

УДК 006.91.001: 519.878

**АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ ПАКЕТОВ,
ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ**

К.В. Епифанцев

*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, Россия,
epifancew@gmail.com*

Аннотация. В настоящее время цифровизация позволяет значительно ускорить процесс проведения измерений за счёт имеющихся в составе программного модуля готовых шаблонов и методик. В частности, к инструментам реализации подобных ускоренных процессов относятся не только программные продукты, речь о которых пойдёт в статье, но и инновационные продукты аудиовизуального вида. Важно подчеркнуть, что аудиовизуальные формы стали популярны в связи с выходом ГОСТа 54088-2017, разъяснившего понятия интерактивного электронно-технического руководства (ИЭТР). В настоящее время многие подразделения, понимающие значимость ускоренных систем работы в области измерительных технологий, меняют акцент при работе с документами бумажного вида, заменяя их на электронные носители.

Ключевые слова: автоматическая поверка, автоматизация измерений, цифровизация, уменьшение времени на проведение измерений, ИЭТР, электронное дело изделия.

**ANALYSIS OF SOFTWARE PACKAGES
APPLIED FOR AUTOMATION OF MEASUREMENTS**

K.V. Epifantsev

*St. Petersburg state university of aerospace instrumentation, St. Petersburg, Russia,
epifancew@gmail.com*

Annotation. Currently, digitalization can significantly speed up the measurement process due to the ready-made templates and methods available in the software module. In particular, the tools for implementing such accelerated processes include not only software products, which will be discussed in the article, but also innovative audio-visual products. It is important to emphasize that audio-visual forms have become popular in connection with the release of GOST 54088-2017, which clarified the concepts of interactive electronic technical guidance (IETR). Currently, many departments that understand the importance of accelerated systems of work in the field of measurement technologies are changing the focus when working with paper documents, replacing them with electronic media.

Key words: automatic verification, measurement automation, digitalization, reduction of measurement time, IETR, electronic business of the product.

Современные методы работы с системами подготовки метрологов предполагают использование множества программных и интерактивных материалов.

Согласно законодательству в области метрологии, все поверочные подразделения аккредитованных метрологических служб должны иметь систему учёта и документирования результатов поверки, а также возможность передачи указанных данных в автоматизированную систему учёта поверочной деятельности Ростехрегулирования (АИС «Метрконтроль») [1, 6].

В статье представлены несколько программных продуктов, используемых для автоматизации деятельности метрологических служб.

Программный комплекс «Дельта-СИ» позволяет вести автоматизированный учёт СИ и других средств автоматизации на производстве. Программный комплекс включает в себя следующие автоматизированные рабочие места:

- АРМ «Метролог»;
- АРМ «Администратор»;
- АРМ «Просмотр данных».

С помощью АРМ «Администратор» ведётся база данных справочников и классификаторов всего «ДЕЛЬТА-СИ». Метролог заносит данные о подразделениях, о типах СИ, информацию об их метрологическом обслуживании, о поверителях и т.д. (рис. 1) [6].

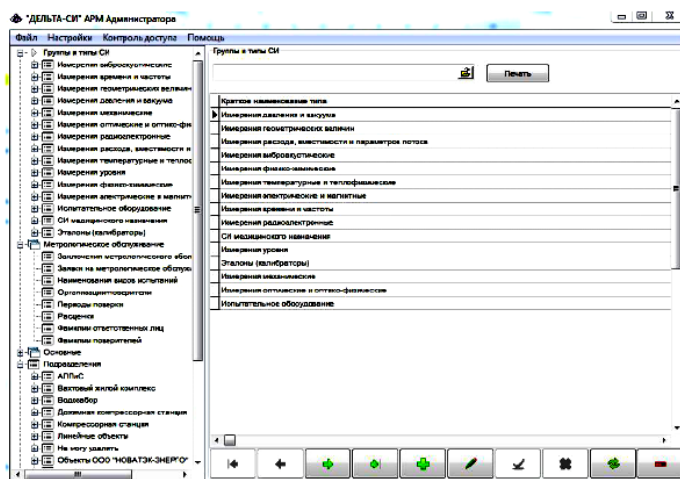


Рис. 1. Перечень продуктов и групп СИ в ПО «Дельта-СИ»

Программный продукт «Бест: метрологическая служба» позволяет автоматизировать всю сферу ответственности метрологической службы. Функциональные возможности: учёт и хранение СИ (средства измерений), калибровка СИ, поверка СИ, паспорт МС (метрологическая служба), аттестация, расходы на метрологический контроль, техническое обслуживание и ремонты, учёт технической документации (рис. 2).

