268,6 \text{ мм.}$$

Тогда уточненная длина выпиливаемой доски будет определена следующим образом:

$$l_{p1} = (D - d_{p1}) / c = (31,2 - 26,86) / 1,04 = 4,17 \text{ м.}$$

Здесь можно принять длину, равной 4,25 м, но такая доска в вершинной части будет иметь небольшой тупой обзол длиной $4,25 - 4,17 = 0,08$ м.

Приведенная последовательность расчетов по переходу от *оптимальных* размеров досок к *рациональным* позволяет полнее учитывать спецификационные требования потребителя и сохранять достаточно высоким объемный выход пилопродукции.

Уласовец В.Г. (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) vadul@mail.ru

НОМОГРАММА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ДОСОК ПРИ РАСЧЕТЕ ПОСТАВОВ *NOMOGRAPH FOR THE OPTIMUM SIZES DETERMINATION OF BOARDS AT CALCULATION OF SAWING SCHEDULES*

В каждом отдельном регионе страны состав пиловочного сырья сравнительно постоянен и имеет достаточно долго характерные размерные и качественные особенности.

Лесопильные предприятия в своей практической деятельности чаще всего при расчете поставов используют различные *графики-квадранты* или *номограммы*, построенные в прямоугольных координатах.

Рассмотрим номограмму *УЛТИ* (рис. 1) для расчета поставов, составленную с учетом размерных характеристик хвойного пиловочного сырья уральского региона.

На номограмме условно выделены четыре зоны (*A, B, C, D*).

В зоне *A* четверти окружностей торцовых сечений бревен диаметром от 10 до 50 см, построенных по формуле

$$b_o = \sqrt{d^2 - E_i^2},$$

где b_o - оптимальная ширина доски;

d - диаметр бревна в вершине;

E_i - величина охвата наружной пласти исследуемой доски поставом;

и предназначенных для определения оптимальных ширин досок, выпиливаемых из пифагорической части бревен.

В зоне **B** четверти эллипсов торцовых сечений бревен диаметром от 10 до 50 см, построенных по формуле

$$b_o = \sqrt{\frac{D^2 - E_i^2}{3}},$$

где D - диаметр бревна в комле, предназначенных для определения оптимальных ширины досок, выпиливаемых из параболической части бревен.

В зоне **C** расположены вспомогательные кривые, построены по формуле

$$l_o = \frac{2}{3} L \frac{D^2 - E_i^2}{D^2 - d^2},$$

где l_o - оптимальная длина доски;

L - длина бревна,

и предназначенные для определения оптимальных длин досок, выпиливаемых из параболической части бревен.

В зоне **D** пучок лучей, исходящий из одной точки, представляет длины бревен от 3 до 6,5 м. По *нижней левой горизонтальной шкале* этой зоны определяют оптимальную длину досок, выпиливаемых из параболической части бревен различных длин.

Наклонная линия с отметкой "квадратный брус" позволяет определять ширину пласти квадратного бруса, если известен диаметр бревна или подбирать бревно необходимого диаметра, если задана ширина пласти квадратного бруса.

В верхнем правом углу номограммы дана информация о величине коэффициента сбега (K) бревен различных вершинных диаметров, характерная для хвойного пиловочного сырья уральского региона. Номограммой можно пользоваться и при небольших ($\pm 0,1$) отклонениях коэффициента сбега бревен.

Пользование номограммой *УЛТИ* для расчета поставов проследим на данных следующего примера:

Рассчитать постав на распиловку соснового бревна вразвал с выработкой обрезных пиломатериалов по ГОСТ 8486-86, если: диаметр бревна в вершине $d = 20$ см, Диаметр бревна в комле $D = 24$ см, коэффициент сбега бревна $K = 1,2$; величина сбега $c = 1$ см/м, длина бревна $L = 4$ м, объем бревна $g = 0,147$ м³ величина пропила $t = 3,4$ мм, влажность выпиливаемых пиломатериалов $W = 15$ %.

