

DOI: 10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.11  
УДК 630.22

# Развитие технологий и машин при рубках ухода за лесом в Финляндии и Швеции

**Б. М. Большаков**

Эксперт Совета Федерации, доктор технических наук, [vniilm.bolshakov@mail.ru](mailto:vniilm.bolshakov@mail.ru)

**М. И. Андрюшин**

ОАО «ЦНИИМЭ», научный сотрудник, кандидат технических наук, [m-andr2009@yandex.ru](mailto:m-andr2009@yandex.ru)

**Е. В. Дороничева**

Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства, ведущий инженер, Пушкино, Московская обл., Российская Федерация, [doronicheva@vniilm.ru](mailto:doronicheva@vniilm.ru)

На примере Финляндии и Швеции проанализирована эволюция технологий и техники, предназначенной для рубок ухода за лесом. Приведен результат сравнительного анализа производительности харвестеров среднего и малого классов на рубках ухода. Сделан вывод о высоких затратах на ранних стадиях рубок ухода. Отмечена необходимость технического и технологического перевооружения лесного хозяйства России.

**Ключевые слова:** рубки ухода, коммерческие рубки ухода, предкоммерческие рубки, древесное топливо, топливная щепка, мотокусторезы, рубительная машина, автощеповоз, харвестер, форвардер, модульное рабочее оборудование, многооперационные машины, валка деревьев.

Для ссылок: <http://dx.doi.org/10.24419/LHI.2304-3083.2019.2.11>

Большаков, Б. М. Развитие технологий и машин при рубках ухода за лесом в Финляндии и Швеции [Электронный ресурс] / Б. М. Большаков, М. И. Андрюшин, Е. В. Дороничева // Лесохоз. информ. : электрон. сетевой журн. – 2019. – № 2. – С. 111–128. URL: <http://lhi.vniilm.ru/>

## Введение

В решении проблем лесного хозяйства России важную роль играет внедрение современных технологий и механизация производственных процессов, обеспечивающих необходимое качество работ, снижение трудоемкости и повышение экономической эффективности лесохозяйственной деятельности, особенно при проведении рубок ухода за лесом. В настоящее время в лесном хозяйстве страны применяются устаревшие технически и морально машины и оборудование, парк которых не обновлялся более 20 лет. Это снижает результативность мероприятий по воспроизводству высокоценных лесов.

Техническое и технологическое перевооружение лесного хозяйства является необходимым условием выполнения задач, поставленных государственной программой Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы. Разработка новых технологий и средств механизации сможет обеспечить повышение результативности лесокультурных работ в 1,3–1,4 раза по сравнению с существующим уровнем, прежде всего за счет повышения объемов и качества рубок ухода за лесами.

Разработка нового технологического подхода к процессу лесозаготовительных работ в Скандинавских странах и странах североамериканского континента в конце XX в. была обусловлена сокращением доступных лесных площадей и удорожанием источников энергии. Одним из решений этих проблем стало применение комплекса модульных лесных машин для лесозаготовительных и лесохозяйственных работ.

В Российской Федерации ведение лесного хозяйства связано с освоением больших лесных площадей и требует применения значительных человеческих и технических ресурсов. Однако в последнее время при снижении уровня механизации лесохозяйственных работ и производства лесных машин и орудий сократилась и численность работников лесного хозяйства. Это заставило обратить внимание отечественных лесозаготовителей на скандинавские и североамериканские

комплексы модульных лесных машин для лесохозяйственных работ.

В настоящей статье проанализирован опыт применения технологий и машин, предназначенных для рубок ухода за лесом в Финляндии и Швеции. В этих странах (как и в других европейских странах) значительную долю общего объема заготовленной древесины получают от рубок ухода. Коммерческим рубкам ухода предшествуют предкоммерческие (предпродажные), в это время насаждение еще не представляет коммерческой ценности в силу небольшого размера деревьев. Предкоммерческие рубки ухода проводят, когда деревья достигают 10–20-летнего возраста. Первую коммерческую рубку ухода проводят в возрасте 25–40 лет, вторую – в 40–55 лет и третью – в 55–70 лет. Окончательная (финальная) рубка осуществляется в 70–120-летних насаждениях (табл. 1) [1].

Распределение по видам рубок в общем объеме лесозаготовок и затраты на заготовку древесины в Финляндии приведены в табл. 2.

На рубки ухода приходится около 40% общего объема рубок леса. При этом затраты на заготовку 1 м<sup>3</sup> древесины при прореживаниях и проходных рубках выше, чем при возобновительных (финальных) рубках соответственно в 2,1 и в 1,7 раза.

Лесные насаждения, в которых проводят предкоммерческие и первые коммерческие прореживания, относят к молодым. При рубках ухода в этих насаждениях вырубает тонкомерные неkomмерческие деревья, которые рассматривают как потенциальное древесное сырье для переработки в топливную щепу. В Финляндии годовой потенциал древесной щепы тонкомерных деревьев, вырубаемых при предкоммерческом прореживании, оценивается в 0,5 млн сух. т.

При первых коммерческих рубках ухода (в насаждениях 25–40 лет) при переработке на щепу неkomмерческих тонкомерных деревьев может быть получено около 2,1 млн сух. т в год, что эквивалентно произведенной энергии в объеме около 9,6 млрд кВтч в год. Суммарный годовой потенциал топливной щепы из молодых лесных

насаждений составляет около 2,54 млн сух. т (или 11,9 млрд кВтч).

Однако при предкоммерческих прореживаниях не всегда можно обеспечить заготовку древесной щепы из-за небольшого количества древесной биомассы. Чтобы выход биомассы от этих рубок ухода стал выгоден в хозяйственном отношении, необходимо заготавливать не менее 20 м<sup>3</sup>/га древесины тонкомерных (некоммерческих) деревьев для переработки на топливную щепу. По данным экспертов, в Финляндии только 1/3 лесных насаждений, подлежащих предкоммерческим рубкам ухода, отвечает этому требованию. Поэтому сроки проведения таких рубок ухода с заготовкой тонкомерной древесины для переработки на топливную щепу сдвигаются по срокам в сторону их увеличения. Кроме того, для получения более качественной щепы, после заготовки тонкомерных деревьев (для переработки на топливную щепу), рекомендуется из-за высокого содержания питательных

веществ в листьях и хвое оставлять их на месте для высыхания.

Общий потенциал заготовки древесной биомассы от первых коммерческих прореживаний значительно выше, чем от предкоммерческих рубок ухода, из-за более крупных размеров деревьев. Как правило, выход товарной древесины от первых коммерческих рубок ухода в южной части Финляндии составляет 45% общего объема заготовок (30–50 м<sup>3</sup>/га), а остальные 55% (37–61 м<sup>3</sup>/га) приходятся на тонкомерные деревья и порубочные остатки [1].

