

ФЛОРЕНСОВ Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Информатика и вычислительная техника».
SPIN-код: 1116-8357
AuthorID (РИНЦ): 661799
ORCID: 0000-0001-6466-5202
Адрес для переписки: florensov@yandex.ru

Флоренсов А. Н. О моделях гомеостатических систем на основе дифференциальных уравнений со стохастическими параметрами // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 151 – 157. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-151-157.

Статья поступила в редакцию 18.09.2018 г.
© А. Н. Флоренсов

УДК 004.04
DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-157-162

А. О. СТРОЕВ¹
И. М. ЗУГА¹
В. Г. ХОМЧЕНКО²
А. Н. КУЖЕЛЬ¹

¹ПАО «ОНХП»,
г. Омск

²Омский государственный
технический университет,
г. Омск

ИНТЕРФЕЙС АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СХЕМ ВНЕШНИХ ПРОВОДОК МЕЖДУ ЗДАНИЯМИ И СООРУЖЕНИЯМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Предложен интерфейс общения разработчика генеральных планов промышленных предприятий с пакетом прикладных программ автоматизированного проектирования схем трасс внешних проводок между зданиями и сооружениями. Разработанная совокупность окон интерфейса обеспечивает интеграцию данного пакета программ с предложенной ранее системой автоматизированного проектирования схем расположения объектов промышленных предприятий, функционируя в режиме ее продолжения, и, кроме того, дает возможность создавать новые проекты. Интерфейс позволяет производить ввод исходных данных и вывод результатов проектирования в удобном формате, представляя их в табличном и графическом виде. Он является открытым, допуская расширение в части использования различных методов проектирования и оптимизации схем трасс.

Ключевые слова: интерфейс, схема трасс, внешние проводки, здания и сооружения, промышленные предприятия, автоматизированное проектирование.

Решение проблем оптимального расположения трасс различного назначения является актуальной задачей в связи с существенными затратами на их реализацию, а в последующем — и на эксплуатацию. Кроме того, взаиморасположение трасс оказывает существенное влияние на качество и эффективность обеспечиваемого ими технологического или иного процесса. Эта проблема проявляется себя при трассировке печатных плат [1–12], технологических соединений в химической и других отраслях промышленности [13–15], при проводке каналов связи автоматизированных систем управления [16], при трассировании охраняемых зон проектируемых ЛЭП [17] и во многих других случаях.

Для решения названной проблемы используются, как правило, алгоритмические подходы, такие, например, как волновой, генетический и муравьиный алгоритмы [4–9, 11, 12, 18], обеспечивающие оптимальное (близкое к оптимальному) в том или ином смысле расположение трасс относительно друг друга и соединяемых ими объектов. Существует достаточно большое количество программных пакетов, ориентированных на решение определенных задач трассировки, такие как OrCAD и другие [3, 19–22].

В настоящей статье предлагается интерфейс автоматизированного проектирования трасс внешних проводок между объектами (зданиями и сооруже-

ниями) промышленных предприятий, унифицирующий диалог человека и вычислительной машины при использовании широкого круга оптимизационных методов синтеза трасс.

Основной задачей при создании такого интерфейса является обеспечение возможности его интеграции с другими программными пакетами проектирования генеральных планов предприятий, в частности, с системой автоматизированного проектирования схем расположения объектов [23], и обеспечение удобных средств и форматов ввода исходных данных, относящихся непосредственно к процессу синтеза схем расположения внешних проводов, и вывода результатов, характеризующих качество полученных трасс внешних проводов.

Процесс синтеза схем внешних проводов может представлять собой самостоятельный этап или основываться на результатах, полученных при использовании системы автоматизированного проектирования оптимизированных схем расположения объектов (САПР СР) на выделенной территории [23].

