



Оригинальная статья / Original article  
УДК: 001+376:004  
DOI: 10.21285/1814-3520-2016-11-143-156

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВЕКТОРНЫХ ГРАФИЧЕСКИХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

© В.А. Пионкевич<sup>1</sup>

Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

**РЕЗЮМЕ. ЦЕЛЬ.** Проанализировать возможности векторных графических платформ для электротехнического проектирования в вузах и проектных организациях. Рассмотреть системы автоматизированного проектирования (САПР) для электротехники и электроэнергетики на базе различных векторных платформ отечественного и иностранного производства с учетом требований российских государственных стандартов проектирования принципиальных электрических схем различных электроустановок, схем электрических соединений и другой проектной документации. Рассмотреть методы разработки электротехнических проектов на базе векторных платформ Autodesk AutoCAD, Autodesk AutoCAD Electrical, Microsoft Visio, ElectriCS PRO 7, E3.SERIES. Дать анализ преимуществ и недостатков вышеописанных САПР с учетом особенностей электротехнического проектирования в вузах и проектных организациях с учетом политики РФ в области импортозамещения программного обеспечения (ПО). **МЕТОДЫ.** Для проведения исследований векторных платформ использовались лицензионные копии программного обеспечения векторных пакетов, перечисленных выше, либо ознакомительные версии пакетов, на которые не было предоставлено лицензий в банке лицензий ИРНТИУ. **РЕЗУЛЬТАТЫ.** В результате анализа программных средств, в частности, векторных графических платформ, были выделены основные особенности их применения при подготовке выпускной квалификационной работы бакалавра и магистерских диссертаций по энергетическим направлениям в вузах и профильных проектных организациях. В рамках данной работы автором были опубликованы статьи по выполнению специальных разделов выпускных квалификационных работ бакалавров с использованием современных САПР отечественного производства [1–20], а также научная монография [21] с углубленным анализом и исследованием технических особенностей векторных редакторов и САПР отечественного и иностранного производства в отдельных областях электротехнического проектирования. **ЗАКЛЮЧЕНИЕ.** Полученные результаты могут использоваться для обучения современным средствам автоматизированного проектирования электроустановок на основе современных программных пакетов для подготовки проектной документации выпускных квалификационных работ бакалавров и магистерских диссертаций. Также полученные результаты будут полезны проектировщикам-энергетикам, которые планируют внедрение современных САПР электроснабжения на базе векторных программных платформ с учетом специфики проектирования в области энергетики.

*Ключевые слова:* векторные платформы, САПР, AutoCAD, AutoCAD Electrical, Visio, ElectriCS PRO, E3.SERIES, электротехническое проектирование.

**Формат цитирования:** Пионкевич В.А. Исследование возможностей векторных графических платформ для электротехнического проектирования // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2016. Т. 20. № 11. С. 143–156. DOI: 10.21285/1814-3520-2016-11-143-156

### STUDYING CAPABILITIES OF VECTOR GRAPHICS PLATFORM FOR ELECTRICAL DESIGN

V.A. Pionkevich

Irkutsk National Research Technical University,  
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074, Russia.

**ABSTRACT. THE PURPOSE** of the article is to analyze the capabilities of vector graphics platforms for electrical design in higher educational institutions (universities) and design organizations; to discuss computer-aided design (CAD) systems for the electrical and power engineering on the basis of different domestic and foreign vector platforms considering the requirements of Russian state standards of designing schematic circuit diagrams of various electrical installations, wiring diagrams and other project documentation; to describe the development methods of electrical projects based on the vector platforms Autodesk AutoCAD, Autodesk AutoCAD Electrical, Microsoft Visio, ElectriCS PRO 7, E3.SERIES; to analyze the advantages and disadvantages of the above CAD taking into account the features of electrical design at the

<sup>1</sup>Пионкевич Владимир Андреевич, кандидат технических наук, доцент кафедры электроснабжения и электротехники, e-mail: pionkevichva@istu.edu

Pionkevich Vladimir, Candidate of technical sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply and Electrical Engineering, e-mail: pionkevichva@istu.edu



universities and design organizations with regard to the policy of the Russian Federation in the field of software import substitution. **METHODS.** Vector platforms have been studied with the use of licensed copies of vector package software listed above or with the application of trial packages the licenses of which were not available in the INRTU bank of licenses. **RESULTS.** The analysis of software, in particular of vector graphics platforms resulted in the identification of their main application features in the preparation of bachelors' and masters' graduation theses in the field of power engineering at universities and specialized design organizations. In the frameworks of this study the author has published the articles on the implementation of the specific sections of bachelors' graduation theses using modern CAD of domestic production [1–20] as well as a scientific monograph [21] with the profound analysis and study of the technical features of foreign and domestic vector editors and CAD in some areas of electric design. **CONCLUSION.** The results obtained can be used for teaching Bachelors and Masters modern means of computer-aided design of electrical installations on the basis of modern software packages for the preparation of project documentation for their graduation theses. Moreover, the obtained results will be useful for design power engineers who plan the introduction of modern power supply CAD on the basis of the vector software platforms allowing for the design specifics in the field of power engineering.

*Keywords: vector platforms, CAD, AutoCAD, AutoCAD Electrical, Visio, ElectriCS PRO, E3.SERIES, electrical (engineering) design*

**For citation:** Pionkevich V.A. Studying capabilities of vector graphics platform for electrical design. Proceedings of Irkutsk State Technical University. 2016, vol. 20, no. 11, pp. 143–156. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2016-11-143-156

## Введение

Все проектные организации Восточно-Сибирского региона, работающие в области энергетики и электротехнического проектирования, широко используют в работе персональные компьютеры (ПК). Задача выбора программного обеспечения для рабочих ПК в современных условиях очень трудоемкая и сложная, требующая определенной информации о возможностях, особенностях внедрения и алгоритмах проектирования в современных программных пакетах. От правильности выбора САПР зависит эффективность работы проектной организации и скорость разработки проектной документации. Из различных источников [6, 21–24] известно, что в подавляющем большинстве проектные организации Восточно-Сибирского региона в области энергетики широко используют базовую векторную платформу AutoCAD производства американской компании Autodesk. В Иркутском национальном исследовательском техническом университете (ИрНТУ) платформы Autodesk AutoCAD и Microsoft Visio активно используются учащимися всех специальностей для разработки чертежей. Студенты, бакалавры энергетических специальностей используют AutoCAD и Visio для разработки чертежей графической части выпускной квалификационной работы. На практике при ис-

пользовании различных векторных программных платформ возникает значительное количество серьезных вопросов, которые выходят за рамки курсов специальных дисциплин, а также за пределы курсов информатики и информационных технологий. Главной задачей для студента-энергетика, обучающегося по специальностям «Электрические станции», «Электроснабжение», «Электрический привод», является разработка графической части выпускной квалификационной работы, что требует от него наличия определенных знаний и компетенций в области специализированного программного обеспечения.

