

# ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОИСКА НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Синкевич Е.А., аспирант ФГБУН ВИНТИ РАН

*В рамках концепции применения цифрового двойника (ЦД) оценена возможность его использования для организации поиска, обработки и накопления научно-технической информации на стадиях жизненного цикла наукоемкого изделия. Проведен анализ возможностей ЦД, показаны его базовые функции, преимущества и отличительные особенности от традиционных методов автоматизированного проектирования технических изделий. Предлагается с завершением жизненного цикла изделия его ЦД использовать как источник накопленной информации для создания новой, более совершенной, версии наукоемкого изделия. Раскрывается алгоритм формирования информационного ресурса ЦД наукоемкого изделия по научно-технической информации для проектирования новой техники. Предлагается вариант организации непрерывного поиска научно-технической информации по инновациям в отношении элементов наукоемкого изделия в сетевых электронных ресурсах с использованием его ЦД. Цифровой двойник предыдущей версии наукоемкого изделия, в отличие от самого изделия, продолжает свой жизненный цикл, но уже как источник накопленной информации, для создания новой, более совершенной версии наукоемкого изделия.*

**Ключевые слова:** непрерывный поиск, научно-техническая информация, информационно-поисковая система, цифровой двойник, наукоемкое изделие.

**Цитирование:** Синкевич Е.А. Оценка возможностей цифрового двойника для автоматизированного поиска научно-технической информации на стадиях жизненного цикла изделия // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2024. № 5 (80). С. 27–34.

## ВВЕДЕНИЕ

Современные информационные технологии постоянно предоставляют большие возможности во многих областях человеческой деятельности. Не стала исключением организация поиска и использования научно-технической информации. Все наиболее значимые научные издания формируют электронные архивы своих изданий. Существует большое количество электронных библиотек, как государственных, коммерческих, так и частных. Одним из перспективных направлений в области создания и эксплуатации технических изделий стало появление технологии цифровых двойников (ЦД), которое позволило проводить виртуальные исследования и значительно сократить время создания наукоемких изделий.

Мощный толчок в развитии ЦД произошел благодаря развитию искусственного интеллекта и интернета вещей. Согласно оценке исследовательской компании Gartner (США), прогнозирующей циклы зрелости технологий, это произошло в 2015 году. В 2016 году ЦД и сами вошли в Gartner

Нуре Cycle (кривая циклов зрелости технологий). ЦД за последние 5 лет стали новыми инструментами поддержки принятия проактивных решений. Еще в 2018 году технологии, связанные с цифровыми двойниками, были включены компанией Gartner в список TOP – 10 стратегически важных технологий оказались практически на пике перспективных технологий [1, 2].

Считается, что ЦД смогут решать такие проблемы, как прогнозирование технического состояния системы, выявление возможных аварийных ситуаций, прогнозирование заранее неизвестных ситуаций, которые впоследствии способны существенно повлиять на живучесть технической системы. Области наиболее интенсивного использования ЦД являются наукоемкие отрасли. Наибольшее развитие ЦД ожидается в аэрокосмической промышленности, энергетике, автомобиле- и судостроении, вооружении и военной технике, совершенствовании производственных процессов и т.д. Согласно исследованиям консалтинговой компании ABI Research (США) рынок промышленных цифровых двойников вырастет с 3,5 млрд долларов в

2021 году до 33,9 млрд долларов в 2030 году, что соответствует среднегодовому темпу роста 29%. В ABI Research полагают, что к 2026 году степень внедрения ЦД в мире достигнет 34,9%, что соответствует поддержке более чем 10 млн рабочих мест на производстве [3]. Цифровой двойник может взять на себя функцию поиска в электронных ресурсах научно-технической информации, необходимой для совершенствования функционирования технического изделия на всех стадиях его жизненного цикла. Для организации этой функции наиболее подходящей является современная технология создания сервис-ориентированной архитектуры информационной системы. Микросервисы на основе их оркестровки позволяют организовать автоматический поиск информации по результатам функционирования технического изделия, отзывам и пожеланиям пользователей, результатам собранных статистических данных, а также последних достижений науки и техники.

