

К. А. Кравченко

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»
г. Минск, Республика Беларусь
e-mail: labmkr@yandex.ru*

РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАНАЛООЧИСТИТЕЛЬНЫХ МАШИН

В статье актуализирована потребность в разработке специализированного комплекса программных средств автоматизированного проектирования рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами. Изложены результаты компьютерного моделирования процесса очистки мелиоративных каналов, а также результаты инженерного анализа входных параметров каналоочистителей и косилок-измельчителей с ротационными рабочими органами. Приведен перечень решаемых САПР задач, связанных с компьютеризацией инженерных исследований и моделированием поведения конструкций каналоочистительной техники в процессе эксплуатации.

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, каналоочистительная техника, мелиорация, сорная растительность, ротор, моделирование.

К. А. Kravchenin

*RUE «SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization» Minsk, Republik of Belarus
e-mail: labmkr@yandex.ru*

PREPARATION FOR DEVELOPMENT OF A SPECIALIZED COMPLEX OF SOFTWARE OF AUTOMATED DESIGNING OF WORKING BODIES OF CHANNEL CLEANING MACHINES

The article actualized the need to develop specialized software for complex computer-aided design of working bodies of machines for the care of drainage canals. The results of computer simulation of the process of clearing meliorative canals, as well as the results of engineering analysis of the input parameters of canal cleaners and mowing machines with rotary working bodies are presented. The list of solvable CAD tasks related to the computerization of engineering research and simulation of the behavior of canal cleaning equipment during operation is given.

Keywords: system of computer-aided design, channel cleaning technology, melioration, weed vegetation, rotor, modeling.

Введение

В Республике Беларусь площади мелиорированных земель составляют примерно 6 млн га, из них около 2,9 млн га – земли, подвергнутые осушению. Земли, охваченные осушительно-увлажнительными системами, имеют площадь более 700 тыс. га, а орошаемые земли составляют около 30 тыс. га [1]. Общая протяженность мелиоративных каналов на территории страны – около 170 тыс. км [2]. От их состояния во многом зависит работоспособность всей мелиоративной системы.

С повышением срока эксплуатации сложность и капиталоемкость работ по реконструкции объектов мелиорации возрастает. В связи с чем особую актуальность приобретает разработка и освоение высокоэффективных ресурсосберегающих технологий выполнения эксплуатационных и профилактических работ для обеспечения максимального срока службы мелиоративных каналов.

В настоящее время работоспособность каналов восстанавливают главным образом путем их очистки одноковшовыми экскаваторами с различными ковшами, изначально не предназначенными для выполнения таких операций. Одноковшовые каналоочистители часто нарушают дно

и откосы канала, неспособны очищать каналы малых размеров, и, как правило, требуется проведение дополнительных работ.

Процесс удаления каналоочистителями и косилками-измельчителями с ротационными рабочими органами сорной и древесно-кустарниковой растительности из мелиоративных каналов производится путем ее измельчения до состояния, когда не требуется дополнительной утилизации (то есть нет необходимости привлекать дополнительные технические средства для уборки скошенной растительности).

Применение компьютерных технологий для анализа и проектирования технических средств по уходу за мелиоративными каналами позволяет провести моделирование процесса очистки каналов с целью создания техники, наиболее приспособленной к нашим погодно-климатическим условиям, составу почвы и сорной растительности, выявить преимущества и недостатки различных конструкций еще до этапа создания макетного образца, в значительной мере сократить издержки на производство каналоочистительных машин.

Основная часть

Полное наименование разрабатываемого программного изделия – «Специализированный комплекс программных средств автоматизированного проектирования рабочих органов машин для ухода за мелиоративными каналами» (СКПС ПРО МУМК).

СКПС ПРО МУМК предназначен для информационной поддержки процессов проектирования, объемного геометрического моделирования и инженерного анализа элементов конструкций РО МУМК и анализа принципиальной работоспособности полученных решений.

СКПС ПРО МУМК применяется на этапе проектирования конструкций РО МУМК и представляет собой инструментальную среду проектирования и инженерного анализа элементов конструкций РО МУМК, объединяющую специализированные приложения, используемые в процессе проектирования и обеспечивающие реализацию расчетных процедур, процедур графического и численного моделирования и ведения проекта в составе единой базы данных (БД).

