

DOI: 10.15593/2224-9982/2021.64.03

УДК 004.051

А.А. Беликов

АО «РКЦ “Прогресс”», Самара, Россия

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННО-БУМАЖНОГО ПРОЦЕССА
РАСЦЕХОВКИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ И ЕЕ ПРОРАБОТКИ
НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ В PDM-СИСТЕМЕ КАК ЭТАП ЦИФРОВИЗАЦИИ
В АО «РКЦ “ПРОГРЕСС”»**

Рассмотрен существующий бизнес-процесс расцеховки КД и ее проработки на технологичность на базе PDM-системы в АО «РКЦ “Прогресс”». Описан подход к организации электронно-бумажного процесса на предприятии, позволяющий оперативно прорабатывать КД в зависимости от того, в каком виде она была выпущена (бумажном или электронном). Выполнен анализ существующего процесса с определением его достоинств и недостатков. С учетом результатов анализа выработаны предложения по модернизации процесса. Составлены проект и план работ по его реализации. Разработано основное ПО для работы с модернизированным процессом. В ходе тестовой отработки процесса уже подтверждена его работоспособность и выявлено существенное снижение времени формирования объектов в PDM-системе, что в итоге позволит сократить сроки выполнения пользователями своей работы. В рамках этой работы учтена потребность в реализации специального ПО, которое автоматически выполнит перевод существующего задела информационных объектов в PDM-системе от старой модели данных к новой. Определено направление для цифровизации процесса и исключения трудовых затрат работников предприятия на перемещение бумажной КД между подразделениями.

Ключевые слова: информационные технологии, цифровизация, PDM-система, бизнес-процесс, модель данных, конструкторско-технологическая подготовка производства, проработка на технологичность, электронная документация, расцеховка.

A.A. Belikov

SRC “Progress”, Samara, Russian Federation

**DESIGN DOCUMENTATION SHOP-TO-SHOP ROUTING AND ITS STUDY
ON TECHNOLOGICAL EFFECTIVENESS PROCESS MODERNIZATION
AS THE STEP OF DIGITALIZATION AT SRC “PROGRESS”**

In this paper the existing in PDM-system business-process of design documentation shop-to-shop routing and its study on technological effectiveness at SRC «Progress» is considered. General approach to the organization of dual paper-electronic process at the enterprise is described. This approach allows quick study of design documentation depending on its type (paper or electronic). The analysis of the existing process with definition of its merits and demerits is carried out. Considering analysis results, proposals on process modernization are developed. The project documentation and work plan were prepared. Software is developed for the modernized process. During the tests of process its working capacity was already confirmed and essential decrease in creation time of objects in PDM-system is revealed. As a result this fact will allow to reduce users' working time. In this particular work the need for the special software is considered, which will automatically translate the existing information objects in PDM-system from old data model to new data model. The direction for business process digitalization and exception of enterprise employees labor costs on paper documentation movement between departments is defined.

Keywords: information technology, digitalization, PDM-system, business process, data model, tooling-up for production, technological effectiveness, electronic documentation, shop-to-shop routing.

**О цифровизации
в АО «РКЦ “Прогресс”»**

В настоящее время в связи с быстрым развитием информационных технологий, переходом на цифровую экономику и повсе-

стным проникновением компьютеров в повседневную жизнь для создания высококонкурентной продукции и закрепления позиций на мировом рынке любому предприятию необходимо внедрять современные прогрессивные технологии [1].

Акционерное общество «Ракетно-космический центр “Прогресс”» – ведущее российское предприятие по разработке, производству и эксплуатации ракет-носителей среднего класса и автоматических космических аппаратов для дистанционного зондирования Земли и научного назначения [2]. Особенностью таких предприятий является выполнение крупномасштабных и наукоемких проектов, отличающихся многономенклатурностью изделий и длительным циклом разработки, производства и эксплуатации. Ввиду этого предприятие активно развивает инновационные направления деятельности, в частности переходит к цифровизации бизнес-процессов, охватывающих такие сферы деятельности, как планирование производства, конструкторско-технологическая подготовка производства, мониторинг станочного оборудования и др.