Положим, что исследуемый постав имеет следующий вид (рис. 2):

$$\frac{44}{2} - \frac{25}{2} - \frac{19}{2}.$$

Вычислим расстояние e_3 от центра торца бревна *до наружной* пласти каждой доски (т. е. полуохват).

Для доски № 3

$$e_3 = t / 2 + a_3 + y_3 = 1,7 + 44 + 1,8 = 47,5 \text{ мм},$$

при этом охват для пары досок № 3 будет равен

$$E_3 = 2e_3 = 95,0 \text{ мм}.$$

Для доски № 2

$e_2 = e_3 + t + a_2 + y_2 = 47,5 + 3,4 + 25 + 1,1 = 77,0$ мм, при этом охват для пары досок № 2 будет равен

$$E_2 = 2e_2 = 154,0 \text{ мм};$$

Для доски № 1

$e_1 = e_2 + t + a_1 + y_1 = 77,0 + 3,4 + 19 + 0,8 = 100,2 \text{ мм}$,
 при этом охват для пары досок № 1 будет равен
 $E_1 = 2e_1 = 200,4 \text{ мм}$.

Охват вершинного диаметра бревна поставом составит $1,002d$.

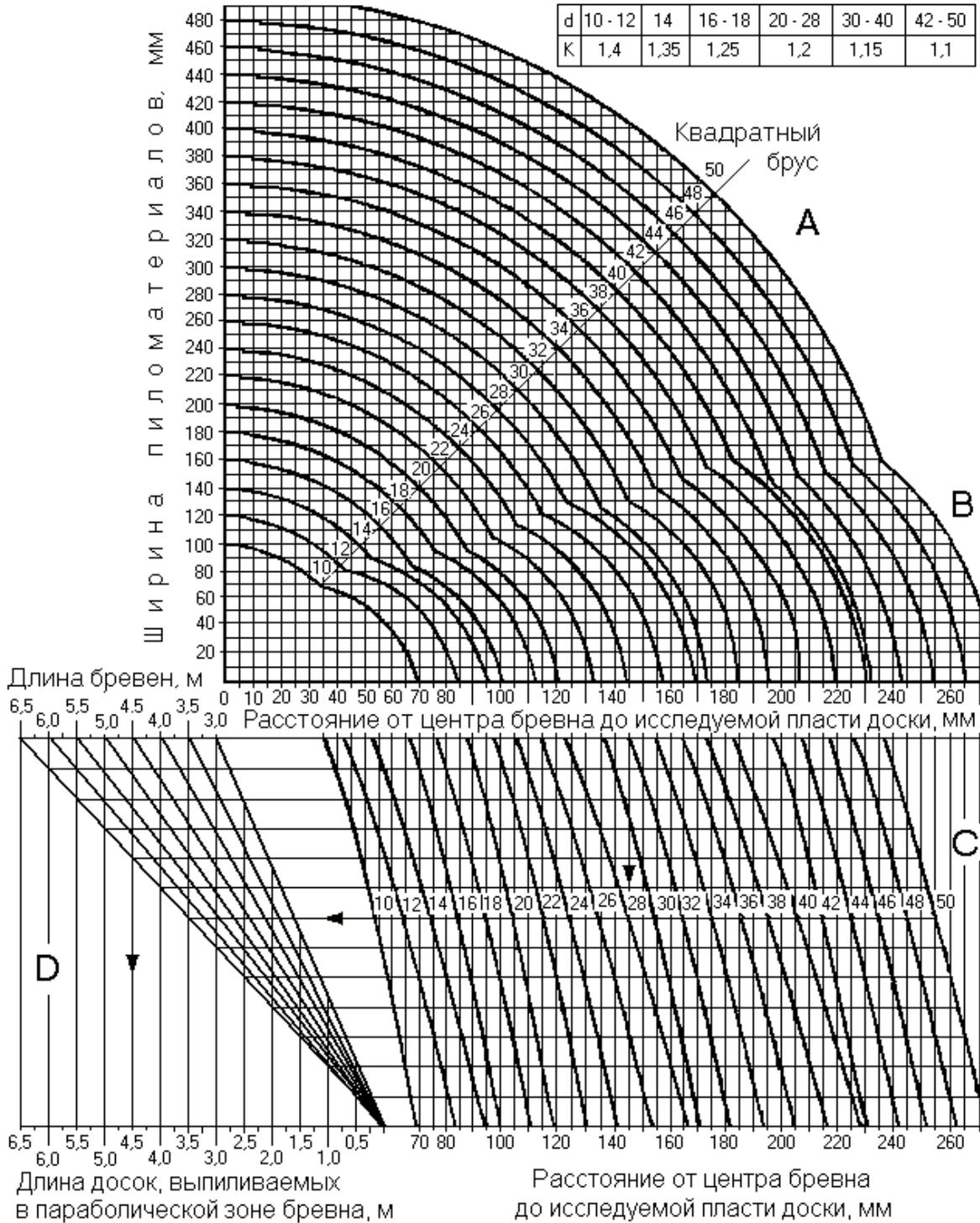


Рисунок 1 – Номограмма УЛТИ для расчета поставов

Определение величины $E_{\text{пиф.}}$.

На номограмме (зона **A** и **B**) находим точку пересечения дуги окружности и дуги эллипса бревна диаметром 20 см. От этой точки опускаем перпендикуляр до пересечения с верхней горизонтальной шкалой, на которой считываем значение величины $e_{\text{пиф.}} \approx 88,0$ мм. Тогда $E_{\text{пиф.}} = 2e_{\text{пиф.}} \approx 176$ мм.

Сравним $e_3 = 47,5$ мм < $e_{\text{пиф.}} \approx 88,0$ мм; и $e_2 = 77,0$ мм < $e_{\text{пиф.}} \approx 88,0$ мм;

Делаем вывод, что обе доски (№ 3 и № 2) находятся в пифагорической зоне, поэтому их длина будет равна длине бревна, т. е. 4,0 м.