Стоимость древесной щепы, получаемой из тонкомерных деревьев при проведении предкоммерческих и первых коммерческих прореживаний, более высокая, чем из порубочных остатков от заготовки деловой древесины при более поздних коммерческих рубках и финальных рубках спелых насаждений. Поэтому такая щепа практически не используется владельцами ферм и индивидуальных небольших домов в Финляндии.

**Таблица 1. СТАНДАРТНЫЙ РЕЖИМ РУБОК В ЮЖНОЙ ЧАСТИ ФИНЛЯНДИИ**

Вид рубки ухода	Возраст насаждений, лет	Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	Объем товарной древесины, м <sup>3</sup> /га
Предкоммерческая	10–20	0,02	-
Коммерческие:			
- первая	25–40	0,03–0,08	30–50
- вторая	40–55	0,09–0,15	40–80
- третья	55–70	0,15–0,25	60–90
- финальная	70–120	0,20–0,70	200–300

**Таблица 2. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ВИДАМ РУБОК В ОБЩЕМ ОБЪЕМЕ ЛЕСОЗАГОТОВОК И ЗАТРАТЫ НА ЗАГОТОВКУ ДРЕВСИНЫ В ФИНЛЯНДИИ В 2014 И 2015 ГГ. [2]**

Показатель	2014	2015
Доля в общем объеме, %		
- прореживание	10	8
- проходные рубки	31	32
- возобновительные (финальные) рубки	59	60
Затраты на механизированную заготовку древесины, евро/м <sup>3</sup>		
- прореживание	17,72	17,41
- проходные рубки	14,71	14,12
- возобновительные (финальные) рубки	8,60	8,35

В основном ее применяют на тепло- и электростанциях для централизованного отопления.

Общий объем производства топливной щепы в Финляндии в 2015 г. составил около 8 млн м<sup>3</sup>, около половины этого объема было получено из тонкомерных деревьев, при этом доля целых деревьев составляет 86%, а на щепу из тонкомерных хлыстов приходится 14% [3].

Объем производства топливной щепы в 2015 г. увеличился по сравнению с 2000 г. в 8 раз. Этому роста удалось достичь благодаря государственным субсидиям на заготовку древесной щепы в молодых насаждениях в размере около 10 долл. США за 1 сух. т щепы. Существуют и другие виды поддержки. Благодаря этим мерам заготовка топливной щепы из тонкомерных деревьев при прореживании молодняков становится конкурентоспособной по сравнению с заготовкой щепы из порубочных остатков от финальных рубок.

Большое значение имеет также снижение издержек при производстве топливной щепы путем разработки технологии очистки лесосек, управления всеми операционными процессами и логистики. Научно-исследовательская работа в этом направлении проводится в Финляндии в рамках национальной программы по изучению технологии использования древесины для получения энергии.

При предкоммерческих рубках ухода из-за небольшого размера деревьев полученная

древесная щепка может использоваться только для топлива. Наиболее распространенный метод – заготовка целых деревьев (метод whole tree) с последующей переработкой на щепу рубительной машиной на обочине дороги.

До недавнего времени валку тонкомерных деревьев диаметром 5–10 см на высоте 1,3 м и объемом до 0,06 м<sup>3</sup> проводили исключительно вручную с помощью модифицированных бензопил, которые оснащены специальными приспособлениями с высокими рукоятками, чтобы вальщик при работе находился в удобной позе с выпрямленной спиной (рис. 1).

Управление бензопилой вальщик осуществляет одной рукой, а второй придает направление валке; если же дерево легкое, то он его придерживает, а затем ориентированно укладывает на землю. При данном методе работ деревья вырубает и складывают в пачки рядом с волоком. Более крупные деревья разрезают на две части. Производительность валки бензопилой варьирует от 1,5 до 4 м<sup>3</sup>/ч в зависимости от размера и породы дерева, а также от наличия подлеска или снежного покрова, свойств почвы и других факторов. На практике производительность составляет 2,5–3,5 м<sup>3</sup>/ч при среднем объеме ствола 0,02–0,025 м<sup>3</sup> [4], а затраты – около 10 евро/м<sup>3</sup> при удалении древостоя со средним объемом ствола 0,010–0,030 м<sup>3</sup>.

При валке деревьев диаметром менее 5 см на высоте 1,3 м применяют переносные мотокусто-резы. После валки форвардер перевозит деревья на площадку рядом с дорогой, где их выгружают и укладывают в штабели. Производительность форвардера – 4,1–5,5 м<sup>3</sup>/ч. Во время отопительного сезона деревья перерабатывают на щепу и перевозят автощеповозом потребителям.

Кроме того, для использования мелких деревьев на топливную щепу в Финляндии применяют метод их переработки непосредственно на волоке. При этом методе деревья валят бензопилой. Переработку деревьев осуществляют на волоке мобильной рубительной машиной с контейнером. После наполнения контейнера, рубительная машина перемещает груз на погрузочную площадку у обочины дороги, где продукцию



**Рис. 1. Валка и складирование тонкомерных деревьев в пачки вальщиком с использованием модифицированной бензопилы, оснащенной приспособлением с высокими рукоятками [4]**

переработки выгружают в сменный контейнер и автощеповозом доставляют потребителю. Производительность мобильной рубительной машины – около 8 м<sup>3</sup>/ч.

При первых коммерческих прореживаниях можно получить балансы для целлюлозно-бумажной промышленности. Их заготавливают с помощью харвестера, а затем перевозят форвардером на верхний склад лесосеки.

Топливную (тонкомерную) древесину можно заготавливать одновременно с деловой (комплексный, или интегральный метод) в виде целых деревьев, сортиментов или хлыстов. При заготовке целых деревьев или сортиментов небольшие деревья срезают харвестером и складывают вместе с кронами отдельно от балансов рядом с волоком, используя манипулятор харвестера.

При заготовке топливной древесины тонкомерные хлысты харвестером складывают рядом с трелевочным волоком. Затем перевозят форвардером на придорожный склад, где часть древесины перерабатывают на щепу и затем автощеповозом доставляют потребителю. При первом коммерческом прореживании тонкомерные деревья также можно заготавливать вручную с помощью бензопилы. Операции складирования, трелевки и переработки на щепу выполняют так же, как и при механизированном способе заготовки.

Иногда заготовку технологической щепы для производства целлюлозы и на топливо осуществляют интегрированным методом с помощью рубительной машины с оборудованием для обрезки сучьев и окорки стволов. Деревья срезают и перевозят к погрузочной площадке, где после обрезки сучьев и окорки стволы перерабатывают в технологическую щепу.