Целью исследования настоящей статьи является оценка возможности цифрового двойника для организации поиска, обработки и использования научно-технической информации (НТИ) на стадиях жизненного цикла (ЖЦ) наукоемкого изделия, а также оценка возможностей организации непрерывного поиска НТИ в сетевых электронных ресурсах на этапе проектирования наукоемкого изделия с использованием его ЦД.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

На сегодняшний день можно выделить укрупненную группу инструментов поддержки участников акселератора.

Использование электронных моделей ведущими мировыми компаниями – производителями высокотехнологичных для того времени, изделий началось в 60-х годах двадцатого века. После запуска в серийное производство изделия его электронная модель на последующих стадиях ЖЦ изделия не использовалась. Тем самым значительная часть научно-технического потенциала, заложенного в электронных моделях высокотехнологичных изделий, попросту не использовалась. Ситуация по увеличению реализации научно-технического потенциала электронных моделей компаниями – производителями наукоемкой продукции, стала изменяться с опубликованием в 2002 году Майклом Гривсом, в то время профессором Мичиганского университета (США), книги – научной работы «Происхождение цифровых двойников». Изложенная Майклом Гривсом концепция ЦД состояла из следующих трех основных частей: физические продукты в реальном пространстве; виртуальные продукты в виртуальном пространстве; соединения данных и информации, которые связывают виртуальные и реальные продукты вместе. Все разнообразие виртуальных моделей Майкл Гривс относил к следующим трем типам ЦД:

DTP (Digital Twin Prototype) – прототип «цифрового двойника», представляющий собой виртуальный аналог реаль-

ного объекта и содержащий все данные для производства оригинала;

DTI (Digital Twin Instance) – экземпляр «цифрового двойника», включающий трехмерную модель и содержащий данные обо всех характеристиках физического объекта, его эксплуатации и действующий параллельно с оригиналом;

DTA (Digital Twin Aggregate) – агрегатор «цифрового двойника», агрегированный двойник, представляющий собой вычислительную систему из ЦД и реальных объектов, которыми можно управлять из единого центра и обмениваться данными внутри [1].

Впервые концепция виртуального, цифрового эквивалента физическому продукту, или ЦД, была введена в Мичиганском университете на курсе PLM (Product Lifecycle Management) «Управление жизненным циклом продукта» для руководителей штата Мичиган, проходившем 2003 году в [1]. В отличие от электронных моделей того времени виртуальные модели изделий в концепции ЦД используются на стадиях ЖЦ изделия, следующих за серийным производством. Таким образом, виртуальная модель в концепции цифрового двойника используется в связке с изделием на всех стадиях его ЖЦ, а для изделия с проблемной утилизацией – в том числе и на стадии утилизации. Цифровой двойник представлялся как цифровая (виртуальная) модель любых физических объектов, систем, процессов или людей, которая точно воспроизводила форму и действия оригинала и, что самое главное, была синхронизирована с ним посредством двунаправленных информационных связей. Концепция ЦД исходит из того, что любой физический объект, процесс, явление можно представить в виде физической и виртуальной системы. В этом случае виртуальная система должна в реальном масштабе времени адекватно отражать физическую систему, что возможно только при наличии у них двусторонних информационных связей, объединяющих оба эти пространства – материальное и виртуальное.

Таким образом, суть концепции ЦД заключается во взаимосвязи физического объекта реального мира с его цифровой копией виртуального мира посредством устойчивой и непрерывной информационной связи между ними, обеспечивающей адекватное отражение состояния физического объекта [1]. Создание и использование такого ЦД было вызвано необходимостью заранее смоделировать, особенно для сложных и дорогостоящих изделий, то, что будет происходить с изделием в тех или иных условиях эксплуатации. По мнению автора концепции Майкла Гривса, «в идеальных условиях вся информация, которую можно получить от изделия, может быть получена от его ЦД» [4]. Поэтому создание и использование для сложных и дорогостоящих изделий ЦД позволяет экономить средства и время, а также если этого не избежать, то в значительной

степени снизить размер наносимого людям и окружающей среде ущерба.

