

**А. Н. Юрин**

*РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»  
г. Минск, Республика Беларусь  
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

## **АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧИХ ОРГАНОВ МАШИН ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ОБРЕЗАННЫХ ВЕТОК ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

*Аннотация.* В данной статье приведен анализ исследований по обоснованию параметров технических средств для утилизации обрезанных веток в садах интенсивного типа.

*Ключевые слова:* щепа, измельчение, ветки плодовых деревьев, плоды, метод осмотра, вероятность осмотра, площадь плода, объект контроля, приемник излучения.

**Anton N. Yuryn**

*RUE "SPC NAS of Belarus for Agricultural Mechanization"  
Minsk, Republic of Belarus  
E-mail: anton-jurin@rambler.ru*

## **ANALYSIS OF STUDIES TO SUBSTANTIATE THE PARAMETERS OF THE WORKING PARTS OF MACHINES FOR RECYCLING PRUNED BRANCHES OF FRUIT TREES**

*Abstract.* This article provides an analysis of studies on the justification of the parameters of technical means for the disposal of cut branches in intensive gardens.

*Keywords:* chips, chopping, branches of fruit trees, fruits, inspection method, inspection probability, fruit area, object of control, radiation receiver.

### **Введение**

Важным агротехническим приемом по уходу за многолетними плодовыми насаждениями является обрезка деревьев, затраты на которую составляют 22–24 % всех трудозатрат на производство плодов. В зависимости от конструкции насаждений и их возраста объем срезаемых ветвей составляет 3–28 т/га [1–4]. Такой объем отходов требует выполнения технологических операций по их утилизации. В настоящее время эти операции выполняются в основном вручную. Сучья собираются рабочими с погрузкой в транспортное средство, перемещающееся непосредственно по междурядью, вывозом их за пределы сада с последующим сжиганием. Удаление обрезанных веток из междурядий может осуществляться также посредством волокуш типа В-2,5М и СВ-1. Эти способы очень трудоемки и малопродуктивны. Кроме того, при погрузке и разгрузке возможно травмирование работников, а при свалаживании ветвей волокушами – повреждение насаждений, что приводит к ежегодным потерям урожая, достигающим 56–140 кг/га [5].

Недостатком такой технологии является и нерациональное использование плодовой древесины. Более того, ее сжигание приводит к загрязнению окружающей среды: с каждой тонны сожженных веток в воздух выделяется 2–3 кг оксида углерода, 0,2 кг диоксида серы и другие вредные вещества. Это оказывает токсичное действие на природную экосистему и здоровье человека. Кроме загрязнения окружающей среды происходит выжигание почвы. Как показывает практика, из сельскохозяйственного оборота изымается до 2 % плодородных земель [6–9].

Мировой и отечественный опыт показывают, что наиболее перспективной технологией утилизации плодовых веток является их измельчение в междурядье сада. Поэтому обоснование параметров технических средств для выполнения данной операции является важной задачей для сельского хозяйства республики.

## Основная часть

Исследования по обоснованию конструктивно-технологической схемы машины для измельчения и заделки щепы в почву проводили Ланцев В. Ю., Завражнов А. И., Манаенков К. А. и другие [10–16].

Так, в работе [10–11] предложена конструкция машины для измельчения ветвей непосредственно в междурядье сада.

Машина (рис. 1) содержит установленные на раме 1 трамбовочный барабан 2, перемещаемый относительно рамы машины посредством сервопривода 3, ножи 4 для обработки почвы и древесного материала, установленные на барабане 5, открытый снизу кожух 6. В передней части кожуха 6 установлен контрнож 7 с зубьями.