Основным препятствием на пути внедрения механизированных технологий рубок ухода на базе широко применяемой лесозаготовительной техники являются высокие затраты (отнесенные на единицу заготовленной древесины) на ранних стадиях рубок ухода (рубки прочистки, прореживания, первые проходные рубки). Причина заключается в малых объемах стволов

заготавливаемых деревьев, небольших запасах древесины на 1 га, сравнительно небольшой доле изъятия древесины.

В Финляндии и Швеции решить эту проблему пытаются по следующим направлениям:

- ✓ разработка специализированных машин легкого и особо легкого классов, предназначенных для заготовки топливной древесины и (или) балансов при первых приемах рубок ухода, с меньшими габаритами, массой и мощностью и, соответственно, более низкой ценой;
- ✓ создание различных моделей валочных и харвестерных головок с накопителем деревьев для ранних рубок ухода (прочистки, прореживания, первые проходные рубки);
- ✓ разработка универсальных машин (харвардеров) для рубок ухода, совмещающих функции харвестера и форвардера;
- ✓ создание линейки лесохозяйственных модификаций сельскохозяйственных колесных тракторов с широким набором модульного рабочего оборудования для выполнения лесосечных операций при рубках ухода (включая валку) с небольшим объемом заготовки;
- ✓ разработка новой многооперационной машины для накопительной валки мелких деревьев и их механизированного пакетирования с уплотнением, калибровкой, взвешиванием и обвязкой пачек объемом около 0,6 м<sup>3</sup> для последующего использования (машина Fixteri, Финляндия).

В Скандинавских странах при первых рубках ухода применяют преимущественно колесные харвестеры среднего (14–17 т) и легкого классов (8–12 т), а в последнее время и харвестеры особо легкого класса (менее 7 т). Харвестеры легкого класса имеют более низкие цены по сравнению с ценами харвестеров среднего класса и требуют меньших эксплуатационных расходов, что позволяет снизить затраты на заготовку древесины. Однако при осуществлении поздних приемов рубок ухода их применение неэффективно.

Сравнительное изучение производительности харвестеров среднего и малого классов на рубках ухода проведено в Финляндии в рамках научно-исследовательского проекта HARKO Научно-исследовательским институтом леса Финляндии в 1999–2001 гг. Проект финансировался Национальным технологическим агентством TEKES [5].

Испытывали крупные и дорогие харвестеры Nokka Profi и Timberjack 770 и компактные и менее дорогостоящие харвестеры Sampo-Rosenlew 1046X и Valtra Forest 120. Технические данные машин приведены в табл. 3.

Исследования проводили осенью и зимой при рубках ухода в насаждениях сосны шотландской (с примесью ели норвежской) в центральной и южной частях Финляндии. Все участки были предварительно очищены от подлеска, который мог бы повлиять на результаты. Возраст лесных насаждений – от 30 до 45 лет.

Для определения технически наиболее подходящих областей применения харвестеров, каждая машина также выполняла рубки ухода в древостоях более старшего возраста и финальные рубки. Состав и объемы рубок ухода, характеристика насаждений приведены в табл. 4.

**Таблица 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИСПЫТУЕМЫХ ХАРВЕСТЕРОВ**

Показатель	Модель харвестера			
	Нокка Profi	Timberjack 770	Sampo-Rosenlew 1046X	Valtra Forest 120
Масса, кг	11 500	10 800	7 000	8 500
Ширина, см	250	240	230	230
Колесная формула	6K6	4K4	4K4	4K4
Мощность, кВт	95	82	73,5	88
Трансмиссия	Гидростатическая	Гидростатическо-механическая	Гидростатическо-механическая	Механическая
Максимальный вылет манипулятора, м	9,5	7,9	7,0	8,0
Грузоподъемный момент, кНм	120	95	52	60
Харвестерная головка	Keto 100	Timberjack 742	Keto 51	Keto 51
-масса, кг	600	770	390	390
-диаметр срезания, см	45	47	37	37
-диаметр обрезки сучьев, см	40	35	32	32
Изготовитель	Nokka-Tume Oy	Timberjack Ab	Sampo-Rosenlew Oy	Valtra Oy Ab

**Таблица 4. ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ И ОБЪЕМ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ**

Сезон года и вид рубок ухода	Первоначальное (до рубки) число деревьев, шт./га	Вырублено деревьев, шт./га	Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	Объем заготовки, м <sup>3</sup> /га
Осень:				
-первые	1 665	642	0,069	44
-вторые	1 073	349	0,124	44
Зима:				
-первые	1 594	693	0,087	59
-вторые	1 258	529	0,142	72
- последние	646	187	0,289	54

Рубки ухода проводили в основном по средне-пасечной технологии прореживания. Пасечные волоки и технологические ходы для харвестера не были размечены заранее, они были проложены операторами в процессе работы.

Для сравнения использовались технологии прореживания по следующим технологическим схемам:

схема 1 – без технологического хода харвестера в центральной части технологической полосы с боковыми короткими технологическими заходами харвестера (spur) на технологические полосы справа и слева по ходу движения по пасечному волоку (strip road), расстояние между технологическими полосами 20–24 м (рис. 2А);

схема 2 – с одним технологическим ходом харвестера в центральной части технологической полосы (cutting strip) параллельно пасечному волоку, расстояние между технологическими полосами – 25–36 м в зависимости от харвестера (рис. 2Б);

схема 3 применялась только для харвестера Sampo-Rosenlew; при первом прореживании при этом использовали метод с двумя технологическими ходами харвестера в центральной части технологической полосы параллельно пасечному волоку, расстояние между технологическими полосами – 30–40 м.

Время обработки деревьев в зависимости от размера ствола для всех харвестеров увеличивалось линейно до объема ствола  $0,5 \text{ м}^3$ . Обработка более крупных деревьев с использованием харвестеров Sampo-Rosenlew и Valtra приводила к параболическому росту затрат времени. Таким образом, эти машины больше подходят для первых рубок ухода. Однако, с другой стороны, обработка деревьев с помощью харвестеров Nokka Profi и Timberjack 770 заметно замедлялась, когда объем ствола превышал  $1 \text{ м}^3$ . Таким образом, их рабочий диапазон увеличивался до более поздних рубок ухода и окончательных рубок в тонкомерных насаждениях.

