

DOI: 10.58168/TBiEc2025_325-330

УДК 631.356.46

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

DIGITALIZATION OF THE LOGGING PROCESS AS A FACTOR OF INCREASING EFFICIENCY

Сиваков В.В., к.т.н., доцент ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия.

Заикин А.Н., д.т.н., профессор ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, Россия.

Sivakov V.V., candidate of Technical Sciences, Associate Professor FGBOU VO «Bryansk State Engineering-technological University», Bryansk, Russia.

Zaikin A.N., dr. Sci. (Engineering), Professor, FGBOU VO «Bryansk State Engineering-technological University», Bryansk, Russia.

Аннотация: проведен анализ применения цифровых сервисов для повышения эффективности лесозаготовительного процесса на предприятиях. Установлен интерес отечественных и зарубежных исследователей в области цифровизации как работы машин, так и при моделировании производственных процессов. Предложена схема функционирования алгоритма информационной системы, позволяющей учитывать как производственные данные, получаемые при осуществлении производственного процесса, так и технические данные о состоянии узлов и агрегатов машины, позволяющие осуществлять мониторинг их состояния, а также прогнозировать изменения их состояния.

Abstract: the analysis of the use of digital services to increase the efficiency of the procurement process at enterprises is carried out. The interest of domestic and foreign researchers in the field of digitalization of both machine operation and modeling of production processes has been established. The scheme of the information system algorithm functioning is proposed, which makes it possible to take into account both production data obtained during the production process and technical data on the condition of the machine's components and assemblies, allowing monitoring their condition, as well as predicting changes in their condition.

Ключевые слова: цифровизация, информационные технологии, лесозаготовки, лесозаготовительные машины

Keywords: digitalization, information technology, logging, logging machines

Лесной комплекс является одной из основных отраслей хозяйства страны, работающий с возобновляемыми ресурсами. Применение новых цифровых технологий позволяет обеспечить более эффективное функционирования предприятий лесного хозяйства, создавая условия для ускоренного лесовосстановления, проведении

хозяйственных мероприятий, лесозаготовок и транспортировки древесины на деревообрабатывающие и мебельные предприятия.

В настоящее время ведение лесного хозяйства основывается на применении ГИС-систем, позволяющих получать точные координаты как участков леса, так и работающих в нем машин при проведении мероприятий по уходу, лесозаготовке и транспортировке леса. Применение ГИС-систем создает предпосылки для внедрения систем управления предприятием класса ERP, позволяющим увязать в единое информационное пространство машины и оборудование, производственный процесс и складское хозяйство, финансы и кадры. Учитывая, что лесозаготовительные машины работают в сложных условиях, для повышения эффективности их применения требуется осуществлять планирование производственного процесса путем моделирования режимов работы машин и принимая во внимание большое количество факторов, таких как время года, тип почвы, породный состав, объемы лесозаготовок, особенности существующей дорожной сети. К важным факторам достижения экономической эффективности машин относится возможность проведения оперативного мониторинга состояния узлов и агрегатов машин, планирования на основе полученной информации технического обслуживания и ремонта машин.

Цель работы – анализ применения цифровых технологий для совершенствования работы лесозаготовительных машин.

Согласно проведенным исследованиям отечественных и зарубежных авторов, повышение эффективности лесозаготовительных машин за счет внедрения цифровых технологий становится все более популярным. Авторы [Guerra et al, 2024] исследовали влияние на показатели производительности лесозаготовительных машин параметров конкретных участков, при этом данные о производительности машин в автоматическом режиме отправлялись в облачную систему управления парком машин (FMS) с различным интервалом обработки данных (от ежечасного до ежемесячного). Авторами определена целесообразность кооперирования данных в виде:

- машинные данные;
- данные об окружающей среде;
- климатические данные.

Удаленное управление лесозаготовительными машинами [1] с разработкой системы телеуправления операторами основано на передаче изображения с видеокамер, установленных на лесозаготовительной машине и получения управляющих команд лесозаготовительной машиной, но применение такой системы в реальных условиях ограничено вследствие удаленного расположения, а также ослабления сигнала деревьями и рельефом местности.