Цель статьи – исследование возможностей использования современных векторных программных пакетов для выполнения электротехнических чертежей для студентов высших учебных заведений и проектировщиков-энергетиков с акцентированием проблем, возникающих при внедрении данных платформ в учебный процесс, а также в производственный процесс в проектных организациях.

По результатам работ [1–20] можно выделить наиболее востребованные векторные программные продукты для разработки электротехнических проектов любой сложности. Особо стоит отметить векторную платформу Autodesk AutoCAD, которая



за 20 лет существования на рынке программного обеспечения зарекомендовала себя как надежная и развивающаяся платформа с хорошими темпами и перспективами развития. На кафедре электроснабжения и электротехники ИРНИТУ при подготовке графической части выпускной квалификационной работы используется Autodesk AutoCAD, либо Microsoft Visio. Несмотря на то что производитель рекомендует использовать Visio для создания организационных диаграмм, существует множество примеров использования Visio в проектировании схем электроустановок. Главное достоинство Visio – быстрый процесс обучения возможностям и простота

разработки новых блоков условно-графических обозначений (УГО) блоков элементов электрических схем.

Важно отметить, что студенты, профессорско-преподавательский состав ИРНИТУ обладают возможностью получения бесплатной учебной лицензии на редактор Microsoft Visio и работать с ним на домашнем ПК. Данная возможность реализована в подписке на программное обеспечение Microsoft DreamSpark Premium. Также возможно получить учебные версии на программное обеспечение (ПО) из линейки Autodesk сроком на два года, в том числе и на редактор AutoCAD, по программе «Студенческое сообщество Autodesk».

### Анализ существующих векторных платформ на рынке программного обеспечения

По результатам исследований, выполненных автором статьи в работе [21], можно сделать вывод, что векторные графические пакеты САПР для разработки чертежей подразделяются на три класса:

- на базе векторного редактора Autodesk AutoCAD;
- на базе отечественного программного пакета NanoCAD [25];
- бесплатные пакеты проектирования.

Из данной классификации следует,

что у каждого класса есть определенные преимущества и недостатки, которые существенно влияют на внедрение данных программ в учебный процесс в вузах и в проектных организациях. На рис. 1 представлены различные направления электротехнического проектирования с перечнем САПР, работающих на базе редактора AutoCAD, за исключением направления математического моделирования и входящего в него пакета MATLAB с библиотеками расширения Simulink, SimPowerSystems.

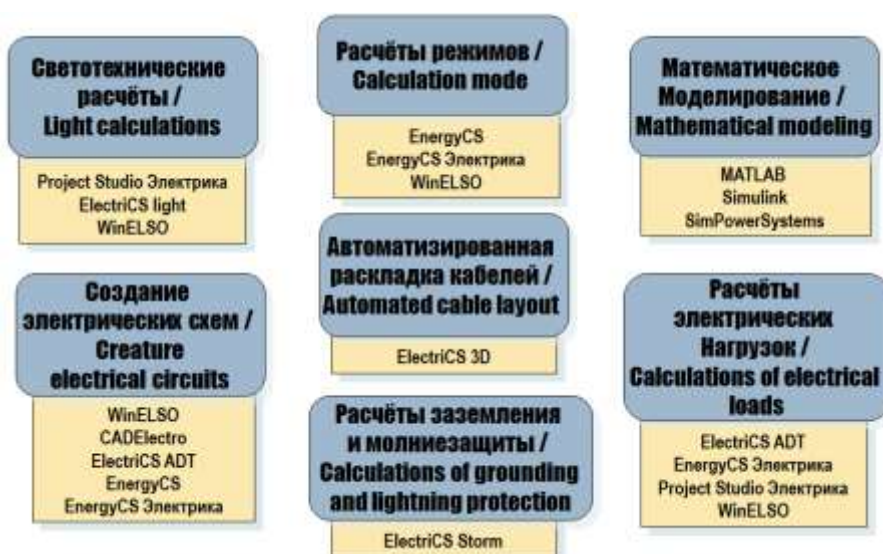


Рис. 1. Различные направления электротехнического проектирования с перечнем САПР, работающих на базовой платформе AutoCAD

Fig. 1. Different areas of electrical design with the list of CAD operated on the AutoCAD base platform



**Платформа Autodesk AutoCA.** По результатам обзора возможностей данной платформы, представленных в [21], можно утверждать, что AutoCAD является востребованной платформой в проектных организациях и вузах Восточно-Сибирского региона. AutoCAD широко применяется не только в электротехническом проектировании, но и в смежных направлениях, таких как землеустройство, архитектура, проектирование инженерных коммуникаций.

Как отмечено в [21], AutoCAD обладает модулем для работы с трехмерными чертежами, возможностью получения лицензий по корпоративной вычислительной сети организации (данная система лицензирования AutoCAD используется в ИРНИТУ). Также в AutoCAD можно встроить дополнительные расчетные и чертежные приложения для расширения функционала, например, в области электротехнического, архитектурного и других направлений проектирования. По результатам анализа векторных программных пакетов был рассмотрен облегченный вариант платформы под названием AutoCAD LT, который не имеет модуля для работы с трехмерными чертежами, не имеет возможности для установки и лицензирования по корпоративной сети организации, и, самое главное, не имеет возможности расширения функционала за счет установки дополнительных приложений для различных отраслей проектирования. Как показал обзор, для электротехнического проектирования данный пакет использовать не рекомендуется, и в рамках данной статьи он более рассматриваться не будет.

Разработчиком Autodesk заявлены версии AutoCAD для отраслевого проектирования. Так, версия AutoCAD Architecture разработана для строительного и архитектурного проектирования, AutoCAD Mechanical – для машиностроения, AutoCAD Electrical – для электротехнического проектирования. Последняя версия предназначена, в частности, для разработки принципиальных электрических схем контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА), релейной защиты и автоматики

(РЗиА) электрических сетей, автоматизированных систем управления электроприводом с последующей разработкой сборочного чертежа устройства (шкафа, щита и т.п.) в программном комплексе для компоновки Autodesk Inventor.

