

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ХАРВЕСТЕРНЫХ МАШИН

The analysis of designs of modern machines harvester type of domestic and foreign manufacture is carried out. The basic technical characteristics of the best world samples harvester are resulted. The cores technological, layout and design features, and also tendencies of creation and perfection given timber-harvesting machines are considered.

Введение. В последние годы в лесозаготовительной отрасли Республики Беларусь наблюдается тенденция перехода на сортиментную заготовку древесины. По данной технологии в 2008 году заготовлено более 60% лесоматериалов по всем видам рубок. В настоящее время идет процесс перехода от сортиментной технологии, базирующейся на применении бензомоторных пил и форвардеров, к применению машинных комплексов, состоящих из валочно-сучкорезно-раскряжевочных (харвестеров) и погрузочно-транспортных (форвардеров) машин. Применение таких комплексов позволяет достичь высокой производительности (100 м³ в смену на сплошных рубках и 60 м³ в смену на рубках ухода) при высоких показателях эргономичности и безопасности работ, экологической совместимости машин с природной средой. Сортиментная технология на базе комплекса машин «харвестер – форвардер» позволяет увеличить долю древесины, заготавливаемой при несплошных рубках, сократить расходы по уходу за лесом, может явиться составной частью технологического процесса, позволяющего более полно использовать все компоненты древесной биомассы.

Эффективное использование систем лесозаготовительных машин связано с правильностью выбора их параметров, которые зависят от конкретных природно-производственных условий эксплуатации и определяют показатели технологичности, надежности, эргономичности и экологичности.

Анализ конструкций харвестерных машин.

В настоящее время в Республике Беларусь, странах СНГ и дальнего зарубежья выпускается значительное количество валочно-сучкорезно-раскряжевочных машин для сортиментной заготовки древесины. Согласно классификации (рис. 2) данных лесозаготовительных машин по типу базового шасси, выделяют гусеничные, имеющие две или четыре гусеницы (рис. 1, *а*), колесные (рис. 1, *б*), с

колесной формулой 4К2, 4К4, 6К6, 8К8, шагающие и комбинированные харвестеры [1]. Последние два типа (рис. 1, *в* и *г*) являются наиболее дорогостоящими и оказывают наименьшее отрицательное воздействие на лесные экосистемы.

В соответствии с назначением и учетом технических характеристик харвестеры разделяются на три группы [2]. В первую группу входят малогабаритные валочно-сучкорезно-раскряжевочные машины с массой не более 10 т и мощностью двигателя 75–150 кВт. Ширина данных машин составляет 2,3–2,6 м. В состав технологического оборудования данных лесозаготовительных машин входят гидроманипулятор с грузовым моментом 50–150 кНм, вылет которого достигает 10 м, и харвестерная головка с возможностью валки деревьев диаметром до 55 см. К представителям первой группы относятся харвестеры Timberjack 770D, Logset 4H, Eco Log 550B, МЛХ-1221 и др. (рис. 3, 1, *б*), предназначенные для рубок ухода. Эти машины имеют небольшие габаритные размеры, колесную формулу 4К4 и обладают повышенной маневренностью.

К второй группе относятся харвестеры, масса которых находится в пределах 10,0–16,0 т, а ширина – 2,5–2,6 м. Для обеспечения выполнения технологических операций лесные машины данной группы оборудуются двигателями мощностью 120–165 кВт, гидроманипуляторами с грузовым моментом 160–190 кНм и вылетом 8–10 м, а также ЗСУ с возможностью валки деревьев диаметром до 65 см. К харвестерам второй группы относятся Ponsse Beaver, Logset 6H, Valmet 911.1, Timberjack 1070D, Rottne 5005, Caterpillar 570, МЛХ-434, Амкордор 2551 и др. Эти многооперационные машины, в зависимости от параметров установленной харвестерной головки, применяются на всех видах рубок в насаждениях с диаметром деревьев до 60 см и базируются на трехосном шасси (рис. 4).