Производительность харвестеров составляла  $5,6\text{--}10,3 \text{ м}^3/\text{ч}$  при первом прореживании (объем ствола  $0,05\text{--}0,10 \text{ м}^3$ ) и  $9,1\text{--}12,7 \text{ м}^3/\text{ч}$  при втором прореживании (объем ствола  $0,10\text{--}0,15 \text{ м}^3$ ). При

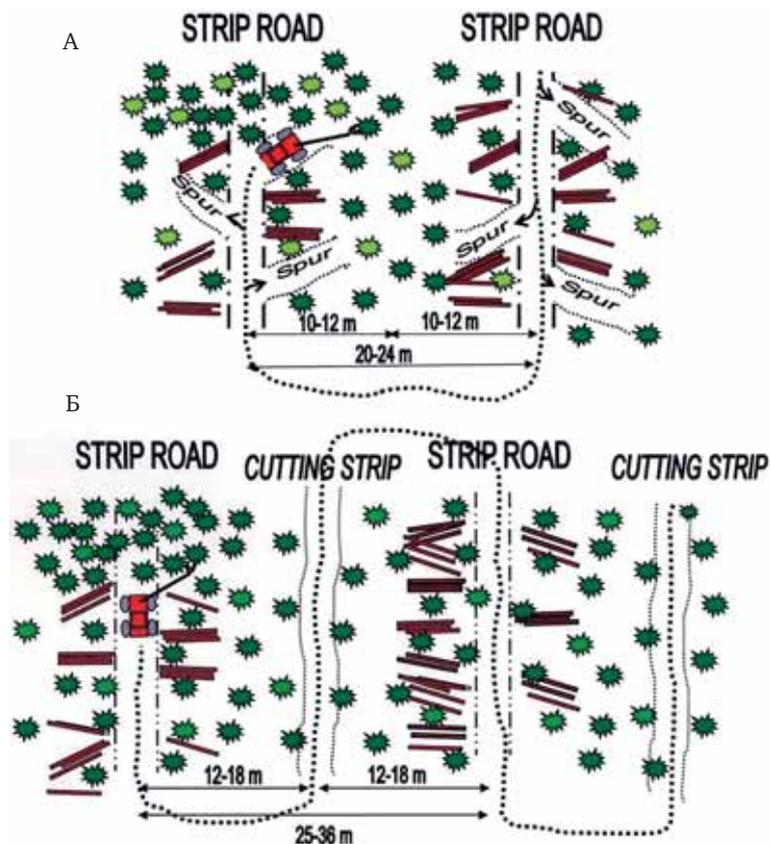


РИС. 2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ РАЗРАБОТКИ ЛЕСОСЕК: А – ПО СХЕМЕ 1; Б – ПО СХЕМЕ 2

поздних рубках ухода производительность харвестеров составляла в среднем  $18,7 \text{ м}^3/\text{ч}$  (при среднем объеме хлыста  $0,29 \text{ м}^3$ ). Производительность харвестеров в зависимости от объема хлыста при первых рубках ухода в диапазоне до  $0,20 \text{ м}^3$ , а при вторых рубках ухода в диапазоне до  $0,30 \text{ м}^3$  отличалась незначительно. При объеме удаленных деревьев меньше  $0,25 \text{ м}^3$  производительность машин Sampo/Valtra была выше, чем Nokka Profi и Timberjack 770.

Все три технологические схемы работ испытывали только для харвестера Sampo-Rosenlew 1046X.

При проведении испытаний между технологическими схемами большой разницы в производительности работ не зафиксировано: установлены незначительные различия в производительности – при первых прореживаниях разница не превышала 7%, а при вторых – 8%. Однако схема с одним (или двумя) технологическим ходом

харвестера (cutting strip) в центральной части технологической полосы параллельно пасечному волоку была наиболее эффективной при рубках с использованием харвестеров с более короткими стрелами (Sampo-Rosenlew 1046X, Timberjack 770 и Valtra Forest) и, соответственно, технологическая схема 1 была наиболее результативна при работе харвестеров с более длинными стрелами (Nokka Profi).



**Рис. 3. МОДЕЛИ ХАРВЕСТЕРОВ ДЛЯ РУБОК УХОДА PROFİ 50 (ВВЕРХУ СЛЕВА), VALTRA (ВВЕРХУ СПРАВА), САМПО-ROSENLEW HR46X (ВНИЗУ СЛЕВА), JOHN DEERE 1070 E В ИСПОЛНЕНИИ 4K4 (ВНИЗУ СПРАВА) (ФОТО ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ МАШИН)**

Расчетная стоимость составила 72,1 долл. США/ч для группы машин Nokka/Timberjack и 63,3 долл. США/ч для Sampo/Valtra. Затраты при первом прореживании (объем ствола 0,05–0,10 м<sup>3</sup>) для групп машин Nokka/Timberjack и Sampo/Valtra составили 7,5–14,2 долл. и 5,7–10,5 долл. США/м<sup>3</sup> соответственно, а при втором прореживании (объем ствола 0,10–0,15 м<sup>3</sup>) – 5,9–8,5 долл. и 4,7–6,7 долл. США/м<sup>3</sup>.

При работе с харвестерами Sampo-Rosenlew 1046X и Valtra Forest обработка стволов объемом более 0,5 м<sup>3</sup> заметно замедлялась, так как эти более легкие машины предназначены исключительно для рубок ухода. Однако более тяжелые и дорогие харвестеры Nokka Profi и Timberjack 770 могут использоваться не только при рубках ухода, но и при финальных рубках.

Рассмотренные модели харвестеров производятся и в настоящее время. Технические данные современных моделей харвестеров, производимых вместо рассмотренных прежних моделей, приведены в табл. 5, а их общий вид – на рис. 3. При этом харвестеры Nokka Profi, Sampo-Rosenlew 1046X и Valtra Forest существенно улучшили свои параметры, но остались в легком классе, а харвестер Timberjack 770 (сейчас John Deere 1070 E в исполнении 4K4) переместился в

**ТАБЛИЦА 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ СОВРЕМЕННЫХ МОДЕЛЕЙ ХАРВЕСТЕРОВ, ПРОИЗВОДИМЫХ ВМЕСТО ПРЕЖНИХ МОДЕЛЕЙ (СМ. ТАБЛ. 3)**

ПОКАЗАТЕЛЬ	МОДЕЛЬ ХАРВЕСТЕРА		
	PROFI 50	JOHN DEERE 1070 E (В ИСПОЛНЕНИИ 4K4)	SAMPO-ROSENLEW HR46X
Масса, кг	12 500 (или 14 800 при заполнении шин жидкостью)	14 850	8 000–9 500 (в зависимости от типа шин)
Ширина, см	240–285 (в зависимости от типа шин)	260	210–240
Колесная формула	6K6	4K4	4K4
Мощность, кВт	120	136	124
Трансмиссия	Гидростатическая	Гидростатическо-механическая	Гидростатическая
Наибольший вылет манипулятора, м	9,2/11,2	8,6/10/10,8	7,1
Грузоподъемный момент, кНм	70	143	55
Изготовитель	Nokka-Tume Oy	John Deere	Sampo-Rosenlew Oy

средний класс. Харвестер Valtra Forest компанией Valtra сейчас не производится, но он изготавливается по заказам другими производителями на базе сельскохозяйственного трактора Valtra для целей лесного хозяйства.