Технологии, связанные с ЦД, вначале получили распространение в США, странах Западной Европы, Японии и на Тайване. Сократив некоторое отставание в области технологий ЦД, ученые и инженеры-производители Российской Федерации на основе успешного зарубежного и своего опыта первыми в этой сфере разработали в рамках направления TechNet (Национальной технологической инициативы) национальный стандарт Российской Федерации. В сентябре 2021 года Росстандарт утвердил ГОСТ Р 57700.37–2021 «Компьютерные модели и моделирование. Цифровые двойники изделий. Основные положения». Согласно этому стандарту «цифровой двойник изделия – это система, состоящая из цифровой модели изделия и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями. Здесь цифровая модель изделия – это система математических и компьютерных моделей, а также электронных документов изделия, описывающая структуру [2], функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях ЖЦ.

Целью создания ЦД является выполнение технических и тактико-технических требований к изделию, снижение себестоимости и сроков разработки, опытных образцов изделия, повышение технологичности изделия, а также повышение надежности и эффективности его эксплуатации. ЦД выполняет следующие задачи:

- оценка научной обоснованности, тактико-технической целесообразности и технологической реализуемости разрабатываемого или готового изделия в различных условиях эксплуатации;
- возможность на различных стадиях ЖЦ изделия проследить принятые технические решения и их обоснованность;
- обеспечение выполнения участниками процессов ЖЦ функций управления требованиями, конфигурацией и эксплуатационно-техническими характеристиками изделия;
- снижение себестоимости, сроков разработки опытных образцов и испытаний изделия и (или) его составных частей за счет проведения цифровых (виртуальных) испытаний в объеме, достаточном для подтверждения соответствия требованиям технического задания».

В ЦД можно выделить следующие компоненты: цифровую модель наукоемкого изделия, компьютерные программы, виртуально моделирующие поведение системы под воздействием внутренней и окружающей среды на заранее заданный период времени, двусторонние (двунаправленные) информационные связи с наукоемким изделием, создающие и пополняющие информационные ресурсы, характеризующие состояние системы и ее историю.

Необходимость адекватности ЦД продукции (изделию), производственным, социальным и экономическим процессам приводит к их специализации. В настоящее время выделяют следующие типы ЦД:

«цифровой двойник» продукта – виртуальная модель производимого продукта, используется для выявления и анализа недостатков в работе продукта в различных условиях эксплуатации и последующей корректирующей настройкой технологического оборудования перед серийным производством продукта, что позволяет повышать эффективность продукта и уменьшать производственные затраты по выводу продукта на рынок;

«цифровой двойник» процесса – виртуальная модель, имитирующая производственные процессы, позволяющая создавать различные технологические сценарии и показывать состояния производства в этих сценариях, что дает предприятию возможность разрабатывать наиболее эффективную технологию производства, при которой оно сможет выполнять профилактическое обслуживание, избегая дорогостоящих простоев, повышать безопасность и эффективность производства;

«цифровой двойник» системы – виртуальная модель всей производственной системы в целом (например, завода, фабрики, банка и др.), оперативно собирающая необходимые большие объемы актуальных данных, производимых технологическими элементами и продуктами системы, получает представление о реальном состоянии и создает возможности для принятия решения по оптимизации всех процессов системы [1].

Расширение применения ЦД идет вслед за развитием математических моделей, которые совершенствуются в основном в направлении адекватности описания состояния физических объектов, физических процессов, сложных социально-экономических явлений, не затрагивая направления освоения ЦД других функций. Использование результатов проверочных и упреждающих (превентивных) моделирования состояний реального объекта в условиях эксплуатации, как правило, ограничивается: либо подтверждением правильности решений разработчиков в отношении физического объекта; либо корректировкой соответствующих первоначальных решений, направленных на устранение различного рода недостатков; либо принятием решений о необходимых доработках по совершенствованию этого физического объекта. Сложность и масштабность физических объектов, процессов и явлений, а также повышение точности в адекватности описания ЦД их состояний, особенно для упреждающего (превентивного) системного прогнозирования состояния реального объекта, делает виртуальные модели все более интеллектуально затратными и дорогостоящими.

