

УДК 630\*

**СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ СИСТЕМ МАШИН  
ДЛЯ МАЛООБЪЕМНЫХ ЛЕСОЗАГОТОВОК****Григорьев Игорь Владиславович***доктор технических наук, профессор, Арктический государственный  
агротехнологический университет, г. Якутск, Россия, silver73@inbox.ru***Винокуров Степан Леонидович***студент, Арктический государственный агротехнологический университет, г. Якутск,  
Россия, volfvinokurov@yandex.ru*

**Аннотация.** В условиях Республики Саха (Якутия), в настоящее время, преобладают малообъемные лесозаготовки, при которых лесозаготовители ограничены не только в финансовых возможностях для закупки техники, но и в кадровом потенциале, поэтому оптимальный выбор системы машин является ключевым для успеха работы предприятия.

**Ключевые слова:** лесозаготовки, сортиментная технология, бензиномоторные пилы, малообъемные лесозаготовки, системы машин.

**COMPARISON OF MACHINE SYSTEM OPTIONS  
FOR LOW-VOLUME LOGGING****Grigorev Igor Vladislavovich***Doctor of Technical Sciences, Professor, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk,  
Russia, silver73@inbox.ru***Vinokurov Stepan Leonidovich***Student, Arctic State Agrotechnological University, Yakutsk, Russia, volfvinokurov@yandex.ru*

**Abstract.** In the circumstances of the Republic of Sakha (Yakutia), there is currently a predominance of low-volume logging, where loggers are limited not only in their financial capacity to purchase equipment, but also in their human resources capacity, therefore the optimal choice of machine system is the key to a successful enterprise.

**Keywords:** logging, cut-to-length technology, petrol-powered saws, small volume logging, machine systems.

**Введение.** Как было отмечено на III Лесопромышленном форуме Республики Саха (Якутия), прошедшем 19 мая 2021 г. в Арктическом государственном агротехнологическом университете, в настоящее время в Республике Саха (Якутия) земли лесного фонда занимают более 83% территории, 255 млн. га. В связи с тем, что значительная часть стратегических объектов промышленности и экономического развития сосредоточена на землях лесного фонда, организация

предоставления лесных участков под строительство линейных объектов и разработку месторождений полезных ископаемых имеет важнейшее значение для развития республики. На территории республики действует более 5000 договоров аренды, часть из которых - 4500 приходится на выполнение работ по геологическому изучению недр, разработку месторождений полезных ископаемых, по строительству, реконструкции и эксплуатации линейных объектов. Заготовка древесины осуществляется по договорам аренды и договорам купли-продажи лесных насаждений, расчетная лесосека на территории республики составляет более 30 млн. м<sup>3</sup> в год за 2020 г. Общая лесозаготовка по всем видам рубок составила 1,339 млн. м<sup>3</sup> в год – всего 3,7% от расчетной лесосеки. Необходимо отметить, что эта лесозаготовка велась не только как промышленная заготовка древесины в целях ее реализации, но и для эксплуатации линейных объектов, линий электропередачи, дорог, трубопроводов и др., то есть это полностью вся древесина. Если брать промышленное освоение в целях переработки древесины, этот объем составляет 0,5%, не более. Другими словами, расчетная лесосека осваивается очень и очень незначительно.

На территории республики действует всего 12 договоров аренды в целях промышленной лесозаготовки древесины с установленным ежегодным объёмом заготовки 890 тыс. м<sup>3</sup> в год. Основными заготовителями являются ООО ЛПК «АЛМАС» и ООО «Витимская лесная компания», в Алданском, Олекминском, Усть-Алданском, Усть-Майском, Хангаласском районах.

На арендованных лесных участках работают также субъекты малого и среднего предпринимательства, для нужд местного населения. Министерством экологии, природопользования и лесного хозяйства Республики Саха (Якутия) ведется работа по закреплению новых лесных участков под заготовку древесины в промышленных масштабах. Так, по итогам аукциона, проведенного в декабре 2020 г., был заключен один договор аренды лесного участка ООО ЛПК «Алмас» на территории Ленского района с установленным объёмом заготовки 390 тыс. м<sup>3</sup> в год. В марте 2021 г. заключен один договор на территории Усть-Майского района с объёмом заготовки 2500 м<sup>3</sup> в год на субъект малого и среднего предпринимательства.

