

**А. Н. Басаревский, А. В. Садовская**

*Белорусский национальный технический университет  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: basareuski@mail.ru*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА РОТАЦИОННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ПРИ ОЧИСТКЕ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ**

*Аннотация.* В статье приведены результаты инженерного анализа конструкции ротационного рабочего органа при очистке мелиоративных каналов. Установлены зависимости влияния физико-механических параметров древесно-кустарниковой растительности, конструктивных и режимных параметров каналаочистителя на максимальный диаметр ствола веток, которые способен удалить (срезать) ротационный рабочий орган с заданными параметрами.

*Ключевые слова:* инженерный анализ, модель, ротационный рабочий орган, каналаочиститель, конструктивные и режимные параметры.

**A. N. Basareuski, A. V. Sadouskaya**

*Belarusian National Technical University  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: basareuski@mail.ru*

## **RESULTS OF THE ENGINEERING ANALYSIS OF THE ROTARY WORKING BODY DURING CLEANING RECLAMATION CHANNELS**

*Abstract.* The article presents the results of an engineering analysis of the design of a rotary working body during the cleaning of reclamation channels. The dependences of the influence of the physico-mechanical parameters of tree and shrub vegetation, the design and operating parameters of the channel cleaner on the maximum diameter of the trunk of branches that can be removed (cut off) by the rotary working body with the specified parameters are established.

*Keywords:* engineering analysis, model, rotary working body, channel cleaner, design and operating parameters.

### **Введение**

Современное сельскохозяйственное производство требует постоянного проведения мелиоративных мероприятий, таких как производство культуртехнических работ, строительство мелиоративных систем, сооружение водохозяйственных объектов. Выполнение этих работ связано с большими затратами труда, материальных и денежных средств.

Типичным и важнейшим элементом мелиоративных систем являются различного назначения каналы и водоприемники. От состояния каналов во многом зависит функционирование всей мелиоративной системы. Основными причинами, приводящими к нарушению работоспособности каналов, являются их заиливание, зарастание древесной и травяной растительностью, сползание грунта с откосов.

Древесно-кустарниковую растительность значительно сложнее удалить из мелиоративного канала, чем наносы и сорную травяную растительность [1, 2]. Как и камни, древесные остатки представляют серьезную угрозу поломки для каналаочистителей с ротационным рабочим органом [3]. Поэтому физические опыты по проверке работоспособности таких рабочих органов в запущенных каналах практически не проводятся. Однако благодаря вычислительным возможностям компьютерной техники подобные опыты можно смоделировать в среде специализированных программных комплексов. Они позволяют провести практически любой опыт, минимизировав издержки на его реализацию и риск проведения потенциально опасных экспериментов. Получение таких дан-

ных позволит уточнить методики проектирования ротационных рабочих органов, а также вопросы их работоспособности при очистке запущенных мелиоративных каналов.

### Основная часть

Моделирование процесса удаления растительности проводилось в среде программного комплекса *ANSYS*. Трехмерная модель ротационного рабочего органа горизонтального типа создавалась на базе программы *ProEngineer*.

Ротационный рабочий орган каналаочистителя, как правило, состоит из следующих элементов (рис. 1): ножей 1, отбрасывающих лопаток 2, кронштейна 3, фронтального ножа 4, кожуха 5, гидросистемы и башмака.

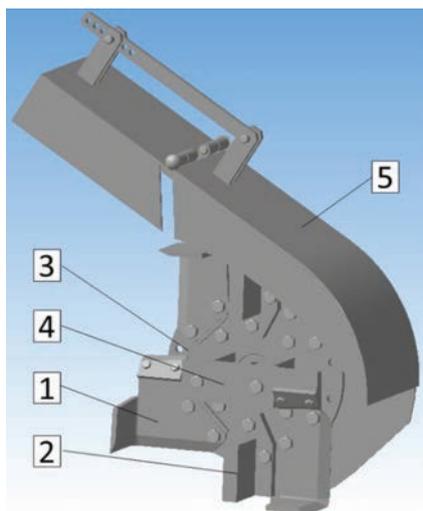


Рис. 1. Трехмерная модель ротационного рабочего органа каналаочистителя

В экспериментах использовалась упрощённая модель ротационного рабочего органа и срезаемых древесных остатков, в которой нож представляет собой единое целое с кронштейном и ротором, а ветка представлена в виде длинного цилиндрического прута (рис. 2). Такие допущения были необходимы для сокращения количества исходных элементов модели и ускорения вычислений.

