

УДК 004.896

DOI: [10.26102/2310-6018/2021.33.2.013](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2021.33.2.013)

Подход к интеллектуальной поддержке при управлении разработкой электронной конструкторской документации на основе анализа замечаний согласующих лиц

В.А. Латыпова

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Уфимский государственный авиационный технический университет»,
Уфа, Российская Федерация*

Резюме. Процесс разработки конструкторской документации является многоэтапным процессом, требующим значительных временных и трудовых затрат, а также вовлечения большого количества участников. Он включает в себя подготовку документации, ее согласование и доработку до требуемого качества. Переход на электронное проектирование и использование автоматизированных информационных систем при согласовании оказывает двоякое влияние на данный процесс. С одной стороны, некоторые операции осуществляются быстрее. С другой стороны, в составе процесса возникают новые операции. Также острее встает вопрос, связанный с формированием отклика в виде списка замечаний для разработчиков. На формирование отклика в электронном формате требуется больше времени. Как правило, список замечаний формируется согласующим лицом без использования средств автоматизации, что связано со спецификой конструкторской документации, отсутствием единственного правильного проектного решения. В статье приводится анализ существующих подходов к управлению разработкой электронной конструкторской документации. Описан предлагаемый автором подход к информационной поддержке при управлении разработкой данной документации на базе интеллектуального анализа замечаний согласующих документы лиц и технологий инженерии знаний. Система информационной поддержки, реализующая предлагаемый подход, успешно апробирована на производственном предприятии по изготовлению металлообрабатывающего оборудования.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, электронная конструкторская документация, управление разработкой документации, согласование документации, интеллектуальные технологии, замечание, интеллектуальный анализ замечаний.

Для цитирования: Латыпова В.А. Подход к интеллектуальной поддержке при управлении разработкой электронной конструкторской документации на основе анализа замечаний согласующих лиц. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии.* 2021;9(2).
Доступно по: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=989> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.33.2.013

An approach to intelligent support in electronic design documentation development management based on approving person comment analysis

V.A. Latypova

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "Ufa State Aviation Technical University", Ufa, Russian Federation

Abstract: The design documentation development process is a multi-stage process, which requires significant time and labor costs as well as the involvement of many participants. It includes documentation preparation, documentation agreement, and refinement to the required level of quality. The move towards electronic design and utilization of automated information systems in documentation

agreement impacts in two ways on the process. On the one hand, certain operations are implemented quicker. On the other hand, new operations appear within the process. Also, there is an increasingly urgent need for response creation as a list of comments for developers. It requires more time for electronic response creation. Generally, the list of comments is formed by approving persons without automation tools, which is related to the specificity of design documentation, the absence of the only design solution. Existing approaches to electronic design documentation development management are reviewed in the paper. A suggested approach to information support in the documentation development management based on intelligent approving person comment analysis and knowledge engineering technology is described. Information support system, which implements the suggested approach, was successfully piloted in a metal-working equipment company.

Keywords: decision support, electronic design documentation, documentation development management, document agreement, intelligent technologies, comment, intelligent comment analysis.

For citation: Latypova V.A. An approach to intelligent support in electronic design documentation development management based on approving person comment analysis. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2021;9(2). Available from: <https://moitvivt.ru/ru/journal/pdf?id=989> DOI: 10.26102/2310-6018/2021.33.2.013 (In Russ).

Введение

Процесс разработки конструкторской документации является многоэтапным процессом, требующим значительных временных и трудовых затрат, а также вовлечения большого количества участников. Он включает в себя подготовку документации, ее согласование и доработку до требуемого качества. Группа сотрудников проводит различные виды контроля конструкторской документации: технический, технологический, нормоконтроль и т. д. Переход на электронное проектирование и использование автоматизированных информационных систем (АИС) при согласовании оказывает двоякое влияние на данный процесс. С одной стороны, некоторые операции осуществляются быстрее, например, электронная конструкторская документация (ЭКД) не требует ее физического переноса от одного согласующего лица другому. С другой стороны в составе процесса возникают новые операции, например, заполнение атрибутов ЭКД в АИС разработчиком документации и проверка заполнения данных атрибутов согласующим лицом. Также острее встает вопрос, связанный с формированием отклика в виде списка замечаний для разработчиков. На формирование отклика в электронном формате требуется больше времени. Как правило, список замечаний формируется согласующим лицом без использования средств автоматизации, что связано со спецификой конструкторской документации, отсутствием единственного правильного проектного решения.