Создание СКПС ПРО МУМК приведет:

- к снижению затрат на проектирование за счет автоматизации процессов проектирования, формирования геометрических моделей рабочих органов МУМК для целей анализа, формирования расчетных моделей, уменьшения затрат на проведение натурных испытаний и оформление документации по результатам анализа;

- сокращению исправлений и доработок в каждом цикле подготовки конструкторско-технологической документации;

- повышению качества конечного продукта за счет создания перспективных образцов конструкций МУМК, по своим характеристикам не уступающих лучшим зарубежным аналогам и адаптированных к отечественным условиям эксплуатации;

- снижению сроков постановки изделия на производство (20–30 %).

Для создания СКПС ПРО МУМК необходимо:

- проанализировать преимущества и недостатки конструкций технических средств по уходу за мелиоративными каналами, выбрать наиболее перспективные типы машин для очистки мелиоративных каналов от наносов (твердых мелких частиц) и сорной растительности;

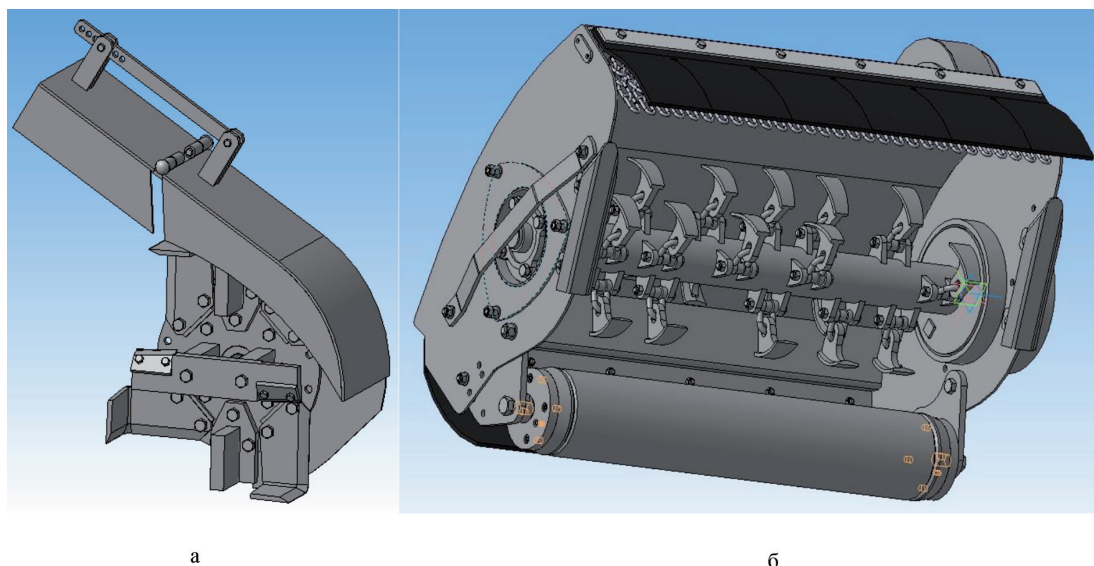
- получить аналитические выражения, учитывающие физико-механические свойства травяной растительности и твердых механических частиц (наносов), позволяющие обосновать конструктивные и кинематические параметры ротационных рабочих органов;

- получить уравнения регрессии, описывающие процесс воздействия ротационных рабочих органов на травяную растительность и твердые механические частицы (наносы), позволяющие определить рациональные значения конструктивных и кинематических параметров, при которых обеспечивается качественное выполнение технологических процессов;

- установить закономерности влияния частоты вращения, количества ножей, диаметра, длины фрезы и барабана, скорости движения машины на производительность, позволяющие количественно оценить показатели качества выполнения технологических процессов;

– провести экспериментальные исследования процесса механического воздействия ротационных рабочих органов на травяную растительность и наносы мелиоративных каналов при уходе и восстановлении их профиля для подтверждения теоретических исследований. По их результатам сформировать алгоритмы действий, на основании которых будет работать СКПС ПРО МУМК.

Для проверки и уточнения результатов теоретических исследований, полученных расчетных соотношений были созданы 3-мерные модели базовых ротационных рабочих органов каналоочистителя и косилки-измельчителя (рисунок 1) и проведено виртуальное моделирование процесса удаления сорной растительности со дна мелиоративного канала в программе ANSYS.



а

б

а – каналоочиститель; б – косилка-измельчитель

Рисунок 1. – 3-мерные модели ротационных рабочих органов

Схема моделируемого опыта со смещением режущей кромки ножей ротационного рабочего органа каналоочистителя представлена на рисунке 2.

