1990. – 176 с.

4. Premoze, S. Particle Based Simulation of Fluids [Text] / S. Premoze, T. Tasdizen, J. Bigler // Eurographics. – 2003. – Vol. 22. – № 3. – P. 103-113.

5. Monaghan, J. Smoothed Particle Hydrodynamics [Text] / J. Monaghan // Annu. Rev. Astron. Astrophys. – 1992. – Vol. 30. – P. 543-574.

6. Кривцов, А. М. Деформирование и разрушение тел с микроструктурой [Текст] / А. М. Кривцов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 304 с.

DOI: 10.12737/4528
УДК 631.3-1/-9

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ЛЕСОПОСАДОЧНЫХ МАШИН ЗА РУБЕЖОМ

доктор технических наук, профессор, заслуженный лесовод РФ, профессор кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин **И. М. Бартенев**
аспирант кафедры механизации лесного хозяйства и проектирования машин **И. В. Попов**
ФГБОУ ВПО «Воронежская государственная лесотехническая академия»
kafedramehaniza@mail.ru, ip100001@rambler.ru

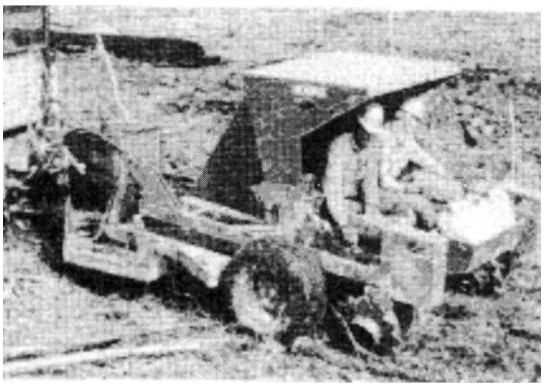
До 1965 г. все лесопосадочные машины были спроектированы по принципу непрерывной посадки и использовались для посадки саженцев с открытой корневой системой. Однако из-за труднопроходимой местности во многих регионах, характерной условиями пересеченного рельефа, с большим количеством камней и пней, возникла необходимость использования машин с прерывистой бороздой посадки. В Швеции были испытаны первые точечные посадочные машины и ямокопатели, но в то время это считалось технически сложным.

С середины 1970-х были разработаны несколько точечных посадочных машин, образующих прерывистую борозду для посадки. В отличие от лесопосадочных машин непрерывного действия, агрегаты этого типа создают отдельные углубления или небольшие борозды с определенным интервалом и автоматически помещают в них саженцы, что помогает экономить энергию и усилия на посадку. Они способны работать в более сложных условиях: на пересеченной местности или среди больших препятствий, на тяжелых почвах подверженных эрозии и территориях с большим количеством порубочных остатков.

Примером этого типа машин является Timberland Equipment Limited HODAG (рис. 1, а) – двухрядная прерывисто-бороздная лесопосадочная машина производства Канады.

Диапазон регулировки расстояния в междурядье составляет 5...6 футов (1,52... 1,82 м). Также существует однорядная модификация. Timberland HODAG предназначена для посадки саженцев лесных пород в прерывистые посадочные щели.

Машина состоит из посадочного ор-



а)

б)

Рис. 1. Лесопосадочные машины:
а) HODAG и б) Marden

гана вращательного типа с ямкоделателем, управляемым с помощью гидропривода, а также механизма подачи растений с механическим приводом от пластины, входящей в контакт с почвой, когда ямкоделатель достигает необходимой глубины.

Для осуществления работы машины необходимы два сажальщика, по одному для каждой посадочной руки. Каждый посадочный орган управляется отдельно от ножной педали. Оператор вручную загружает саженцы в нейлоновые зажимы и нажимает на педаль, включая работу посадочного органа и ямкоделателя. Когда ямкоделатель достигает необходимой глубины посадки, нажимная пластина, под воздействием выталкивающего механизма, поднимается снизу посадочного органа наверх. После того, как оператор отмечает, что рассада была извлечена, педаль отпускается, в результате чего посадочный орган и ямкоделатель возвращаются в исходное положение. Заделка посадочной щели почвой производится уплотняющими катками [1].

Еще одной прерывисто-бороздной лесопосадочной машиной является американская сажалка Marden (рис. 1, б). Машина установлена на двухколесную подвеску и может агрегатироваться с гусеничными и колесными тракторами. Она предназначена для посадочного материала как с открытой, так и с закрытой корневой системой. Посадочный механизм приводится в действие с помощью гидронасоса трактора.