Цель исследования – повышение эффективности разработки ЭКД с использованием интеллектуальной поддержки при управлении.

Задачи исследования:

- проанализировать существующие подходы к управлению разработкой ЭКД;
- создать подход к информационной поддержке при управлении разработкой ЭКД на базе интеллектуального анализа замечаний согласующих документы лиц и технологий инженерии знаний;
- апробировать предлагаемый подход при управлении разработкой проектных моделей печатных плат устройств-комплекующих на производственном предприятии по изготовлению металлообрабатывающего оборудования.

Описание процесса разработки ЭКД

Разработчик ЭКД загружает из АИС, поддерживающей жизненный цикл изделий, задание на разработку документации. Далее он осуществляет подготовку ЭКД с использованием соответствующей САПР. Готовую ЭКД разработчик размещает в АИС. В процессе размещения он заполняет форму с атрибутами документации.

Процедура контроля осуществляется группой согласующих лиц, в роли которых выступают главный конструктор, нормоконтролер и др. Их количество и состав зависят от специфики изделия, для которого разрабатывается ЭКД, и от организации. Первым (предварительным) этапом контроля является проверка состава документации (ее комплектности) и заполненности всех атрибутов по документации в АИС. При наличии проблем формируется соответствующий список замечаний, который направляется разработчику ЭКД для их устранения. В случае успешного прохождения этапа документация направляется на следующий этап контроля, при котором происходит проверка самой документации: ее оформления, согласно стандартам, и содержания. При наличии ошибок также формируется список замечаний для разработчика ЭКД. Если документация оформлена корректно, согласующие лица заполняют реквизитную часть документации: ФИО согласующего, дату контроля; и ставят отметку «согласовано» в АИС. Процесс выполняется несколько циклов, пока не завершится успешно. При повторных итерациях происходит доработка ЭКД и повторные проверки.

На рисунке 1 показана динамика процесса разработки ЭКД в виде модели в нотации BPMN, разработанная с помощью Bizagi Modeler. На ней обобщенно представлен порядок действий участников данного процесса.