Анализ возможностей, выполненный автором в данной работе и в работе [21], показал, что в базовом варианте поставки AutoCAD Electrical отсутствует база данных электротехнического оборудования и условно-графических обозначений элементов электрических схем в соответствии с требованиями российских государственных стандартов, в нем присутствуют только европейские, североамериканские и японские стандарты на элементы электрических схем, использование данных стандартов приводит к проблеме, точнее, невозможности прохождения разработанных электротехнических чертежей процедуры нормоконтроля по российским стандартам. При рассмотрении этой ситуации выяснилось, что за дополнительную оплату некоторые сторонние организации могут разработать необходимые базы данных по российским стандартам, но сертификацию этих баз данных никто не выполняет. По названным причинам использование AutoCAD Electrical в учебном процессе по энергетическим специальностям и в проектных организациях невозможно.

Анализ возможностей показал, что в базовом варианте с заводскими настройками AutoCAD в электротехническом проектировании также не применяется. Для расширения функционала для базового оформления электротехнических чертежей необходимо загрузить с ресурса [26] и установить на ПК с AutoCAD дополнительный модуль Autodesk СПДС, который содержит рамки, основные надписи для всех форматов листов, архитектурные элементы типа отметки уровня, выноски и массивы координационных осей для архитектурного проектирования, различные дополнительные типы линий для обозначения на планах различных электрических сетей, газотранспортной инфраструктуры и т.д. Первый этап внедрения AutoCAD в вузе или на лю-



бом предприятия – это обучение сотрудников основным возможностям AutoCAD. Для студентов, бакалавров энергетических специальностей, обучающихся в Институте энергетике ИРНИТУ в рамках дисциплины «Новые информационные технологии в энергетике», дается вводный учебный курс «Графический редактор AutoCAD. Базовый уровень», позволяющий разрабатывать чертежи графической части выпускной квалификационной работы бакалавра. В рамках повышения квалификации сотрудников предприятий автором статьи проводятся курсы повышения квалификации по темам «Графический редактор AutoCAD. Базовый уровень» и «Графический редактор AutoCAD. Расширенный курс» в учебно-научном центре (УНЦ) Autodesk, а также в учебном центре ПАО «Иркутскэнерго» на Ново-Иркутской ТЭЦ. Проведение данных курсов показало и подтвердило востребованность этой платформы в учебном процессе и на производстве.

Так как в большинстве подразделений нет возможности установить дополнительные приложения для AutoCAD, то для профессорско-преподавательского состава

и студентов актуально проанализировать функциональные возможности AutoCAD для разработки принципиальных электрических схем и других электротехнических чертежей.

Эффективными являются следующие инструменты: механизм работы с блоками, включая редактор блоков, инструментальные палитры и центр управления. Для работы с блоками в AutoCAD существует две стандартные команды – «Создать блок» и «Вставить блок», при этом при создании графики блока необходимо строго придерживаться размеров элементов электрических схем, приведенных в работе [27]. После создания блока его можно разместить в модели командой «Вставить блок», но, как показал анализ, выполненный в данной работе, этот способ не является эффективным при работе со значительным количеством блоков, и для более эффективной работы следует создать пользовательскую инструментальную палитру. Пример инструментальной палитры с электротехническими элементами приведен на рис. 2, а.

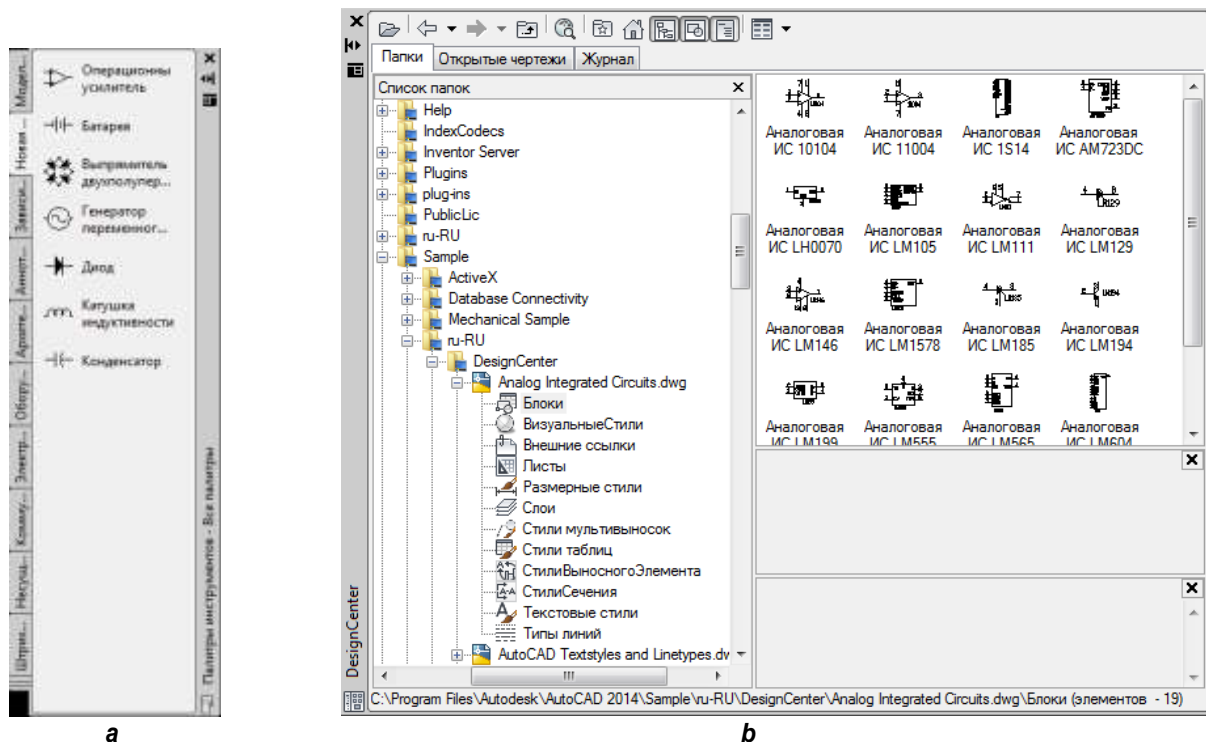


Рис. 2. Инструменты AutoCAD: а – окно инструментальных палитр; б – центр управления  
Fig. 2. AutoCAD Tools: a – Tool Palettes window; b – control center



Для объединения блоков из нескольких различных чертежей можно использовать «Центр управления», который позволяет из внешних чертежей вставлять блоки в собственный чертеж и затем помещать данные блоки в созданную пользовательскую инструментальную палитру (окно центра управления представлено на рис. 2, б).