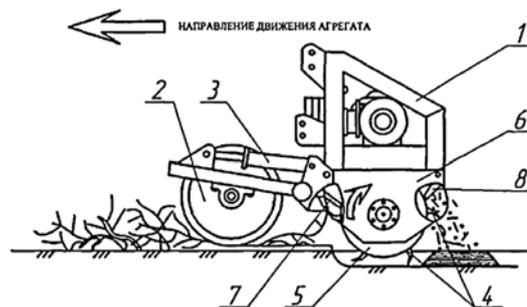


Рис. 1. Схема машины для измельчения и заделки щепы в почву [10]: 1 – рама; 2 – трамбовочный барабан; 3 – сервопривод; 4 – ножи; 5 – барабан; 6 – кожух; 7 и 8 – передние и задние контрножи

Технологический процесс, выполняемый машиной, состоит из следующих стадий: рыхление верхнего слоя почвы, измельчение ветвей плодовых деревьев, перемешивание древесно-почвенной массы, захватывание ее вращающимся барабаном и подача к задним контрножам, доизмельчение, свободное падение на поверхность почвы.

Обратное фрезерование почвы выгодно отличается от прямого. Как подтверждают многие исследования (А. Н. Медовник, И. Г. Алышов, Т. М. Апхудов [4, 17–20]), его преимуществами являются: более устойчивое движение ножевого барабана, меньшая гребнистость дна, большая производительность и др. Однако при обратном фрезеровании перед ножевым барабаном наблюдается значительный вынос почвы и образование земляного валка, что приводит к ухудшению выравненности поверхности и увеличению энергозатрат. В связи с этим необходимо определить влияние угла установки ножей на процесс образования земляного валка.

Исследование процесса резания отходов древесины (рис. 2) позволило установить зависимость усилия резания материала  $P_{\text{л}}$  от свойств древесины и параметров режущего инструмента.

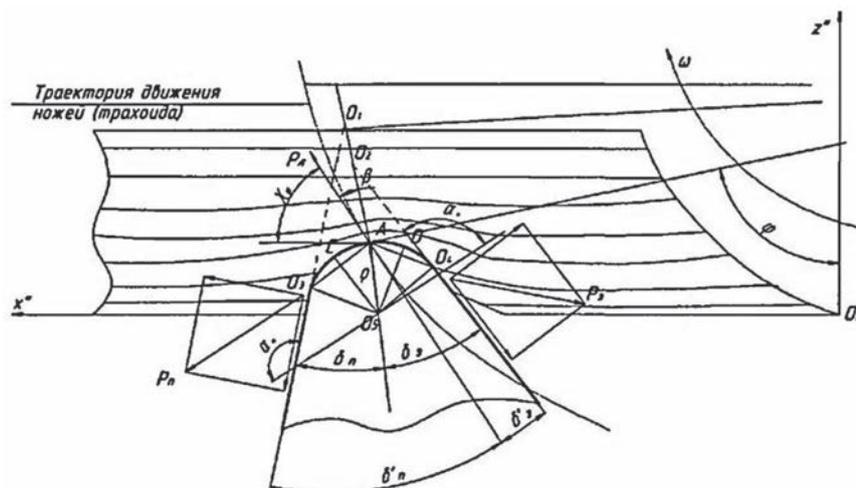


Рис. 2. Силевое взаимодействие лезвия с материалом [10]

Силу  $P_{д}$  можно определить как произведение длины кромки лезвия на разрушающее контактное напряжение:

$$P_{д} = \frac{\rho (\pi - (\delta_{п} + \delta_{з})) \sigma_{сж//}}{1 + \left( \frac{\sigma_{сж//}}{\sigma_{сж\wedge}} \right) \left( 1 - \left( \cos \delta \sin \psi \sqrt{1 - \frac{\cos^2 \xi'}{\sin^2 \psi} + \sin \delta \cdot \cos \xi'} \right)^2 \right)},$$

где  $\sigma_{сж//}$  – предел прочности древесины на сжатие вдоль волокон, Н/мм<sup>2</sup>;  $\sigma_{сж\wedge}$  – предел прочности древесины на сжатие поперек волокон, Н/мм<sup>2</sup>;  $\rho$  – радиус дуги кромки лезвия, мм;  $\delta_{п}$ ,  $\delta_{з}$  – углы заточки ножа соответственно по передней и задней граням, град.

