

УДК 630\*332.2.001.57

UDC 630\*332.2.001.57

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ПРОЦЕССА СИЛОВОГО РЕЗАНИЯ  
ДРЕВЕСИНЫ КОРНЕЙ САЖЕНЦЕВ НОЖОМ  
ВЫКОПОЧНОЙ МАШИНЫ****LABORATORY RESEARCHES OF POWER  
CUTTING PROCESS OF PLANTLETS ROOTS  
WOOD BY PLANT LIFTER KNIFE**

Дручинин Денис Юрьевич  
аспирант

Druchinin Denis Urievich  
postgraduate student

*Воронежская государственная лесотехническая  
академия, Воронеж, Россия*

*Voronezh State Forestry Academy, Voronezh, Russia*

Проведены лабораторные исследования процесса силового резания древесины корней саженцев с целью оптимизации параметров ножей выкопочной машины по критерию минимального усилия резания. Получены аналитические зависимости усилий перерезания древесины корней от их диаметра для различных пород саженцев

Laboratory researches of power cutting process of plantlets roots wood for the purpose of parameters optimization of knives plant lifter by criterion of the minimum effort of cutting are conducted. Analytical dependences of efforts of cutting of roots wood on their diameters for various breeds of saplings are received

Ключевые слова: ВЫКОПОЧНАЯ МАШИНА,  
САЖЕНЦЫ, КОРНИ, РЕЗАНИЕ ДРЕВЕСИНЫ  
КОРНЕЙ, УСИЛИЕ РЕЗАНИЯ

Keywords: PLANT LIFTER, PLANTLETS, ROOTS,  
WOOD ROOTS CUTTING, CUTTER LOAD

**Введение.** Для механизации перспективного способа лесовосстановления, озеленения городских территорий и разработки различных ландшафтных дизайнов (создания лесных культур и городских насаждений крупномерными саженцами, пересаживаемыми с комом почвы) учеными Воронежской государственной лесотехнической академии разработана машина для выкопки крупномерного посадочного материала с комом почвы и подготовки посадочных ям (рис. 1). Выкопочная машина состоит из следующих элементов: навески к трактору 3, рамы 2, двух гидроцилиндров 1. Рабочий орган состоит из двух вертикальных стоек 4, режущих элементов (ножей) 5 и полуковша 6 в задней его части. Рабочий орган и вертикальные стойки образуют двуплечий рычаг, поворачиваемый гидроцилиндрами [1].

**Постановка и решение задачи.** Резание корней – крайне сложный процесс. Резанию растительных материалов лезвием рабочего органа выкопочных машин предшествует процесс предварительного сжатия им





Рисунок 2 – Испытание древесины корней на перерезание на стенде УМ-5А

В Учебно-опытном лесхозе ВГЛТА были заготовлены образцы древесины корней различных культур: дуба черешчатого, березы повислой, сосны обыкновенной, тополя пирамидального. Важность образцов была определена в соответствии с ГОСТ 16483.7-71 и составила для корней дуба 60 %, для корней березы – 55%, для корней сосны – 46 % и для корней тополя – 50 %. В опытах использовались корни диаметром 5; 8; 10; 12; 15; 18; 25 мм (рис. 3).



Рисунок 3 – Образцы древесины корней после их силового перерезания

Каждый опыт повторяли 25 раз, затем проводилась статистическая обработка полученных материалов.

Результаты замеров усилия перерезания образцов древесины корней представлены в виде графиков зависимостей усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножами с различными углами заточки и геометрическими параметрами (рис. 4–12).

В программу исследований входило определение влияния угла заточки, угла при вершине ножа на усилие резания древесины корней.

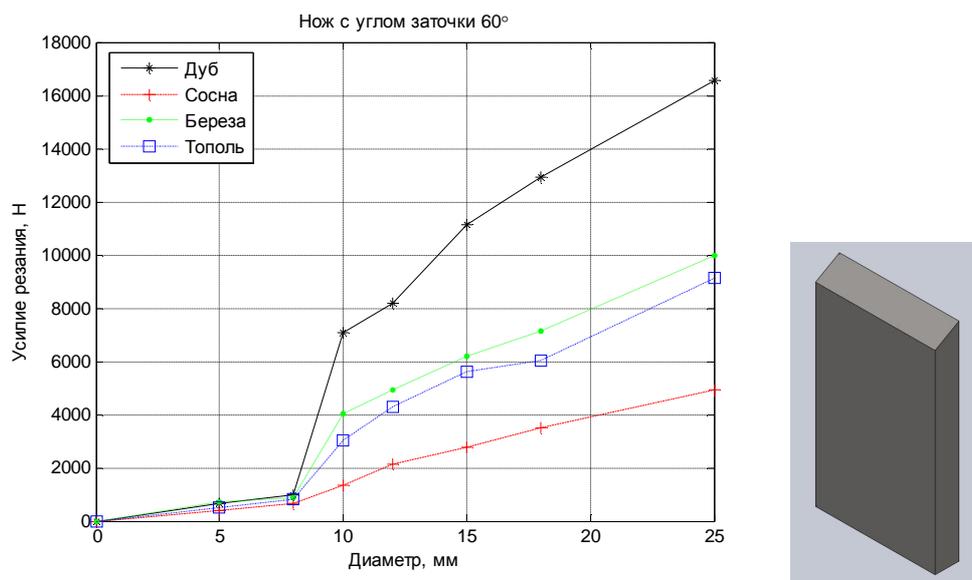


Рисунок 4 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании прямым ножом с углом заточки 60°

