

Данные телеметрии как фактор МИНИМИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСОЗАГОТОВОК

М.Ю. Васенёв

Аннотация – В данной статье подчёркивается важность отслеживания перемещений лесных машин, с целью снижения их негативного воздействия на окружающую среду (тяжелая техника существенно повреждает подстилку, изменяет различные параметры почвы). Кроме того, анализ данных телеметрии от лесозаготовительных машин (ЛЗМ) ныне чрезвычайно важен из-за перехода к более рациональному и бережному использованию лесных ресурсов. Растёт популярность выборочных рубок. Также в связи с сокращением доступного к освоению лесного фонда - повышается целесообразность заготовок древесины в условиях гористой местности и на слабонесущих грунтах. Становится необходимым анализ в реальном времени, например, таких параметров, как номинальное давление на грунт (NGP), угол поворота машины, уклон поверхности и т.д. Помимо этого, в статье выделяются некоторые частые нарушения при лесозаготовках, которые можно своевременно выявить и предотвратить их дальнейшее усугубление с использованием телеметрических данных, полученных от машины. Рассматривается проблема повреждения древостоя при перемещениях лесной техники, предлагается новый метод для борьбы с ней. Даются рекомендации и делаются соответствующие выводы на основе изложенного в статье.

Ключевые слова - лесные машины, данные телеметрии, NGP, угол поворота, повреждение древостоя.

I. ВВЕДЕНИЕ

Одной из задач государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов является «сохранение экологического потенциала лесов». В связи с этим в России постепенно растёт популярность интенсивной модели лесоиспользования и непосредственно связанным с ней «увеличением объема древесины, заготавливаемой выборочными рубками в пригодных для этого лесных насаждениях, с учетом совершенствования технологий и правил их проведения, а также усиления контроля за их соблюдением» [1].

На данный момент именно выборочные рубки считаются наиболее экологичным и бережным способом заготовки леса. При нём постоянно остаются земли в лесопокрытом состоянии, сохраняются и все полезные функции леса – защитные, водоохранные, почвозащитные, противозерозионные и т.д [2].

Кроме этого, для минимизации негативного воздей-

ствия рубки необходимо использовать соответствующие району лесозаготовок технику и технологии.

Хочется подчеркнуть, что в рамках данной статьи не будут затрагиваться ни разработка новых технологических схем, что в большей степени является задачей для лесного инженера, ни модификация движителей существующих лесозаготовительных машин. Внимание будет сконцентрировано на особенностях использования телеметрических данных, получаемых от ЛЗМ, с целью снижения негативного воздействия при перемещениях.

Данные телеметрии традиционно используются в лесной отрасли для задач комплексного мониторинга: от посадки и рубки лесных насаждений до перевозки и переработки сортиментов.

Существуют масштабные решения для сбора и анализа таких данных, например, от отечественных компаний «Galileosky» и «Аэромакс», финской «Solita» - с ними можно ознакомиться по ссылкам [3-5]. Более того, данные можно получить от телематических систем, поставляемых вместе с ЛЗМ, например: MaxiFleet от Komatsu, JDLINK™ telematics от JohnDeere и др.

В контексте одной статьи сложно описать все возможные способы использования этих данных в лесной отрасли, поэтому, как уже было сказано ранее, остановимся на вопросе совершенствования процесса перемещения лесной техники по лесосеке (рис.1).

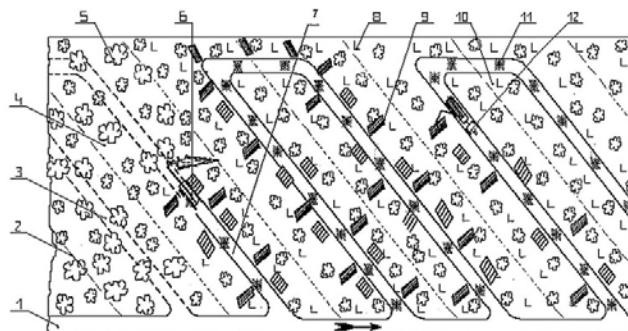


Рис. 1. Типовая технологическая схема разработки лесосеки при выборочных рубках: 1 – магистральный волок; 2 – граница пасеки; 3 – размеченный волок (до рубки); 4 – полупасака до рубки; 5 – растущее дерево; 6 – харвестер; 7 – прорубленный волок; 8 – пень; 9 – пачка сортиментов; 10 – полупасака после рубки; 11 – порубочные остатки; 12 – форвардер [6].