Повысить производительность харвестеров на рубках ухода можно путем установки харвестерной или валочной головки с аккумулярующим устройством (накопителем), позволяющим собирать несколько срезанных деревьев за один цикл работы харвестерной или валочной головки, сокращая при этом число рабочих циклов и затраты времени на валку одного дерева. После накопления деревьев возможны следующие варианты работы в зависимости от типа головки:

- ✓ вынос собранных деревьев в вертикальном положении и формирование пачки для последующего сбора и трелевки форвардером – применяется при заготовке тонкомерной древесины для ее последующей переработки в топливную щепу на верхнем складе лесосеки;
- ✓ групповая обработка деревьев с обрезкой сучьев, вершин и раскряжевкой на сортименты;
- ✓ комбинированная работа – применяется при комплексной заготовке балансов и топливной щепы из тонкомерных деревьев, а также из вершин и сучьев, остающихся при заготовке балансов.

Кроме того, данный тип харвестерных головок позволяет снизить риск повреждения насаждений благодаря возможности вертикального маневрирования сформированными пачками деревьев.

В качестве примера на рис. 4 показана харвестерная головка Waratah H412 с пильным цепным механизмом, которая устанавливается на харвестер John Deere 1070 для прореживаний, с функцией накопления и обработки нескольких деревьев (масса без ротатора и серьги – 730 кг, диаметр распиловки – 470 мм). На рис. 5 продемонстрирована харвестерная головка Naarva NF28 с гильотинным срезающим устройством и импульсной подачей при обрезке сучьев с функцией накопления и обработки нескольких



Рис. 4. ХАРВЕСТЕРНАЯ ГОЛОВКА WARATAH H412 (ФОТО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ)



Рис. 5. ХАРВЕСТЕРНАЯ ГОЛОВКА NAARVA NF28 (ФОТО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ)

деревьев при рубках ухода (масса – 700 кг, диаметр среза – 28 см).

Харвестерные головки с накопителем обычно представляют собой модифицированные стандартные головки, включающие дополнительные элементы для обеспечения функции сбора и обработки нескольких деревьев. Применение накопительной харвестерной головки может существенно повысить производительность харвестера на рубках ухода. В качестве примера в табл. 6 приведены результаты тестовых испытаний в 2001 г. харвестерной головки с

**Таблица 6. Производительность харвестерной головки с накопителем деревьев Timberjack 745 в сравнении с ее обычным вариантом в составе харвестера 1270В [6]**

Показатель	Харвестерная головка	
	Без накопителя	С накопителем
Число деревьев за цикл, шт.	1	1,39
Доля групповой обработки деревьев, %	-	54
Средний объем дерева, м <sup>3</sup>	0,067	0,058
Число деревьев, шт./га	780	770
Производительность за 1 ч рабочего времени (без учета кратковременных простоев до 15 мин), м <sup>3</sup>	7,9	9,3

накопителем Timberjack 745, установленной на харвестере 1270В [6].

Производительность харвестера 1270В при установке головки с накопителем повысилась на 18% (с 7,9 до 9,3 м<sup>3</sup>/ч), при этом наибольший рост производительности (до 30–35%) зафиксирован при среднем объеме деревьев 0,1 м<sup>3</sup> и запасе древесины более 80 м<sup>3</sup>/га.

При некоммерческих и первых коммерческих рубках ухода применяют легкие валочные головки с накопителем (Nisula, Naarva-Grip, Moipu, Brake и др.). Их можно устанавливать как на специализированных машинах (харвестер, форвардер, харвардер), так и на сельскохозяйственных тракторах, адаптированных для работы в лесу, которые в агрегате с колесным прицепом могут выполнять и функцию транспортировки.

Использование накопительных валочных головок при заготовке топливной древесины позволяет получить наилучшие показатели в лесных насаждениях с низким средним объемом ствола (0,02–0,05 м<sup>3</sup>) и при сравнительно высокой доле вырубаемых деревьев.

При заготовке топливной и балансовой древесины используют универсальные харвестерные головки, которые, помимо харвестера, могут устанавливаться на сельскохозяйственных тракторах и экскаваторах легкого и среднего классов (8–15 т).

Ключевым моментом в достижении высокой эффективности при заготовке топливной и балансовой древесины на первых рубках ухода является возможность обработки более одного

дерева за один цикл с помощью универсальной аккумулирующей головки (с накопителем деревьев). Ее можно эффективно применять как в режиме заготовки сортиментов, так и режиме валочно-пакетирующей машины (ВПМ) при заготовке маломерных деревьев и формировании пачек, которые затем собирают и перевозят форвардером на верхний склад лесосеки.

Обработка нескольких деревьев может повысить производительность труда на 15–50%. Так, производительность харвестера при этом увеличилась на 17% при среднем объеме ствола 0,02 м<sup>3</sup> и на 11% при среднем объеме 0,05 м<sup>3</sup>.

Ведущие позиции в производстве харвестерных и валочных головок для рубок ухода за лесом, а также легких харвестеров для первых рубок ухода занимает Финляндия.

Результаты сравнительных испытаний на рубках ухода харвестеров разных категорий стали основой для развития модельного ряда харвестеров и были подтверждены в дальнейшем в практике лесозаготовок не только в Финляндии, но и в Швеции и других европейских странах.

Так, например, показательно масштабное исследование [7], проведенное в Швеции, где производительность труда на лесозаготовках была высокой на протяжении нескольких десятилетий, однако в последние годы она практически не изменялась и даже снизилась. В качестве помощи практикам в исследовании [7] выявлены различия в производительности харвестеров разных типов и с различным оборудованием. При этом использованы данные более 400 харвестеров,

которые эксплуатировала компания SCA Skog AB на лесозаготовительных работах в северной части Швеции (с 2009 по 2012 г. этой компанией заготовлено более 20 млн м<sup>3</sup> древесины).

Для каждой лесосеки регистрировали следующие данные: время и место работ, производительность труда, средний размер ствола и другие факторы, которые могли повлиять на производительность. Кроме того, фиксировали данные по харвестерам: марка и модель базовой машины, наличие или отсутствие головки с накопителем деревьев. В ходе анализа харвестеры были распределены (субъективно) по типоразмерам на 6 классов – от S до XXXL (табл. 7).

