

ВЛАДИМИР ИВАНОВИЧ СКРЫПНИК

заведующий лабораторией технологии лесосечных работ и транспорта леса Карельского научно-исследовательского института лесопромышленного комплекса, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

balasvet@psu.karelia.ru

АЛЕКСЕЙ ВЛАДИМИРОВИЧ КУЗНЕЦОВ

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и оборудования лесного комплекса лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

kuzalex@psu.karelia.ru

ЮЛИЯ АЛЕКСЕЕВНА РАТМАНОВА

студентка 5-го курса лесоинженерного факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)

trinad13@list.ru

СПОСОБЫ МИНИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ПЕРВИЧНЫЙ ТРАНСПОРТ ЛЕСА

Работа посвящена исследованию минимизации затрат при транспортном освоении лесного фонда лесозаготовительным предприятием. На основе полученных результатов представлены выводы и рекомендации, позволяющие оценить экономическую целесообразность строительства временных лесовозных дорог (усов), продолжения усов в пределы лесосеки или трелевки на это расстояние тракторами.

Ключевые слова: лесосека, волок, трелевка, ус, критический объем вывозки, технологическая схема освоения лесосеки

В настоящее время перед лесозаготовителями остро стоит проблема минимизации затрат при транспортном освоении лесного фонда, ведь издержки на выполнение операций, связанных с первичным транспортом леса, могут достигать 50 % в общем объеме лесотранспортных работ. Несмотря на то что этой проблеме уделялось достаточно много внимания в исследованиях ученых СПбЛТА, ВГЛТА, МарГТУ, МГУЛ, ЦНИИМЭ, ГНЦ ЛПК [1], [2], [3], ряд вопросов в области повышения эффективности транспортно-заготовительных операций окончательно не решен. Одним из направлений этих исследований [8], [9], [10] является повышение эффективности функционирования первичной лесотранспортной сети лесозаготовительного предприятия в реальных природно-производственных условиях. В рамках этого направления должны быть решены две основные задачи.

1. Определение критического объема ($Q_{кр}$) вывозки леса из лесосеки, при превышении которого экономически целесообразно устройство временных лесовозных дорог (усов); в случае если запас леса меньше $Q_{кр}$, лес целесообразно трелевать тракторами по магистральным волокнам за пределы лесосеки.

2. Если до лесосеки прокладывается ус, то необходимо обосновать целесообразность продолжения усов в ее пределы и определить оптимальную технологическую схему освоения лесосеки.

В работе профессора В. И. Алябьева [1], а также в трудах исследователей Карельского науч-

но-исследовательского института лесопромышленного комплекса ПетрГУ [6] рассматривались вопросы определения целесообразности строительства усов при освоении небольших лесосек. В настоящее время эти вопросы стали более актуальными, так как при сортиментной заготовке сбор, трелевка, сортировка и штабелевка леса производится форвардерами (тракторами-сортиментовозами). Форвардеры на колесной базе имеют большую скорость, чем гусеничные трелевочные тракторы, и, что особенно важно, трелевочные тракторы, и, что особенно важно, трелевочные тракторы в полностью погруженном положении, что исключает повреждения древесины, которые имеют место при трелевке деревьев или хлыстов в полупогруженном положении. Поэтому форвардеры можно использовать в определенных условиях для транспортировки сортиментов на значительные расстояния.

В работе [7] приведены зависимости для определения $Q_{кр}$, выведенные нами для решения тех же задач. Анализ показал, что зависимости, представленные в работах [1], [6], не учитывают несколько существенных факторов: 1. Расстояние трелевки. 2. Время на набор и разгрузку вoза. 3. Эксплуатационные затраты в смену (стоимость машино-смены) при работе форвардера на лесосеке и за ее пределами. 4. Принимается одинаковая скорость движения по лесосеке и за ее пределами, хотя на практике эти значения отличаются. В конечном итоге игнорирование этих факторов приводит к значительным ошибкам при определении критического значения объема перевозки леса ($Q_{кр}$).

Расчеты показали, что при определении критической величины $Q_{кр}$ по рекомендациям [1] его значение завышено от 2 до 4 раз. Невозможно транспортировать тракторами или форвардерами объемы леса более 10–15 тыс. м³. Производительность тракторов при расстоянии транспортировки более 3–4 км резко падает, подстилающие грунты на магистральном волоке не выдерживают большого количества проходов машин и требуют больших затрат на содержание. Кроме того, нужно резко увеличить парк трелевочных тракторов (форвардеров).

