

УДК 62-1:006.07

## УНИФИКАЦИЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДАННЫХ О РЕЖУЩЕМ ИНСТРУМЕНТЕ

<sup>1</sup>Басова Т.В., <sup>2</sup>Басова М.В.

<sup>1</sup>ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,  
Санкт-Петербург, e-mail: tvbasova@itmo.ru;

<sup>2</sup>Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова,  
Санкт-Петербург, e-mail: basova9590810@mail.ru

Режущие инструменты (РИ) являются одним из основных операционных ресурсов для современных производственных систем. На сегодняшний день большинство современных производителей РИ имеют различия в описании одних и тех же конструкторско-технологических параметров своей номенклатуры РИ. Кроме того, электронное представление информации о РИ часто оказывается неудобным для потребителя из-за необходимости приобретения дополнительных сторонних приложений, адаптированных к чтению и работе с информацией, от конкретного поставщика инструмента. Отсутствие единых форм представления данных поставщиками РИ снижает возможность автоматизированного чтения предприятиями-потребителями информации о РИ и ее дальнейшего использования в процессе производства. В связи с этим вопрос управления информационными ресурсами о РИ является актуальным на всех предприятиях машиностроения и приборостроения, особенно в условиях высокой автоматизации производства. Задача по приведению к единообразию схем в семантике, структуре и синтаксису представления данных о РИ может быть решена унификацией информации на основе стандарта ISO 13399 и формата GTC (Generic Tool Catalog). Стандартизация информации о РИ является ключевым фактором, позволяющим автоматизировать многие производственные процессы, связанные с механической обработкой. В данной статье приведены возможности применения стандарта ISO 13399 и GTC, позволяющие унифицировать данные о РИ. Приведены примеры описания параметров РИ в соответствии со стандартом ISO 13399 и их представление в формате GTC. На основе формата GTC может быть получен цифровой двойник РИ, являющийся полноценной копией фактически существующего РИ. Применение цифровых двойников РИ объединит работу многих производственных служб и программных приложений предприятия-потребителя, что способствует повышению производственной эффективности.

**Ключевые слова:** режущий инструмент, ISO 13399, GTC, управление информацией, унификация, цифровой двойник

## UNIFICATION OF REPRESENTATION ABOUT CUTTING TOOL DATA

<sup>1</sup>Basova T.V., <sup>2</sup>Basova M.V.

<sup>1</sup>ITMO University, St. Petersburg, e-mail: tvbasova@itmo.ru;

<sup>2</sup>Baltic State Technical University «Voenmeh» named after D.F. Ustinov,  
St. Petersburg, e-mail: basova9590810@mail.ru

Cutting tools (CT) are one of the main operations resource resources for modern production systems. These days most CT modern manufacturers have differences in the description of the same design and technological characteristics of their nomenclature. In addition, the electronic representation about CT data often occurs to be inconvenient for the consumer due to the need of purchasing additional third-party applications adapted to read and work with information obtained from a certain tool supplier. Thus, the lack of unified form representation data from CT suppliers reduces the possibility of automated CT information reading by consumer enterprises and its further use in the production process. Consequently, the managing aspect of information resources about CT is relevant at all mechanical and instrumental engineering enterprises, especially in the conditions of high manufacturing automation. The task of CT data unifying schemes in the semantics, structure and syntax might be solved by ISO 13399 standard and the GTC (Generic Tool Catalog) format. The CT data standardization is a relevant factor that allows automating the majority production processes related to machining. This paper presents the using advantages of ISO 13399 standard and GTC format to expand the hierarchical structure to describe new CT types. Some CT parameters were described in accordance with ISO 13399 standard and GTC format. Based on the GTC format, a digital double of the CT can be obtained which is a full-fledged copy of the existing CT. The application of CT digital twins combines a lot of production services and software applications, which increases production efficiency.

**Keywords:** cutting tool, ISO 13399, GTC, information management, unification, digital twin

Информация о РИ используется при проектировании изделий в САПР, в САМ-системах при планировании технологических процессов, в контроллере с ЧПУ в процессах выполнения задач производства, при планировании ресурсов предприятия в ERP-системах, производственном планировании ресурсов в MRP-системах, в WMS-системах для мониторинга РИ на складе и в прочих системах [1].

Обработка и получение данных о РИ обычно подразумевают большой объем ручной работы: сбор информации потребителем из бумажных каталогов поставщика инструмента, внесение данных о РИ в библиотеки инструментов и пр. Эти процессы являются длительными и трудно автоматизируемыми в связи с рядом факторов.