Основным проблемным фактором, с которым сталкиваются арендаторы - лесопользователи в Якутии, являются суровые природно-климатические условия, связанная с ними сезонность лесозаготовительных работ, отдалённость лесных участков, неразвитая лесная инфраструктура, коммерческая непривлекательность лесов по размерно-качественным характеристикам [1, 2], отсутствие достоверных данных о произрастающей древесине из-за устаревших материалов

лесоустройства. Необходимо отметить, что работа по лесоустройству, в небольшом объеме, но ежегодно проводится.

Ввиду выше изложенных проблем, высоких рисков неподтверждения качества и объема древесины на отдаленных участках, связанных с заготовкой древесины трудозатрат, сложностью прогнозирования экономических эффектов, большинство предпринимателей отказываются от долгосрочной аренды для заготовки древесины, и предпочитают работать по договорам купли-продажи лесных насаждений, которые заключаются сроком на 1 год.

**Материалы и методы исследования.** Использовались стандартные методы расчет производительности бригад на заготовке древесины, а также анализ различных практик работы лесозаготовительных предприятий при проведении малообъемных лесозаготовок.

**Результаты.** Исходя из современной ситуации на лесопромышленных предприятиях Российской Федерации в целом, и в Республике Саха (Якутия), в частности, технологический процесс лесосечных работ будет относиться к сортиментной группе. Исходя из принципа малообъемных лесозаготовок, ведущим оборудованием для выполнения рабочих операций является универсальная бензиномоторная пила, поскольку при небольших объемах заготовки вложения на приобретение дорогих, высокопроизводительных машин не окупятся [3].

Сортиментная технология лесозаготовок предусматривает вывозку из леса сортиментов. При этом они могут быть получены как на пасеке (скандинавская технология), так и на верхнем складе. Валка деревьев всегда выполняется на пасеке, обрезка сучьев и раскряжевка могут быть выполнены или на пасеке, или на верхнем складе [4, 5]. Рассмотрим следующие варианты организации технологического процесса основных лесосечных работ:

1. Валка → обрезка сучьев → формирование пакета хлыстов → трелевка → раскряжевка → штабелевка → отгрузка.

2. Валка → формирование пакета деревьев → трелевка → обрезка сучьев → раскряжевка → штабелевка → отгрузка.

3. Валка → обрезка сучьев → раскряжевка → формирование пакета сортиментов → трелевка → штабелевка → отгрузка.

В первом варианте обрезанную пилами крону часть (сучья, ветви, вершины) можно укладывать на трелевочные волокна для их укрепления, что особенно полезно в условиях почвогрунтов слабой несущей способности в теплое время года [6, 7].

При таком варианте на валку и обрезку сучьев можно поставить одного вальщика леса, в среднем, его сменная производительность должна составить 20 м<sup>3</sup>. Или можно поставить одного человека на валке деревьев, в среднем его сменная производительность должна составить 48 м<sup>3</sup> (при одиночной валке), и 84 м<sup>3</sup> при валке с помощником. После вальщика, на безопасном расстоянии в 50 м, можно поставить обрезчиков сучьев. Сменная производительность одного обрезчика сучьев в среднем составляет 24 м<sup>3</sup>.

На раскряжевке хлыстов и штабелевке сортиментов требуются 2 рабочих – разметчик, раскряжевщик. Сменная производительность у них составит 50 м<sup>3</sup>.

На трелевке хлыстов используем чокерный трактор, поскольку сортиментоподбожник (форвардер) может трелевать только сортименты, трактор с пачковым захватом (скиддер) работает, только если на пасеке есть уже сформированные пачки стволов, как после валочно-пакетирующей машины, бечокерные тракторы (типа ТБ-1 М) в настоящее время не выпускают. Чокерные тракторы можно еще найти на рынке.

Производительность чокерного трелевочного трактора составит 46 м<sup>3</sup>. С чокерным трактором работают два рабочих – тракторист и чокеровщик.