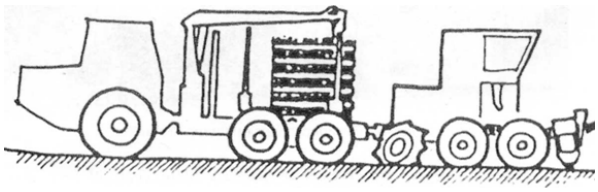
Процесс посадки начинается после того, как оператор помещает саженцы в посадочный орган и нажимает ножную педаль переключателя, которая приводит в действие электромагнитный гидравлический клапан и запускает процесс движения посадочного органа вниз. Когда машина движется вперед, полые ямкоделатели образует борозды, в которые помещаются саженцы, после чего проходят уплотняющие катки. Посадочный орган возвращается к начальному положению, когда педаль отпущена [2].

Keen Planter (рис. 2) является однорядной посадочной машиной с прерывистой щелью посадки, способной высаживать один ряд саженцы хвойных или лиственных пород с открытой корневой системой в диапазоне высот 15...90 см. Посадочная машина устанавливается на тягач с помощью 3-х точечной навески. Конструкция машины является плавающей и поэтому может быть поднята с земли гидравлическим подъемником трактора.

Рис. 2. Гусеничный трактор New Holland TK90M с лесопосадочной машиной Keen Planter

Во время посадочных работ борозды создаются гидравлическим лемехом, который устанавливается на вертикальных плунжерах, контролируемых из сажалки с помощью ножной педали. Лемех может быть заглублен до глубины 40 см в почву, чтобы образовывать соответствующую глубину посадочной траншеи для посадочного материала. Вся посадочная машина смонтирована с помощью 3-х точечной навески и может быть поднята с земли, чтобы расчистить препятствия. Опорное колесо, прикрепленное к раме сажалки, указывает необходимое расстояние между посадочными местами, включая зубцами звуковой сигнал над требуемым пространством, указывая оператору, что саженец должен быть вставлен в посадочную борозду, которая после посадки закрывается двумя уплотняющими катками. Сиденье сажальщика расположено параллельно посадочной борозде, лицом по направлению движения, что приводит к уменьшению чрезмерных усилий изгиба и, следовательно, улучшает эргономику [2].

В 1970-х годах в Швеции были разработаны первые коммерческие прототипы машин Doroplanter и MoDo Мекап (рис. 3), которые отличались тем, что решали проблемы синхронизации, позволяя непрерывно передвигаться машине, сохраняя при этом посадочные головки стационарными в момент посадки. Процесс посадки в них также осуществлялся в прерывистую посадочную щель с помощью специально разработанных посадочных головок, управляемых двумя операторами. Doroplanter является отдельной прицепной машиной, в то время как MoDo Mekan монтируется на форвардер.

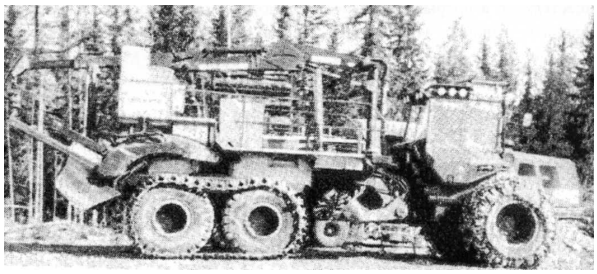


а)

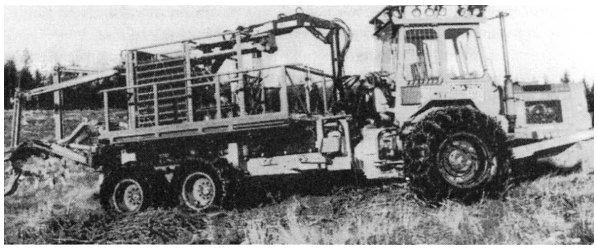
б)

Рис. 3. Лесопосадочные машины:
а) Doroplanter и б) MoDo Mekan

В конце 1970-х годов, были разработаны еще две лесопосадочные машины непрерывного действия: Serlachius и FIAB YPM 30. Агрегат Serlachius (рис. 4, а) был довольно продвинутый. Он также монтировался на форвардер, однако для его работы требовался только один оператор, который произво-



а)



б)

Рис. 4. Лесопосадочные машины:
а) Serlachius и б) FIAB YPM 30

дил посадку с помощью специально разработанной автоматической системы подачи саженцев, которая могла использоваться для нескольких типов саженцев, и обрабатывал почву в соответствии с концепцией переворота дерна. Во время одного шведского исследования, продуктивность достигла 1100 саженцев / час, но были высказаны опасения по поводу качества обработки почвы. Машина Serlachius производила посадку саженцев на нужную глубину и с хорошим уплотнением почвы над слоем перевернутого дерна, что позволяло обеспечивать качественный локальный дренаж [3].

