

УДК 621.01

*Курашова Екатерина Анатольевна*

*ст. преподаватель*

*Предеин Сергей Дмитриевич*

*студент*

*Тихоокеанский государственный университет*

*г. Хабаровск*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ВИБРОМОНИТОРИНГА**

### **АННОТАЦИЯ**

Цифровой двойник представляет собой ключевую технологическую концепцию в системе цифрового производства. В данной статье исследована модель цифрового двойника, сформулирована и проанализирована цепь цифрового мониторинга. Представленный обзор посвящен анализу роли датчиков в создании динамических виртуальных копий физических объектов. Приведена краткая характеристика и назначение измерительных датчиков вибромониторинга.

*Ключевые слова:* цифровой двойник, цифровизация, машиностроение, вибродиагностика, цифровая тень, прогнозирование.

Цифровой двойник машиностроения (ЦД) – это цифровая копия конкретного физического объекта, которая отражает эксплуатационные характеристики, производительность, текущее техническое состояние и характер рабочей миссии физического объекта, возникшие неисправности, а также историю технического обслуживания и ремонта реального изделия (физического двойника); интеграция инструментов моделирования на базе

непрерывного информационного обмена на уровне данных, интеграция модели и объекта моделирования на базе информационного обмена в режиме, приближенном к реальному времени, интеграция моделирования на всех стадиях его жизненного цикла [2].



Рисунок 1 – Структура цифрового двойника

Виртуальная часть двойника определяется как виртуальная модель, которая состоит из двух частей – «цифрового мастера» (Digital master) и цифровой тени (Digital shadow).

Цифровой мастер содержит исчерпывающую информацию, достаточную для изготовления изделия с определенными заказчиком свойствами, включая анализ физических свойств этого изделия. Цифровая тень, которую физический объект «отбрасывает в виртуальное пространство», – это набор данных, получаемых с датчиков, и модель, которая позволяет прогнозировать свойства объекта в определенных пределах [1].

Совокупность цифрового мастера и цифровой тени, определяет понятие виртуальной части цифрового двойника. Формирование цифровых теней обеспечивается за счет реализации алгоритма:

Объект → Датчики → Создание цифровой тени → Большие данные → Мониторинг → ЦОД → Предиктивная аналитика

Цифровые тени используются в высокотехнологических индустриях по всему миру, обычно для мониторинга технического состояния эксплуатируемого объекта. В силу большого количества датчиков,

установленных на физическом объекте, цифровая тень может предупредить о «штатном износе» узлов и агрегатов.

Дополнительная информация, полученная на этапе эксплуатации, повышает уровень адекватности, то есть «обучает» цифровой двойник и позволяет в дальнейшем с его помощью прогнозировать уровень возможных повреждений или остаточный ресурс детали.