Более перспективным направлением является создание комплекса лесозаготовительных машин, снижающих нагрузку на оператора или вовсе работающих без участия человека. Например, для повышения эффективности работы оператора харвестера, снижения его утомляемости, внедряется машинное зрение, позволяющее в автоматическом

режиме контролировать безопасность процесса лесозаготовок, нахождение в опасных зонах [2], определение породного состава [3].

Еще одним важным аспектом деятельности, повышающим эффективность лесозаготовок, является не только планирование работ [4], но и получение оперативных данных для своевременной корректировки планов [5, 6].

Современные лесозаготовительные машины оснащены бортовой системой диагностирования на основе цифровой шины данных CAN, упрощающей подключение дополнительных электронных систем, оборудованных датчиками. И если раньше доступ к данным, хранящимся в блоке управления, можно было получить при физическом подключении диагностического сканера, то теперь, с развитием беспроводных технологий передачи данных и появлением IoT, физическое подключение не требуется (рис.1). При этом информация поступает с применяемых машин (технические параметры машины и производственные параметры) по беспроводным каналам передачи данных на сервер, обрабатывается и передается владельцу машин для планирования как лесозаготовительных работ, так и технического обслуживания и ремонта, что позволяет контролировать изменение характеристик узла и своевременно принимать решения по его регулировки или ремонту [7, 8, 9, 10].

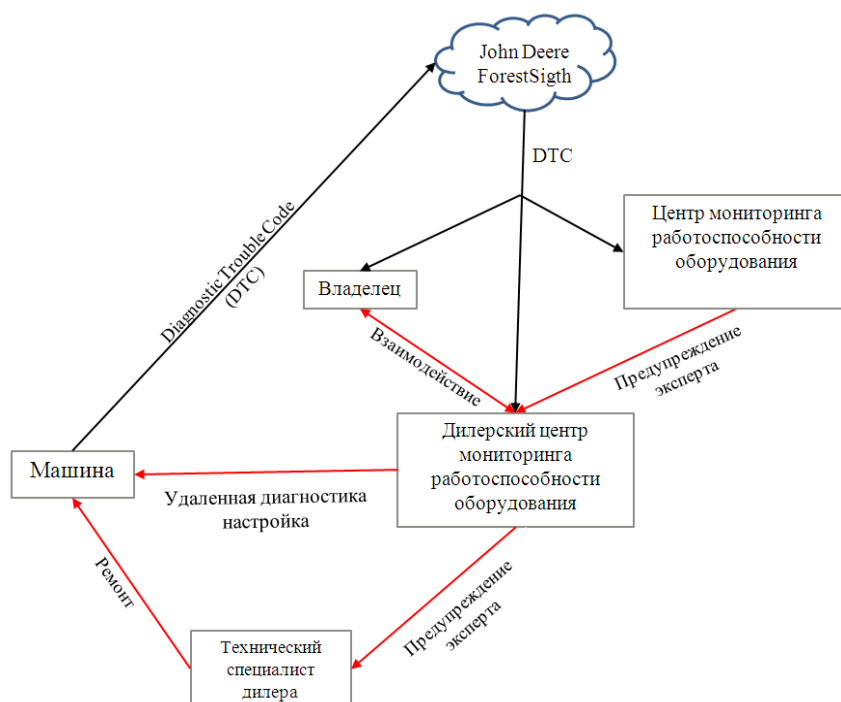


Рисунок 1 - Система диагностирования машин компании Deere & Company

Алгоритм функционирования такой информационной системы включает специализированное программное обеспечение, позволяющее моделировать и на его основе осуществлять планирование режимов работы лесозаготовительных машин на основании их технического состояния и условий эксплуатации. Производственные (ПрД) и технические

(Техд) данные, получаемые с лесозаготовительных машин, привязанные к координатам из ГИС систем передаются сервер, проходят обработку, анализируются, при этом полученные результаты оцениваются с планируемыми, что позволяет оперативно осуществлять корректировку планируемых работ (рис.2).

