

## Влияние накопленных инженерных знаний на значение коэффициента готовности наукоемких изделий

Д.В. Кондусов, В.Б. Кондусова,

А.И. Сергеев, А.И. Сердюк (Оренбургского государственного университета)

Приведена оценка влияния накопленных инженерных знаний в контрактах жизненного цикла на значение коэффициента готовности наукоемких изделий. Описан программный модуль, позволяющий при совместной работе с САПР осуществлять поиск архивной информации о 3D-моделях наукоемких изделий и актуализировать эту информацию.

Ключевые слова: 3D-модели, наукоемкие изделия инженерные знания, коэффициент готовности, контракт жизненного цикла, САПР.

Научной проблемой, на решение которой направлено исследование, является оценка изменения эффективности функционирования САПР на протяжении всего жизненного цикла наукоемкого изделия, включая его состояние готовности на этапе эксплуатации<sup>1</sup>. Рассматривается продукция наукоемких отраслей, таких как производство космической техники, авиастроение, судостроение, производство роботов, гибких автоматизированных линий и др., в себестоимости которой доля расходов на НИОКР существенно превышает значение среднеотраслевого показателя.

Подавляющее большинство существующих на сегодняшний день подходов к определению уровня готовности изделия осуществляются на этапе эксплуатации и основываются либо на использовании усредненных показателей надежности (срок службы, наработка на отказ), либо на методах допускового контроля. Теоретическая проработка поставленной проблемы показала, что оценка уровня готовности наукоемких изделий должна быть комплексной, учитывающей все этапы жизненного цикла, а не один отдельно взятый этап эксплуатации [1, 2]. Обеспечение требуемого коэффициента состояния готовности наукоемкого изделия должно начинаться с этапа проектирования с переходом к этапам производства и эксплуатации, такое единое пространство предлагается реализовать посредством информационного взаимодействия изготовителя и потребителя в жизненном цикле (ЖЦ) наукоемких изделий.

Одним из подходов к решению задач повышения эффективности функционирования САПР является применение методов, основанных на моделировании контрактов жизненного цикла изделий (КЖЦ) [3], и мониторинга эксплуатации [4] как обязательного условия взаимодействия изготовителя

