

2. Полат Е. С. От чего зависит эффективность дистанционного обучения? // Иностранные языки в школе. № 5. М., 1998. С. 9–12.
3. Полат Е. С., Интеграция очных и дистанционных форм обучения в старших классах общеобразовательной школы // Иностранные языки в школе. № 2. М., 2005. С. 26–34.
4. Усток Х. З., Григорова С. Р. Самостоятельная работа заочника // Вестник высшей школы. № 11. М., 1988. С. 37–38.

*O. A. Obratneva*

#### **E-LEARNING COURSE AS A PART OF ELECTRONIC EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN FOREIGN LANGUAGE FOR STUDENTS OF CORRESPONDENCE COURSES**

*The article describes the experience of designing and implementing e-learning course in German language for students of correspondence courses.*

**Keywords:** electronic educational and methodical complex, e-learning course, correspondence courses, module-rating technology.

Обратнева Ольга Алексеевна — старший преподаватель кафедры «Иностранные языки для технических и экономических факультетов» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, [olga.obr@gmail.com](mailto:olga.obr@gmail.com).

УДК 681.5

*С. М. Вертешев, В. А. Коневцов, И. А. Максягина,  
И. А. Полетаев, О. Ю. Тимошевская*

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА САПР ЦИФРОВЫХ САУ**

*Приведен обзор и оценка потребительских свойств аналогов, систем автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления. Определены требования к комплексу программных средств проектирования систем цифрового управления (ПСЦУ) для значительного повышения производительности труда в области автоматизации технологических процессов.*

**Ключевые слова:** система автоматического управления, язык блочного проектирования, функциональный модуль, подпрограмма, интерпретатор, цифровая управляющая машина.

История развития техники управления технологическими процессами [10] характеризуется выработкой стандартов, норм и принципов унификации (по уровню сигналов, типоразмерам, конструктивному исполнению и т. д.), агрегированию устройств, оптимизации номенклатуры функциональных модулей. Аналоговые, дискретные и цифровые непрограммируемые средства (электромеханические, пневматические, гидравлические и т. д.) измерения, управле-

ния и регулирования являлись по своей методической направленности шагами на пути повышения производительности труда специалистов по автоматизации. На основе ограниченного состава аппаратуры (блоки, функциональные модули, соединительные элементы, клеммы и т. д.) возникла возможность довольно быстро создавать широкое многообразие систем управления промышленными объектами.

Программируемая цифровая техника открыла экономичные пути автоматизации технологических процессов. Появилась возможность эффективной реализации и массового внедрения цифровых систем автоматического управления (САУ). Математический аппарат построения цифровых САУ настолько широк, что попытка реализации его методов даже на программируемых цифровых микропроцессорных средствах может стать задачей «объятия необъятного». Первыми рациональными решениями обхода подобной задачи были работы фирм IBM и General Electric [4]. Основная цель этих и других подобных работ сводилась к обеспечению высокой производительности труда разработчиков цифровых САУ за счёт типизации и свободного программирования, за счёт исключения из этапов проектирования трудоёмкого процесса кодирования задач управления на машинном языке или на языках различных уровней, за счёт создания специализированных языковых средств, учитывающих в своей грамматике терминологию теории и практики управления, терминологию специалистов по автоматизации технологических процессов, традиционную форму наглядного (блочного) представления схем систем управления.

Появление новых технологических процессов и интенсификация производства выдвинули на первый план новые требования к средствам автоматизации по функциональным, системотехническим, эргономическим возможностям, по материалоемкости, быстродействию и качеству управления, по разовым и эксплуатационным затратам на проектируемую систему управления. Цифровая программируемая техника и особенно достижения в области производства микропроцессорных программируемых цифровых средств управления позволили экономически приемлемо проектировать в серийном производстве цифровые САУ.