С использованием полученных нами зависимостей составлена программа для определения критического значения величины $Q_{кр}$ с учетом всех влияющих факторов, а также построены номограммы для упрощения расчетов в условиях лесозаготовительных предприятий [7].

Проведенное с использованием разработанных методов и выведенных расчетных зависимостей обоснование критических объемов дало возможность определить лучший вариант транспортного освоения лесосеки для конкретных производственных условий: 1) строительство усов с вывозкой по ним леса от лесосеки автотранспортом к ближайшему погрузочному пункту; 2) трелевка леса тракторами на это расстояние.

Если доказана необходимость строительства уса до разрабатываемой лесосеки, следует определить целесообразность продолжения уса в пределы лесосеки с целью снижения суммарных затрат на прокладку волоков, трелевку, строительство уса и транспортировку леса по усу до границ лесосеки.

В настоящее время при разработке делянок применяются в основном три технологические схемы [1], [2] (рис. 1).

• Метод широкого фронта применяется в тех случаях, когда погрузочные пункты просты и затраты на их подготовку очень незначительны. Эта схема получила большое распространение после широкого внедрения в производство челюстных погрузчиков. В последние годы на погрузке хлыстов, и особенно сортиментов, в автопоездах в значительных масштабах используются манипуляторы, устанавливаемые

на автопоездах. В этом случае затраты на устройство площадок под штабеля еще больше минимизируются.

- Параллельная схема применяется в тех случаях, когда требуется концентрация стрелеванного леса в одном месте или при невозможности обустройства погрузочных пунктов по природно-производственным условиям (рельеф, несущая способность грунтов, укладки леса вдоль уса), когда несколько пасечных параллельных волоков выходят на один магистральный волок.
- Радиальная схема позволяет при одинаковой площади делянки значительно сократить расстояние трелевки по сравнению с параллельной схемой, за счет того что магистральные волока соединяют отдельные участки делянок с погрузочным пунктом по кратчайшим направлениям.

В современных условиях ввиду многообразия техники, возможности эксплуатации в различных условиях указанные классические схемы не должны быть догмой. Они могут дополняться, изменяться и совершенствоваться с учетом возможности машин, оборудования и конкретных природно-производственных условий.

Рассмотрим возможность снижения затрат, когда до лесосеки построен ус, путем уменьшения среднего расстояния трелевки за счет продолжения лесовозного уса в пределах лесосеки. Делянку осваивают по параллельной схеме с использованием харвестера и форвардера (рис. 2). Технологическая схема работы: харвестер, двигаясь от дороги вглубь лесосеки, производит валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжевку на сортименты и частичную их штабелевку, затем в дальнем конце лесосеки сдвигается на ширину полупасеки, разворачивается и, двигаясь в обратном направлении, производит те же операции. Форвардер, двигаясь от дороги, собирает сортименты, укладывает их в кузов, причем, удаляясь от дороги, он укладывает сортименты одного размера, возвращаясь, подбирает сортименты других размеров, затем движется по магистральному волоку к погрузочной площадке, где производит сортировку и штабелевку сортиментов.

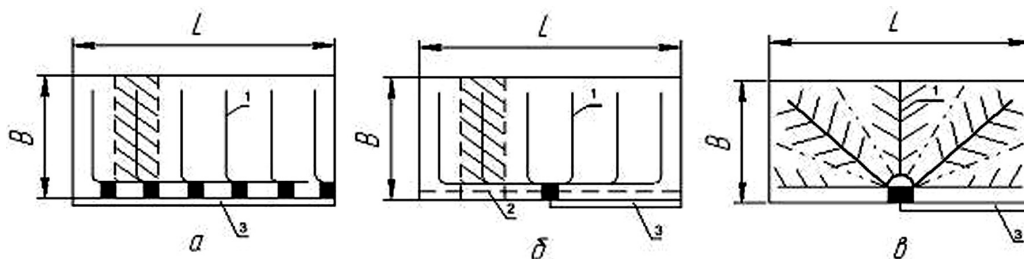


Рис. 1. Схемы расположения трелевочных волоков: а – с широким фронтом отгрузки; б – параллельная; в – радиальная. 1 – пасечный волок; 2 – магистральный волок; 3 – ус