С целью интеграции программного пакета синтеза схем внешних проводов с упомянутой системой необходимо обеспечить автоматическую трансляцию следующей информации, содержащейся в системе:

- n — количество объектов, между которыми должны быть проложены трассы;
- размеры геометрических образов оснований объектов в направлении осей: a_i — абсцисс; b_i — ординат (объекты в первом приближении должны быть представлены в виде прямоугольников; $i = 1, \dots, n$);
- x_i и y_i — координаты центров геометрических образов оснований объектов, полученные в процессе решения задачи поиска оптимизированных схем их (объектов) расположения по тому или иному критерию качества ($i = 1, \dots, n$);
- графическое изображение оптимизированных схем расположения объектов предприятий.

В случае выполнения трассировки внешних проводов как самостоятельного этапа эти данные должны быть введены предварительно.

Исходными данными, непосредственно относящимися к процессу автоматизированного проектирования схем трасс внешних проводов, являются:

- m_i — количество точек подвода трасс к i -му объекту ($i = 1, \dots, n$);
- x_{m_i} и y_{m_i} — координаты подвода трассы к границе проектирования i -го объекта в его локальной системе координат, начало которой совпадает с центром геометрического образа основания данного объекта ($i = 1, \dots, n$);
- q_i — размер отступа точки подвода трассы к объекту — расстояние между контуром объекта и его границей проектирования ($i = 1, \dots, n$);

Главное окно интерфейса «Проектирование схем коммуникационных связей промышленных предприятий» (рис. 1) содержит семь пунктов меню «Создание проекта», «Выполненные проекты», «Выполнить расчет», «Результаты расчета», «Сохранить проект», «Вывод на печать» и «Выход». Назначение последних пяти пунктов интуитивно понятно, поэтому в данной работе основное внимание уделено действию первых двух.

При нажатии на кнопку «Выполненные проекты» отражаются названия всех ранее выполненных проектов трассировки, при этом обеспечивается возможность входа в них с получением информации об исходных данных и результатов этих проек-

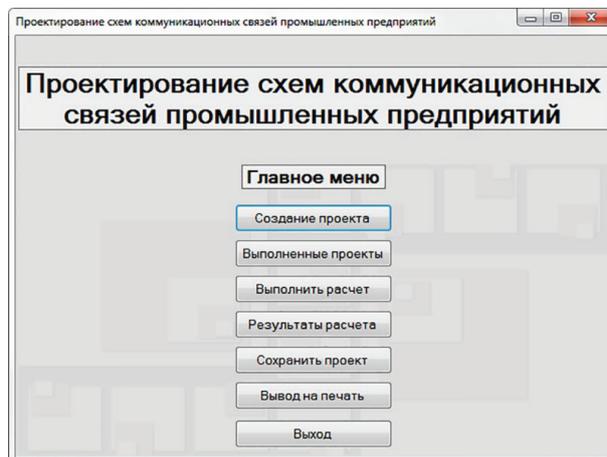


Рис. 1. Окно главного меню

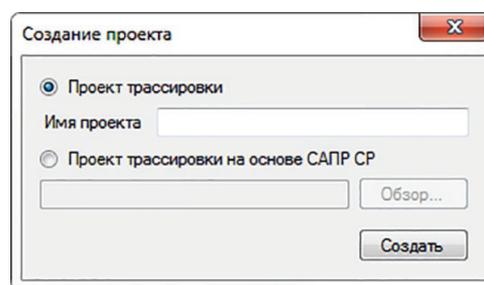


Рис. 2. Диалоговое окно «Создание проекта»

тов, что необходимо для их последующего анализа и корректировки.

Кнопка «Создание проекта» открывает диалоговое окно с переключателями «Проект трассировки» и «Проект трассировки на основе САПР СР» (рис. 2). В первом случае необходимо дать наименование создаваемому проекту, во втором — открыть окно (кнопка «Обзор») с перечнем ранее выполненных проектов в САПР СР и выбрать проект, для которого будет выполняться трассировка. Кнопка «Создать» подтверждает выбор направления синтеза схем и обеспечивает выход к соответствующим формам и таблицам задания исходных данных.