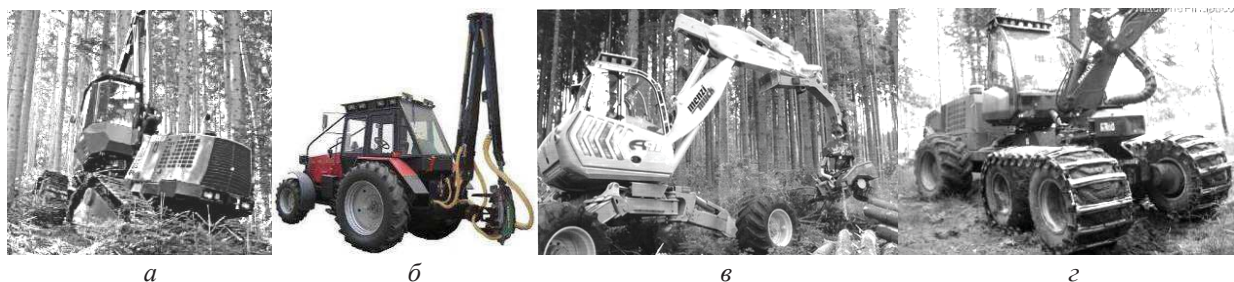


Рис. 1. Классификация харвестеров по типу базового шасси:
а – гусеничный харвестер; *б* – колесный харвестер МЛХ-1221; *в* – шагающий харвестер John Deere А 91; *г* – харвестер John Deere 1270 с комбинированным типом движителя