В настоящее время с завершением ЖЦ реального физического объекта его ЦД перестает использоваться, оставаясь лишь частью багажа, накопленного опыта разработчиков. Финансовые средства на создание ЦД ложатся дополнительными расходами на производство изделия, повышая его конечную стоимость. При этом ЦД является весьма интеллектуально затратным, наукоемким и дорогостоящим инструментом. Поэтому, с нашей точки зрения, этот инструмент с его ресурсами следует использовать для создания новых версий подобного вида изделий. Предлагается с завершением ЖЦ наукоемкого изделия его ЦД использовать для создания новой, более совершенной версии наукоемкого изделия. Для этого, на наш взгляд, необходимы не только накопление и сохранение ЦД информации о состоянии наукоемкого изделия в основных стадиях его ЖЦ, но и система непрерывного автоматизированного поиска НТИ по инновациям элементов, составляющих наукоемкое изделие с использованием информационно-поисковых систем (ИПС) [5, 6].

В этом случае ЦД предыдущей версии наукоемкого изделия продолжает свой ЖЦ, но уже как источник накопленной информации для создания новой, более совершенной, версии наукоемкого изделия.

Выбор ЦД наукоемкого изделия для накопления информации с целью создания в будущем новой, более совершенной версии этого изделия обусловлен следующими факторами:

- наличие прямой заинтересованности организации – производителя наукоемкого изделия, имеющего ЦД, в выводе на рынок более совершенной версии этого изделия с наименьшими затратами средств и времени;
- наличие у организации интеллектуальных и производственных возможностей (персонала, обладающего необходимыми компетенциями и находящегося в теме работ по изделию и производственных мощностей);
- сосредоточение актуальной информации для совершенствования действующей версии изделия в базе данных его ЦД, на рабочем месте конструкторов, рядом с технологическим оборудованием, что облегчает применение разработчиками адаптивно-параллельного метода при создании новой, более совершенной версии этого изделия;
- наличие у ЦД двусторонних связей с наукоемким изделием и базы данных для накопления информации по стадиям ЖЦ этого изделия;
- простотой создания дополнительной или увеличения имеющейся емкости базы данных ЦД для накопления и сохранения НТИ по инновациям.

Одним из эффективных подходов к проектированию наукоемких изделий является адаптивно-параллельный метод [5]. Этот метод позволяет выделить стадии ЖЦ наукоемкого изделия, а также задачи внутри каждой стадии, которые могут выполняться параллельно. На стадии НИОКР

адаптивно-параллельный метод значительно сокращает время и ресурсы на создание новой, более совершенной версии изделия. При создании совершенно новых изделий, а также при разработке более совершенного аналога еще эксплуатируемого образца изделия суть метода заключается в параллельном проектировании, экспериментировании и изготовлении для одной цели разных вариантов опытных образцов изделия с последующим выбором для серийного производства наиболее приемлемого варианта. При совершенствовании находящегося в эксплуатации образца изделия применение адаптивно-параллельного метода заключается в параллельной разработке разных вариантов новых деталей, узлов, материалов и опробовании их в составе опытного образца изделия. По положительным результатам опробования каждого варианта деталей, узлов и материалов разработчиками оперативно делается вывод об использовании в изделии того варианта деталей, узлов и материалов, который в наибольшей степени отвечает возможностям организации-производителя и улучшает эксплуатационные характеристики изделия, а также упрощает технологию производства и снижает стоимость изделия в целом. В случае отрицательного результата опробования разработчиками также оперативно принимается решение о соответствующем направлении дальнейшего совершенствования деталей и узлов, либо об изменении технологии производства деталей и узлов, либо то и другое вместе.

Особенностью использования адаптивно-параллельного метода при разработке наукоемкого изделия, предполагающего наличие у него ЦД, является то, что в ЦД создается модуль непрерывного поиска научно-технических решений в распределенных сетевых ресурсах. В этом отношении ЦД предыдущей версии изделия может быть востребован и подключен к системе поиска НТИ и системе поддержки принятия проектных решений.

Основным компонентом ЦД является цифровая модель, которая, используя двунаправленные связи с физическим объектом, посредством компьютерных программ виртуально моделирует поведение наукоемкого изделия. Цифровые модели и компьютерные программы в большей степени, чем другие компоненты ЦД, отражают характерные особенности как отраслевой, так и функциональной принадлежности наукоемких изделий. Поэтому для наиболее распространенных видов наукоемких изделий разработаны соответствующие платформы создания цифровых моделей и методы наполнения их данными. Среди таких платформ выделяются функционально-ориентированные: Autodesk, Bosh, Ansys, процессно-ориентированные SAP, Oracle и предметно-ориентированные, например в литейном производстве [7], в автомобильной промышленности, в утилизации электротехнической продукции [8], в машиностроении и энергетике (Cerebra) и др. [9].