В каком-то смысле, лесопосадочная машина FIAB YPM 30 (рис. 4, б) больше обрабатывала почву и перемещала саженцы, чем производила посадочные операции, потому что она образовывала борозду для посадки, после чего размещала в ней контейнерные саженцы. Вся система посадки была полностью автоматической и управлялась из кабины форвардера.

Однако, так как саженцы размещались прямо на земле, необходим был по крайней мере один человек, чтобы ходить за машиной и переворачивать саженцы правильной стороной вверх, регулировать их положение и т.д. Более того, эти саженцы были очень уязвимы с точки устойчивости после подобных операций [3].

Еще одним подобным агрегатом является полуавтоматическая машина Rotor (рис. 5, а), состоящая из двух катков, связанных гусеничной цепью, каждый из которых имеет цилиндр с поршнем. Когда пластина гусеницы находится в верхнем положении, поршень под тяжестью своего веса опускается, позволяя оператору ввести черенок в цилиндр. В то время как трактор тянет машину, цилиндр перемещается по окружности катка, поршень опускается вниз и вставляет черенок в почву. Интервал на ряду может меняться в зависимости от шага, блокируя определенное число поршней [4].

Лесопосадочная машина Quickwood (рис. 5, б) была специально разработана для растений лесных пород, высаживаемых в плотную почву. Агрегат монтируется сзади машины и оснащен гидравлической системой, управляемой от вала отбора мощности трактора.

Процесс посадки заключается в работе системы гидроцилиндров, опускающих поводок и поворачивающих сошник с захватом и растением из горизонтального положения в вертикальное. Поводок, опускаясь, подводит сошник к почве, который, поворачиваясь, одновременно заглубляется в почву и, при достижении им вертикального положения, захват раскрывается, освобождая растение, которое остается в

а)

б)

Рис. 5. Лесопосадочные машины:
а) Rotor; б) Quickwood

посадочном углублении. При дальнейшем движении агрегата посадочное углубление вместе с расположенными в нем корнями растения закрывается почвой заделывающими катками, выполняющими также роль опорных колес. Когда шток гидроцилиндра сошника при заглублении полностью выходит, включается гидроцилиндр поводка на выглубление. Сошник в вертикальном положении выводится из углубления и гидроцилиндром поворачивается до горизонтального положения. Далее цикл повторяется. Расстояние между черенками варьируется в зависимости от скорости трактора и частоты посадки, а производительность составляет до 800 саженцев / час [2].

Хотя эти машины были оценены и успешно работали в Швеции в течение нескольких лет, в то время еще не был принят метод посадки в перевернутый дерн, состоящий из перевернутого слоя гумуса преимущественно покрытого слоем минерального грунта. Слишком часто перевернутый дерн состоял только из нарушенного гумуса. Однако их основной принцип обработки почвы, включающий в себя создание перевернутого слоя дерна перед задними колесами машины, а затем уплотняющий его, тот же самый, что работает на более поздней Silva Nova. Исследования, проведенные с машинами данного типа выявили значительные проблемы, такие как невысокая скорость посадочного устройства, трудности с соблюдением шага посадки, а также большие затраты времени на разворот, что приводит к низкой производительности и, впоследствии, высоким трудозатратам и увеличении стоимости лесопосадочных работ в целом.

Лесопосадочная машина Reforester, работающая по принципу «инъекции» саженцев в почву (рис. 6) была разработана в Канаде в 1978 г. путем переоборудования из армейского бронетранспортера. Reforester является большой гусеничной машиной с дизельным двигателем и тремя посадочными устройствами, каждое из которых питается от двухцилиндрового воздушного компрессора, который приводится в действие от бензинового двигателя мощностью 3,2 кВт. Для работы требуется четыре человека: один водитель и три сажальщика.

Несколько связок контейнеров загружаются в магазин и автоматически пе-

Рис. 6. Лесопосадочная машина Reforester

редаются к посадочному аппарату. Процесс посадки запускается с кнопки на ручке посадочного пистолета. Машина имеет возможность высаживать три ряда саженцев одновременно. Ряды расположены на расстоянии около 8 футов (2,4 м) друг от друга. Производительность агрегата составляет до 2500 саженцев в час.