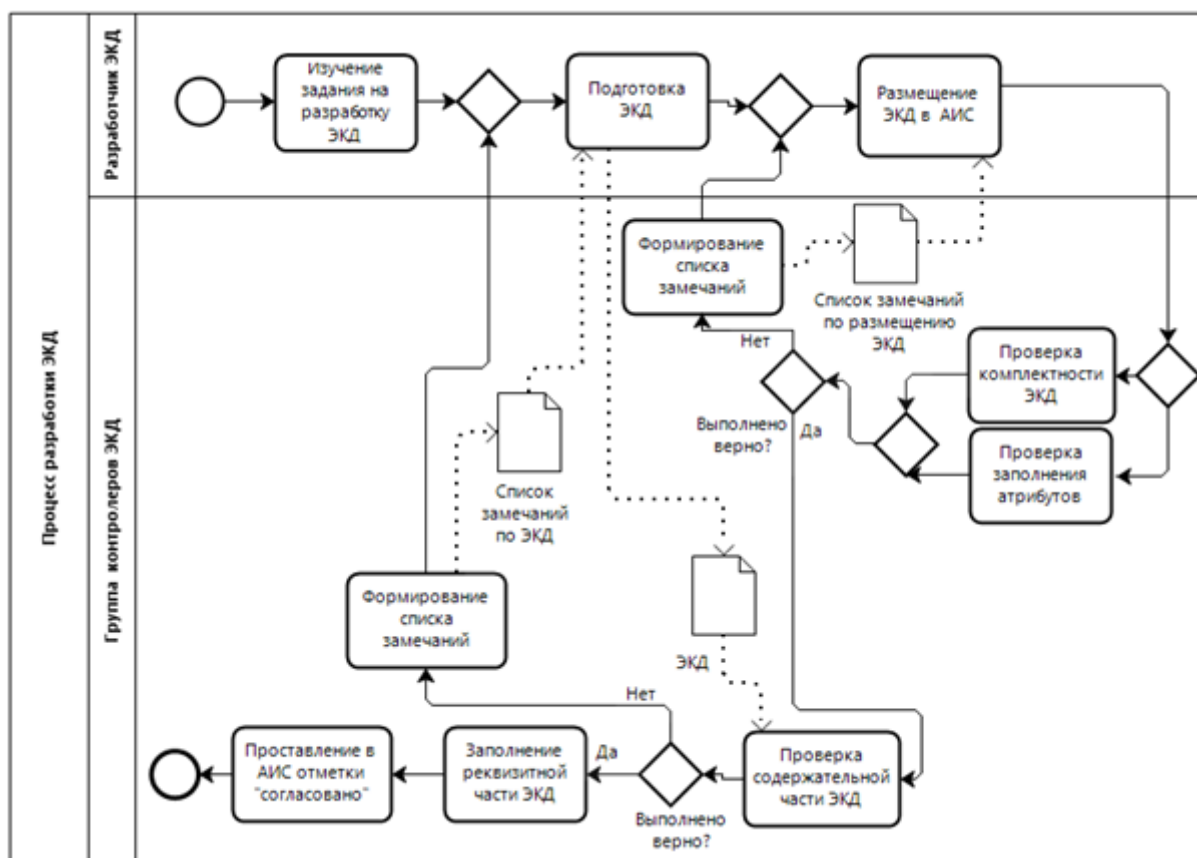


Рисунок 1 – Динамическая модель процесса разработки ЭКД

Figure 1 – Dynamic model of electronic design documentation development process

Существующие подходы к управлению разработкой ЭКД на предприятиях машиностроения

В существующих подходах уделяется внимание разработке авторских программных средств для автоматизации:

- контроля комплектности ЭКД и заполненности ее атрибутов в АИС [1];
- контроля оформления ЭКД согласно стандартам: (ГОСТ, ЕСКД и др.) [2];
- заполнения реквизитной части ЭКД [3].

Автоматизация заполнения реквизитов, таких как «ФИО согласующего лица», «дата», «подпись» проводится с применением спецшаблонов документов.

Также САПР, в которых разрабатываются проектные модели, обладают встроенными средствами их контроля. Например, в составе САПР AutoCAD присутствует утилита «Нормоконтроль». Контроль осуществляется путем сравнения файла-чертежа с файлом-образцом, в котором перечислены объекты чертежа и их свойства [4].

В ряде САПР печатных плат присутствуют средства автоматического контроля соответствия моделей плат требованиям, задаваемым в конфигурационном файле разработчиком. Требования представляют собой список параметров платы с их значениями. Используемое производственное оборудование определяет значения таких параметров. Основными элементами печатных плат, для которых задаются параметры, являются: компоненты, дорожки, отверстия. Автоматический контроль корректности модели платы может выполняться частично. Есть ошибки, которые могут быть выявлены только экспертом-контролером вручную. Наличие переходных отверстий в печатной плате, использование разработчиком виртуального разделения земли, выполнение трассировки дорожек в виде меандра и пр. может приводить к ошибкам, не выявляемым с помощью автоматической системы контроля [5].

Помимо непосредственно контролю корректности разработанной ЭКД уделяется внимание также процедуре повторного согласования.

Рассматривается процедура формирования отклика для разработчика ЭКД. Последовательность замечаний в отклике, по мнению авторов работы [6], не должна быть произвольной, т. к. это может привести к затягиванию сроков доработки ЭКД по причине заикливания, которое происходит из-за ряда ошибок. Замечания в отклике группируются и выстраиваются согласно определенному алгоритму, учитывающему специфику ошибок.

Для ускорения процедуры повторного согласования ЭКД в [7] также проводится обработка списка замечаний. На основании роли согласующих лиц, сделавших замечание, и типа осуществляемого ими контроля определяется порядок повторного прохождения ЭКД. Данный порядок определяется экспертной системой.

