

Научная статья
УДК 630.3

ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ ПРИ ЗАГОТОВКЕ И ПЕРЕРАБОТКЕ ДРЕВЕСИНЫ – ФАКТОРЫ СОСТОЯНИЯ И ТРЕБОВАНИЯ

Сергей Борисович Якимович

Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия
yakimovichsb@m.usfeu.ru

Аннотация. Даны понятия цифрового двойника и производств будущего применительно к лесопромышленному комплексу. Сформулированы факторы состояния лесозаготовок, определяющие специфику цифровых двойников объектов лесозаготовок и систем их сопровождения. Разработаны укрупненные группы требований достоверного, работающего отражения реальных объектов цифровыми двойниками, обеспечивающих производительность массового производства с индивидуализацией обработки и переработки предмета труда лесопромышленного комплекса при его существенном разнообразии и неопределенности, в частности стохастичности.

Ключевые слова: заготовка древесины, факторы состояния, требования к цифровым двойникам лесозаготовок

Для цитирования: Якимович С. Б. Цифровые двойники при заготовке и переработке древесины – факторы состояния и требования // Эффективный ответ на современные вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий = Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies : материалы XVII Международной научно-технической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2026. С. 370–375.

Original article

DIGITAL TWINS IN WOOD PRODUCTION AND PROCESSING – STATE FACTORS AND REQUIREMENTS

Sergey B. Yakimovich

Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia
yakimovichsb@m.usfeu.ru

Abstract. The concepts of the digital twin and the industries of the future are given in relation to the forest industry. The factors of the state factors of wood production that determine the specifics of digital twins of wood production facilities and their support systems are formulated. Enlarged groups of requirements have been developed for reliable, working reflection of real objects by digital twins, ensuring the productivity of mass production with individualized processing and processing of the object of labor of the timber industry, with its significant diversity and uncertainty, in particular stochasticity.

Keywords: wood production, state factors, requirements for digital wood production twins

For citation: Yakimovich S. B. (2026) Cifrovyye dvojniki pri zagotovke i pererabotke drevesiny – faktory sostoyaniya i trebovaniya [Digital twins in wood production and processing – status factors and requirements]. Effektivnyi otvet na sovremennye vyzovy s uchetom vzaimodeistviya cheloveka i prirody, cheloveka i tekhnologii [Effective reaction to modern challenges of the interaction between human and nature, human and technologies] : materials of the XVII International Scientific and Technical Conference. Ekaterinburg : USFEU, 2026. P. 370–375. (In Russ).

Актуальность темы статьи определяется Национальной технологической инициативой (НТИ) [1] и созданным в рамках этого проекта центра компетенций «Технет», определяющего направления развития и применения передовых производственных технологий, которые классифицируются как сквозные на основе какого-либо системообразующего элемента. К подобным технологиям отнесены цифровое проектирование и моделирование [2] на основе цифровых двойников в рамках цифровых и умных производств будущего. Понятия по цифровым двойникам зафиксированы в ГОСТ [3, 4]. Цифровой двойник изделия – это система, «состоящая из цифровой модели объекта и **двусторонних информационных связей с изделием** и (или) его составными частями». Цифровой двойник разрабатывается и применяется на всех стадиях жизненного цикла изделия. На всех стадиях возможно предпроектное обоснование, проектирование, эксплуатация, сбыт, мониторинг с соответствующими изменениями. Под цифровой моделью изделия понимается система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний выполнена оценка соответствия к предъявляемым к изделию требованиям.

Использование цифровых двойников обеспечивает достоверное измерение на лесозаготовках, полную реализацию контрольно-учетных функции и сохранение производительности массового производства с его индивидуализацией под условия разнообразия природно-производственных условий

[5] и предмета труда лесозаготовок. Отличие цифровых двойников изделий [3] от моделей, постановок и решений задач оптимизации лесного комплекса [5, 6] заключается в том, что объекты лесного комплекса не могут быть смоделированы в рамках понятия изделия, поскольку обладают существенным разнообразием, начиная от лесного участка и заканчивая конечным продуктом для потребителя (пиломатериал, мебель и пр.) [6], и требуют учета этой специфики цифровых двойников в средствах создания и их сопровождения.