Большое разнообразие платформ, а также архитектурных и технологических принципов их построения, необходи-

мость осуществления возможности их дальнейшей интеграции в единую систему хранимых и используемых данных на основе распределенных сервисов обуславливают потребность разработки теоретических основ методики построения и интеграции систем поддержки процессов моделирования, проектирования и управления посредством ЦД [10].

Интеграция НТИ по инновациям в отношении элементов, составляющих наукоемкое изделие на всех стадиях его ЖЦ, осуществляется через специальный модуль его ЦД, в котором для обеспечения преемственности старой и новой версии наукоемкого изделия необходимо формировать и сохранять результаты поиска НТИ по каждой стадии ЖЦ наукоемкого изделия. Система двунаправленных связей обеспечивает взаимодействие информационных ресурсов предыдущей версии наукоемкого изделия с создаваемой новой версией и ее ЦД (см. рис. 1) [11].

Эксплуатационные характеристики наукоемкого изделия моделируются на основе потоков данных, которые возникают в ходе реализации процессов.

В предлагаемом подходе для описания объектов и процессов, а также установления связей между ними используются иерархические и сетевые структуры. Система управления или настройка ЦД осуществляется через корректировку иерархической структуры дерева целей наукоемкого изделия, соотношенной с деревом декомпозиции бизнес-процессов, в нем протекающих, а также с сетевой структурой взаимодействия связей между свойствами объектов наукоемкого изделия. Решение этой задачи может быть реализовано методами автоматизированного непрерывного поиска НТИ.

Под непрерывным поиском НТИ в сетевых электронных ресурсах будем понимать автоматизированный поиск с использованием поисковой системы, реализованной на базе ЦД наукоемкого изделия в форме сервис-ориентированной архитектуры, в базах данных, ведущих в предметных областях, электронных журналах, электронных библиотеках и других открытых источниках, осуществляющих научно-информационную деятельность. Их информационные ресурсы содержат, как правило, систематизированные по научным направлениям издания, а также неструктурированные полнотекстовые работы. Периодичность появления поискового запроса определяется категорией информационного ресурса, в котором может находиться полезная НТИ. Так поиск информации в научных журналах может быть активизирован появлением их новых выпусков, а поиск информации в патентах будет определяться датой последнего запроса к патентной базе данных или к соответствующему разделу этой базы данных. Эти факторы определяют регламент формирования поискового запроса и периодичность его исполнения.

Интересующая нас информация об инновациях: в конструкции и работе наукоемкого изделия, технологии его производства и использовании современных материалов, как правило, растворена в огромном объеме информации научных направлений, предметных областей, имеющих отношение к элементам, составляющим это изделие. Для создания нового, более совершенного образца наукоемкого изделия нужна достоверная релевантная информация. Составление информационных запросов должно касаться исследований и научно-технических достижений в области механики, электромеханики, автоматизации, электроники и программного обеспечения. Для непрерывного поиска в сетевых электронных ресурсах важно, чтобы информация имела форму документа с зафиксированной в нем НТИ,