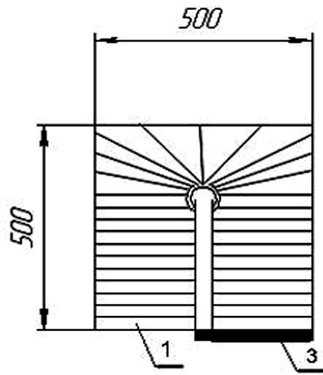


Рис. 2. Параллельная схема разработки делянки

Зададимся исходными данными: разработка делянки ведется с использованием комплекса машин в составе харвестера МЛХ-434 и форвардера МЛ-131. Длина делянки $L = 500$ м, ширина $B = 500$ м, запас на 1 га – 150 м^3 . По данным хронометражных наблюдений, средний объем воза при среднем объеме хлыста $0,25 \text{ м}^3$ составляет $9,7 \text{ м}^3$. Скорость движения по волоку в грузовом направлении – 56 м/мин. , в порожнем – 71 м/мин. , время погрузки $t_n = 25$ мин. Расчеты показали, что стоимость прокладки уса в пределах лесосеки – 60 тыс. руб./км , стоимость транспортировки по усу 1 м^3 леса – 5 руб./км , время разгрузки $t_p = 10,24 \text{ мин.}$, стоимость строительства уса внутри лесосек – 60 тыс. руб. Объем леса – $150 \cdot 0,25 = 3750 \text{ м}^3$. В базовом варианте среднее расстояние трелевки $l_{cp} = 0,5 \cdot 500 + 0,25 \cdot 500 = 375 \text{ м}$. Предполагается в середине лесосек проложить ус на расстояние 320 м . В этом случае среднее расстояние трелевки до уса составляет 125 м . Затраты на трелевку (соответственно в базовом C_{1Ty} и проектном варианте C_{2Ty}) определялись по известным формулам в расчете на 1 м^3 :

$$C_{1Ty} = \frac{C_m}{P_1}, \quad C_{2Ty} = \frac{C_m}{P_2}; \quad (1)$$

$$P_1 = \frac{T_{cm} \cdot K_g \cdot Q}{t_{nn} + t_p + \frac{l_{cp1}}{v_{nop}} + \frac{l_{cp1}}{v_{cp}}}, \quad P_2 = \frac{T_{cm} \cdot K_g \cdot Q}{t_{nn} + t_p + \frac{l_{cp2}}{v_{nop}} + \frac{l_{cp2}}{v_{cp}}}, \quad (2)$$

где C_m – стоимость машино-смены форвардера с зарплатой оператора, руб.; P_1, P_2 – производительность форвардера в базовом и проектном варианте соответственно, $\text{м}^3/\text{см}$; T_{cm} – время смены, мин.; K_g – коэффициент использования времени смены ($0,812$); Q – объем пачки сортиментов, м^3 ; l_{cp1}, l_{cp2} – среднее расстояние трелевки в базовом и проектном варианте соответственно, м; v_{nop} и v_{cp} – скорость движения трактора (форвардера) в порожнем и грузовом направлении соответственно, м/мин. ; t_{nn} и t_p – время набора пачки и разгрузки, мин.

В результате расчетов по формулам (1) и (2) в базовом варианте получим $P_1 = 80,05 \text{ м}^3/\text{см}$; $C_{1Ty} = 62,46 \text{ руб.}\cdot\text{м}^3$. Затраты на трелевку всего

объема C_{1T} равны затратам на освоение лесосеки $C_{01} = 62,46 \cdot 375,0 = 234225 \text{ руб.}$

В проектном варианте $P_2 = 95,14 \text{ м}^3/\text{см}$; $C_{2Ty} = 52,55 \text{ руб./м}^3$. Затраты на трелевку всего объема $C_{2T} = 52,5 \cdot 3750 = 196875 \text{ руб.}$ Затраты на строительство уса $C_y = 60\,000 \cdot 0,32 = 19\,200 \text{ руб.}$ Затраты на перевозку по усу определяем следующим образом: на расстояние $0,32 \text{ км}$ перевозится $0,36$ всего объема; на расстояние $0,32/2 \text{ км} = 0,64$ всего объема, следовательно, среднее расстояние транспортировки по усу составит $0,22 \text{ км}$, отсюда $C_{ny} = 5 \cdot 3750 \cdot 0,22 = 4125,5 \text{ руб.}$ Экономия затрат от упразднения устройства магистрального волока: $C_{mv} = 15\,000 \times 0,25 = 3750 \text{ руб.}$ Суммарные затраты на трелевку, строительство уса, перевозку по усу и экономия от упразднения устройства магистрального волока $C_{02} = 196\,875 + 19\,200 + 4687,5 - 3750 = 212\,887,5 \text{ руб.}$ Соотношение затрат $C_{01} / C_{02} = 1,10$, то есть при устройстве и сокращении расстояния трелевки затраты уменьшаются на 10% .

