

УДК 630.32

ИЛЬЯ РОМАНОВИЧ ШЕГЕЛЬМАН

доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесного комплекса лесотехнического факультета ПетрГУ
shegelman@onego.ru

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ СКРЫПНИК

заведующий лабораторией лесосечных работ и транспорта леса КарНИИЛПК, ПетрГУ
karniilp@onego.ru

РОМАН АЛЕКСАНДРОВИЧ ПЕТУХОВ

начальник отдела лесопромышленного комплекса Министерства лесного комплекса Республики Карелия
shegelman@onego.ru

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРТИМЕНТНОЙ ЗАГОТОВКИ ЛЕСА

В работе рассмотрена динамика роста объемов заготовки леса в сортиментах в Республике Карелия. В сопоставимых условиях определены производительность и технико-экономические показатели работы комплексов машин для заготовки леса в хлыстах и сортиментах на базе техники производства России, Белоруссии и фирм дальнего зарубежья. Для различных комплексов машин определена годовая выработка, при которой обеспечивается преимущество заготовки леса в сортиментах в сравнении с заготовкой леса в хлыстах в сопоставимых условиях.

Ключевые слова: заготовка леса в сортиментах, заготовка леса в хлыстах, комплексы машин, производительность, технико-экономические показатели

В лесопромышленном комплексе Республики Карелия производится 40 % промышленной продукции. В ЛПК работают около 40 тысяч человек, из них 13 тысяч человек – непосредственно на лесозаготовках.

В 2006 году было заготовлено 6221 тыс. м³ леса, в том числе 5349 тыс. м³ на рубках главного пользования. Уровень освоения расчетной лесосеки – 68,5 %. В сортиментах заготовлено и вывезено 4113,6 тыс. м³, или 66,2 % от общего объема заготовок.

В целом по России объемы сортиментной заготовки не превышают 9 %.

Лидирующее положение РК в заготовке леса по сортиментной технологии обусловлено тем, что на территории РК имеются значительные мощности по переработке древесины (Сегежский, Кондопожский, Питкярантский ЦБК, лесопильные комбинаты, заводы по производству ДСП и ДВП), находящиеся от мест заготовок на экономически доступном расстоянии вывозки

леса лесовозными автопоездами непосредственно потребителям. Увеличению объемов сортиментной заготовки и вывозки леса способствует и то обстоятельство, что значительный объем леса в сортиментах вывозится на экспорт автопоездами зарубежных фирм. Вывозка леса в сортиментах более эффективна, чем вывозка леса в хлыстах, так как увеличивается нагрузка на автопоезд, уменьшается среднее расстояние транспортировки, отсутствуют ограничения, налагаемые службой контроля за движением (ГИБДД), особенно на дорогах общего пользования; исключаются встречные перевозки (например, сначала на нижний склад предприятия в хлыстах, затем потребителям в сортиментах железнодорожным или автомобильным транспортом).

Анализ показал, что при сортиментной технологии заготовки леса эффект достигается в основном за счет уменьшения погрузочно-разгрузочных операций, избыточное количество которых производится на нижнем складе

[3]. Увеличению объемов сортиментной заготовки способствует и то, что в процессе приватизации и последующей неоднократной смены собственников образовалось большое количество мелких фирм, не имеющих нижних складов и поэтому работающих только по сортиментной технологии. В связи с этим за последние 12 лет (с 1994 по 2005 год) объем сортиментной лесозаготовки вырос в 21 раз.

Известны два основных технологических процесса заготовки сортиментов. В первом варианте технологического процесса непосредственно на лесосеке производится валка, обрезка сучьев и раскряжевка деревьев на сортименты, то есть сортименты получают непосредственно у пня; затем производится их трелевка в полностью погруженном положении [3].

Заготовка леса в сортиментах в первом варианте в основном производится двумя комплексами машин по следующим технологическим схемам.

1. Харвестер осуществляет валку деревьев, обрезку сучьев, раскряжевку и частичную сортировку сортиментов, форвардер используется на трелевке, сортировке и штабелевке сортиментов.
2. С помощью бензопил производится валка, обрезка сучьев и раскряжевка; форвардер используется на тех же операциях, что и в первом комплексе.
3. При небольших объемах заготовки возможно применение харвардеров – машин, выполняющих весь цикл работ по заготовке сортиментов на лесосеке, то есть валку деревьев, обрезку сучьев, раскряжевку, трелевку, сортировку и штабелевку сортиментов.

Во втором варианте технологического процесса заготовки сортиментов деревья или хлысты трелюются на погрузочную площадку, где они раскряжевываются на сортименты с последующей сортировкой и штабелевкой. При этом работа может осуществляться различными комплексами машин по следующим технологическим схемам.

4. Валка деревьев бензопилами, трелевка тракторами с манипуляторами (ТБ-1, ТБ-1М-15) или тракторами с тросочокерным оборудованием (ТДТ-55А, ТЛТ-100 и др.). После трелевки деревьев на верхнем складе с использованием процессора производится обрезка сучьев, раскряжевка и частичная сортировка и штабелевка сортиментов.
5. В мелких лесозаготовительных предприятиях, а также в сезонных бригадах, работающих по подряду, заготовка леса в сортиментах производится в основном по следующей технологии. Валка леса производится бензопилами, обрезка сучьев также бензопилами на лесосеке; тракторами с манипуляторами (ТБ-1, ТБ-1М-15) или тракторами с тросочокерным оборудованием (ТДТ-55А, ТЛТ-100) производится трелевка хлыстов к погрузочной площадке, где осуществляется раскряжевка хлыстов, частичная сорти-

ровка сортиментов и штабелевка с использованием отвала передней навесной системы трелевочных тракторов. При работе по четвертой и пятой технологическим схемам сортировка сортиментов затруднена. Поэтому окончательная сортировка производится в процессе самопогрузки автопоездов с использованием манипуляторов, что значительно увеличивает простои под погрузкой. Поэтому в этих случаях на сортировке и штабелевке сортиментов целесообразно использовать форвардеры.

Вполне применимы и следующие технологические схемы работы при заготовке сортиментов.

6. Валочно-трелевочные машины на валке – трелевке, обрезка сучьев, раскряжевка процессором на погрузочной площадке, штабелевка, сортировка форвардером на погрузочной площадке.
7. Валочно-пакетирующие машины на валке – пакетировании, трелевка деревьев тракторами с пачковыми захватами, обрезка сучьев и раскряжевка процессором, сортировка и штабелевка форвардером.