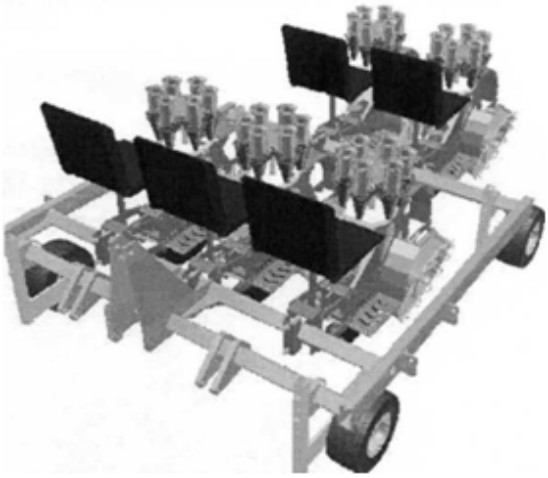
Саженцы, выращенные в жестких пластиковых контейнерах, или пулях, пригодных для силовой посадки, помещаются непосредственно в грунт. Контейнеры состоят из четырех секций, удерживаемых вместе блокирующими пирамидальными наконечниками. Они собраны в пучки по 12 саженцев. Связки контейнеров подают в разделительное устройство с помощью конвейера. Затем саженцы индивидуально подаются по пневматическим трубам к посадочному аппарату. Посадочные орудия состоят из двух труб, одна внутри другой. Внутренняя труба имеет вокруг основания большую шайбу, чтобы предотвратить ее заглубление в почву. На ней находится четыре разъема, которые соответствуют четырем подпружиненным защелкам на внешней трубе. Контейнер с саженцем поступает во внутреннюю трубку. Под воздействием пистолета пневматический цилиндр выталкивается, шайба на внутренней трубе при взаимодействии с почвой останавливает ее движение, а внешняя труба продолжает свое движение и доставляет контейнер с саженцем в грунт. Когда внешняя трубка падает на дно, давление сбрасывается, и пистолет изымается, оставляя саженец на месте [3, 5].

Преимуществами агрегата является его высокая проходимость на захламленных участках, легкость управления посадочными аппаратами, а также возможность их быстрого поднятия и опускания при встрече с препятствиями. Однако у машины существует и ряд недостатков, таких как излишнее уплотнение тяжелых типов почв, а также подверженность саженцев морозному пучению после посадки.

Полуавтоматическая лесопосадочная машина для посадки контейнерных саженцев Lannen RT–20 (рис. 7) была разработана в Финляндии как часть системы для выращивания, транспортировки и посадки саженцев в бумажных контейнерах. Одна машина может посадить более 2000 саженцев в час на ровной, хорошо подготовленной почве.

Конструкция агрегата состоит из дискового ножа, регулируемого сошника и пары шипованных колес для закрытия борозды и уплотнения почвы вокруг саженцев. Контейнерные саженцы подаются через посадочную трубу, установленную за сошником, где шипованные колеса удерживают их на месте, пока почва вокруг них уплотняется. Фрикционное колесо контролирует расстояние между саженцами. Опе-

а)



б)

Рис. 7. Лесопосадочная машина Lannen RT–20: а) общий вид; б) схема размещения пяти агрегатов на раме прицепа

ратор во время работы сидит прямо на удобном сиденье внутри кабины. Лесопосадочная машина устанавливается на трактор с помощью трехточечной системы навески или на раму прицепа, способного буксировать сразу до пяти машин. Все элементы конструкции агрегата могут регулироваться в зависимости от размера контейнера и условий посадки.

Расстояние между саженцами в рядке может регулироваться от 15 до 66 см, что в комплексе с возможностью точно контролировать глубину посадки является большим преимуществом этой машины. Однако из-за того, что посадочным материалом могут являться только контейнерные саженцы, высаживаемые на хорошо подготовленных участках и пологих склонах, у агрегата ограничена область применения [6].

В начале 1980-х годов на базе MoDo Mekan была разработана автоматическая лесопосадочная машина Silva Nova (рис. 8).

Агрегат состоит из двух дисковых траншеекопателей, предназначенных для создания перевернутого слоя дерна перед задними колесами машины, и двух автоматических посадочных аппаратов, смонтированных на гидроманипуляторах и сконструированных таким образом, чтобы постоянно сохранять вертикальное расположение.