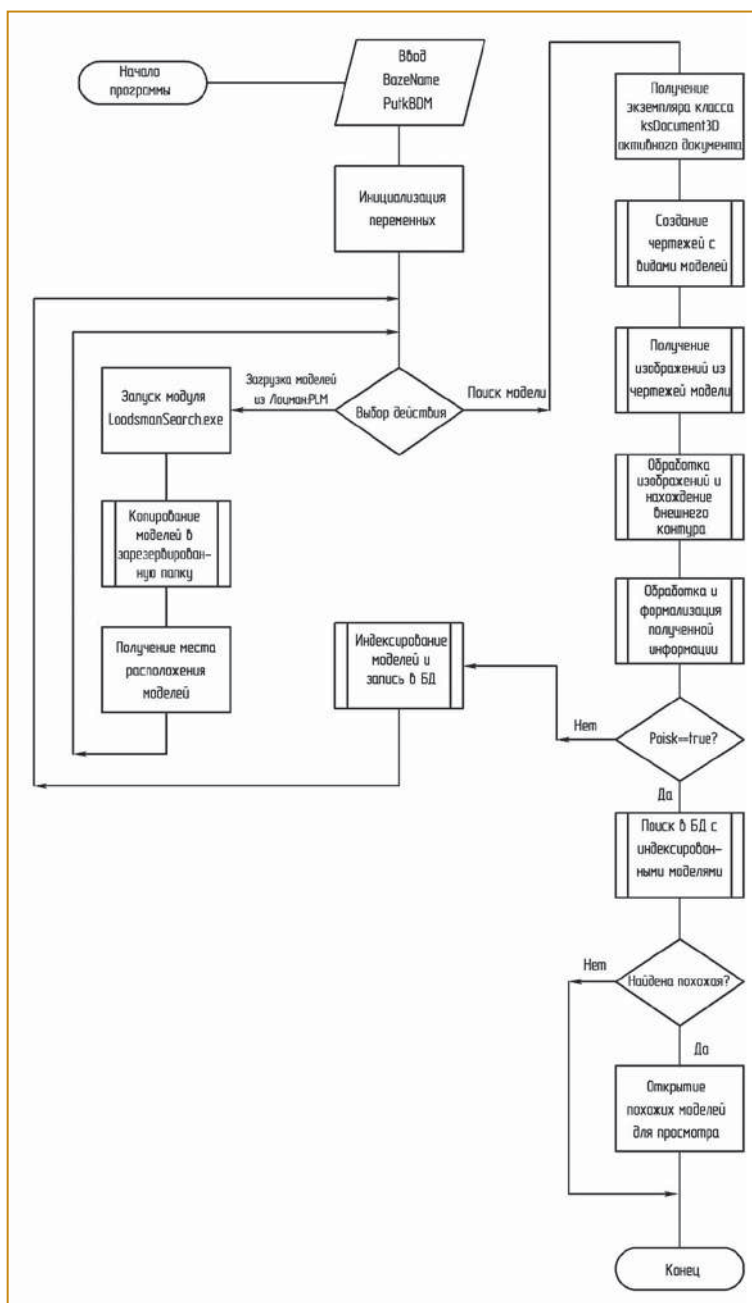


Рис. 1. Фрагмент схемы алгоритма получения инженерных знаний из 3D-модели

<sup>1</sup> Эксплуатационный коэффициент готовности - вероятность того, что изделие в данный момент времени находится в работоспособном состоянии, определенная из опыта при фактических условиях функционирования и технического обслуживания. ГОСТ Р 27.002-2009.

и потребителя для оценки использованных проектных и технологических решений.

В соответствии с ГОСТ Р 56136-2014 «Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения» контракт жизненного цикла — это договор, предусматривающий создание и поставку изделия, создание объекта и/или предоставление услуг по обеспечению эксплуатации и/или ремонта изделия или объекта в течение всего срока их службы, а также последующую утилизацию такого изделия или объекта. Задача мониторинга в данном случае — это обеспечение автоматизированного взаимодействия изготовителя с потребителем наукоемких изделий в среде PLM — обеспечение данными предприятий разработчика и изготовителя наукоемких изделий и ведение базы данных по каждому конкретному экземпляру изделия.

Собранная эксплуатационная статистика позволит вносить изменения и корректировки уже на первом этапе ЖЦ — этапе проектирования. В процессе длительного срока эксплуатации наукоемких изделий возникают ситуации разрыва контактов с поставщиками комплектующих, вызванные политическими решениями, уходом фирмы с рынка и другими. В такой ситуации изготовитель вынужден осваивать выпуск некоторых комплектующих, производство которых в той или иной степени характерно для его профильной деятельности. Проектирование таких комплектующих включает элементы реверс инжиниринга и унификацию с уже производимыми изделиями. Отсюда возникает проблема организации поиска трехмерных моделей по базе производственных данных в условиях отсутствия идентификационных признаков, таких как код и наименование, только на основе геометрической информации.

Для оперативного доступа к конструкции и автоматизации процесса модернизации наукоемких изделий разработан программный продукт, осуществляющий поиск требуемой информации в базе инженерных знаний о 3D-моделях, созданных ранее, и актуализирующий эту информацию. На рис. 1 представлен фрагмент работы алгоритма данного программного продукта [5].

Таким образом, разработанный программный продукт можно рассматривать как автоматизированное средство для переиспользования инженерных знаний.

Разработчику предлагается использование представленного модуля совместно с САПР, что позволит повысить эффективность этапа проектирования. В условиях импортозамещения для апробации предложенного решения использовалась отечественная PLM-система АСКОН (<http://www.ascon.ru>). Для корректной работы модуля необходимо через кон-