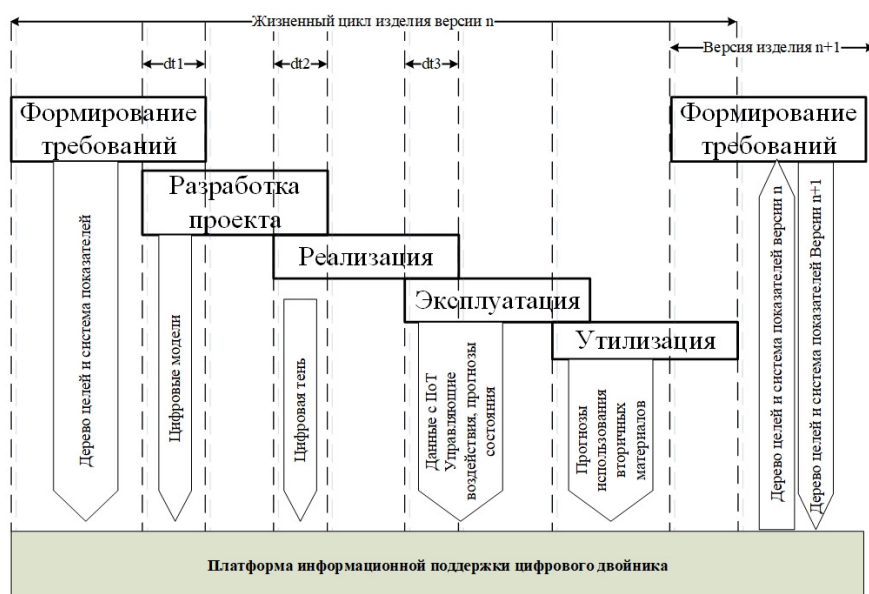


Рис. 1. Информационная поддержка жизненного цикла изделия на основе цифрового двойника

в виде текста, звукозаписи или изображения, хранящегося в доступной базе данных. Документ должен быть кодифицирован и содержать реквизиты, позволяющие идентифицировать его и содержащуюся в нем информацию.

Анализ существующих методов, алгоритмов и подходов поиска текстовой НТИ с использованием ИПС показывает, что алгоритм формирования информационного ресурса ЦД по НТИ практически сводится к поиску актуальной НТИ (см. рис. 2) и включает: составление поисковых запросов, извлечение актуальной НТИ и наполнение базы данных ЦД [12].

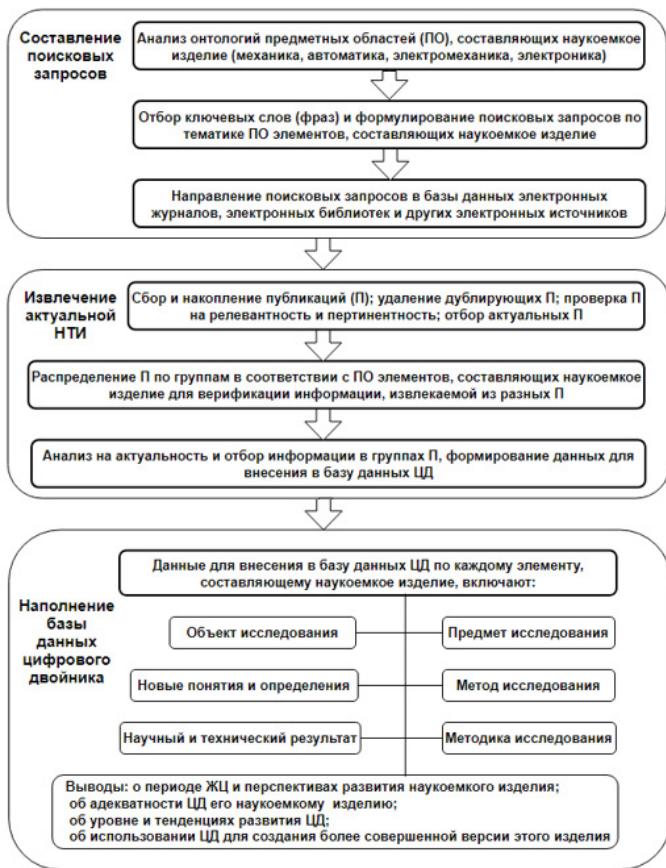


Рис. 2. Алгоритм формирования информационного ресурса цифрового двойника научно-технической информации

Составление поисковых запросов. Поиск ведется в базах данных, ведущих в предметных областях, электронных журналах, электронных библиотеках и других открытых источниках. Поиск ограничивается статьями из рецензируемых журналов, опубликованных в период с начала эксплуатации наукоемкого изделия и использования ЦД на текущий момент времени. Составление информационных запросов должно касаться исследований и научно-технических достижений в соответствующих тематических разделах. Поиск основывается на наиболее подходящих методах, которые дают приемлемые результаты.

Извлечение актуальной НТИ. Релевантные статьи оцениваются по метаданным и контексту. Публикация отбирается для дальнейшего исследования, если соответствует следующим критериям:

- 1) содержит актуальную (новую, отличную от имеющейся) информацию хотя бы об одном элементе, составляющем наукоемкое изделие;
- 2) акцент делается на объект, предмет и метод исследования, на научный и технический результаты (патенты на изобретение), на новые понятия и определения в отношении хотя бы одного аспекта элемента, входящего в структуру наукоемкого изделия;
- 3) присутствует идентичность или относительная схожесть объекта, предмета, метода и методики исследований с наукоемким изделием.