метрологических подразделений по поверке, в частности по поверке общедомовых приборов учёта. Одним из первых сервисов технического характера, который совмещён с сайтом «Госуслуги», стал сервис «Аршин». Главная страница системы изображена на рис. 4 (в рамке со стрелкой — факт подтверждения персоны через личный кабинет) [2].

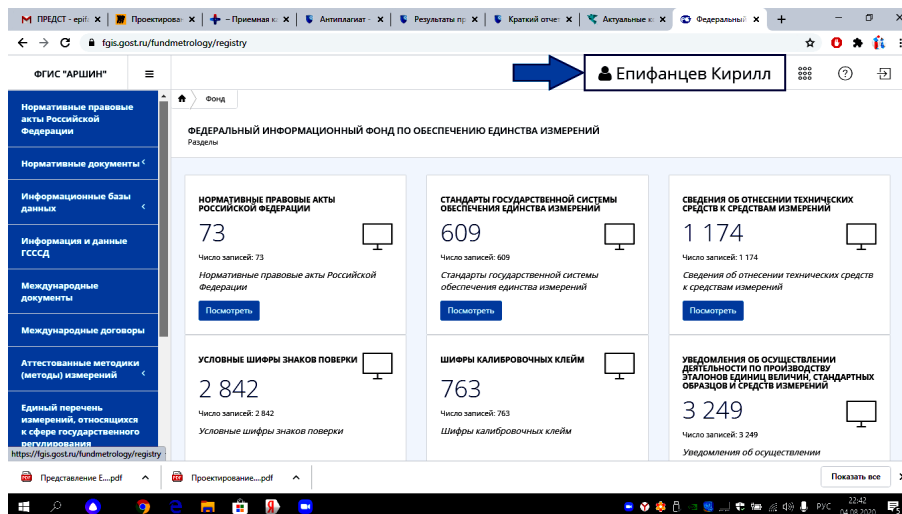


Рис. 4. Главная страница ФГИС «Аршин»

ФГИС «Аршин» — публичный портал для предоставления доступа к Федеральному информационному фонду по обеспечению единства измерений (далее — Фонд), созданному во исполнение Федерального закона № 102-ФЗ от 26 июня 2008 года «Об обеспечении единства измерений» (ст. 20 [3]). В части интернет-ресурса «Нормативные правовые акты Российской Федерации» собраны Федеральные законы, Указы и постановления, принятые Госдумой и Правительством РФ [3].

«Метролог Онлайн» — это мобильное приложение Программного комплекса «АСУ МС» версии 6.5. Приложение работает с базой «АСУ МС» и позволяет получить основную информацию о средстве измерений (СИ). Основная задача приложения — оперативное получение информации о средстве измерений. Поиск можно осуществлять по штрих-коду, заводскому, инвентарному номеру и номеру паспорта. Также в приложении есть хороший контекстный поиск, позволяющий подобрать средство измерений по одному или нескольким параметрам (тип СИ, диапазон, характеристика точности, штатное и техническое состояние) [4].

Приложение предназначено для работы в цехах, производственных помещениях, удалённых объектах и позициях измерений (рис. 5).

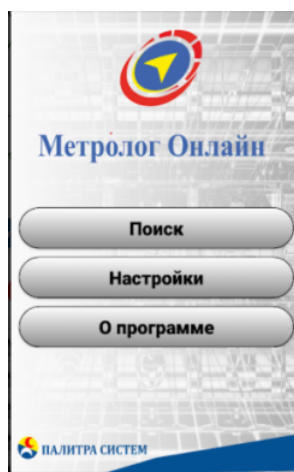


Рис. 5. Приложение «Метролог Онлайн»

Современная тенденция развития цифровых технологий в метрологии (рис. 6) позволяет в качестве инноваций применять системы радиоканалов внутри лабораторий, которые предоставляют возможность в онлайн-режиме производить загрузку данных об измеряемом объекте. Примером таких систем, применяемых в лабораториях, служат микрометры и штангенциркули с измерительным каналом Mitutoyo [7]. Mitutoyo является разработчиком программы MeasurLink для многих видов оборудования.