На основании полученных зависимостей были получены графики зависимостей удельной силы резания  $P_{уд}$  от угла подъема ветви до подрезания  $\xi'$  (рис. 3), от угла заточки лезвия  $\delta_{п}$  (рис. 4), угла наклона лезвия  $\eta$  (рис. 5).

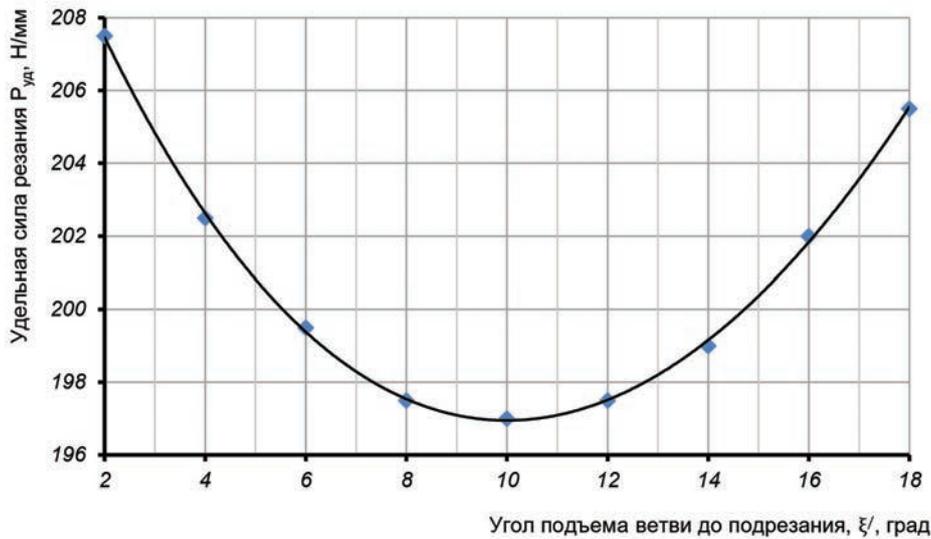


Рис. 3. Зависимость удельной силы резания  $P_{уд}$  от угла подъема ветви до подрезания  $\xi'$

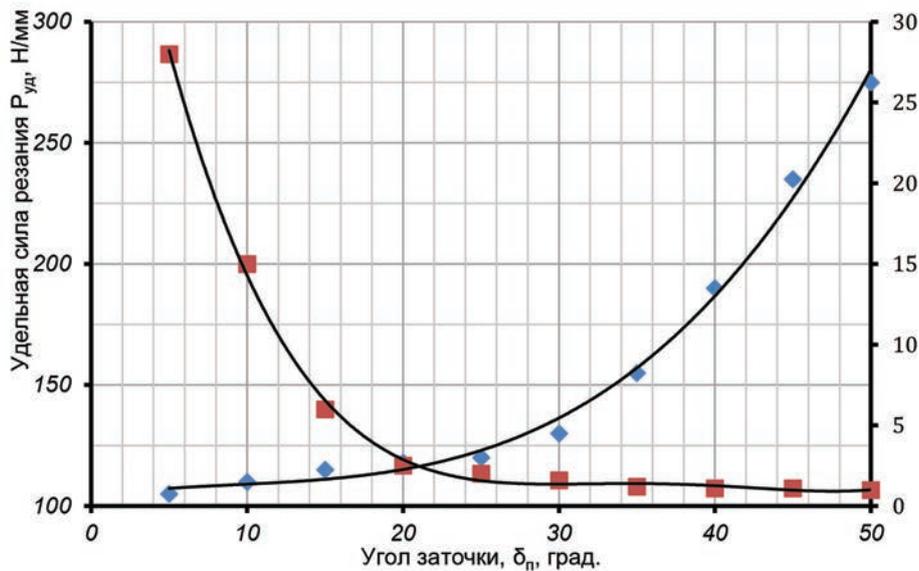


Рис. 4. Зависимость удельной силы резания  $P_{уд}$  и долговечности остроты лезвия от угла заточки  $\delta_{п}$