Выше, на рис. 1 представлена типовая технологическая схема разработки лесосеки при выборочных рубках

с использованием харвестера и форвардера: харвестер производит валку деревьев, очистку от сучьев и раскряжевку на сортименты, а их сбор, погрузку и транспортировку до верхнего склада осуществляет форвардер.

II. ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЛЗМ

Системы поддержки принятия решений (СППР) позволяют упростить и автоматизировать процесс принятия решений, а также улучшить их качество.

СППР рационально представлять в виде интерактивных дашбордов, где данные отображаются с помощью различных средств визуализации: таблиц, графиков, схем и т.д. В качестве иллюстрации, можно привести СППР для оценки негативного влияния ЛЗМ, разработанную автором на основе методов [7] и описанную в работе [8], см. рис. 2.

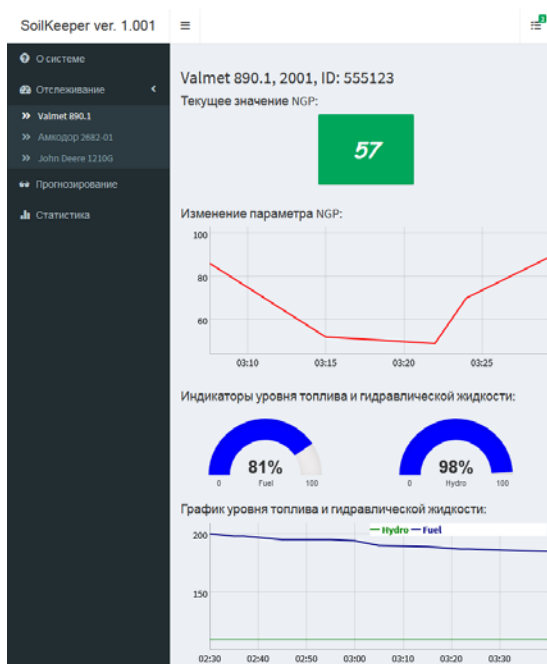


Рис. 2. Отслеживание информации по ЛЗМ в СППР

Далее кратко охарактеризуем некоторые частые нарушения, возникающие при лесозаготовках, которые необходимо своевременно выявлять и принимать по ним соответствующее решение:

а) Нарушение технологической карты (ТК)

Согласно приказу Минтруда РФ № 644н, лесосечные работы должны осуществляться в соответствии с ТК, утвержденной работодателем или иным уполномоченным работодателем должностным лицом [9].

Исходя из этого, выделяют такие нарушения ТК, как:

- изменение схемы прокладки волоков;
- прокладка новых временных лесовозных путей по запрещённым участкам;
- изменение мест расположения технологических участков и т.д [10].

Например, за нарушение правил вывозки древесины с территорий рубок установлены крупные денежные штрафы (до 400 тыс. руб. за отсутствие бортовых систем контроля на сортиментовозе) [11].

Данные нарушения и их количество удобно представ-

лять на карте, см. рис.3.

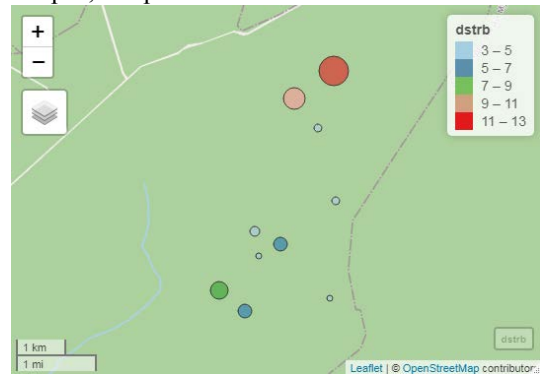


Рис. 3. Отображение количества нарушений на различных участках рубки

б) Нарушения при эксплуатации техники.