В рамках цифровизации уже сформированы стратегии развития как внутри РКЦ «Прогресс», так и в головной организации – Государственной корпорации (ГК) по космической деятельности «Роскосмос». Летом 2019 г. от ГК «Роскосмос» получена Стратегия цифровой трансформации ракетно-космической отрасли Российской Федерации на период до 2025 года и перспективу до 2030 года, на основе которой сформирована собственная стратегия – Стратегия цифровой трансформации АО «РКЦ “Прогресс”». В стратегии определены направления деятельности в области информационных технологий и обозначены сроки реализации основных этапов развития.

Несмотря на то, что только в последнее время формируются основополагающие директивные документы по стратегическому развитию информационных технологий, в РКЦ «Прогресс» уже более 10 лет ведутся работы в данном направлении. Особенностью внедрения информационных технологий является их жесткое подчинение установленным правилам. После выбора один раз определенных правил бизнес-процессы будут протекать только в этих рамках и никак иначе. Этот факт порождает и массу проблем, связанных с расширением возможностей бизнес-процессов, так как изначально «рамки» могут быть выбраны таким образом, что, для того чтобы в дальнейшем их расширить, придется приложить много усилий.

Исходя из этого, планируя цифровизацию отдельного бизнес-процесса, выполняют полный анализ не только разрабатываемой модели процесса, но и моделей соседних процессов, которые могут использовать данные текущего процесса в будущем. Моделируют различные будущие сценарии развития процесса и определяют наиболее вероятные из них [3]. На такую стратегически правильную работу может быть затрачено трудовых ресурсов больше обычного, но при расширении функциональных возможностей процесса их уже потребуются намного меньше.

В РКЦ «Прогресс» с 2010 г. осуществляется цифровизация процесса конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) на базе PDM-системы. PDM-система – система управления инженерными данными об изделии, обеспечивающая управление и обмен информацией об изделии в режиме реального времени, а также ее визуализацию и возможность совместной работы [4]. В такой системе осуществляется хранение различных технических данных в структурированном виде, организовано их управление, а также управление процессами. В РКЦ «Прогресс» уже сформирована единая модель данных об изделии для PDM-системы, которая позволяет для любого узла конечной продукции получить требуемую техническую документацию. На рис. 1 изображена схема взаимосвязи конструкторских и технологических данных.

КТПП – комплекс научных, проектно-конструкторских, технологических, организационных и хозяйственных работ, обеспечивающих полную технологическую готовность предприятия к производству заданного объема продукции высокого качества [5]. Основные процессы КТПП следующие:

- разработка, выпуск и изменение конструкторской документации (КД);
- постановка КД на инвентарный учет;
- проработка КД на технологичность;
- расцеховка КД;
- размножение рабочих копий КД;
- запуск КД в производство;
- разработка, выпуск и изменение технологической документации (ТД);
- заказ специализированной оснастки;

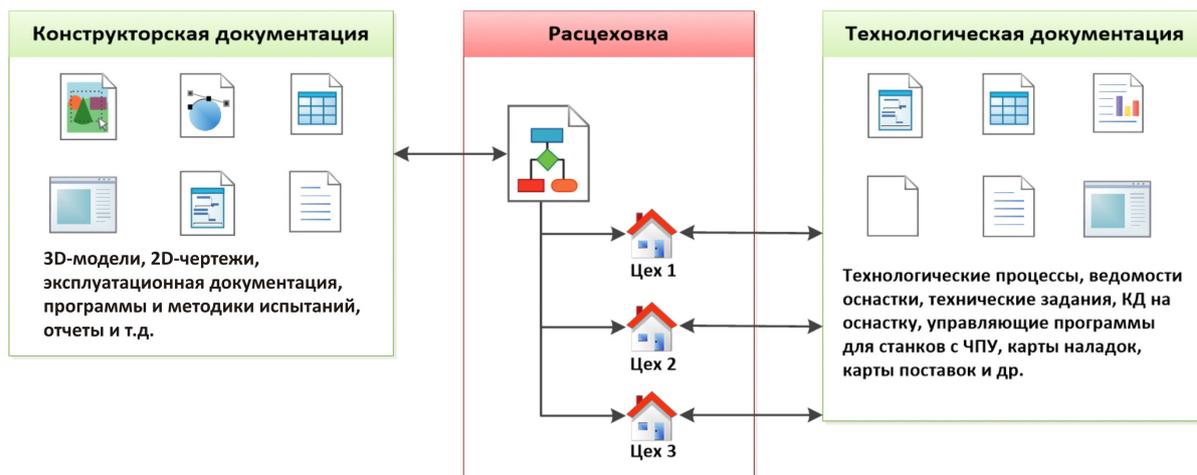


Рис. 1. Схема взаимосвязи конструкторских и технологических данных в PDM-системе

- разработка, выпуск и изменение КД на специализированную оснастку;
- обеспечение производства рабочими копиями ТД и КД на специализированную оснастку;
- заказ, разработка, внедрение и изменение управляющих программ для станков с числовым программным управлением;
- контроль внедрения КД в производство.

