**Проектирование лесных машин ЛП17А**

**Введение**

Системы машин для лесосечных работ

Рациональный выбор системы машин для эффективного проведения лесосечных работ зависит, прежде всего, от принятого технологического процесса, а также от финансовых возможностей предприятия.

Под системой машин понимается совокупность машин и оборудования различного функционального назначения, взаимоувязанных по техническим и технологическим параметрам и предназначенных для последовательного выполнения технологического процесса лесосечных работ. Одной из наиболее эффективных форм организации работы систем машин являются комплексы (комплекты).

Комплекс (комплект) формируется для эффективного функционирования системы машин в конкретных природно-производственных условиях и характеризуется количеством машин каждого типа, последовательностью их расстановки, а также наличием и типом технологических связей между ними.

## Классификация систем машин

В конце прошлого столетия головной институт лесной промышленности ЦНИИМЭ выделил в системе лесозаготовительных машин и оборудования четыре системы машин для лесосечных работ.

Первая включала валочно-пакетирующую машину ЛП-19, бесчокерный гусеничный трелевочный трактор ЛП-18Б (колесный трактор с пачковым захватом ЛТ-157 или МЛ-30), самоходную сучкорезную машину ЛП-33А. В дальнейшем в эту систему были включены бесчокерные тракторы — гусеничные ЛП-18Г и ЛТ-187.

Вторая система машин включала валочно-трелевочную машину ЛП-49 и самоходную сучкорезную машину ЛП-33, а для тонкомерных древостоев Северо-Запада страны, в том числе для лесосек со слабыми грунтами, разработана третья система машин в составе валочно-трелевочной машины ЛП-17А и сучкорезной машины ЛП-30Б.

Менее распространена четвертая система машин, которая использовалась в крупномерных древостоях Иркутской области (Красноярского края) в составе валочно-трелевочной машины ВМ-4А и самоходной сучкорезной машины ЛП-33А.

Для вывозки с лесосек деревьев, хлыстов, сортиментов, порубочных остатков, пневой древесины и технологической щепы в СССР был разработан специальный подвижной состав, как автомобильный, так и для УЖД. Это лесовозные автопоезда: легкого типа — на базе дизельного трехосного полноприводного автомобиля Урал-43204 (Урал-43204 + ГКБ-9851); среднего — на базе дизельного двухосного автомобиля МАЗ-5434 + ГКБ-9362; тяжелого — на базе дизельного трехосного автомобиля КрАЗ-6437 (КрАЗ-6437 + ГКБ-9362), двухкомплектный автопоезд ТМ-30 (КрАЗ-643701 и три прицепа-роспуска ГКБ-9362); автопоезд-сортиментовоз на базе автомобиля МАЗ-64228 (МАЗ-64228 + МАЗ-99864); автопоезда-щеповозы ЛТ-170 (КрАЗ-25851 + полуприцеп) и ЛТ-191 (МАЗ-54331 + полуприцеп) и другие специализированные автомобильные транспортные средства. В стадии разработки находились автопоезда ТМ-31 для вывозки деревьев в составе МАЗ-5434 и специального полуприцепа, обеспечивающего защиту кроны деревьев от загрязнения при движении по лесовозным дорогам; сверхтяжелый автопоезд на базе КрАЗ-8х8 и четырехосного прицепа-роспуска, а также трехосный лесовозный роспуск грузоподъемностью 20 т. Считалось, что применение новых автопоездов обеспечит рост производительности лесовозного автомобильного транспорта на 40-60%.

Известно, что в настоящее время в мире доминирует хлыстовая технология заготовки древесины, на долю которой приходится около 80% от общего объема заготовок, а в России более 90%. Данная группа технологических процессов включает в себя выполнение следующих технологических операций: валка — формирование пакета — трелевка — очистка деревьев от сучьев — погрузка древесины на лесовозный транспорт. Операция очистки деревьев от сучьев может выполняться как на лесосеке, так и на верхнем складе, до или после операции трелевки соответственно. На первичном транспорте древесины используются как гусеничные, так и колесные лесопромышленные трактора.

## Виды лесозаготовительных машин

Основным способом повышения экономической эффективности проведения лесосечных работ является внедрение специализированных лесозаготовительных машин, способных выполнять валку деревьев и ряд смежных технологических операций.