Стандартными средствами АИС можно провести оценку процедуры согласования ЭКД. Система позволяет вести учет исправлений документации при согласовании за счет сохранения в базе данных списков замечаний согласующих лиц [8, 9].

Проведенный обзор позволяет сделать следующие выводы:

-в существующих работах предлагаются специализированные методы и программные средства контроля ЭКД, которые осуществляют локальную автоматизацию, отклик же формируется большей частью «вручную» согласующими лицами;

-мало внимания уделяется детальному анализу отклика, формируемого согласующими лицами. От того насколько подробно и четко изложены замечания в отклике напрямую зависит затрачиваемое разработчиком ЭКД время на ее доработку.

Подход к интеллектуальной поддержке при управлении разработкой ЭКД на основе анализа замечаний согласующих лиц

Предлагаемый автором подход к интеллектуальной поддержке при управлении разработкой ЭКД основан на разработанной им ранее концепции для дистанционного автоматизированного обучения [10]. В данной работе в качестве сложных открытых задач выступает разработка ЭКД.

Для управления разработкой ЭКД предлагается использовать интеллектуальную поддержку на двух уровнях системы управления. На первом (нижнем) уровне проводится контроль ЭКД, а на втором (верхнем) – контроль процесса разработки ЭКД с целью его совершенствования. Модель системы управления разработкой ЭКД нижнего уровня показана на рисунке 2, верхнего уровня – на рисунке 3.