В каждой из указанных технологических схем на любой операции могут использоваться машины одного назначения, но различного класса по мощности, отличающиеся особенностями устройства технологического оборудования, типом двигателя (колесный, гусеничный) и другими параметрами.

Лесозаготовителям предлагаются машины зарубежных компаний: Logman, Sampo, Rosenlew, Gremo, Ponsse, Logset, Rottne, Kobelco, Daewoo, Volvo, Hitachi и др., причем четыре последние компании предлагают харвестеры на базе гусеничных экскаваторов. 70 % из списочного количества форвардеров в РК произведено компанией John Deere Foresty. В последние годы наиболее широко используются колесные харвестеры базового размерного класса весом от 15 до 19 тонн и мощностью двигателя 140–160 кВт, в частности, John Deere (Timberjack) 1270D, Ponsse Ergo, Valmet 911.

Харвестеры среднего класса весом от 13 до 15 тонн и мощностью двигателя около 120 кВт представлены здесь моделями Ponsse Beaver, Valmet 901, Logman 811Н.

Харвестеры малого класса весом от 7 до 13 тонн и мощностью двигателя от 80 до 120 кВт представлены моделями Sampo Rosenlew 1046 и Logman 801.

Харвестеры тяжелого класса на базе экскаваторов весом от 19 тонн и мощностью двигателя до 180 кВт представлены моделями Volvo EC210BF, Kobelco SK 135 SRL и прочими машинами для сортиментной заготовки.

В настоящее время в Республике Беларусь РУП «МТЗ» (Республиканское унитарное предприятие «Минский тракторный завод») освоило выпуск харвестеров МЛХ-434 и МЛХ-423, а ОАО «Амкадор» – харвестера «Амкадор 2551» и форвардера «Амкадор 2661» среднего класса [1].

Харвестеры среднего класса предназначены для работы в насаждениях со средним объемом хлыста от 0,25 до 0,4 м³. Харвестеры этого класса нашли наибольшее распространение в РК.

Харвестеры малого класса Sampo Rosenlew и MT3-1221 МЛХ предназначены для работы на рубках главного пользования в низкобонитетных насаждениях со средним объемом хлыста до 0,17 м³ или на рубках промежуточного пользования.

На трелевке, сортировке и штабелевке сортиментов в РК наибольшее распространение нашли форвардеры Timberjack 1010B (John Deere), Ponsse ELK, Ponsse Wisent. На нескольких предприятиях используются форвардеры ТБ-1М-16 производства ОАО «ОТЗ» на базе гусеничных тракторов с колесным полуприцепом. В двух лесозаготовительных предприятиях РК успешно эксплуатируются 4 форвардера МЛ-131 Минского тракторного завода.

Следует также отметить, что с ноября 2005 года сборку колесных харвестеров среднего класса Harvy 10H и форвардеров 10F на территории Карелии на Медвежьегорском заводе осуществляет Российская компания Harvy Foresty. Два комплекса в составе харвестера и форвардера Harvy Foresty, созданные на базе финской лесозаготовительной техники марки Pinoh, работают в Карелии с начала 2006 года.

В среднем по всем лесозаготовительным предприятиям РК, использующим на заготовке леса харвестеры и форвардеры, сменная производительность форвардера составила 62,7 м³, харвестера – 82,1 м³, годовая выработка на списочный форвардер – 21,2 тыс. м³, на харвестер – 21,3 тыс. м³. Сравнительно низкая годовая выработка этих машин обусловлена их значительным износом [1].

ОАО «ЛКХ» Кареллеспром в 2005–2006 годах приобретено значительное количество комплексов машин для сортиментной заготовки. Эти комплексы находятся в хорошем техническом состоянии, ими достигнуты высокие показатели по производительности, значительно превышающие средние по всем лесозаготовительным предприятиям.

В 2005 году средняя сменная производительность форвардера составила 61,7 м³, выработка на списочную машину – 33576 м³, за год каждой машиной отработано 542 смены. Средняя сменная выработка на харвестер – 88,3 м³, на списочную машину – 43978 м³, за год каждым харвестером отработано 477 смен.

В 2006 году средняя выработка на машиную смену форвардера составляет 73,1 м³, средне-списочным форвардером отработано 449 смен при годовой выработке 32817 м³ [1]. Сменная выработка в среднем на харвестер достигает 90,4 м³, годовая выработка – 38020 м³, в год отработано 420,3 смены. Таким образом, имеются значительные резервы повышения производительности харвестеров и форвардеров.

Производительность харвестеров и форвардеров существенно зависит от природно-производственных условий (почвенно-грунтовые и рельефные условия, средний объем хлыста, дли-

на хлыста, запас на гектар) и параметров заготавливаемых сортиментов (длина, средний объем сортимента), а форвардеров – также от расстояния транспортировки сортиментов до погрузочной площадки (верхнего склада). Кроме того, в лесозаготовительных предприятиях харвестеры и форвардеры используются в различных по времени режимах. В частности, в бригадах, работающих вахтовым методом, машины эксплуатируются в 2 смены по 12 часов. В остальных предприятиях – в 2 смены по 8 часов.

Поэтому для получения объективных показателей по производительности использовались данные на час чистого времени работы, полученные в результате хронометражных наблюдений с приведением к сопоставимым условиям эксплуатации [1].

Исследовалась работа харвестеров Logman-801, Timberjack (John Deere) 1270D, Sampo Rosenlew 1046, Harvy Foresty 10H, «Амкадор 2551» и форвардеров МЛ-131, Harvy Foresty 10Ф, Timberjack 1010B и John Deere 1110D.

В процессе хронометражных наблюдений за работой харвестера фиксировалось время переездов и расстояние до места работы и обратно, затраты времени на ремонт, наладку технологического оборудования, перерывы в работе по организационным причинам, на отдых оператора и др. [1]. Затем определялось чистое время работы в смену. Такие показатели, как средний объем хлыста, количество хлыстов по породам, сортиментов соответствующего назначения и длины, объем сортиментов и другие, определялись путем обработки информации, полученной с бортового компьютера. Это дало возможность определить сортиментную структуру заготовленного леса и производительность харвестеров на час чистого времени работы.