Все лесозаготовительные машины можно классифицировать по следующему ряду признаков:

## вид движителя:

гусеничные,

колесные,

шагающие;

## число выполняемых технологических операций:

одно- и

многооперационные;

вид выполняемых технологических операций:

валочные (ВМ),

валочно-трелевочные (ВТМ),

валочно-пакетирующие (ВПМ),

валочно-сучкорезно-раскряжевочные (ВСРМ), также называемые харвестерами,

валочно-сучкорезные,

валочно-сучкорезно-трелевочные (ВСТМ),

сучкорезно-раскряжевочные (МОСР), также называемые процессорами;

по применению в сортиментной или хлыстовой технологии заготовки:

машины для хлыстовой технологии (ВМ, ВТМ, ВПМ, МОС и пр., в результате работы которых происходит заготовка деревьев или хлыстов)

машины для сортиментной технологии (ВСРМ, МОСР и пр., в результате работы которых производится заготовка сортиментов);

по ширине обрабатываемой полосы леса:

узкозахватные (без гидроманипулятора),

широкозахватные (с гидроманипулятором);

по направлению действия технологического оборудования:

фланговые,

фронтальные,

полноповоротные.

## Что показывает опыт

Опыт эксплуатации валочных машин показал, что, с точки зрения эксплуатационной эффективности, необходимо стремиться к возможно более полной загрузке двигателя путем совмещения машиной нескольких технологических операций.

До снятия машин ВМ-4 с серийного производства на ее базе была создана первая в СССР валочно-трелевочная машина ВМ-4А, в настоящее время ВМ-4Б. У самой концепции валочно-трелевочных машин имеется серьезное преимущество, связанное с отсутствием необходимости в специальной трелевочной технике при разработке лесосек, в условиях, когда арендованный годичный лесосечный фонд состоит из небольших разрозненных лесосек. Привлечение большого количества техники на их разработку нецелесообразно в связи с большими затратами на частые перебазировки. Использование подобного типа машин позволяет существенно уменьшить затраты на заготовку леса в подобного рода лесосеках.

В связи с такого рода преимуществами отечественная машиностроительная промышленность освоила выпуск широкозахватных валочно-трелевочных машин ЛП-17 и ЛП-49, созданных соответственно на базе тракторов ТДТ-55А и ТТ-4. Как и исходные тракторы, эти машины предназначены для работы в насаждениях со средним объемом хлыста соответственно до 0,4 м3 и более 0,4 м3.

Сравнительно недавно на рынке появилась ВТМ ЛП-58, выпускаемая ООО «Машиностроительный завод «Коммунар». Вместе с тем, практика применения машин подобной компоновки показала, что если освободить ВТМ от операции по трелевке древесины и превратить ее, таким образом, в валочно-пакетирующую машину, можно не только вдвое поднять ее производительность, но и удлинить срок службы режуще-валочных аппаратов, которые, в таком случае, не будут в течение полусмены перевозиться на транспортных скоростях, а будут полностью загружены по прямому назначению. Это подтвердило мнение о целесообразности, в большинстве случаев, отделения трелевки древесины в самостоятельную операцию.

В настоящее время в РФ выпускается большой ассортимент валочно-пакетирующих машин, в том числе известная ЛП-19 и ее модификации, ЛП 60-01А и ТЛГ 3-12.

Сортиментная технология заготовки древесины имеет пока незначительный вес в мире. Производство сортиментов может осуществляться как у пня, так и на верхнем складе, с использованием на рабочих операциях (валке, обрезке сучьев и раскряжевке) как бензиномоторных пил, так и специальных машин — харвестеров и процессоров. Следует отметить, что в настоящее время на долю указанных машин приходится достаточно малый процент от общего объема заготовки, как в мире в целом, так и в России. Это связано с очень высокой стоимостью таких машин и запасных частей к ним, сложностью подбора квалифицированного персонала и малой пригодностью машин для природно-производственных условий большого числа регионов РФ. Поэтому отечественное лесное машиностроение никогда не было законодателем моды на такие машины, разрабатываемые, в основном в скандинавских странах.

На сегодняшний день отечественные производители выпускают следующие харвестеры: ЛП-19 с харвестерной головкой SP-650, МЛ-152, МЛ-72, и др., а наиболее известным отечественным процессором является ЛО-120, выпускаемая на базе сучкорезной машины ЛП-30Г. На наш взгляд, широкому распространению в РФ таких машин, при всех достоинствах сортиментной технологии, препятствуют их высокая стоимость и отсутствие квалифицированного персонала. Для крупных лесозаготовительных предприятий, имеющих свои стационарные разделочные площадки, в большинстве случаев более выгодна хлыстовая заготовка, позволяющая переносить раскряжевку на более производительное стационарное оборудование, осуществлять индивидуальный метод раскроя, повышая процент выхода деловой древесины, и более комплексно утилизовать заготовляемую фитомассу

ЛП-17А. **Общая информация**

Валочно-трелевочная машина ЛП-17А предназначена для работы на сплошных лесосечных рубках без сохранения подроста в районах с умеренным климатом.