Тогда для первого варианта, при сменной производительности 46 м<sup>3</sup>, получим следующий состав бригады: вальщик, 2 обрезчика сучьев, тракторист, чокеровщик, 2 человека на раскряжевке и раскатке в штабели – 7 человек на основных работах, 4 основных бензиномоторных пилы, 1 трактор.

Если задаться годовым объемом заготовки в 50 тыс. м<sup>3</sup>. При необходимой суточной производительности 200 м<sup>3</sup> (работа в одну смену, 250 рабочих дней), получим:  $200/46 \approx 4$  бригады, с учетом допустимого превышения возможной производительности 10%. Количество рабочих на основных работах:  $7 \cdot 4 = 28$  человек.

При втором варианте на пасеке также работает 1 вальщик, трелевку деревьев выполняет также чокерный трактор (2 человека). Стреленные на верхний склад деревья не следует укладывать в штабель, поскольку их потом будет невозможно вручную вытащить для обрезки сучьев и раскряжевки.

Для обработки стреленных на верхний склад деревьев можно предложить два варианта:

1. После трелевки и отцепки пачки деревья поштучно, при помощи того же трактора, или дополнительного легкого штабелера (рисунок 1), протаскиваются через установленный на верхнем складе делимбер (обрезчик сучьев, рисунок 2). Стоит такое оборудование не дорого, поскольку имеет только один привод на сучкорезные ножи. Большой квалификации для работы с ним также не требуется.



**Рис. 1.** Легкий штабелер на базе трактора МТЗ с бревнозахватом для протаскивания деревьев через делимбер



**Рис. 2.** Общий вид делимбера

Благодаря делимберу из состава бригады по варианту 1 можно сократить двух обрезчиков сучьев и одного рабочего из звена раскряжевка-раскатка на верхнем складе, поскольку делимбер в разы повышает и механизмирует самую малопродуктивную операцию – очистку деревьев от сучьев. В таком случае добавится легкий штабелер и его оператор. Разметку-раскряжевку полученных на делимбере и протасканных на разделочную эстаду хлыстов может выполнять один рабочий (рисунок 3). Производительность и в этом случае будет лимитироваться трелевкой.



**Рис.3.** Раскряжевка при помощи универсальной бензиномоторной пилы разделочной эстакаде

2. Вместо делимбера и штабелера на верхнем складе можно установить легкий самоходный процессор (сучкорезно-раскряжевочную машину), работающий от вала отбора мощности небольшого трактора, например, МТЗ (рисунок 4).

Такой вариант будет дороже по капиталовложениям, поскольку процессор стоит дороже делимбера, но позволит сократить еще одного рабочего на верхнем складе. Штабелевку сортиментов, произведенных процессором, может делать основной трелевочный трактор, который будет трелевать пачки деревьев в зону действия манипулятора процессора. Производительность и в этом случае будет лимитироваться трелевкой.



**Рис. 4.** Легкий самоходный процессор, работающий от вала отбора мощности небольшого трактора

В результате получим такие варианты:

При работе с делимбером на верхнем складе: 1 вальщик, 1 чокеровщик, 2 тракториста, 1 раскряжевщик – 5 человек. 4 бригады:  $5 \cdot 4 = 20$  человек.

При работе с процессором на верхнем складе: 1 вальщик, 1 чокеровщик, 1 тракторист, 1 оператор процессора - 4 человека. 4 бригады:  $4 \cdot 4 = 16$  человек.

Большим плюсом для возможности диверсификации производства являются варианты, при которых кроновая часть концентрируется на площадке верхнего склада и в дальнейшем может быть переработана в востребованную продукцию с повышенной добавочной стоимостью [8, 9].

При третьем варианте (скандинавская технология) на трелевке следует использовать легкий форвардер. Поскольку высокопроизводительный специальный иностранный форвардер стоит очень дорого, можно использовать форвардер на базе МТЗ (рисунок 5) [10]. Для работы в условиях

переувлажненных почвогрунтов трактор можно перевести на полугусеничный ход (рисунок 6) [11, 12].