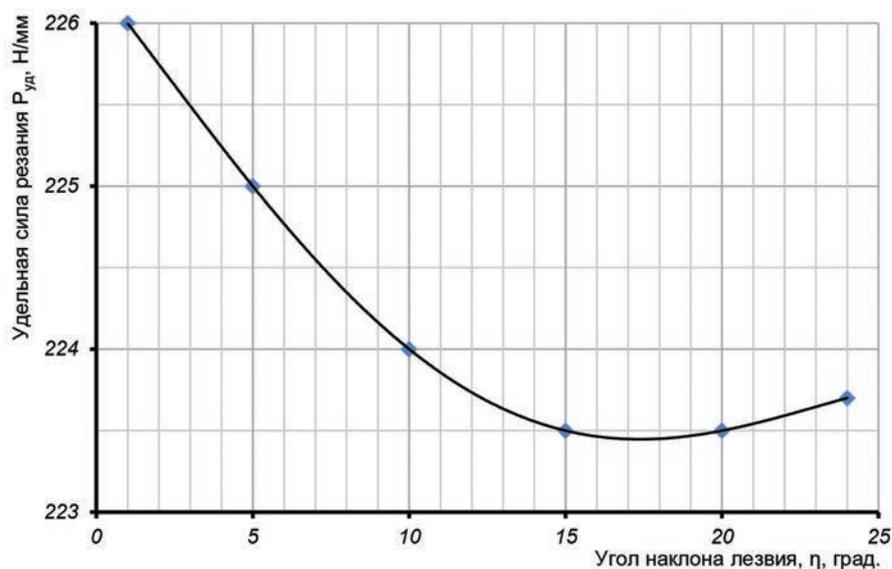


Рис. 5. Зависимость удельной силы резания  $P_{уд}$  от угла наклона лезвия  $\eta$

Анализ зависимостей позволил установить рациональные углы подъема ветвей до подрезания, углы заточки и наклона лезвия, обеспечивающие наименьшую удельную силу резания ветвей. Кроме того, автором была обоснована схема расстановки ножей на барабане измельчителя, скорость вращения барабана и поступательная скорость агрегата в саду.

Таким образом, были обоснованы параметры и режимы работы измельчителя, обеспечивающие измельчение ветвей деревьев.

Однако остается нерешенным вопрос сбора ветвей по ширине междурядья сада.

Замоевым А. У. [21] была предложена конструкция подборщика-измельчителя срезанных ветвей плодовых деревьев ПИВ-1, оснащенного двумя ступенями роторных двухвалковых измельчителей (рис. 6–7).

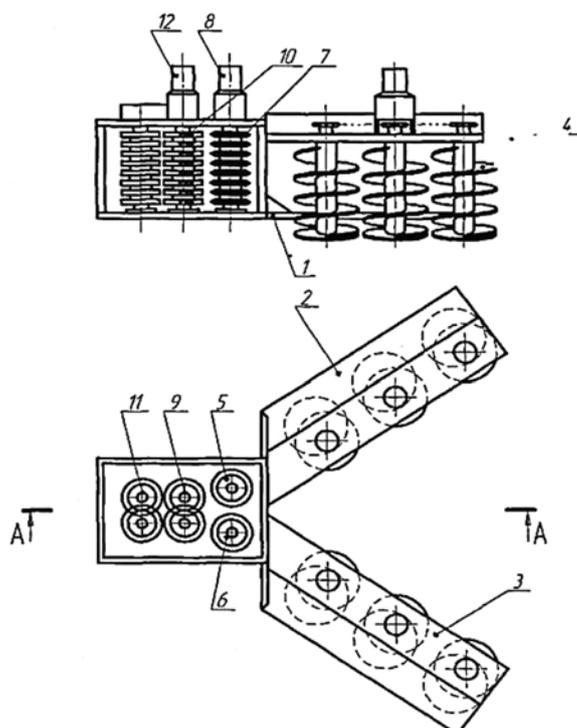


Рис. 6. Схема подборщика-измельчителя срезанных ветвей плодовых деревьев ПИВ-1 [21]