Функциональное назначение машины — работа в режимах: валка — трелевка, валка — пакетирование.

Машина работает в лесонасаждениях со средним объемом хлыста 0,14…0,39 м3. Наиболее рациональное расстояние трелевки — до 300 м. Может быть использована для работы в равнинной и слабохолмистой местности с уклонами: летом до 20° а зимой и в сырую погоду до 14°.

Несущая способность грунтов разрабатываемых лесосек должна быть не ниже 90 кПа. Высота снежного покрова не должна превышать 1,1 м

## Конструкция машины

Шасси базового трактора оснащено специальным технологическим оборудованием — гидроманипулятором, зажимным коником и передней навесной системой с толкателем. В гидроманипулятор входят следующие узлы: опорная ферма с поворотной колонной и механизмом поворота, стрела, рукоять и гидроцилиндры.

Для выполнения специальных операций при валке и укладке в коник спиленных деревьев машина оснащается следующим дополнительным технологическим оборудованием: захватно-срезающим устройством с подвеской, которые монтируются на манипулятор вместо челюстного захвата базового трактора, пантографной системой, необходимой для выравнивания вертикальной оси подвески при изменении вылета манипулятора. В пантографную систему входят два коромысла и две пары тяг.

Над кабиной оператора смонтировано специальное защитное ограждение.

Модернизированная машина ЛП-17А отличается повышенной мощностью, более совершенной конструкцией манипулятора и кабины, а также повышенной надежностью как самого трактора, так и технологического оборудования.

Предназначена для работы на сплошных лесосечных рубках без сохранения подроста в лесонасаждениях со средним объемом хлыста более 0,4 м3. Диаметр дерева в плоскости пропила не более 65 см).

Валочно-трелевочная машина ЛП-17А - на базе трактора ТБ-1М на раме которого установлена поворотная колонна с манипулятором. На колонне расположены стрела и рукоять. На рукоять посредством подвески крепится ЗСУ. На раме трактора установлены коник и щит. Спереди трактора навешен толкатель.

Манипулятор приводится в движение при помощи поворотной колонны и гидроцилиндров стрелы и рукояти. Поворот колонны осуществляется одной зубчатой рейкой (у машины ЛП-17А двумя).

Подвеска ЗСУ осуществляет движение в горизонтальной и вертикальной плоскостях. Поворотом подвески в горизонтальной плоскости задают направление валки, а поворотом в вертикальной плоскости ориентируют ЗСУ, а следовательно, и его режущий механизм перпендикулярно дереву. Поворот подвески осуществляется рейкой, которая входит в зацепление с валом-шестерней и служит аналогично механизму поворота колонны штоками гидроцилиндра. Захватно-срезающее устройство, как и у машины ЛП-17А, предназначено для захвата, спиливания, направленной валки и удержания деревьев при укладке их в коник или на грунт в зависимости от режима валки. Все исполнительные органы для выполнения перечисленных элементов операций смонтированы в общем корпусе (раме) сварной конструкции. Зажимные рычаги приводятся в действие гидроцилиндрами.

Для защиты механизма срезания и особенно его пильной шины в нижней части рамы ЗСУ имеется ограждение.

Для направленной валки спиленных деревьев на раме приварена стойка, имеющая упор, который совместно с зажимными рычагами создает валочный момент.

## Техническая характеристика ЛП-17

**Срезающие устройства** лесозаготовительных машин предназначены для срезания стволов деревьев, а также раскряжевки хлыстов на сортименты. Наибольшее применение нашли две группы срезающих устройств: с образованием стружки при резании (цепные и дисковые пилы, фрезы); без стружкообразо-вания (ножевые срезающие устройства с плоскими и клиновыми ножами). Основные параметры срезающих устройств: рабочая длина механизма срезания, скорость резания, скорость надвигания, мощность привода, размеры, масса и др.

На рис. 2.16 приведены различные принципиальные схемы срезающих устройств.

Рис 2.16 Компоновочно-кинематические схемы срезающих устройств

В зависимости от принципа подвода мощности различают срезающие устройства с гидравлическим, механичес им и импульсным приводами (рис. 2.16, *н).* В последнем перерезание дерева осуществляется благодаря накопленной кинетической энергии ножа. В этом случае потенциальная энергия может создаваться давлением воздуха или пороховыми газами.