Рис. 5. Форвардер на базе трактора МТЗ

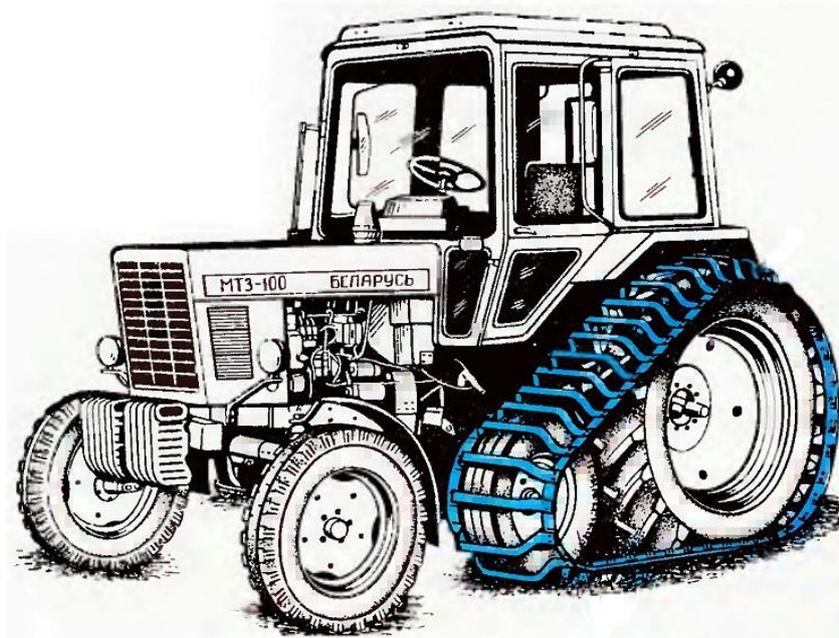


Рис. 6. Трактор МТЗ на полугусеничном ходу

В данном случае, по производительности, получаем следующее: сменная производительность форвардера составит –  $70 \text{ м}^3$ , а производительность вальщика при работе под форвардер –  $10 \text{ м}^3$ .

Поскольку, в отличие от харвестера, вальщик леса не может качественно выполнить окучивание сортиментов на пасеке, форвардер потратит больше времени на сбор воя, но даже и в этом случае его сменная производительность будет больше  $60 \text{ м}^3$ .

В принципе, можно организовать работу по заготовке сортиментов по первому варианту – 1 вальщик леса и 2 рабочих на обрезке сучьев и раскряжке,

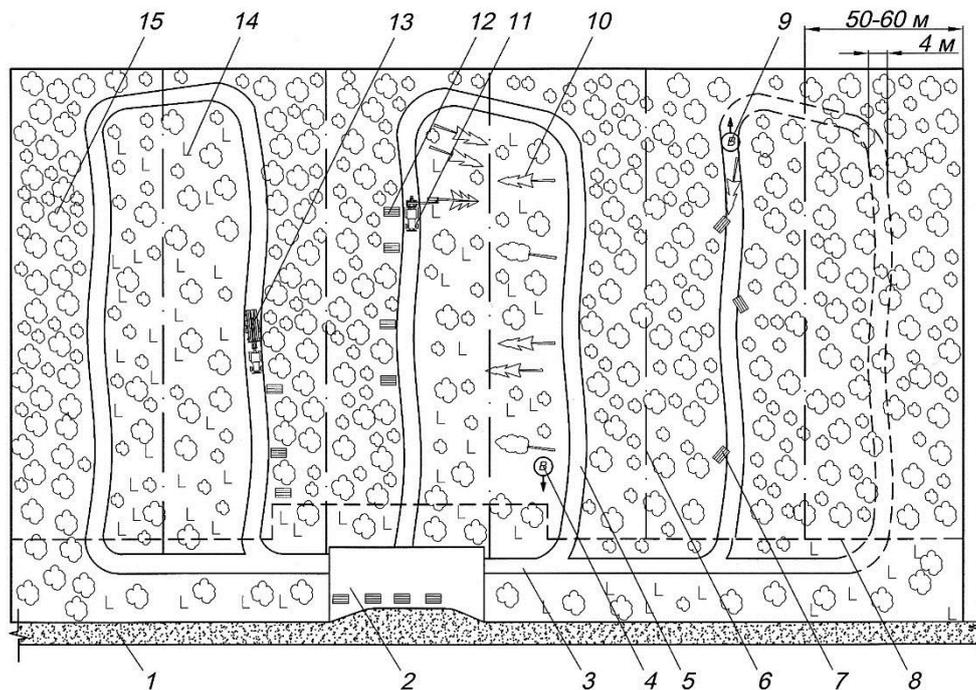
тогда получим производительность около  $30 \text{ м}^3$  на такое звено. При площади лесосеки в 50 га, можно безопасно разместить на лесосеке одновременно 2 таких звена, а между ними будет курсировать форвардер и собирать полученные сортименты, затем трелевать их на погрузочный пункт и укладывать в штабели.