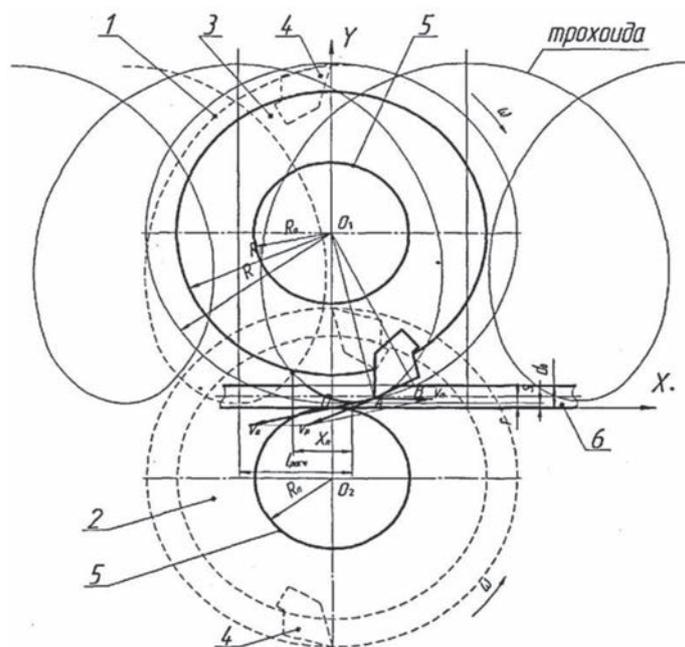


Рис. 7. Кинематическая схема работы двухвалкового роторного измельчителя ПИВ-1 [21]:  
 1, 2 – верхний и нижний роторы; 3 – ножевой диск; 4 – нож; 5 – вал ротора; 6 – ветка

Подборщик-измельчитель содержит закрепленный на V-образной раме 1 рабочий орган, включающий левую 2 и правую 3 секции роторов, установленные с возможностью вращения навстречу друг другу и выполненные в виде шнеков 4, каждый из которых имеет навивку с одинаковым шагом.

В вершине угла V-образной рамы 1 установлены два подающих вальца 5 и 6 с oppositно расположенными на них дисковыми ножами 7, приводимыми во вращение от гидромотора 8. За ними V-образно по отношению к оси вращения вальцов 5 и 6 установлены две ступени измельчителей: первая для измельчения с образованием толстой стружки двухвалковым роторным измельчителем 9 с шахматным расположением зубчатых ножей 10, и вторая ступень – двухвалковый роторный доизмельчитель с вальцами 11. Привод измельчителей осуществляется от гидромотора 12.

Принцип работы подборщика-измельчителя срезанных ветвей плодовых деревьев следующий. При движении агрегата по междурядью шнеки 4 левой 2 и правой 3 секций, вращаясь навстречу друг другу, захватывают обрезки ветвей витками шнеков и подают их к вальцам 5 и 6. При попадании толстых ветвей, диаметр которых больше свободного пространства между дисковыми ножами 7, они получают продольные надрезы, после чего попадают в двухвалковый роторный измельчитель 9, рабочие органы которого осуществляют резание на части подаваемых надрезанных ветвей по типу образования толстой стружки. Вальцы второй ступени осуществляют перетирающее доизмельчение полученных первой ступенью измельчения частиц срезанных ветвей. Образованная измельченная масса сбрасывается на поверхность почвы мульчирующим слоем, способствуя тем самым повышению ее плодородия.

