

УДК 631.316

ОБЗОР КОНСТРУКЦИЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ МАШИН,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ МЕЖДУРЯДНОЙ ОБРАБОТКИ ЛЕСНЫХ КУЛЬТУР

Малюков С.В., Аксенов А.А., Князев А.В., Бородин Н.А., Солнцев А.В.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова»

E-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Аннотация: рассмотрены технические средства почвообрабатывающих орудий, применяемых для междурядной обработки почвы в защитных лесных насаждениях. Представлены их достоинства и недостатки.

Ключевые слова: культиватор, обработка почвы, лесные культуры, дисковые рабочие органы, стрельчатые лапы.

REVIEW OF THE STRUCTURES OF SOIL-PROCESSING MACHINES
APPLIED TO THE FORWARDING TREATMENT OF FOREST CULTURES

Malyukov S.V., Aksenov A.A., Knyazev A.V., Borodin N.A., Solntsev A.V.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Voronezh State
University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov»

E-mail: malyukovsergey@yandex.ru

Summary: considered the technical means of tillage tools used for inter-row tillage in protective forest plantations. Presents their advantages and disadvantages.

Keywords: cultivator, tillage, forest crops, disk working bodies, pointed legs.

Уход в междурядьях лесных культур осуществляют в основном механическим путем. Для рыхления почвы и уничтожения сорной растительности применяют паровые и пропашные культиваторы: КПН-4Г, КП-4А, КШ-3, КПН-4А, КПН-2, КПН-3, КРН-3,5; садовые орудия: КСГ-5, БДС-3,5, БДС-1,3, БДСТ-3,5; лесные культиваторы: ДЛКН-6/8, КЛБ-1,7, КЛ-2,6; культиваторы для каменистых почв: ККН-2,25, КРТ-3, КРН-3К, КРГ-3,6; виноградниковые плуги-рыхлители: ПРВН-1,5, ПРВН-2,5А; дисковые орудия общего назначения: БДН-2,0, БДНТ-2,2, БДНТ-3,5, БДН-2,2М [1-13].

Уход за почвой в лесных насаждениях при ширине междурядий 2,5 и 3 м проводят специальным культиватором КЛ-2,6 и плугом рыхлителем виноград-

никовым ПРВМ-3. Культиватор лесной КЛ-2,6 содержит прямоугольную сварную раму с автосцепкой для агрегатирования с трактором 14 кН, рабочие органы, пневматические опорные колеса, боковые обтекатели и приспособления для навески зубовых борон (рис. 1). Он комплектуется тремя типами рабочих органов: стрелчатыми консольными лапами, рыхлительными и пружинными зубьями. Рабочие органы располагаются в 2 ряда и присоединены к раме индивидуальными поводковыми системами. Глубина хода рабочих органов регулируется при помощи опорных колес.