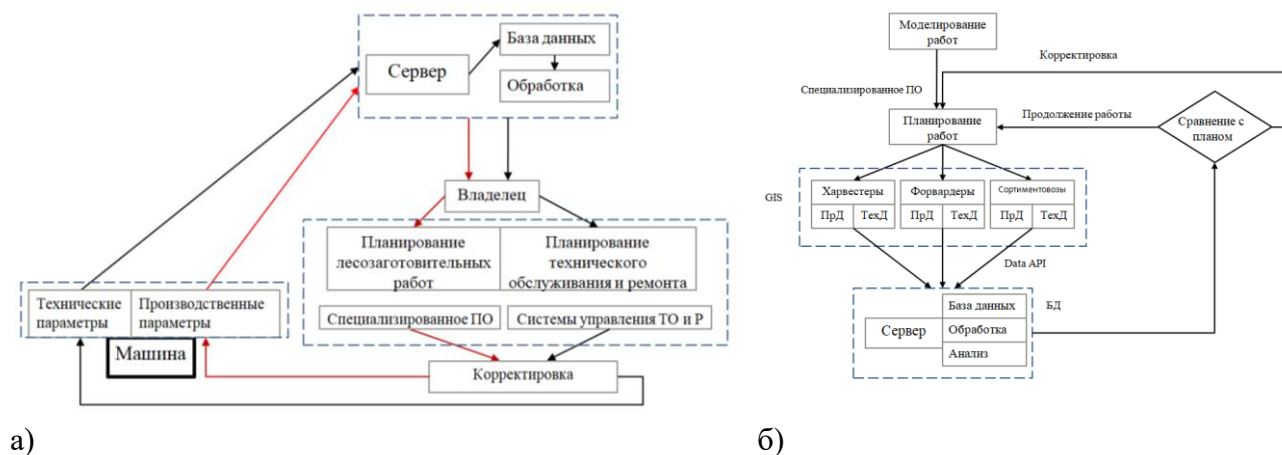


Рисунок 1 – Варианты работы информационной системы

Учитывая, что до последнего времени в нашей стране используется техника зарубежного производства (John Deere, Ponsse, Komatsu и др.), применяющая собственное программное обеспечение [Сиваков и др., 2023], необходима альтернативная разработка отечественного программного обеспечения.

Таким образом, цифровизации лесозаготовительного процесса позволит повысить эффективность работы как за счет внедрения моделирования производственных процессов, так и за счет управления сервисным обслуживанием лесозаготовительных машин. Немаловажным является внедрение алгоритмов искусственного интеллекта для снижения нагрузки на оператора машин.

Список литературы

1. Kim Gyun-Hyung, Kim Ki-Duck, Lee Hyeon-Seung, Choi Yunsung, Mun Ho-Seong, Oh Jae-Heun, Shin Beom-Soo. Development of Wi-Fi-Based Teleoperation System for Forest Harvester. Journal of Biosystems Engineering. 2021. 46. 10.1007/s42853-021-00100-2.
2. Sivakov V., Buglaev A., Zaikin A., Orekhovskaya A., Nurullin A., Razetdinov I. Improving the training of employees of logging enterprises in the field of labor protection // IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, 26 октября – 03 ноября 2023 года. Vol. 486.

EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. P. 04007. DOI 10.1051/e3sconf/202448604007.

3. Svoikin F., Zhuk K., Svoikin V., Ugryumov S., Bacherikov I., Daniela V., Ryapukhin A. Classification of Tree Species in the Process of Timber-Harvesting Operations Using Machine-Learning Methods. *Inventions*. 2023. Vol. 8, No. 2. P. 57. DOI 10.3390/inventions8020057.

4. Labelle E., Kemmerer J. Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. *Croatian journal of forest engineering*. 2022. 43. 10.5552/crojfe.2022.1129.

5. Silva A., Cardoso M., Gomes R., Schettini B. Minette L., Nunes Í., Villanova P. Forest extraction management with the indicator of overall efficiency of forest machines (OEFM). *Revista Árvore*. 2022. 46. 10.1590/1806-908820220000018.

6. Rukomojnikov K., Sergeeva T. Simulation modeling of logging harvester movements during selective logging. *Journal of Applied Engineering Science*. 2024. 22. 1-8. 10.5937/jaes0-50146.