Почти каждый из вышеперечисленных процессов в разной степени уже организован в PDM-системе. Некоторые из процессов, например контроль внедрения КД в производство, невозможно организовать в электронном виде, пока в PDM-системе не будет организован выпуск всей КД, так как для осуществления контроля важна полнота данных. Таким образом, важно рассматривать цифровизацию как комплексную работу, охватывающую максимально возможное количество взаимосвязанных бизнес-процессов.

Модернизация существующего процесса

Процесс расцеховки КД и ее проработки на технологичность является частью единого процесса КТПП. В настоящей статье рассматривается модернизация существующего электронно-бумажного процесса расцеховки КД и ее проработки на технологичность. Как видно из схемы на рис. 1, расцеховки занимают важное место в информационной модели данных изделия и являются связующим звеном между конструкторскими и технологическими данными.

На этапе внедрения данного процесса конструкторские подразделения выпускали

в электронном виде КД, отражающую материальную часть изделия, и, соответственно, технологические службы предприятия получали лишь часть всей КД. На момент написания данной статьи – январь 2021 г. – на предприятии осуществлялся переход на электронный процесс разработки, согласования и выпуска всей КД в PDM-системе, в том числе текстовой, эксплуатационной, программ и методик испытаний и т.д. Такая КД еще не является электронным подлинником, а только дублирует бумажную документацию. После того как весь процесс выпуска КД в электронном виде будет отработан и принят на предприятии, в PDM-системе появятся подлинники КД.

На рис. 2 изображена схема действующего электронно-бумажного процесса расцеховки КД, ее проработки на технологичность и запуска в производство. Как видно из схемы, если КД в электронном виде поступила на расцеховку раньше, чем в бумажном, то процесс протекает в PDM-системе. Далее на КД в бумажном виде будет сделана отметка о том, что она расцехована и проработана в электронном виде. Если же КД «в бумаге» поступила на расцеховку раньше, чем в электронном виде, то процесс протекает в бумажном виде. В электронном виде для такой КД лишь проставляется расцеховка без последующей проработки и процесс завершается. Такой подход к организации процесса позволил одновременно не «тормозить» производство и осуществлять внедрение и отработку электронного процесса расцеховки КД и ее проработки на технологичность.