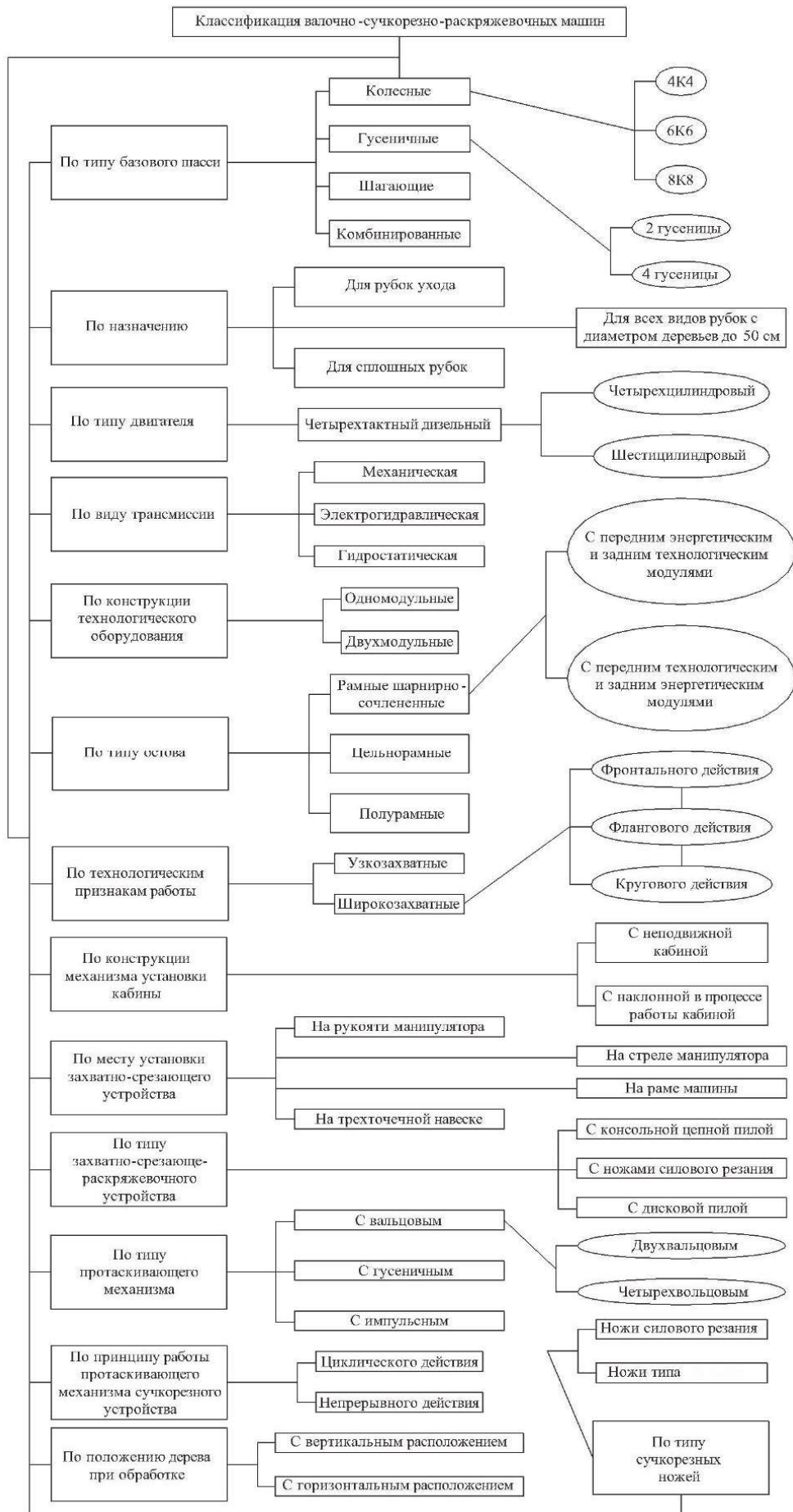


Рис. 2. Классификация валочно-сучкорезно-раскряжечных машин

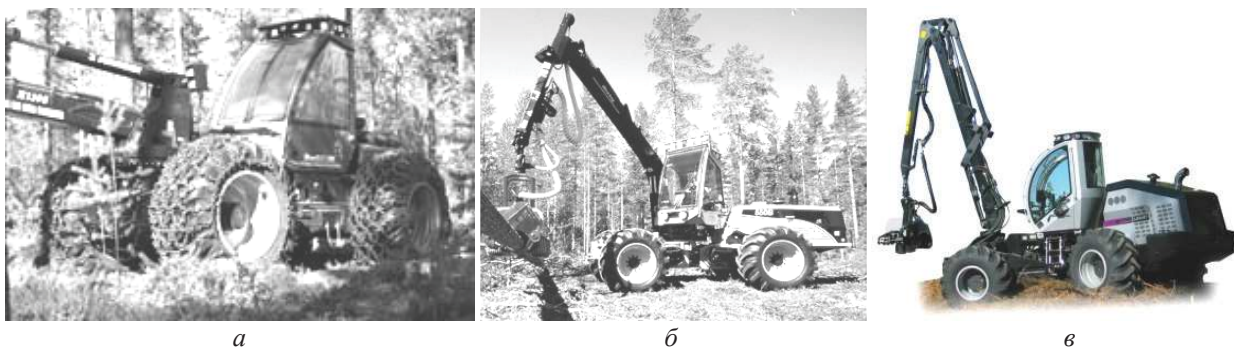


Рис. 3. Харвестеры для рубок промежуточного пользования:
а – Timberjack 770D; *б* – Eco Log 550B; *в* – Logset 4H



Рис. 4. Харвестеры для всех видов рубок МЛХ-434, Амкодор 2551, Logset 6H

Харвестеры, предназначенные для проведения сплошных рубок, относятся к третьей группе. Масса машин этой группы составляет 15,5–21 т, ширина – 2,6–3,0 м, мощность двигателя – 150–220 кВт. Устанавливаемые гидроманипуляторы имеют грузовой момент 170–220 кНм, вылет 8–10 м. Харвестерные головки позволяют производить валку деревьев диаметром до 80 см. Среди представителей третьей группы следует выделить харвестеры: Logset 10H, Rottne H-20, Ponsse Ergo, Valmet 941, Valmet 911.3, Timberjack 1470D, Silvatec 8266 TH и Caterpillar 580. Лесные машины данной группы базируются на гусеничном, трех- или четырехосном колесном шасси, при эксплуатации в тяжелых условиях применяется и комбинированный тип движителя (рис. 5).

На всех рассматриваемых харвестерах применяются четырех- и шестицилиндровые четырехтактные дизельные двигатели фирм Cummins (17,6%), Perking (17,6%), Valmet (17,6%), Caterpillar (17,6%), Mercedes-Benz (11,8%), Zetor (11,8%) и Volvo (5,9%). Из перечисленных фирм только Caterpillar и Valmet на своих машинах устанавливают двигатели собственного производства. Фирма Timberjack, в связи с входом в компанию John Deere, на последние модели лесных машин начала установку двигателей этой компании [2].

Все применяемые двигатели являются среднеоборотными (2100–2500 об/мин) и высокомоментными, с объемом цилиндров 5–8 литров. Их коэффициент загрузки по моменту равен 1,25–1,55.