В первом случае кнопка «Создать» дает возможность выхода вначале к формам и таблицам введения исходных данных, общих для двух выше упомянутых случаев синтеза трасс (число, размеры и координаты центров оснований объектов, удельная цена коммуникационных связей и отношения объектов), а затем — к формам и таблицам введения исходных данных, необходимых для выполнения собственно синтеза схем расположения трасс. (Порядок и формы ввода общих исходных данных подробно представлены в работе [23] и здесь не описываются.)

Во втором случае после активации кнопки «Создать» из программы САПР СР [23] в программу автоматизированного проектирования трасс внешних проводов автоматически транслируются, во-первых, упомянутые выше исходные данные, а во-вторых, результаты работы программы САПР СР, в частности, координаты расположения центров оснований объектов. При этом на экран оператора выводится «Рабочее окно» с оптимизированной в упомянутой программе схемой расположения объектов (рис. 3),

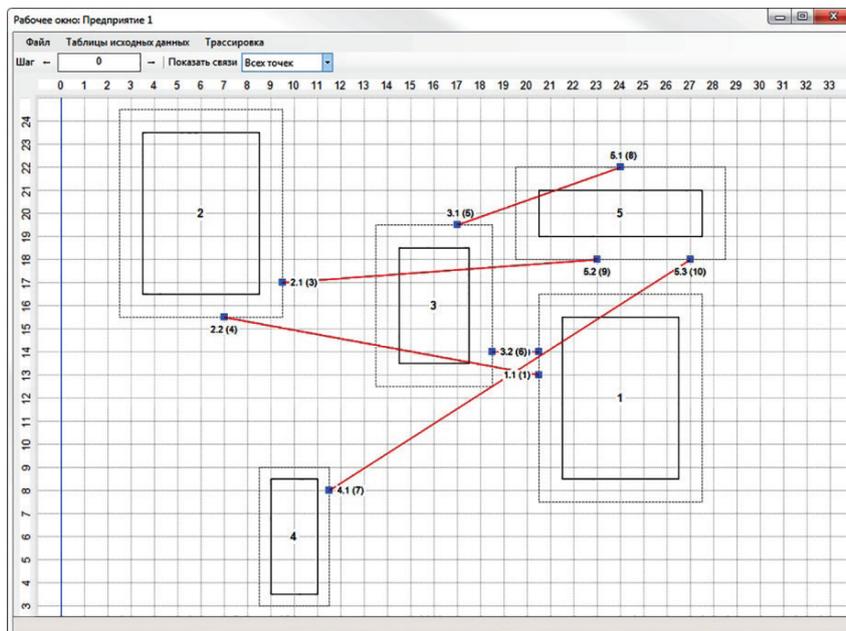


Рис. 3. Вид рабочего окна проекта с исходными данными

дополненной панелью кнопок «Таблицы исходных данных» и «Трассировка».

Активация кнопки «Таблицы исходных данных» открывает опции задания исходных данных с последующим выходом к формам:

- «Размеры отступов»;
- «Количество точек подвода трасс к объекту»;
- «Идентификация точек подвода коммуникаций»;
- «Таблица соединений».

Интерфейс ввода данных, связанных непосредственно с процессом синтеза трасс, в целях обеспечения визуального наблюдения основывается на использовании схемы расположения объектов.