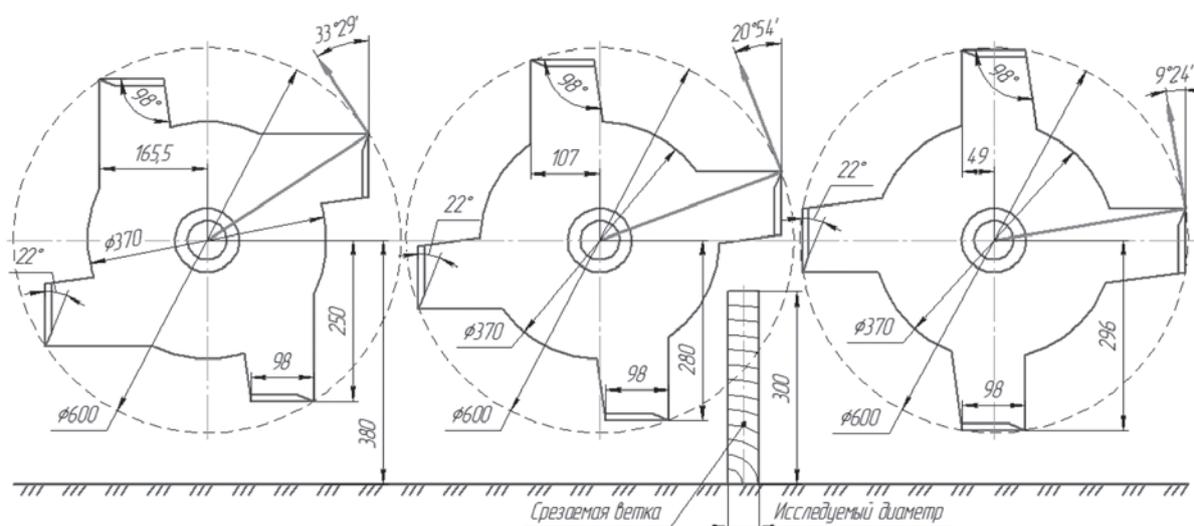


Рис. 2. Схема моделируемого эксперимента по удалению древесно-кустарниковой растительности из мелиоративного канала

Ниже приведем результаты трех смоделированных экспериментов. В первом из них рассматривалась степень влияния физико-механических свойств пород древесины (плотность и модуль упругости Юнга) на максимальный диаметр ствола веток, которые способен удалить ротационный рабочий орган с заданными параметрами. При этом частота вращения рабочего органа составляла 900 об/мин. Коэффициент Пуассона поперек волокон для всех веток, участвующих в опыте, был принят равным 0,02 [4].

Цель второго эксперимента – определение воздействия изменения частоты вращения ротационного рабочего органа на максимальный диаметр веток (древесных остатков), которые способен удалить (перерезать) ротационный рабочий орган.

Конструктивные параметры ротационного рабочего органа остались прежними (см. рис. 2) и для второго эксперимента. Диаметр ротационного рабочего органа по периферии режущей кромки ножей составляет 600 мм, а смоделированная ветка длиной 300 мм расположена на расстоянии 380 мм от основания до центра вращения рабочего органа.

Третий эксперимент позволил установить зависимости угла отклонения основания режущей кромки ножа (влияет на угол входа лезвия в породу и на концентрацию усилия резания) и смещения режущей кромки ножей ротационного рабочего органа от максимального диаметра веток, которые способен удалить ротационный рабочий орган. Углы отклонения основания режущей кромки ножа от касательной приняты 33°29', 20°54' и 9°24' при смещении режущей кромки ножа относительно осевых линий ротационного рабочего органа на 165,5, 107 и 49 мм соответственно (см. рис. 2). При этом удар ножом о ветку происходил на расстоянии от 84 до 130 мм от земли. Частота вращения ротационного рабочего органа составляла 900 об/мин в обоих случаях. Остальные параметры соответствовали предыдущим двум экспериментам.

### Анализ результатов

Принимая во внимание все допущения, рассмотрим результаты первого эксперимента на примере одной из пород древесины. Так, ветки березы плотностью 640 кг/м<sup>3</sup> с модулем Юнга 14,2 ГПа [4, 5] срезаются ротационным рабочим органом каналочистителя до предельного диаметра ветки, равного 42,1 мм (рис. 3, табл. 1). При значениях диаметра свыше предельных среза не происходит.