Следующий этап оптимизации электротехнического проектирования – это расширение функциональных возможностей AutoCAD за счет приложений сторонних отечественных или зарубежных производителей. По итогам анализа отечественных и иностранных САПР [21], одной из самых эффективных российских компаний по производству электротехнических САПР является CSoft [28], программы которой охватывают практически все задачи электротехнического проектирования – от проектирования воздушных линий электропередач [9, 10], молниезащиты [12, 14, 17] до расчета режимов сложных электрических сетей [11]. Исследования САПР, выполненные при подготовке данной статьи и представленные в работе [21], показали, что

отечественные системы автоматизированного проектирования энергетических и промышленно-гражданских объектов встраиваются в AutoCAD и расширяют базовый функционал. Все программы, рассмотренные в [1–21], сертифицированы Госстроем РФ и могут использоваться в проектной деятельности.

**Платформа NanoCAD.** Запуск платформы осуществлялся в демонстрационном режиме с атрибутом «не для коммерческого использования» (рис. 3). Алгоритм работы с платформой NanoCAD схож с редактором AutoCAD. Установлено, что данная платформа имеет возможность использования базовых инструментов черчения и редактирования объектов, из которых создаются примитивы элементов электрических схем, режимы отслеживания полярных углов и объектного отслеживания, инструменты для работы с листами и видовыми экранами, текстовыми, размерными и табличными стилями, штриховками. Самое главное, в NanoCAD существуют инструменты для работы с блоками с помощью команд «Создать блок» и «Вставить блок».

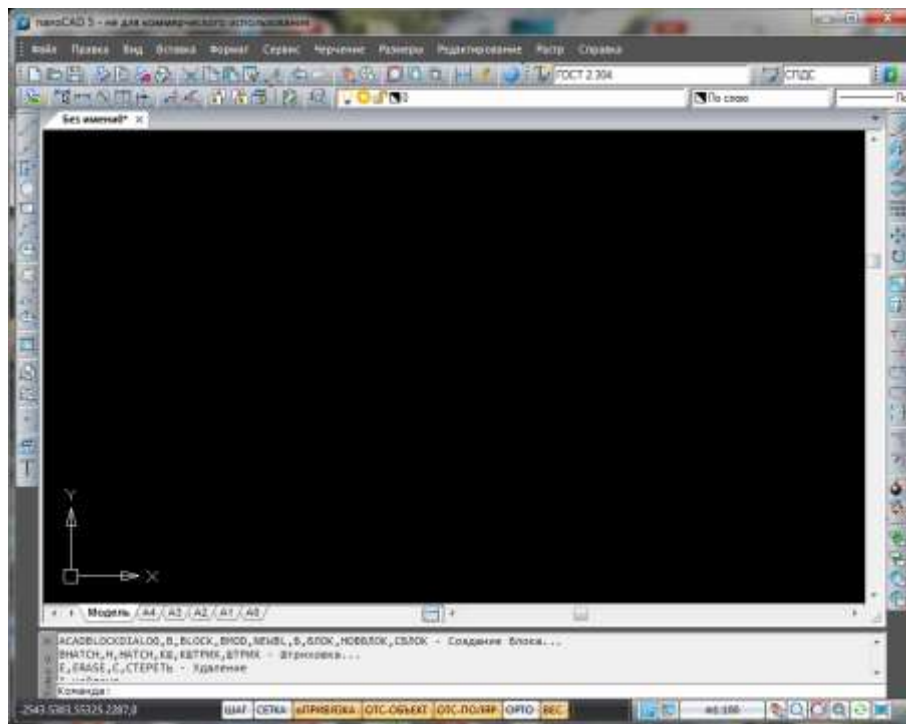


Рис. 3. Внешний вид главного рабочего окна платформы NanoCAD  
Fig. 3. Image of the main working window of the platform NanoCAD



Главным недостатком, влияющим на быстрое действие разработки электрических схем, является отсутствие окна инструментальных палитр и центра управления для импортирования блоков в текущий чертеж NanoCAD. Стоит отметить, что для блоков существует возможность создания текстового атрибута, который позволяет создать маркировку позиционного обозначения для электротехнического элемента схемы. Также в NanoCAD присутствует возможность работы с чертежами, ранее созданными в редакторе AutoCAD, что является удобной опцией при переходе с редактора AutoCAD на отечественную платформу NanoCAD. С учетом требований политики импортозамещения иностранного программного обеспечения выбор программ для использования в вузах должен осуществляться из аналогов российского производства, представленных в Едином реестре российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных [29]. Платформа NanoCAD входит в данный список, следовательно, ее использование в учебном процессе вузов разрешено. Согласно информации, размещенной на [25], с 2009 по 2016 гг. российская компания Нанософт, производящая NanoCAD, переориентировала все системы автоматизированного проектирования, которые использовали редактор AutoCAD как базовую платформу, на новую платформу NanoCAD. В число таких САПР вошли следующие: программный продукт nanoCAD ОПС для автоматизированного проектирования охранно-пожарной сигнализации, систем контроля и управления доступом (СКУД) зданий и сооружений различного назначения; программа nanoCAD СПДС для оформления проектно-конструкторской документации в соответствии со стандартами СПДС (Система проектной документации для строительства); программа nanoCAD ВК для проектирования внутренних систем горячего и холодного водоснабжения и канализации, а также водяного пожаротушения с использованием пожарных кранов; программный продукт nanoCAD Электро для автоматизированного проектирования в части си-

лового электрооборудования (ЭМ), внутреннего (ЭО) и наружного (ЭН) электроосвещения промышленных и гражданских объектов; программа nanoCAD ЛЭП для проектирования ВЛ всех классов напряжения (от 0,4 до 750 кВ); программа nanoCAD Отопление для проектирования систем отопления зданий и сооружений; программный продукт nanoCAD СКС для автоматизированного проектирования структурированных кабельных систем (СКС) зданий и сооружений различного назначения, кабеленесущих систем и телефонии; программный продукт nanoCAD Схемы для автоматизированного построения схем в следующих областях проектирования промышленных и гражданских объектов: электротехника, КИПиА, технологическое проектирование, а также в других областях, требующих построения схем.

В начале 2016 г. вышла обновленная версия платформы NanoCAD Plus 8 с существенными доработками, такими как наличие режима динамического ввода, улучшенного пользовательского интерфейса, создание подшивок чертежей, возможность работы в трехмерном пространстве и улучшения взаимодействия с электротехническими пакетами программ. Все нововведения существенно повышают эффективность работы с платформой NanoCAD и делают ее более конкурентоспособной в сравнении с AutoCAD для электротехнического проектирования в вузах и проектных организациях, особенно в рамках программы импортозамещения программного обеспечения.