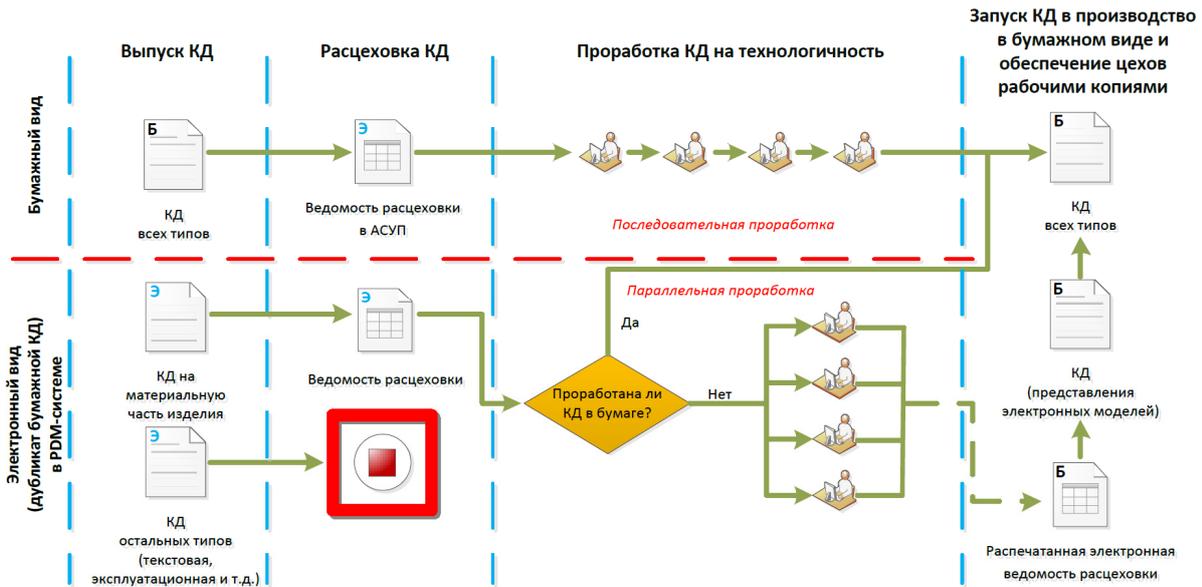


Рис. 2. Действующий электронно-бумажный процесс

С учетом вышеизложенного можно сказать, что существующий процесс не может обеспечить полноту расцеховки всех видов электронной КД и, соответственно, ее проработки на технологичность. Ввиду этого требуется его модернизация с учетом возможности дальнейшего полного перехода на электронный процесс расцеховки КД и ее проработки на технологичность.

С целью выявления плюсов и минусов существующих бумажного и электронно-бумажного процессов проведено их комплексное обследование. Для получения наиболее качественного результата обследования была применена связка из двух методов исследования: корректирующий и проектирующий [6]. С одной стороны, необходимо обследовать уже существующий процесс, а с другой – его необходимо оптимизировать или разработать вновь. Процесс обследования включал изучение действующей на предприятии нормативной документации, а также опрос непосредственных участников процесса «на местах». По результатам обследования выполнен анализ полученных данных и оформлены соответствующие отчеты.

На основании отчетов об обследовании выявлены достоинства и недостатки существующих процессов. К достоинствам существующих бумажного и электронно-бумажного процессов можно отнести следующее:

- отработанность в части системы менеджмента качества всего процесса и, как следствие, отсутствие у него лишних участников и переходов;

- возможность ускорения процесса за счет распараллеливания проработки КД в электронном виде;

- возможность контроля за качеством работы участников электронного процесса руководителями подразделений.

Существенным недостатком действующего электронно-бумажного процесса является не только его неспособность к обработке всех видов выпускаемой на предприятии КД, но и отсутствие возможности создания более одного маршрута изготовления (расцеховки) детали или сборочной единицы (ДСЕ). Такая потребность возникает, когда изготовление изделий можно распределить между взаимозаменяемыми цехами, тем самым сократить сроки сдачи конечного продукта.

Помимо этого, на предприятии постоянно ведется контроль за внедрением изменений КД в производство и составляется отчетная документация. Для составления такой документации частично используется информация из автоматизированной системы управления предприятием (АСУП), а недостающая вводится вручную. Такой ручной ввод недостающей информации занимает значительное время и связан с тем, что единого пол-

ного хранилища достоверных данных по выпускаемой КД нет.

С учетом недостатков модели процесса выработаны предложения по его модернизации, и разработан проект и план работ по реализации нового процесса. Проект и план работ утверждены начальником управления информационных технологий предприятия и согласованы с участниками процесса.

Новая модель процесса выстроена таким образом, чтобы можно было охватить наибольший объем существующих смежных процессов и учесть их развитие в долгосрочной перспективе. Изменение модели процесса затронуло следующие смежные процессы:

- запуск процесса согласования технологического процесса (ТП);
- запуск процесса согласования технического задания на управляющую программу (ТЗ на УП);
- выгрузка данных в АСУП из электронного ТП, размещенного в PDM-системе.

В соответствии с проектом по модернизации процесса подготовлено техническое задание на разработку и доработку необходимого программного обеспечения (ПО). Поскольку существующий процесс не отвечает необходимым требованиям, в проект была включена разработка специального ПО, которое осуществит автоматический перевод всех

существующих объектов в PDM-системе к новой модели процесса.

При запуске процессов согласования ТП и ТЗ на УП со старой моделью данных расцеховок пользователями PDM-системы выполняется ряд действий, которые после изменения модели данных расцеховок будут исключены и полностью автоматизированы. Алгоритм выгрузки данных в АСУП из электронного ТП, размещенного в PDM-системе, будет полностью переработан, и новая модель данных расцеховок позволит выгружать все версии ТП для всех маршрутов изготовления ДСЕ, чего в нынешней модели не наблюдается.