При проведении хронометражных наблюдений за работой форвардеров фиксировались те же составляющие затрат времени, что и при наблюдениях за работой харвестера. Кроме того, фиксировалось время на загрузку форвардера, движение с грузом, его разгрузку с сортировкой и укладкой сортиментов в штабеля, время маневрирования и движения холостым ходом, замерялся также объем трелеваемых пачек сортиментов [1].

Исследование работы харвестеров и форвардеров среднего класса проводилось в типичных условиях эксплуатации (объем хлыста 0,25–0,3 м³, расстояние трелевки – до 300 м).

Работа харвестеров Sampo Rosenlew 1046 (SR-1046) и MT3-1221 МЛХ исследовалась в лесосеках со средним объемом хлыста до 0,17 м³, харвестера Logman-801 – в насаждениях с объемом хлыста 0,23 м³. В сопоставимых условиях производительность на час чистого времени харвестеров John Deere 1270D и Harvy Foresty 10H составляет 19,2 и 18,6 м³/час, то есть отличается в пределах 3–4 % и в основном зависит от квалификации оператора. По этому показателю харвестер «Амкадор 2551» значительно уступает этим

машинам; в сопоставимых условиях его производительность составляет 12 м³/час, что на 30–35 % меньше, чем у харвестера John Deere 1270D. Это связано с недоработкой конструкции машины и недостаточным опытом ее эксплуатации.

Производительность на час чистого времени харвестера Logman-801 составляет 14,8–15,2 м³ при среднем объеме хлыста 0,233 м³, а Sampo Rosenlew 1046 – 11 м³ при объеме хлыста 0,159 м³. В сопоставимых условиях определены показатели работы форвардеров Tj-1010B, МЛ-131 и Harvy Forestry 10F.

Анализ полученных данных показывает, что скорость движения в грузовом и порожнем направлениях в нормальных условиях эксплуатации практически одинакова и составляет в порожнем – 70–72 м/мин, в грузовом – 58–65 м/мин. В тяжелых условиях эксплуатации (третья категория местности по несущей способности грунтов в период избыточного увлажнения), когда движение осуществлялось по разбитым волокам, на глубину более 60 см, заполненным жидкой грязью, и без средств повышения проходимости (цепи на передних колесах и гусеничные ленты, охватывающие попарно задние колеса), работа форвардеров невозможна, скорости движения сортиментовозов МЛ-131 и Tj-1010B были значительно ниже и составляли соответственно 29 и 34,6 м/мин, в порожнем – 41 и 40,4 м/мин [2]. Таким образом, можно сделать вывод, что проходимость и эксплуатационные скорости движения этих форвардеров практически одинаковы.

Более значительны расхождения в удельных затратах времени на набор пачки и разгрузку. Это связано с тем, что сортиментовоз МЛ-131, оснащенный механической трансмиссией, затрачивает больше времени на передвижение между стоянками, чем Tj-1010B или John Deere 1270B, имеющие гидростатическую трансмиссию. Например, удельные затраты времени на погрузку и разгрузку при работе после валки – раскряжевке бензопилами МЛ-131 составляют 3,34 и 0,86 мин/м³, у John Deere 1270B – 3,2 и 0,82 мин/м³, после валки – раскряжевке харвестером соответственно 2,2 и 0,969 мин/м³ и 1,91 и 0,891 мин/м³, то есть в первом случае отличаются на 4–5 %, во втором – на 8–13 % [2].

Удельные затраты времени на набор пачки и разгрузку у форвардеров Harvy Forestry 10F больше, чем у John Deere 1270B, на 25–30 %, что объясняется недостаточной квалификацией оператора, имевшего небольшой стаж работы на форвардере. Форвардеры МЛ-131 и МЛПТ-364, оснащенные соответственно механической и гидромеханической трансмиссией, имеют область применения, где их использование целесообразнее, чем форвардеров, имеющих гидростатическую трансмиссию.

Выбор типа трансмиссии для форвардеров диктуется условиями работы. Гидростатическая трансмиссия облегчает работу оператора форвардера и харвестера при работе непосредственно на

лесосеке, когда машины осуществляют небольшие переезды и частые стоянки. При передвижении на значительные расстояния подобная трансмиссия перегревается, возникают ее отказы и поломки. Поэтому фирмы-изготовители запрещают переезд этих машин даже без груза на расстояние более 2 км (рекомендуют перевозить с лесосеки на трейлеры), то есть ко всему прочему не реализуются такие преимущества колесных машин, как возможность их самопередвижения по лесовозным дорогам и дорогам общего пользования.

Лесосечные машины производства Минского тракторного завода оснащены механической и гидромеханической трансмиссией и поэтому не имеют указанных недостатков. Поэтому они успешно эксплуатируются на транспортировке сортиментов на значительное расстояние. Указанное подтверждается практикой проведения лесосечных работ в различных лесозаготовительных предприятиях.

Например, в ООО «Устьянский лесопромышленный комплекс» (Архангельская область) в эксплуатации находятся три трактора-сортиментовоза МЛ-131, работающих в комплексе с харвестерами Timberjack 1270D. Расстояние транспортировки сортиментов до погрузочной площадки в зимнее время – до 500–600 м, в летнее – в среднем 500–800 м, сменная производительность при этом составляет 90–100 м³. В этом же предприятии на лесосеках с низкой несущей способностью грунтов, особенно в период осенней и весенней распутицы, когда движение лесовозных автопоездов по временным автодорогам практически невозможно, форвардеры МЛ-131 транспортируют сортименты непосредственно с лесосеки или верхних складов к дорогам постоянного действия на расстояние 2–2,5 км. Эксплуатация форвардеров с гидростатической трансмиссией в таких условиях недопустима.

В ООО «Модерн» (Карелия) форвардеры МЛ-131 успешно использовались при укладке сплошного настила в основание покрытия лесовозных дорог, проходящих по заболоченным участкам местности. Кроме того, форвардеры с механической и гидромеханической трансмиссией могут успешно использоваться для сортировки и штабелевки леса на нижних складах, погрузочных терминалах и на сплавных участках лесозаготовительных предприятий.