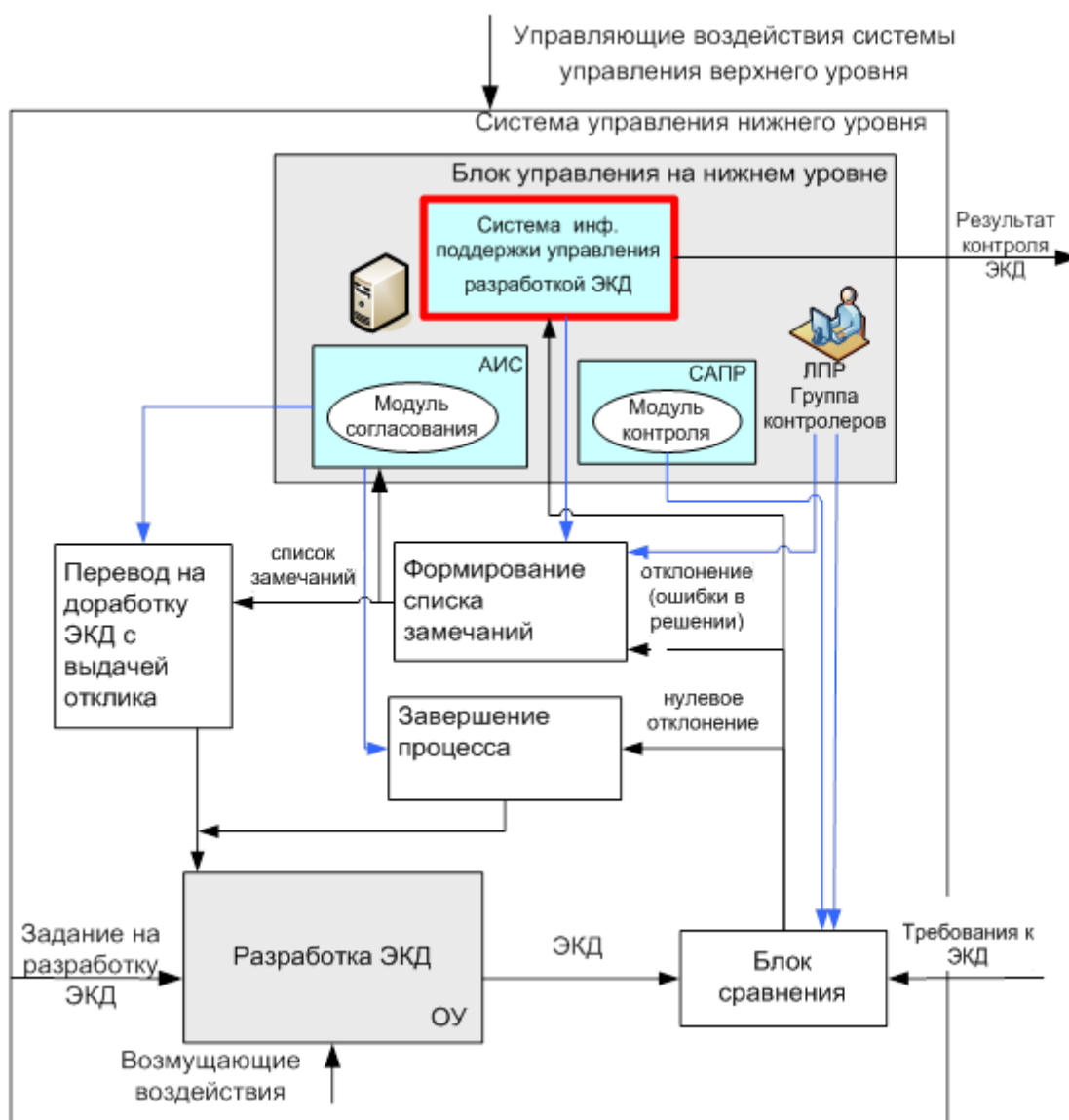


Рисунок 2 – Модель системы управления разработкой ЭКД нижнего уровня
 Figure 2 – Management system model of electronic design documentation development of the lower level

Целью управления на нижнем уровне является доведение ЭКД до такого состояния, чтобы были удовлетворены все требования к ней. Блок управления включает модуль согласования АИС, модуль контроля САПР, а также модуль предлагаемой

автором системы информационной поддержки, базирующейся на использовании справочника типовых сообщений об ошибках (ТСО). Данный справочник создается путем интеллектуального анализа ранее сформированных замечаний согласующих лиц. Проводится кластеризация замечаний, позволяющая сформировать типовые сообщения, составляющие справочник. С помощью данного справочника согласующее лицо автоматизированно создает отклик для разработчика ЭКД. Метод, основанный на использовании справочника ТСО, разработан автором и подробно рассмотрен в статье [11].