Прежде всего, заполняется таблица размеров q_i отступов в форме «Размеры отступов». После активации кнопки «ОК» на схеме объектов появляются

Локальный номер точки	Глобальный номер точки	Грань объекта
1.1	1	Левая
1.2	2	Левая
2.1	3	Правая
2.2	4	Нижняя
3.1	5	Верхняя
3.2	6	Правая
4.1	7	Правая
5.1	8	Верхняя
5.2	9	Нижняя
5.3	10	Нижняя

Рис. 4. Форма идентификации точек подвода трасс и расположения их на гранях объекта

Локальный номер точки	Глобальный номер точки	Xm [м]	Ym [м]
1.1	1	-3,5	1
1.2	2	-3,5	2

Рис. 5. Форма задания локальных координат точек подвода трасс

Локальный номер точки	Глобальный номер точки	Номер объекта приемника	Локальный номер точки	Глобальный номер точки
1.1	1	2	2.2	4
1.2	2	3	3.2	6
2.1	3	5	5.2	9
2.2	4	1	1.1	1
3.1	5	5	5.1	8
3.2	6	1	1.2	2
4.1	7	5	5.3	10
5.1	8	3	3.1	5
5.2	9	2	2.1	3
5.3	10	4	4.1	7

Рис. 6. Форма назначения точек соединения трасс

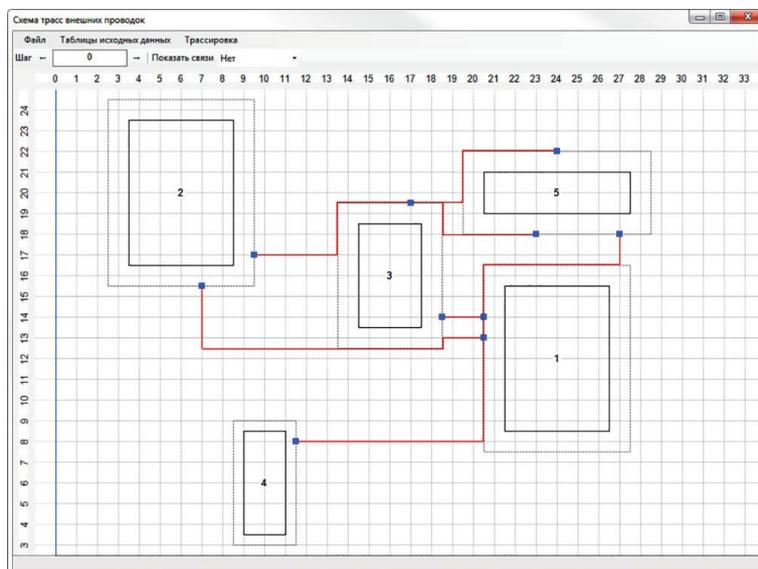


Рис. 7. Вид рабочего окна с результатами синтеза трасс

контуры отступов (рис. 3). Затем заполняется таблица «Количество точек подвода трасс к объекту».

Важным моментом в организации интерфейса пользователя для обеспечения автоматизированного проектирования трасс является идентификация точек подвода коммуникаций к зонам объектов. Для этого предлагается таблица «Идентификация точек подвода коммуникаций» (рис. 4), первая и вторая колонки которой заполняются автоматически по данным формы «Количество точек подвода трасс к объекту». В первой колонке указывается порядковый номер объекта (первая цифра) и порядковый номер точки подвода трассы к данному объекту (вторая цифра). Второй столбец таблицы представляет собой глобальную идентификацию точек подвода коммуникаций к объектам предприятия. Третий столбец данной таблицы предназначен для задания стороны зоны объекта, на которой должна располагаться данная точка подвода трассы, что необходимо для расчета и автоматического заполнения части таблицы локальных координат в окне «Локальные координаты» (рис. 5). При активации

данных этой таблицы (кнопка «ОК») каждая точка присоединения трасс приобретает уникальный номер и обеспечивается ее расположение на заданной стороне зоны объекта.