Рис. 6. Ручной измерительный инструмент с радиоканалом

В режиме реального времени можно автоматически идентифицировать характеристики во время сбора данных на основе входящих данных и диапазонов выбросов с микрометра (рис. 7).

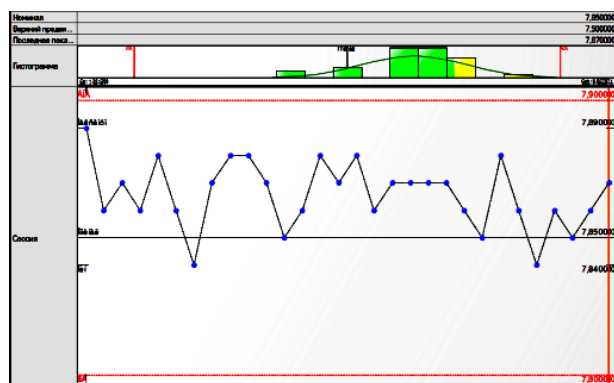


Рис. 7. Расчёт статистических данных о серии измерений на микрометре в MeasurLink

Уведомления по электронной почте о неудачных тестах будут отложены до тех пор, пока не будут обработаны другие варианты неудачных тестов. Это позволяет включить в электронное письмо назначаемую причину и корректирующие действия, а также избежать отправки неточных электронных писем, когда данные отклоняются из-за невозможности пометить назначаемую причину [2, 3].

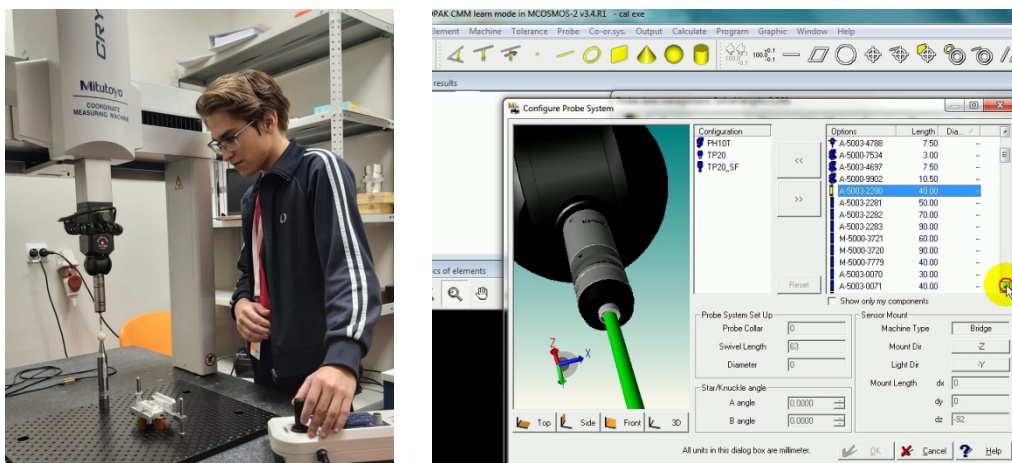


Рис. 8. Настройка координатно-измерительной машины Crysta Apex производства компании Mitutoyo в программном комплексе MICAT (MCOSMOS-3)

MeasurLink позволяет всегда быть в курсе измерительного процесса, во время сбора данных можно просмотреть новую статистическую диаграмму CUSUM.

Следующий продукт Mitutoyo — MCOSMOS — предназначен для работы в цехах, производственных помещениях, на удалённых объектах и позициях измерений для настройки программы измерений координатно-измерительной машины.

Программа MICAT (MCOSMOS-3) (рис. 8) использует фактическую конфигурацию КИМ (координатно-измерительной машины), включая все магазины и датчики, установленные на машине, чтобы выбрать наиболее подходящую конфигурацию, основанную на пользовательских правах измерения.

В пакет также входит следующая линейка (таблица 1).

Таблица 1

Линейка программных модулей MiCAT

№	Подвид программ MICAT (MCOSMOS-3)	Функции
1	PartManager	Управляет пакетом ПО MCOSMOS
2	GEOPAK	Генерирует программы измерения для геометрических элементов
3	CAT1000P	Использует CAD-модели для программных измерительных задач
4	CAT1000S	Сравнивает допуски криволинейных поверхностей трёхмерной модели
5	SCANPAK	Оценивает и сканирует двухмерные контуры

В процессе использования автоматического программного обеспечения оператор имеет возможность уменьшить вероятность появления ошибки и так называемого метрологического отказа благодаря продуманной системе передачи данных. Кроме того, подобные программные продукты имеют функцию расчёта среднеквадратичного отклонения выборки измерений, что важно для поиска методологической погрешности измерения.