В настоящее время наибольшее распространение получили цепные срезающие устройства (рис. 2.16, а). Варианты б и д находятся в стадии экспериментирования. Цепное срезающееустройство состоит из пильной цепи, направляющей шины, ведущей (приводной) звездочки и механизма надвигания. Привод пильной цепи и механизма надвигания пильной шины на ствол дерева осуществляется гидромоторами и гидроцилиндрами. Изготавливаются пильные цепи с направляющими хвостовиками и седлающего типа. Пильные цепи седлающего типа позволяют снизить трудоемкость изготовления пильной шины и повысить поперечную устойчивость при пилении.

Ножевые срезающие устройства (рис. 2.16, *г, е, ж, и, к)* нашли широкое применение за рубежом (в США, Канаде). До стоинством ножевых срезающих устройств являются простота конструкции, надежность в эксплуатации, быстрота резания. Основные недостатки - значительные размеры, ограничивающие диаметр срезаемого дерева (обычно до 60 см), расслоение комлевой части древесины в зоне срезания, особенно при резании мерзлой древесины. У нас в стране в последнее время находит применение спирально-ступенчатый дисковый режущий механизм (рис. 2.16, *м),* уменьшающий расслоение древесины в зоне резания. Проводятся также исследования термо механического способа резания древесины с использованием электромагнитного поля сверхвысоких частот (СВЧ) при перерезании древесных стволов ножами бесстружечного резания (рис. 2.16, *о)* в условиях отрицательных температур. Эти исследования проводятся с целью уменьшения повреждаемости перерезаемой зоны древесины и сокращения ее потерь.

Для срезания деревьев разработаны также устройства с дисковыми, кольцевыми, коническими и цилиндрическими фрезами. На рис. 2.16, *в* показана фреза цилиндрическая, имеющая резцы, расположенные на гранях вала перед выемками. Режущая кромка резца образована путем пересечения боковой поверхности конуса с его основанием. Резцы устанавливаются на валу таким образом, что при вращении их между плоскостью фрезерования и боковой поверхностью образуется задний угол, а между режущей кромкой и плоскостью фрезерования -угол резания. Аналогичные фрезы выполняются также путем набора съемных резцов.

Фирма «Дротт» для ВПМ Дротт-40ЛС создала ЗСУ с цилиндрической фрезой для срезания деревьев диаметром до 60 см в плоскости реза. Ширина пропила после прохода фрезы составляет 6,35 см. Эта фреза, однако, сложна в эксплуатации и потребляет значительную мощность (до 100 кВт).

Дня валочных машин, работающих напроход без остановки У срезаемого дерева, в перспективе могут быть применены дисковые фрезы (рис. 2.16, *з, л).* Такие фрезы могут быть с центральным приводом (см. рис. 2.16, л) и вне центральным приводом(рис. 2.16, з).

Известны валочные машины ЭТУ-0,75, на которых установлена дисковая фреза с центральным приводом при диаметре фрезы 1,5 м, ширине пропила 0,045 м и приводной мощности около 74 кВт. Значительные работы в этом направлении прведены и в ЦНИИМЭ. Созданы опытные образцы фрезы с внецентральным приводом диаметром 1,3 м и с различными резцами шириной пропила 50 мм со скоростью надвигания до48м/с и скоростью резания до 20 м/с. Мощность на резание составляет около 100 кВт.

*Цепные срезающие устройства*

Цепные срезающие устройства получили широкое распространение. на валочных машинах, так как они обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими срезающими устройствами имеют малую массу и размеры, ими можно срезать деревья практически любого диаметра, обеспечивают удобство привода консольной пилы к дереву или сросшимся деревьям, возможность заглубления в снег, обеспечивают качественный срез дерева.

На отечественных лесозаготовительных машинах ЛП-19А, ИМ 4Л, ЛП-17, ЛП-49 (ЛП-58) применяют цепные срезающие механизмы консольной конструкции. Общая конструктивная компоновка цепных срезающих устройств этих машин в основном идентична. Имеющиеся конструктивные отличия обусловлены различными техническими характеристиками срезающих механизмов.

В последнее время и за рубежом основное внимание исследователей и машиностроителей уделяется разработке и внедрению ценных срезающих механизмов на валочных машинах с целью устранения повреждений комлевой части деревьев.

*Ножевые срезающие устройства*

С началом машинизации валки деревьев связано создание и применение ножевых срезающих устройств. Ножевые устройства, например, делятся на одноножевые и двухножевые. Нож одностороннего действия разрезает дерево, прижимая его к упору. Существуют еще два вида действия этих ножей - когда нож надвигается поступательно на дерево, прижатое к захватам, и когда ножевое полотно заводится за дерево и поддействием двух цилиндров подтягивается к основанию устройства, срезая дерево (в нерабочем положении ножевое полотно расположено вертикально). Двухножевые устройства конструктивно могут иметь общий шарнир (ножницы) и разнесенные шарниры. Большое многообразие ножевых устройств порождено формой лезвий и их кинематикой: ножи с прямыми и криволинейными режущими кромками, с зубцами, с протяжкой.