**Платформа E3.SERIES** предназначена для разработки комплексных электротехнических проектов в области машиностроения и авиации. Есть возможность использовать данный комплекс для разработки принципиальных электрических схем, схем электрических соединений в области КИПиА, РЗиА, автоматизированного электропривода. Программа является независимой от графической платформы AutoCAD, то есть в ней есть собственный редактор электрических схем. Разработанные схемы используются для подготовки



сборочного чертежа. Для этой цели в распоряжении комплекса имеются модули компоновки и трассировки проводов по монтажным коробам с отображением процента заполняемости короба в реальном времени.

Платформа E3.SERIES разработана в Германии, но имеет русскоязычный интерфейс со встроенной справкой, обладает стабильно работающим редактором для создания схем и удобным интерфейсом с эффективными инструментами. Так как данная платформа иностранного производства, то в штатной комплектации нет баз данных УГО и электрического оборудования по российским стандартам. Базы данных аппаратов российских производителей оборудования с условно-графическими изображениями, соответствующими государственным стандартам, предоставляет разработчик, либо данную информацию можно загрузить с форумов, посвященных использованию комплекса.

В комплексе E3.SERIES электрические схемы и чертеж компоновки хранятся в едином файле проекта, что существенно упрощает процесс проектирования и снижает вероятность ошибок. Модуль компоновки напрямую связан с принципиальной электрической схемой и имеет возможность автоматической трассировки проводов по коробам с отображением процента их заполнения в режиме реального времени. Для связи с производством существует возможность интеграции трассировки E3.SERIES с системами Siemens NX, CATIA, Inventor Professional посредством импорта / экспорта XML-файлов. Причем после разработки трехмерной модели сборочного чертежа и трассировки проводников с учетом геометрии расположения устройств в трехмерном пространстве проектировщик может через созданный XML-файл передать информацию по реальным длинам проводов из трехмерной модели сборочного чертежа в комплекс E3.SERIES. Данные о реальной длине использованных проводников с учетом особенностей окружения трехмерной модели используются для формирования кабельного журнала и

последующего производства жгутов.

С учетом анализа возможностей данного пакета, выполненного в данной статье и в работах [7, 21], следует, что комплекс E3.SERIES можно использовать для электротехнического проектирования КИПиА, РЗиА, систем автоматизации промышленных электроприводов. Главное преимущество данного комплекса заключается в возможности интеграции с трехмерными системами типа Siemens NX, которые используются в авиастроении, судостроении, автомобилестроении и других отраслях промышленности.

Отечественная **платформа *ElectriCS PRO 7*** для электротехнического проектирования обладает собственным автономным модулем с древовидной структурой электротехнического проекта. Все электрические схемы разрабатываются в редакторе AutoCAD (или в отечественном редакторе NanoCAD) с использованием собственных инструментов, устанавливаемых вместе с программой в предварительно созданный профиль в AutoCAD (NanoCAD). Установлено, что даже в ознакомительном режиме работы платформа содержит собственную базу данных отечественного электрооборудования, устройств, кабелей и т.д., собственную базу УГО элементов электрических схем. Процедура обновления базы данных доступна и проста для повседневного выполнения. Обычная версия платформы может использоваться для разработки комплексных электротехнических проектов КИПиА, РЗиА, схем автоматизации промышленных электроприводов. Для авиационной промышленности существует комплектация *ElectriCS PRO 7* с расширенными возможностями проектирования жгутовых соединений, агрегатных коробок, а также с возможностью интеграции с трехмерными комплексами Siemens NX, CATIA с помощью собственного модуля ConnectUG для формирования кабельного журнала с учетом трассировки всех проводников в сборочном чертеже в трехмерном виде. Как показали исследования, выполненные в работах [8, 18, 21], благодаря эффективной интеграции с AutoCAD в рам-



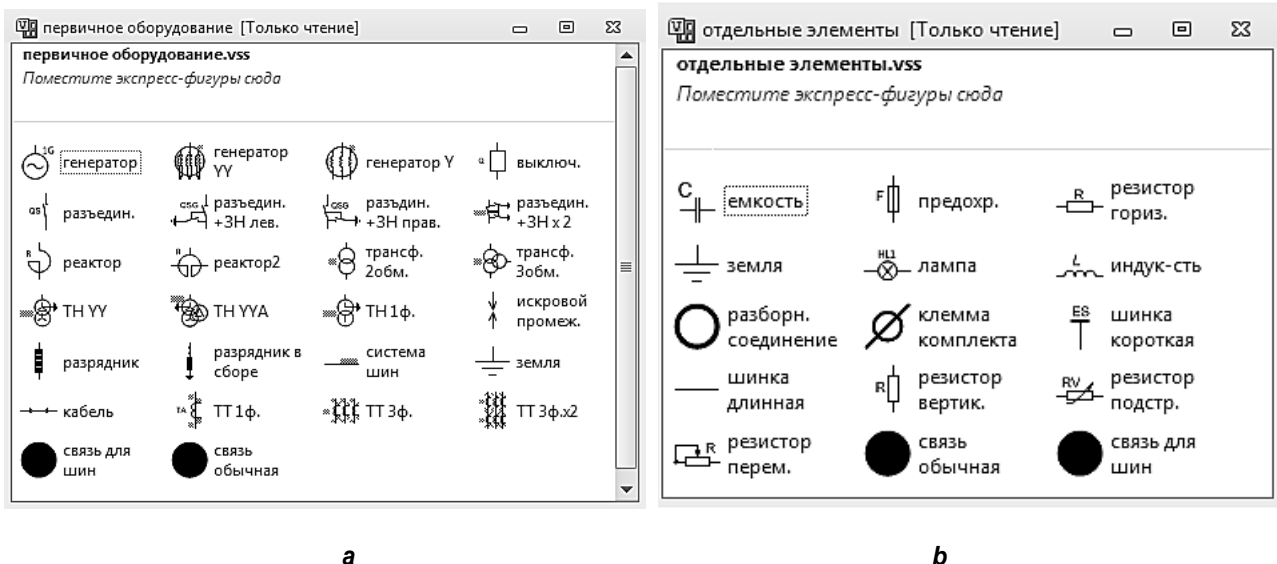


как отечественной политики импортозамещения программного обеспечения ElectricS PRO 7 был дополнительно интегрирован с отечественной векторной платформой NanoCAD, что существенно повысило его функциональность, эффективность и конкурентоспособность при использовании в отечественных вузах и проектных организациях.