На рубках ухода харвестеры очень тяжелых классов (XXL, XXXL) не применяли. Производительность харвестеров, используемых на рубках ухода, приведена в табл. 8. Они подразделяются на две группы: к первой относятся харвестеры, оснащенные обычными головками, ко второй – харвестеры, оснащенные головками с

накопителями деревьев. Производительность харвестеров, оснащенных головками с накопителем деревьев, в среднем была на 5% выше, чем харвестеров с обычными головками.

Как показали результаты исследований, производительность харвестеров разных классов существенно различалась при изменении объема ствола. Так, например, при уменьшении объема ствола с 0,25 до 0,1 м<sup>3</sup> производительность снижалась в 2,6–3,0 раза. При этом с увеличением типоразмера харвестера производительность повышалась для всех значений объема ствола (от 0,1 до 0,25 м<sup>3</sup>).

Однако это повышение не столь существенно: производительность на рубках ухода харвестеров наиболее тяжелого класса (XL) по отношению к производительности харвестеров легкого класса (S) составляла 107–114%. Поэтому применение более дорогих тяжелых харвестеров на рубках ухода может привести к существенному увеличению доли затрат.

**Таблица 7.** Классы харвестеров с типичными моделями и параметрами для каждого класса

Класс	Типичная модель харвестера	Масса, т	Мощность двигателя, кВт	Наибольший грузовой момент манипулятора, кНм
S	RottneH8	8–12	80–120	80–100
M	JD 1070	14–17	130–140	140–160
L	JD 1170	17–18	145–150	160–200
XL	Ponsse Ergo	17–21	170–210	190–230
XXL	JD 1470	19–25	190–195	210–220
XXXL	Komatsu 941	24	210	270

**Таблица 8.** Производительность харвестеров разных классов на рубках ухода в Швеции

Средний объем ствола, м <sup>3</sup>	Производительность харвестеров, м <sup>3</sup> /ч, оснащенных головками									
	обычными					с накопителями деревьев				
	S	M	L	XL	класс XL по отношению к S, %	S	M	L	XL	класс XL по отношению к S, %
0,05	6,5	6,8	6,9	7,4	113,8	6,8	7,2	7,2	7,8	114,7
0,10	10,4	10,8	10,9	11,5	110,5	10,9	11,3	11,4	12,1	110,0
0,15	13,6	14,1	14,2	14,9	109,5	14,4	14,8	14,9	15,6	108,3
0,20	16,6	17,0	17,1	17,9	107,8	17,4	17,9	18,0	18,8	108,0
0,25	19,3	19,7	19,8	20,6	106,7	20,3	20,7	20,8	21,7	106,9

Для достижения более значительного (не только экономического, но и лесоводственно-экологического) эффекта на ранних рубках ухода с 2005 г. в Швеции стало развиваться производство особо легких машин модульного типа массой от 4 до 7 т.

Основная цель – разработка и создание машин для первого и второго приема рубок ухода, которые могут работать между деревьями в насаждениях, не нанося практически никакого ущерба окружающей среде и не требуя традиционной системы прокладки волоков. Ширина машин не должна превышать 2 м. Все компоненты машин, – такие как двигатель, система управления, коробки передач, манипуляторы и харвестерные головки, – получены от ведущих мировых производителей, что гарантирует их качество и производительность.

Кроме машин особо легкого класса, начали производить и машины мини-класса (с кабиной оператора) массой от 2 до 3,5 т.

В настоящее время Швеция является лидером по производству особо легких харвестеров, форвардеров и харвардеров для первых рубок ухода.

К особо легкому классу относятся машины Vimek и Malwa, а к мини-классу – Bison, Usewood и Alstor; их выпускают пять производителей.

Наиболее известны машины Vimek, производство которых началось в 2005 г. Их используют для механизации некоммерческих рубок ухода (осветления, прочистки) и первых коммерческих рубок ухода (прореживания, проходные рубки) при среднем объеме деревьев 0,04–0,18 м<sup>3</sup>. Технические характеристики машин Vimek приведены в табл. 9.

В настоящее время производят:

харвестер Vimek 404 T4 четвертого поколения – предназначен для проведения прореживаний и проходных рубок. Наиболее эффективен при объеме деревьев 0,04–0,18 м<sup>3</sup> в густых насаждениях;

**Таблица 9. Технические характеристики лесных машин VIMEK (Швеция) нового поколения особо легкого класса**

Показатель	Харвестер VIMEK 404 T4	Форвардер VIMEK 606TT	Форвардер VIMEK 610.2	Харвардер VIMEK 610.2 ВЮСОМВИ
Масса, т	4,1	2,96	4,7	4,9
Мощность двигателя, кВт	44	18	44	44
Грузоподъемность, кг	–	3 000	5 000	5 000
Габариты, м: длина ширина	3,35 1,8	6,2/6,7 1,8	6,8/7,5 1,9	6,8 1,9
Клиренс, см	40	40	40	40
Трансмиссия	Гидростатическая	Гидростатическая	Гидростатическая	Гидростатическая
Наибольший вылет манипулятора, м	4,6	4,6	5,2	5,2
Угол поворота манипулятора, град.	250	–	250	250
Рабочая головка	Харвестерная головка KetoForestSilver	Грейферный захват	Грейферный захват	Валочная головка с накопителем
Наибольший диаметр срезаемого дерева, см	30	–	–	30
Масса головки, кг	300	–	–	195
Площадь сечения грейферного захвата, м <sup>2</sup>	–	–	0,16	0,16
Скорость движения, км/ч	н/д	0–18	0–25	0–25
Расход топлива, л/ч	4,5–5,0	–	2,0–2,5	н/д

форвардер Vimek 608 третьего поколения – применяется при осветлениях, прочистках, прореживаниях, проходных и прочих рубках ухода. Может передвигаться по лесу без технологических коридоров;

харвардер Vimek 608 BioCombi третьего поколения – предназначен для заготовки и транспортировки топливной биомассы при проведении некоммерческих рубок ухода в молодняках (осветления и прочистки).

Машины Vimek эксплуатируются не только в Швеции, но и в других европейских странах. В 2010 г. начались их поставки в Республику Беларусь. В настоящее время машины Vimek (харвестер и форвардер) используют на рубках ухода в Воложинском лесхозе (рис. 6 и 7).