Сравним $e_1 = 100,2$ мм > $e_{\text{пиф.}} \approx 88,0$ мм и делаем вывод, что наружная пластъ доски № 1 находится в параболической зоне бревна.

Определение ширины центральных досок (пара № 3).

На верхней горизонтальной шкале (зона **A** и **B**) находим точку, соответствующую $e_3 = 47,5$ мм. От этой точки идем вверх по вертикали до пересечения с дугой окружности диаметра бревна в **вершине** 20 см. Точку пересечения по горизонтали сносим на вертикальную шкалу слева, где считываем значение сырой доски шириной $b_3 \approx 176$ мм.

Определение ширины боковых досок (пара № 2).

На верхней горизонтальной шкале находим точку, соответствующую $e_2 = 77,0$ мм. От этой точки идем вверх по вертикали до пересечения с дугой окружности диаметра бревна в **вершине** 20 см. Точку пересечения по горизонтали сносим на вертикальную шкалу слева, где считываем значение сырой доски шириной $b_2 \approx 127,0$ мм.

Наружные пласти досок № 1 находятся в **параболической** (сбеговой) зоне, поэтому их **оптимальная длина** l_1 будет короче длины бревна, а **оптимальная ширина** будет определена по **комлевому** диаметру бревна.

Определение ширины боковых досок, находящихся в **параболической** зоне (пара № 1).

На верхней горизонтальной шкале находим точку, равную $e_1 = 100,2$ мм. От этой точки идем вверх по вертикали до пересечения с дугой эллипса диаметра бревна 20 см. Точку пересечения сносим на вертикальную шкалу слева, где считываем **оптимальное** значение ширины сырой доски № 1, т. е. $b_1 \approx 76,0$ мм.