Исходя из изложенного, целесообразно сформулировать факторы, определяющие требования к этим системам и влияющие на качество систем цифровых двойников в условиях лесозаготовок.

К таким факторам следует отнести:

1) природно-производственные условия:

– влияние древостоя и кустарника [7], рельефа, почвенно-грунтовых условий на прохождение сигнала в системах связи (затухание сигнала с расстоянием, изменение пропускной способности каналов связи или их полное исчезновение);

– густота древостоя и кустарника (ограничение видимости и радиосвязи);

– климат и сезонные изменения – температура, снег, лед, влажный грунт (распутица), листопады и др. (влияние на системы связи и маркеры);

– отдаленность лесоучастков и, как следствие, ограниченная инфраструктура связи и электропитания;

– частые перебазировки, мобильность систем;

– биологические агрессивные воздействия среды – грибки, насекомые, коррозия материалов и др.;

– стохастичность предмета труда (разнообразие пород и сортиментов, форм бревна и дефектов) [8];

2) организационно-технологические, определяемые уровнем достигнутого техногенеза и компетенциями персонала:

– навыки операторов, компетенции инженеров, требования безопасности;

– значительные погрешности измерения и сложность измерения предмета труда;

– ударные контактные нагрузки и воздействия при заготовке, погрузке и транспортировке древесины;

– надежность и степень совершенства машин и систем связи;

– наличие программного обеспечения, обеспечивающего разработку цифровых двойников в соответствии требованиями;

– ограничения, накладываемые нормативными документами по контролю, учету и отчетности (в частности ФГИС ЛК), экологические лесохозяйственные ограничения по правилам заготовки древесины и др. [9].

Исходя из приведенного, следует сделать вывод о необходимости обоснования и формулировки требований для достоверного и работающего отражения реальных объектов цифровыми двойниками с учетом и на основе перечисленных выше факторов. К таким требованиям по укрупненным группам относятся:

1) выбор и обоснование системообразующего реального объекта (предмета труда) лесозаготовок [8] для формализации его цифровым двойником и возможность его формализованного описания;

2) требования к маркировке и маркерам, например, сортиментов в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 30 ноября 2021 г. № 2128 «О порядке определения характеристик древесины и учета древесины» – назначение, порода, длина, диаметр в верхнем отрубе, объем и дополнительные характеристики по состоянию с внутренними и внешними пороками [8]. Обеспечение идентификации предмета труда и цифрового двойника;

3) подбор или разработка аппаратного и программного обеспечения для измерений и контроля качества предмета труда в сложных условиях перечисленных ранее факторов. Обеспечение мобильности систем связи;

4) обоснование, разработка или подбор систем связи, маркировки, хранения и передачи данных при ограничениях по диэлектрической проводимости среды, слабом радиопокрытии и недостаточной видимости. Например, размещение приемо-передающих антенн, а для хранения данных двойника между сеансами связи – наличие толстого или тонкого клиента. Разработка модели связей между объектами;

5) обеспечение надежного геопозиционирования и локализации реального предмета труда с отображением в цифровом двойнике в режиме текущего времени;

6) совместимость программных и аппаратных систем лесозаготовительных машин с предлагаемыми системами;

7) обеспечение взаимодействия цифрового двойника и предмета труда в технологическом процессе. Разработка модели и оптимизация связей между предметом труда и иными объектами;

8) повышение уровня квалификации персонала, дополнительное обучение.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

1. Сформулированные факторы состояния и требования могут быть приняты за основу при проектировании систем цифрового двойника объектов лесопромышленного комплекса и связанных с ним цифровых, умных и виртуальных производств будущего.