По мнению специалистов [8], один харвестер Vimek способен заменить 4 бригады вальщиков. Это не только экономия денежных средств для лесхоза, но и, прежде всего, обеспечение безопасности вальщиков. Кроме того, это снижает тяжелые физические нагрузки, так как сортименты к технологическому коридору подносят вручную. Теперь заготовку 15–20 м<sup>3</sup> древесины на рубках ухода в смену обеспечивает один рабочий – оператор харвестера.

При работе нового комплекса машин Vimek в Воложинском лесхозе сохраняется коридорный метод при прореживании насаждений, но отпадает необходимость прорубать широкие коридоры. Ранее при использовании более тяжелых харвестеров и форвардеров коридоры шириной 3,5–4,0 м прорубали через каждые 15–20 м. Применяя харвестер Vimek, через каждые 18–20 м прорубают не коридоры, а скорее, извилистые проходы в просветах с расстоянием между деревьями 2,1–2,5 м. Это позволяет сохранять деревья, которые вырубали при прокладке более широких коридоров.

Недостатком машин Vimek, как отмечает оператор, является высокий уровень шума в кабине форвардера Vimek 606 ТТ, поэтому приходится пользоваться защитными наушниками.

В Швеции специалистами института «Силава» проведены тестовые испытания харвестера Vimek 404 Т5 и форвардера Vimek 610 для



**Рис. 6. ХАРВЕСТЕР VIMEK 404 T6 ОСОБО ЛЕГКОГО КЛАССА НА РУБКАХ ПРОРЕЖИВАНИЯ В ВОЛОЖИНСКОМ ЛЕСХОЗЕ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ [8]**



**Рис. 7. ФОРВАРДЕР VIMEK 606 TT ОСОБО ЛЕГКОГО КЛАССА В ВОЛОЖИНСКОМ ЛЕСХОЗЕ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ [8]**

выявления возможности использования этой техники и технологии в Латвии [9]. Машинами управляли опытные операторы. Испытания показали, что харвестер Vimek 404 Т5 имеет значительные преимущества перед обычными лесными машинами при первых прореживаниях с заготовкой тонкомерной древесины для биотоплива или комплексной заготовкой (для биотоплива и балансов). Годовая производительность одного харвестера при работе в одну смену может составлять 800 га, или 25 000 м<sup>3</sup>

древесины. В то же время область применения харвестера Vimek 404 T5 ограничена – он не может эффективно применяться при коммерческих рубках ухода в Латвии из-за разнообразной номенклатуры сор- тиментов, необходимых потребителям. Кроме того, харвестер имеет меньшие возможности при эксплуатации во время сезонных ограничений лесохозяйственных мероприятий.

Производительность форвардера Vimek 610 сравнима с производительностью форвардеров среднего класса, однако она снижается при увеличении расстояния трелевки.

Себестоимость заготовленной древесины, включая валку, трелевку и перевозку автомобильным транспортом на расстояние 50 км, составляла 14,3 евро/м<sup>3</sup> древесины. Почасовая стоимость работы харвестера Vimek 404 T5 и форвардера Vimek 610 отличалась незначительно: 26–28 евро/ч.

В Финляндии, Швеции и других европейских странах широко используют сельскохозяйственные (фермерские) тракторы на рубках ухода, в том числе при заготовке топливной древесины, особенно в молодых насаждениях. Как показывает практика, заготовка топливной древесины с применением сельскохозяйственных тракторов, адаптированных для эксплуатации в лесных условиях, может быть прибыльной для фермеров,

которые занимаются сезонными сельскохозяйственными работами, а также для подрядчиков, работающих круглый год, если позволяют местные условия [10].

Использование сельскохозяйственного трактора с лесным манипулятором и валочной (или харвестерной) головкой с накопителем деревьев позволяет снизить затраты по сравнению с использованием обычного харвестера с аналогичной головкой. Это объясняется в основном меньшей почасовой стоимостью работы сельскохозяйственного трактора.

Типичное оборудование, используемое для рубок ухода в молодых лесных насаждениях при заготовке топливной древесины, включает: сельскохозяйственный трактор (мощность – 85–90 л. с.), легкую накопительную валочную головку (массой около 280 кг), лесной манипулятор (наибольший грузовой момент манипулятора – не менее 50 кНм). Кроме того, необходимы лесной прицеп для перевозки мелких деревьев и передвижная рубительная машина, приводимая в действие от вала отбора мощности трактора.

В Европе производство лесных модификаций сельскохозяйственных тракторов осуществляют финская фирма «Valtra» (с мощностью двигателя от 50 до 400 л. с.) и итальянская фирма «Steyr» (с мощностью двигателя от 60 до 200 л. с.).

В странах Центральной Европы (Германия, Австрия, Чехия, Хорватия и др.) на рубках ухода наряду с колесными находят применение гусеничные харвестеры Neuson легкого класса (масса 11 т) – современная модель 103 HVT приведена на рис. 8, а ее технические характеристики – в табл. 10.

Харвестер Neuson 103 HV рекомендуется использовать при первых и вторых приемах рубок ухода.

В настоящее время при выполнении рубок ухода применяют также комбинированные машины – харвардеры, объединяющие в себе функции харвестера и форвардера, например: Ponsse Wisent Dual, Valmet Combi 801 и др. По сравнению с обычными машинами основные преимущества харвардеров связаны с экономией времени, так как некоторые элементы технологических



Рис. 8. Гусеничный харвестер Neuson 103 HV легкого класса (фото производителя)

**Таблица 10. Технические характеристики харвестеров Neuson легкого класса**

Показатель	Харвестеры Neuson	
	103 HV	103 HVT
Масса, т	12,0	13,5
Мощность двигателя, кВт (л.с.)	77 (105,1)	77 (105,1)
Габариты, см:		
длина	770	770
ширина	215	2 550
высота	308	338
Вылет манипулятора, м	9,3	9,3
Наличие выравнивающего устройства платформы	Отсутствует	Есть

операций харвестера и форвардера объединяются в один цикл работы.

Харвардеры легкого и особо легкого классов типа Vimek 610 BioCombi (рис. 9) применяют при заготовке тонкомерной древесины для топлива. Они более эффективны на лесосеках при небольших расстояниях трелевки (менее 150 м), среднем объеме дерева менее 0,02 м<sup>3</sup>, когда объем вырубаемых деревьев невелик – менее 55 плотных м<sup>3</sup>/га, а объем вырубаемых деревьев с одной делянки менее 100 плотных м<sup>3</sup>. При изменении показателей в большую сторону более эффективно применять двухмашинные системы (харвестер – форвардер) [11].