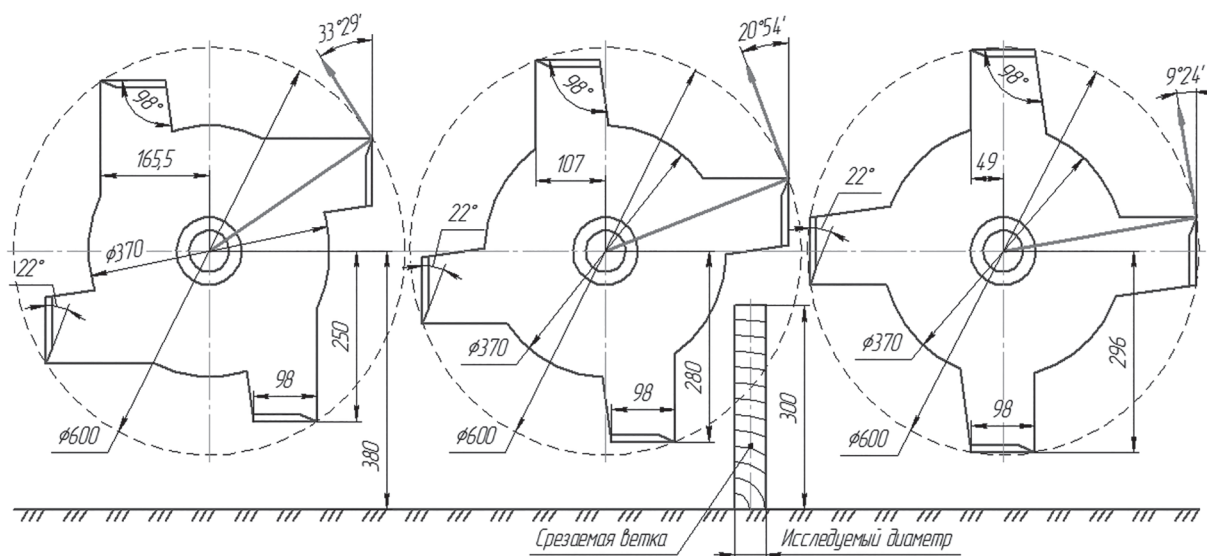


Рисунок 2. – Схема моделируемого опыта работы каналоочистителя с ротационным рабочим органом

Задачей моделируемого опыта было определение степени влияния переменных факторов эксперимента (частота вращения ротационного рабочего органа, смещение режущей кромки ножей каналочистителя, угол режущей кромки ножей, диаметр ротационного рабочего органа, модуль упругости Юнга стеблей сорной растительности и их плотность) на качество выполнения технологического процесса – удаление наносов, сорной и древесно-кустарниковой растительности со дна мелиоративного канала.

В ходе инженерного анализа проведенных экспериментов были сформированы возможные варианты компоновки конструкций и режимов работы каналочистителя и косилки-измельчителя (рисунок 2, 3) с ротационными рабочими органами, представленные в таблицах 1 и 2 соответственно.

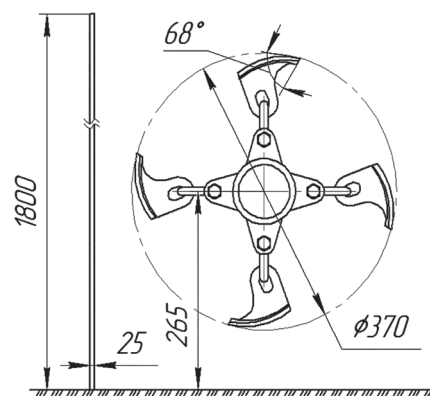


Рисунок 3. – Схема моделируемого опыта работы косилки-измельчителя с ротационным рабочим органом

Таблица 1. – Входные параметры инженерного анализа каналочистителя [3, 4]

Плотность древесины, кг/м ³	Модуль Юнга, ГПа	Частота вращ. ротац. раб. орг., мин ⁻¹	Смещение реж. кромки ножа по X и Y, мм/мм	Угол реж. кромки ножей, град.	Диаметр ротац. раб. орг., мм	Кол-во ножей, мм	Уровень резания от земли, мм
490	9	600	165,5/250	16	500	2	60
530	9,5	700	136/265	19	550	3	70
570	10	800	107/280	22	600	4	80
610	10,5	900	78/288	25	650	5	90
650	11	1000	49/296	28	700	6	100

Таблица 2. – Входные параметры инженерного анализа косилки-измельчителя [3, 4]