Для задания координат точек присоединения коммуникаций к объекту необходимо активировать его на схеме (рис. 3). В результате появится окно «Локальные координаты» (рис. 5) с номером этого объекта и таблицей, в которой автоматически уже будут заполнены колонки локальных и глобальных идентификационных номеров точек подвода коммуникаций к этому объекту. В таблице следует проставить координаты точек на сторонах зон объектов. Координаты, совпадающие с координатами сторон, проставляются программно. При активации данных этой таблицы кнопкой «ОК» каждая из точек займет на схеме объектов соответствующее положение (рис. 3), при этом будут указаны ее локальный и глобальный идентификаторы. Последними из необходимых для синтеза схем трасс исходных данных являются сведения о том, какие из точек подвода трасс соединены друг с другом.

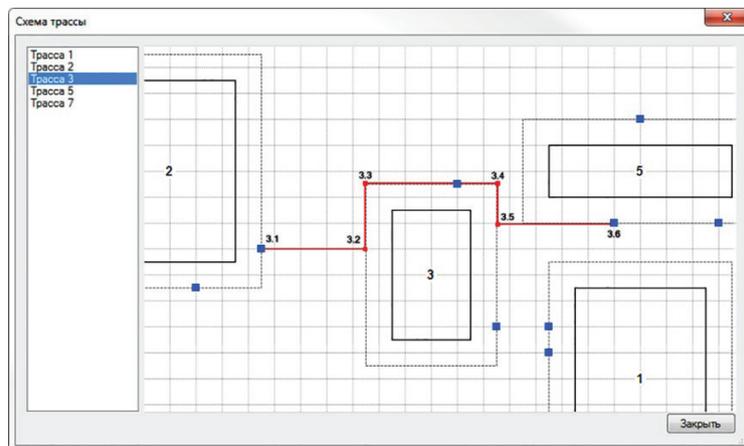


Рис. 8. Схема выделенной трассы

№ трассы	Точка источник	Точка приемник	Длина трассы [м]	№ участка	Координата X [м]	Координата Y [м]	Длина участка трассы [м]
1	1	4	17	1.1	20.5	13	2
				1.2	18.5	13	0.5
				1.3	18.5	12.5	11.5
				1.4	7	12.5	3
				1.5	7	15.5	-
2	2	6	2	2.1	20.5	14	2
				2.2	18.5	14	-
3	3	9	17.5	3.1	9.5	17	4
				3.2	13.5	17	2.5
				3.3	13.5	19.5	5
				3.4	18.5	19.5	1.5
				3.5	18.5	18	4.5
				3.6	23	18	-
5	5	8	9.5	5.1	17	19.5	2.5
				5.2	19.5	19.5	2.5
				5.3	19.5	22	4.5
				5.4	24	22	-
7	7	10	24	7.1	11.5	8	9
				7.2	20.5	8	8.5
				7.3	20.5	16.5	6.5
				7.4	27	16.5	-
ИТОГО			70				

Рис. 9. Окно «Таблица параметров трасс»

Эти сведения должны быть размещены в окне «Таблица соединений» (рис. 6). Первые две колонки этой таблицы заполняются автоматически. Заполнению в последовательности «сверху вниз» подлежат $K/2$ строк (здесь: K — число точек соединений). Строки, соответствующие парным (ответным) точкам присоединения коммуникаций, заполняются автоматически по мере заполнения предыдущих и служат в качестве справочного материала. Активирование данной таблицы дает, кроме прочего, графическую информацию на схеме расположения объектов об их взаимосвязях в виде прямых линий (рис. 3).

После введения исходных данных запускается процесс трассировки. Кнопкой «Трассировка» в «Рабочем окне» или кнопкой «Выполнить расчет» в главном окне интерфейса появляется пункт меню «Синтез трасс», позволяющий выбрать метод оптимизированного синтеза трасс и запустить вычислительный процесс.

В качестве выходной информации программы автоматизированного синтеза схем трасс внешних проводов между зданиями и сооружениями промышленного предприятия принято три документа: «Схема трасс внешних проводов» (рис. 7), «Схема трассы» (рис. 8) и «Таблица параметров трасс»

(рис. 9), обращение к которым после завершения работы программы обеспечивают кнопки «Результаты синтеза трасс» в «Рабочем окне» или «Результаты расчета» в главном меню программы.