Это связано с тем, что на небольших лесозаготовительных предприятиях, арендующих участки леса на небольшие промежутки времени, неэффективно создавать высокомеханизированные нижние склады с мощным крановым оборудованием и поточными линиями. При объемах погрузки 15–20 тыс. м³ для проведения работ по сортировке леса и погрузке его в вагоны достаточно одного форвардера.

Оценка экономической эффективности машин и комплексов машин для сортиментной заготовки производства российских фирм и фирм Республики Беларусь – РУП «МТЗ» и «Амкадор» – произведена

в сопоставлении с технико-экономическими показателями машин и комплексов машин аналогичного производства зарубежных фирм, а также при работе по базовой технологии – заготовка хлыстов на лесосеке с последующей их раскряжевкой на сортименты на нижних складах.

Для получения сопоставимых показателей при сортиментной заготовке расчеты проведены по циклу работ: валка, обрезка сучьев, раскряжевка, трелевка сортиментов на верхнем складе (погрузочной площадке), а при заготовке леса в хлыстах по циклу работ: валка деревьев, трелевка, обрезка сучьев, штабелевка хлыстов, разгрузка хлыстов на нижнем складе, раскряжевка хлыстов, сортировка сортиментов с укладкой их в карманы-накопители, штабелевка сортиментов на нижнем складе.

При анализе вариантов затраты на вывозку сортиментов приняты в среднем на 30 руб./м³ меньше, чем при вывозке в хлыстах, ввиду лучшего использования грузоподъемности автопоездов-сортиментовозов и, соответственно, их большей производительности. Кроме того, при заготовке леса в сортиментах зачастую транспортировка леса потребителю осуществляется непосредственно с лесосек, без перегрузки на нижних складах, что еще более снижает затраты на транспортировку.

В России из харвестеров, имеющих классическую компоновку, достаточно широко применяются харвестеры фирм Ponsse, Gremo, Valmet. Однако наибольшее распространение нашли харвестеры фирмы Timberjack (в настоящее время – John Deere). Поэтому анализ технико-экономических показателей харвестеров МЛХ-364 производства Минского тракторного завода проведен в сравнении с харвестером того же класса Тj-1270Д.

Из харвестеров на базе гусеничных экскаваторов и ВПМ к рассмотрению принят харвестер Volvo-EK220 производства шведской фирмы Volvo и МЛ-152 российского производства.

Форвардеры (погрузочно-транспортные машины) изготавливаются, как правило, на базе специализированных колесных шасси, которые при работе в тяжелых природно-производственных условиях (грунты с низкой несущей способностью) так же, как и харвестеры, оснащаются цепями и гусеничными лентами.

ОАО «ОТЗ» разработан и выпускается по заказам предприятий форвардер ТБ-1М-16 на базе гусеничного трактора повышенной проходимости ТЛТ-100-06, состоящий из базового трактора с манипулятором и колесного полуприцепа.

Проведенный КарНИИЛП анализ показал, что данный форвардер может успешно эксплуатироваться лишь на сплошных рубках, так как из-за расположения кабины с левой стороны по ходу движения трактора не обеспечены в достаточной мере видимость и условия погрузки сортиментов, находящихся с противоположной стороны от кабины трактора.

Для сравнительного анализа технико-экономических показателей выбраны форвардеры Тj-1010В, ТБ-1М-16, МЛ-131, МЛПТ-364.

Во втором технологическом процессе заготовки сортиментов, когда сортименты выпилены на погрузочной площадке, на трелевке, после валки бензопилами деревьев, используются тракторы с тросочокерным оборудованием, тракторы для бесчокерной трелевки с манипуляторами, а на обрезке сучьев и раскряжевке – процессоры различных конструкций. Традиционно и до настоящего времени для этих целей используются сучкорезно-раскряжевные машины (трехмодульные процессоры) ЛО-120.

Во многих предприятиях на обрезке сучьев, раскряжевке на погрузочной площадке используются одномодульные процессоры или харвестеры на экскаваторной базе, работающие в режиме процессора, например Volvo EK-220, или валочно-пакетирующих машин, например МЛ-152 [3]. Техничко-экономический анализ выполнен также для комплексов машин, в которых на трелевке используются тракторы с манипулятором ТБ-1М-15, с тросочокерным оборудованием ТЛТ-100, а также ВТМ-ЛП-17.

При использовании на валке – пакетировании ВПМ трелевка производится тракторами с пачковым захватом (скиддерами) на базе тракторов с колесным или гусеничным движителем. Из скиддеров с колесным движителем наиболее известны и широко применяются Тj-460D фирмы John Deere, ШЛК-4-01 производства ОАО «ОТЗ»; возможно применение скиддера МЛ-127С производства РУП «МТЗ» [3].

Скиддеры на базе гусеничных тракторов производятся лишь в России. Они используются в тяжелых природно-производственных условиях (грунты с низкой несущей способностью, сильнопересеченный рельеф местности). На базе гусеничных тракторов ОАО «ОТЗ» различными предприятиями изготавливаются скиддеры ТБ-1М-30, ЛТ-230.

При значительных расстояниях трелевки достаточно эффективно использовать на этой операции трелевочный трактор с манипулятором, например серийно выпускаемый ОАО «ОТЗ» трактор ТБ-1М-15. Этот трактор последовательно собирает в коник деревья из 2–4 пачек, сформированных ВПМ общим объемом 6–8 м³, тогда как тракторы с пачковым захватом трелюют в сопоставимых условиях пачки деревьев объемом 2–2,5 м³.

При трелевке этими тракторами деревьев из пачек, сформированных ВПМ, время набора вазы манипулятором уменьшается в 2,5–3 раза, за счет чего повышается производительность машины. Поэтому, несмотря на меньшую скорость движения по лесосеке в сравнении со скиддерами на колесной базе, они при значительных расстояниях трелевки по производительности превосходят скиддеры [1], [3]. Техничко-экономический анализ проведен для комплексов машин, в которых на валке – пакетировании используются валочно-пакетирующие машины ЛП-19, Тj-850, а на трелевке – Тj-460, ШЛК-4-01, ТБ-1М-30, ЛТ-230.