• Неправильное маневрирование на лесосеке.

В первую очередь, это касается техники с безманипуляторной компоновкой, которая требует подъезда к каждому дереву, например, валочно-пакетирующая машина Tigercat 726. Посредством непродуманных манёвров машины, почве может быть нанесён серьёзный ущерб.

В случае манипуляторной техники, того же форвардера - неопытный или плохо подготовленный оператор при неправильных манёврах может застрять в грунте, особенно в водонасыщенном или слабонесущем [12].

Таким образом, анализ передвижений ЛЗМ по лесосеке позволит быстрее и эффективнее выявлять нарушения, возникающие при процессе трелёвки. Кроме того, исходя из осуществляемых перемещений техники, её скоростного режима, возможно удалённо и своевременно определять ранее невыявленные труднопроходимые места (например, скрытые болота), нарушения технологической схемы разработки лесосеки и т.д.

• *Проблема колеиности.* Чтобы форвардер не формировал глубокую колею на слабых почвогрунтах - необходимо снижать объем перевозимой древесины, чем операторы часто пренебрегают [13]. Поэтому важно учитывать такие параметры как несущая способность грунта и номинальное давление машины на грунт.

Помимо этого, необходимо учитывать фактор буксования и пытаться не допускать его. Буксование негативно влияет на структуру поверхностных слоев грунта. При сильном буксовании происходит значительное уплотнение почвы, образуются глубокие колеи [14].

• Загрязнение воздуха при эксплуатации ЛЗМ.

Технологический процесс лесозаготовок оказывает значительное влияние на атмосферный воздух. В определённой степени его можно контролировать и минимизировать, отслеживая времена движения ЛЗМ с грузом и работы на холостом ходу. Подобная методика предложена в работе П.Б. Рябухина [15].

III. ПРОБЛЕМА ПОВРЕЖДЕНИЯ ДРЕВОСТОЯ ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЛЕСНОЙ ТЕХНИКИ

Как известно, при трелёвке вблизи деревьев помимо повреждения почв и корневой системы наносится и ущерб коре стволов. Наиболее этому подвержены деревья, расположенные вблизи поворота волока (основным

видом повреждения является обдир коры) [16].

Согласно А.А. Григорьеву, при хлыстовой технологии заготовки леса в зимний и летний период было повреждено 9,0 и 14,2% еловых древостоев, при сортиментной – 6,2 и 10,3% [17].

Как верно подмечают А.Н. Заикин и др. в своей работе [16] – эти повреждения можно свести до минимума. Ими предлагается защищать деревья, которые вероятно получают некоторый урон при трелёвке с помощью специальной конструкции из ограждающих элементов.

Можно предложить и иной метод решения данной проблемы. Оператор ЛЗМ в состоянии избегать «труднопроходимых» мест или, если это невозможно, принимать своё решение о проезде определённой точки, основываясь на информации, полученной от электронного ассистента.

Смысл метода заключается в следующем:

1. ЛЗМ оснащается в передней части ультразвуковым датчиком расстояния (можно продублировать лазерным для большего удобства работы в тёмное время суток) на сервоприводе для регулирования направления луча в горизонтальной плоскости и, в случае его отсутствия, - датчиком наклона кабины.

2. В ситуации, когда оператор ЛЗМ сомневается о возможности беспрепятственного проезда определённого места – он наводит луч на дерево в области манёвра и определяет расстояние до него.

3. Производится расчёт текущих радиусов поворота: внешнего и внутреннего (максимальные радиусы рассчитаем предварительно, исходя из информации по используемой технике), для того чтобы оператор мог оценить перспективы безопасного прохождения текущей локации с минимальным количеством манёвров техники и ограниченным воздействием на почву, деревья и иную растительность, находящуюся под их пологом.