Рис. 8. Автоматическая лесопосадочная машина Silva Nova

По данным ряда исследований производительность лесопосадочной машины составляет до 1500 саженцев / час с 60...66 % правильно высаженного посадочного материала, т.е. на нужной глубине и с правильным уплотнением после посадки. Проект Silva Nova является кульминацией работы по развитию посадочных машин непрерывного действия и длился вплоть до начала

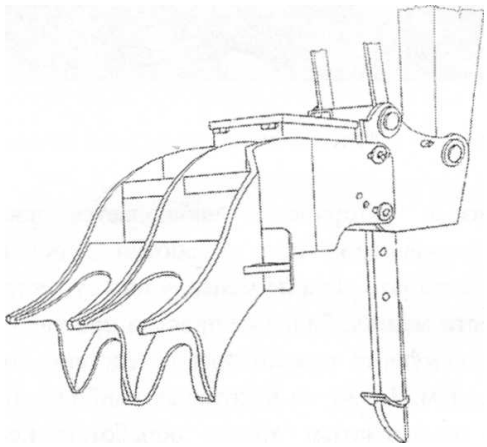
нового тысячелетия. В 1997 году использование агрегата достигло пика, когда им обрабатывалось до 12 % от общей территории лесовосстановления Швеции. Однако впоследствии его концепция была оставлена, потому что агрегат был пригоден только для использования на больших расчищенных площадях, обеспечивал более низкую выживаемость по сравнению с ручной посадкой и был относительно дорогим [3].

Таким образом, исторически наблюдается постепенный переход машин от непрерывного к прерывистому типу обработки, в основном из-за проблем, вызванных препятствиями на местности. Тем не менее, у них существует и ряд недостатков, таких как повышение стоимости машин, большие простои при работе на захламленных территориях, а также снижения комфорта сажальщика вследствие высокой вибрации или внезапной встречи с препятствием. Также на некоторых наиболее трудных для обработки площадях даже машины с прерывистым типом обработки не смогли достичь приемлемых результатов.

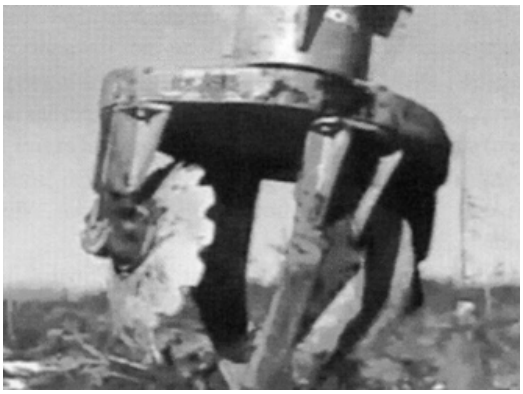
По существующим технологиям в процессе подготовки почвы для работы лесопосадочных машин линейного действия производится расчистка площадей от пней, порубочных остатков. Прокладываются минерализованные полосы и нарезаются борозды. Все это требует значительных затрат рабочего времени, материальных средств. Кроме этого применение большого числа тракторных агрегатов в основном на гусеничном ходу негативно сказывается на почвенном покрове лесных площадей. Возможно, снизить вышеперечисленные недостатки, применив на лесовосстановительных работах машины для подготовки посадочных мест. Они могут быть использованы для сгребания в кучи тяжелых порубочных остатков на вырубках с минимальными нарушениями богатого питательными веществами верхнего плодородного слоя, в качестве альтернативы сжиганию или линейному сгребанию в кучи с помощью бульдозеров. Экскаватор также можно использовать в качестве точечного образования микроповышений без удаления порубочных остатков. Другие преимущества экскаваторов в том, что они могут безопасно работать на более крутых склонах, чем бульдозеры, и меньше нарушать однородность поверхности почвы. Риск сдвига почвы при использовании экскаваторов обычно значительно меньше, чем при использовании бульдозеров. Это особенно важно на участках, где почвы очень подвержены эрозии. Тем не менее, основной недостаток точечного культивирования в том, что из-за медленной обработки почвы удельные затраты неизменно значительно выше. Несколько различных типов экскаваторов для подготовки точечных микроповышений в настоящее время доступны в Тасмании, в том числе Wilco и Ro-Tree точечные культиваторы [7].

Точечный культиватор Wilco (рис. 9, а) предназначен для создания и улучшения оптимальных посадочных мест для саженцев хвойных и лиственных пород.

Устройство монтируется на любой стандартный 20-тонный гидравлический экскаватор и состоит из двух основных компонентов: граблей, сделанных из тяжелого стального литья с возможностью регулирования угла установки и рыхлителя, также регулируемого по высоте. В нем нет



а)



б)

Рис. 9. Точечные культиваторы:
а) Wilco; б) Rotree

движущихся частей и гидравлических шлангов, а рабочий процесс осуществляется за счет движения стрелы экскаватора, производящего расчистку будущего посадочного места от порубочных остатков и валежника с одновременным рыхлением почвы. Основная область применения – тяжелые глинистые или уплотненные почвы, болотистая местность, и земли, подверженные эрозии [7].