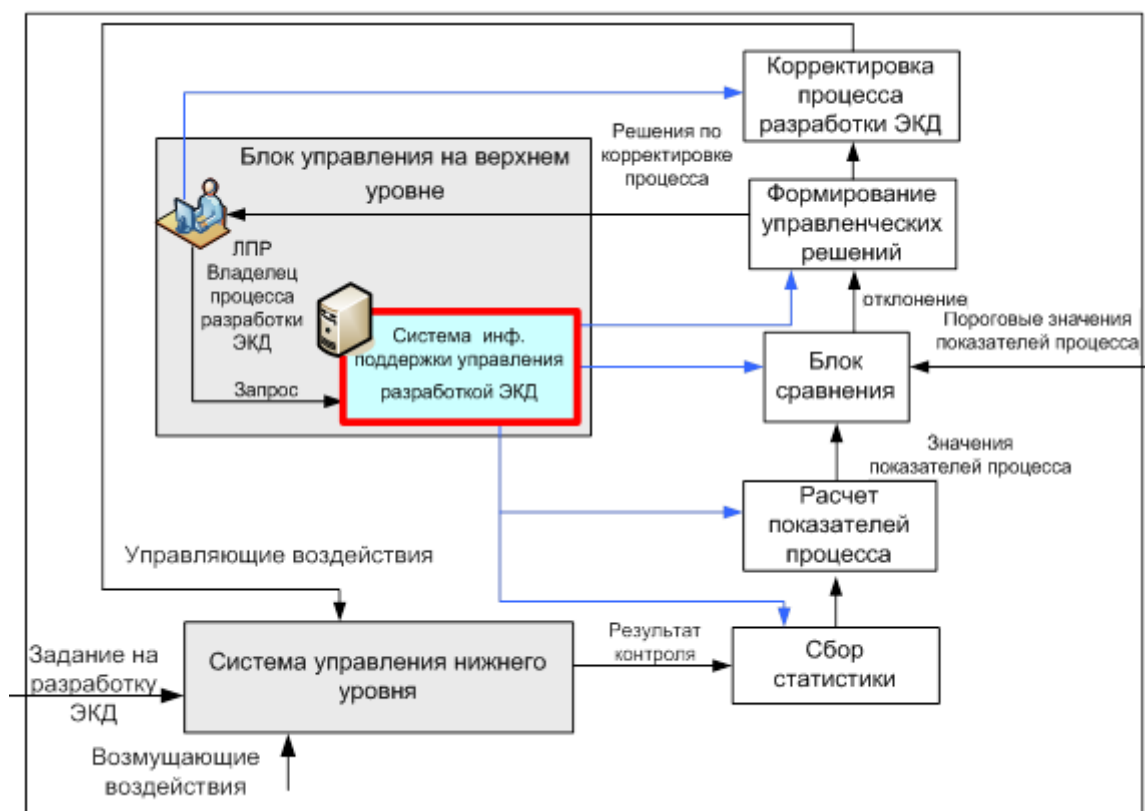


Рисунок 3 – Модель системы управления разработкой ЭКД верхнего уровня
 Figure 3 – Management system model of electronic design documentation development of the upper level

Целью управления на верхнем уровне является поддержание процесса разработки ЭКД в состоянии, при котором его показатели находятся в оптимальном диапазоне значений. Блок управления включает модуль предлагаемой автором системы информационной поддержки, базирующийся на классификации ТСО по типу ошибки, определении показателей процесса на основе данной классификации, использовании продукционной базы знаний для формирования решений по изменению процесса разработки ЭКД. Ранее данный модуль был разработан и применен в рамках дистанционного автоматизированного обучения в инженерных дисциплинах [12]. Для его использования при управлении процессом разработки ЭКД автором была проведена модификация, учитывающая специфику процесса.

Описание эксперимента

Предложенный автором подход к интеллектуальной поддержке при управлении разработкой ЭКД, реализованный в виде системы, прошел апробацию на производственном предприятии ООО «Цифровые машины», которое занимается

изготовлением металлообрабатывающего оборудования (ЧПУ станков плазменной резки металла), а также запчастей для них, например, таких устройств как:

- контроллеры регулировки высоты резака («torch height controller»);
- оптические датчики (устройства, применяемые для проверки поверхности, определения расстояния между металлом и горелкой источника плазмы);
- датчики тока;
- делители универсальные и миниделители.

Информационная поддержка с применением разработанной автором системы проводилась на нижнем уровне управления при контроле ЭКД для устройств-комплектованных.

Результаты и обсуждения

В результате апробации системы информационной поддержки время на подготовку списка замечаний при контроле ЭКД сократилось в среднем на 10%. При определении затрачиваемого времени с использованием системы учитывается время, необходимое на формирование справочника ТСО. В дальнейшем для информационной поддержки предполагается применение готового справочника, что приведет к более значительному сокращению времени на подготовку отклика для разработчика ЭКД.

Диаграмма на рисунке 4 демонстрирует соотношение количества замечаний в протоколах контроля и в справочнике ТСО при проверке ЭКД одного из устройств.

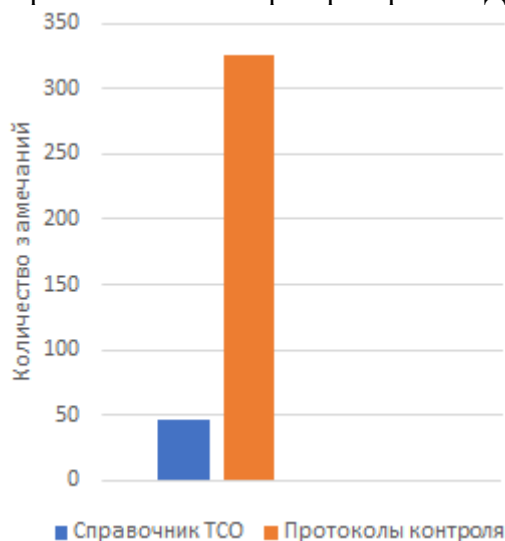


Рисунок 4 –Количество замечаний в протоколах контроля и в справочнике ТСО при проверке ЭКД

Figure 4 – The number of comments in protocols and in typical error report handbook when checking electronic design documentation

Использованные при формировании отклика ТСО составили 1/7 от общего количества замечаний в протоколах контроля.