Определение длины боковых досок, выпиленных из **параболической** зоны бревна (пара № 1). На верхней горизонтальной шкале (зона **A** и **B**) находим точку, соответствующую половине охвата (т. е. расстоянию от центра торца бревна до наружной пласти определяемой доски) $e_1 = 100,2$ мм пары досок № 1, и от нее опускаем перпендикуляр (в зону **C**) до пересечения со вспомогательной кривой диаметра 20 см. Далее от полученной точки пересечения смещаемся по горизонтали налево (в зону **D**) до пересечения с лучом длины бревна 4,0 м. Полученную точку пересечения сносим вниз по вертикали на шкалу "длина досок, выпиленных в параболической зоне бревна", где считываем значение **оптимальной** длины выпиленной доски $l_1 \approx 2,6$ м.

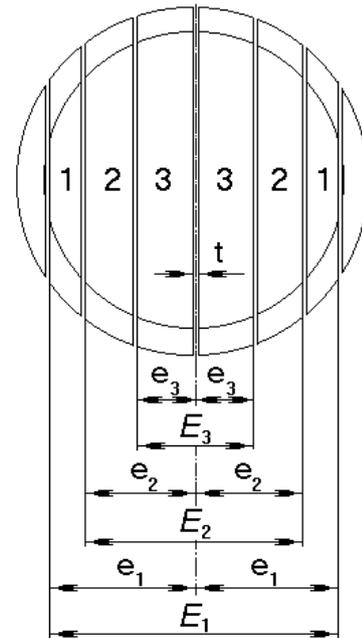


Рисунок 2 – Схема нумерации досок четного постава

Этот же результат можно получить также, если значение $e_1 = 100,2$ мм отложить на **нижней справа** горизонтальной шкале (в зоне **C**), а затем подняться от нее по вертикали до пересечения со вспомогательной кривой диаметра 20 см. Дальнейшая последовательность действий аналогична вышеописанной.

Как видно из вышеописанного примера номограмма *УЛТИ* проста, удобна при пользовании и позволяет быстро получать точный результат.

Отметим также, что номограмма позволяет проводить согласование величин оптимальных размеров выпиливаемых пиломатериалов со спецификационными требованиями потребителя. Рассмотрим пример такой корректировки.

Пусть требуется при расчете поставка на распиловку соснового бревна с брусочкой согласовать полученные оптимальные размеры обрезных досок по ГОСТ 8486-86 со спецификационными требованиями потребителя.

Положим, что диаметр бревна в вершине $d = 26$ см, а в комле $D = 31,2$ см, коэффициент сбег бревна $K = 1,2$; величина сбег $c = 1,04$ см/м, длина бревна $L = 5$ м, объем бревна $g = 0,32$ м³, величина пропила $t = 3,4$ мм, влажность выпиливаемых пиломатериалов $W = 15$ %, $E_{\text{пиф.}} = 229,6$ мм ($e_{\text{пиф.}} = E_{\text{пиф.}}/2 = 114,8$ мм).

Пусть на **первом** проходе постав имеет вид

$$\frac{175}{1} - \frac{25}{2} - \frac{19}{2}.$$

Пропиленная плась бруса будет равна $B = 186,75$ мм.

Полученные аналитическим способом оптимальные размеры досок следующие:

Для досок № 2 (толщиной 25 мм), при $e_2 = 119,95$ мм: $l_2 = 4,46$ м; $b_2 = 115,2$ мм.

Для досок № 1 (толщиной 19 мм), при $e_1 = 143,15$ мм: $l_1 = 1,72$ м; $b_1 = 71,6$ мм.

Сравнивая величину $e_{\text{пиф.}}$ с e_2 и e_1 , отметим, что наружные пласти досок находятся в параболической зоне.

Покажем на номограмме *УЛТИ* порядок определения нового значения l_2 , если будет выбрана **меньшая** ширина доски № 2, например $b_2 = 100$ мм.