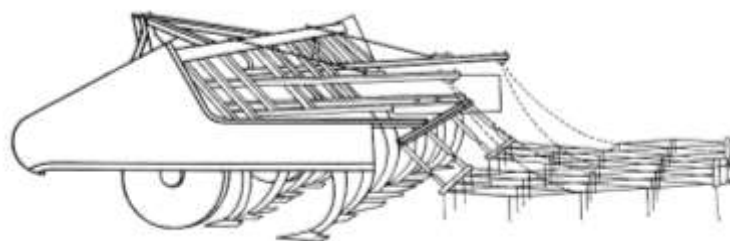


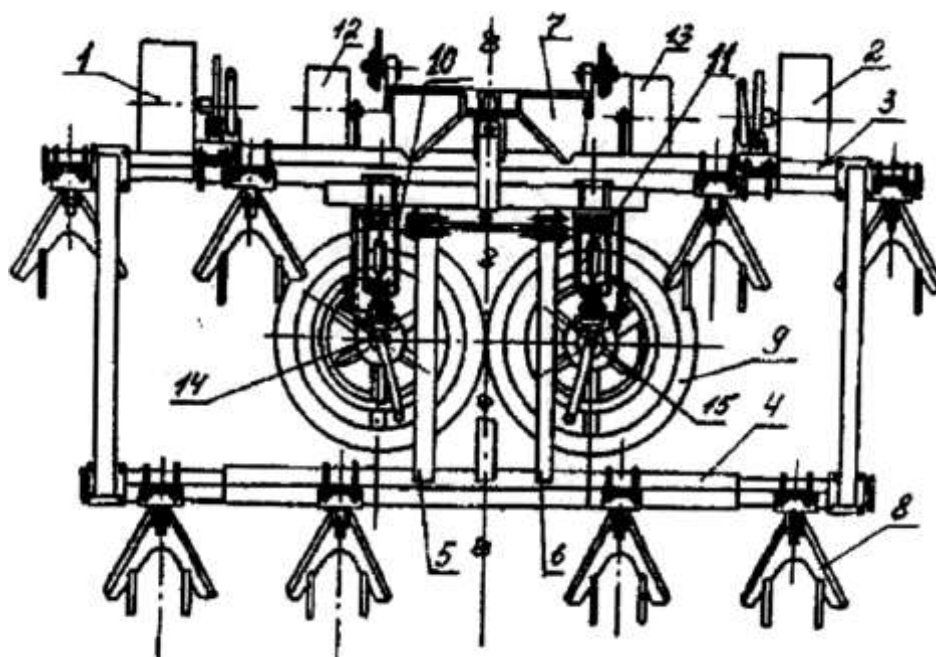
Рисунок 1 – Культиватор КЛ-2,6

За рабочими органами при помощи навески устанавливают два звена зубовой борон БЗСС-10. Они разравнивают поверхность почвы и вычесывают надрезанные сорняки. С боковых сторон на раме культиватора расположены щетки-обтекатели, которые отклоняют кроны лесных культур и предохраняют их от повреждений.

Плуг – рыхлитель ПРВМ-3 для ухода за полезащитными лесными полосами используют в культиваторном варианте в агрегате с трактором 30 кН. Для этого, на его продольных брусках устанавливают культиваторные лапы, которые обрабатывают почву на глубину до 12 см. Ширина захвата орудия регулируется при помощи поворота продольных брусков с рабочими органами в горизонтальной плоскости относительно поперечного навесного бруса.

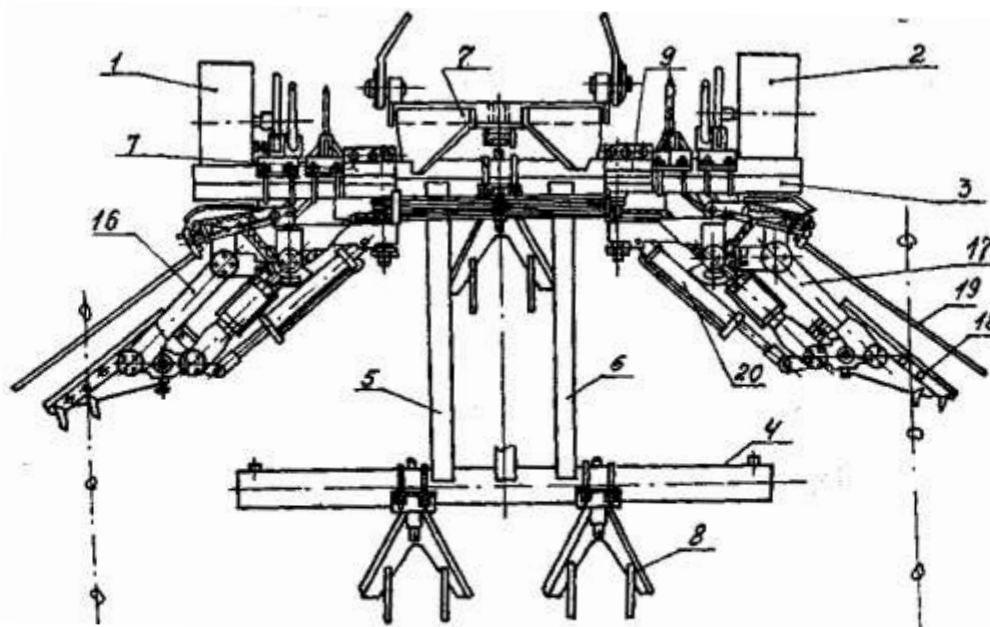
Наибольший интерес представляет культиватор универсальный навесной КУН-4. Он предназначен для одновременного ухода за почвой в междурядьях и рядах защитных лесных полос при ширине междурядий от 3 до 4 м, расположенных на равнинах и склонах крутизной до 8° [1-6].