Представим в виде псевдокода (рис. 4):

```
// Инициализация
// Габаритные размеры ЛЗМ (F,R,T), угол поворота –  $\alpha$ ,
// угол наклона кабины -  $\beta$ , расстояние до препятствия - Ds
 $\alpha \leftarrow \beta \leftarrow 0$ 
Ds  $\leftarrow$  Hds  $\leftarrow$  0
Or  $\leftarrow$  Ir  $\leftarrow$  0
while (RF_flag) do // Датчик расстояния активен
  read_censors_incl() // Получаем текущие значения углов
  Hds  $\leftarrow$  Ds * cos( $\beta$ ) // Определение расстояния по горизонтали
  // Расчёт радиусов поворота
  // без учёта дополнительных параметров, таких как:
  // скольжение шин, сдвиг грунта и т.д.
  Or  $\leftarrow$  (F + R/cos $\alpha$ )/tga + T/2 // Внешний
  Ir  $\leftarrow$  (F + R/cos $\alpha$ )/sina - R * tga - T/2 // Внутренний
  // Вывод значений на бортовой компьютер
  // Дистанция – текущий угол (рад.поворота) – макс. угол(рад.поворота)
  display_info()
end while
// Скрытие элемента "Поворот"
```

Рис. 4. Алгоритм метода для схемы на рис. 5

На рис. 5 изображена схема для определения радиусов поворота, где: α – угол поворота, град; F – длина передней полурамы, мм; R – длина задней полурамы, мм; T – ширина колеи, мм; Or – внешний радиус поворота, мм; Ir – внутренний радиус поворота, мм.

Например, данной схеме соответствуют форвардер Амкодор 2641 и харвестер Амкодор 2541.

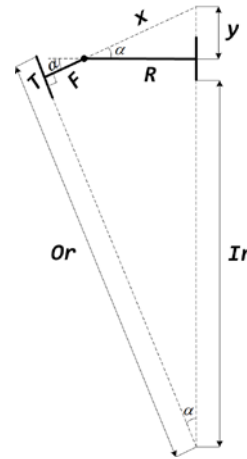


Рис. 5. Определение радиусов поворота, для техники с шарнирно-сочленённой рамой (колёсная формула 4*4, жёсткие передние колёса)

Погрешность метода и границы применения. Погрешность метода определяется точностью применяемых датчиков, спецификациями к технике и опытом оператора. Метод рекомендуется применять для колёсных лесных машин, относящихся к сортиментной технологии заготовки.

IV. В КАЧЕСТВЕ ОБСУЖДЕНИЯ

Кто-то может сказать, что в данной статье предложено очередное функциональное решение, которое добавит ещё одну дополнительную операцию для оператора ЛЗМ, и так ими перенасыщенного. Возможно ли избежать этого? Да, например, заменив используемое оборудование на 3D-LiDAR, который, в свою очередь, «освободит» оператора от необходимости приостанавливать движение ЛЗМ, наводиться на первое дерево, второе и т.д., см. рис.6. Несомненное преимущество, но такое решение стоит на порядок дороже, учитывая цены 3D-LiDAR, дополнительно необходимого производительного промышленного ПК для обработки лидарных данных и т.д. Если крупный лесозаготовитель может себе это позволить, то небольшая организация вряд ли заинтересуется таким решением. Поэтому, нужно искать компромисс для каждой ситуации отдельно: где-то вполне достаточно ограждающих элементов для деревьев, а где-то желательно прибегнуть к какому-то более неординарному подходу.

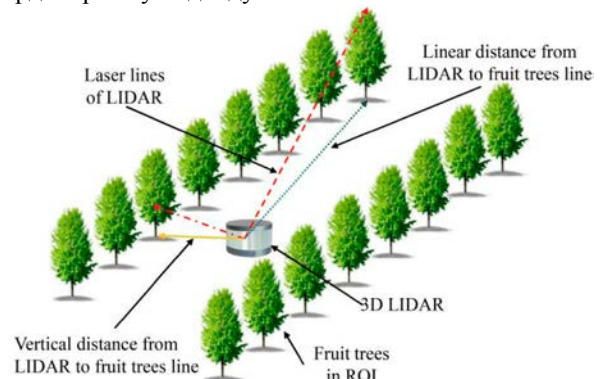


Рис. 6. Определение расстояния до фруктовых деревьев с помощью 3D-LiDAR [18]