На вертикальной шкале откладываем значение $b_2 = 103,7$ мм (с учетом усушки по ширине) и от него перемещаемся по горизонтали вправо до пересечения с вертикалью $e_2 = 119,95$ мм. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре $d_p \approx 26,1$ см. Радиусом, равным $d_p/2$ (с центром в точке пересечения осей), проводим **против часовой стрелки** дугу до пересечения с кривой эллипса $d = 26$ см. От полученной точки пересечения по вертикали опускаемся в зону **C** на вспомогательную кривую диаметра 26 см и далее от нее перемещаемся по горизонтали влево в зону **D** до пересечения с лучом $L = 5$ м. По **нижней горизонтальной** шкале "длина досок, выпиливаемых в параболической зоне бревна" находим уточненное значение $l_2 \approx 4,9$ м. С небольшим обзолом доска может иметь длину 5 м.

Покажем на номограмме *УЛТИ* порядок определения нового значения l_2 , если будет выбрана **большая** ширина доски № 2, например $b_2 = 125$ мм.

На вертикальной шкале откладываем значение $b_2 = 129,7$ мм (с учетом усушки по ширине) и от него перемещаемся по горизонтали вправо до пересечения с вертикалью $e_2 = 119,95$ мм. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре $d_p \approx 27,3$ см. Радиусом, равным $d_p/2$ (с центром в точке пересечения осей), **проводим по часовой** стрелке дугу до пересечения с кривой эллипса $d = 26$ см. От полученной точки пересечения по вертикали опускаемся в зону **C** на вспомогательную

кривую диаметра 26 см и далее от нее влево в зону D до пересечения с лучом $L = 5$ м. По нижней горизонтальной шкале "длина досок, выпиленных в параболической зоне бревна" находим уточненное значение $l_2 \approx 3,75$ м.

Покажем на номограмме *УЛТИ* последовательность определения нового значения b_2 , если будет выбрана новая длина доски № 2, например, $l_2 = 3,75$ м.

На *горизонтальной нижней* шкале в зоне D ("длина досок, выпиленных в параболической зоне бревна") находим точку, соответствующую $l_2 = 3,75$ м и от нее поднимаемся по вертикали до пересечения с лучом $L = 5$ м. От полученной точки пересечения смещаемся по горизонтали вправо в зону C до пересечения со вспомогательной кривой $d = 26$ см. Далее от полученной точки пересечения двигаемся по вертикали вверх в зону B до пересечения с кривой эллипса $d = 26$ см. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре бревна $d_p \approx 27,3$ см. Радиусом, равным $d_p / 2$ (с центром в точке пересечения осей) проводим *против часовой стрелки* дугу до пересечения с вертикалью $e_2 = 119,95$ мм и от полученной точки пересечения смещаемся по горизонтали влево до пересечения с вертикальной шкалой, где и считываем значение ширины сырой доски $b_2 \approx 129$ мм.

Покажем на номограмме *УЛТИ* порядок определения нового значения b_2 , если будет выбрана новая длина доски № 2, например $l_2 = 4,75$ м.

На горизонтальной нижней шкале в зоне D находим точку, соответствующую $l_2 = 4,75$ м и от нее поднимаемся по вертикали до пересечения с лучом $L = 5$ м. От полученной точки пересечения смещаемся по горизонтали вправо в зону C до пересечения со вспомогательной кривой $d = 26$ см и далее от нее двигаемся по вертикали вверх в зону B до пересечения с кривой эллипса $d = 26$ см. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре бревна $d_p \approx 26,3$ см. Радиусом, равным $d_p / 2$ (с центром в точке пересечения осей) проводим *по часовой стрелке* дугу до пересечения с вертикалью $e_2 = 119,95$ мм. От полученной точки пересечения смещаемся по горизонтали влево до пересечения с вертикальной шкалой, где и считываем значение ширины сырой доски $b_2 \approx 107$ мм.

Доски № 1 толщиной 19 мм имеют оптимальную ширину $b_1 = 71,6$ мм и их наружные пласти находятся в параболической зоне на расстоянии $e_1 = 143,15$ мм от центра бруса. Если принять номинальную ширину этих досок, равной 75 мм, то потребуется уточнить и их длину.

Покажем на номограмме *УЛТИ* порядок определения нового значения l_1 , если будет выбрана *большая* ширина доски № 2, например $b_1 = 75$ мм.