Программа MICAT (MCOSMOS-3) использует фактическую конфигурацию КИМ, включая все магазины и датчики, установленные на машине, чтобы выбрать наиболее подходящую конфигурацию, основанную на пользовательских правах измерения.

В случае, если используется трёхмерная модель детали с указанными геометрическими характеристиками, то все элементы и их допуски, которые необходимо оценить, будут отображены автоматически. MICAT позволяет значительно ускорить циклы измерения путём генерирования оптимального пути движения датчика в соответствии с порядком выбранных, сокращая количество замен и перемещений датчика.

Использование MICAT позволяет уменьшить количество прилагаемых усилий для эффективного программирования, а интеллектуальный автоматический генератор измерительных программ даёт возможность огромной экономии времени и денежных затрат на измерения [5].

Из перечисленных программ каждая является специализированной в области измерений, учитывает потребности поверителей и специалистов в области статистики. Развитие подобных программ происходит сугубо по наращиванию потенциалов средств измерений. Однако перспективные возможности современных лабораторий безграничны — переход на VR и другие виртуальные продукты обусловили таким же образом хранить информацию о средствах измерения в удобных базах данных, рассмотренных выше в статье. В качестве перспективных путей развития представленных программных продуктов возможно говорить о их слиянии с аппаратом математической статистики, библиотекой видеоподкастов по калибровке или поверке средств измерений.

Следующее ПО по автоматизации измерений — Calibri. Данное программное обеспечение предназначено для облегчения процедуры поверки и калибровки манометров, датчиков давления и преобразователей (рис. 9).



Рис. 9. ПО Calibri

В программу заносятся следующие сведения:

- данные о приборе (изготовитель, модель, серийный номер, параметр, единицы измерения, диапазон, цена деления, погрешность, межповерочный интервал, дата последнего МО);
- данные об эталонном приборе (изготовитель, модель, серийный номер, драйвер, параметр, тип, единицы измерения, диапазон, неопределённость, погрешность, межповерочный интервал, дата последнего МО) [7].

Программа рассчитывает неопределённость по заданной пользователем методике расчёта. Также пользователь сам задаёт шаблон протокола, свидетельства (сертификата) и извещения, которые автоматически будут заполнены программой по результатам поверки (калибровки). Одним из преимуществ ПО Calibri является функция «Календарь», которая разделяет все приборы на три категории в зависимости от того, сколько дней осталось до плановых испытаний [6].

Пример следующего универсального и эффективного ПО для решения метрологических задач — Fluke MET/CAL. Структура программы включает в себя:

- базу данных MET/BASE;
- средство управления базой данных MET/TRACK;
- среду разработки процедур автоматизированной поверки MET/CAL Editor;
- программу, реализующую выполнение процедур автоматизированной поверки MET/CAL Run-Time;
- инструмент формирования шаблонов отчетов Crystal Reports [7].

На примере, изображённом на рис. 10, показан процесс калибровки который проводит программное обеспечение, однако все соединения и подключение контактных данных всё же остаются за метрологом. В распоряжении поверителя два эталона: калибратор Fluke 5522A и мультиметр Fluke 8508A. Требуется поверить мультиметр Fluke 8846A. Анализ точностных характеристик эталонной базы и поверяемого СИ показывает, что использовать для поверки только калибратор Fluke 5522A недостаточно. Обеспечить необходимый запас эталонов по точности можно посредством совместного использования прецизионного мультиметра Fluke 8508A и калибратора Fluke 5522A (рис. 10). В этом случае сличаются показания поверяемого мультиметра Fluke 8846A и эталонного мультиметра Fluke 8508A, а калибратор Fluke 5522A служит только источником измеряемой величины.

Текущее состояние цифровизации имеет сильные стороны благодаря принятым стандартам, дающим возможность развития интерактивных электронно-технических руководств [11], которые позволяют моделировать различные механизмы обучения метрологов в интерактивной среде [8–11]. Данные стандарты также применимы и к измерительным технологиям, методикам, процессам калибровки и поверки. Исследуемые программные продукты — это Cartona 3D, Seamatica ED, Solid Work Composer. В процессе исследования также нельзя не упомянуть ещё одну важную платформу для создания технологической документации — «Вертикаль+».