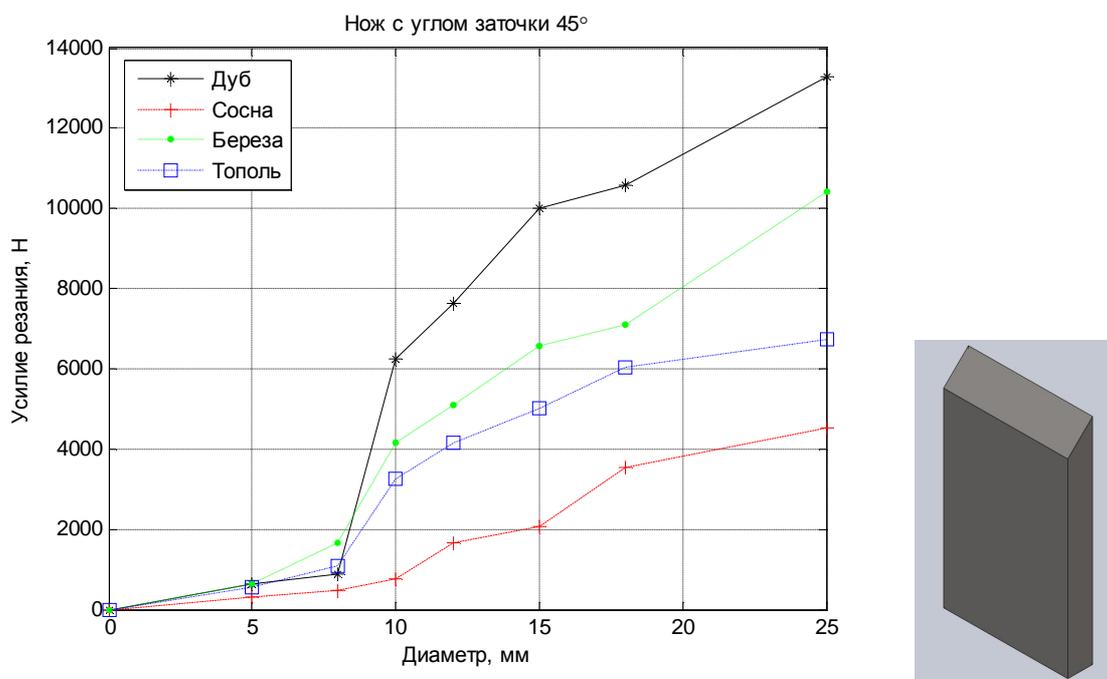


Рисунок 5 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании прямым ножом с углом заточки 45°

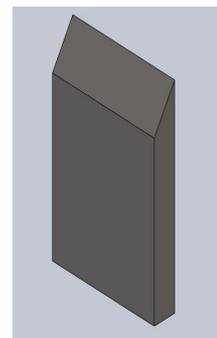
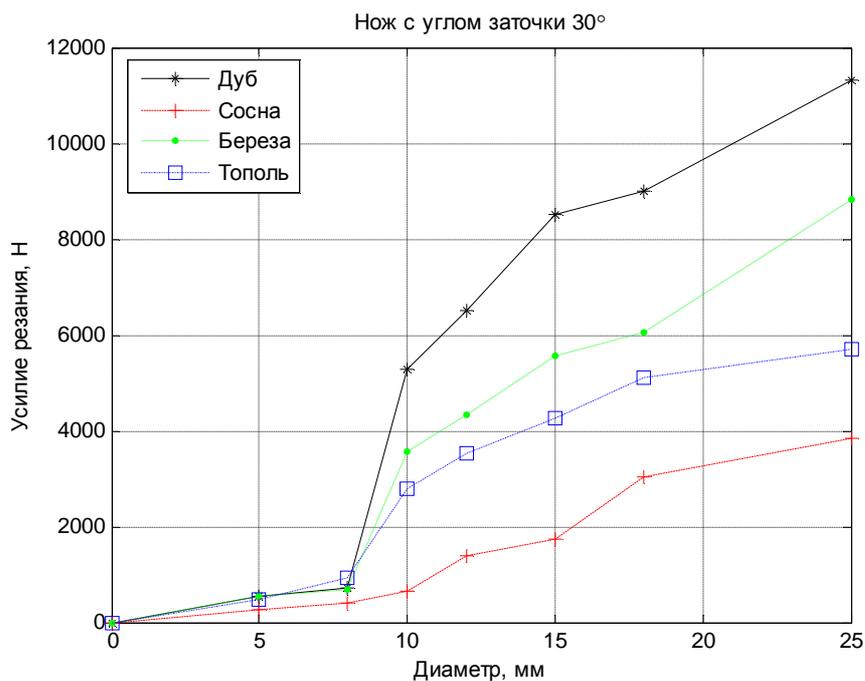


Рисунок 6 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании прямым ножом с углом заточки 30°