Во-первых, печатные каталоги о РИ или их веб-версии разрабатываются

по внутренним стандартам поставщиков РИ. Поэтому у различных поставщиков РИ конструкторско-технологические характеристики одинаковых инструментов обозначены по-разному, что осложняет анализ информации потребителем и требует поиска и идентификации параметров РИ в каталогах без возможности полной автоматизации.

Во-вторых, поставщики РИ для работы используют разные программные средства, что приводит к отсутствию единообразия в семантическом представлении информации о РИ. В результате потребители, работающие в других программных продуктах, оказываются вынужденными подстраиваться к конкретному поставщику инструмента с целью управления полученными информационными ресурсами на своем предприятии.

Вышеперечисленные проблемы несовместимости схем в семантике, структуре и синтаксисе описания информации о РИ являются препятствиями для эффективной цифровой коммуникации между поставщиками РИ и потребителями, что особенно актуально в Индустрии 4.0 [2].

Основной причиной унификации информации о РИ является необходимость автоматизированного обмена данными между потребительскими информационными системами. Неполная совместимость цифровых систем на этапах проектирования, планирования, производства, а также маркетинга ограничивает рост эффективности производства. Результативным способом управления цифровой информацией на протяжении всего жизненного цикла РИ является стандартизация представления информации о РИ, подразумевающая согласование синтаксиса, семантики и структуры информации [3, 4]. Достижение унификации требуется для описания полноценного цифрового двойника РИ, необходимого для эффективного управления информацией о РИ [5].

Целью настоящего исследования является анализ возможностей по унификации представления данных о РИ на основе ISO 13399 и формата GTC для построения единой информационной структуры.

В процессе выполнения исследования был осуществлен анализ стандарта ISO 13399, пакетов GTC крупнейших производителей инструмента (Sandvik Coromant, Walter, Iscar и пр.), а также проведен обзор существующей литературы по данной теме.

#### *Основные положения стандарта ISO 13399 и возможности его применения*

Обмен данными о РИ до сих пор во многих случаях подразумевает чтение бумажных или веб-каталогов, аналогичных им приложений и ручное внесение данных об РИ в библиотеки инструментов. Необходимо отметить, что многие производители инструмента имеют различные формы представления одних и тех же конструкторско-технологических параметров РИ. Так, например, для описания одного и того же типа инструмента производители инструмента используют разные обозначения конструктивных параметров (рис. 1), что требует адаптации потребителя к работе с каталогом каждого отдельного производителя. При этом в каталогах далеко не всегда указываются все требуемые размеры РИ для создания его полноценного цифрового двойника [6].

Передача информации о РИ от поставщиков к потребителям затруднена тем, что большинство организаций используют различные системы для управления информацией. Отсутствие стандартизованных структур и определений вызывает необходимость ручного ввода данных, что неэффективно с точки зрения трудовых затрат. Кроме того, ручной ввод данных повышает риск включения в базу РИ некорректной информации.

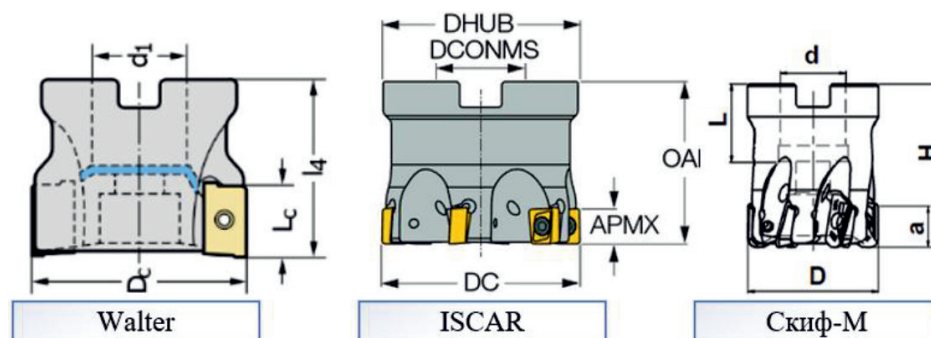
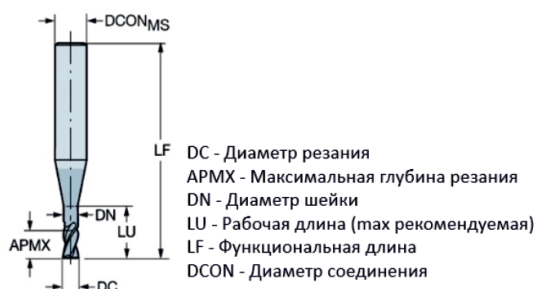