Культиватор включает в себя раму, опорные колеса, гидросистему, рабочие органы, распылительную рамку для внесения гербицидов в защитную зону ряда. В зависимости от высоты обрабатываемых растений возможны две технологические схемы работы орудия (рис. 2, 3).



- 1, 2 – опорное колесо; 3, 4 – поперечные брусья рамы; 5, 6 – продольные брусья рамы;
 7 – навесное устройство; 8 – стрельчатые лапы; 9 – ротационные рабочие органы;
 10, 11 – секции ротационных рабочих органов; 12, 13 – опорные колеса секций;
 14, 15 – винтовые механизмы ротационных рабочих органов

Рисунок 2 – Схема культиватора КУН-4 в комплектации ухода за почвой в лесокультурах высотой до 1 м



- 1, 2 – опорные колеса; 3, 4 – поперечные брусья рамы; 5, 6 – продольные брусья рамы;
 7 – навесное устройство; 8 – стрельчатые лапы; 16, 17 – выдвижные секции;
 18 – односторонняя плоскорежущая лапа; 19 – щуп; 20 – гидроцилиндр

Рисунок 3 – Схема культиватора КУН-4 в комплектации ухода за почвой в лесокультурах высотой более 1 м

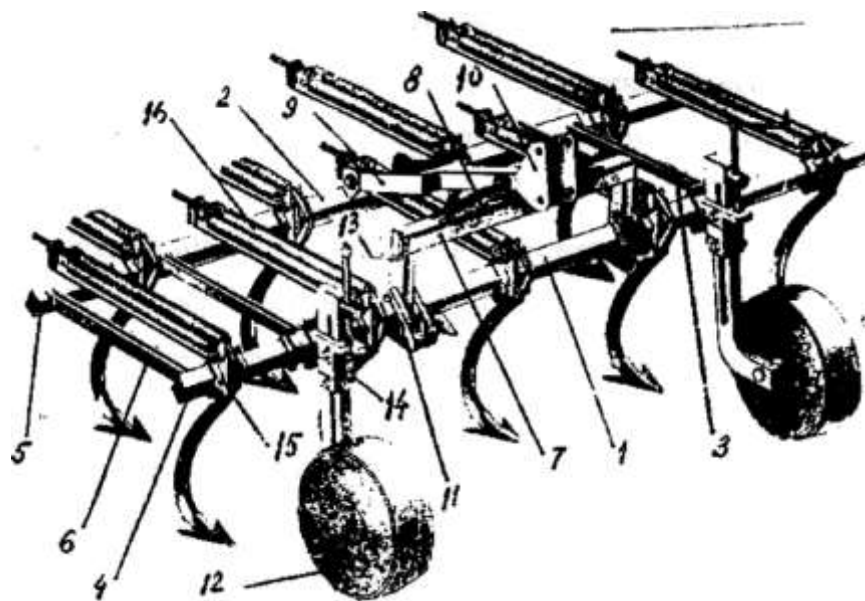
Первая схема – уход за почвой в междурядьях и рядах защитных лесных насаждений при высоте растений до 1 м. В данном случае на поперечных брусках рамы устанавливают стрельчатые лапы. Задний поперечный брус при этом удлиняется постановкой выдвижных брусков с раскосами, соединяющими его с передним брусом рамы. Ротационные рабочие органы устанавливаются на двух секциях, которые представляют шарнирные четырехзвенники и закрепляются хомутами к средней части рамы культиватора. Каждая секция имеет опорные и винтовые механизмы регулирования глубины обработки почвы ротационными рабочими органами.

Вторая схема – ухода за почвой в междурядьях и рядах лесных насаждений при высоте растений более 1 м. При этом в средней части культиватора вместо ротационных рабочих органов устанавливаются выдвижные секции. Каждая выдвижная секция представляет собой шарнирный параллелограммный механизм, который состоит из опорного бруса со звеньями связи, автоматического управляющего устройства и плоскорежущей лапы. Автоматическое управляющее устройство – щуп, система рычагов, золотниковый гидрораспределитель и гидроцилиндр.

Культиватор рыхлитель террас КРТ-3 (рис. 4) предназначен для ухода за лесными и садовыми культурами на горных склонах и террасах, а также для сплошной предпосадочной подготовки почвы. Он состоит из рыхлительных (13 шт.) и полольных (11 шт.) лап с шириной захвата соответственно 250 и 330 мм. Рыхлительные лапы применяют для предпосадочного рыхления террас. В этом случае с интервалом 470 мм устанавливают тринадцать стоек с рыхлительными оборотными лапами: 6 – на передней балке рамы и 7 – на задней.