Окно «Схема трасс внешних проводов» (рис. 7) представляет собой полную графическую информацию о расположении синтезированных трасс между всеми объектами предприятия. Более подробная графическая информация о каждой из трасс содержится в окне «Схема трассы» (рис. 8), в которой проставляются номера точек начала и окончания трассы и номера точек ее поворота: первая означает номер трассы, вторая — номер ее характерной точки. В окне «Таблица параметров трасс» (рис. 9) участки трассы идентифицируются номерами начальных точек этих участков. В нем указываются глобальные координаты начальной и конечной точек трассы, точек ее поворота, длины участков, общая длина данной трассы и суммарная длина всех трасс проектируемого предприятия.

Исходные данные и результаты проектирования можно вывести на печать, воспользовавшись кнопкой «Вывод на печать» главного меню программы, открывающей опции «Исходные данные» и «Результаты синтеза», содержащие обращение к ранее перечисленным формам и таблицам.

В заключение отметим, что разработанный интерфейс обеспечивает интегрирование данного пакета программ с предложенной ранее системой автоматизированного проектирования схем расположения объектов промышленных предприятий, функционируя в режиме ее продолжения и, кроме того, дает возможность создавать новые проекты. Он позволяет производить ввод исходных данных и вывод результатов проектирования в удобном формате, представляя их в табличном и графическом виде. Интерфейс является открытым, допуская расширение в части использования различных методов проектирования и оптимизации схем трасс.