Но в области использования цифровой программируемой техники в автоматизации технологических процессов долгое время наблюдались «феодалские отношения» в части стандартизации разработки программных средств. Поэтому к концу XX века объясняется поистине цепная реакция в возникновении программных средств автоматизации технологических процессов [4, 8], которые никоим образом не стыковались (по типам сигналов, по языковым и функциональным возможностям).

В 1993 году Международная Электротехническая Комиссия выпустила стандарт (МЭК 61131-3:1993, МЭК 61131-3:2003 [13]), определяющий различные формы применения микропроцессорных средств для цифрового управления в технических системах, что является большим достижением на пути к «единству» в условиях жесткой конкуренции. Характерной особенностью стандарта является наличие в его составе пяти грамматически различных форм описания и проектирования цифровых САУ:

- IL (Instruction List) — упрощенный язык ассемблера (без команд обработки прерываний, работы с портами ввода-вывода и т. д.) виртуальной двухадресной машины;
- ST (Structured Text) — текстовый язык, подобный упрощенной версии языка Паскаль;
- FBD (Functional Block Diagram) — язык блочного проектирования функциональных схем;
- LD (Ladder Diagram) — язык проектирования релейно-контактных схем;
- SFC (Sequential Function Chart) — язык пошаговой реализации схем последовательностного, многотактного управления.

Используется еще FCL (Fuzzy Control Language [14]) — язык управления методами нечеткой логики, не сертифицированный в МЭК язык CFC [15, 16] (Continuous Flow Chart) проектирования систем управления непрерывными технологическими процессами и стандарт МЭК 61499–1:2007 обработки сигналов событий подпрограммами функциональных модулей.

При проектировании сложных цифровых САУ возникают проблемы стыковки частей цифровой САУ, реализованных на разных языках. Создатели САПР цифровых САУ предлагают разработчикам цифровых САУ пользоваться в их работе полудюжиной языков. Использование одного языка позволило бы исключить источники ошибок при синтезе цифровых САУ различных классов и, следовательно, являлось бы фактором значительного повышения надёжности систем управления. Использование многих языков в проектировании снижает производительность труда в области автоматизации технологических процессов. Использование многих языков в проектировании цифровых САУ вынуждает предприятия, таким образом, нести огромные затраты как на автоматизацию технологических процессов, так и на эксплуатацию, включая модернизацию АСУ ТП.

Конечно, «пятыязычие» весьма удобно для решения «малых» задач автоматизации, если стандартными в составе МЭК61131–3 приняты лишь счётчики, триггеры фронтов логического сигнала, генераторы импульсов и RS,SR устройства. А если требуются шифраторы и дешифраторы, компараторы и сдвигающие регистры, коммутаторы и преобразователи векторов, полиномиальные и матричные операторы [8]...? Подобные модули в составе дискретной и микропроцессорной схемотехники существуют.

Задача состоит в создании САПР цифровых САУ с языком блочного проектирования схем цифровых систем автоматического управления технологическими процессами, которая позволит:

- разрабатывать любые цифровые САУ, не привлекая дополнительных языковых средств типа IL, ST, FBD, LD, SFC, CFC, FCL и т. д. с различающимися грамматиками;
- значительно повысить производительность труда разработчиков цифровой САУ и её эксплуатационного персонала по сравнению с производительностью труда при использовании для этих же целей языков подобных языкам МЭК;

- существенно снизить затраты на поддержание собственного жизненного цикла САПР;
- расширить круг пользователей, способных ставить, решать и сдавать «под ключ» свои задачи в АСУ ТП (проектировщики, монтажники, наладчики, технологи, математики).

Анализ мирового опыта стандартизации и разработки [11–16] САПР цифровых САУ (особенно это касается стандартов МЭК 61131–3 и разработок программных средств SIMATIC S7 [15] фирмы Сименс ФРГ) говорит о следующем.