Рабочие органы культиватора можно устанавливать на раме на различном расстоянии друг от друга. Они оснащены пружинными предохранителями, что позволяет проводить глубокое рыхление (24 см) и культивацию (до 16 см) тяжелых каменистых почв 4-5 категорий. При наличии больших камней, когда усилие на конце стойки достигает более 400 кг, срабатывают предохранители, стойка отклоняется назад и пропускает камень. Ширина захвата рамы культиватора регулируют в пределах 1,5-3 м, поэтому его можно использовать в насаждениях с междурядьями от 2 м до 3,5 м.

Плуг-рыхлитель виноградниковый навесной ПРВМ-2,5А предназначен для выполнения комплекса операций по обработке виноградников с шириной



1 – передний брус; 2 – задний брус; 3, 6 – раскосы; 4 – передний выдвижной брус; 5 – задний выдвижной брус; 7 – рамка; 8, 10, 11 – кронштейны; 9 – тяга; 12 – опорное колесо; 13 – винт; 14 – болт; 15 – четырёхзвенный механизм; 16 – пружины

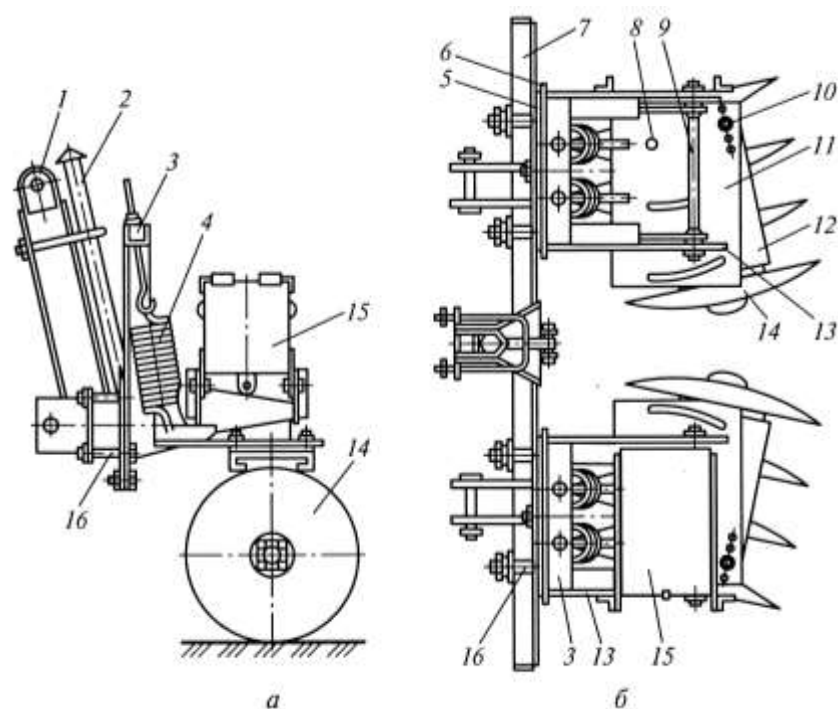
Рисунок 4 – Культиватор-рыхлитель навесной КРТ-3

междурядий 2-2,5 м; агрегируется с тракторами Т-74, ДТ-75 и Т-54В. Он состоит из рамы с навесным устройством, подвесных рамок, опорных колес, продольных брусьев, к которым присоединяют рабочие органы. Для культивации в комплект рабочих органов входят 7 полольных и 7 рыхлительных лап. Глубину обработки почвы регулируют с помощью винтового механизма путем изменения высоты расположения опорных колес [7-10].

Культиватор лесной бороздной КЛБ-1,7 (рис. 5) применяется при уходе за лесными культурами. Он работает на вырубках по дну двухотвальных борозд, по полосам и по микроповышениям в виде гряд. Состоит из двух дисковых батарей 7, закрепленных на раме 1. Батареи устанавливаются под углом атаки до 30° , для того чтобы диски заглублялись и рыхлили почву на глубину 6-12 см. Это достигается за счет поворота нижних плит 5 относительно верхней 4 и фиксации установленного угла болтами 8.