Библиографический список

1. Абрайтис Л. Б. Автоматизация проектирования топологии цифровых интегральных микросхем. М.: Радио и связь, 1985. 200 с.
2. Махлин Е. Трассировка печатной платы. Часть первая – Fanout // Технологии в электронной промышленности. 2009. № 6 (34). С. 6–8.
3. Шенн В. Ю. Проектирование топологии цифровых систем методом автоматической трассировки // Наука и молодежь в XXI веке: материалы III Всерос. студ. науч.-техн. конф. Омск, 2017. С. 195–200. ISBN 978-5-8042-0560-8.
4. Никитин Т. О. Многокритериальная трассировка многослойных печатных плат с использованием муравьиного алгоритма // Новые технологии, материалы и оборудование российской авиакосмической отрасли АКТО-2016: сб. докл. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участ. Казань, 2016. С. 175–181.
5. Курейчик В. М., Лебедев Б. К., Лебедев О. Б. Трассировка соединений в канале на основе моделей адаптивного поведения муравьиной колонии // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2015. № 2. С. 117–133. DOI: 10.7868/S0002338815020092.
6. Латыпов И. Р., Суздальцев И. В. Трассировка межсоединений печатных плат электронных средств на основе параллельного муравьиного алгоритма // XXIII Туполевские чтения (школа молодых ученых): сб. ст. междунар. молод. науч. конф. Казань, 2017. С. 444–448.
7. Лебедев Б. К., Лебедев В. Б. Процедуры канальной трассировки на основе гибридизации роевого интеллекта с генетическим поиском // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). 2010. № 1. С. 214–219.
8. Никитин Т. О., Суздальцев И. В. Автоматизация трассировки печатных плат электронных средств с использованием муравьиного алгоритма // XXII Туполевские чтения (школа молодых ученых): сб. ст. междунар. молод. науч. конф. Казань, 2015. С. 120–125.
9. Батищев Д. И., Старостин Н. В., Филимонов А. В. Двухуровневая эволюционно-генетическая трассировка электрических цепей на графовой модели // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем (МЭС). 2008. № 1. С. 61–64.
10. Лебедев Б. К., Лебедев В. Б., Лебедев О. Б. Эволюционные механизмы трассировки в канале // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 9 (86). С. 12–18.
11. Кныш Д. С., Курейчик В. М. Генетический алгоритм трассировки коммутационных блоков // Известия высших учебных заведений. Электроника. 2009. № 5 (79). С. 28–34.
12. Чернышев Ю. О., Апаева Л. Р. Оптимизация задачи канальной трассировки на основе генетических эволюционных процедур // Современные наукоемкие технологии. 2009. № 6. С. 22–23.
13. Егоров С. Я. Аналитические и процедурные модели компоновки оборудования промышленных производств: моногр. М.: Машиностроение-1, 2007. 104 с.
14. Кафаров В. В., Мешалкин В. П. Проектирование и расчет оптимальных систем технологических трубопроводов. М.: Химия, 1991. 368 с.
15. Егоров С. Я., Фурсов И. С., Бойков С. Ю. [и др.]. Разработка алгоритмов трассировки технологических соединений с использованием многопроцессорной техники // Вестник ТГТУ. 2012. Т. 18, № 3. С. 583–587.
16. Абаев Р. К., Албегов Х. К., Дзиев В. А. Об оптимизации план-трасс каналов связи автоматизированных систем управления // Технологии техносферной безопасности: интернет-журн. 2012. № 4 (44). С. 1–6. URL: <http://ipb.mos.ru/ttb> (дата обращения: 12.04.2018).
17. Трофимов А. А., Кравченко В. А. Метод полевого трассирования охранных зон проектируемых ЛЭП относительно магнитных меридианов местного геомагнитного поля // Геодезия и картография. 2015. № 6. С. 9–13.
18. Сизова Л. Н. Волновой алгоритм трассировки и пример его реализации // Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта: сб. стат. междунар. конф. М., 2015. С. 246–248.
19. Воробьева О., Кноп К. TopoR 6.0: шесть шагов навстречу // Электроника: наука, технология, бизнес. 2014. № 4 (135). С. 192–199.
20. Сизова Л. Н. Программный комплекс «Графика-ТР» // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2009. № 1. С. 32–36.
21. Разумовский А. И. Система автоматизированного проектирования GPLOTTER // Информационные технологии в проектировании и производстве. 2010. № 2. С. 56–59.
22. Потапов Ю., Прокопенко С. Пакет CADSTAR. Урок 21. Редактор печатных плат системы CADSTAR: трассировщик P.R.Editor XR. Интерактивная трассировка // Технологии в электронной промышленности. 2008. № 6 (26). С. 6–14.
23. Зуга И. М., Хомченко В. Г. Разработка системы автоматизированного проектирования схем расположения объектов промышленных предприятий. Омск, 2011. 17 с. Деп. в ВИНТИ 06.03.2011, № 110-B2011.

СТРОЕВ Артем Олегович, инженер отдела информационных технологий ПАО «ОНХП», г. Омск.

ЗУГА Игорь Михайлович, кандидат технических наук, генеральный директор ПАО «ОНХП», г. Омск. SPIN-код: 1556-0157

AuthorID (РИНЦ): 992991

ХОМЧЕНКО Василий Герасимович, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Автоматизация и робототехника» Омского государственного технического университета.

SPIN-код: 8385-2139

AuthorID (РИНЦ): 175651

AuthorID (Scopus): 6603880234

ResearcherID: P-8539-2015

КУЖЕЛЬ Алексей Николаевич, главный специалист по разработке программного обеспечения ПАО «ОНХП», г. Омск.

Адрес для переписки: library@onhp.ru

Для цитирования

Строев А. О., Зуга И. М., Хомченко В. Г., Кужель А. Н. Интерфейс автоматизированного проектирования схем внешних проводок между зданиями и сооружениями промышленных предприятий // Омский научный вестник. 2018. № 5 (161). С. 157–162. DOI: 10.25206/1813-8225-2018-161-157-162.

Статья поступила в редакцию 14.08.2018 г.

© А. О. Строев, И. М. Зуга, В. Г. Хомченко, А. Н. Кужель