Таким образом, в Скандинавских странах на сегодняшний день накоплен большой опыт применения современных технологий и новейших систем машин при рубках ухода. Поэтому при



**Рис. 9. Харвардер Vimek 610 BioCombi особо легкого типа (масса – 4,9 т, мощность – 44 кВт, грузоподъемность – 5 000 кг). Фото производителя**

решении проблем в лесном хозяйстве России необходимо учитывать опыт Скандинавских стран.



3. Liiakanen, O. Use of small diameter whole-trees for wood chips in Finland for energy production [Elektronnyj resurs] / O. Liiakanen. – 2017. – 3 r. – Rezhim dostupa: <https://wiki.uef.fi/pages/viewpage.action?pageId=44926852>
4. Informaciya s sajta [www.biopad.eu](http://www.biopad.eu) [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.biopad.eu/content/thinning-wood-2/>
5. Kärhä, K. Productivity and Cutting Costs of Thinning Harvesters [Elektronnyj resurs] / K. Kärhä, Esa Rönkkö, Seppo-Ilmari Gumse // International Journal of Forest Engineering. – 2004. – Vol. 15. – № 2. – R. 43-56. – Rezhim dostupa: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/IJFE/article/view/9849>
6. Bergkvist, I. Multitree-handling increases productivity in small wood thinning [Elektronnyj resurs] / I. Bergkvist // Results from Skogforsk. – 2003. – № 3. – 6 p. – Rezhim dostupa: [www.skogforsk.se/.../Resultat/2003/Multitree-handling-increases-productivity-in-smallwood-thinning](http://www.skogforsk.se/.../Resultat/2003/Multitree-handling-increases-productivity-in-smallwood-thinning)
7. Eriksson, M. The Effect of Machine Factors on Harvester productivity in Thinning and Final Felling [Elektronnyj resurs] / M. Eriksson, O. Lindroos // Proceedings of the Nordic Baltic Conference OSCAR14. Solutions for Sustainable Forestry (June 25-27, 2014. NOVA Park Conference). – 2014. – R. 52-53. – Rezhim dostupa: [https://docviewer.yandex.ru/view/66323003/?\\*=tjl5Up5cYtLd58inPRsL5MXxJMR7InVyBCi6Imh0dHA6Ly93d3cuc2tvZ2ZvcnNrLnNlL2NvbnRlbnRhc3NldHMvNWUyYWE5ODIwNWE1NDE2ODk5YjIwZWZmZTY4NzJiYTkvchJvY2VlZGluZ3MtbWFudXNjcmldwC1vc2NhcjE0LnBkZiIsInRpdGxIjoicHJvY2VlZGluZ3MtbWFudXNjcmldwC1vc2NhcjE0LnBkZiIsInVpZCI6IjY2MzIzMDAzIiwieXUiOiIyNjIzODM2OTYxNDA5MzM1MDI4Iiwibm9pZnJhbWUoOnRydWUoInRzIjoxNTAxNTgzODM5MzIzQ%3D%3D&lang=en](https://docviewer.yandex.ru/view/66323003/?*=tjl5Up5cYtLd58inPRsL5MXxJMR7InVyBCi6Imh0dHA6Ly93d3cuc2tvZ2ZvcnNrLnNlL2NvbnRlbnRhc3NldHMvNWUyYWE5ODIwNWE1NDE2ODk5YjIwZWZmZTY4NzJiYTkvchJvY2VlZGluZ3MtbWFudXNjcmldwC1vc2NhcjE0LnBkZiIsInRpdGxIjoicHJvY2VlZGluZ3MtbWFudXNjcmldwC1vc2NhcjE0LnBkZiIsInVpZCI6IjY2MzIzMDAzIiwieXUiOiIyNjIzODM2OTYxNDA5MzM1MDI4Iiwibm9pZnJhbWUoOnRydWUoInRzIjoxNTAxNTgzODM5MzIzQ%3D%3D&lang=en)
8. Binda, T. Kompleks harvester plyus forvarder Vimek ispol'zuet dlya rubok uhoda Volozhinskij leskhoz [Elektronnyj resurs] / T. Binda // Belorusskaya lesnaya gazeta. – 09.03.2017. – № 10 (1136). – Rezhim dostupa: <http://lesgazeta.by/people/na-trudnodostupnyh-deljankah/kompleks-harvester-pljus-forvarder-vimek-ispolzuet-dlja-rubok-uhoda-volozhinskij-leshoz>
9. Productivity of Vimek 404 T5 harvester and Vimek 610forwarder in early thinning [Elektronnyj resurs] / A. Lazdinš, U. Prindulis, S. Kaleja, M. Daugaviete and A. Zimelis // Agronomy Research. – 2016. – 14(2). – P. 475–484. – Rezhim dostupa: [http://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14-\\_nr2\\_Lazdins.pdf](http://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14-_nr2_Lazdins.pdf)
10. Väätäinen, K. Energy wood harvesting with the farm-tractor based system [Elektronnyj resurs] / K. Väätäinen. – 2017. – 14 r. – Rezhim dostupa: [https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/5\\_eures\\_energy\\_wood\\_harvesting.pdf](https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/5_eures_energy_wood_harvesting.pdf)
11. Karha, K. Whole-tree harvesting in young stands in Finland [Elektronnyj resurs] / K. Karha // Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused. – 2006. – Vol. 45. – P. 118–134. ref.26. – Rezhim dostupa: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20073048271>

# The Development of Technology and Machines when Thinning the Forest in Finland and Sweden

## **B. Bolshakov**

*Expert of the Federation Council, Doctor of Technical Sciences*

## **M. Andrushin**

*OAO «TsNIIME», Researcher, Candidate of Technical Sciences, Pushkino, Moscow region, Russian Federation, m-andr2009@yandex.ru*

## **E. Doronicheva**

*Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry, leading engineer, Pushkino, Moscow region, Russian Federation, doronicheva@vniilm.ru*

*Haper highlights key issues of earlier thinning through analysis of foreign information sources.*

*The following issues are covered:*

- *Key thinning features (pre-commercial and commercial) in forest management including felling shares in timber harvest, mechanized timber harvest costs;*
- *recycling of small-sized tress and logging residue into wood chips, production volumes, cost subsidy;*
- *key areas of earlier thinning mechanization\minimization to cut high costs due to small-sized trees and low growing stock per ha;*
- *applied technology, machinery and working equipment including specialized harvester and accumulator-type felling heads;*
- *various type harvester performance indicators in comparative testing and customary operation;*
- *accumulator type felling head impacts on harvester performance;*
- *application of super-light machinery (harvesters, forwarders, harwarders) performance indicators including conditions of the Belarus republic and Latvia;*
- *application of modified agricultural tractors with modular fixed mounts.*

*The analysis findings may be used in development of thinning mechanization policy.*