В случае отсутствия скиддеров и тракторов с манипулятором трелевка осуществляется тракторами с тросочокерным оборудованием. Формируется воз из 2–3 пачек. При этом каждая пачка зачокеровывается одним чокером, что существенно уменьшает затраты времени на набор воза по сравнению со временем, затрачиваемым на эту операцию после валки деревьев бензопилами. На трелевке могут использоваться тракторы ТЛТ-100, выпускаемые ОАО «ОТЗ», или МЛ-127 РУП «МТЗ». Так как после обрезки сучьев и раскряжевки деревьев на погрузочной площадке сортименты укладываются в маломерные штабеля без надлежащей сортировки, то для создания, в случае необходимости, запаса сортиментов, а также для исключения операции сортировки сортиментов при самопогрузке автопоездов сортировка и штабелевка сортиментов на погрузочной площадке осуществляются форвардерами. В рассматриваемых комплексах ма-

шин на этих операциях целесообразно использовать МЛ-131, ТБ-1М-16, Тj-1010В.

Для получения сопоставимых показателей по циклу работ валка деревьев – штабелевка отсортированных сортиментов при заготовке леса в сортиментах на лесосеке и при заготовке леса в хлыстах учитываются затраты на раскряжевку, сортировку и штабелевку.

Расчеты произведены для условий работы в одну и две смены. Во всех вариантах при расчете технико-экономических показателей при односменной работе число отработанных смен в году принято равным 220, при двухсменной работе – 440. Такое же число отработанных за год смен принято для тракторов для бесчокерной трелевки, сучкорезно-раскряжевочных машин (процессоров), валочно-пакетирующих машин и скиддеров. В таблице приведены технико-экономические показатели работы основных комплексов машин для сортиментной заготовки при работе в двухсменном режиме.

Технико-экономические показатели работы машин при заготовке леса в сортиментах при двухсменной работе

Системы машин	Выполняемые операции	Выработка в смену, м ³	Балансовая стоимость, руб.	Годовая выработка, м ³	Затраты в смену, руб.	Уд. экспл. затраты, руб./м ³	Уд. кап. вложения, руб./м ³	Уд. прив. затраты, руб./м ³	Выработка на человеко-день, м ³
Tj-1270D	вал, обр, раскр.	99,40	15400000,00	43736,00	9856,62	99,16	352,11	151,98	49,70
Tj-1010	сорт, трел, шт.	99,40	9016000,00	43736,00	7056,06	70,99	206,15	101,91	
Итого:						170,15	558,26	253,89	
БП сортименты	вал, обр, раскр.	10,00	16500,00	1966,00	899,00	89,90	8,39	91,16	8,73
МЛ-131	сорт, трел, шт.	68,60	3994500,00	30184,00	4280,00	62,39	132,34	82,24	
Итого:						152,29	140,73	173,40	
БП сортименты	вал, обр, раскр.	10,00	16500,00	1966,00	899,00	89,90	8,39	91,16	8,67
ТБ-1М-16	сорт, трел, шт.	65,00	3800000,00	28600,00	4244,00	65,30	132,86	85,23	
Итого:						155,2	141,25	176,42	
БП сортименты	вал, обр, раскр.	10,00	16500,00	1966,00	899,00	89,90	8,39	91,16	8,78
МЛПТ-364	сорт, трел, шт.	72,00	4911290,00	31680,00	5206,97	72,32	155,03	95,57	
Итого:						162,22	163,42	186,73	
БП сортименты	вал, обр, раскр.	10,00	16500,00	1966,00	899,00	89,90	8,39	91,16	8,78
Tj-1010	сорт, трел, шт.	72,00	9016000,00	31680,00	6788,59	94,29	284,60	136,98	
Итого:						184,19	292,99	228,13	
Volvo EK 220	вал, обр, раскр.	83,00	9000000,00	36520,00	7142,26	86,05	246,44	123,02	39,94
МЛ-131	сорт, трел, шт.	77,00	3994500,00	33880,00	4280,00	55,59	117,90	73,28	
Итого:						144,64	364,34	196,29	
Volvo EK 220	вал, обр, раскр.	83,00	9000000,00	36520,00	7142,26	86,05	246,44	123,02	41,50
МЛПТ-364	сорт, трел, шт.	83,00	4911290,00	36520,00	5137,02	61,89	134,48	82,06	
Итого:						147,94	380,92	205,08	
Volvo EK 220	вал, обр, раскр.	83,00	9000000,00	36520,00	7142,26	86,05	246,44	123,02	45,23
Tj-1010	сорт, трел, шт.	99,40	9016000,00	43736,00	7056,06	70,99	206,15	101,91	
Итого:						157,04	452,59	224,93	
Sampo 1046	вал, обр, раскр.	67,00	6300000,00	29480,00	5014,74	74,85	213,70	106,90	33,90
МЛ-131	сорт, трел, шт.	68,60	3994500,00	30184,00	4280,00	61,89	132,23	79,71	
Итого:						136,74	345,93	186,61	
МТЗ-1221МЛХ	вал, обр, раскр.	67,00	4566000,00	29480,00	4811,00	71,80	1545,88	95,03	33,90
МЛ-131	сорт, трел, шт.	68,60	3994500,00	30184,00	4280,00	61,89	132,23	79,71	
Итого:						133,69	287,11	174,75	