В будущем планируется задействовать также верхний контур управления, позволяющий улучшать отклик согласующего лица и совершенствовать процесс разработки ЭКД.

Заключение

В результате проведенного исследования достигнуты следующие результаты:

- проанализированы существующие подходы к управлению разработкой ЭКД;
- создан подход к информационной поддержке при управлении разработкой ЭКД

на базе интеллектуального анализа замечаний согласующих документы лиц и технологий инженерии знаний;

- успешно апробирована система информационной поддержки, реализующая предлагаемый подход при управлении разработкой ЭКД для устройств, выпускаемых на производственном предприятии по изготовлению металлообрабатывающего оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елтышев Д.К., Кулик В.Д. Автоматизация процессов проверки, учета и распределения электронной конструкторской документации в PLM-системе teamcenter. *Фундаментальные исследования*. 2016;(11-30):510-514.
2. Воронкова П.Н., Французова Ю.В. Обеспечение качества конструкторской документации за счет средств автоматизации нормоконтроля. *Известия ТулГУ*. 2017;(8-1):195-198.
3. Кондратьев С.Е., Ульянин О.В., Абакумов Е.М. Проблемные вопросы организации электронного документооборота КД, разработанной в САПР, в условиях перехода от использования бумажных подлинников КД к электронным. *Материалы XIV международной конференции «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта CAD/CAM/PDM – 2014», 14–16 октября 2014, Москва*. ООО «Аналитик»; 2014. С.197-201.
4. Петухова А.В. Использование утилиты "Нормоконтроль" для автоматизации проверки чертежей. *Материалы II международной научно-практической конференции «Проблемы качества графической подготовки студентов в техническом вузе: традиции и инновации»*. Пермь: Пермский государственный технический университет; 2011.С.197-199.
5. Гавриков В. Проектирование печатных плат для высокоскоростных интерфейсов. *Терра электроника. Web-портал для разработчиков электроники*. Доступно по: ufa.terraelectronica.ru/news/5612 (дата обращения 16.05.2021).
6. Романова Е.Б. Разработка и апробация алгоритма коррекции ошибок в системах автоматизации проектирования печатных плат. *Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики*. 2016;16(2):303-310. DOI: 10.17586/2226-1494-2016-16-2-303-310.
7. Огородов В.А., Сапожников А.Ю., Маврина А.С., Лютов А.Г. Интеллектуальная поддержка процесса согласования графической КД в PLM-системе. *Молодежный Вестник УГАТУ*. 2019;21(2):100-104.
8. Финогеев А.Г., Каблов Е.В. Автоматизация процедуры управления процессом согласования и утверждения технологической документации. *Современные наукоемкие технологии*. 2015;(11):48-52. Доступно по: www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35177 (дата обращения: 16.05.2021).
9. Лаптев Г.В., Антонов В.В. Автоматизация контроля валидности конструкторской документации на машиностроительном предприятии. *Материалы XLV международной научно-практической конференции «Междисциплинарные исследования»*. Новосибирск: АНС «СибАК»; 2018. с.92-100.
10. Латыпова В.А. Концепция управления процессом дистанционного автоматизированного обучения при решении сложных открытых задач с использованием банка ошибок. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2019;7(3). Доступно по: moit.vivt.ru/wp-

content/uploads/2019/09/Latypova_3_19_1.pdf (дата обращения 16.05.2021). DOI: 10.26102/2310-6018/2019.26.3.015.

11. Латыпова В.А. Поддержка принятия решений на базе кластеризации сообщений об ошибках для контроля качества выполнения сложных открытых задач. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2020;8(3). Доступно по: moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/Latypova_3_20_1.pdf (дата обращения 16.05.2021). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.027.
12. Latypova V., Martynov V., Turganov A. Decision support system in online training process management for implementing complex open ended assignments in engineering education. *Proceedings of the V international conference on information technologies in engineering education (Inforino), 14–17 April 2020, Moscow*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2020. p. 1-5. DOI: 10.1109/Inforino48376.2020.9111821.