Соотношение затрат C_{01} / C_{02} во многом зависит от конфигурации лесосеки и варьируется от $1,1$ до $1,24$. Например, при длине и ширине лесосеки $1000 \times 1000 \text{ м}$, запасе леса в лесосеке $15\,000 \text{ м}^3$ и остальных тех же условиях, что и в предыдущем примере, $C_{01} / C_{02} = 1,24$.

В определенных условиях эффект от устройства усов внутри лесосеки может быть еще выше. В частности, это возможно, если в покрытие уса будут уложены древесные отходы, появившиеся в процессе обрезки сучьев с деревьев при заготовке леса в хлыстах или обрезке сучьев и раскряжке при сортиментной заготовке. В обоих случаях эффект достигается за счет снижения стоимости усов. При заготовке леса с использованием валочно-трелевочно-процессорной машины (ВТПМ) [4], [5] технология работы заключается в следующем: вначале ВТПМ работает на трассе уса и примыкающей полосе, на расстоянии $15\text{--}20 \text{ м}$ производит валку деревьев, обрезку сучьев и раскряжку, укладывая древесные отходы на трассу уса. После этого бензопилами спиливаются пни заподлицо. Затем на лесосеке производится валка и трелевка деревьев к трассе уса, у трассы уса – обрезка сучьев, раскряжка деревьев. Древесные отходы остаются на трассе уса. В процессе сортировки и штабелевки сортиментов форвардером они уплотняются и служат покрытием уса. При необходимости древесные отходы засыпаются слоем грунта, взятого с канав по обе стороны уса.

Таким образом, укладка древесных отходов в покрытие уса производится в процессе выполнения ВТПМ основной работы – заготовки сортиментов. При этом исключаются затраты на доставку древесных отходов, что позволяет минимизировать стоимость строительства уса. В сравнении с прокладкой магистрального волока добавляются лишь затраты на укладку в покрытие из древесных отходов грунта, что

производится лишь на 20–30 % протяженности дороги. Проведенные расчеты показывают, что стоимость строительства уса по этой технологии составляет не более 45 тыс. руб.

Определим эффективность заготовки леса по предлагаемой технологической схеме со строительством уса. $L = 1000$ м, $B = 1000$ м, $Q = 15000$ м³, работа в базовом варианте производится по параллельной схеме. Производительность ВПТМ (в базовом и проектном вариантах) на валке-трелевке [4]:

$$\Pi_1 = \frac{T_{см} \cdot K_v \cdot Q}{t_{vy} \cdot Q + t_p + \frac{l_{cp1}}{v_{пор}} + \frac{l_{cp1}}{v_{cp}}}, \Pi_2 = \frac{T_{см} \cdot K_v \cdot Q}{t_{vy} \cdot Q + t_p + \frac{l_{cp2}}{v_{пор}} + \frac{l_{cp2}}{v_{cp}}}, \quad (3)$$

где Q – объем трелюемой пачки, м³ (9,7 м³); $v_{пор}$ и v_{cp} – скорость движения ВПТМ в порожнем и грузовом направлении соответственно, м/мин.; t_{vy} и t_p – время валки, укладки в коник 1 м³ (2,53 мин.) и разгрузки соответственно, мин.