Рис. 1. Описание фрезы в каталогах фирм Walter, ISCAR и «Скиф-М»



а)



б)

Рис. 2. Представление информации о РИ в соответствии с ISO 13399: а) группы представления инструмента; б) обозначение конструктивных параметров концевой фрезы

С целью решения вышеописанных проблем Королевским технологическим институтом в Стокгольме совместно с инструментальными компаниями, такими как Sandvik Coromant, Kennametal Inc и Ferrodal Ltd [7], был разработан стандарт ISO 13399, который определяет информационную структуру, требуемую для описания инструментальных наладок.

Применение унифицированной информации способствует эффективной передаче и обмену данными как между различными программными обеспечениями, так и между поставщиком РИ и его потребителями. Стандарт ISO 13399 определяет моделирование и описание отдельных режущих и вспомогательных инструментов. Применение указанного стандарта направлено на корректный сбор и описание инструментальных наладок из инструментальных компонентов благодаря присоединительным кодам, представленным в 60-й части стандарта.

С целью описания множества существующего РИ (группа Cutting tool) в стандарте применен метод «модульности» с разделением инструмента на 4 группы (рис. 2а).

– Режущий элемент (Cutting item) – элемент компоновки инструментальной наладки, удаляющий материал заготовки путем срезания режущими кромками. Режущие кромки в основном относятся к пластинам и несборным РИ.

– Инструментальный элемент (Tool item) – элемент, используемый в компоновке инструментальной наладки с целью крепления режущего элемента.

– Адаптивный элемент (Adaptive item) – элемент инструментальной наладки, при помощи которого осуществляется крепление инструментального элемента со станком.

– Сборочный элемент (Assembly item) – элемент инструментальной наладки, при помощи которого осуществляются мелкие соединения различных деталей инструментальной наладки между собой.

На рис. 2б представлена фреза, у которой такие размеры, как диаметр инструмента (DC), рекомендуемая рабочая длина инструмента (LU), максимальная глубина резания (APMX), диаметр шейки инструмента (DN), а также диаметр хвостовика инструмента (DCON), параметризованы в соответствии со стандартом ISO 13399.

Для дополнительного упрощения коммуникации между поставщиком РИ и потребителем, а также для автоматизированного управления информацией на основе ISO 13399 был разработан специальный формат – GTC (Generic Tool Catalog). Формат GTC позволяет поставщикам инструмента представлять свои каталоги в стандартизированной структуре. На сегодняшний день многие ведущие производители РИ, такие как Sandvik Coromant, Walter, Iscar, Kennametal и другие крупные производи-

тели РИ, перешли к описанию своих изделий в соответствии со стандартом ISO 13399 и форматом GTC.

GTC состоит из двух основных частей: иерархии GTC и пакета GTC [8]. Иерархия GTC – независимая от поставщиков система групповой классификации РИ на базе ISO 13399. Пакет GTC представляет собой сжатый файл с фиксированной спецификацией. Структура пакета GTC определяет содержание цифрового каталога, которое организует информацию об инструментах в определенный распознаваемый компьютером формат. Иными словами, информация о номенклатуре производителя передается в виде пакетов GTC, расположение номенклатуры производителя внутри пакета осуществляется по классам, соответствующим иерархии GTC.

Формат GTC содержит комплекс взаимосвязанных компонентов для передачи информации. Основные папки с компонен-

тами, входящие в спецификацию пакета GTC версии «2.1.1», изображены на рис. 3. Пакет GTC, помимо файлов с описанием параметров РИ (файл формата «.p21»), закодированных в соответствии со стандартами передачи информации, содержит также 3D-модели, 2D-чертежи, графические изображения номенклатуры, данные о классификации в иерархии GTC и пр. [9].

В файле формата «.p21» содержатся коды свойств описания РИ, буквенное и кодовое обозначение которых указано в частях ISO 13399, а также значения этих свойств. Кроме того, в данном файле содержатся ссылки на чертежи, модели и классы в иерархии GTC, что необходимо для полноценного представления цифрового двойника изделия. Так, например, расшифровка некоторых параметров РИ, содержащихся в файле формата «.p21» для сверла «870-2800-28L32-3» (Sandvik Coromant), представлена в таблице.

