

Научная статья  
УДК 004.031.6

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦИФРОВОГО ПРОТОТИПА ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИН

**Владимир Викторович Побединский<sup>1</sup>, Сергей Владимирович Ляхов<sup>2</sup>,  
Алексей Сергеевич Некрасов<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Уральский государственный лесотехнический университет,  
Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> pobed@e1.ru

<sup>2</sup> lyahovsv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> aleksey.nekrasoff2014@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена проблема совершенствования процессов технической эксплуатации транспортных и технологических машин. Предложено использование технологии цифрового прототипирования в части графической визуализации результатов моделирования. Для развития ранее созданной авторами имитационной модели процесса ТО и Р предложена 3D-модель пункта технического обслуживания. В приведенной модели результаты имитационного моделирования используются для построения и анимации объекта – в данном случае перемещения каждой машины по специализированным постам ТО и Р. Результаты исследовательской работы могут использоваться для проектирования новых и совершенствования существующих ремонтно-обслуживающих баз парка техники.

**Ключевые слова:** цифровой прототип; имитационная модель; 3D-модель; процесс технической эксплуатации

Scientific article

## VISUALIZATION OF THE DIGITAL PROTOTYPE PROCESS OF TECHNICAL OPERATION OF MACHINES

**Vladimir V. Pobedinsky<sup>1</sup>, Sergey V. Lyakhov<sup>2</sup>, Alexey S. Nekrasov<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> pobed@e1.ru

<sup>2</sup> lyahovsv@m.usfeu.ru

<sup>3</sup> aleksey.nekrasoff2014@yandex.ru

**Abstract.** The article deals with the problem of improving the processes of technical operation of transport and technological machines. For this purpose, the paper proposes the use of digital prototyping technology in terms of

graphical visualization of modeling results. For the development of the simulation model of the maintenance and P process previously created by the authors, a 3D model of the maintenance point was proposed. In the given model, the results of simulation modeling are used to build and animate the object, in this case, the movement of each machine to specialized maintenance and repair. The results of research work can be used to design new and improve existing repair and maintenance bases of the fleet of equipment.

**Keywords:** digital prototype; simulation model; 3D model; the process of technical operation

В настоящее время в ходе 4-й технологической революции ведущее место в прогрессе отводится информационным технологиям [1]. Не существует отрасли, науки и даже предприятия, где не используются компьютерная техника, различное программное обеспечение. При создании новых образцов техники или совершенствовании существующих выполняются различные научно-исследовательские и проектные работы. Эти работы на сегодня базируются на 3D-моделировании, что дает огромные преимущества.

Еще одним перспективным направлением является цифровое прототипирование. В этом случае создается цифровой двойник объекта, который позволяет отслеживать его состояние на протяжении всего жизненного цикла. Основу такого прототипа составляет имитационная модель. Преимуществом имитационного моделирования является возможность учитывать в модели практически любые параметры объекта, а моделировать можно все. Но при работе с большим количеством параметров нужно выполнять их мониторинг. В современных системах компьютерного моделирования предусмотрены средства просмотра расчетных данных, например в системах Matlab [2], Anylogic [3], Loginom [4] применяются блоки электронных осциллографов или числовых дисплеев. Но дальнейшим совершенствованием систем моделирования являлось использование визуализации состояния объекта в его реальном физическом виде. Для этого строится еще одна модель объекта – графическая 3D-модель, которая управляется имитационной моделью.

В практике технической эксплуатации машин главным объектом для исследования и проектирования является очень сложный, описываемый многими параметрами технологический процесс ТО и Р. В целом – это большая система и описать ее возможно только в виде имитационной модели. На выходе модели будут десятки и даже сотни параметров, поэтому для такого процесса весьма актуальным является графическая визуализация результатов моделирования, т. е. использование цифрового прототипа процесса. Такие разработки отсутствуют, поэтому определилась **цель** настоящей работы, которая заключалась в создании системы 3D-визуализации для имитационной модели процесса ТО и Р лесозаготовительной техники.

В работе решались следующие задачи:

- разработка имитационной модели процесса технической эксплуатации лесозаготовительной техники;
- обоснование компьютерной программы для разработки цифрового прототипа процесса ТО и Р;
- разработка цифрового прототипа процесса ТО и Р в среде Cinema4.

Модель процесса технической эксплуатации лесозаготовительных машин была разработана в среде событийного моделирования Matlab+SimEvents [5]. Ее структурная схема приведена на рис. 1.