Точечный культиватор Rotree (рис. 9, б) широко применяется на твердых, сухих и каменистых почвах. Агрегат весит 2,6 тонны и имеет дисковые рабочие органы диаметром 700 мм с рыхлительными зубьями длиной 920 мм и монтируется на стрелу гусеничного экскаватора. Он предназначен для образования микроповышений высотой 40...45 см с глубиной рыхления посадочного места около 70...75 см. Рабочий процесс осуществляется за счет заглубления рабочего органа с почву в комплексе с осуществлением вращательного движения. В агрегате может быть осуществлена корректировка угла атаки дисков, а также глубины обработки рыхлительных зубьев, что приводит к уменьшению глубины обработки. Машина может дополнительно оснащаться граблями для расчистки территории (по принципу Wilco) [8].

Еще один точечный культиватор Savannah Wombat (рис. 10) получил широкое распространение в Австралии. По конструкции и принципу работы он во многом похож на ROTREE, только взамен рыхлительных зубьев на агрегате устанавливается центральный бур с квадратным профилем, позволяющим лучшее центрировать рабочий орган, а за счет небольшого лемеха, закрепленного на буре, осуществлять более качественное рыхление почвы.

Агрегат выпускается в разных модификациях от малых, монтируемых на малые гусеничные погрузчики и весом до 100 кг до больших, устанавливаемых на стрелу экскаватора и весом более 400 кг. В зависимости от размеров рабочий орган может состоять из дисков диаметром 60...65 см, что позволяет осуществлять обработку почвы на глубину до 80 см и диаметром до 1 метра. Основным преимуществом данного типа машин является то, что обработка почвы происходит без значительных перемещений слоев почвы, а на поверхности за счет измельчения порубочных остатков

а)

б)

Рис. 10. Точечный культиватор Savannah Wombat: а) Модель 1301, установленная на самоходное шасси Dingo Digger; б) Модель 1320, на стреле 20-тонного экскаватора

образуется мульча, обладающая рядом положительных свойств.

Для того чтобы быть экономически эффективной, посадочная машина должна полностью готовить почву и сажать в одну операцию, устранять недостатки, упомянутые выше и быть широко применимой. Поэтому были разработаны новые точечные посадочные машины, которые комбинировали подготовку почвы с посадкой. Несмотря на более низкую производительность по сравнению с непрерывно движущимися машинами, они имеют ряд преимуществ, в том числе более простую конструкцию и как следствие уменьшение их себестоимости, лучшую маневренность в стесненных условиях и на тяжелых почвах, а также меньшую зону обработки, что позволяет оставлять большую часть почвенного покрова нетронутым.

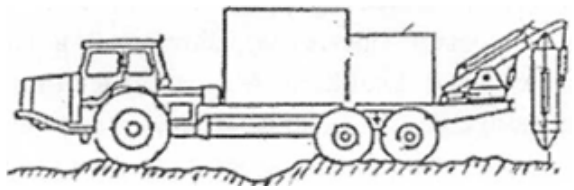
Первым прототипом этого типа машин является лесопосадочная машина HIKO (рис. 11). Она устанавливается на малый форвардер, обслуживается одним оператором и использует относительно простые и недорогие технологии. Агрегат имеет три рабочих органа для подготовки площадок, включающих в себя приводной вращающийся вокруг наконечника высаживающей трубы радиально установленный лемех, закрепленный посредством резинового демпферного устройства, и посадочный аппарат, имеющий выдвижное уплотняющее устройство для заделки корней растений и лункообразующий наконечник, который выполнен в виде шарнирно закреплённых на нижнем конце высаживающей трубы створок, открывающихся в радиальном направлении при взаимодействии с кольцевой уплотняющей плитой.

Несмотря на легкость и маневренность на малых участках, а как следствие

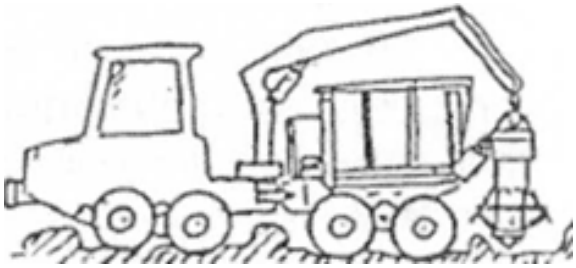
Рис. 11. Лесопосадочная машина HIKO

конкурентоспособность на вырубках с Silva Nova, концепция HIKO была заброшена в середине 1980-х годов в основном из-за низкой производительности, плохого качества обработки почвы и ограниченной гибкости в рабочего органа.