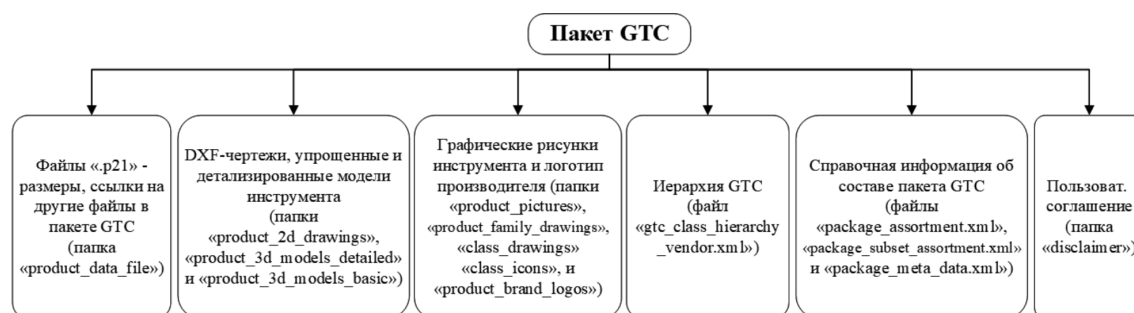


Рис. 3. Состав пакета GTC

Расшифровка из файла «.p21» параметров сверла «870-2800-28L32-3»

| Строка в файле «.p21»   | Расшифровка строки  |
|---|---|
| #11=STRING_WITH_LANGUAGE ('product_3d_model_detailed', #658);<br>#12=MULTI_LANGUAGE_STRING ((), #13);<br>#13=STRING_WITH_LANGUAGE ('201598411 mod 0 2~tm02 00', #658);<br>... | Файл детализированной 3D модели сверла обозначается как: «201598411 mod 0 2~tm02 00», расположенный в папке «product_3d_models_detailed» пакета GTC             |
| ...<br>#53=STRING_WITH_LANGUAGE ('product_picture', #658);<br>#54=MULTI_LANGUAGE_STRING ((), #55);<br>#55=STRING_WITH_LANGUAGE ('202632899 d50 0 2~tl04 04', #658)\$          | Обозначение файла с графическим изображением сверла «870-2800-28L32-3» «202632899 d50 0 2~tl04 04», расположенный в папке «product_2d_drawings» пакета GTC      |
| ...<br>#145=PLIB_PROPERTY_REFERENCE ('71D084653E57F', #95, '001');  | Код BSU (Числовой код, которым идентифицируется каждая запись в словаре при компиляции словаря) свойства, отвечающего за диаметр резания «cutting diameter, DC» |
| ...<br>#147 = NUMERICAL_VALUE ('cutting diameter', \$, #98, '28.9');  | Значение свойства, отвечающего за диаметр резания «cutting diameter, DC» равно 28,9 мм  |
| ...   | ...   |

Иерархия GTC представляет собой последовательность, упорядочивающую весь инструмент по классам, в зависимости от присущего ему набора свойств.

Классификация изделий осуществляется с целью максимальной идентификации набора их свойств в иерархии GTC. Классы иерархии GTC делятся на фиксированные (поддерживаются организацией управления GTC) и поставщика инструмента. Фиксированные классы существуют независимо от поставщика инструмента и определяют, к какому укрупненному классу относится компонент инструментальной сборки. В случае если производитель инструмента считает, что для описания его инструмента недостаточно свойств фиксированных классов, то он может дополнить их своими подклассами. В наборе свойств фиксированных классов не регламентируются принципы присоединения элементов в инструментальной наладке, поэтому производители РИ дополняют основную иерархию GTC. Таким образом, классы поставщика инструмента следуют за фиксированными уровнями и зависят от ассортимента, который есть у каждого поставщика инструментов. Стоит отметить, что в настоящее время ведутся активная разработка новых частей стандарта ISO 13399 и перевыпуск старых, поэтому необходимость в применении классов поставщика инструментов постепенно будет снижаться.

Связующим элементом между иерархией GTC и пакетом GTC является иденти-

фикатор класса GTC – «class id». Каждый класс и подкласс GTC-иерархии имеет свой идентификатор «class id», указывающийся в пакете GTC. За счет данных индикаторов возможно точно определить принадлежность инструмента к определенному классу и, соответственно, сопоставить характерный ему список свойств.