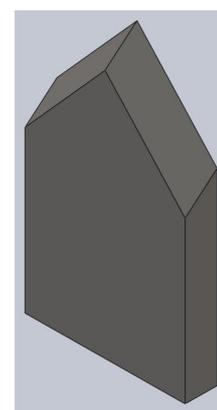
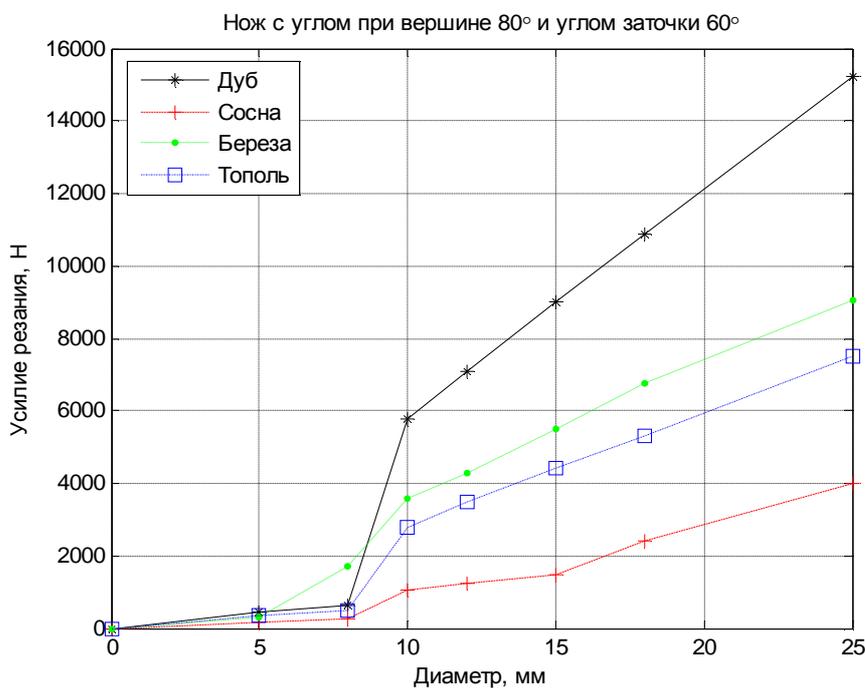


Рисунок 7 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 80° и углом заточки 60°

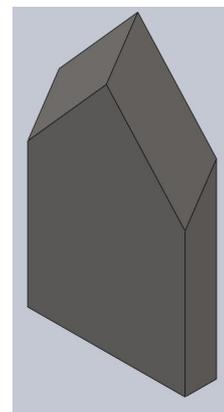
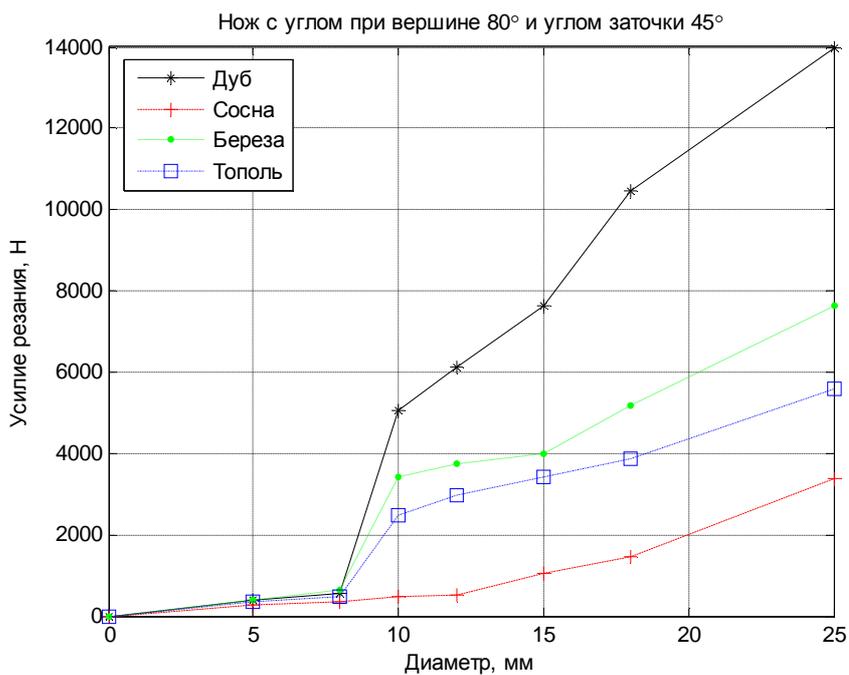


Рисунок 8 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 80° и углом заточки 45°