V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключение данной статьи хотелось бы отметить, что, несмотря на любые новые методы и технические решения для снижения негативного влияния при перемещениях ЛЗМ, – всегда необходимо учитывать человеческий фактор. Именно он часто приводит к серьёзным происшествиям. Например, оператор, не обращая внимания на рекомендации бортового компьютера ЛЗМ, может перегрузить технику, что при движении приведёт к её завалу на бок, к застреванию, к нарушению необходимого уровня колеиности и т.д.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Распоряжение Правительства РФ от 26.09.2013 N 1724-р «Об утверждении Основ государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в РФ до 2030 года».
- [2] Залесов С. В. Лесоводство. - Екатеринбург, 2020. – 294 с.
- [3] Мониторинг лесозаготовки. URL: <https://galileosky.ru/resheniya/> (дата обращения 14.03.2024).
- [4] Edge computing starts new era of intelligence in forest harvesting. URL: <https://www.solita.fi> (дата обращения 14.03.2024).
- [5] "Аэромакс" автоматизирует процессы в лесной промышленности. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2022-04-29_aeromaks_avtomatiziruuet (дата обращения 14.03.2024).
- [6] Бухтояров Л. И. др. Форвардеры на лесозаготовках. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5739> (дата обращения 14.03.2024).
- [7] Васенёв М. Ю. «Индустрия 4.0»: использование информационных технологий для снижения техногенного воздействия лесозаготовительных машин // International Journal of Open Information Technologies.- 2019. Vol. 7, no. 10. С. 50–58.
- [8] Васенев М. Ю. Использование систем поддержки принятия решений в лесной промышленности: экологический аспект // Вестник НГУ. Серия: ИТ. – 2022. – Т. 20, № 1. – С. 5-17.
- [9] Приказ Минтруда России от 23.09.2020 N 644н. «Об утверждении Правил по охране труда в лесозаготовительном, деревообрабатывающем производствах и при выполнении лесохозяйственных работ».
- [10] Фомина И.А. Типичные следственные ситуации и их значение в выборе направлений и приемов при расследовании незаконной рубки лесных насаждений // Сибирский юридический вестник.- 2009. - №3. С. 74-79.
- [11] Нарушителей правил перевозки древесины обложат штрафами. URL: <https://rg.ru/2021/10/06/narushitelej-pravil-perevozki-drevesiny-oblozhat-shtrafami.html> (дата обращения 14.03.2024).
- [12] Григорьев И.В., Войнаш С.А. Повышение эффективности подготовки операторов лесных машин//В сборнике: Лесозаготовка и комплексное использование древесины. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции. - Красноярск, 2020. - С. 62-66.
- [13] Куницкая О.А. и др. Эколого-экономическая эффективность эксплуатации форвардеров. // Вестник АГАТУ. – 2021. №2.
- [14] Зезетко Н.И. Эксплуатационная и конструктивная массы проектируемого колесного трактора 4К4 // Вестник Белорусско-Российского университета. - 2014. №2 (43).
- [15] Рябухин П. Б. Экологические аспекты при эксплуатации лесозаготовительных машин // Леса России и хозяйство в них. – 2016. – Вып. 3 (58). – С. 68–71.
- [16] Заикин А.Н. и др. Методы снижения повреждаемости стволов деревьев при выборочных и санитарных рубках леса // Известия ВУЗов. Лесной журнал. - 2019. - №4 (370). – С.200-211.
- [17] Григорьев А.А. Лесоводственная оценка технологий двухприемных равномерно-постепенных рубок в ельниках : автореферат дис. ... канд. с.-х. наук : 06.03.02 – С.-Пб., 2012. - 19 с.
- [18] Liu L, Liu Y, He X, Liu W. Precision Variable-Rate Spraying Robot by Using Single 3D LIDAR in Orchards. Agronomy. 2022. vol. 12. no.10.