Ножевые срезающие устройства (НСУ) служат для срезания дерева с целью его повала и относятся к бесстружечным режущим органам.

Простейшим ножевым срезающим устройством является одноножевая схема с одним гидроцилиндром (рис. 2.17,А). Двухножевые срезающие устройства могут быть скомпонованы как с одним общим гидроцилиндром (рис. 2.17, *а),* так и с раздельными гидроцилиндрами (рис. 2.17, *б).*

Рис. 2.17. Схемы ножевых срезающих устройств: А — простейшая одноножевая; Б — двухножевые

В зависимости от конструкции ножей различают НСУ с прямой режущей кромкой (рис. 2.18, а), с кривой – выпуклой рис.'18, б) и кривой вогнутой (рис. 2.18, в) кромками, с зазубренной режущей кромками (рис. 2.18, г).

Рис. 2.18. Схемы режущих кромок ножей

В зависимости от принципа подвода мощности различают **НСУ** с гидравлическим приводом и НСУ с импульсным приводом(рис. 2.19), в котором перерезание дерева происходит за счет накопленной кинетической энергии при подлете ножа к дереву. В последнем случае давление в цилиндре может создаваться сжатым воздухом или пороховыми газами.

Рис. 2.19. Схема ножевого устройства с импульсным приводом

Устройства двустороннего действия - ножницы обеспечивают срезание деревьев ножевыми полотнами по типу ножниц. Ножи одностороннего действия применяют для направленной валки деревьев. Это достигается соответствующей установкой ножевого полотна или его конструктивного исполнения: оно толще, чем полотно ножниц, и имеет сходящиеся верхнюю и нижнюю грани. Двусторонние ножи используют в ВПМ. Усилие резания ножевыми полотнами меняется по мере заглубления в древесину. У ножей одностороннего действия оно возрастает при срезании 2/з диаметра дерева, а затем начинает убывать. У ножниц усилие срезания возрастает непрерывно до конца реза, пока каждое из полотен не пройдет *l/j* диаметра дерева. При увеличении толщины ножа в 2 раза усилие резания возрастает на 40...50%. На величину усилия резания влияют также диаметр дерева (особенно при использовании ножей одностороннего действия), плотность древесины, температура. С увеличением диаметра и плотности, а также при низкой температуре оно резко возрастает.

Недостатки ножевых срезающих устройств: ограничения по размеру срезаемых деревьев (максимальный диаметр их обычно не превышает 60 см в месте реза); значительные размеры в плане, что является препятствием при заглублении в снег; повреждение комлевой части срезаемых деревьев. Однако простота конструкции, надежность, простота эксплуатации, небольшая продолжительность срезания обеспечивают применение валочных машин с ножевыми срезающими устройствами.

В нашей стране ножевые срезающие устройства не нашли применения, а в США и Канаде они широко используются навалочных машинах. ВПМ Барко 775 FB, Омарк Хайдро-Экс 711, и другие оборудуются ножевыми головками дли срезания хвойных деревьев диаметром от 38 до 56 см.

## Дисковые пилы

В следствии большой скорости резания дисковые пилы позволяют реализовать большие мощности и добиться высокой производительности чистого пиления. Дисковыми пилами можно срезать деревья ограниченного диаметра, они подвержены повреждениям, поэтому должны иметь надежную защиту.Пильные диски могут использоваться для срезания деревьев малого диаметра.

Дисковые фрезы могут иметь внецентральный привод, благодаря чему ими можно срезать деревья больших диаметров. Фрезами можно реализовать большие мощности и получить высокую производительность, они имеют большую толщину, соответственно будет и большая ширина пропила. При изготовлении режущих элементов из высокопрочного сплава фрезы могут продолжительное время работать без переточек. Высокая жесткость фрез свидетельствует о возможности использования их в срезающих механизмах машин для безостановочной валки деревьев(машин непрерывного действия).Особенностью работы ЗСУ с пильными дисками является то, что в процессе срезания ствола не требуется его фиксации в захватном устройстве. Срезаемое дерево захватывается лишь в момент завершения реза. Это позволяет предотвращать сколы комлевой части дерева.

Недостатками таких ЗСУ являются: большая масса (2.5…..3т), высокая стоимость.