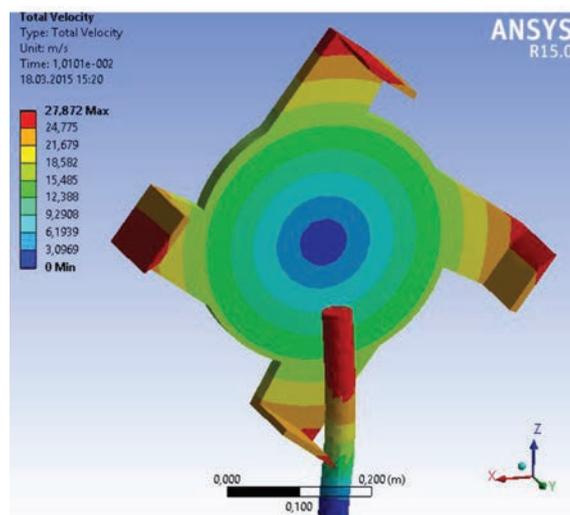


Рис. 3. Сопротивление ствола ветки березы диаметром 42,1 мм срезанию ротационным рабочим органом

Наиболее легко срезаемыми из представленных в эксперименте веток (см. рис. 4) являются ивовые (max  $\varnothing$  50,8 мм), а наиболее тяжело срезаемыми – ветки дуба (max  $\varnothing$  42 мм) и берёзы (max  $\varnothing$  42,1 мм). Полученные данные показали, что разница в плотности древесины не оказывает значительного влияния на срезание ветки. Рост плотности на 100 кг/м<sup>3</sup> всего на 0,21 % уменьшает

Таблица 1. Влияние входных параметров инженерного анализа ротационного рабочего органа на максимально срезаемый (предельный) диаметр веток различных пород древесины

Порода древесины	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Модуль Юнга, ГПа	Частота вращения раб. органа, об/мин			Макс. Ø среза, мм, при 900 об/мин		
			700	900	1100	Отклонение режущей кромки		
						на 165,5 мм	на 107 мм	на 49 мм
Береза	640	14,2	41,8	42,1	42,5	42,1	43,3	45,4
Дуб	780	14,2	41,4	42	42,7	42,0	43,2	45,3
Ель	445	9,6	44,8	48,9	53,3	48,9	50,4	51,3
Ива	455	8,98	48,6	50,8	53,6	50,8	51,7	52,6
Ольха	525	9,33	45,9	49,6	53,4	49,6	50,9	51,8
Осина	495	11,2	45,2	48,5	52,9	48,5	48,9	49,9
Сосна	505	12,2	42,1	44,9	45,9	44,9	45,8	46,7

максимально срезаемый (предельный) диаметр. При уменьшении модуля Юнга ветка становится более гибкой и пластичной, а предельный диаметр среза при этом будет увеличиваться. Так, уменьшение модуля Юнга на 1 ГПа увеличивает максимально срезаемый диаметр веток на 3,83 %, что для проанализированных пород древесины в среднем составляет 1,86 мм.

Во втором эксперименте проводилось моделирование процесса удаления древесных остатков при различной частоте вращения ротационного рабочего органа (см. табл. 1). Так, ветки ивы плотностью 455 кг/м<sup>3</sup> и модулем Юнга 8,98 ГПа [4, 5] при 700 об/мин срезаются ротационным рабочим органом до предельного диаметра ствола ветки, равного 48,6 мм, при 900 об/мин срезаются ветки диаметром до 50,8 мм и при 1100 об/мин – ветки диаметром до 53,6 мм. Анализ полученных данных позволяет заключить, что увеличение частоты вращения ротационного рабочего органа на 100 об/мин увеличивает максимально срезаемый диаметр веток в среднем на 2,65 %, что для рассмотренных пород древесины составляет 1,24 мм.