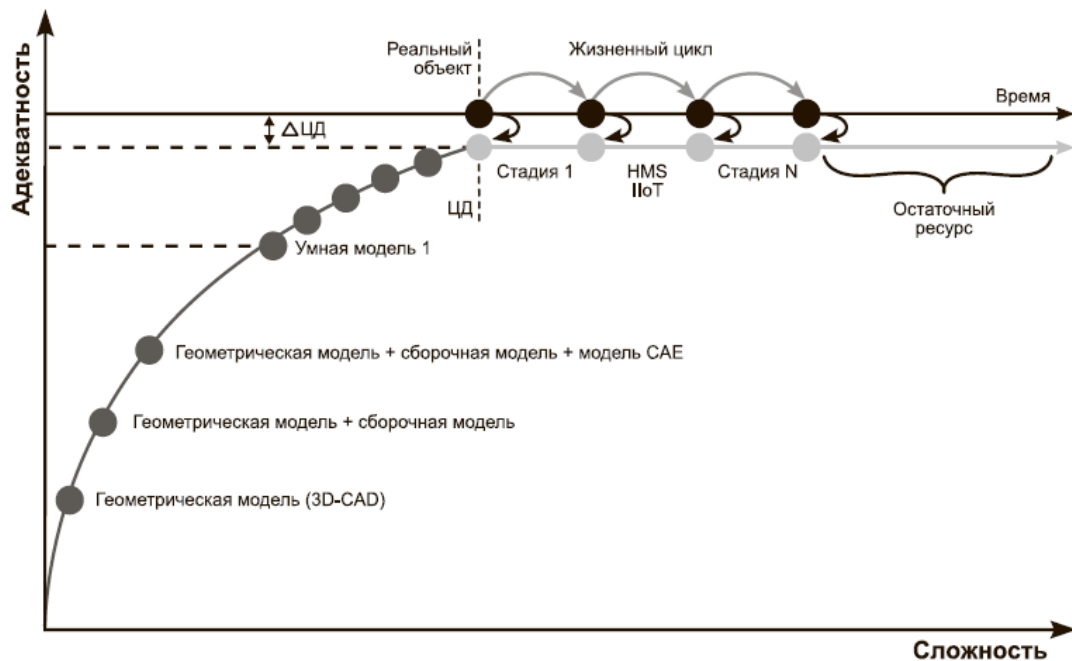


Рисунок 2 – Семейство физических и математических моделей. Цифровой двойник, цифровая тень

На рисунке 2 рассмотрен случай, где разработка ЦД начинается с этапа моделирования физико-механических процессов подобного. Однако на практике встречаются ситуации, когда проект начинается с внедрения операционной аналитической модели (модели, основанной на данных) [4].

Для контроля и диагностики применяют виброметры и виброанализаторы. Оценку уровня вибрации двигателя и других агрегатов проводят по нескольким показателям: виброскорость, виброускорение, виброперемещение. Вибрация возникает при

технологическом процессе и исключить ее влияние на оборудование нельзя. Но ее уровень возможно контролировать и держать в пределах нормы.

При этом измеряют не максимальное значение, а среднеквадратичное — СКЗ. Этот параметр нормирован, поэтому его возможно измерить с помощью измерителей вибрации. Замеры СКЗ виброскорости проводят в диапазоне частот 10–1000Гц. При этом необходимо учитывать тип и мощность диагностируемого оборудования.

СКЗ можно вычислить самостоятельно, применив подходящую для конкретного сигнала формулу. В виброметрах вычисления происходят автоматически: на пьезоэлектрический датчик поступает сигнал; он проходит через фильтр и интегратор; далее сигнал преобразуется в определенное значение в АЦП.

В 2020 году компания ZETLAB выпустила автоматизированный комплекс МКШС-81 для измерения виброшумовых характеристик оборудования. Уровень вибрации и шума относится к важнейшим показателям работы любых механизмов и не должны превышать установленных пределов. При разработке и производстве изделий проводятся стендовые испытания, назначение которых – проверить соответствие аппаратуры техническим требованиям к виброшумовым характеристикам, виброакустическим характеристикам и гидродинамическому шуму.

Комплекс МКШС-81 определяют уровень вибрации и акустического шума испытываемого изделия, которые передаются на корпус судна или сооружения. Вибрация может передаваться через опоры или места крепления, а также через кабели, шланги, кожухи и другие изделия, формирующие неопорные связи. Акустический шум передается в воздушной среде, гидродинамический в водной – поэтому датчики, входящие в автоматизированный комплекс, устанавливаются соответствующим образом: датчики вибрации крепятся на опорах изделия и в нечопорных точках контроля вибрации, а датчики шума устанавливаются по периметру и направлены к испытываемому изделию (рисунок 3). [3]