В базовом варианте $l_{cp} = 500 + 250 = 750$ м. В рассматриваемом варианте $l_{cp} = 250$ м. По формуле (6): $\Pi_1 = 63,88$ м³/см; $\Pi_2 = 103,11$ м³/см. Затраты на строительство уса $C_y = 45\,000 \cdot 0,6 = 27\,500$ руб. Затраты на транспортировку по усу $C_{ny} = 5 \cdot 0,42 \cdot 15\,000 = 31\,500$ руб. Снижение затрат за счет упразднения магистрального волока на расстояние 0,5 км: $15\,000 \cdot 0,5 = 7500$ руб. $C_{20} = 727\,379 + 27\,500 + 31\,500 - 7500 = 778\,879$ руб. В результате расчетов получим, что суммарные затраты по базовому варианту $C_{10} = 1\,103\,636$ руб., по проектному варианту – 778 879 руб. Отсюда $C_{10} / C_{20} = 1\,103\,636 / 778\,879 = 1,42$, то есть транспортные затраты на освоение лесосек в проектном варианте меньше на 42 %.

Строительство волоков по технологии с укладкой древесных отходов в покрытие уса в процессе обрезки сучьев и раскряжевки может быть организовано и с использованием других комплектов машин. Например, валка-трелевка валочно-трелевочными машинами; валка бензо-

пилами; трелевка тракторами с тросочерным оборудованием или тракторами с манипулятором; валка валочно-пакетирующими машинами; трелевка тракторами с манипулятором или с пачковым захватом (скиддерами). На обрезке сучьев и раскряжевке во всех приведенных случаях используются сучкорезно-раскряжевные машины отечественного или зарубежного производства.

ВЫВОДЫ

В настоящее время при разработке лесосек и делянок применяются несколько типовых технологических схем. Трелевка деревьев, хлыстов или сортиментов производится либо к одному погрузочному пункту, либо к усу, проходящему вдоль лесосеки (делянки), при этом штабеля деревьев, хлыстов или сортиментов располагаются вдоль этого уса.

Если до лесосеки целесообразно строительство уса, то по приведенным в работе методике и зависимостям можно определить условия, при которых целесообразно проложить ус в пределах лесосеки (делянки), снизив этим расстояние трелевки. Проведенными расчетами доказано, что при прокладке уса внутри лесосеки (делянки) суммарные затраты на трелевку, прокладку магистральных волоков, временных дорог и транспортировку до точки примыкания уса к лесосеке в сравнении с базовым вариантом (трелевка до погрузочного пункта, находящегося на периферии лесосеки) меньше на 10–30 % (в зависимости от формы, площади лесосеки и запаса леса).

Экономический эффект определяется в основном снижением расстояния трелевки; также он обусловлен соотношением удельных затрат на вывозку леса по усу автопоездами и трелевку форвардерами. Наибольший эффект может быть получен при устройстве покрытия уса из древесных отходов по описанной в работе технологии, при заготовке сортиментов с использованием ВПТМ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алябьев В. И. Оптимизация производственных процессов на лесозаготовках. М.: Лесн. пром-сть, 1977. 232 с.
2. Виногоров Г. К. Лесосечные работы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 272 с.
3. Кочегаров В. Г., Бит Ю. А., Меньшиков В. Н. Технология и машины для лесосечных работ. М.: Лесн. пром-сть, 1990. 392 с.
4. Патент РФ на изобретение «Способ выполнения лесосечных работ агрегатной машиной» № 2426303, зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РФ 20 августа 2011 г.
5. Патент РФ на полезную модель «Валочно-трелевочно-процессорная машина» № 94111, зарегистрирован в Государственном реестре полезных моделей РФ 10 мая 2010 г.
6. Рекомендации по организации и планированию освоения разрозненных лесосек / Весоюзное лесопромышленное объединение Кареллеспром, Карельский научно-исследовательский институт лесной промышленности. Петрозаводск, 1978. 112 с.
7. Скрыпник В. И., Кузнецов А. В. Обоснование целесообразности строительства временных лесовозных дорог (усов) // Актуальные проблемы лесного комплекса: Сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. / Под общ. ред. Е. А. Памфилова. Вып. 30. Брянск: БГИТА, 2011. С. 168–171.
8. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Галактионов О. Н. Техническое оснащение современных лесозаготовок. СПб.: Профи-информ, 2005. 337 с.
9. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Кузнецов А. В., Пладов А. В. Вывозка леса автопоездами. Техника. Технология. Организация. СПб.: ПРОФИКС, 2008. 304 с.
10. Шегельман И. Р., Скрыпник В. И., Кузнецов А. В. Анализ показателей работы и оценка эффективности лесозаготовительных машин в различных природно-производственных условиях // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Сер. «Естественные и технические науки». 2010. № 4 (109). С. 66–75.