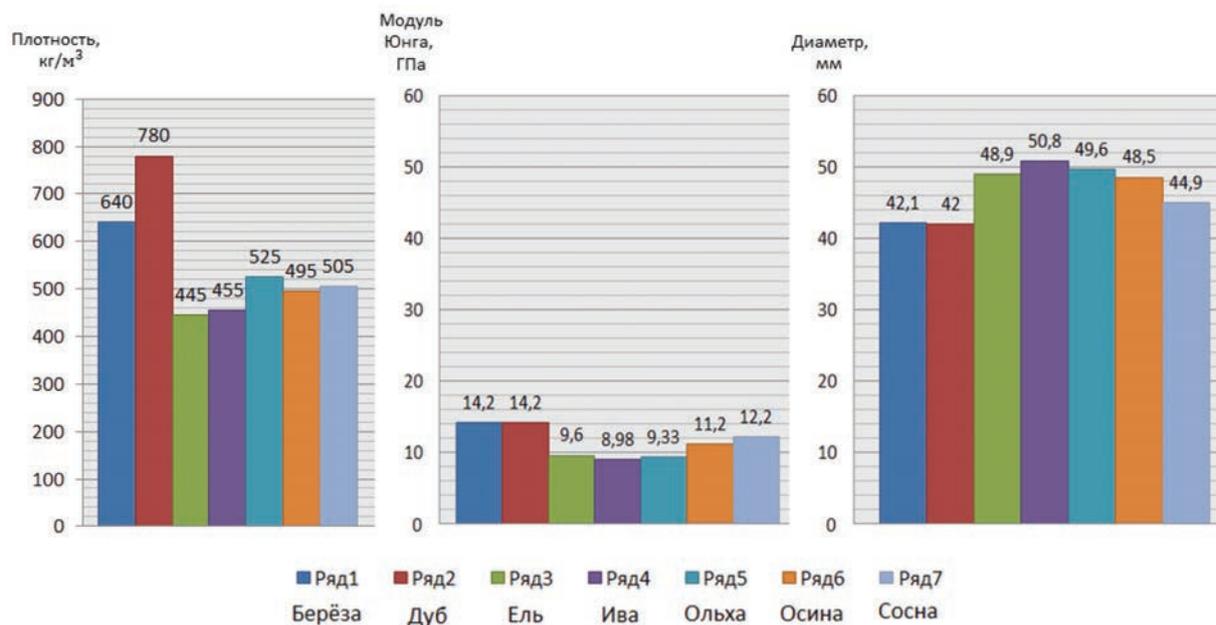


Рис. 4. Влияние плотности и модуля Юнга различных пород древесины на максимальный срезаемый диаметр ствола ветки

Проанализируем результаты третьего эксперимента (см. табл. 1). Как было показано ранее, ветка березы при смещении режущей кромки ножа от осевой линии ротационного рабочего органа на 165,5 мм срезается при значениях ее диаметра до 42,1 мм, свыше которого среза не происходило. В то же время та же ветка березы при смещении режущей кромки ножа на 107 мм может быть срезана до предельного значения диаметра ствола, равного 43,3 мм, а при смещении режущей

кромки ножа на 49 мм – до диаметра, равного 45,4 мм. Следовательно, смещение режущей кромки ножа относительно осевой линии ротационного рабочего органа каналочистителя на 100 мм увеличивает максимально срезаемый диаметр ветки на 4,03 %, что в среднем для проанализированных пород древесины составляет 1,92 мм диаметра.

Таким образом, можно заключить, что наибольшее влияние на максимально срезаемый диаметр веток различных пород древесины оказывает смещение режущей кромки ножа относительно осевой линии ротационного рабочего органа (4,03 % на 100 мм). На втором месте – модуль упругости Юнга ствола ветки (3,83 % на 1 ГПа), далее – частота вращения ротационного рабочего органа (2,65 % на 100 об/мин) и плотность ствола ветки (0,21 % на 100 кг/м<sup>3</sup>).

### **Заключение**

На основании результатов инженерного анализа установлено, что наиболее значимыми параметрами, влияющими на срез древесно-кустарниковой растительности, встречающейся в русле мелиоративных каналов, являются: диаметр поперечного сечения ствола ветки, коэффициент Пуассона вдоль волокон древесины и модуль упругости Юнга, а также частота вращения ротора и смещение режущей кромки ножа относительно осевой линии ротационного рабочего органа каналочистителя.

Определены предельные (обеспечивающие критическую скорость резания) конструктивные и режимные параметры ротационных рабочих органов, позволяющие проводить качественное удаление наносов и сорной растительности со дна мелиоративных каналов.

Эксперименты показали, что древесные остатки в виде веток различных пород древесины диаметром свыше предельно срезаемых необходимо удалять из каналов для обеспечения работоспособности ротационного рабочего органа и соблюдения требований техники безопасности.

### **Список использованных источников**

1. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины. Основы теории и расчета / Е. И. Мажугин. – Горки: БГСХА, 2007. – 161 с.
2. Будашов, И. А. Обоснование параметров ротационно-дискового режущего аппарата для резания толстостебельных культур: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / И.А. Будашов; Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова. – Барнаул, 2013. – 22 с.
3. Мелиоративные машины / Б. А. Васильев [и др.]. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
4. Перелыгин, Л. М. Древесиноведение / Л. М. Перелыгин, Б. Н. Уголев. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 286 с.
5. Титов, В. Н. Определение характеристики древесно-кустарниковой растительности на каналах мелиоративных систем / В. Н. Титов, К. А. Гуцанович // Мелиорация. – 2009. – № 1 (61). – С. 222–228.