В то же время возникла острая проблема лесовосстановления на склонах и скалистой местности, где все известные посадочные агрегаты были неэффективными. Решение этого вопроса заключалось в том, чтобы добавлять вокруг саженцев дополнительную почву, перемещаемую в специальном контейнере лесопосадочной машины. В итоге были предложены две похожие конструкции: Panth's planting machine и более продвинутая Doppingen (рис. 12).



а)



б)

Рис. 12. Лесопосадочные машины:
а) Panth's и б) Doppingen

Они использовали посадочные головки, установленные на гидроманипуляторе, чтобы высаживать саженцы с использованием 2 л мелкозернистого песка на каждый. К середине 1980-х производительность достигла 150…200 саженцев / ч. Тем не менее, эта производительность была слишком низкой, а скорость посадки и выживаемость саженцев часто были крайне низкими. Добавленная почва слишком быстро высыхала и оползала со склонов, особенно если не уплотнялась правильно вокруг саженца, которые также были плохо закреплены в земле [3].

В конце 1980-х годов была разработана первая успешная точечная посадочная головка – Oje-planter, эта головка сейчас носит название Bracke P11.a, (рис. 13, а) и устанавливается на стрелу экскаватора. Агрегат включает в себя ковш для подготовки площадки, посадочную трубу с уплотняющим устройством и кассету с рассадой вместимостью до 72 саженцев (дополнительно существует возможность использовать посадочные трубки и кассеты различных диаметров).

Посадочный агрегат P11.a при помощи ковша переворачивает кусок почвы, включающий гумус и минеральные почвы, снизу вверх на нетронутую почву и формирует посадочный холм с перевёрнутым дерном, прижимает его и высаживает саженец. Также машина предусматривает различные другие варианты подготовки почвы, например, когда ковш посадочного агрегата снимает верхний слой почвы или высадки саженца производятся напрямую в минеральный грунт. Также в машине предусмотрена система датчиков, позволяющая передавать оператору различную информацию, например, о положении трубки, а также ведется подсчет высаженных саженцев, в целом и для каждого объекта и учитывается рабочее время. Управление агрегатом и функцией высадки са-

а)

б)

в)

Рис. 13. Точечные лесопосадочные машины: а) Bracke P11.a; б) EcoPlanter; в) M-Planter

женцев осуществляется из кабины оператора при помощи двух кнопок управления через систему управления и органы управления базовой машины. Глубина высадки, давление на холмик и другие переменные величины регулируются с дисплея из кабины оператора. Средняя производительность агрегата составляет 178 саженцев / час. Качество работы Bracke такое же хорошее, как и при ручной посадке на аналогичные микроповышения. Однако расходы были еще немного выше, чем для сочетания ручной посадки и отдельных механизированных машин для создания микроповышений [2, 3, 5, 9, 10, 11].

Второй успешной посадочной головкой явился разработанный в начале 1990-х EcoPlanter (рис. 13, б). Агрегат, разработанный Ecofrasen AB, устанавливался на стреле экскаватора и был оснащен двумя колесами с почвенными фрезами, которые вырезали слои почвы в месте посадки саженца. В то время этот агрегат считался единственной конкурентоспособной альтернативой ручной посадке.

До 2001 года машина модернизировалась, и уже новый производитель Valmet позже создал новую концепцию с двойными фрезами, чтобы сделать оборот дерна быстрее. На агрегате смонтирована кассета с саженцами и двумя головками посадки.

Преимуществом лесопосадочной машины является то, что оператор может выбрать оптимальной участок посадки и принимать во внимание естественную регенерацию и окружающую растительность. Устройство может высаживать два растения одновременно, с производительностью около 260 саженцев / час. Однако существенным его недостатком является невозможность уплотнения микроповышения при посадке, что приводит к снижению

процента прижившихся саженцев [3, 9].

M-Planter (рис. 13, в) является преемником лесопосадочной машины EcoPlanter. Фрезы были заменены специальными ковшами, работающими по схожему с Bracke P11.a принципу. Единая кассета для саженцев была разделена на две (отдельно для каждой посадочной головки) с общей вместимостью 162 саженца. Данная конструкция позволила высаживать до 240 саженцев / час. Машина работает более качественно в районах с небольшим количеством камней или пней [10, 12].

В результате экспериментального исследования было определено, что средняя производительность M-Planter составила на 33 % больше, чем у Bracke, а более высокая производительность привела к снижению на 23 % себестоимости посадочных работ. Тем не менее, разница между устройствами стала меньше, когда плотность камней или пней увеличилась. С другой стороны, чем больше доля площади лесовосстановления, покрытая порубочными остатками, тем больше разница между устройствами. Качество посадочных работ Bracke и M-Planter, оказалось таким же хорошим, как и сочетание отдельных точечных микроповышений и ручной посадки [10].