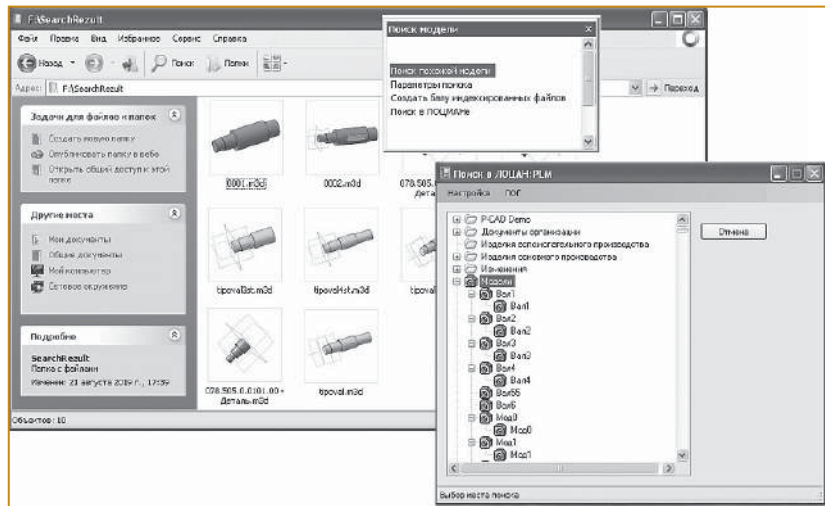


Рис. 2. Экранная форма результата поиска похожей модели

фигуратор выполнить настройку «ЛОЦМАН: PLM», обеспечивающую вызов модуля на исполнение при наступлении события «перед сохранением изменений в рабочей области».

Окно с результатом работы модуля получения инженерных знаний из 3D-модели представлено на рис. 2.

Интеграция разработанного программного обеспечения в общую архитектуру автоматизированной среды проектирования, производства и эксплуатации наукоемких изделий позволяет уменьшить вероятность возникновения ошибок проектирования и повысить эффективность функционирования САПР в части информационного взаимодействия изготовителя и потребителя в ЖЦ наукоемких изделий.

Совершенствование эксплуатационных характеристик наукоемкого изделия на этапе проектирования имеет непосредственное влияние на его техническую готовность. На этом этапе задается совокупность данных, которые определяют режимы технического обслуживания, подлежат утверждению в рамках обязательной сертификации типовой конструкции наукоемких изделий для обеспечения поддержания требуемого уровня коэффициента готовности (например, летной годности воздушного судна) при эксплуатации.

Такая взаимосвязь этапа проектирования с этапом эксплуатации наглядно показывает и доказывает потребителю, что изготовителем приняты необходимые меры, обеспечивающие достижение заданных характеристик надежности и эксплуатационной технологичности. Гарантом таких отношений в современных условиях развития машиностроения выступает система контрактации (моделирование КЖЦ изделий) [6].

С помощью накопленной эксплуатационной статистики выявляются узлы, которые выходят из строя наиболее часто. В связи с этим изготовителем принимается решение об изменении конструкции проблемного узла. На основе инженерных знаний [7, 8], полученные из ранее созданных 3D-моделей, кон-