Тогда для этого варианта, при сменной производительности  $60 \text{ м}^3$ , получим: 2 вальщика леса, 4 человека на обрезке сучьев и раскряжке, 1 оператор форвардера – 7 человек. При необходимой суточной производительности  $200 \text{ м}^3$  (работа в одну смену), получим:  $200/60 \approx 3$  бригады с учетом допустимого завышения возможной производительности 10%. Количество рабочих на основных работах:  $7*3=21$  человек.

Но возможно сделать и по-другому: после вальщика леса, вместо звеньев по обрезке сучьев и раскряжке, на безопасном расстоянии в 50 м, пустить по пасекам легкий процессор (рисунок 7). Такой вариант с тяжелым процессором и после валочно-пакетирующих машин, достаточно широко используется в Сибири. Этот вариант также хорош тем, что при протаскивании дерева через сучкорезные ножи процессора над пасечным волоком кроновая часть падает на него и укрепляет, что облегчает многократный проезд форвардера.

Производительность процессора, в стационарном варианте работы должна составить  $66 \text{ м}^3/\text{смена}$ , с учетом необходимости его переездов получим примерно  $48 \text{ м}^3/\text{смена}$ , как и у вальщика леса.

Тогда для данного варианта получим: 1 вальщик, 1 оператор процессора, 1 форвардер – 3 человека. При необходимой суточной производительности  $200 \text{ м}^3$  (работа в одну смену), получим:  $200/48 \approx 4$  бригады. Количество рабочих на основных работах:  $3*4=12$  человек.



**Рис. 7.** Схема разработки лесосеки с использованием бензиномоторной пилы, навесного процессора и форвардера:

1 – лесовозной дороги; 2 – погрузочный пункт; 3 – магистральный трелевочный волок; 4 – вальщик леса; 5 – пасечный трелевочный волок; 6 – граница пасек; 7 – пачки сортиментов, сформированные при рубке волока; 8 – граница зоны безопасности; 9 – вальщик леса на рубке волока; 10 – вырубленные деревья; 11 – процессор; 12 – пачки сортиментов; 13 – форвардер; 14 – пни; 15 – насаждения до рубки

При таком варианте, первым идет вальщик леса, за ним, на безопасном расстоянии в 50 м процессор, за ним форвардер.

В связи с тем, что большинство лесозаготовительных предприятий России, включая и предприятия Республики Саха (Якутия), испытывают острый кадровый голод, наиболее предпочтительным можно считать последний вариант, т.к. он требует наименьшего числа работников.

Для трелевки хлыстов и деревьев можно взять отечественный чокерный трактор МСН-10 (рисунок 8), который выпускается алтайским заводом специального машиностроения (АЗСМ) «Прогресс».



**Рис.8.** Чокерный трелевочный трактор МСН-10

Для погрузки сортиментов из штабелей на погрузочном пункте лучше использовать метод самопогрузки – при помощи гидроманипуляторов автолесовозов. Для условий малообъемных лесозаготовок это предпочтительнее, чем покупать отдельный погрузчик и создавать дополнительное функциональное звено на погрузке. Хотя, конечно, у самопогружающихся автолесовозов удельный расход топлива больше, а полезная грузоподъемность меньше, чем у обычных, поскольку им приходится возить дополнительное технологическое оборудование – гидроманипулятор. Но для не очень больших расстояний вывозки, например, к лесному терминалу, этот вариант предпочтительнее, особенно когда на каждой конкретной лесосеке вырубаемой древесины не много, а самих лесосек много [13, 14].