REFERENCES

1. Eltyshev D.K., Kulik V.D. Automatization of digital engineering documentation verification, accounting and distribution processes in Teamcenter PLM-system. *Fundamental research*. 2016;(11-30):510-514 (In Russ).
2. Voronkova P.N., Frantsuzova J.V. Quality assurance engineering documentation at the expense of automation normative control. *Izvestiya TulGU*. 2017;(8-1):195-198. (In Russ).
3. Kondrat'ev S.E., Ul'yanin O.V., Abakumov E.M. Problemnye voprosy organizatsii elektronnoho dokumentooborota KD, razrabotannoi v SAPR, v usloviyakh perekhoda ot ispol'zovaniya bumazhnykh podlinnikov KD k elektronnykh. *Proceedings of the XIV international conference «CAD/CAM/PDM – 2014», 14–16 October 2014, Moscow*. ООО «Аналитик»; 2014. p.197-201 (In Russ).
4. Petukhova A.V. Ispol'zovanie utility "Normokontrol" dlya avtomatizatsii proverki chertezhei. *Proceedings of the II international scientific-practical conference «Problemy kachestva graficheskoi podgotovki studentov v tekhnicheskoy vuzovskoy sredy: traditsii i innovatsii»*. Perm': Permskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet; 2011.p.197-199. (In Russ).
5. Gavrikov V. Proektirovanie pechatnykh plat dlya vysokoskorostnykh interfeisov. *Terra elektronika. Web-portal dlya razrabotchikov elektroniki*. Available from: ufa.terraelectronica.ru/news/5612 (In Russ) (accessed 16.05.2021).
6. Romanova E.B. Development and testing of errors correction algorithm in electronic design automation. *Scientific and technical journal of information technologies, mechanics and optics*. 2016;16(2):303-310. DOI: 10.17586/2226-1494-2016-16-2-303-310. (In Russ)
7. Ogorodov V.A., Sapozhnikov A.Yu., Mavrina A.S., Lyutov A.G. Intellectual support for the coordination of graphic de-sign documentation in the PLM-system. *Molodezhnyj Vestnik UGATU*. 2019;21(2):100-104 (In Russ).
8. Finogeev A.G., Kablov E.V. Automation of management procedures process of coordination and approval of technical documentation. *Modern high technologies*. 2015;(11):48-52. Available from: www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=35177 (In Russ) (accessed: 16.05.2021).
9. Laptev G.V., Antonov V.V. Avtomatizatsiya kontrolya validnosti konstruktorskoj dokumentatsii na mashinostroitel'nom predpriyatii. *Proceedings of the XLV international scientific-practical conference «Mezhdistsiplinarnye issledovaniya»*. Novosibirsk: ANS «SibAK»; 2018. p.92-100 (In Russ).
10. Latypova V.A. A concept of online automated training process management in implementing complex open ended assignments based on the use of error bank. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2019;7(3). Available from: [moit.vivt.ru/wp-](https://moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2019/09/Latypova_3_19_1.pdf)

- content/uploads/2019/09/Latypova_3_19_1.pdf (In Russ) (accessed 16.05.2021). DOI: 10.26102/2310-6018/2019.26.3.015.
11. Latypova V.A. Decision support based on error report clustering in complex open ended assignments quality control. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2020;8(3). Available from: moit.vivt.ru/wp-content/uploads/2020/08/Latypova_3_20_1.pdf (In Russ) (accessed 16.05.2021). DOI: 10.26102/2310-6018/2020.30.3.027.
 12. Latypova V., Martynov V., Turganov A. Decision support system in online training process management for implementing complex open ended assignments in engineering education. *Proceedings of the V international conference on information technologies in engineering education (Inforino), 14–17 April 2020, Moscow*. Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.; 2020. p. 1-5. DOI: 10.1109/Inforino48376.2020.9111821.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Латыпова Виктория Александровна, старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления, ФГБОУ ВО "Уфимский государственный авиационный технический университет", Уфа, Российская Федерация.
e-mail: vikvaphoto@yandex.ru
ORCID: [0000-0003-3063-105X](https://orcid.org/0000-0003-3063-105X)

Viktoriya A. Latypova, Senior Lecturer, Department of Automated Management Systems, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ufa State Aviation Technical University", Ufa, Russian Federation