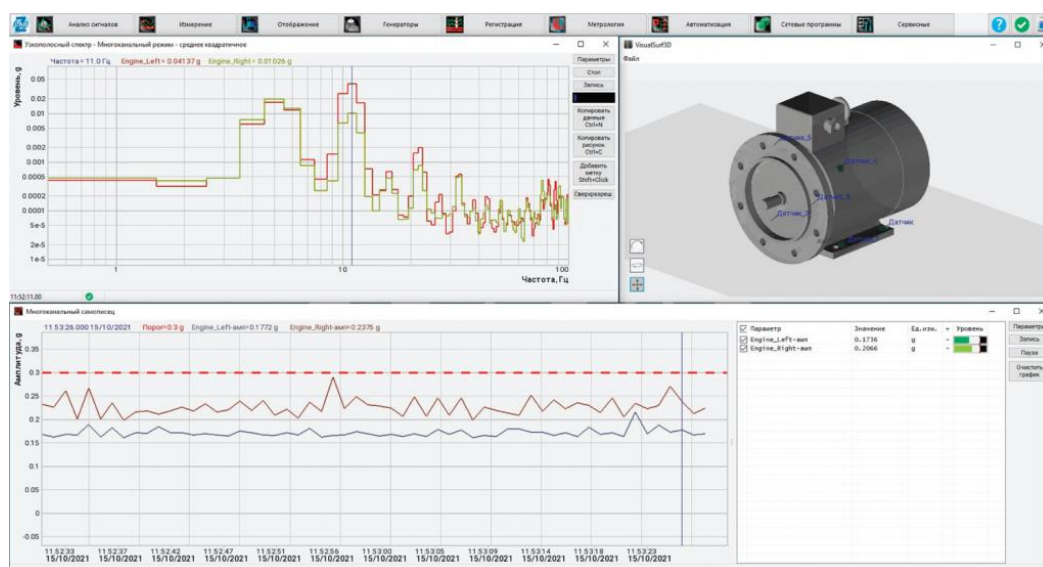
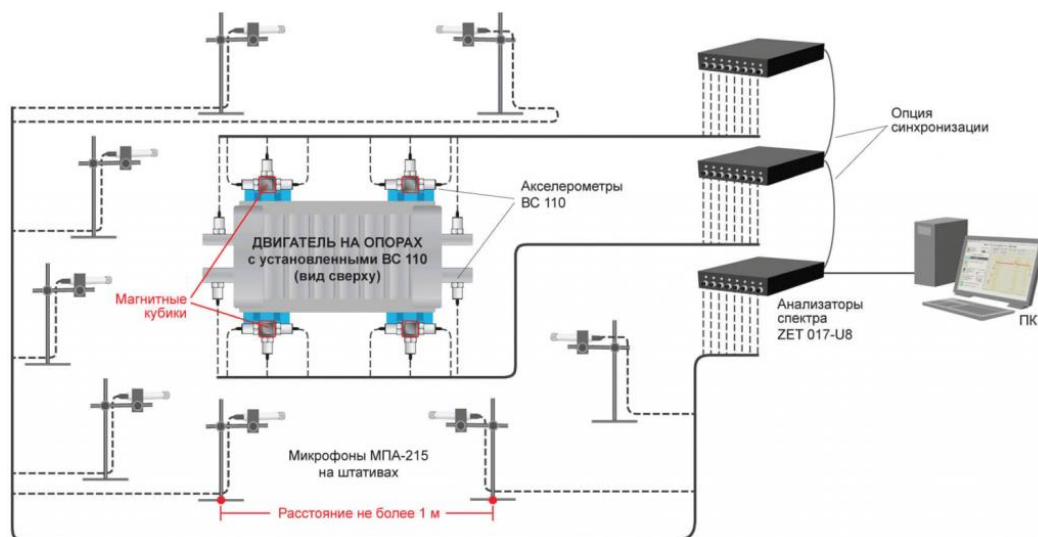


Рисунок – 3 Пример измерения вибрации при помощи комплекса МКШС-81

Таким образом программное обеспечение и оборудование компании Zetlab способно в результате исследования получать параметры вибродигности, проводить моделирование и прогнозирование отказов деталей, машин или механизмов, формируя при этом цифровую модель жизненного цикла изделий. Сбор данных вибродиагностики в режиме реального времени обуславливает на промышленных предприятиях использование элементов цифрового производства.

Список использованных источников

1. Боровков А., Рябов Ю., Гамзикова А. Цифровые двойники в нефтегазовом месторождении. – М.: 2020.

2. Гаврилин А. Мойзес Б. Диагностика технологических систем – М.: 2014. – 128 стр.

3. Журнал ИСУП №5(95) Система измерения виброшумовых характеристик и стационарная система вибродиагностики ZETLAB – 2021.

4. Прохоров А., Лысачев М., Боровков А. «Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт.» Издание первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр.

#### APPLICATION OF DIGITAL TWINS FOR VIBRATION MONITORING

Ekaterina Anatolyevna Kurashova

Senior Lecturer

004804@togudv.ru

Sergey Dmitrievich Predein

Student

2022102209@togudv.ru

Pacific National University

Khabarovsk

#### ABSTRACT

The digital twin is a key technological concept in digital manufacturing. This article examines the digital twin model and formulates and analyzes the digital monitoring chain. This review examines the role of sensors in creating dynamic virtual copies of physical objects. A brief description and purpose of vibration monitoring sensors is provided.

Keywords: digital twin, digitalization, mechanical engineering, vibration diagnostics, digital shadow, forecasting.