Рис. 10. Автоматическая (слева) и полуавтоматическая (справа) поверки СИ

Постараемся сравнить данные программы с максимальной их пользой для инженеров и операторов (рис. 11–13). В соответствии с ГОСТ Р 50.1.030-2001, документ с гиперссылками в современном цифровом производстве принято называть ИЭТР определённого класса. В указанном ГОСТе они разделены на 4 класса (таблица 2) с возможностью интеграции в будущем в пятый класс [10–12].

Таблица 2

Виды ИЭТР по классам

Вид ИЭТР	Описание
ИЭТР 1-го класса	Документ — набор сканов изображений, страницы индексируются в соответствии с содержанием [10], списком иллюстраций, списком таблиц. Этот документ имеет привычный пользователю PDF-формат с гиперссылками. Документ можно распечатать как обычный Word-файл
ИЭТР 2-го класса	Этот документ имеет привычный пользователю PDF-формат с гиперссылками которые позволяют работать с аудио- и видеоданными. Документ можно распечатать как обычный Word-файл
ИЭТР 3-го класса	Это PDF-документ с гиперссылками, к которым могут быть привязаны другие документы вне файла, в котором вы находитесь. Документ как Word-файл не распечатать.
ИЭТР 4-го класса	В дополнение к функциям ИЭТР класса 3, ИЭТР 4 класса обеспечивает возможность прямого взаимодействия с электронными модулями диагностики изделий. ИЭТР класса 4 позволяет наиболее эффективно проводить операции по поиску неисправностей в изделии, локализации сбоев, подбору запасных частей. Документ как Word-файл не распечатать
Перспективный ИЭТР 5-го класса	Возможность построения различного рода прогнозов, использования инструментов анализа и построения рекомендаций для потребителя, и это возможная перспектива модернизации ИЭТР в данном направлении, например, в тесном сочетании с очками VR, написания целых игровых тренажеров на UNITY

Ниже приведены скриншоты каждой и описанных платформ. Именно в таком виде данные продукты поступают к операторам и инженерному составу. Данная форма, озвученная, имеющая много видеопояснений, призвана максимально просто рассказать о сложном строении того или иного механизма.

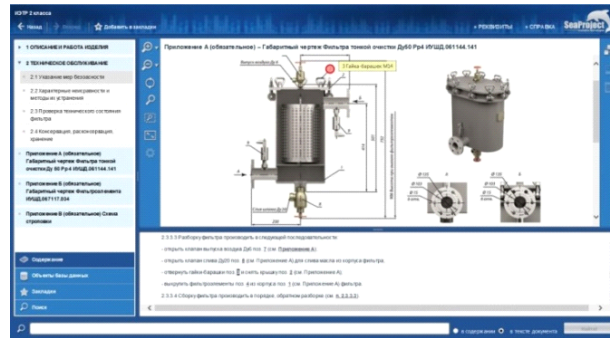


Рис. 11. Интерфейс сосуда под давлением в Seamatica ED

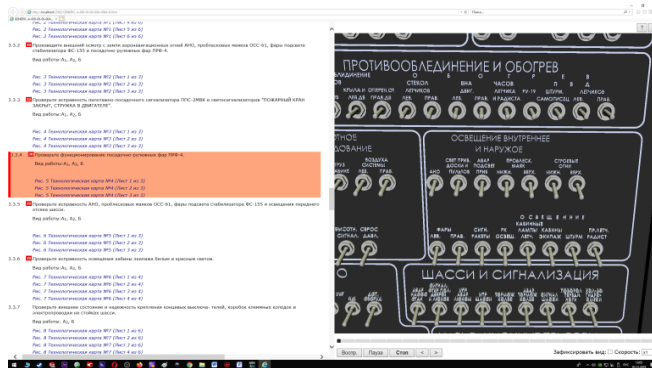
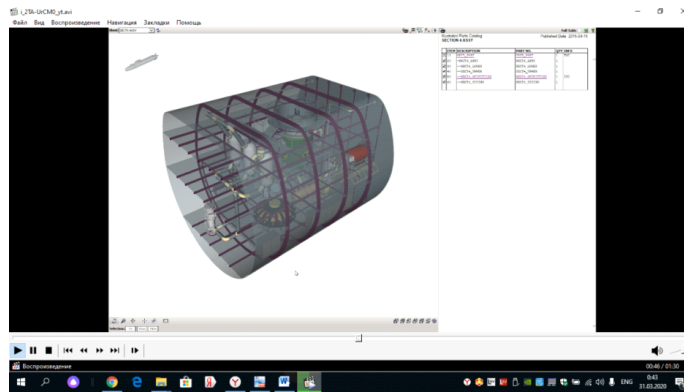