Наличие множества методов описания (языковых средств) задач контроля и управления, в соответствии с МЭК 61131–3:2003 еще не говорит о достоинствах программного средства автоматизации. Просто более эффективных средств автоматизации пока на рынке нет. Любую задачу управления можно было бы реализовать одним единственным средством — полноценным Ассемблером или, в крайнем случае, средствами языка, подобного Си, со встроенным Ассемблером, однако это приведет к значительным затратам времени на проектирование, отладку, внедрение и эксплуатацию цифровых САУ.

Пять различных языков по МЭК 61131–3:2003 не являются, кроме того, очень близкими друг к другу по результатам компиляции. Особое место среди них занимает язык последовательных схем SFC (AS). Он не имеет средств описания вычислительного алгоритма, а используется для структурирования последовательностного управления в цифровых САУ. Связь с управляемым объектом и вычислительные процедуры производятся средствами других четырех языков.

Стандарт МЭК 61131–3:2003, допуская «многоязычие», не требует, чтобы программа, написанная на одном из этих языков, могла быть встроена или совместима с разработанной программой на другом из этих языков. С 1993 года остается открытым и вопрос возможности однозначного и надёжного перевода с одного языка на другой [11].

Ограничения при использовании, например, языка релейно-контактных схем и языка блочных схем по требованиям МЭК 61131–3 очевидны:

- применение в схемах меток с командами условных и безусловных переходов противоречит принципу параллельности протекания процессов в традиционных схемах аналоговых и цифровых САУ;
- нарушается привычная в теории и практике управления обзримость и анализируемость проектируемой САУ;
- стекковые операции вообще недоступны пользователю обоих языков, как и других языков МЭК;
- невозможно применение управляющих структур обработки сигналов (циклов — FOR, WHILE, REPEAT, ветвления — IF, выбора — CASE), применяемых в текстовом языке;
- по сравнению с текстовым языком допустима реализация только простых выражений, а обработка распределенных сигналов систем с распределенными параметрами представляется очень затруднительной;
- в текстовом языке не представлены возможности обработки стандартных сигналов включенности или обработанности блоков функциональных

модулей цифровой САУ, описанных на языках релейно-контактных и блочных схем;

- язык релейно-контактных схем обрабатывает сигналы логического, а язык блочных схем — целого и вещественного видов, поэтому возникают сложности при разработке новых функциональных модулей последнего.

Аналогичные проблемы «ненаглядности» возникают при совместном применении, например языков SFC и IL (AS и AWL).

Задача состоит в том, чтобы в распоряжение разработчика цифровой САУ предоставить программное средство, комплекса программных средств проектирования систем цифрового управления, комплекса ПСПСЦУ, реализации с помощью программируемой цифровой микропроцессорной техники не только отдельных задач, но и целого множества математических методов различных разделов теории автоматического управления. Такая возможность должна быть обеспечена одним единственным языком, а не пятью и более языками с различными грамматиками, компиляторами, редакторами, библиотеками и т. д. На основе предлагаемого подхода вполне возможно значительно повысить производительность труда в области автоматизации технологических процессов за счёт разработки цифровых САУ с использованием высокопроизводительной САПР, построенной на применении одного языка и одной грамматики, одного транслятора и редактора, одной библиотеки функциональных модулей и т. д., на основе блочного проектирования практически всех задач управления техническими системами. Этот эффект значительного повышения производительности уже достигался на базе менее производительных средств тридцатилетней давности [5–7].

Объектом исследования и разработки [1–2] является программная среда (пакет прикладных программ) проектирования цифровых систем автоматического управления (нижнего уровня автоматизированных систем управления технологическими процессами — АСУ ТП). К таким программным средам относятся многоязыковые программные средства, подобные Simatic S7, CoDeSys, PLC Disigner, Isa GRAF и т. д. на базе языков STEP 7, языков IEC 61131 (IL, ST, FBD, LD, SFC, FCL), нестандартных языков (CFC).