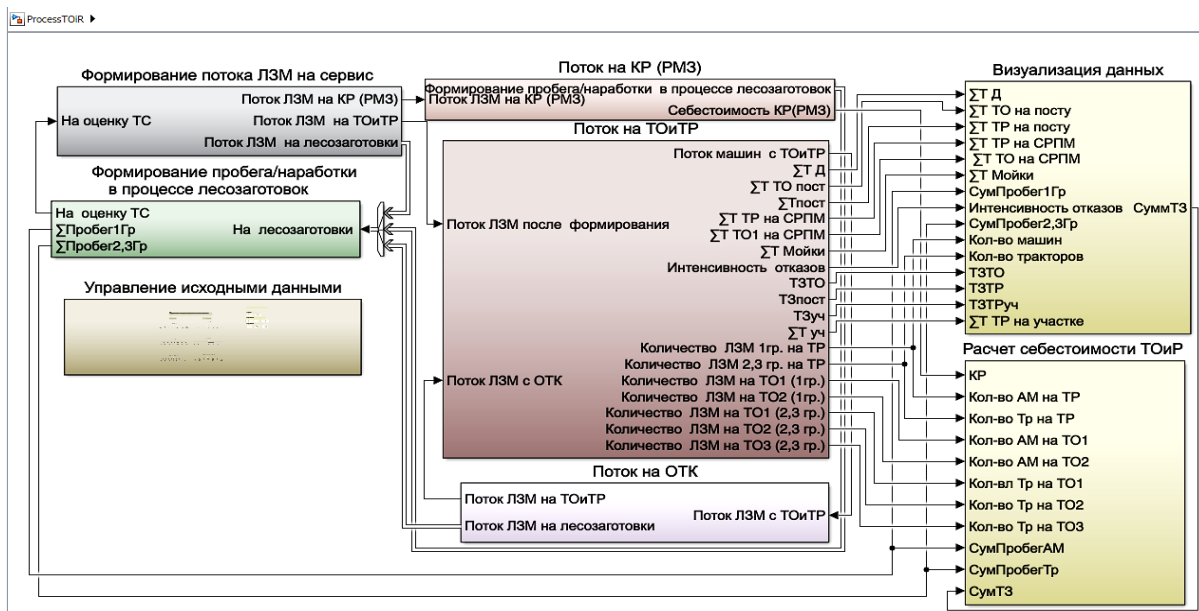


Рис. 1. Структурная схема имитационной модели в формате Matlab

В этой модели в первой подсистеме «Формирование потока ЛЗМ на сервис» выполняются моделирование ежесменной технологической наработки парка машин и расчет ее нормативной величины до очередного технического обслуживания (ТО). Кроме технического обслуживания, моделируется и случайный процесс внезапных отказов, в результате которых машины должны поступать на ремонт. При этом моделирование выполняется как для технологических машин, так и в отдельной подсистеме для подвижного состава лесовозных автомобилей. В следующих подсистемах выполняется детализированный процесс моделирования различных видов ТО и Р с разделением на виды работ. Как видно их схемы, процесс описывается многими параметрами, которые необходимо оперативно отслеживать. Для этого предусмотрена подсистема «Визуализация данных». Но здесь выполняется вывод на электронные осциллографы графиков динамических процессов изменения

этих данных. Для дальнейшего развития общей модели цифрового прототипа следовало создать графический объект процесса технической эксплуатации машин, в котором динамика изменения параметров будет контролироваться в виде анимации элементов прототипа.

Разработка визуальной части модели потребовала обоснования наиболее соответствующего задачам программного обеспечения.

Для создания графических объектов, 3D-моделей известно достаточно много программных средств, например AutoCAD, Autodesk, NanoCAD, SOLIDWORKS. Последние годы получили распространение такие программы, как Blender, Cinema4, Fusio360 и др. В настоящей работе графическая часть прототипа была выполнена в программе Cinema4 (рис. 2). Здесь достаточно реалистично изображен пункт технического обслуживания машин. В зоне ТО и Р расположена проходная смотровая канава с организованными специализированными постами.



Рис. 2. Визуализация цифрового прототипа пункта технического обслуживания

В имитационной модели моделируется процесс обслуживания на каждом посту. Затем машины перемещаются и это отображается в виде анимации. Особенно ценна эта процедура при отладке модели, так как немедленно просматривается ее адекватность. Также в дальнейшем при исследовании процесса выполняется мониторинг закономерностей поведения процесса в зависимости от влияния различных параметров и факторов.

В заключение можно отметить следующее.

- имитационные модели технологических процессов являются самым эффективным средством исследований любых технологических процессов, в частности технической эксплуатации машин;

- для дальнейшего развития имитационных моделей используются 3D-модели для графической визуализации объекта в виде анимации процесса;

– предложенная технология цифрового прототипирования процесса технической эксплуатации может быть рекомендована для использования как прикладное программное обеспечение при проектировании ремонтно-обслуживающих баз транспортных и технологических машин.

*Список источников*

1. Индустрия 4.0: что такое четвертая промышленная революция простыми словами? URL: <https://www.zeluslugi.ru/info-czentr/it-glossary/term-industry-4-0> (дата обращения: 14.10.2022).

2. MATLAB. URL: <https://exponenta.ru › matlab> (дата обращения: 14.10.2022).

3. Anylogic. URL: <https://www.anylogic.com> (дата обращения: 14.10.2022).

4. Loginom. URL: <https://loginom.com> (дата обращения: 14.10.2022).

5. Моделирование процессов ТО и Р парка лесозаготовительных машин с учетом производственной эксплуатации. / В. В. Побединский, С. В. Ляхов, М. Н. Салихова, Г. А. Иовлев // Деревообрабатывающая промышленность. 2020. № 4. С. 3–11.