Рис. 12. Интерфейс блока управления авиаоборудованием в Cartona 3D

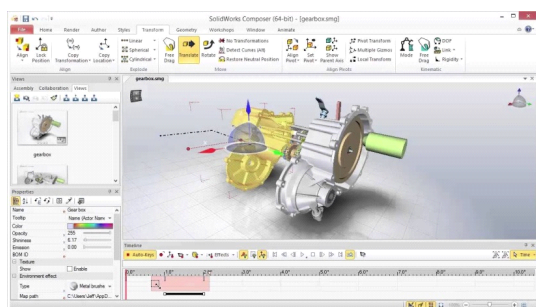


Рис. 13. Интерфейс генератора в Solid Works Composer

На рис. 14 представлен скриншот из программной среды PowerGuide ИЭТР, которая является еще одним очень важным, профессиональным разработчиком двойников рабочего места, ИЭТРов. В том числе данный программный продукт подходит для разработки аудио- и видео- инструкций для проверки качества изготавливаемых деталей и проведения оценочных измерений в виде методик в интерактивном формате. Отличительной особенностью данного программного продукта от других является возможность работы в режиме виртуальной реальности с совместимым оборудованием (HTC VIVE или HTC VIVE Pro). Для подключения очков виртуальной реальности HTC VIVE необходимо расположить сканирующие станции (датчики движения) в противоположных углах комнаты и соединить их кабелем. Также возможно в данной программе подключить сенсорный монитор с поддержкой технологии «Touch» непосредственно к компьютеру с PowerGuide или воспользоваться специальным сенсорным устройством (планшет) соединив его с компьютером с запущенной PowerGuide по сети. Для этого необходимо авторизоваться в программе и в меню пользователя активировать режим тачскрина [13]. Страница будет перезагружена и PowerGuide перейдет в режим, адаптированный для сенсорных устройств.

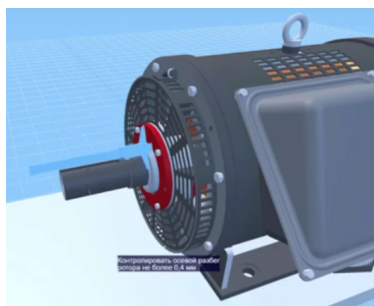


Рис. 14. Интерфейс при измерении зазора глубиномером в PowerGuide ИЭТР

Особенно важно указать программный продукт «Вертикаль+», который в настоящее время используется большинством технологов для автоматизации процесса создания карты эскизов, карт наладки, маршрутной карты, контрольной карты. Важно то, что осуществляется подбор режущего инструмента, режимов резания, выбора СИЗ средства индивидуальной защиты. Безусловно, данный продукт корректно работает только при условиях цифровой базы данных о парке оборудования, наличия и загрузки станочного парка, ассортимента режущего инструмента. На рис. 15 представлены скриншот и результат выгрузки в маршрутной карте.