Целью работы является вывод на рынок новой научно-технической продукции. Создание системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления техническими системами, комплекса программных средств проектирования систем цифрового управления (комплекса ПСПСЦУ) с использованием одного единственного языка блочного проектирования цифровых САУ.

Методы и методология проведения работ — теоретические исследования (научно-технической, нормативной и методической литературы) и практическое ознакомление с программными средами проектирования цифровых САУ (подобными CoDeSys).

При выполнении НИР должны быть получены следующие научно-технические результаты (2012 — промежуточный отчёт — разработка языка, 2013 — промежуточный отчёт — технический проект, 2014-заключительный отчёт — эскизный рабочий проект):

- обзор и анализ современной научно-технической, нормативной и методической литературы, затрагивающей вопросы разработки и применения программных средств проектирования цифровых систем управления технологическими процессами;
- оценка функциональных возможностей реализации задач контроля, непосредственного цифрового, комбинационного, последовательностного управления, идентификации динамики объектов управления, синтеза корректирующих устройств, сложных линейных и нелинейных, однозначных и многозначных математических зависимостей;
- постановка задачи разработки (языка) комплекса ПСПСЦУ;
- разработка программных компонентов комплекса ПСПСЦУ,
- (система реального времени и система управления проектом);
- разработка программной документации комплекса ПСПСЦУ.

По окончании НИР должен быть разработан проект ТЗ на проведение ОКР по теме «Разработка системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления» и программная документация на комплекс ПСПСЦУ в соответствии с требованиями стандартов ЕСПД.

Новизна результатов НИР состоит в относительно новом подходе (прерванного известными обстоятельствами 1991 года) к созданию подобных систем проектирования цифровых САУ. Язык комплекса ПСПСЦУ обладает следующими основными отличительными свойствами:

- 1) высокая изобразительность и наглядность языка блочного проектирования в форме традиционных схем систем автоматического управления;
- 2) наличие функциональных модулей реализации всех основных задач в цифровых системах автоматического управления с явным заданием всевозможных связей в системе управления; в распоряжение пользователя комплекса ПСПСЦУ предоставляется средство реализации с помощью микропроцессорной техники не только отдельных задач, но и целого множества математических методов теории автоматического управления.
- 3) встроенный язык высокого уровня, грамматически полностью совместимый с языком блочного проектирования и не уступающий по функциональным возможностям формульным языкам (Фортран, Бэйсик), но отличающийся от них высокой изобразительностью в форме блочных схем.

Основные конструктивные характеристики в комплексе ПСПСЦУ, как и при создании микросхем разработчиками-схемотехниками, при проектировании цифровой САУ: не используются метки, операции условных и безусловных переходов, ветвления, выбора, цикла, составные операторы, макросы, которые применяются в языках программирования всех уровней. Все эти операции скрыты в подпрограммах функциональных модулей и операций в стеке при разработке собственно комплекса ПСПСЦУ. Отсутствуют рекурсия, перегрузка, наследование при разработке подпрограмм функциональных модулей и операций.

Технологические характеристики — комплекс ПСПСЦУ является чисто блочным языковым средством без каких-либо добавлений и описаний с помо-

щью других языковых средств типа «усеченного» Ассемблера (IL), «усеченного» Си или Паскаль (ST), языков подобных SFC (Sequential Function Chart), CFC (Continuous Flow Chart), LD (Ladder Diagram), FCL (Fuzzy Control Language) и т. д. При этом сохраняется возможность проектирования всего многообразия задач цифрового управления, формально обеспечиваемая наличием многих языковых средств описания задач управления. Преобразующие средства комплекса ПСПСЦУ (транслятор и блочный редактор) не генерируют машинные команды. Они создают байтовые массивы базы данных, которые могут обрабатываться на любом микропроцессорном комплексе, имеющем исполнительную систему комплекса ПСПСЦУ (интерпретатор, программный интерфейс, блок обработки прерываний, библиотека подпрограмм функциональных модулей с библиотекой подпрограмм операций, реализованные для процессора соответствующей цифровой УВМ). Это означает отказ от процесса компиляции при проектировании цифровых систем автоматического управления, упрощение трансляции системы управления, структура которой представляет собой фактически последовательность вызовов подпрограмм (CALL(), CALL(), ... , CALL()).