По состоянию на январь 2021 г. уже разработано ПО для работы с новым процессом и ведутся работы по его тестированию и отработке. По предварительным результатам отработки проведен анализ существующих и измененных способов ввода расцеховок в PDM-систему. В таблице приведен сравнительный анализ способов ввода расцеховок в PDM-систему.

Как видно из таблицы, для ввода одной расцеховки за раз в новом ПО количество манипуляций пользователя сокращено в несколько раз. Появилась возможность оповещения по внутренней корпоративной электронной почте начальников технологических бюро подразделений о вводе новых расцеховок или их

Сравнение способов ввода расцеховок в PDM-систему

Способ ввода	Критерий	Было	Стало
Ввод/изменение 1-й расцеховки за раз	Количество операций (кликов мыши и клавиатуры) для ввода расцеховки с тремя подразделениями	59	10
	Автоматическое оповещение начальников технологических бюро подразделений о вводе/изменении расцеховок	Нет	Да
	Идентификация изменений	Да	Да
Расцеховка пакета КД	Охват	КД на материальную часть	Все виды КД
	Быстродействие (на примере пакета КД из 100 объектов) при открытии формы расцеховки	3 мин	5 с
	Автосохранение	Нет	Да
	Автоматический поиск и заполнение подразделений-потребителей	Нет	Да
	Идентификация изменений	Нет	Да
Выгрузка расцеховок из АСУП	Тип	Автоматический	Автоматизированный (осознанный выбор)
	Идентификация изменений	Нет	Да

изменении. Теперь все виды КД могут быть расцехованы. Увеличено быстродействие расцеховки пакета КД за счет переноса всех вычислительных процессов из клиентской части ПО на серверную. Для удобства пользователей разработан модуль автоматического сохранения уже введенной в форме расцеховки информации в определенные временные промежутки. Улучшена идентификация всех изменений – по расцеховке в PDM-системе теперь можно определить, кто изменил информацию. Поскольку в АСУП присутствуют расцеховки и на ту КД, что не разрабатывается на предприятии, их автоматическая выгрузка исключена и запланирована разработка ПО, в котором выгрузка будет осуществляться осознанно, в автоматизированном режиме.

Ведутся также работы по разработке ПО автоматического приведения всех существующих в PDM-системе объектов к новой модели процесса. Поскольку в PDM-системе уже хранится достаточно большой объем объектов со старой моделью данных, автоматический перевод их к новой модели может занимать длительное время. По предварительным расчетам, такой процесс может длиться около двух дней непрерывной работы ПО.

После завершения разработки ПО, его тестирования и отработки будет разработана необходимая методическая и нормативная документация, а также организовано обучение

участников процесса. На данном этапе возможно проведение опытной эксплуатации процесса совместно с непосредственными его участниками до того, как он будет запущен в промышленную эксплуатацию.

Модернизированный процесс (рис. 3) даст возможность службам технологической подготовки производства (ТПП) проработки на технологичность и расцеховки всех видов КД. При условии выпуска всей КД на предприятии в электронном виде возможно исключение бумажного документооборота и переход к запуску КД в производство в PDM-системе. Службы ТПП также смогут получать различные отчеты в электронном виде о ходе проработки КД на технологичность, о задержках процесса расцеховки и ее согласования, а также осуществлять контроль за внедрением КД в производство.

В ходе тестовой отработки уже подтверждена работоспособность процесса для всех видов КД. Существенно снизилось время формирования объектов в ПО даже для большого количества выпущенной КД, что существенно сокращает сроки выполнения пользователями своей работы в данном процессе. Модернизация процесса позволит создать условия для следующих дальнейших этапов цифровизации процессов ТПП на предприятии:

- запуск КД в производство;
- контроль внедрения КД в производство.