На основе теоретических исследований получена математическая модель процесса измельчения срезанных ветвей плодовых деревьев, анализ которой позволил установить зависимости показателей работы измельчительного устройства – энергоемкости, производительности и степени измельчения от его основных параметров и режимов работы.

Экспериментальными исследованиями установлена зависимость энергоемкости измельчения от основных конструктивных и технологических параметров измельчителя.

Экспериментально уточнены оптимальные параметры двухвалкового роторного измельчителя.

Конструктивные параметры:

- углы заточки граней ножа  $\delta_{II} = -10^\circ$ ,  $\delta_3 = 60^\circ$ ;
- радиус вращения режущей кромки ножа  $R = 0,12$  м.

Технологические параметры:

– скорость подачи ветвей  $v_{п} = 1,4$  м/с;

– окружная скорость режущей кромки ножа  $v_{о} = 8$  м/с;

– зазор между режущей кромкой ножа и валом противоположного ротора  $s = 0,003$  м.

Однако полученный измельчитель-подборщик не обеспечивает сгребания ветвей со всей ширины междурядья сада, что требует дополнительных операций и ручного труда. Кроме того, измельчитель-подборщик прицепной обладает высокой металлоемкостью, что ограничивает его применение в садах интенсивного типа, снижает маневренность и производительность труда.

В результате проведенных научных исследований обоснованы параметры и режимы работы измельчителей, обеспечивающих измельчение ветвей деревьев с одновременной заделкой измельченных остатков в почву или без нее.

При этом до настоящего времени нерешенным остается вопрос сбора ветвей по всей ширине междурядья сада, который бы позволил полностью механизировать процесс утилизации обрезанных ветвей и осуществлять измельчение и валкование древесных остатков за один проход по саду.

### Заключение

1. Проведенными научными исследованиями обоснованы параметры и режимы работы измельчителей, обеспечивающих измельчение ветвей деревьев с одновременной заделкой измельченных остатков в почву или без нее.

2. До настоящего времени нерешенным остается вопрос сбора ветвей по всей ширине междурядья сада, который бы позволил полностью механизировать процесс утилизации обрезанных ветвей и осуществлять измельчение и валкование древесных остатков за один проход по саду.

### Список использованных источников

1. Медовник, А. Н. Технологическое и техническое обеспечение ресурсо-энергосберегающих процессов ухода за плодовыми насаждениями интенсивного типа: дис. ... докт. техн. наук: 05.50.01 / А. Н. Медовник. – Нальчик, 2001. – 317 л.

2. Беренштейн, И. Б. Машины для обрезки кроны плодовых деревьев, сбора чурпы и измельчения срезанных веток / И. Б. Беренштейн // Система садоводства Республики Крым / Крым. федер. ун-т, Акад. биоресурсов и природопользования; под общ. ред. В. И. Копылова. – Симферополь, 2016. – С. 255–258.

3. Исследование физико-механических свойств ветвей плодового дерева / А. А. Земляной [и др.] // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – № 2. – С. 139–147.

4. Альшов, И. Г. Обоснование выбора конструкции подборщика обрезков ветвей фундука / И. Г. Альшов // Аграрная наука. – 2014. – № 12. – С. 28–29.

5. Рекомендации по утилизации и использованию отработанной биомассы садов и ягодников в Республике Беларусь: науч.-практ. изд. / РУП «Институт плодородия»; сост. : В. А. Самусь [и др.]. – Самохваловичи, 2011. – 24 с.

6. Машины для формирования крон и уборки урожая плодовых культур / Г. П. Варламов [и др.]. – М.: Машиностроение, 1975. – 206 с.

7. Новые технологии и технические средства для механизации работы в садоводстве / В. Ф. Воробьев [и др.]; ФГБНУ «Росинформагротех»; под общ. ред. М. И. Куликова – М., 2012. – 164 с.

8. Апхудов, Т. М. Древесные отходы садоводства и технологии их утилизации / Т. М. Апхудов, Л. З. Шекихачева // Человек и современный мир. – 2019. – № 1 (26). – С. 163–169.