Когда речь идет о разработке новых машин или концепций устройств, следующим шагом в разработке новых машин или концепций устройств может стать усовершенствование метода непрерывной работы. Несмотря на новые принципы работы, автоматизация все еще мало используется для улучшения производительности механизированной посадки. Информационные и коммуникационные технологии предлагают все время новые решения, пригодные также для планирования и внедрения механизированной посадки. Кроме того, сенсорные технологии являются сегодня одной из наиболее быстро развивающихся областей технологии, могут предлагать подходящие решения для механизированной посадки, например, в плане распознавания соответствующего посадочного места при выборе места для посадки.

В последние годы в мире получило широкое распространение выращивание посадочного материала с закрытой корневой системой. Он обладает такими преимуществами над посадочным материалом с открытой корневой системой, как быстрая адаптация после посадки в открытый грунт, длительный срок посадки и хранения при разных погодных условиях; высокая приживаемость на разных видах почв, а также возможность машинной автоматизированной посадки. Поэтому еще одним важнейшим направлением развития в области механизации посадки леса является разработка и усовершенствование лесопосадочных машин, позволяющих работать с таким посадочным материалом.

Библиографический список

1. McKenzie, Dan W. Evaluatuon of the two-row Timberland Hodag tree-planting machine [Text] / D. W. McKenzie, A. Alsibrook // USDA Forest Service, Equipment Development Center, San Dimas, Calif. – 1984. – p. 11.

2. Rottensteiner, C. Mechanisierte Pflanzung von Forstballenpflanzen [Text] / C. Rottensteiner, K. Stampfer // Universitat fur Bodenkultur Wien Department fur Wald- und

Boden-wissenschaften Institut fur Forsttechnik. – Wien, 2009. – p. 77.

3. Ersson, T. Possible concepts for mechanized tree planting in Southern Sweden - an introductory essay on forest technology [Text] / T. Ersson // Sveriges lantbruksuniversitet. – Umea, 2010. – p. 54.

4. Balsari, P. Operative and economic evaluation of machines for planting cuttings [Text] / P. Balsari, G. Airoldi, G. Facciotto // APAT, Atti. – 2003. – №5. – p. 9-17.

5. Equipment for reforestation and timber stand improvment [Text] // Forest Service Equipment Development Center. – Fort Missoula, Missoula, Montana. – 1980. – p. 266.

6. Lannen RT–20 operator's manual [Text] // Lannen Tehtaat Oyj. – 2004. – p. 31.

7. Laffan, M. D. Comparison of the effects of spot and strip cultivation on the early growth of Eucalyptus nitens and Pinus radiata in Tasmania [Text] / M. D. Laffan, P. Naughton, S. Hetherington, S. Rees // Tasforests. – 2003. – № 14. – p. 137-144.

8. Hall, P. Mechanical site preparation using excavators [Text] / P. Hall // NZ journal of forestry. – 1995. – p. 31-35.

9. Luoranen, J. Machine planting of Norway spruce by Bracke and Ecoplanter: an evaluation of soil preparation, planting method and seedling performance [Text] / J. Luoranen, R. Rikala, H. Smolander // Silva Fennica. – 2011. – № 45 (3). – p. 341-357.

10. Rantala, J. A techno economic evaluation of Bracke and M-Planter tree planting devices [Text] / J. Rantala, P. Harstela, V-M. Saarinen, L. Tervo // Silva Fennica. – 2009. – № 43 (4). – p. 659-667.

11. Tervo, L. Technical Development in Forest Regeneration in Finland [Text] / L. Tervo // Baltic Forestry. – 2000. – № 1. – p. 68-73.

12. Rantala, J. Productivity of the M-Planter tree-planting device in practice [Text] / J. Rantala, T. Laine // Silva Fennica. – 2010. – № 44 (5). – p. 859-869.

DOI: 10.12737/4529
УДК 630*232.32

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ КОРНЕЙ СЕЯНЦЕВ ПРИ ПОДРЕЗКЕ И ВЫКОПКЕ

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник отдела лесовосстановления и семеноводства **В. И. Казаков**[1]
кандидат технических наук, главный специалист **И. В. Казаков**[2]
1 – ФБУ ВНИИЛМ
2 – ФБУ «Авиалесоохрана»
kazakov@vniilm.ru, inqm@yandex.ru

Одной из важных технологических операций при выращивании посадочного материала в лесных питомниках является подрезка корней сеянцев, которая проводится как при выращивании укрупненных сеянцев без перешколивания, так и при