Telemetry data as factor of logging ecological effect minimization

M.Yu. Vasenev

Abstract - In this article is emphasized a movement tracing importance of logging machines for the purpose of environmental negative effect minimization (heavy equipment significantly damages underlayer, changes variety of soil parameters). Moreover, an analysis of logging machines telemetry data is valuable now because of transition to more rational and cautious forest resources usage. Also, due to reduction of an available timber fund – grows reasonability of logging under the highland and on the weak soils conditions. The real-time analysis kind of parameters becomes a necessity, for example: nominal ground pressure, rotation angle, surface slope etc. Beyond this point, in this article are highlighted some frequent logging disturbances, which one can promptly reveal and prevent an aggravation by utilizing logging machines telemetry data. There is considered the forest stand damage problem under logging machines movement, the new method against it is proposed. There are given some recommendations and conclusions based on the foregoing.

Keywords –logging machines, telemetry data, NGP, rotation angle, forest stand damage.

REFERENCES

- [1] Government order of the Russian Federation N1723-p of 26.09.2013. «About approval of National politics basis in domain of: usage, protection, defense and regeneration of forests in Russia to 2030». Available at <https://www.consultant.ru> (accessed 14.03.2024).
- [2] Zalesov S.V. Forestry. Ekaterinburg. 2020. 249 p.
- [3] Logging monitoring. URL: <https://galileosky.ru/resheniya/> (accessed 14.03.2024).
- [4] Edge computing starts new era of intelligence in forest harvesting. URL: <https://www.solita.fi> (дата обращения 14.03.2024).
- [5] «Aeromax» automatizes timber industry processes. URL: https://www.cnews.ru/news/line/2022-04-29_aeromaks_avtomatiziruet (accessed 14.03.2024).
- [6] Buchtovarov L. I. et al. Forwarders on logging. URL: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=5739> (accessed 14.03.2024).
- [7] Vasenev M. Yu. «Industry 4.0»: information technologies utilization for reducing the man-made impact of tree harvesting machines. International Journal of Open Information Technologies, 2019. vol. 7, no. 10, pp. 50–58.
- [8] Vasenev M. Yu. Decision Support Systems Utilization in Forestry: Environmental Aspect. Vestnik NSU. Series: Information Technologies, 2022, vol. 20, no. 1, pp. 5–17
- [9] Mintrud order of the Russian Federation N644n of 23.09.2020. «About approval of labor protection rules in lumbering, woodworking production and in forestry» Available at <https://www.consultant.ru> (accessed 14.03.2024).
- [10] Fomina I.A. Typical investigatory situations and their value in a choice of directions and receptions at investigation of illegal cabin of wood plantings. Siberian law herald. 2009. no. 3. pp. 74-79.
- [11] Timber transportation rule-breaker will be levied by penalties. URL: <https://rg.ru/2021/10/06/narushitelej-pravil-perevozki-drevesiny-oblozhat-shtrafami.html> (accessed 14.03.2024).
- [12] Grigor'ev I.V., Vojnash S.A. Increasing the effectiveness of forest machine operators training. Lesoekspluatatsiya i kompleksnoe ispol'zovanie drevesiny: sb. st. Vseros. nauch.- prakticheskoy konf. Krasnoyarsk, 2020. P. 62-66
- [13] Kunickaya O.A. et al. Ecological and economic operation efficiency of forwarders. Vestnik AGATU. 2021. no. 2.
- [14] Zezetko N.I. Operating and design weights of the 4k4 wheel tractor under development. Vestnik BRU. 2014. vol. 43, no. 2.
- [15] Ryabukhin P.B. Ecological aspects of forestry machines operation. Forests of Russia and economy in them. 2016. vol. 58, no.3. pp. 68–71.
- [16] Zaikin A. N. et al. Methods to reduce damage of the tree trunks during selective and sanitary forest felling operations. Forestry Bulletin. 2019. vol. 370, no. 4. pp. 200-211.
- [17] Grigor'ev A.A. Silvicultural Assessment of the Technologies of Two-stage Regular Gradual Felling in the Spruce Stands. Author's abstract. 2012. 19 p.
- [18] Liu L, Liu Y, He X, Liu W. Precision Variable-Rate Spraying Robot by Using Single 3D LIDAR in Orchards. Agronomy. 2022. vol. 12. no.10.