9. Синяк, С. О. О проблеме уборки обрезанных веток плодовых деревьев в Республике Беларусь и пути ее решения / С. О. Синяк, А. Н. Юрин // Механизация и электрификация сельского хозяйства : межвед. темат. сб. / Нац. акад. наук. Беларуси, Науч.-практ. центр НАН Беларуси по механизации сел. хоз-ва. – Минск, 2012. – Вып. 46. – С. 212–215.

10. Ланцев, В. Ю. Совершенствование технологии утилизации отходов обрезки в слаборослых садах с обоснованием параметров измельчителя: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ю.В. Ланцев; ГНУ Всероссийский НИИ садоводства им. Мичурина. – Мичуринск, 2004. – 23 с.

11. Ланцев, В. Ю. Исследования машины для удаления древесно-растительных остатков из почвы / В. Ю. Ланцев, В. В. Денисов // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 1. – С. 44.

12. Завражнов, А. И. Теоретический анализ процесса измельчения плодовой древесины / А. И. Завражнов, К. А. Магнаенков, В. Ю. Ланцев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2001. – № 4. – С. 41–45.

13. Завражнов, А. А. Передовые производственные технологии в решении проблем механизации трудоемких процессов в промышленном садоводстве / А. А. Завражнов, А. И. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Достижения науки и техники АПК : науч.-тех. журнал. – 2017. – Т. 31, № 8. – С. 58–61.

14. Завражнов, А. И. Технологии и техника для интенсивного садоводства России / А. И. Завражнов, А. А. Завражнов, В. Ю. Ланцев // Инновационная деятельность – основа повышения эффективности и модернизации садоводства и ягодоводства в современных условиях : материалы междунар. дист. науч.-практ. конф., Мичуринск, 1–15 сент. 2013 г. / Мичуринский государственный аграрный университет ; ред.: Трунов Ю.В. [и др.]. – Мичуринск, 2013. – С. 57–61.
15. Манаенков, К. А. Ресурсосберегающие технологии и комплекс машин для ухода за почвой в интенсивных садах: автореф. дисс. ... докт. техн. наук : 05.20.01 / К. А. Манаенков ; Мичуринский государственный аграрный университет. Мичуринск, 2010. – 35 с.
16. Манаенков, К. А. Ресурсосберегающий уход за почвой в интенсивных слаборослых садах / К. А. Манаенков, В. В. Хатунцев, В. Г. Бросалин // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2006. – № 1. – С. 144–148.
17. Медовник, А. Н. Технологическое и техническое обеспечение ресурсоэнергосберегающих процессов ухода за плодовыми насаждениями интенсивного типа : дис. ... докт. техн. наук : 05.50.01 / А. Н. Медовник ; Северо-Кавказский науч.-исслед. ин-т горного и предгорного садоводства – Нальчик, 2001. – 317 л.
18. Апхудов, Т. М. Древесные отходы садоводства и технологии их утилизации / Т. М. Апхудов, Л. З. Шекихачева // Человек и соврем. мир. – 2019. – № 1 (26). – С. 163–169.
19. Апхудов, Т. М. Обоснование конструктивных параметров двухвалкового роторного измельчителя срезанных ветвей / Т. М. Апхудов // Изв. Кабард.-Балкар. гос. аграр. ун-та им. В. М. Кокова. – 2020. – № 2 (28). – С. 106–110.
20. Апхудов, Т. М. Математическое моделирование процесса измельчения плодовых ветвей роторным измельчителем / Т. М. Апхудов, А. К. Апажев, Ю. А. Шекихачев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 9 (267). – С. 21–24.
21. Заммоев, А. Ю. Параметры и режимы работы измельчителя срезанных ветвей плодовых деревьев: автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / А. Ю. Заммоев; Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В. М. Кокова. – Нальчик, 2006. – 24 с.