Самый верхний фиксированный класс в иерархии GTC – «Cutting tool library» – имеет идентификатор класса – «CTL». Ниже располагаются классы для вспомогательного инструмента «Adaptive item», РИ «Tool» и пластин «Insert» с идентификаторами класса «ADP», «TL» и «INS» соответственно. Далее следует дифференциация каждого ответвления на другие классы для размещения в них компонентов с одинаковыми конструкторско-технологическими свойствами. На рис. 4 представлена основная иерархия GTC для сверл. В самом начале разделение осуществляется по наличию и отсутствию пластин («Indexable drill», «Solid twist drill», «Cylindrical hole drill-solid-guide pad»). Далее класс сверл со сменными пластинами «Indexable drill» делится на подклассы сверл с асимметричной/ симметричной вершиной («Indexable drill with asymmetrical point»/«Indexable drill with symmetrical point») и инструмент со сменными направляющими («Cylindrical hole drill-indexable-guide pad»). Класс для описания цельных сверл («Solid twist drill») далее конкретизируется для описания цельных сверл с симметричной вершиной («Solid drill with symmetrical point»).

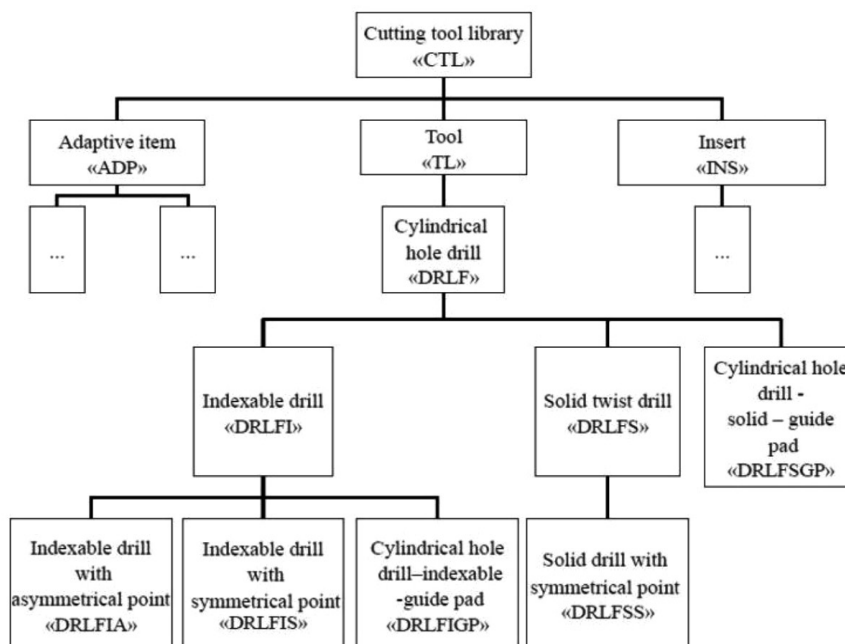


Рис. 4. Фиксированные классы иерархии GTC сверл

Формат GTC имеет большое преимущество – данные о продукте одного поставщика РИ могут быть понятны всем принимающим системам потребителей.

На сегодняшний день существует множество программ и приложений, способных использовать GTC и параметры стандарта ISO 13399. Большинство таких приложений нацелено на осуществление быстрого подбора подходящих компонентов для сбора инструментальных наладок, автоматизированное добавление РИ в библиотеку инструмента САМ-систем из каталогов поставщиков, корректное моделирование инструментальных сборок в САМ-системах при разработке управляющих программ для станков с ЧПУ и др. [10–12]. Одним из подобных программных решений является приложение от «Teamcenter» – «Manufacturing Resource Library» (MRL).

Использование пакетов GTC в подобных программных продуктах способствует исключению ручной обработки информации о РИ, повышению производительности труда, а следовательно, производственной эффективности. За счет получения информации о РИ напрямую от поставщика в едином формате, подходящем для любого потребительского приложения, исключаются ошибки обмена информацией, что также влияет на качество изготовления детали [13, 14].

Рациональное управление информацией о производственных ресурсах снижает производственные затраты, а производитель РИ может структурировать данные о РИ, что особенно важно в среде сервис-ориентированного облачного производства. Таким образом, переход к формату GTC является целесообразным как для потребителя, так и для производителя РИ.

Однако в случае, если производитель РИ еще не готов к переходу на описание своих изделий в унифицированной форме, у него есть возможность конвертации своих данных в стандартизированную форму при размещении их на специальном информационном ресурсе, например «MachiningCloud» [15]. После размещения на нем необходимой информации о РИ будет автоматически сгенерирован GTC-пакет, который может быть передан потребителю РИ.