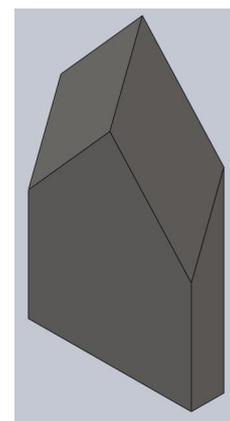
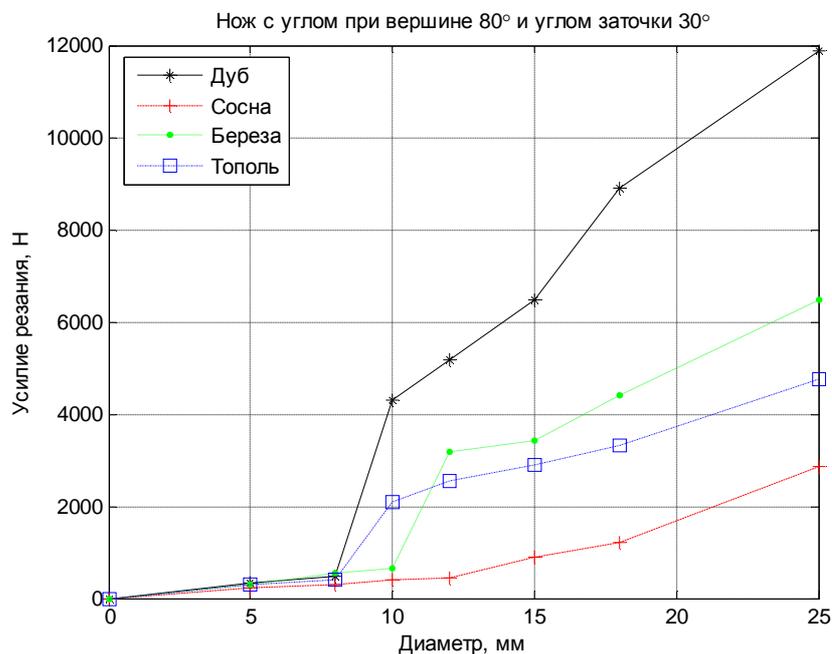


Рисунок 9 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 80° и углом заточки 30°

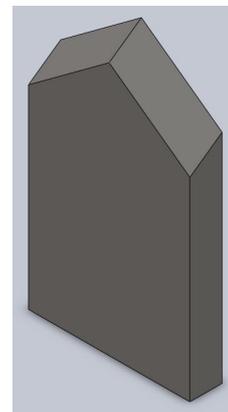
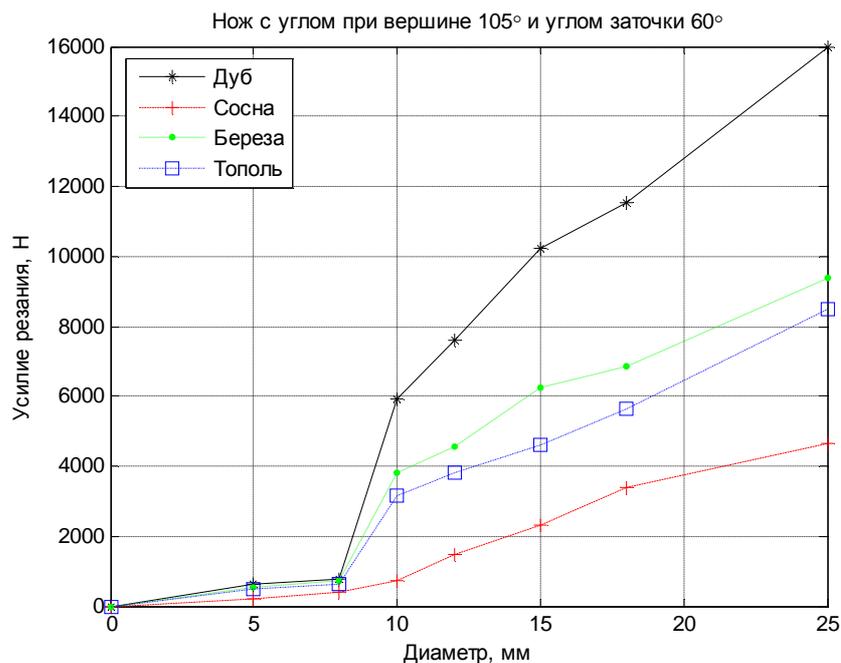


Рисунок 10 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 105° и углом заточки 60°

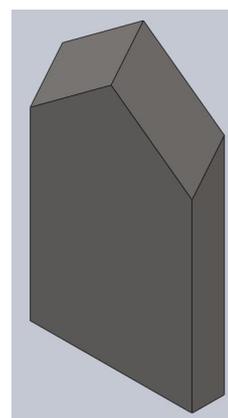
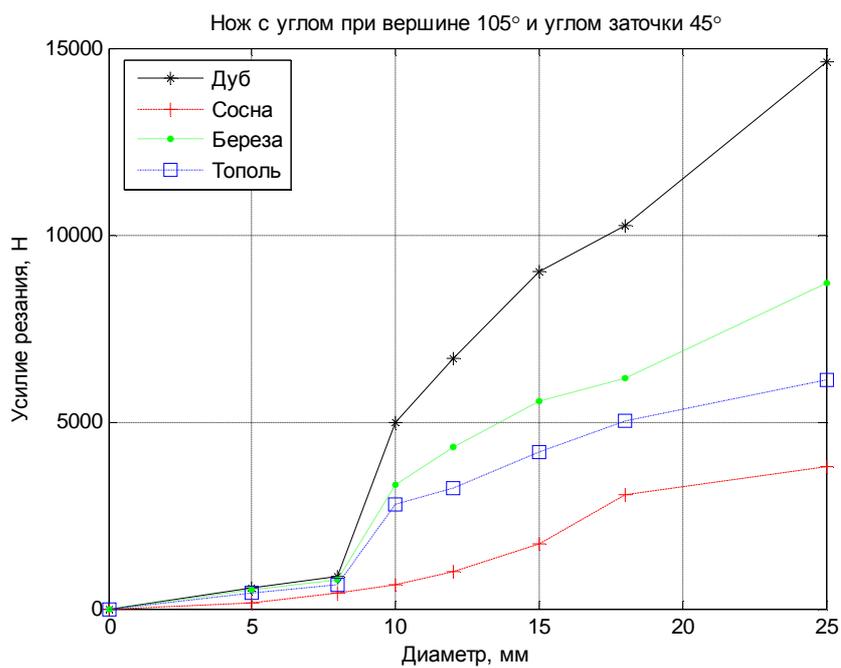