Технико-эксплуатационные характеристики — подход к созданию комплекса ПСПСЦУ позволяет значительно сокращать затраты как на основные процессы жизненного цикла программного средства автоматизации (вместо разработки, эксплуатации и сопровождения пяти и более трансляторов, редакторов, библиотек и т. д. разработка одного транслятора, редактора, библиотеки... простой архитектуры), так и на сопровождение проектируемой на базе этого программного средства автоматизации цифровой САУ (при проектировании, монтаже и эксплуатации больших цифровых САУ требуется либо один (и более) программист-полиглот либо пять и более квалифицированных программистов). Специалист по автоматизации при использовании комплекса ПСПСЦУ имеет возможность решать свои задачи от постановки до внедрения и сдачи в промышленную эксплуатацию без участия квалифицированного программиста, кроме того имеется возможность эффективного разделения труда между различными специалистами, участвующими в процессе автоматизации технологического процесса (проектировщики, монтажники, наладчики, «киповцы» — персонал эксплуатации САУ, технологи, математики).

Комплекс ПСПСЦУ является аналогом и развитием комплексов СЦУ [5] и МСЦУ [7] как система автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления (САПР цифровых САУ). Эти комплексы прошли успешные промышленные испытания на многих заводах СССР [8].

Основной областью применения комплекса ПСПСЦУ является автоматизация сложных промышленных объектов. Комплекс ПСПСЦУ может быть также использован для учебных целей в технических средних и высших учебных заведениях по специальности «автоматика и телемеханика» и родственными специальностями по отраслям промышленности.

На основе возможностей современной микропроцессорной техники, управляющих цифровых вычислительных машин, будет достигнуто повышение производительности труда разработчиков цифровых систем автоматического управления технологическими процессами различных отраслей промышленности.

Концепция комплекса ПСПСЦУ опирается на опыт разработки его первых версий [5, 7] и состоит в следующем.

1) В распоряжение пользователя комплекса ПСПСЦУ предоставлено средство реализации с помощью микропроцессорной техники не только отдельных задач, но и целого множества математических методов теории автоматического управления. Дано определение одного языка, языка блочного проектирования схем. Он позволяет проектировать любые цифровые САУ (контроль, непосредственное цифровое, комбинационное, последовательностное управление, идентификация динамики объектов управления, синтез корректирующих устройств, сложные линейные и нелинейные, однозначные и многозначные математические зависимости), не привлекая дополнительных языковых средств с различающимися грамматиками. Язык блочного проектирования учитывает в своей грамматике терминологию теории и практики управления, терминологию специалистов по автоматизации технологических процессов, традиционную форму наглядного (блочного) представления схем систем управления. Этот язык позволяет эффективное разделение труда между проектировщиком и монтажником цифровой САУ.

2) Программирование цифровой САУ сводится к написанию математических выражений и составлению схем инженером, который не является программирующим специалистом. Состав стандартных функциональных модулей комплекса ПСПСЦУ определен на основе анализа математических методов различных разделов теории автоматического управления.

3) При проектировании схемы любой цифровой САУ связи между блоками функциональных модулей в схеме или между блоками функциональных модулей различных схем задаются явно, как это принято в практике схемотехники. Запрещены неявные связи (косвенная адресация связей) в схеме, между схемами и подсистемами системы управления. Связи задаются явно, с использованием принятой в комплексе ПСПСЦУ адресации, через позиции в кроссировочных таблицах, как принято в традиционных непрограммируемых системах.