При уходе за растениями в бороздах обрабатывают одновременно пласты и дно борозд около ряда культур. Для этого дисковые батареи устанавливают с наклоном к горизонту в сторону ряда лесных культур под углом 20° поворотом вертикальной планки 11 относительно плиты, прикрепленной хомутами к раме орудия. Первые уходы проводят при установке дисковых батарей вразвал (выпуклой части дисков к ряду растений), поскольку лесные культуры в первый год роста имеют невысокую надземную часть. В дальнейшем уходы чередуют, устанавливая

ливая батареи в свал или развал, для чего правую и левую батареи меняют местами [11-13].



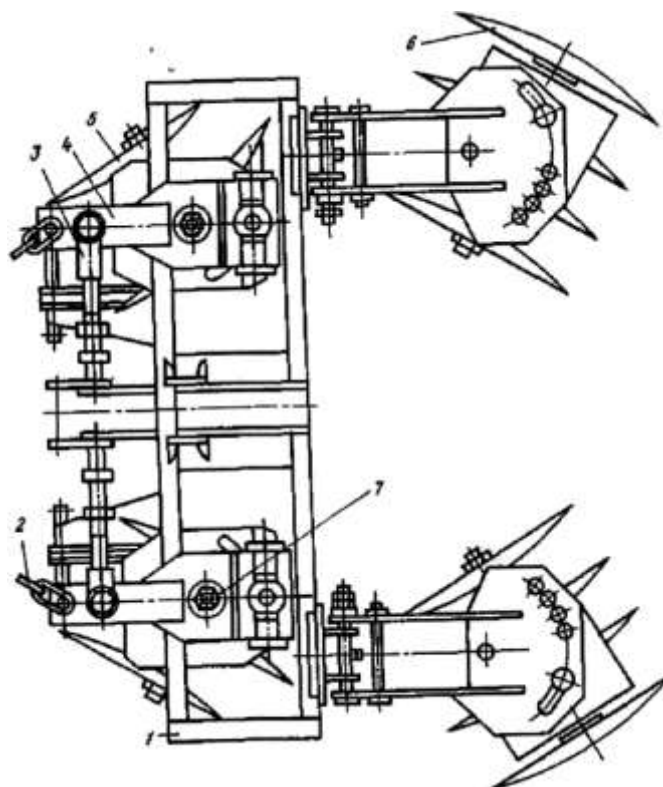
а – вид сбоку, *б* – вид сверху, 1 – навесное устройство, 2 – подставка, 3 – рамка, 4 – амортизационная пружина, 5 – передняя плита, 6 – задняя плита, 7 – рама, 8 – болт шарнирный, 9 – втяжной болт, 10 – фиксирующий болт, 11 – верхняя плита, 12 – нижняя плита, 13 – кронштейн, 14 – дисковые батареи, 15 – балластный ящик, 16 – хомут

Рисунок 5 – Культиватор дисковый КЛБ-1,7

Двухследный дисковый навесной культиватор для склонов КДС-1,8 используется для агротехнических уходов за лесными культурами, которые созданы посевом или посадкой по горизонтальным полосам на горных склонах крутизной до 12° .

Культиватор КДС-1,8 (рис. 6) содержит раму, две передние и две задние дисковые батареи, предохранительный механизм передних батарей и механизм автоматического управления углом атаки рабочих органов. Каждая передняя батарея состоит из трех сферических дисков собранных на валу и присоединенных к нижней плите. Нижняя плита шарнирно соединена с верхней плитой, которая крепится к раме культиватора с помощью стремянок. Это позволяет регулировать ширину защитной зоны. Изменение угла атаки рабочих органов обеспечивается перестановкой болтов в отверстиях плит батареи в диапазоне от 0° до 30° . Рабочие органы передних секций работают в развал, а задние – в свал.

Задние батареи состоят из четырех сферических дисков. Предохранительный механизм передних батарей уменьшает нагрузку на трактор и предотвращает поломку рабочих органов культиватора при встрече с препятствием. После преодоления препятствий рабочий орган автоматически возвращается в исходное положение. Устойчивую работу культиватора поперек склона обеспечивает механизм автоматического управления углами атаки рабочих органов [2-6].