Рисунок 11 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 105° и углом заточки 45°

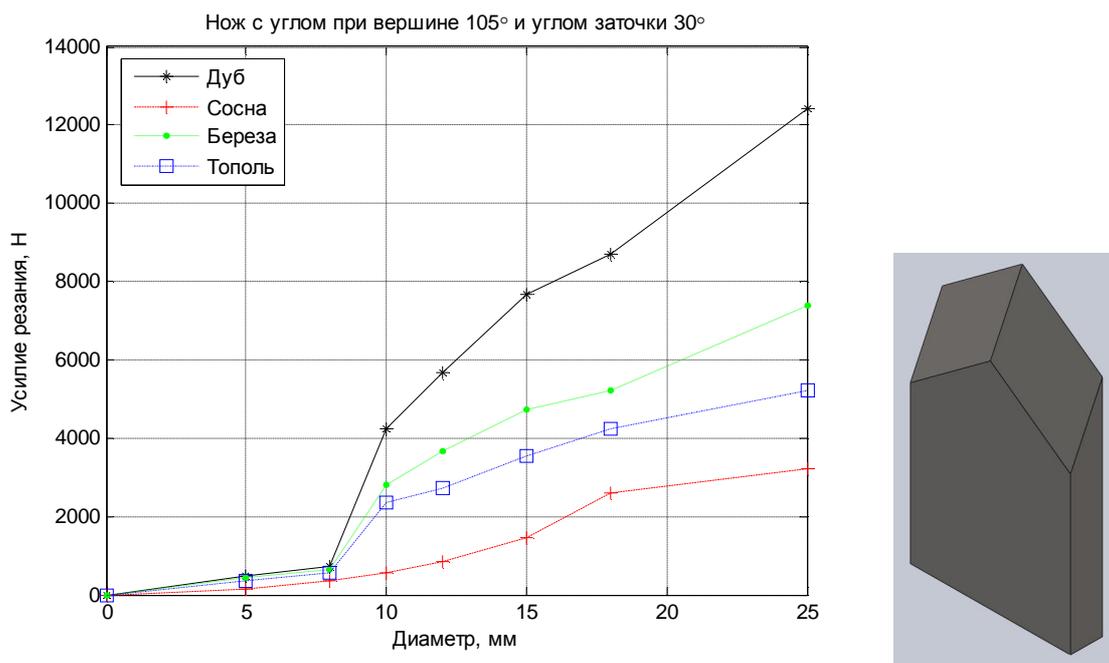


Рисунок 12 – Зависимость усилия резания древесины корней саженцев различных пород от диаметра при резании ножом с углом при вершине 105° и углом заточки 30°

**Выводы.** При анализе полученных результатов установлено влияние угла заточки и угла при вершине ножа на усилие перерезания корней саженцев различных пород. Так, усилие резания снижается на 4–17 % (в зависимости от породы) при перерезании ножом с углом при вершине, отличным от нуля.

Общеизвестно, что дуб среди всех рассматриваемых пород имеет наибольшую плотность древесины. Поэтому для сравнения усилия резания в зависимости от исследуемых ножей и выбора оптимального ножа по критерию минимального усилия резания целесообразно рассматривать опытные данные резания ножами древесины корней дуба (рис. 13).

Из анализа полученных данных выявлено, что минимальное усилие при перерезании корней дуба черешчатого достигается при использовании ножа с углом при вершине 105° и углом заточки 30°.

При малых диаметрах (до 8 мм) различия в усилиях резания древесины корней различных пород минимальные, но с увеличением диаметра возрастает и усилие, которое необходимо приложить для перерезания корня.