2. Разработка и внедрение цифровых двойников объектов лесного комплекса, а также цифровых, умных и виртуальных производств будущего, обеспечит достоверность и точность измерения и учета древесины, сохране-

ние производительности массового производства с индивидуализацией обработки и переработки предмета труда лесопромышленного комплекса при его существенном разнообразии и неопределенности, в частности стохастичности.

Список источников

1. Центр компетенций НТИ по направлению «Новые производственные технологии» // НТИ : [сайт]. URL: <https://clck.ru/3QYzQD> (дата обращения: 01.10.2025).
2. Справочная информация по перечню сквозных технологий НТИ // НТИ : [сайт]. URL: https://nti2035.ru/technology/end_to_end (дата обращения: 01.10.2025).
3. ГОСТ 57700.37–2021. Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий [Электронный ресурс]. Введен 01.01.2022. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180928> (дата обращения: 01.10.2025).
4. ГОСТ 5770.22–2020. Компьютерные модели и моделирование. Классификация. Классификация : национальный стандарт Российской Федерации. Введен 01.06.2021. М. : Стандартинформ, 2020. 12 с.
5. Барановский В. А., Некрасов Р. М. Системы машин для лесозаготовок. М. : Лесная промышленность, 1977. 248 с.
6. Редькин А. К., Якимович С. Б. Математическое моделирование и оптимизация технологий лесозаготовок. М. : Московский государственный университет леса, 2005. 504 с.
7. Санников С. П., Серков П. А., Шипилов В. В. Влияние лесной среды на распространение радиоволн RFID-меток // Леса России и хозяйство в них. 2014. № 2 (49). С. 57–60.
8. Цифровизация лесного комплекса и учета древесины. Новые вызовы и перспективы : вебинар // МТС Линк : [сайт]. URL: <https://clck.ru/3QZ2X7> (дата обращения: 10.10.2025).
9. Якимович С. Б. Цифровизация образования и производства лесопромышленного комплекса // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века : труды XVI Международного евразийского симпозиума (Екатеринбург, 21–24 сентября 2021 г.). Екатеринбург : УГЛТУ, 2021. С. 69–73.

References

1. Competence Center (NTI) in the field of “New production technologies” // NTI : [website]. URL: <https://clck.ru/3QYzQD> (date of accessed: 01.10.2025).
2. Background information on the list of cross-cutting NTI technologies // NTI : [website]. URL: https://nti2035.ru/technology/end_to_end (date of accessed: 01.10.2025).

3. GOST 57700.37–2021. Computer models and modeling. Digital twins of products [Electronic resource]. Introduced on 01.01.2022. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200180928> (date of accessed: 01.10.2025).
4. GOST 5770.22–2020. Computer models and modeling. Classification. Classification : National Standard of the Russian Federation. Introduced on 01.06.2021. M. : Standartinform, 2020. 12 p.
5. Baranovsky V. A., Nekrasov R. M. Systems of machines for wood production. M. : Forest industry, 1977. 248 p.
6. Redkin A. K., Yakimovich S. B. Mathematical modeling and optimization of wood production technologies : textbook for universities. M. : Moscow State University of Forests, 2005. 504 p.
7. Sannikov S. P., Serkov P. A., Shipilov V. V. The influence of the forest environment on the propagation of radio waves of RFID tags // Forests of Russia and economy in them. 2014. № 2 (49). P. 57–60.
8. Digitalization of the forestry complex and timber accounting. New challenges and prospects : webinar // MTS Link : [website]. URL: <https://clck.ru/3QZ2X7> (date of accessed: 10.10.2025).
9. Yakimovich S. B. Digitalization of education and production of the forest industry complex // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : proceedings of the XVI International Eurasian Symposium (Ekaterinburg, September 21–24, 2021). Ekaterinburg : USFEU, 2021. P. 69–73.