1 – рама; 2 – цепи стабилизирующего устройства; 3 – регулировочная тяга;
4 – рычаг; 5 – передняя дисковая батарея; 6 – задняя дисковая батарея

Рисунок 6 – Культиватор дисковый для склонов КДС-1,8

Борона дисковая садовая БДН-1,3 предназначена для удаления сорной растительности в междурядьях ягодных кустарников и молодых садов. Агрегатируется с трактором Т-25А и Т-40М. Борона состоит из шарнирной параллелограмной рамы с продольными и поперечными брусьями и двух дисковых батарей, шарнирно закрепленные на раме. Каждая батарея содержит восемь сферических дисков диаметром 450 мм. При помощи гидроцилиндра, установленного в передней части рамы и действующего от гидросистемы трактора, батареи можно смещать в сторону от оси трактора на 1,5 м. Угол атаки передней батареи изменяется от 10° до 20° , задней от 18° до 30° . Ширина захвата бороны 1,3-2,9 м, глубина обработки 6-13 см, произво-

дительность за 1 час основного времени 1,37-2,4 га, масса 402 кг.

Борона дисковая навесная двухследная БДН-3 предназначена для разбивки комков предпосадочной обработки почвы, рыхления пластов и лущения стерни. Агрегатируется с трактором ДТ-75 и ДТ-75М. Состоит из передней и задней рамы и шарнирно присоединенных к ним четырех батарей, содержащих шесть сферических дисков диаметром 450 мм. Передние батареи установлены для работы вразвал, задние – в свал. Ширина захвата бороны 3 м, глубина обработки до 12 см, угол атаки дисковых батарей находится в диапазоне от 0 до 25⁰, масса 698 кг.

За рубежом для междурядной обработки почвы применяют дисковые орудия различных фирм (“Vandel”, “Huard”, “Razol”, “Jean de Bru” и др.). Обычно дисковые орудия выполняют по офсетной схеме размещения батарей, передние секции комплектуются вырезными дисками, а задние цельнокрайними. При таком размещении обеспечивается более активное воздействие дисков переднего ряда на почворастительный слой и лучшее их заглубление. Фирма “Foges de Niaux” выпускает вырезные диски с окнами, расположенными в промежутках между вырезами. Что позволяет улучшить крошение почвы при меньшем тяговом сопротивлении.

Дисковые культиваторы зарубежного производства обычно имеют 2 или 4 батареи. На них предусматривается изменение угла атаки батарей и значительно реже изменение угла наклона батарей в поперечно-вертикальной плоскости [14-23].

Анализ технических средств механизации, применяемых для междурядной обработки почвы, показывает, что нет достаточно эффективного орудия, которое удовлетворяло бы агротехническим требованиям. Наиболее приемлемыми являются дисковые культиваторы, которые обладают рядом преимуществ перед лапчатыми культиваторами.

Вывод: Большинство известных рабочих органов почвообрабатывающих орудий спроектированы путем подбора форм и параметров, обеспечивающих уход за растениями на равнинных площадях, в лесостепной зонах страны при скорости движения до 6-8 км/час. Имеются специальные рабочие органы и предохранители для использования на каменистых почвах.

Однако большую часть защитных лесонасаждений создают в зоне сухой степи и на землях гидрографической сети, где к рабочим органам и машинам предъявляются новые требования. При обработке почв следует: проводить глубокое рыхление почвы без выноса нижних слоев на поверхность при мини-

мальном перемешивании; не допускать механической эрозии, т.е. предотвращать смещение почвы рабочими органами; не образовывать открытых глубоких борозд; верхний слой должен иметь рыхлую, мелкокомковатую структуру.

При работе на повышенных скоростях (9-12 км/ч), кроме перечисленных требований, предъявляются дополнительные: отбрасывание почвы в стороны и смещение ее по следу прохода рабочего органа должны быть минимальными.

Исследования существующих рабочих органов показывают, что они не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям.

Рабочие органы культиваторов при многократной обработке почвы образуют уплотненное дно, которое препятствует поступлению дождевых вод из верхних слоев почвы в нижние. В условиях тяжелых почв, особенно орошаемого лесоразведения, они недостаточно полно уничтожают сорную растительность. На сильно заросших сорняками площадях культиваторы с лаповыми органами забиваются, и на их очистку расходуется больше половины рабочего времени. Забившиеся лапы оставляют за собой глубокие открытые борозды и высокие гребни или же совсем выталкиваются из почвы.

Лапа по своей форме является симметричным рабочим органом. В процессе работы на нее действует вес (собственный и почвы); движущая сила; сопротивление резанию, приложенное к лезвию лапы; силы трения на рабочих поверхностях; сопротивление пласта деформации и сдвигу. При работе на горизонтальном участке в относительно однородной почвенной среде и при прямолинейном движении боковые составляющие силы сопротивления, действующие на крылья лапы, уравниваются друг друга.