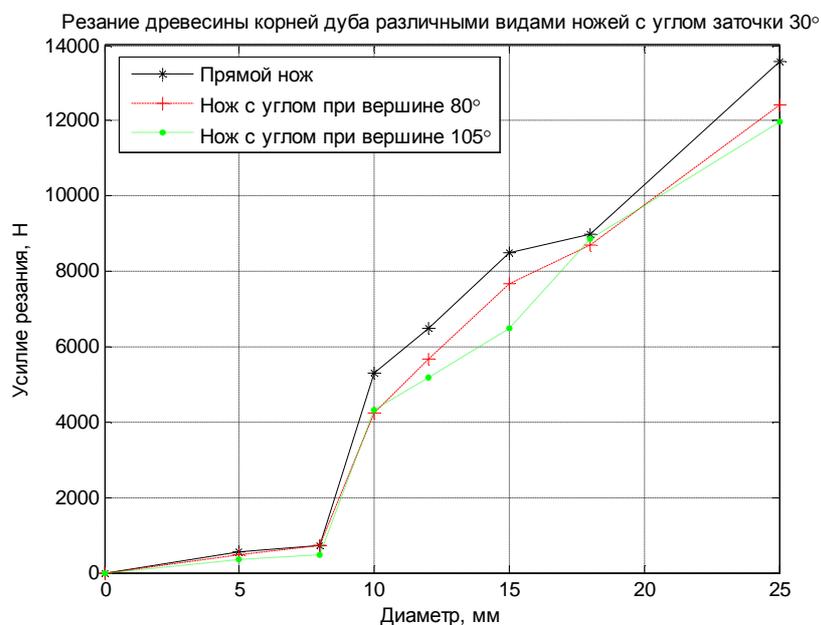


Рисунок 13 – График резания древесины корней дуба различными видами ножей с углом заточки 30°

На основании полученных экспериментальных данных силы резания древесины корней саженцев ножом с углом при вершине 105° и углом заточки 30° определены следующие статистические показатели, которые сведены в таблицы 1–4: среднее арифметическое значение выходного параметра –  $\bar{X}$ , мера рассеивания выходной величины относительно среднеарифметического значения, т. е. дисперсия –  $S^2$ , мера рассеивания отклонения в виде среднеквадратического отклонения –  $S$ , коэффициент вариации –  $V$ , показатель точности –  $P$ .

Таблица 1– Статистические показатели оценки экспериментальных данных усилия  $P$ ,  $H$ , необходимого для перерезания древесины корней дуба в зависимости от их диаметра ножом с углом при вершине  $105^\circ$  и углом заточки  $30^\circ$

Диаметр, мм	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$ , %	$P$ , %
5	457,88	7,62	19,0454	8,68	0,93
7	724,03	28,53	26,1600	20,60	1,75
10	4228,68	47,34	110,1847	18,47	1,15
12	5680,65	22,93	106,7781	6,01	0,31
15	7673,87	52,15	119,5631	8,76	0,36
18	8697,13	35,56	199,2855	4,16	0,14
25	12429,75	39,09	108,3959	3,89	0,12

Таблица 2 – Статистические показатели оценки экспериментальных данных усилия  $P$ ,  $H$ , необходимого для перерезания древесины корней сосны в зависимости от их диаметра ножом с углом при вершине  $105^\circ$  и углом заточки  $30^\circ$

Диаметр, мм	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$ , %	$P$ , %
5	123,216	7,62	21,9722	8,68	0,93
7	350,472	28,53	11,8232	20,60	1,75
10	544,782	47,34	25,9319	18,47	1,15
12	852,550	22,93	46,7171	6,01	0,31
15	1466,114	52,15	121,8865	8,76	0,36
18	2602,904	35,56	98,0545	4,16	0,14
25	3219,766	39,09	77,0777	3,89	0,12

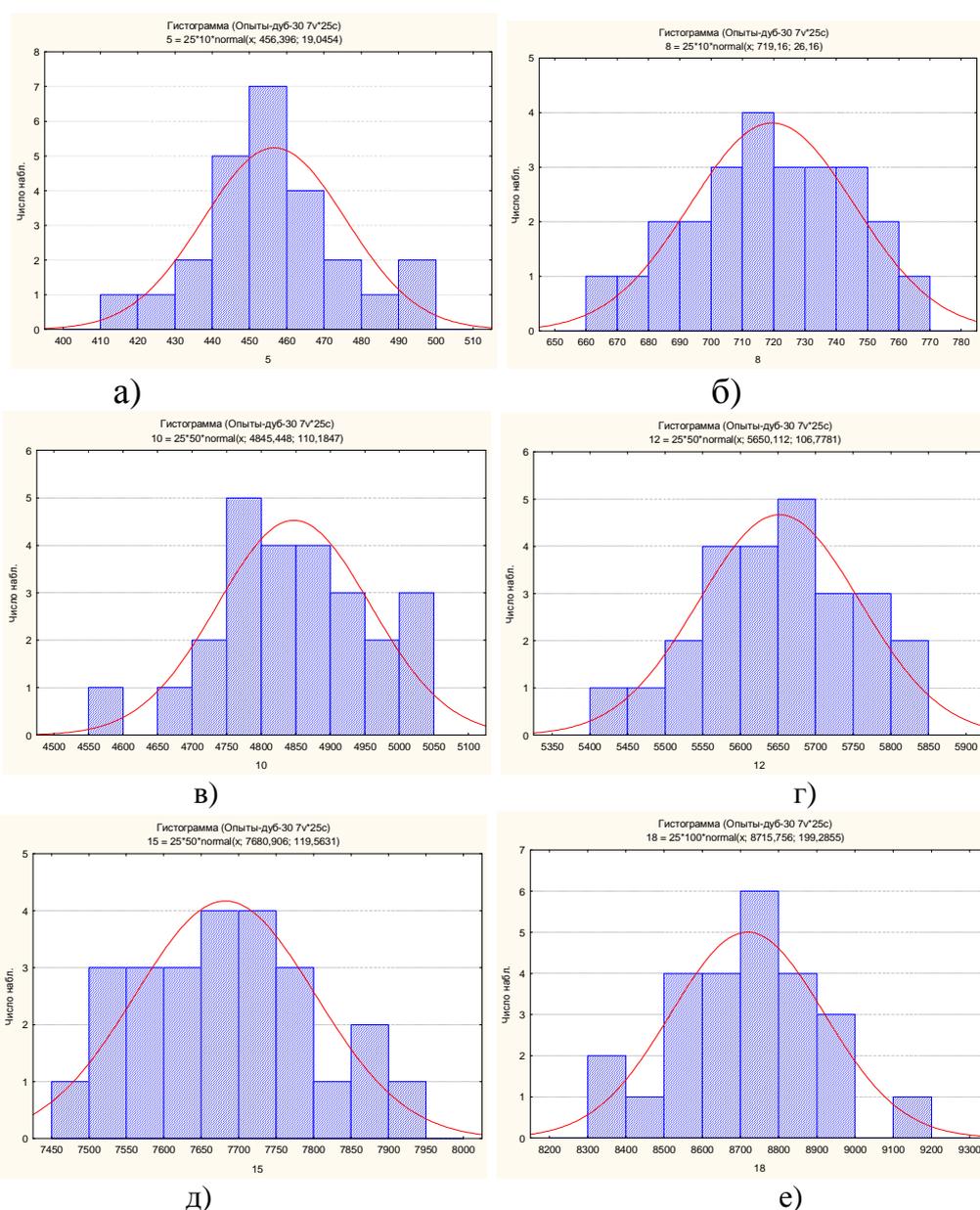
Таблица 3 – Статистические показатели оценки экспериментальных данных усилия  $P$ ,  $H$ , необходимого для перерезания древесины корней березы в зависимости от их диаметра ножом с углом при вершине  $105^\circ$  и углом заточки  $30^\circ$