Средн. плотн. стволов и листьев сорной растит., кг/м ³	Модуль Юнга, ГПа	Частота вращ. ротац. раб. орг., мин ⁻¹	Вес ножа, г	Угол заточ. реж. кромки ножей, град.	Диам. ротац. раб. орг., мм	Кол-во ножей в одной секции, мм	Ширина раб. органа, мм	Уров. резан. от земли, мм
250	7,4	800	350	56	320	2	789	60
300	7,8	900	400	59	350	3	915	70
350	8,2	1000	450	62	370	4	1041	80
400	8,6	1100	500	65	400	5	1167	90
450	9	1200	550	68	420	6	1293	100

В результате компьютерного моделирования были получены зависимости влияния физико-механических параметров сорной растительности (модуль Юнга, плотность стеблей), конструктивных и режимных параметров работы каналочистителей (частота вращения ротора, смещение режущей кромки ножей, изменение угла вхождения режущей кромки в срезаемый материал) на максимальный диаметр веток, которые способен удалить ротационный рабочий орган каналочистителя с заданными параметрами (таблица 3).

Таблица 3. — Влияние физико-механических свойств сорной растительности и конструктивно-режимных параметров ротационного рабочего органа на максимальный срезаемый диаметр веток различных пород древесины

Порода древесины	Плотность, кг/м ³	Модуль Юнга, ГПа	Частота вращ. ротац. раб. орг., мин ⁻¹			Макс. диаметр среза, мм, при 900 мин ⁻¹		
			700	900	1100	Отклон. реж. кромки на 165,5 мм	Отклон. реж. кромки на 107 мм	Отклон. реж. кромки 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	43,17	45,26
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

Анализ результатов моделирования показал, что:

– для ротационного рабочего органа диаметром 600 мм, ось вращения которого расположена на расстоянии 380 мм от земли, вращающегося с частотой 900 мин⁻¹ и срезающего ветки длиной до 300 мм, при росте плотности срезаемой ветки на 100 кг/м³ максимально срезаемый диаметр древесных остатков уменьшается всего на 0,21 %. В то же время при уменьшении модуля Юнга на 1 ГПа максимально срезаемый диаметр веток увеличивается на 3,83 %, что в среднем для проанализированных пород древесины составляет 1,86 мм;

– рост частоты окружного вращения ротационного рабочего органа на 100 мин⁻¹ увеличивает максимально срезаемый диаметр веток древесных остатков в среднем на 2,65 %, что для проанализированных пород древесины составляет 1,24 мм;

– при увеличении смещения режущей кромки ножа относительно осевой линии ротационного рабочего органа на 100 мм максимально срезаемый диаметр веток древесных остатков увеличивается в среднем на 4,03 %, что для проанализированных пород древесины составляет 1,92 мм.

Таким образом, установлены предельные (обеспечивающие критическую скорость резания) конструктивные и режимные параметры ротационных рабочих органов, позволяющие проводить качественное удаление наносов и сорной растительности со дна и откосов мелиоративных каналов с минимальной энергоемкостью.

На базе подобных экспериментов, результатов полевых испытаний и проведения виртуального трехмерного моделирования будут сформированы алгоритмы для работы СКПС ПРО МУМК. Используемые в процессе экспериментов входные параметры позволят уже на этапе подготовки к разработке программного комплекса сформировать базы данных, необходимые для его функционирования.

Заключение

СКПС ПРО МУМК предназначен для информационной поддержки процессов проектирования, объемного геометрического моделирования и инженерного анализа элементов конструкций рабочих органов МУМК и анализа принципиальной работоспособности полученных решений.

Использование СКПС ПРО МУМК делает возможным решение широкого круга задач, связанных с компьютеризацией инженерных исследований и моделированием поведения конструкций в процессе эксплуатации.

Результаты виртуального моделирования позволили подтвердить достоверность проведенных теоретических исследований, сформировать расчетные соотношения для определения параметров и режимов работы ротационных рабочих органов, а также разработать алгоритмы и программные средства реализации функций расчета параметров ротационных рабочих органов каналоочистительных машин.

Литература

1. Государственная программа сохранения и использования мелиорированных земель на 2011–2015 годы: постановление Совета Министров Респ. Беларусь, 31 августа 2010 г., № 1262 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – 5/32430.
2. Мелиоративные машины / Б. А. Васильев [и др.]; под ред. И. И. Мера. – М.: Колос, 1980. – 351 с.
3. Кленин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учебник / Н. И. Кленин, В. Г. Егоров. – М.: Колос С, 2003. – 464 с.
4. Карпенко, А. Н. Сельскохозяйственные машины: учебник / А. Н. Карпенко, В. М. Халанский. – 6 изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1989. – 527 с.
5. Мажугин, Е. И. Мелиоративные машины. Основы теории и расчета: учеб. пособие / Е. И. Мажугин. – Горки: БГСХА, 2007. – 161 с.