При поперечном наклоне обрабатываемой поверхности это равновесие нарушается. Возникают горизонтальная составляющая силы тяжести рабочего органа и орудия в целом, направленная вниз по склону, различие в величине боковых составляющих силы сопротивления (на верхнем по склону крыле больше, чем на нижнем). Под действием этих сил лапа смещается вниз по склону (на величину, при которой силы, действующие на левое и правое крыло, становятся равными, а сопротивление почвы с нижней по склону стороны уравнивает горизонтальную составляющую силы тяжести) и передвигается под углом к направлению движения.

В связи с этим культиватор при уходе за культурами, возделываемыми поперек склонов, перемещается под углом к направлению движения. В результате его рабочие органы приближаются к нижнему по склону ряду культурных

растений, увеличивая засыпание их почвой и подрезание.

Дисковые орудия в меньшей степени, чем лаповые культиваторы, приспособлены для работы поперек склонов. На склонах крутизной более 5-6⁰ они сильно сползают вниз, вследствие чего расстояние между внутренними дисками увеличивают настолько, чтобы не повреждать культурные растения. При этом затраты ручного труда на прополку в рядах и защитных зонах возрастают.

Сферические диски при увеличении скорости движения более 6 км/ч «всплывают», значительно увеличивают оборачиваемость пласта, отброс его в стороны, гребнистость дна борозды, распыление и иссушение почвы. На скоростях до 14-15 км/ч могут работать плоские диски, которые по сравнению со сферическими имеют более лучшие показатели.

Фрезерная культивация по сравнению с обычной не вызывает распыления почвы, если обработку ведут при влажности в пределах 60-85 % ППВ. В связи с этим многие исследователи рекомендуют в условиях тяжелых поливных почв применять фрезерную обработку. Однако успешное применение фрез возможно лишь при условии предварительной очистки почвы от корневищных сорняков, так как фрезерование приводит к их массовому размножению.

Проведенный анализ конструкций почвообрабатывающих машин, применяемых для ухода за культурами, показал неспособность их в полной мере отвечать агролесотехническим требованиям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Технологии и машины удаления поросли, порубочных остатков и пней на вырубках [Текст] / И. М. Бартнев, С. В. Малюков. – Воронеж : ГОУ ВПО «ВГЛТА», 2010. – 82 с. – Деп. в ВИНТИ 16.07.2010, № 454-В2010.

2 Баранов, А. И. Машины и механизмы для лесного хозяйства [Текст] : доп. М-вом высш. и сред. спец. образования РСФСР в качестве учеб. пособия для лесотехн. вузов и фак. / А. И. Баранов. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 380 с.

3 Бартнев, И. М. Особенности работы почвообрабатывающих орудий с симметрично расположенными рабочими органами на склонах [Текст] / И. М. Бартнев // Бюл. ВНИАЛМИ. – 1969. – Вып. 4. – С. 12-15.

4 Бартнев, И. М. Устойчивость дисковых орудий на поперечном склоне [Текст] / И. М. Бартнев // Механизация и электрификация горного земледелия и животноводства. – 1968. – № 2. – С. 22-23.

5 Механизация лесного хозяйства [Текст] / В. Г. Шаталов, Д. Н. Викулин, О. Г. Климов и др. – М. : Экология, 1995. – 528 с.

6 Нартов, П. С. Дисковые почвообрабатывающие орудия [Текст] / П. С. Нартов. – Воронеж : Изд-во ВГУ, 1972. – 184 с.

7 Бартенев, И. М. Борона дисковая клавишная БДК-2,5 (3,0) [Текст] / И. М. Бартенев, В. И. Вершинин, И. В. Сухов // Лесное хозяйство. – 1996. – № 6. – С. 44-45.

8 Латышева, М. А. Многозвенная навесная система трактора для агрегатирования его с лесными дисковыми орудиями [Текст] / М. А. Латышева // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 137.

9 Латышева, М. А. Исследование влияния регулировочных параметров стандартных навесных устройств тракторов на заглубляющую способность дисковых рабочих органов лесных безопорных орудий [Текст] / М. А. Латышева // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2015. – № 41. – С. 173-181.