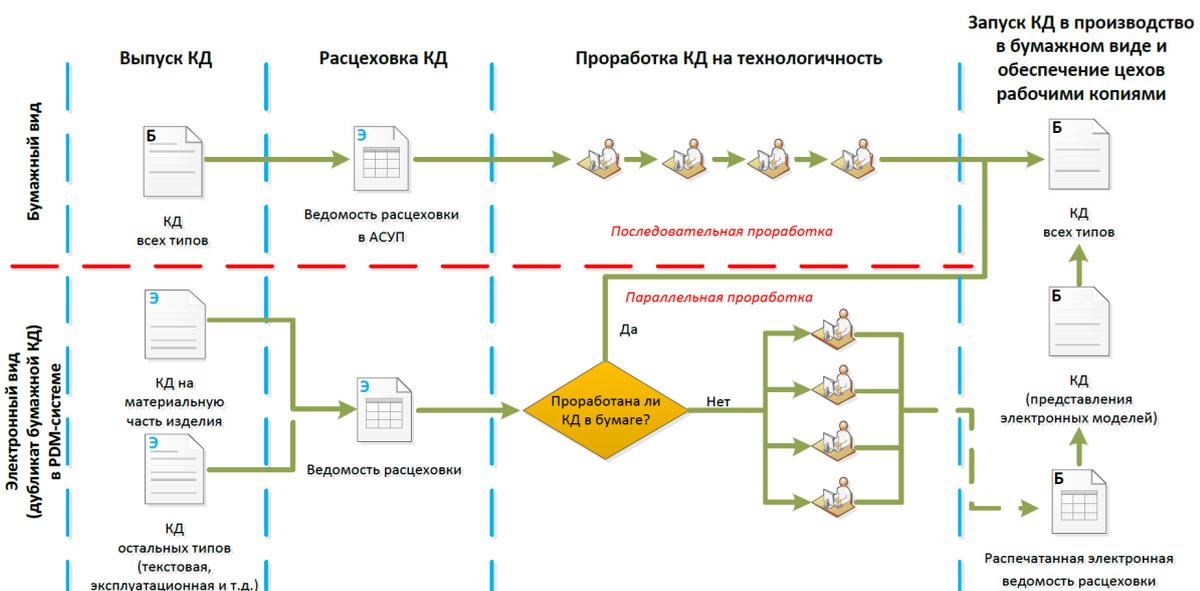


Рис. 3. Модернизированный электронно-бумажный процесс

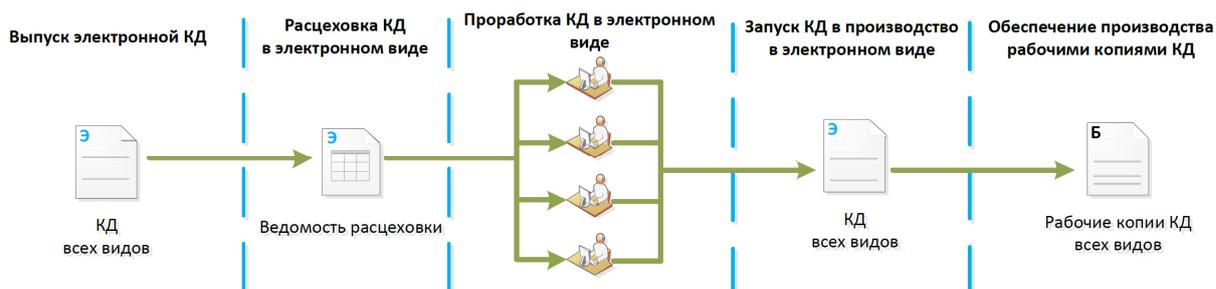


Рис. 4. Электронный процесс в перспективе

Цифровизация процессов ТПП позволит исключить трудовые затраты на перемещение бумажной КД между подразделениями предприятия, так как все процессы будут происходить в PDM-системе. На рис. 4 изображена схема данного процесса в перспективе.

Рассматриваются также варианты применения на производстве современных цифровых устройств вывода информации – мониторов и планшетов – для полного исключения бумажных носителей информации. Основные проблемы, которые препятствуют внедрению таких устройств: безопасность передачи данных и отсутствие электронных подлинников технических документов. Такие устройства не могут быть использованы работниками предприятия в любых других це-

лях («серфинг» в сети Интернет или передача служебной информации), кроме как для выполнения своих трудовых обязанностей. Второстепенной проблемой является неудобство просмотра больших форматов документов или просмотр сразу нескольких документов на экране устройства (даже если у него большая диагональ). Помимо этого, к таким устройствам должны предъявляться особые требования: ударопрочность, износостойкость, стойкость к агрессивным средам и т.д. Решение всех этих проблем позволит организовать еще более современный процесс изготовления продукции, в котором вся информация будет представлена в цифровом виде, будет всегда актуальной и доступной в режиме реального времени.