Окончание таблицы

Системы машин	Выполняемые операции	Выработка в смену, м ³	Балансовая стоимость, руб.	Годовая выработка, м ³	Затраты в смену, руб.	Уд. экспл. затраты, руб./м ³	Уд. кап. вложения, руб./м ³	Уд. прив. затраты, руб./м ³	Выработка на человекодень, м ³
МЛХ-364	вал, обр, раскр.	90,00	8500000,00	39600,00	6958,03	77,31	214,65	109,51	41,50
МЛ-131	сорт, трел, шт.	77,00	4000000,00	33880,00	4280,55	55,59	118,06	73,30	
Итого:						132,9	332,71	182,81	
Harvy Forestry X-10	вал, обр, раскр.	96,00	11900000,00	42240,00	8490,43	88,43	280,7	130,53	46,45
Harvy Forestry Ф-10	сорт, трел, шт.	94,00	7200000,00	41300,00	5904,2	62,8	174,3	88,94	
Итого:						151,23	455,0	219,47	
МЛ-152	вал, обр, раскр.	83,40	7500000,00	36696,00	6570,20	78,78	204,38	109,44	40,04
МЛ-131	сорт, трел, шт.	77,00	3994500,00	33880,00	4280,00	55,58	117,90	73,27	
Итого:						134,36	322,28	182,71	
БП деревья	вал.	60,00	16500,00	11796,00	899,00	14,98	1,40	15,38	14,43
ТЛТ-100-06	трел.	62,86	2215000,00	13828,57	3527,56	69,4	80,09	81,4	
ЛЮ-120	обр, раскр.	80,00	3822345,00	35200,00	3730,27	46,63	108,59	62,92	
МЛ-131	сорт, шт.	120,00	3994500,00	52800,00	4280,00	35,67	75,65	47,01	
Итого:						166,68	265,73	206,71	
БП деревья	вал.	60,00	16500,00	11796,00	899,00	14,98	1,40	15,38	19,62
ТБ-1МА-15	трел.	74,29	3381000,00	32687,60	3486,61	46,93	103,43	62,45	
ЛЮ-120	обр, раскр.	80,00	3822345,00	35200,00	3730,27	46,63	108,59	62,92	
МЛ-131	сорт, шт.	120,00	3994500,00	52800,00	4280,00	35,67	75,65	47,01	
Итого:						144,21	289,08	187,76	
ВТМ (ЛП-17А)	вал, трел.	68,57	4200000,00	30171,43	3714,98	54,18	139,20	75,06	28,24
ЛЮ-120	обр, раскр.	80,00	3822345,00	35200,00	3730,27	46,63	108,59	62,92	
МЛ-131	сорт, шт.	120,00	3994500,00	52800,00	4280,00	35,67	75,65	47,01	
Итого:						137,14	323,45	184,99	
Logman-801	вал, обр, раскр.	90,00	13500000,00	39600,00	9035,28	100,39	340,91	151,53	41,50
МЛ-131	сорт, трел, шт.	77,00	3994500,00	33880,00	4280,00	55,58	117,90	73,27	
Итого:						155,97	458,81	224,80	
Logman-801	вал, обр, раскр.	90,00	13500000,00	39600,00	9035,28	100,39	340,91	151,53	47,23
Тj-1010	сорт, трел, шт.	99,40	9016000,00	43736,00	7056,06	70,99	206,15	101,91	
Итого:						171,38	547,06	253,44	

На валке, а также на валке – обрезке сучьев, раскряжевке бензопилами, трелевке тракторами с тросочерным оборудованием расчеты для обоих вариантов проведены для условий работы в односменном режиме, что обусловлено требованиями техники безопасности. Во всех вариантах при анализе технологического процесса лесосечных работ с заготовкой леса в хлыстах с последующей раскряжкой хлыстов на сортименты и штабелевкой на нижнем складе принята работа нижних складов в 2 смены.

Анализ расчетных данных показывает, что при работе в односменном режиме наименьший уровень удельных эксплуатационных и приведенных затрат достигается при производстве работ по технологической схеме (валка, обрезка сучьев, раскряжка бензопилами, трелевка, сортировка и штабелевка форвардерами) при использовании на последних трех операциях форвардеров МЛ-131 или ТБ-1М-16. Эксплуатационные затраты составляют 170,5–186 руб./м³, приведенные – 211–227 руб./м³.

При двухсменной работе удельные расходы снижаются до 152,3–155,2 руб./м³, а удельные приведенные затраты – до 173–176 руб./м³. При использовании на трелевке, сортировке, штабелевке форвардера Тj-1010В затраты на эти операции при односменной работе увеличиваются в 1,7–1,9 раза, а по всему комплексу работ – в 1,5 раза. При этом эксплуатационные затраты по всему комплексу работ составляют 231,2 руб./м³, а приведенные – 317,9 руб./м³. При двухсменной работе удельные эксплуатационные и приведенные затраты значительно снижаются и составляют соответственно 184,2 и 228,1 руб./м³.

Комплексная выработка на человекодень по циклу работ в рассматриваемом комплексе машин отличается незначительно и составляет соответственно 8,73 и 8,78 м³ на человекодень.

По себестоимости заготовки и приведенным затратам приемлемыми являются технологические схемы с использованием на валке деревьев на лесосеке бензопил, на трелевке – тракторов

ТЛТ-100 с тросочерным оборудованием или тракторов с манипулятором ТБ-1М-15, раскряжевкой машинами ЛО-120 на погрузочной площадке, сортировкой и штабелевкой форвардерами ТБ-1М-16 или МЛ-131. В этих вариантах комплексная выработка – 14,4–19,6 м³ на человекодень, эксплуатационные затраты – 200–204 руб./м³, приведенные – 284–286 руб./м³. При двухсменной работе удельные эксплуатационные затраты составляют 144,2–153,4 руб./м³, а приведенные – 187,8–193,4 руб./м³. Меньшие значения этих показателей имеют комплексы, в которых на трелевке используются тракторы ТБ-15М.

В комплексах харвестер, форвардер в составе МЛХ-434, МЛ-131 или МЛ-152, МЛ-131 удельные приведенные затраты варьируются в диапазоне 295–182 руб./м³ соответственно при одно- и двухсменной работе, а выработка на человекодень по рассматриваемому циклу работ составляет 41,5 м³. При применении на заготовке сортиментов харвестеров и форвардеров зарубежного производства наибольшая производительность в комплексе машин Тj-1270 (John Deere) и Тj-1010 (49,7 м³/человекодень).

Однако удельные приведенные затраты составляют 429,8 и 254 руб./м³ соответственно при одно- и двухсменной работе. При использовании на валке, обрезке сучьев, раскряжке более дешевых харвестеров на базе экскаваторов (например, комплекс в составе Volvo ЕК 220 и Тj-1010 В) приведенные затраты составляют соответственно 367,6 и 224 руб./м³.

В комплексах машин, в которых на валке, обрезке сучьев, раскряжке используются харвестеры различных зарубежных фирм, а на трелевке, сортировке и штабелевке – форвардеры производства РУП «МТЗ», приведенные затраты снижаются и составляют в сопоставимых условиях 322 и 196 руб./м³ соответственно в одно- и двухсменном режиме работы, а выработка по рассматриваемому циклу работ составляет 41,5 м³.

Для всех указанных комплексов машин технико-экономические показатели определены для типичных условий эксплуатации (средний объем хлыста – 0,25–0,3 м³, расстояние трелевки – до 300 м, запас на 1 га – 160–170 м³). Проведенные расчеты показывают, что в насаждениях со средним объемом хлыста до 0,17 м³ наиболее эффективны харвестеры Sampo Rosenlew 1046 и МТЗ-1221 МЛХ, работающие в комплексе с МЛ-131.