10 Латышева, М. А. Обоснование параметров приспособления к навесным устройствам тракторов при агрегатировании их с лесными дисковыми орудиями [Текст] / М. А. Латышева // автореферат дис. ... кандидата технических наук / Воронеж. гос. лесотехн. акад. Воронеж, 2015.

11 Посметьев, В. И. Анализ эффективности навесных устройств тракторов при агрегатировании их с дисковыми орудиями [Текст] / В. И. Посметьев, М. А. Латышева // Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика. – 2015. – Т. 3. – № 2-2 (13-2). – С. 64-68.

12 Посметьев, В. И. Методика теоретического обоснования конструкции приспособления к навесному устройству трактора при его агрегатировании с лесными дисковыми орудиями [Текст] / В. И. Посметьев, В. В. Посметьев, М. А. Латышева // Воронежский научно-технический Вестник. – 2015. – Т. 4. – № 3-3 (13). – С. 11-31.

13 Зеликов, В. А. Методика моделирования механизмов навески лесных почвообрабатывающих орудий [Текст] / В. А. Зеликов, В. И. Посметьев, М. А. Латышева, В. В. Посметьев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2012. – № 84. – С. 395-405.

14 Tekeste, M. Z. Discrete element modeling of cultivator sweep-to-soil interaction : Worn and hardened edges effects on soil-tool forces and soil flow [Text] : M. Z. Tekeste, L. R. Balvanz, J. L. Hatfield, S. Ghorbani // Journal of

terramechanics. – 2019. – Т. 82. – С. 1-11. – DOI : 10.1016/j.jterra.2018.11.001.

15. Stawicki, T. Wear resistance of selected cultivator coulters reinforced with sintered-carbide plates [Text] : T. Stawicki, P. Kostencki, B. Bialobrzaska // Archives of civil and mechanical engineering. – 2018. – Т. 18. – Вып. 4. – С. 1661-1678. – DOI : 10.1016/j.acme.2018.07.00.

16 Das, D. State-Science, Hegemony and Shifting the Cultivator: Contesting the 'Anti-Modernity' Discourse on Shifting Cultivation in South Asia [Text] : D. Das // Playing with nature: history and politics of environment in north-east India. – 2018. – С. 181-208.

17 Antypas, I. R. Modeling, Studying and Manufacturing a Cultivator Rack from Composite Materials [Text] : I. R. Antypas, A. G. Dyachenko // Mordovia university bulletin. – 2018. – Т. 28. – Вып. 3. – С. 366-378. – DOI : 10.15507/0236-2910.028.201803.366-378.

18 Jensen, T. Assessing the effect of the seedbed cultivator leveling tines on soil surface properties using laser range scanners [Text] : T. Jensen, H. Karstoft, O. Green, L. J. Munkholm // Soil & tillage research. – 2017. – Т. 167. – С. 54-60. – DOI : 10.1016/j.still.2016.11.006.

19 Design and Implementation of a Semi-autonomous Mini-cultivator using Human-machine Collaboration Systems [Text] : C. L. Chang, C. J. Liew, T. C. Chen // International symposium on system integration. – 2017. – С. 423-428.

20 Ustinov, N. Experimental study of the parameters of the active tool of a cultivator with a frame in form a flexible tubular element [Text] : N. Ustinov, A. Maratkanov, A. Martynenko // International science conference spbwosce-2016 – smart city. – 2017. – Т. 106. – DOI: 10.1051/mateconf/201710608063.

21 Zhu, C. Static Analysis of the Tiny Cultivator Blade and Modal Analysis of Blade Roller Based on SolidWorks [Text] : C. Zhu, G. Yang // Information technology and mechatronics engineering conference (ITOEC). – 2017. – С. 1212-1215.

22. Skirkus, R. Estimating stresses and movement work of a soil-cultivator tip using the finite-element method [Text] : R. Skirkus, V. Jankauskas, R. Gaidys // Journal of friction and wear. – 2016. – Т. 37. – Вып. 5. – С. 489-493. – DOI : 10.3103/S1068366616050172.

23. Lati, R. N. Intrarow Weed Removal in Broccoli and Transplanted Lettuce with an Intelligent Cultivator [Text] : R. N. Lati, M. C. Siemens, J. S. Rachuy, S. A. Fennimore // Weed technology. – 2016. – Т. 30. – Вып. 3. – С. 655-663. – DOI : 10.1614/WT-D-15-00179.1.