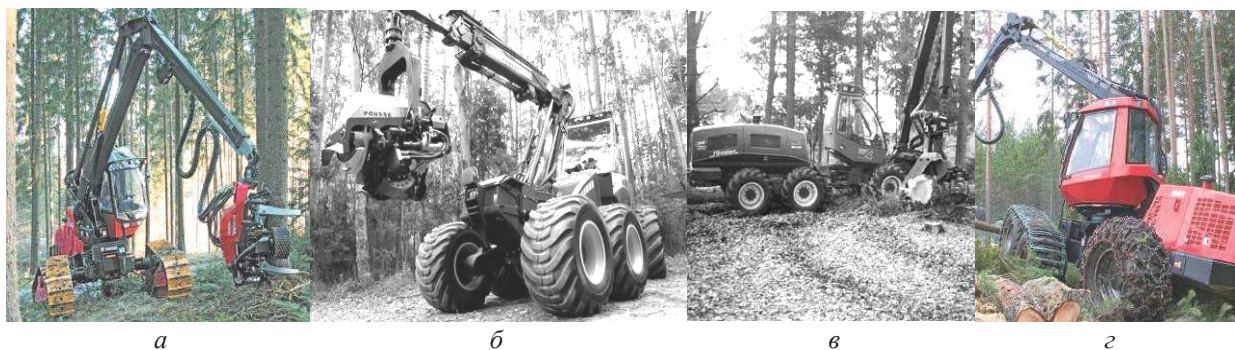


Рис. 5. Харвестеры, предназначенные для проведения сплошных рубок и последних рубок ухода:
а – харвестер на гусеничном шасси Valmet 941; *б*, *в* – трех-, четырехосные колесные шасси харвестеров Ponsse Ergo и Silvatec 8266 TH; *г* – харвестер с комбинированным типом движителя Valmet 911.3

Наибольшее значение крутящего момента развивает двигатель Sisu 84 СТА (1300 Нм при 1700 об/мин), установленный на харвестере Logset 10Н, двигатель John Deere JD6081 HTJ03 (1100 Нм при 1400 об/мин) харвестера Timberjack 1270D и двигатель Mercedes-Benz MB OM906LA (1100 Нм при 1200–1400 об/мин) харвестера Ponsse Ergo. Минимальные значения крутящего момента имеет четырехцилиндровый двигатель фирмы Martimex 8004.018 (400 Нм при 1400 об/мин), установленный на харвестере Martimex LKT 90 Н.

По типу трансмиссии выделяют харвестеры, имеющие механическую, электрогидравлическую и гидростатическую трансмиссии. Новые модели харвестеров имеют гидростатическую трансмиссию, работа которой оптимизируется бортовым компьютером. Наличие гидростата в трансмиссии позволяет двигаться по слабым лесным почвогрунтам практически без буксования колес.

В зависимости от конструкции технологического оборудования харвестеры подразделяются на одно- и двухмодульные [1, 3]. Конструктивной особенностью одномодульных (грейферных) харвестеров является комбинированный валочно-сучкорезно-раскряжевочный модуль, монтируемый на рукояти манипулятора. Такая компоновка исключает перехваты обрабатываемого дерева, обеспечивает выпилку неограниченного количества длин сортиментов и выбор места их укладки. Двухмодульные (двухприемные) харвестеры оснащаются валочным модулем, установленным на манипуляторе, и сучкорезно-раскряжевочным модулем (процессорным агрегатом), смонтированным на самоходном шасси. Главным преимуществом такой компоновки технологического оборудования является возможность работы харвестера в насаждениях с большим и средним объемом хлыста.

Современные харвестеры изготавливаются в двух вариантах шарнирно-сочлененного исполнения [2, 4].

1. С передним энергетическим и задним технологическим модулями (рис. 6). В этом случае на переднем модуле размещается двигатель и монтируется кабина оператора. На технологическом модуле размещен манипулятор с харвестерной головкой. Таким образом, скомпонованы харвестеры фирм Ponsse, Rottne, Martimex и ОАО «Амкодор».

2. С задним энергетическим модулем и передним технологическим (рис. 6). На таких машинах кабина оператора находится на технологическом модуле либо неподвижно, либо имеет возможность наклона для установки в горизонтальное положение при крене машины, кабина может располагаться вместе с манипулятором на полноповоротной платформе. Представителями фирм, изготавливающих харвестеры данной компоновки, являются John Deere, Caterpillar, Valmet, Silvatec и Logset.



Рис. 6. Харвестеры Rottne 5005 и Valmet 941.1

По технологическим признакам работы харвестеры делятся на узкозахватные (рис. 7) и широкозахватные, которые могут быть фронтального, флангового и кругового действия. Недостатком узкозахватных харвестеров является необходимость их подъезда для срезания практически к каждому дереву, что негативно влияет на лесную среду и снижает производительность машин. Наиболее перспективными являются валочно-сучкорезно-раскряжевочные широкозахватные машины кругового действия.