4) Таким же образом в комплексе ПСПСЦУ, как и при создании микросхем разработчиками-схемотехниками не используются метки, операции условных и безусловных переходов, ветвления, выбора, цикла, составные операторы, макросы, которые применяются в языках программирования всех уровней. Все эти операции скрыты в подпрограммах функциональных модулей и операций в стеке при разработке комплекса ПСПСЦУ.

5) Организующая программа (подобная PROGRAM) комплекса ПСПСЦУ (интерпретатор) не зависит от топологии схем цифровой САУ, от состава и числа используемых блоков функциональных модулей в схемах, от конфигурации и от используемых ресурсов управляющей цифровой машины. Подпрограммы блоков функциональных модулей не вызывают друг друга, они, подключаются друг к другу подобно тому, как это осуществляется в конструировании изделий схемотехники, электротехники, пневматики. Подпрограммы функциональных модулей схемы цифровой САУ подключает друг к другу (вызывает друг за другом) интерпретатор.

6) Подпрограммы функциональных модулей не обрабатывают сигналы событий. Сигналы событий обрабатывает интерпретатор. Однако подпрограммы функциональных модулей могут, при необходимости, вырабатывать значения сигналов событий. Подпрограмма блока функционального модуля может явно вызвать любую операцию, но не наоборот.

7) Не применяются косвенные вызовы подпрограмм функциональных модулей и операций, рекурсия, перегрузка, наследование, входы по умолчанию (неполный список или измененная последовательность входов операций или функциональных модулей).

8) Любой вход или выход блока функционального модуля является глобальным, т. е. «виден» во всей цифровой САУ с учётом её конфигурации и ресурсов. Объявлять глобальность входов и выходов блока функционального модуля не требуется, они глобальны по умолчанию. Сигналы, обрабатываемые подпрограммой функционального модуля, кроме сигналов входов и выходов, являются локальными. Они невидимы и недоступны для промежуточного применения проектировщиком в блоке, схеме, цифровой САУ. Объявлять локальные переменные не нужно. Допустимо использование значений глобальных переменных функциями, вызываемыми подпрограммами модулей вычисления выражений.

9) Все обратные связи модулей являются «внешними». К блоку функционального модуля можно подключить, там, где имеет смысл, до  $254n + 1$  сигналов на входе и  $255m$  сигналов на выходе, где  $1 \leq n \leq 255$ ,  $0 \leq m \leq 255$ . Допустимо подключение выходов блока функционального модуля к собственным входам и альтернативное подключение выводов блоков функциональных модулей.

10) Обмен данными осуществляется в:

- однопроцессорной (многозадачной) цифровой САУ — единым программным интерфейсом, независимым от топологии цифровой САУ, или функциональными модулями коммутаторов;
- многопроцессорной цифровой САУ — функциональными модулями коммутаторов мультипроцессорной системы (при наличии в МПК многопортовой памяти, межпроцессорных контроллеров);
- многомашинной цифровой САУ — функциональными модулями коммутаторов мультимашинной системы (при наличии в МПК сетевых контроллеров, бит-последовательных интерфейсов).

11) Декларирование и присвоение начальных значений сигналов входов и выходов блоков функциональных модулей схем цифровых САУ осуществляется заданием адресов этих сигналов в клеммниках соответствующих типов и видов в форме, принятой в практике монтажа средств КИПиА на разъемах в шкафах и навесных каркасах, с использованием кроссировочных таблиц.

12) Транслятор комплекса ПСПСЦУ не генерирует машинные команды. Он создаёт байтовые массивы базы данных, которые могут обрабатываться на любом микропроцессорном комплексе, имеющем исполнительную систему комплекса ПСПСЦУ (интерпретатор, программный интерфейс, блок обработки прерываний, библиотека подпрограмм функциональных модулей с библиотекой подпрограмм операций, реализованные для процессора соответствующего ПЛК). При проектировании цифровых САУ не используется компиляция.