Производительность по рассматриваемому циклу работ при объеме хлыста 0,159 м³ – 10 м³/час, а приведенные затраты при односменной работе – 296 и 268 руб./м³ и 187 и 175 руб./м³ – при двухсменной. Использование в таких же условиях машин среднего класса неэффективно, так как удельные эксплуатационные и приведенные затраты возрастают в 1,4–1,5 раза.

Рассчитаны технико-экономические показатели такого варианта технологического процесса заготовки сортиментов, когда после валки – пакетирования производится трелевка деревьев

или хлыстов на погрузочную площадку, где производится их раскряжка, сортировка и штабелевка. В частности, определены технико-экономические показатели комплексов машин, в которых на валке – пакетировании используются ВПМ-ЛП19 или Тj-850, на трелевке пачек деревьев – скиддеры (пачкоподборщики) ЛТ-230, ТЛК-4-01, Тj-460. Рассмотрен также вариант с использованием на валке – трелевке деревьев валочно-трелевочных машин ЛП-17А. Во всех комплексах, где на указанных операциях применяются машины российского производства, на обрезке сучьев, раскряжке предусмотрено использование машин ЛО-120, на сортировке и штабелевке – МЛ-131.

В комплексе машин, в которых на валке – пакетировании применяется Тj-850, а на трелевке – Тj-460, на обрезке сучьев – раскряжке предусмотрено использование Volvo ЕК 220, работающего в режиме процессора, а на сортировке – штабелевке – форвардера Тj-1010 В.

Следует отметить, что при данной технологии заготовки сортиментов на сортировке – штабелевке наиболее эффективно использовать форвардер (трактор-сортиментовоз) МЛ-131, допустимо применение и ТБ-1М-16. Это связано с тем, что при работе на погрузочной площадке снижается количество и расстояние переездов форвардера, поэтому практически тип трансмиссии (механическая, гидромеханическая, гидростатическая) не оказывает существенного влияния на производительность форвардера.

Анализ расчетных данных показывает, что при работе в одну смену в различных комплексах, сформированных из машин российского производства и производства РУП «МТЗ», приведенные затраты варьируются в диапазоне 262–294 руб./м³, при работе в две смены – 181–193 руб./м³; выработка на человекодень варьируется в пределах 14,4–32,94 м³. Низшее значение этого показателя – в комплексе машин, в которых на валке используются бензопилы, а на трелевке – тракторы с тросочерным оборудованием.

В комплексе на базе машин производства зарубежных фирм (Тj-850, Volvo ЕК 220, Тj-1010В) приведенные затраты составляют 400 и 243 руб./м³, а выработка на человекодень по рассматриваемому циклу работ – 44,34 м³.

Проведен анализ технико-экономических показателей технологического процесса лесосечных работ с заготовкой леса в хлыстах и последующей их раскряжкой и штабелевкой на нижних складах. Во всех расчетах режим работы нижних складов принят в две смены.

Определена производительность на человекодень и технико-экономические показатели по следующим циклам нижнескладских работ: разгрузка и растаскивание хлыстов, раскряжка хлыстов на полуавтоматической линии, сортировка лесоматериалов на транспортере вручную, штабелевка лесоматериалов кранами с помощью гибких строп. Выработка на человекодень на

нижнескладских работах составила $12,5 \text{ м}^3$, удельные эксплуатационные затраты – 87 руб./м^3 , приведенные – 120 руб./м^3 , превышение удельных приведенных затрат на вывозке леса в хлыстах в сравнении с вывозкой в сортиментах – 30 руб./м^3 . Определены технико-экономические показатели различных комплексов машин для заготовки леса в хлыстах и в целом по рассматриваемому циклу работ с учетом работ на нижнем складе.

В частности, рассчитаны технико-экономические показатели комплексов машин с использованием на валке и валке – обрезке сучьев бензопил, на трелевке – тракторов с тросочокерным оборудованием и манипулятором, на транспортировке пачек деревьев – скиддеров (пачко-подборщиков) ЛТ-230, МЛ-30, ТБ-1М-30, Тj-460, тракторов с манипулятором ТБ-1МА-15, рассмотрен также вариант использования на валке – трелевке деревьев ВТМ ЛП-17А. Во всех вариантах на обрезке сучьев и штабелевке хлыстов используются сучкорезные машины ЛП-33-01. Всего проанализирована работа 15 комплексов машин.

Производительность на человекодень по рассматриваемому циклу работ при использовании на лесосечных и нижнескладских работах машин российского производства варьируется от $6,06$ до $10,18 \text{ м}^3$. Нижний предел отмечается при использовании на валке и обрезке сучьев бензопил, на трелевке и штабелевке – ТЛТ-100-06, верхний – при валке – пакетировании ЛП-19Б, трелевке ТЛК-4-01, обрезке сучьев и штабелевке ЛП-33-01. Столь незначительный диапазон изменения производительности на человекодень по всему рассматриваемому комплексу работ при заготовке хлыстов полностью механизированным методом и с использованием бензопил и тракторов с тросочокерным оборудованием, когда производительность на валке деревьев – штабелевке хлыстов соответственно составляет $57,08$ и $12,23 \text{ м}^3/\text{человекодень}$, объясняется достаточно низкой комплексной выработкой на нижнем складе ($12 \text{ м}^3/\text{человекодень}$).

Таким образом, даже при полной механизации лесосечных работ при заготовке леса в хлыстах с последующей раскряжкой и штабелевкой на нижнем складе производительность по рассматриваемому циклу работ меньше, чем при сортиментной заготовке, в 4–6 раз.

При односменной работе приведенные затраты по рассматриваемому циклу работ при хлыстовой заготовке и использовании комплексов машин российского производства варьируются в пределах от 305 до 328 руб./м^3 , при использовании зарубежной техники на лесосечных работах – от 348 до 368 руб./м^3 . При односменной работе удельные приведенные и эксплуатационные затраты при заготовке леса по сортиментной технологии с использованием машин и комплексов машин российского производства и производства РУП «МТЗ» ниже на 35–40 %, чем при заготовке леса по традиционной технологии. В то же время при заготовке леса в сортиментах

комплексами машин зарубежного производства удельные эксплуатационные и приведенные затраты превышают те же показатели при работе по традиционной технологии на 20–25 %.