На вертикальной шкале откладываем значение $b_1 = 78$ мм (с учетом усушки по ширине) и от него перемещаемся по горизонтали вправо до пересечения с вертикалью $e_1 = 143,15$ мм. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре $d_p \approx 29,7$ см. Радиусом, равным $d_p / 2$ (с центром в точке пересечения осей), *проводим по часовой* стрелке дугу до пересечения с кривой эллипса $d = 26$ см. От полученной точки пересечения по вертикали опускаемся в зону C на вспомогательную кривую диаметра 26 см и далее от нее влево в зону D до пересечения с лучом $L = 5$ м. По нижней горизонтальной шкале "длина досок, выпиленных в параболической зоне бревна" находим уточненное значение $l_1 \approx 1,47$ м. Тогда доски № 1 при длине 1,5 м будут иметь незначительный двухсторонним обзолом длиной 0,03 м.

Пусть на *втором* проходе постав имеет вид

$$\frac{75}{1} - \frac{50}{2} - \frac{25}{2}.$$

Охват поставом обрезных досок толщиной 75 мм и 50 мм составляет 188,8 мм и они находятся в зоне пропиленных пластей бруса, поэтому будут иметь длину, равную длине бревна, а их ширина будет равна толщине бруса, из которого их выпиливают. Незначительный тупой обзол на наружных пластьях досок толщиной 50 мм вполне приемлем, и не снижает качества и сортности досок. Дополнительных расчетов по определению размеров таких досок не требуется.

Наружные пласти досок № 1 (толщиной 25 мм) находятся в параболической зоне, так как $e_1 = 123,9 \text{ мм} > e_{\text{пиф.}} = 114,8 \text{ мм}$, а их оптимальные размеры следующие: $l_1 = 4,03 \text{ м}$; $b_1 = 109,4 \text{ мм}$.

Если будет принята номинальная ширина доски $b_1 = 100 \text{ мм}$ ($b_1 = 103,7 \text{ мм}$ с учетом усушки по ширине), то потребуются уточнить и ее новую длину.

Покажем на номограмме *УлТИ* порядок определения нового значения l_1 , если будет выбрана *меньшая* ширина доски № 1, например $b_1 = 100 \text{ мм}$.

На вертикальной шкале откладываем значение $b_1 = 103,7 \text{ мм}$ и от него перемещаемся по горизонтали вправо до пересечения с вертикалью $e_1 = 123,9 \text{ мм}$. Полученная точка пересечения лежит на расчетном диаметре $d_p \approx 26,8 \text{ см}$. Радиусом, равным $d_p / 2$ (с центром в точке пересечения осей), проводим *против часовой стрелки* дугу до пересечения с кривой эллипса $d = 26,8 \text{ см}$. От полученной точки пересечения по вертикали опускаемся в зону *C* на вспомогательную кривую диаметра 26 см и далее от нее перемещаемся по горизонтали влево в зону *D* до пересечения с лучом $L = 5 \text{ м}$. По *нижней горизонтальной* шкале "длина досок, выпиливаемых в параболической зоне бревна" находим уточненное значение $l_1 \approx 4,2 \text{ м}$. С небольшим обзолом доска может иметь длину 4,25 м.

Отметим, что все значения размеров, определенные с помощью номограммы *УлТИ*, практически совпадают с полученными для приведенных примеров аналитическим методом расчета.

В сравнении с известным графиком-квадрантом номограмма *УлТИ* учитывает размерные особенности пиловочного сырья конкретного региона и позволяет без каких-либо дополнительных вычислений определять *оптимальные* и *рациональные* размеры (ширину и длину) досок, выпиливаемых из пифагорической и параболической зон бревен различных длин, а также вести анализ и корректировку установленных размеров с учетом требований потребителя, сохраняя при этом высокий объемный и спецификационный выход пилопродукции.

Как показала практика лесопиления, *графический способ расчета поставов приемлем потому, что основан на строгих теоретических выкладках, нагляден, оперативен, прост при использовании и обладает высокой точностью.*