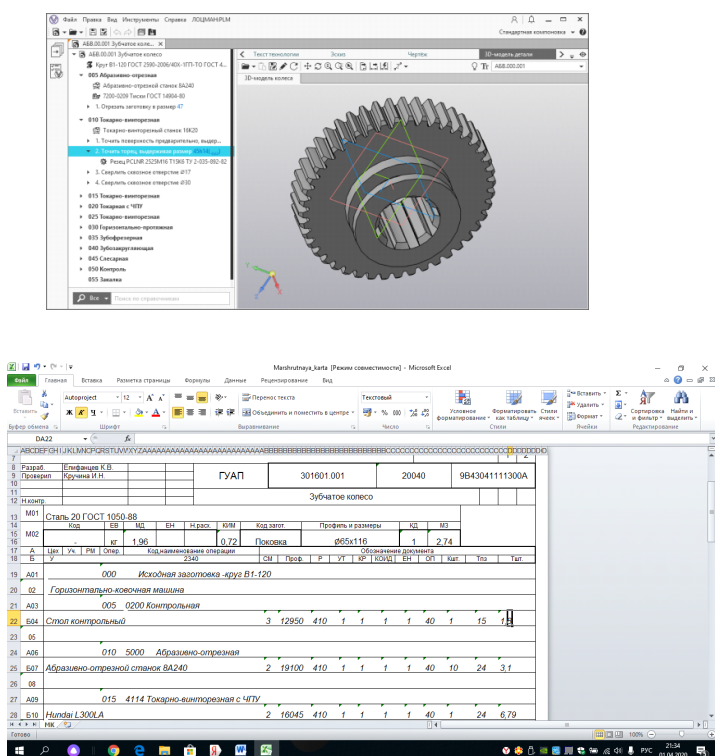


Рис. 15. Интерфейс «Вертикаль+» и выгрузка из операционной карты

При работе с программным продуктом подобного типа у инженерно-технического персонала вырабатывается понимание значимости жизненного цикла изделия, расширяется трёхмерное воображение, появляется «живой» интерес к созданию инструкции, которая по своему назначению со временем становится универсальным электронным тренажером [13–15].

Полная автоматизация процесса поверки позволит наблюдать за ним на экране монитора и выполнять только команды по необходимой коммутации СИ, что исключает потенциальные ошибки. В настоящее время применение автоматизированных программ позволяет увеличить производительность на современных высокотехнологичных производствах и увеличить качество готовой продукции, ускорить процесс работы с документооборотом.

Список литературы

1. Яшин А.В. Информационная составляющая системы обеспечения единства измерений в условиях цифровой трансформации. Развитие ФГИС «АРШИН» // Metrob.ru: [сайт]. — URL: <https://metro.b.ru/assets/files/konferenciya2020/informacionnaya-sostavlyayushhaya-sistemy-obespecheniya-edinstva-izmerenij-v-usloviyah-cifrovoj-transformacii.-razvitie-fgis-arshin.pdf> (дата обращения: 17.07.2020).
2. Федеральный информационный фонд по обеспечению единства измерений. ФГИС «АРШИН» // Федеральная государственная информационная система Росстандарта: [сайт]. — URL: <https://fgis.gost.ru/fundmetrology/registry> (дата обращения: 17.07.2020).
3. Федеральный закон «Об обеспечении единства измерений» от 26.06.2008 № 102-Ф. — М.: Издательство стандартов, 2008. — 34 с.
4. Метролог Онлайн: приложение // Google play. Приложения: [сайт]. — URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.databasetest.linkrain>.
5. metrologonline (дата обращения: 17.07.2020)
6. Продукты Mitutojo // Mitutoyo.ru: [сайт]. — URL https://mitutoyo.ru/ru_ru/news-and-events/latest-news/free-offline-programming (дата обращения: 20.09.2020).
7. Ермакова А.О. Программное обеспечение для метрологической лаборатории // Международный студенческий научный вестник. — 2018. — № 6. — С. 75.
8. Зуйков А. Автоматизация работы метрологической службы — программное обеспечение FLUKE MET/CAL // Электроника: Наука, технология, бизнес. — 2015. — № 8 (148). — С. 127–134.
9. ГОСТ 2.051-2013. ЕСКД. Электронные документы. Общие положения. — М.: Изд-во стандартов, 2013. — 22 с.
10. ГОСТ 2.601-2013. ЕСКД. Эксплуатационные документы. — М.: Изд-во стандартов, 2013. — 12 с.
11. ГОСТ Р 50.1.029-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Общие требования к содержанию, стилю и оформлению. — М.: Изд-во стандартов, 2001. — 35 с.

13. ГОСТ Р 50.1.030-2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Интерактивные электронные технические руководства. Требования к логической структуре базы данных. — М.: Изд-во стандартов, 2011. — 22 с.
14. Услуги. Разработка руководства по эксплуатации // Tehpis.ru: [сайт]. — URL: <http://tehpis.ru/services/razrabotka-rukovodstva-po-ekspluatatsii> (дата обращения: 31.03.2020 г)

Статья поступила в редакцию: 21.04.2021 г.

Статья прошла рецензирование: 06.07.2021 г.

Статья принята в работу: 01.07.2021 г.