**Microsoft Visio.** Как показали исследования, выполненные автором в настоящей работе, а также в [21], главное преимущество платформы Visio перед всеми рассмотренными в данной статье – простота эксплуатации и возможность быстрого освоения начинающими пользователями, особенно это актуально для студентов, бакалавров, у которых, как правило, нет дополнительного времени на освоение сложных САПР для электротехнического проектирования с целью подготовки графической части выпускной квалификационной работы. Visio используется в большинстве проектных организаций как простейший пакет для разработки электрических схем.

Основа проектирования в Visio – это библиотека шаблонов. Для электротехнического проектирования доступны шаблоны под названием «Принципиальная электро-

техническая схема», «Системы энергообеспечения предприятий», «Сборочный чертеж», «Логические компоненты». После выбора требуемого шаблона производится работа с листом аналогично редактору AutoCAD. Если провести аналогию с AutoCAD, то можно отметить, что роль блоков в Visio выполняют фигуры, расположенные в одноименном окне в правой части экрана. Главный недостаток штатных фигур, которые поставляются с комплексом Visio, – это отсутствие электротехнических элементов схем по российским стандартам, доступны только элементы по американскому стандарту. В сети Интернет очень много библиотек элементов электрических схем, разработанных в соответствии с российскими нормами, и, как правило, загрузить и импортировать данные элементы в штатные базы данных Visio не составляет труда (на рис. 4 показаны библиотеки Visio, выполненные по российским стандартам). Кроме того, можно создать любой электротехнический блок-фигуру Visio с нуля и сохранить в базе данных. Из особо важных инструментов, применяемых для электротехнического проектирования, можно отметить опции привязок (рис. 5).



**Рис. 4. Библиотеки Visio по российским государственным стандартам:**  
**a – первичное оборудование; b – отдельные элементы**  
**Fig. 4. Visio Libraries by Russian state standards:**  
**a – primary equipment; b – specific elements**

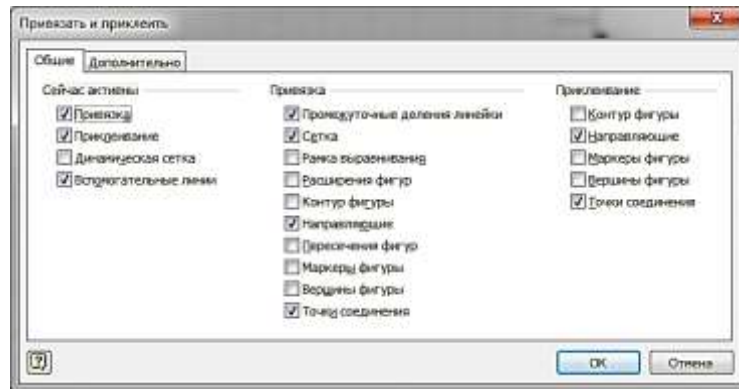


Рис. 5. Настройки режима привязки Visio  
Fig. 5. Visio binding mode settings

### Заключение

Проведенный анализ существующих векторных программных платформ на рынке программного обеспечения показал, что большинство сложных программных комплексов иностранного производства, таких как Autodesk AutoCAD Electrical, E3.Series в заводском варианте поставки не обладают базами данных отечественного электрооборудования (коммутационных устройств, автоматических выключателей, кабелей и т.д.), в них отсутствуют библиотеки условно-графических обозначений элементов схем. Разработка данных баз требует дополнительных трудовых и финансовых затрат, поэтому в учебном процессе вуза данные платформы использовать нецелесообразно, единственное исключение – это комплекс E3.SERIES, который может использоваться в учебном процессе при разработке бортовых кабельных систем летательных аппаратов на профильных специальностях.

В соответствии с требованиями по программе импортозамещения программного обеспечения в вузах ряд векторных пакетов иностранного производства требуется заменить аналогами отечественного производства, например, такими как САПР NanoCAD, ElectriCS PRO 7, входящими в Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Данные САПР отечественного производства в базовом варианте поставки гораздо лучше оснащены базами данных

современного отечественного и иностранного электрооборудования, комплектующих, а также обладают наличием базы данных УГО, соответствующей требованиям российских государственных стандартов. Важно отметить, что платформа NanoCAD непрерывно развивается. Так, вышедшая в свет в начале 2016 г. версия NanoCAD 8 Plus имеет более эффективные инструменты для разработки электротехнических проектов. Ценовая политика платформы NanoCAD для коммерческих лицензий, используемых в проектных организациях, более выгодная, чем у платформы AutoCAD. Для учебных целей платформа NanoCAD является бесплатной, то есть покупка лицензий не требуется. Как показали результаты исследований, выполненных автором [21], редактор AutoCAD обладает огромным количеством избыточных и, следовательно, невостребованных инструментов для электротехнического проектирования, что в свою очередь приводит к необоснованным затратам при покупке коммерческих лицензий на программное обеспечение.

Автором статьи совместно со студентами и бакалаврами осуществлялась подготовка специальной части выпускных квалификационных работ, основанной на расчетах, разработке схем систем электрооборудования. Для решения данной задачи применялись современные САПР, которые сократили сроки подготовки проектной до-



кументации в среднем на 30% [1, 11–18]. Практика подобных работ показала огромную значимость применения данных САПР для подготовки будущих специалистов и получения ими знаний и навыков, востребованных на производстве. Однако возник ряд проблем, связанный, в частности, с отсутствием базовой информации о таких САПР. Данная проблема частично была решена изданием работы [21], посвященной детальному рассмотрению всех электротехнических САПР и смежных с ними систем проектирования. Но, как показали практика и обзор информационных интернет-ресурсов ведущих российских компаний – разработчиков САПР [25, 26, 28], для

студентов, бакалавров, магистрантов-энергетиков требуется дополнительное методическое обеспечение в виде учебного пособия по вопросам современных САПР электроснабжения, в котором необходимо рассмотреть следующие разделы: «Autodesk AutoCAD. Базовый уровень»; «Autodesk Inventor. Базовый уровень»; «Autodesk Revit. Базовый уровень»; «ElectriCS PRO 7, Project Studio CS Электрика». Данное учебное пособие позволит существенно ускорить внедрение современных САПР электроснабжения в учебный процесс по энергетическим специальностям, а также повсеместно применять их в промышленном и гражданском строительстве.