**Заключение.** Как видим, без значительных инвестиций в основные средства, возможно существенно сократить необходимое количество рабочих на выполнении основных работ. При этом считаем, что объем трудозатрат на подготовительные и вспомогательные работы одинаков.

### Литература

1. Куницкая О.А., Пудова Т.М., Никитина Е.И Перспективные направления переработки низкотоварной древесины и древесных отходов в Республике Саха (Якутия) // Потенциал науки и образования: современные исследования в области агрономии, землеустройства, лесного хозяйства. 2019. С. 14-18.
2. Куницкая О.А. Направления комплексной переработки хвой лиственницы Даурской // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Пятой

- Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. 2019. С. 58-59.
3. Рудов М.Е., Куницкая О.А., Григорьев М.Ф., Степанова Д.И., Григорьева А.И. Экологические и лесоводственные аспекты работы лесных машин в лесах криолитозоны // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2020. № 57. С. 14-17.
  4. Григорьева О.И. Перспективные направления повышения эффективности проведения рубок ухода за лесом // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы третьей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2017. С. 56-58.
  5. Григорьева О.И. Повышение эффективности проведения рубок ухода за лесом // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Второй Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 65-летию высшего лесного образования в Республике Карелия. 2016. С. 70-73.
  6. Куницкая О.А., Рудов С.Е., Зорин М.В. Перспективы использования пластиковых плит строительства временных транспортных путей // Машиностроение: новые концепции и технологии. Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых. Красноярск, 2020. С. 98-103.9.
  7. Рудов С.Е., Просужих А.А., Куницкая О.А. Новые пути повышения проходимости лесных машин на слабонесущих почвогрунтах // Повышение эффективности управления устойчивым развитием лесопромышленного комплекса. Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной 90-летию Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова. Редколлегия: Е.А. Яковлева [и др.]. 2020. С. 449-454.
  8. Куницкая О.А. Повышение эффективности лесной промышленности Республики Саха (Якутия) путем развития лесохимических технологий // Повышение эффективности лесного комплекса. Материалы Шестой Всероссийской национальной научно-практической конференции с международным участием. Петрозаводск, 2020. С. 88-89.
  9. Власов Ю.Н., Куницкая О.А. Оптимальные параметры сырья для производства топливных брикетов из древесины // Лесоэксплуатация и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2020. С. 45-49.
  10. Куницкая О.А., Давтян А.Б., Просужих А.А., Григорьев М.Ф., Григорьева А.И. Обоснование конструкции форвардера на базе сельскохозяйственного трактора // Энергоэффективность и энергосбережение в современном

- производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. 2020. С. 309-313.
11. Рудов С.Е., Куницкая О.А. Теоретические исследования экологической совместимости колесных лесных машин и мерзлотных почвогрунтов лесов криолитозоны // Транспортные и транспортно-технологические системы. Материалы Международной научно-технической конференции. Отв. редактор Н.С. Захаров. 2020. С. 323-326.
  12. Бурмистрова О.Н., Просужих А.А., Хитров Е.Г., Рудов С.Е., Куницкая О.А., Калита О.Н. Влияние переменных коэффициентов сопротивления движению и сцепления на производительность форвардера // Деревообрабатывающая промышленность. 2021. № 1. С. 3-16.
  13. Куницкая О.А., Мануковский А.Ю., Востриков Д.С., Григорьев В.И., Федорова Т.Н. Бизнес по строительству лесных дорог в России // Энергоэффективность и энергосбережение в современном производстве и обществе. Материалы международной научно-практической конференции. 2020. С. 121-126.
  14. Куницкая О.А., Помигуев А.В. Перспективы развития систем генерирования и преобразования электрической энергии для лесных терминалов // Лесозэксплуатация и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. Красноярск, 2021. С. 124-128.

© Григорьев И.В., Винокуров С.Л., 2021