Для получения актуальной информации и формулирования выводов информация отобранных материалов тщательно изучается.

Наполнение базы данных ЦД. Данные для внесения в базу данных ЦД включают в себя: новые понятия и определения, объект, предмет, метод и методику исследования, научный и технический результаты исследования.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих тенденций совершенствования и сокращения сроков проектирования наукоемкого изделия показал, что теория и практика цифровых двойников являются наиболее прогрессивным и быстро развивающимся направлением. Отмечено, что с окончанием ЖЦ изделия его цифровой двойник перестает быть востребованным. В работе предложено, в рамках концепции применения цифровых двойников, с завершением ЖЦ изделия его ЦД использовать как источник накопленной информации для создания новой, более совершенной версии наукоемкого изделия. Для того чтобы цифровой двойник в последующем имел ценность, необходимо постоянно пополнять его базу данных научно-техническими решениями, которые появились после этапа проектирования изделия. В этом случае ЦД предыдущей версии наукоемкого изделия, в отличие от самого изделия, будет востребован и продолжит свой ЖЦ, но уже как источник накопленной информации для создания новой, более совершенной версии наукоемкого изделия. Реализация этого предусматривает накопление ЦД информации о состоянии наукоемкого изделия в основных стадиях ЖЦ предыдущей версии изделия и создание системы непрерывного автоматизированного поиска информации об инновациях, содержащих объект, предмет и методы исследования, а также научный и технический результаты, по элементам, составляющим это изделие. Для этого поиск НТИ должен осуществляться на всех стадиях ЖЦ предыдущей версии изделия.

#### Список использованных источников и литературы

1. Прохоров А., Лысачев М. Научный редактор профессор Боровков А. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. – М.: ООО «Альянс Принт», 2020. – 401 с.
2. Бурый А.С. Цифровые двойники как основа парадигмы развития прикладных информационных систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 6(70). С. 24–32.
3. ABI Research. Консалтинговая компания. Исследования рынка промышленных DT. [Электронный ресурс] URL: <https://spbit.ru/analytics/a210676> (дата обращения: 19.07.2024).
4. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication // White paper. 2014. P. 1–7.
5. Щекочихин О.В., Синкевич Е.А. Обеспечение информационной безопасности при работе с информационно-поисковыми системами // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2022. № 2(66). С. 35–40.
6. Синкевич Е.А. Системы кодификации научно-технической информации для организации ее поиска в электронных библиотеках // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 4(56). С. 35–40.
7. Руссу Е.А. Автоматизированное проектирование узлов транспортных средств адаптивно-параллельным методом // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 2008. № 10. С. 6–8.
8. Zhang M., Tao F., Cheng J., Qi Q. Digital Twin Workshop: A New Paradigm for Future Workshop // Computer Integrated Manufacturing Systems. 2017. T. 23, № 1. С. 1–9.
9. Knapp G.L., Mukherjee T., Zuback J.S., Wei H.L., Palmer T.A., De A., DebRoy T. Building Blocks for Digital Twin of Additive Manufacturing // Acta Materialia. 2017. 135. С. 390–399.
10. Wang X. V., Wang L. Digital Twin-Based WEEE Recycling, Recovery and Remanufacturing in the Background of Industry 4.0 // International Journal of Production Research. 2019. T. 57, № 12. С. 3892–3902.
11. Шведенко В.Н., Шведенко В.В., Щекочихин О.В. Использование структурного и параметрического полиморфизма при создании цифровых двойников // НТИ. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2019. № 3. С. 21–24.
12. Шведенко В.Н., Щекочихин О.В., Синкевич Е.А. Информационные системы управления процессом создания и эксплуатации наукоемкой продукции // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. 2021. № 5. С. 19–22.