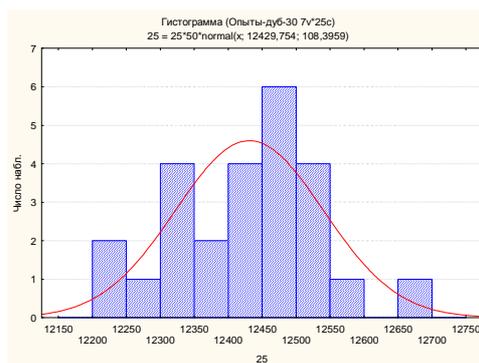
Диаметр, мм	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$ , %	$P$ , %
5	410,618	7,62	4,15919	8,68	0,93
7	652,018	28,53	26,01342	20,60	1,75
10	2797,962	47,34	18,85490	18,47	1,15
12	3655,238	22,93	13,37506	6,01	0,31
15	4721,614	52,15	32,27131	8,76	0,36
18	5224,508	35,56	22,05392	4,16	0,14
25	7404,282	39,09	17,78674	3,89	0,12

Таблица 4 – Статистические показатели оценки экспериментальных данных усилия  $P$ ,  $H$ , необходимого для перерезания древесины корней тополя в зависимости от их диаметра ножом с углом при вершине  $105^\circ$  и углом заточки  $30^\circ$

Диаметр, мм	$\bar{X}$	$S^2$	$S$	$V$ , %	$P$ , %
5	354,688	7,62	4,15919	2,37773	0,93
7	537,710	28,53	26,01342	5,14677	1,75
10	2364,564	47,34	18,85490	22,37141	1,15
12	2742,270	22,93	13,37506	23,70784	0,31
15	3555,652	52,15	32,27131	24,91647	0,36
18	4253,502	35,56	22,05392	14,44119	0,14
25	5215,498	39,09	17,78674	18,03031	0,12

Построены также гистограммы распределения максимального усилия, достаточного для перерезания древесины корней, позволяющие предварительно оценить нормальность эмпирического распределения. Для большей наглядности на гистограммы наложена кривая нормального распределения. При построении гистограмм была использована программа для статистической обработки экспериментальных данных Statistica 6. В качестве примера на рисунке 14 приведена гистограмма распределения максимальной нагрузки для перерезания древесины корней дуба.





ж)

Рисунок 14 – Гистограммы распределения усилия резания  $P$ , Н при перерезании ножом с углом при вершине  $105^\circ$  и углом заточки  $30^\circ$  древесины корней саженцев дуба диаметров 0,5; 0,7; 1; 1,2; 1,5; 1,8; 2,5 см

Построены графики зависимостей усилия перерезания древесины корней саженцев от их диаметра (рис. 15). Кроме того, получены аналитические зависимости усилий перерезания древесины корней от их диаметра для различных пород саженцев:

для дуба:  $4,9856d^2 + 431,9465d - 974,0403$ ;

$$R^2 = 0,9707; \tag{1}$$

для сосны:  $3,6408d^2 + 54,1866d - 170,7820$ ;