Тем не менее, для оперативности передачи информации от поставщика к покупателю РИ, минуя промежуточную работу по заполнению информации о РИ на подобных ресурсах, вероятнее всего, со временем все большее количество поставщиков будет применять ISO 13399 и GTC-пакеты ввиду необходимости корректного описания цифровых двойников РИ.

## Заключение

В данной статье рассмотрены стандарт ISO 13399 и формат GTC как единые стандарты передачи и обмена информации с целью рационального управления данными о РИ. Информация о РИ используется на протяжении всех этапов его жизненного цикла, особенно на таких, как эксплуатация и применение в производстве. За счет унификации представления данных о РИ у потребителей появляется возможность продуктивно работать с информацией, полученной напрямую от поставщика РИ. Также при единой структуре данных у предприятий нет необходимости в приобретении сторонних приложений, адаптирующихся к каждому отдельному поставщику РИ.

Информация, представленная в соответствии со стандартом ISO 13399 и форматом GTC, сейчас активно внедряется на многих предприятиях машиностроения и приборостроения. Применение формата GTC позволяет рационализировать временные затраты на подготовку производства, тем самым снижается себестоимость изделий. При этом уменьшается вероятность допущения производственного брака, вызванного ручным вводом данных о РИ. На сегодняшний день получение данных в формате GTC упрощено благодаря возможности конвертации данных, что особенно удобно в условиях перехода к единому стандарту описания данных.

## Список литературы

1. Волков Д.И., Смирнова Л.В., Терентьева Н.Д. Цифровое сопровождение жизненного цикла монолитного твердосплавного инструмента // Управление качеством на этапах жизненного цикла технических и технологических систем: сборник научных трудов III Всероссийской научно-технической конференции (Курск, 28 мая 2021 г.). Курск: Издательство ЮЗГУ, 2021. С. 90–94.
2. Li Y., Huang Q., Hedlind M., Sivard G., Lundgren M., Kjellberg T. Representation and exchange of digital catalogues of cutting tools. International Manufacturing Science and Engineering Conference. 2014. V. 1. P. 108097.
3. Xie Y., Lian K., Liu Q., Zhang C., Liu H. Digital twin for cutting tool: Modeling, application and service strategy. Journal of Manufacturing Systems. 2021. V. 58. P. 305–312.
4. Morey B. Tools for managing tools. Manufacturing Engineering. 2017. V. 158. No. 4. P. 59–65.
5. Xu X. From cloud computing to cloud manufacturing. Robotics and computer-integrated manufacturing. 2012. V. 28. No. 1. P. 75–86.
6. Botkina D., Hedlind M., Olsson B., Henser J., Lundholm T. Digital twin of a cutting tool. Procedia Cirp. 2018. V. 72. P. 215–218.
7. ISO 13399-1. Cutting tool data representation and exchange – Part 1: Overview, fundamental principles and general information model. International organization for standardization. 2006. P. 452.
8. GTC Package Specification – Sandvik Coromant [Electronic resource]. URL: <https://coromantstrgprod.blob.core.windows.net/files/sitecollectiondocuments%2Fpdf%2Fen->

gb%2Fgtc-package-specification-2-0-0.pdf (date of access: 28.07.2021).

9. Sandvik Coromant Technical White Paper GTC Guidelines Introduction to Generic Tool Classification [Electronic resource]. URL: <https://coromantstrgprod.blob.core.windows.net/files/sitecollectiondocuments%2Fpdf%2Fen-gb%2Fgeneric-tool-classification.pdf> (date of access: 30.07.2021).

10. Ведмидь П. Мониторинг работы оборудования, инструмента: что дальше? // САПР и графика. 2018. № 1. С. 31–34.

11. Суханов Ю. на пути к «Индустрии 4.0»: Профессиональный диалог лидеров отрасли // Станкоинструмент. 2020. № 1. С. 48–49.

12. Библиотека технологических ресурсов [Электронный ресурс]. URL: <https://sapr.ru/article/23626> (дата обращения: 01.08.2021).

13. Маданов А.В., Гисметгулин А.Р. Применение CSE-технологии для верификации управляющих программ в среде nx 8.0 // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15 № 4(4). С. 860–864.

14. Basova T.V., Basova M.V. Problems of using tool assemblies in CAM system IOP. Conference Series: Earth and Environmental Science. 2019. V. 378 [Electronic resource]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/378/1/012055> (date of access: 01.08.2021).

15. MachiningCloud [Electronic resource]. URL: <https://www.machiningcloud.com> (date of access: 22.08.2021).