## EVALUATION OF THE CAPABILITIES OF THE DIGITAL TWIN FOR AUTOMATED SEARCH OF SCIENTIFIC AND TECHNICAL INFORMATION AT THE STAGES OF THE PRODUCT LIFE CYCLE

**Sinkevich E.A.**, graduate student Russian Institute of Scientific and Technical Information of the RAS

*Within the framework of the concept of using a digital twin (DT), the possibility of using it to organize the search, processing and accumulation of scientific and technical information at the stages of the life cycle of a high-tech product was assessed. An analysis of the capabilities of a DT is carried out, its basic functions, advantages and distinctive features from traditional methods of computer-aided design of technical products are shown. It is proposed that at the end of the product's life cycle, its DT can be used as a source of accumulated information to create a new, more advanced version of a high-tech product. An algorithm for creating an information resource for a DT of a high-tech product based on scientific and technical information for the design of new equipment is revealed. An option is proposed for organizing a continuous search for scientific and technical information on innovations regarding elements of a high-tech product in network electronic resources using its DT. The DT of the previous version of a high-tech product, unlike the product itself, continues its life cycle, but as a source of accumulated information for creating a new, more advanced version of a high-tech product.*

**Keywords:** continuous search, scientific and technical information, information retrieval system, digital twin, a high-tech product.

**For citation:** Sinkevich E.A. Evaluation of the capabilities of the digital twin for automated search of scientific and technical information at the stages of the product life cycle. *Information and Economic Aspects of Standardization and Technical Regulation*. 2024; 5 (80): 27–34. (In Russ.).

#### References

1. Prokhorov A., Lysachev M. Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoy opyt. Moscow, ООО «Al'iyns-print» Publ., 2020, 401p. (In Russ.).
2. Buryi A.S. Cifrovye dvoyniki kak osnova paradigmy razvitiya prikladnykh informacionnykh sistem. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*. 2022, no. 6(70), pp. 24–32. (In Russ.).
3. ABI Research. Consulting company. Industrial DT market research. [Electronic resource] URL: <https://spbbit.ru/analytics/a210676> (accessed 19.07.2024) (In Russ.).
4. Grieves M. Digital twin: manufacturing excellence through virtual factory replication. White paper. 2014, pp. 1–7.
5. Shchekochihin O.V., Sinkevich E.A. Obespechenie informacionnoj bezopasnosti pri rabote s informacionno-poiskovymi sistemami. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*. 2022, no. 2(66), pp. 35–40. (In Russ.).
6. Sinkevich E.A. Sistemy kodifikatsii nauchno-tekhnicheskoy informatsii dlya organizatsii ee poiska v elektronnykh bibliotekakh. *Informacionno-ekonomicheskie aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya*. 2020, no. 4(56), pp. 35–40. (In Russ.).
7. Russu E.A. Avtomatizirovannoe proektirovanie uzlov transportnykh sredstv adaptivno-parallelnym metodom [Computer-aided design of vehicle assemblies by the adaptive parallel method]. *Pribory i sistemy. Upravlenie, control, diagnostic*. 2008, no. 10, pp. 6–8.
8. Tao F., Zhang M., Cheng J., Qi, Q. Digital Twin Workshop: New Paradigm for Future Workshop. *Computer Integrated Manufacturing Systems*. 2017, no. 23 (1), pp. 1–9.
9. Knapp G.L., Mukherjee T., Zuback J.S., Wei H.L., Palmer T.A., De A., DebRoy T. Building Blocks for Digital Twin of Additive Manufacturing. *Acta Materialia*, 2017, no. 135, pp. 390–399.
10. Wang X. V., Wang, L. Digital Twin-Based WEEE Recycling, Recovery and Remanufacturing in the Background of Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. 2019, vol. 57, no. 12, pp. 3892–3902.
11. Shvedenko V.N., Shvedenko V.V., Shchekochikhin O.V. Ispolzovanie strukturnogo i parametricheskogo poliformizma pri sozdanii tsifrovyykh dvoynikov. *Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. Seriya 2. Informatsionnyye protsessy i sistemy*. 2019, no. 3, pp. 21–24. (In Russ.).
12. Shvedenko V.N., Shchekochikhin O.V., Sinkevich E.A. Informatsionnyye sistemy upravleniya protsessom sozdaniya i ekspluatatsii naukoemkoy produktsii. *Nauchno-tekhnicheskaya informatsiya. Seriya 2. Informatsionnyye protsessy i sistemy*. 2021, no. 5, pp. 19–22. (In Russ.).