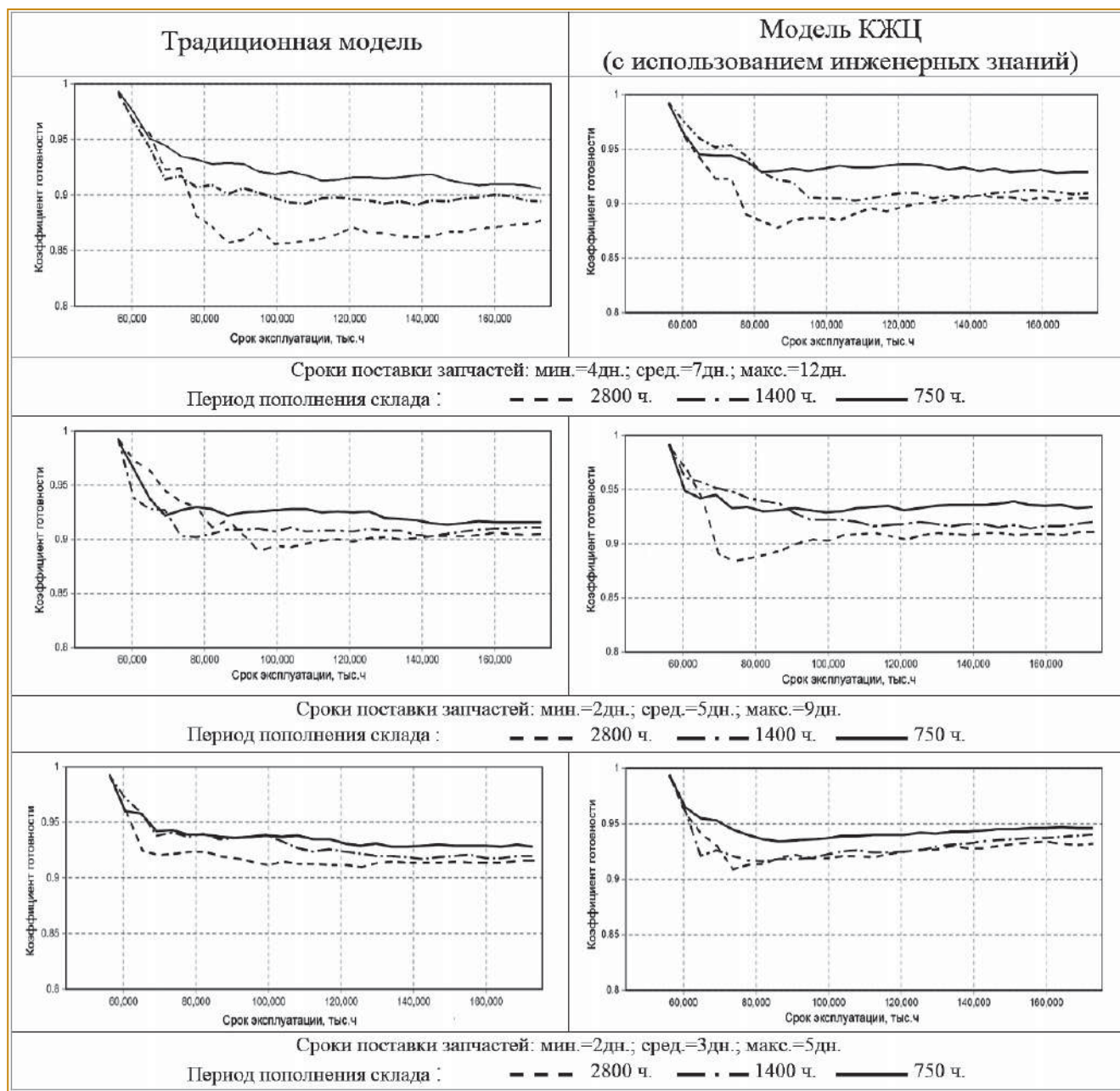


Рис. 3. Закономерности изменения коэффициента готовности

струкция модифицируется, в следствии чего увеличивается срок службы и уровень готовности изделия, и уменьшается число сменных узлов, необходимых на складе для замены.

На рис. 3 представлена закономерность повышения коэффициента готовности изделия в модели КЖЦ при переиспользовании инженерных знаний. Представлено сравнение традиционной модели взаимодействия изготовителя и потребителя с моделью, основанной на КЖЦ, в которой применяются накопленные инженерные знания. Прослеживаются закономерности изменения коэффициента готовности (повышения его значений) при одинаково заданных параметрах (срок поставки запасных частей на склад и период пополнения склада).

Выполненное исследование позволило установить, что одним из перспективных направлений в условиях производства являются методы и средства повышения эффективности функционирования САПР как информационного взаимодействия изготовителя и потребителя в жизненном цикле наукоемких изделий, на основе которых возможно достижение высоких технико-тактических характеристик наукоемких изделий. Современный уровень развития поддержки полного жизненного цикла изделия предполагает при взаимодействии изготовителя и потребителя использовать предметом отношений не само изделие как объект, а достижение им определенного уровня технико-тактических показателей (коэффициента готовности), временных характеристик (время поставки изделия,

*Богатство знаний идет на пользу, ибо экономит время.*

Чарльз Лэм

время поставки МТО и др.), что существенно отражается на этапе проектирования и производства изделий.

Авторами обоснован один из путей повышения эффективности функционирования САПР за счет использования ранее накопленных инженерных знаний на этапе проектирования в информационном взаимодействии изготовителя и потребителя КЖЦ, который позволяет повысить уровень готовности наукоемких изделий.