Библиографический список

1. Туркова В.А. Применение CALS-технологий для повышения эффективности технологической подготовки производства // Компьютерная интеграция производства и ИППИ-технологии: материалы VIII Всерос. науч.-практ. конф., г. Оренбург, 16–17 ноября 2017 г. – Оренбург, 2017. – С. 664–666.
2. Направления деятельности РКЦ «Прогресс» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.sam-space.ru/about/areas_of_activity (дата обращения: 15.09.2020).
3. Индекс зрелости Индустрии 4.0 – Управление цифровым преобразованием компаний (acatech ИССЛЕДОВАНИЕ) [Электронный ресурс] / Г. Шу, Р. Андерл, Ю. Гауземайер [и др.]. – Мюнхен, 2017. – URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_rus_Maturity_Index_WEB-1.pdf (дата обращения: 08.11.2020).
4. Программное обеспечение Windchill [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ptc.com/ru/products/windchill> (дата обращения: 08.11.2020).
5. Яшин Д.О., Младышева Д.С. Анализ возможностей информационного сопровождения продукции на этапе технологической подготовки производства (ТПП) и на этапе производства (П) // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: материалы науч.-практ. конф., г. Владимир, 12 марта 2018 г. – Владимир, 2018. – С. 981–987.
6. Арбузова А.С. Значение исследований бизнес-процессов в условиях становления цифровой экономики // Проблемы развития предприятий: теория и практика. – 2018. – № 3. – С. 8–11.

References

1. Turkova V.A. Primenenie CALS-tekhnologiy dlya povysheniya effektivnosti tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva [CALS technologies and efficiency increase of tooling-up for production]. *Kompyuter-*

naya integratsiya proizvodstva i IPI-tehnologii: materials of the VIII All-Russian scientific and practical conference. Orenburg, 2017, pp. 664–666.

2. Napravleniya deyatelnosti RKTs Progress [Areas of activity of the RCC Progress]. URL: https://www.samspace.ru/about/areas_of_activity (date of access: 15.09.2020).

3. Schuh G., Anderl R., Gausemeier J. et al. Indeks zrelosti Industrii 4.0 – Upravlenie tsifrovym preobrazovaniem kompaniy (acatech ISSLEDOVANIE) [Industrie 4.0 Maturity Index – Managing the Digital Transformation of Companies (acatech STUDY)]. Munich, 2017, URL: https://www.acatech.de/wp-content/uploads/2018/03/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB-1.pdf (date of access: 08.11.2020).

4. Programmnoe obespechenie Windchill [Windchill Product Lifecycle Management]. URL: <https://www.ptc.com/en/products/windchill> (date of access: 08.11.2020).

5. Yashin D.O., Mladysheva D.S. Analiz vozmozhnostey informatsionnogo soprovozhdeniya produktsii na etape tekhnologicheskoy podgotovki proizvodstva (TPP) i na etape proizvodstva (II) [Analysis of the possibilities of information support of products at the stage of technological preparation of production (TPP) and at the stage of production (II)]. *Dni nauki studentov Vladimirovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni Aleksandra Grigorevicha i Nikolaya Grigorevicha Stoletovyykh*. Collection of materials of scientific and practical conferences, 2018, pp. 981-987.

6. Arbuzova A.S. Znachenie issledovaniy biznes-protsessov v usloviyakh stanovleniy tsifrovoy ekonomiki [Arbuzova A.S. The importance of researching business processes in the context of the formation of the digital economy]. 17th International Scientific Conference «Problems of Enterprise Development: Theory and Practice», Samara, Russian Federation, November 26-27, 2018, no. 3, pp. 8-11.

Об авторе

Беликов Андрей Александрович (Самара, Россия) – начальник группы сектора администрирования и анализа процессов отдела автоматизации разработки технологической документации АО «РКЦ «Прогресс»» (443009, г. Самара, ул. Земеца, д. 18, e-mail: andrewbelikov@gmail.com).

About the author

Andrey A. Belikov (Samara, Russian Federation) – Head of Group of Administration and Process Analysis Sector of Automation of Technology Documentation Development Department, SRC “Progress” (18, Zemetsa st., Samara, 443009, Russian Federation; e-mail: andrewbelikov@gmail.com).

Получено 18.01.2021