#### Библиографический список

1. Пионкевич В.А., Роголева И.А. Светотехнический расчет освещения в комплексе ElectriCS Light // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2016. С. 356–360.
2. Бондаренко С.И., Пионкевич В.А. Системы автоматизированного проектирования освещения // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2009. С. 330–338.
3. Бондаренко С.И., Пионкевич В.А., Лукина Г.В. Пакеты прикладных программ для выполнения светотехнических расчетов // Вестник ИргСХА. 2009. № 35. С. 42–50.
4. Пионкевич В.А. Инструменты DIALux для выполнения светотехнических расчетов освещения на примере проекта ИргТУ-AutoCAD-Центра // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2010. С. 448–458.
5. Пионкевич В.А. Разработка и исследование модели внутреннего освещения помещения в программном комплексе DIALux // Вестник ИргТУ. 2016. № 1 (108). С. 85–91.
6. Пионкевич В.А. Исследование систем автоматического управления режимами асинхронных генераторных комплексов: монография. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2014. 144 с.
7. Пионкевич В.А. CIM-TEAM E3.SERIES – САПР для выполнения комплексных электротехнических проектов // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2010. С. 458–463.
8. Пионкевич В.А. Обзор возможностей пакета ElectriCS PRO 7 для выполнения электротехнических проектов в различных отраслях промышленности // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2011. С. 480–484.
9. Пионкевич В.А. Проектирование линий электропередач с помощью комплекса Model Studio CS ЛЭП // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2013. С. 281–284.
10. Пионкевич В.А. Современный комплекс для проектирования открытых распределительных устройств Model Studio CS ОРУ // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИргТУ, 2013. С. 284–287.
11. Пионкевич В.А., Русанов Д.Е. Выполнение электротехнических расчетов в программном комплексе EnergyCS // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2015. С. 203–206.
12. Пионкевич В.А., Русанов Д.Е. Комплекс для автоматизированного проектирования молниезащиты ElectriCS Storm // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2015. С. 206–210.
13. Пионкевич В.А., Русанов Д.Е. Проектирование систем электроснабжения промышленных и гражданских объектов в Project Studio CS Электрика // Повышение эффективности производства и исполь-



зования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2015. С. 210–214.

14. Пионкевич В.А., Русанов Д.Е. Система автоматизированного проектирования Model Studio CS Молниезащита // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2015. С. 214–217.

15. Пионкевич В.А., Быков Д.М. Автоматизированное проектирование систем электроснабжения в программном комплексе ElectricCS ADT // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. С. 161–165.

16. Пионкевич В.А., Марач Я.М. Автоматизированное проектирование систем электроснабжения в программном комплексе Project Studio CS Электрика // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. С. 288–292.

17. Пионкевич В.А., Нефедов А.А. Автоматизированное проектирование молниезащиты в программном комплексе ElectricCS Storm // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. С. 321–323.

18. Пионкевич В.А., Сорокичкина Д.С. Проектирование систем электроснабжения в ElectricCS Pro 7 «Авиация» // Повышение эффективности производства и использования энергии в условиях Сибири: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. С. 377–380.

19. Пионкевич В.А. Разработка и исследование модели для выполнения светотехнического расчета осветительной установки в комплексе Dialux //

Вестник ИргТУ. 2016. № 8 (115). С. 127–135. DOI:10.21285/1814-3520-2016-8-127-135

20. Пионкевич В.А. Разработка и исследование модели для выполнения светотехнического расчета освещения автомобильных дорог в комплексе Light-In-Night Road // Вестник ИргТУ. 2016. Т. 20. № 10. С. 142–153. DOI: 10.21285/1814-3520-2016-10-142-153

21. Пионкевич В.А. Системы автоматизированного проектирования электроснабжения: монография. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. 264 с.

22. Пионкевич В.А. Аспекты практического применения солнечных установок для электроснабжения автономных потребителей // Вестник ИргТУ. 2016. № 5 (112). С. 129–135. DOI:10.21285/1814-3520-2016-5-129-135

23. Пионкевич В.А., Новожилов М.А. Малая гидроэнергетика для электроснабжения удаленных потребителей в современных условиях: монография. Иркутск: Изд-во ИРННТУ, 2016. 168 с.

24. Пионкевич В.А. Математическое моделирование элементов цифровой электроники для решения задач автоматического управления в энергетике // Вестник ИргТУ. 2016. № 4 (111). С. 136–144. DOI:10.21285/1814-3520-2016-4-136-144

25. Системы автоматизированного проектирования (САПР) nanoCAD. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.nanocad.ru/> (03.10.2016).

26. Системы автоматизированного проектирования (САПР) AutoCAD. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.autodesk.ru/> (03.10.2016).

27. Зорин А.Ю. Условные графические обозначения на электрических схемах. М.: Изд-во МЭИ, 2007. 74 с.

28. CSoft. Группа компаний. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <http://www.csoft.ru/> (03.10.2016).

29. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL: <https://reestr.minsvyaz.ru> (03.10.2016).

## References

1. Pionkevich V.A., Rogoleva I.A. *Svetotekhnicheskiy raschet osveshcheniya v komplekse ElectricCS Light* [Lighting calculations of illumination in ElectricCS Light]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, pp. 356–360. (In Russian)

2. Bondarenko S.I., Pionkevich V.A. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya osveshcheniya* [Illumination computer-aided design systems]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"*

[Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2009, pp. 330–338. (In Russian)

3. Bondarenko S.I., Pionkevich V.A., Lukina G.V. *Pakety prikladnykh programm dlya vypolneniya svetotekhnicheskikh raschetov* [Packages of applied programs for lighting calculations]. *Vestnik IrGSKhA* [Vestnik IrGSKhA]. 2009, no. 35, pp. 42–50. (In Russian)

4. Pionkevich V.A. *Instrumenty Dialux dlya vypolneniya svetotekhnicheskikh raschetov osve-shcheniya na primere proekta IrGTU-AutoCAD-Tsentra* [DIALux tools to perform lighting calculations of illumination on the example of the ISTU project of the AutoCAD-Center]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie*



*effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2010, pp. 448–458. (In Russian)

5. Pionkevich V.A. *Razrabotka i issledovanie modeli vnutrennego osveshcheniya pomeshcheniya v programnom komplekse DIALux* [Development and study of the indoor lighting model in DIALux software]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2016, no. 1 (108), pp. 85–91. (In Russian)

6. Pionkevich V.A. *Issledovanie sistem avtomaticheskogo upravleniya rezhimami asinkhronnykh generatortornykh kompleksov* [Study of automatic control systems of asynchronous generator system modes]. Irkutsk, IrGTU Publ., 2014, 144 p. (In Russian)

7. Pionkevich V.A. *CIM-TEAM E3.SERIES – SAPR dlya vypolneniya kompleksnykh elektro-tekhnicheskikh proektov* [CIM-TEAM E3.SERIES – CAD for complex electrotechnical projects]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2010, pp. 458–463. (In Russian)