13) Для обеспечения высокой надёжности функционирования цифровых САУ, проектируемых на основе комплекса ПСПСЦУ, исполнительная система и структура базы данных комплекса ПСПСЦУ может сохраняться в ПЗУ (не иметь в процедурах и структуре базы данных переменных и параметров, модифицируемых в реальном масштабе времени).

14) Комплекс ПСПСЦУ является чисто блочным языковым средством без каких-либо добавлений и описаний с помощью других языковых средств типа «усеченного» Ассемблера (IL), «усеченного» Си или Паскаль (ST), языков подобных SFC (Sequential Function Chart), CFC (Continuous Flow Chart), LD (Ladder Diagram), FCL (Fuzzy Control Language) и т. д. При этом сохраняется возможность проектирования всего многообразия задач цифрового управления.

15) Предусматривается стыковка комплекса ПСПСЦУ на уровне базовых видов сигналов, с соответствующими типами данных МЭК 61131-3 (программные среды SIMATIC S7, CoDeSys и другие среды программирования в автоматизации технических систем, BOOL, BYTE, INT, REAL, DATE, TIME...) и стыковка по прямой адресации (%) областей памяти (I вход, Q выход, M память) различной размерности (X один бит, (пробел) байтовая логическая величина, B байт, W слово, D двойное слово).

16) Специалист по автоматизации при использовании комплекса ПСПСЦУ имеет возможность решать свои задачи от постановки до внедрения и сдачи в промышленную эксплуатацию без участия квалифицированного программиста.

### Литература

1. Вертешев С. М., Коневцов В. А., Максягина И. А., Полетаев И. А., Тимошевская О. Ю. Система автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления. Фундаментальные исследования и инновации в национальных исследовательских университетах: материалы Всероссийской научно-методической конференции. Санкт-Петербург. Т. 2. СПб. : Изд-во Политехн. ун-та, 2012. С. 25–28.
2. Вертешев С. М., Коневцов В. А., Максягина И. А., Полетаев И. А., Тимошевская О. Ю. Разработка системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления. Актуальные проблемы науки и образования: прошлое, настоящее, будущее: сборник научных трудов по материалам Международной заочной научно-практической конференции 29 марта 2012 г. Часть 5; Мин. образования и науки Рос. Федерации. Тамбов : Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2012. С. 30–31.
3. Вертешев С. М., Коневцов В. А., Максягина И. А., Полетаев И. А., Тимошевская О. Ю. Языковые средства комплекса ПСПСЦУ. Сборник № 2 ПсковГУ.
4. Коневцов В. А. Математическое обеспечение систем управления технологическими процессами. Измерения, контроль, автоматизация, 1982. № 1(41). С. 56–60.
5. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Бабаянц А. В. МикроДАТ. Программные средства цифрового управления. М. : ЦНИИТЭИ приборостроения. Каталог ГСП. 1985. том 4, вып. 5, 6. С. 1–70.

6. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Бабаянц А. В. Разработка математического обеспечения автоматических систем управления. Кн. «Автоматизация проектирования» / Под общей ред. акад. В. А. Трапезникова. № 1. М. : Машиностроение, 1986. С. 45–65.
7. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Литвинова Л. М., Бунин А. Б. Модифицированные средства цифрового управления. М. : Информприбор, Каталог ГСП, 1987, том 4, вып. 10, 11, 12, С. 1–112.
8. Коневцов В. А. САПР цифровых САУ. Концепция: монография. Псков : Издательство ППИ, 2011. 256 с.
9. Петров И. В. Программируемые контроллеры. Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2008. 256 с.
10. Развитие принципов построения систем и устройств автоматического управления в работах Института автоматики и телемеханики (1939–1964 гг.). Автоматика и телемеханика, 1964, № 6. С. 807–851.
11. John Karl-Heinz, Tiegelkamp Michael SPS-Programmierung mit IEC 61131-3. — Springer — Verlag Berlin Heidelberg 4. Auflage, 2009. S. 402.
12. Mueller J. Controlling with SIMATIC. — Siemens, 2005 by PKA GmbH, GWA, Erlangen. S. 162.
13. Speicherprogrammierbare Steuerungen. Teil 3: Programmiersprachen (IEC 61131–3:2003). Deutsche Fassung EN 61131–3:2003.
14. Speicherprogrammierbare Steuerungen. Teil 3: Fuzzy Control Programmierung (IEC 61131–7:2000). Deutsche Fassung EN 61131–7:2000.
15. Wellenreuter G., Zastrow D. Automatisierung mit SPS. Theorie und Praxis. – Vieweg + Teubner, 5. Auflage, 2011. S. 870.
16. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3, CoDeSys\_V23\_RU.pdf. [Электронный ресурс]. URL: [www.owen.ru](http://www.owen.ru).

*S. M. Verteshev, V. A. Konevcov, I. A. Maksiygina,  
I. A. Poletaev, O. U. Timoshevskay*

## RESEARCH AND DEVELOPMENT OF CAD OF DIGITAL ACS

*Review and estimate of consumer properties of analogs, systems of computer aided designing digital automatic control systems are given. Requirements to complex of ПСПЦУ for essential increasing labour productivity in the field of automating technological process are determined.*

**Keywords:** automatic control system, block project language, functional module, subprogram, interpreter, programmable controller.

Вертешев Сергей Михайлович — заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, д-р техн. наук, профессор.

Коневцов Владимир Александрович — доцент кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

Максягина Ирина Александровна — ведущий программист кафедры «Информационные системы и технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, [irina.alex.m@gmail.com](mailto:irina.alex.m@gmail.com).

Полетаев Игорь Алексеевич — старший преподаватель кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ.

Тимошевская Ольга Юрьевна — доцент кафедры «Вычислительные технологии» ФГБОУ ВПО ПсковГУ, канд. техн. наук, доцент.

УДК 681.5

*С. М. Вертешев, В. А. Коневцов, И. А. Максягина,  
И. А. Полетаев, О. Ю. Тимошевская*

### **ЯЗЫКОВЫЕ СРЕДСТВА КОМПЛЕКСА ПСПСЦУ. ОБЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ**

*Определены общие средства описания комплекса ПСПСЦУ на основе единого языка проектирования задач различных разделов теории управления: контроля, идентификации, синтеза, непосредственного цифрового линейного и нелинейного, нечеткого, одноконтурного, многоконтурного, адаптивного и оптимального управления.*

**Ключевые слова:** цифровая система автоматического управления, непосредственное цифровое управление, нелинейное управление, нечеткое управление, идентификация объектов, синтез регуляторов, комплекс ПСПСЦУ.

В работе [1] рассмотрен мировой опыт создания программных средств автоматизации технических систем и технологических процессов. Сделана постановка задачи создания системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления, комплекса программных средств проектирования систем цифрового управления, комплекса ПСПСЦУ, на основе современных цифровых программируемых управляющих вычислительных машин, программно-логических контроллеров (ПЛК). В данной работе дано определение одноязыкового средства проектирования цифровых систем автоматического управления (САУ) специалистами, не владеющими приемами классического программирования.

#### **1. Алфавит языковых средств и метаопределения**

В комплексе ПСПСЦУ различаются следующие средства описания цифровых САУ:

- язык блочного проектирования схем;
- записи символьного описания схем;
- блочный редактор.

Они применяются на различных этапах создания цифровых САУ: технического и рабочего проектирования, наладки, опытных испытаний и промышленной эксплуатации. Основным символом языка блочного проектирования комплекса ПСПСЦУ является символ блока функционального модуля на схеме, рис. 1. Алфавитом языковых средств комплекса ПСПСЦУ является набор букв,