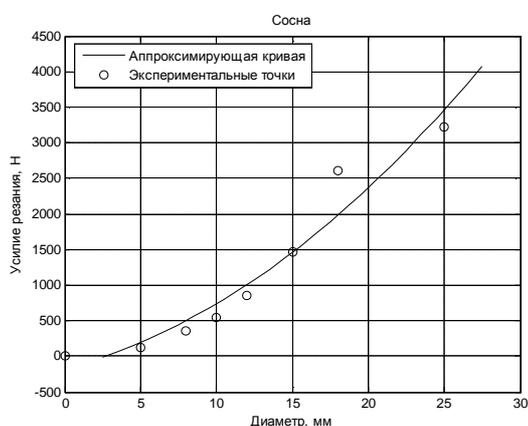
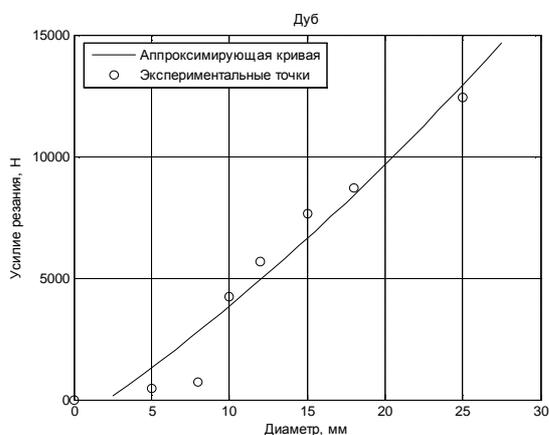
$$R^2 = 0,9718; \tag{2}$$

для березы:  $1,5340d^2 + 290,3044d - 555,4831$ ;

$$R^2 = 0,9709; \tag{3}$$

для тополя:  $-0,7530d^2 + 257,8254d - 477,3861$ ;

$$R^2 = 0,9633. \tag{4}$$



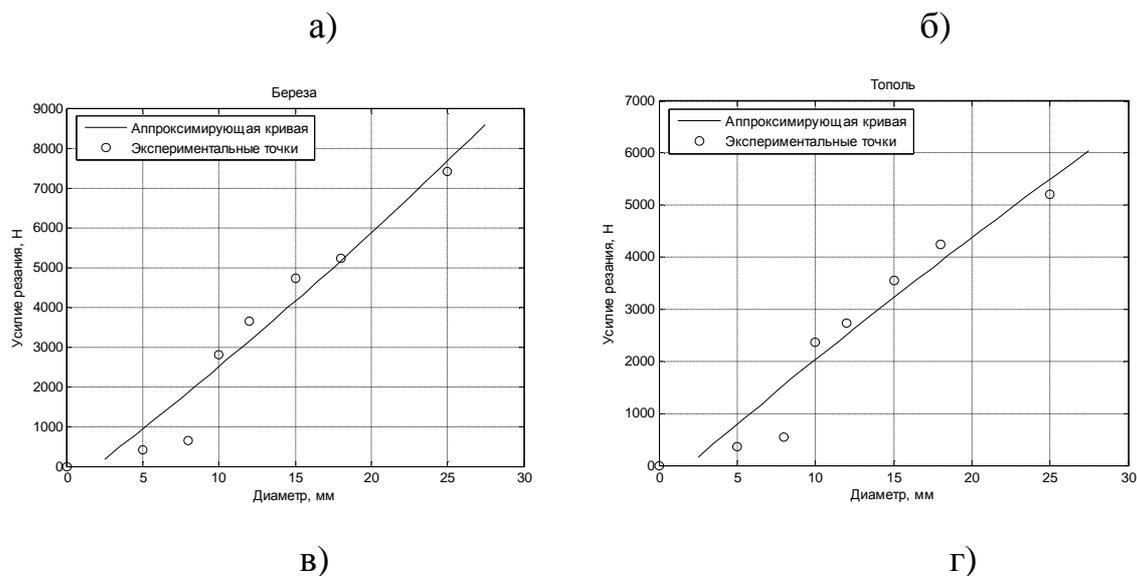


Рисунок 15 – Зависимость усилия перерезания древесины корней от их диаметра:  
а – дуб; б – сосна; в – береза; г – тополь

### Список литературы

1. Дручинин Д.Ю. О разведении и восстановлении дубрав в поймах рек // Лесотехнический журнал. – 2011. – № 2. – С. 6–9.
2. Дручинин Д.Ю., Дорняк О.Р., Драпалюк М.В. Математическая модель взаимодействия рабочего органа выкопочной машины с почвой и корнями растений // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 68. – С. 51–67.
3. Дручинин Д.Ю. К вопросу учета взаимодействия рабочего органа лесных машин с почвой и корнями растений при математическом моделировании // Молодой ученый. – 2011. – № 7. – С. 25–28.
4. Драпалюк М.В. Совершенствование технологических операций и рабочих органов машин для выращивания посадочного материала и лесовосстановления: Дисс. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2006. – 415 с.
5. Попиков В.П. Обоснование параметров технологического оборудования машины для формирования крон деревьев при лесовыращивании: Дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2008. – 171 с.
6. Пономарев С.В. Обоснование параметров активных рабочих органов машины для агротехнического ухода за лесными культурами на вырубках: Дисс. ... канд. техн. наук. – Воронеж, 2008. – 182 с.
7. Драпалюк М.В. Совершенствование технологических операций и рабочих органов машин для выращивания посадочного материала и лесовосстановления: Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук. – Воронеж, 2007. – 17 с.