8. Pionkevich V.A. *Obzor vozmozhnostei paketa ElectricS PRO 7 dlya vypolneniya elektrotekhnicheskikh proektov v razlichnykh otraslyakh promyshlennosti* [An overview of ElectricS PRO 7 package features to perform electrotechnical projects in various industries]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2011, pp. 480–484. (In Russian)

9. Pionkevich V.A. *Proektirovanie linii elektroperedach s pomoshch'yu kompleksa Model Studio CS LEP* [Model Studio CS LEP-based design of a power transmission line]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2013, pp. 281–284. (In Russian)

10. Pionkevich V.A. *Sovremennyyi kompleks dlya proektirovaniya otkrytykh raspredelitel'nykh ustroystv Model Studio CS ORU* [Model Studio CS OSG – a modern complex to design open switch gear]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical

Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2013, pp. 284–287. (In Russian)

11. Pionkevich V.A., Rusanov D.E. *Vypolnenie elektrotekhnicheskikh raschetov v programnom komplekse EnergyCS* [Performance of electrotechnical calculations in EnergyCS software package]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2015, pp. 203–206. (In Russian)

12. Pionkevich V.A., Rusanov D.E. *Kompleks dlya avtomatizirovannogo proektirovaniya molniezashchity ElectricS Storm* [ElectricS Storm package for computer-aided design of lightning protection]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2015, pp. 206–210. (In Russian)

13. Pionkevich V.A., Rusanov D.E. *Proektirovanie sistem elektroснабзheniya promyshlennykh i grazhdanskikh ob'ektov v Project Studio CS ElektriKa* [Design of power supply systems for industrial and civilian objects in Project Studio CS Electrics]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2015, pp. 210–214. (In Russian)

14. Pionkevich V.A., Rusanov D.E. *Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya Model Studio CS Molniezashchita* [Model Studio CS Lightning – a computer-aided design system]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2015, pp. 214–217. (In Russian)

15. Pionkevich V.A., Bykov D.M. *Avtomatizirovannoe proektirovanie sistem elektroснабзheniya v programnom komplekse ElectricS ADT* [Computer-aided design of power supply systems in the software package ElectricS ADT]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, pp. 161–165. (In Russian)



16. Pionkevich V.A., Marach Ya.M. *Avtomatizirovannoe proektirovanie sistem elektrosnabzheniya v programnom komplekse Project Studio CS ElektriKa* [Computer-aided design of power supply systems in the software package Project Studio CS Electrics]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, pp. 288–292. (In Russian)
17. Pionkevich V.A., Nefedov A.A. *Avtomatizirovannoe proektirovanie molniezashchity v programnom komplekse ElectricCS Storm* [Computer-aided design of lightning protection in the software package ElectricCS Storm]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, pp. 321–323. (In Russian)
18. Pionkevich V.A., Sorokovikova D.S. *Proektirovanie sistem elektrosnabzheniya v ElectricCS Pro 7 «Aviatsiya»* [Designing electric power supply systems in ElectricCS Pro 7 "Aviation"]. *Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem "Povyshenie effektivnosti proizvodstva i ispol'zovaniya energii v usloviyakh Sibiri"* [Proceedings of the All-Russia Scientific and Practical Conference with International Participation "Improving Efficiency of Energy Production and Use in Siberia"]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, pp. 377–380. (In Russian)
19. Pionkevich V.A. *Razrabotka i issledovanie modeli dlya vypolneniya svetotekhnicheskogo rascheta osvetitel'noi ustanovki v komplekse DIALux* [Developing and researching the model for lighting calculation of the light equipment in DIALux software]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2016, no. 8 (115), pp. 127–135. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2016-8-127-135
20. Pionkevich V.A. *Razrabotka i issledovanie modeli dlya vypolneniya svetotekhnicheskogo rascheta osveshcheniya avtomobil'nykh dorog v komplekse Light-In-Night Road* [Development and study of the models for the lighting design of highway illumination in the

#### Критерии авторства

Пионкевич В.А. провел исследование, оформил результаты анализа для публикации и несет ответственность за плагиат.

#### Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила 04.10.2016 г.

- Light-In-Night Road software]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2016, vol. 20, no. 10, pp. 142–153. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2016-10-142-153
21. Pionkevich V.A. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya elektrosnabzheniya* [Computer-aided design systems of power supply]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, 264 p. (In Russian)
22. Pionkevich V.A. *Aspekty prakticheskogo primeneniya solnechnykh ustanovok dlya elektro-snabzheniya avtonomnykh potrebitel'ei* [Aspects of photovoltaic array practical application for independent consumers power supply]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2016, no. 5 (112), pp. 129–135. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2016-5-129-135
23. Pionkevich V.A., Novozhilov M.A. *Malaya gidroenergetika dlya elektrosnabzheniya udalen-nykh potrebitel'ei v sovremennykh usloviyakh* [Small hydropower for remote consumer power supply in modern conditions]. Irkutsk, IRNITU Publ., 2016, 168 p. (In Russian)
24. Pionkevich V.A. *Matematicheskoe modelirovanie elementov tsifrovoy elektroniki dlya resheniya zadach avtomaticheskogo upravleniya v energetike* [Mathematical modeling of digital electronics elements to solve automatic control problems in power engineering]. *Vestnik IrGTU* [Proceedings of Irkutsk State Technical University]. 2016, no. 4 (111), pp. 136–144. (In Russian) DOI: 10.21285/1814-3520-2016-4-136-144
25. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR) nanoCAD* [Computer-aided design systems (CAD) nanoCAD]. Available at: <http://www.nanocad.ru/> (accessed 03 October 2016).
26. *Sistemy avtomatizirovannogo proektirovaniya (SAPR) AutoCAD* [Computer-aided design systems (CAD) AutoCAD]. Available at: <http://www.autodesk.ru/> (accessed 03 October 2016).
27. Zorin A.Yu. *Uslovnye graficheskie oboznacheniya na elektricheskikh skhemakh* [Schematic symbols in electrical circuits]. Moscow, MEI Publ., 2007, 74 p. (In Russian)
28. *CSoft. Gruppa kompanii* [CSoft. Group of companies]. Available at: <http://www.csoft.ru/> (accessed 03 October 2016).
29. *Edinyi reestr rossiiskikh programm dlya elektronnykh vychislitel'nykh mashin i baz dannykh* [The Unified Register of Russian programs for computers and databases]. Available at: <https://reestr.minsvyaz.ru> (accessed 03 October 2016).

#### Authorship criteria

Pionkevich V.A. carried out the study, formalized the analysis results for the publication and is responsible for avoiding plagiarism.

#### Conflict of interests

The author declares that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

The article was received 04 October 2016