Рис. 7. Узкозахватный харвестер Макери 34Т

Харвестеры по принципу работы подающего (протаскивающего) механизма сучкорезного устройства могут быть циклического (применяется протаскивающий механизм импульсного типа) и непрерывного действия (применяется протаскивающий механизм вальцового или гусеничного типа). В случае применения протаскивающего механизма непрерывного действия (рис. 8, а, б, в) дерево обжимается вальцами (рис. 8, а, б) или гусеницами (рис. 8, в) и непрерывно по всей длине протаскивается относительно сомкнутых сучкорезных ножей.

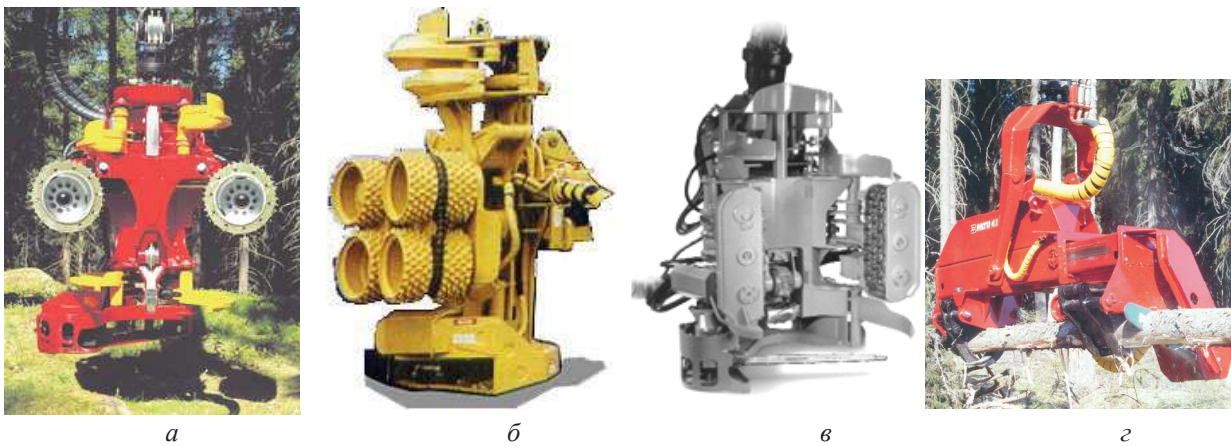


Рис. 8. Харвестерные головки с протаскивающим механизмом
а – двухвальцовым; *б* – четырехвальцовым; *в* – гусеничным; *г* – импульсным

Вальцы могут быть либо обычными стальными, либо оснащаться резиновыми демпферами крутильных колебаний. Дополнительно на корпусе установлено два неподвижных (фиксированных) вальца с высокомоментными гидравлическими моторами. Подвижные вальцы с помощью гидроцилиндров управления захватными рычагами прижимаются к дереву и удерживают его в силовом контуре харвестера при валке. Благодаря постоянному приводу четырьмя вальцами и короткой раме харвестерная головка позволяет протягивать сильно искривленные деревья с толстыми сучьями. Для протаскивающих устройств непрерывного действия характерно повреждение ствола шипами по всей его длине, особенно при обрезке толстых сучьев, что является их недостатком. С целью меньшего повреждения древесины возможно использование обрешеченных вальцов с одетыми на них металлическими цепями для увеличения протаскивающего усилия и уменьшения повреждения верхних слоев древесины.

Механизм протаскивания импульсного типа применен в головках PATU 410 SH и PATU 560 SH (рис. 8, *г*). В случае применения протаскивающего механизма данного типа действия дерево обхватывается захватными рычагами и с усилием продвигается сквозь сомкнутые на стволе сучкорезные ножи. После его протаскивания относительно ножей на определенную длину захват открывается, перемещается в открытом виде вдоль ствола в обратном направлении, вновь зажимает ствол и затем опять протаскивает его относительно ножей. Таким образом, захват (обычно с силовым гидроцилиндром или тросом) циклами протаскивает дерево относительно ножей для обрезки сучьев.

Механизм данного типа позволяет реализовать большее усилие при меньшей скорости протаскивания по сравнению с вальцовым механизмом. Очевидно, циклическая схема протаскивания ствола менее производительна, но конструктивно более проста и надежна. Она

меньше повреждает ствол, лучше подходит для обрезки сучьев в крупных лиственных насаждениях и имеет более низкую стоимость по сравнению с головками той же фирмы, оснащенными вальцовым или гусеничным механизмами протаскивания. Такие протаскивающие механизмы наиболее подходящие для легких харвестерных машин.