#### Список литературы

1. *Yisha Xiang, Zhicheng Zhu, David W. Coit, Qianmei Feng* Condition-based maintenance under performance-based contracting // *Computers & Industrial Engineering*. 2017. №111. p. 391-402.
2. *Sukhwa Hong, Christian Wernz, Jeffrey D. Stillinger* Optimizing maintenance service contracts through mechanism design theory // *Applied Mathematical Modelling*. 2016. №40. p. 8849-8861.
3. *Кондусова В.Б.* Разработка имитационной модели жизненного цикла сложных изделий машиностроения с длительным сроком эксплуатации на основе применения контракта жизненного цикла / В.Б. Кондусова, Д.В. Кондусов // *Информационные технологии в проектировании и производстве*. — 2019. — № 2. — С. 30-34.
4. *Kondusova (Kuznetsova) V. B., Kondusov D. V., Serdyuk A. I., Sergeev A. I.* Monitoring System for High-Tech Equipment // *Russian Engineering Research*. 2017. Vol. 37. No. 10. P. 892-896, DOI: 10.3103/S1068798X17100136.
5. *Кондусова В.Б., Кондусов Д.В.* Интеллектуализация автоматизированного проектирования с использованием накопленных инженерных знаний // *Вестник машиностроения*. 2019. № 5. С. 61-63.
6. *Федорович В.А., Муравник В.Б., Бочкарев О.И.* США: военная экономика (организация и управление). Под общ. ред. Золоторева П. С. и Роговского Е. А. М.: Междунар. отношения, 2013. 616 с.
7. *Chidambaran N.C., Ravi Kumar G.V.V., Chidambaran N.C.* Knowledge Based Engineering – How it can help retail and Consumer Packaged Goods Industry. Technical white paper, Infosys, 2011. — 14 p.
8. *Devaraja H.V.* Knowledge Based Engineering (KBE) – Key Product development technology to enhance competitiveness. Technical View Point, Infosys Technologies Limited. 2009. 17 p.

*Кондусов Дмитрий Викторович – аспирант,*

*Кондусова Валентина Борисовна – канд. экономич. наук, доцент,*

*Сергеев Александр Иванович – д-р техн. наук, проф.,*

*Сердюк Анатолий Иванович – д-р техн. наук, проф. Оренбургского государственного университета.*

*E-mail: valyosha@list.ru sap@mail.osu.ru*

#### Покрасочный цех будущего: от линий к боксам

В настоящее время растет разнообразие выпускаемых моделей автомобилей и технологий нанесения краски. Но чем больше разных моделей находится на линии, тем меньше производственная эффективность. Это связано с тем, что продолжительность цикла покраски устанавливается на основе размера кузова наиболее крупной модели и типа краски, требующей больше времени для нанесения. Если ускорить перемещение на линии малоразмерных кузовов и сократить время нанесения определенных типов краски, это сэкономит время и увеличит производительность. Но производственные циклы с фиксированным временем не позволяют этого сделать. Это побудило Dürr переосмыслить принципы организации процесса и разработать совершенно новый подход, соответствующий требованиям времени.

#### Гибкая установка времени на производственный цикл

Общая идея «покрасочного цеха будущего» основана на том, что 120 этапов покраски осуществляются в боксах и еще более мелких секциях. На обработку каждого кузова в каждом боксе отводится столько времени, сколько необходимо именно этой модели при данной задаче, а не на основе общей продолжительности производственного цикла. Это стало возможным благодаря тому, что разные операции в боксах выполняются одновременно и в интеграции с многоярусной складской системой и автоматизированной системой управляемых транспортных тележек EcoProFleet. Управляет работой тележек интеллектуальное программное обеспечение DXQcontrol. Оно направляет тележки с кузовами на позицию для выполнения следующей операции и обеспечивает эффективное использование всех боксов. Это же ПО сортирует и транспортирует кузова к станциям назначения,

забирает их оттуда и направляет к месту финальной сборки с предустановленной последовательностью операций. Такая концепция позволяет легко добавлять технологические мощности и вводить в производство новые модели. Революционная концепция на основе боксов применима как во всей зоне нанесения верхнего слоя краски на рабочих станциях, так и на отдельных этапах процесса.

#### Рост эффективности и экономия ресурсов

Концепция на основе боксов позволяет выполнять все три процесса покраски в одном боксе — один в салоне и два снаружи. Таким образом, концепция EcoProBooth, на которую подана патентная заявка, позволяет сократить время производства, так как делает ненужными два этапа конвейерной транспортировки из трех, необходимых при стандартной организации процесса. Если в одном боксе используется только одна краска, например, самая востребованная сейчас белая, то потери краски при замене цвета можно сократить до 10 %. Покраска в боксах сокращает общее время производственного цикла, так как позволяет отводить столько времени для нанесения краски на каждый кузов, сколько нужно. Кроме того, такой способ организации производства сокращает выбросы CO<sub>2</sub>.

При этом увеличивается показатель общей доступности оборудования, поскольку любая неисправность теперь затрагивает только определенную секцию бокса и не влияет на работу линии в целом в отличие от классической производственной модели. Такая гибкая схема позволяет легко интегрировать особые процессы, например, подачу спецкраски или внедрить двухцветную окраску без опыла (оверспрея), что делает ее еще более экономичной.

[Http:// www.durr.com](http://www.durr.com)