При двухсменном режиме работы приведенные затраты при заготовке леса в хлыстах с последующей их раскряжкой на нижнем складе снижаются до 252 – 269 руб./м^3 .

При сортиментной заготовке леса и работе в том же режиме комплексами машин российского производства и производства РУП «МТЗ» эксплуатационные и приведенные затраты ниже, чем при заготовке леса по традиционной технологии, на 44–47 %.

При заготовке леса в сортиментах комплексами машин зарубежного производства и при двухсменном режиме работы (отработке 440 смен в году) удельные приведенные затраты практически равны удельным приведенным затратам при традиционной технологии лесозаготовок.

Согласно проведенным расчетам, при использовании на заготовке леса в сортиментах комплексов машин зарубежного производства в составе харвестеров и форвардеров экономический эффект в сравнении с традиционным методом заготовки обеспечивается при годовой производительности 38–40 тыс. м^3 .

Проведенные исследования показали, что технологический процесс заготовки леса в сортиментах имеет значительные перспективы развития, так как при заготовке леса в сортиментах повышается комплексная выработка, снижаются трудозатраты, себестоимость заготовки. При этом работы могут осуществляться различными комплексами машин по технологическим схемам, обеспечивающим выработку сортиментов как непосредственно на лесосеке (у пня), так и на верхнем складе (погрузочной площадке).

Анализ работы лесозаготовительных машин РУП «МТЗ» показал, что лесозаготовительные комплексы для сортиментной заготовки на базе бензопил и форвардеров, а также харвестеров и форвардеров обеспечивают экономический эффект в сравнении с традиционной технологией (заготовка хлыстов на лесосеке с последующей раскряжкой хлыстов на сортименты, сортировкой и штабелевкой на нижнем складе) при достижении годовой выработки на первый комплекс машин 14 тыс. м^3 и 18 тыс. м^3 – на второй, то есть при отработке соответственно 204 и 230 смен в год, то есть даже при работе в односменном режиме.

Достаточно эффективны комплексы машин, в которых на валке и трелевке используются машины российского производства: ВПМ, ВТМ, тракторы с манипулятором, на раскряжке – ЛО-120 или процессоры зарубежного производства, на сортировке и штабелевке – форвардеры производства РУП «МТЗ», например МЛ-131 или МЛПТ-364. Применение таких комплексов машин рационально при постепенном переходе от хлыстовой технологии заготовки леса к сор-

тиментной с целью снижения уровня единовременных капитальных вложений.

Использование комплексов машин зарубежного производства в одну смену неэффективно и недопустимо, так как эксплуатационные и приведенные затраты превышают те же показатели при работе по традиционной технологии на 20–25 %.

Кроме работы на заготовке леса в сортиментах, лесозаготовительные машины РУП «МТЗ» могут успешно использоваться на транспортировке и укладке дровяной древесины при устройстве сплошного настила в основание покрытия лесовозных дорог на грунтах с низкой несущей способностью: на транспортировке сортиментов до промежуточных складов у магистральных лесовозных дорог в случаях, когда на дорогах временного действия не обеспечена проходимость автопоездов; на нижних и верхних складах для сортировки и штабелевки сортиментов.

Во всех этих случаях применение форвардеров МЛ-131 и МЛПТ-364, имеющих соответственно механическую и гидромеханическую трансмиссию, предпочтительнее, чем форвардеров зарубежного производства, которые имеют жесткие ограничения по допустимому расстоянию транспортировки, налагаемые фирмами-производителями машин из-за возможного перегрева гидростатической трансмиссии и выхода ее из строя.

Машины для сортиментной заготовки производства РУП «МТЗ» (харвестеры, форвардеры) в сравнении с машинами того же назначения зарубежных фирм имеют определенные преимущества по технико-экономическим показателям при заготовке сортиментов (меньший уровень эксплуатационных и приведенных затрат), кроме того, могут эффективно использоваться на транспортировке сортиментов на значительные расстояния, на строительстве лесовозных дорог и др.

Однако в среднем харвестеры и форвардеры производства РУП «МТЗ» отрабатывают меньшее число смен в год в сравнении с зарубежными

аналогами и, соответственно, уступают по такому показателю, как годовая выработка на комплексе машин по рассматриваемому циклу работ.

Анализ данных, полученных в результате исследования работы харвестеров легкого класса (Sampo Rosenlew 1046) в производственных условиях, показал, что при заготовке в низкобонитетных насаждениях с объемом хлыста до 0,17 м³ применение этих машин обеспечивает значительный экономический эффект в сравнении с использованием в этих условиях харвестеров среднего класса (удельные эксплуатационные и приведенные затраты ниже на 33–35 %).

Предварительные расчеты показывают, что при равной производительности в сопоставимых условиях удельные приведенные затраты по циклу работ: валка, обрезка сучьев, раскряжевка при использовании на этих работах харвестера производства РУП «Минский тракторный завод» МТЗ-1221 МЛХ на 9 и 10 % ниже соответственно при односменном и двухсменном режиме.

Масштабы применения машин для сортиментной заготовки леса производства РУП «МТЗ» в Карелии и в целом в России в сравнении с применением машин производства фирм дальнего зарубежья недостаточно велики. Это связано с тем, что РУП «МТЗ», в отличие от наиболее известных зарубежных фирм, недостаточное внимание обращает на рекламу, создание комплекса сервисных услуг, оперативное обеспечение предприятий запасными частями. Не созданы центры обучения операторов и обслуживающего персонала, отсутствуют необходимые учебные пособия.

Для более успешного продвижения своей продукции на рынок РУП «МТЗ» необходимо в основных лесозаготовительных районах выбрать базовые предприятия для внедрения в производство лесозаготовительных машин производства РУП «МТЗ» с созданием при них сервисных центров, обеспечить рекламу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И. Исследование, анализ и обоснование технико-экономических показателей комплексов машин Минского тракторного завода и технологии работы при проведении лесосечных работ. Научный отчет КарНИИЛПК № 02-06-138, 2007. 167 с.
2. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Галактионов О. Н. Белорусский форвардер на лесосеке // Деловой лес. 2004. № 11. С. 59–62.
3. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Галактионов О. Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: Профи-Информ, 2005. 326 с.