В настоящее время на большинстве харвестеров, находящихся в эксплуатации, установлены харвестерные головки с механизмом протаскивания непрерывного действия.

В качестве срезающего механизма широкое распространение получили цепные консольные пилы. Цепные пилы харвестерных головок работают на принципе срезания дерева за проход без подпила, т. е. полного срезания дерева в одной плоскости. Они обладают рядом преимуществ по сравнению с другими срезающими устройствами: имеют малую массу и размеры, позволяют срезать деревья практически любого диаметра, обеспечивают удобство подвода к дереву или сросшимся деревьям, имеют возможность заглубления в снег и обеспечивают качественный срез дерева. Пильная шина вынесена на специальной консольной балке, которая служит также защитным кожухом для пильного механизма и механизма надвигания. Длина шины зависит от диаметра спиливаемого дерева. Форма пильной шины прямая с уширением посередине.

Реже в качестве срезающего механизма на харвестерах применяются ножевые срезающие устройства или дисковые пилы. При этом ножевые устройства (харвестерные головки харвестеров Makeгі 33 T и Makeгі 34 T) применяются в основном для заготовки тонкомерных деревьев. Они обладают следующими преимуществами: простота конструкции, надежность в эксплуатации, безопасность работы и быстрота резания. Однако основными недостатками ножевых срезающих устройств являются их значительные размеры и масса, большое усилие резания, ограничение по диа-

метру срезаемого дерева и расслоение комлевой части древесины в зоне срезания, особенно при резании мерзлой древесины. Последний недостаток может быть устранен применением спирально-ступенчатых дисковых режущих инструментов либо срезанием ствола дерева под углом к его оси, но в таком случае конструкция срезающего устройства усложняется.

Фирма Pinox производит харвестерные головки с дисковым пильным механизмом. Наличие круглой пилы обеспечивает повышенную, по сравнению с цепными пилами, скорость резания, уменьшает возможность появления сколов на торцовых поверхностях сортиментов и уровень эксплуатационных затрат. Однако она имеет значительные габаритные размеры и устанавливается преимущественно на двухмодульных харвестерах, в процессорном агрегате для раскряжевки хлыстов.

Харвестерные головки для срезания сучьев могут быть с набором от трех до шести клиновидных ножей силового резания изогнутых по дуге для улучшения копирования профиля ствола по окружности (рис. 9), а также с шарнирным набором ножей типа «браслет». Ножи силового резания выполняются как с односторонней, так и с двухсторонней режущими кромками.

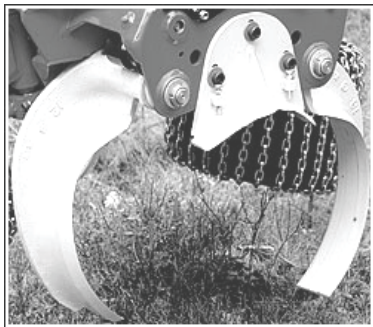


Рис. 9. Клиновидные ножи силового резания

Выводы. Проведенный анализ конструкций харвестерных машин позволил установить основные тенденции создания данных лесозаготовительных машин. Большинство современных машин харвестерного типа, независимо от назначения, являются одномодульными, имеют колесное шасси с шарнирно-сочлененными между собой полурамами, гидростатическую трансмиссию, манипуляторы параллельного типа и харвестерные головки с протаскивающими механизмами непрерывного действия и консольными цепными пилами. Перечисленные конструктивные решения, применяемые на отечественных и зарубежных валочно-сучкорезно-раскряжевочных машинах, позволяют расширить эксплуатационные, технические и технологические возможности специальных лесных машин.

Литература

1. Федоренчик, А. С. Харвестеры: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Федоренчик, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2002.
2. Зарубежные машины и оборудование для лесозаготовок и лесовосстановления: учеб. пособие для вузов по направлению 250400 (656300) Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств по специальности 250401 (260100) Лесоинженерное дело / В. Д. Валяжонков [и др.]. – М.: МГУЛ, 2006.
3. Матвейко, А. П. Технология и оборудование лесозаготовительного производства: учеб. для студентов инженерно-экономических специальностей лесного комплекса вузов / А. П. Матвейко // Минск: Техноперспектива, 2006.
4. Сютнев, В. С. Технологическое оборудование лесных машин: учеб. пособие / В. С. Сютнев. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2001.