7. Заикин А.Н., Сиваков В.В., Новикова Т.П., Зеликов В.А., Стасюк В.В., Чуйков А.С. Программное обеспечение для управления системой технического обслуживания и ремонта лесных машин: оценка применимости // *Лесотехнический журнал*. 2023. Т. 13, № 2(50). С. 105-127. DOI 10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6.

8. Сиваков В.В. Цифровизация управления системой технического обслуживания и ремонта лесозаготовительной техники // *Хвойные бореальной зоны*. 2024. Т. 42, № 1. С. 64-71. DOI 10.53374/1993-0135-2024-1-64-71.

9. Hernandez-Matias J., Ríos J., Clavijo M., Villaverde S.J., Idoipe A. Methodology and architecture for the implementation of TPM 4.0 in small and medium-sized companies. *Dyna (Bilbao)*. 2023. 98. 351-355. 10.6036/10878.

10. Kärhä K., Poikela A., Palander T. Productivity and Costs of Harwarder Systems in Industrial Roundwood Thinning. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2018. 39. 23-33.

References

1. Kim Gyun-Hyung, Kim Ki-Duck, Lee Hyeon-Seung, Choi Yunsung, Mun Ho-Seong, Oh Jae-Heun, Shin Beom-Soo. Development of Wi-Fi-Based Teleoperation System for Forest Harvester. *Journal of Biosystems Engineering*. 2021. 46. 10.1007/s42853-021-00100-2.

2. Sivakov V., Buglaev A., Zaikin A., Orekhovskaya A., Nurullin A., Razetdinov I. Improving the training of employees of logging enterprises in the field of labor protection // IX International Conference on Advanced Agritechnologies, Environmental Engineering and Sustainable Development, Namangan, Uzbekistan, October 26 – November 3, 2023. Vol. 486. EDP Sciences - Web of Conferences: EDP Sciences - Web of Conferences, 2024. P. 04007. DOI 10.1051/e3sconf/202448604007.

3. Svoikin F., Zhuk K., Svoikin V., Ugryumov S., Bacherikov I., Daniela V., Ryapukhin A. Classification of Tree Species in the Process of Timber-Harvesting Operations Using Machine-Learning Methods. *Inventions*. 2023. Vol. 8, No. 2. P. 57. DOI 10.3390/inventions8020057.
4. Labelle E., Kemmerer J. Business Process Reengineering of a Large-Scale Public Forest Enterprise Through Harvester Data Integration. *Croatian journal of forest engineering*. 2022. 43. 10.5552/crojfe.2022.1129.
5. Silva A., Cardoso M., Gomes R., Schettini B. Minette L., Nunes Í., Villanova P. Forest extraction management with the indicator of overall efficiency of forest machines (OEFM). *Revista Árvore*. 2022. 46. 10.1590/1806-908820220000018.
6. Rukomojnikov K., Sergeeva T. Simulation modeling of logging harvester movements during selective logging. *Journal of Applied Engineering Science*. 2024. 22. 1-8. 10.5937/jaes0-50146.
7. Zaikin A.N., Sivakov V.V., Novikova T.P., Zelikov V.A., Stasyuk V.V., Chuikov A.S. Software for managing the system of maintenance and repair of forest machines: assessment of applicability. *Lesotekhnicheskii zhurnal [Forestry Engineering journal]*, 2023. Vol. 13, No. 2 (50), pp. 105-127 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2023.2/6>.
8. Sivakov V.V. Digitalisation of the management system of maintenance and repair of forestry machines. *Coniferous trees of the boreal zone*. 2024. T. 42, No. 1, pp. 64-71. DOI: 10.53374/1993-0135-2024-1-64-71.
9. Hernandez-Matias J., Ríos J., Clavijo M., Villaverde S.J., Idoipe A. Methodology and architecture for the implementation of TPM 4.0 in small and medium-sized companies. *Dyna (Bilbao)*. 2023. 98. 351-355. 10.6036/10878.
10. Kärhä K., Poikela A., Palander T. Productivity and Costs of Harwarder Systems in Industrial Roundwood Thinning. *Croatian Journal of Forest Engineering*. 2018. 39. 23-33.