

## МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОМПЛЕКСА ПСПСЦУ

*О решении задачи разработки системы автоматизированного проектирования цифровых систем автоматического управления, основанном на методике, впервые примененный в СССР в 1985 г.*

**Ключевые слова:** цифровая система автоматического управления, языка блочного проектирования, функциональный модуль.

Программируемая цифровая техника открыла экономичные пути автоматизации технологических процессов, позволила экономически приемлемо выполнять различные требования к системам управления. Облегчился процесс создания «более интеллектуальных» устройств управления технологическими процессами. Появилась возможность эффективной реализации и массового внедрения цифровых систем автоматического управления (САУ). Появилась возможность принципиально и значительно расширить функциональные возможности новых цифровых программируемых средств автоматизации по сравнению с подобными возможностями непрограммируемых средств автоматизации. Математический аппарат построения цифровых САУ настолько широк, что попытка реализации его методов даже на программируемых цифровых микропроцессорных средствах может стать задачей «объятия необъятного». Потенциальные возможности улучшения функциональных и системных свойств средств автоматизации на базе программируемой цифровой техники выдвинули потребность создания программных средств построения цифровых САУ — средств автоматизированного проектирования цифровых САУ (САПР цифровых САУ). Характерной особенностью разработки САПР цифровых САУ является относительно высокая степень свободы выбора концепции реализации. В зависимости от этого выбора возможна большая скорость внедрения средства, высокая оперативность изменения подходов в построении структуры средства в зависимости от тех или иных требований. Первыми рациональными решениями задачи «объятия необъятного» были работы фирм IBM и General Electric [1, 2]. Основная цель этих и других подобных работ сводилась к обеспечению высокой производительности труда разработчиков цифровых САУ за счёт типизации и свободного программирования традиционных задач контроля и непосредственного цифрового управления (НЦУ). Это достигалось за счёт исключения из этапов проектирования цифровых САУ трудоёмкого процесса кодирования задач управления на машинном языке и на языках различных уровней. Дальнейшим развитием концепций этих систем являлось создание ряда интерактивных программных средств автоматизации, позволявших строить цифровые САУ в диалоговом режиме с экрана индикации графических и символьных данных (система PMS фирмы Ферранти). Особое внимание уделялось созданию 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 (системы ADC, SIMAT, SIMATIC S5 фирмы Сименс). Характерной особенностью таких средств автоматизации является возможность наглядного представления и реализации практически неограниченного многообразия топологических структур цифровых САУ в форме блочных схем, традиционно используемых в теории и практике управления техническими системами. Этот подход к созданию САПР цифровых САУ соответствует методике разработки аппаратных средств (используемых при сборке систем управления и вычислительных устройств) автоматизации (УСЭППА, КАСКАД, АКЭСР, СУПС...) и схемотехники (МИС, СИС, БИС, СБИС, МПК, микроЭВМ...). Эта методика была впервые применена фирмой Сименс в разработке программного обеспечения для автоматизации технологических процессов. 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. В 1993 году Международная Электротехническая Комиссия выпустила стандарт (МЭК 61131-3:1993, МЭК 61131-3:2003), определяющий различные формы применения микропроцессорных средств для цифрового управления в технических системах, что являлось большим достижением на пути к «единству» в условиях жёсткой конкуренции. Характерной особенностью стандарта является наличие в его составе пяти грамматически различных форм описания и проектирования цифровых САУ [3].

При проектировании сложных цифровых САУ [1, 2] возникают проблемы стыковки частей цифровой САУ, реализованных на разных языках. Создатели САПР цифровых САУ предлагают разработчикам цифровых САУ использовать в их работе полудюжиной языков. Использование одного языка позволило бы исключать 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 бистабильные устройства. А если требуются шифраторы и дешифраторы, различные компараторы и сдвигающие регистры, коммутаторы и преобразователи векторов, полиномиальные и матричные операторы [1, 2]!? Подобные модули в составе дискретной, цифровой, аналоговой и микропроцессорной схемотехники существуют!

Представленный здесь подход к решению задачи разработки САПР цифровых САУ (комплекса программных средств проектирования систем цифрового управления — комплекса ПСПСЦУ), основан на методике аппаратного проектирования программного обеспечения устройств и систем автоматического управления, впервые применённый на практике в СССР с 1985 года для автоматизации биохимического реактора [4–6]. Концепция разработки комплекса ПСПСЦУ определялась в первую очередь ориентацией на пользователя-специалиста по автоматизации технологического процесса, а не пользователя-специалиста по программированию, кодировщику. Специалист по автоматизации должен прилагать минимальные усилия для применения данного средства независимо от методов, способов, технологии изготовления данного средства автоматизации. Единственным и основным требованием к пользователю является требование к его квалификации, т. е. он должен понимать соответствующие математические методы и терминологию своей технической и производственной деятельности. Разработка комплекса ПСПСЦУ основана на удовлетворении ряда функциональных и системных требований к возможностям аппаратного проектирования цифровых САУ. Суть функциональных требований сводится к обеспечению возможности построения схем:

- ввода-вывода сигналов;
- преобразования сигналов;
- устройств дискретной автоматики (однотактные и многотактные схемы);
- непосредственного цифрового управления (линейные и нелинейные цифровые регуляторы, нечеткие регуляторы);
- идентификации динамики объектов управления;
- синтеза корректирующих устройств (настройка стандартных и расчёт нестандартных цифровых регуляторов);
- многообразных («произвольных») математических зависимостей.

Системные требования определяют возможности использования на различных этапах проектирования, монтажа, отладки, испытаний и промышленной эксплуатации цифровой САУ с помощью языковых средств:

- блочного проектирования схем (для наглядного и явного представления на чертеже и облегчения анализа человеком цифровой САУ);
- символьного описания схем (для преобразования цифровой САУ во внутремашинное представление);
- встроенного средства описания различных математических зависимостей в форме блочных схем;
- блочного редактора;

– разделения труда между специалистами (проектировщиками, монтажниками, наладчиками, эксплуатационным персоналом — специалистами КИПиА, технологами, математиками) на различных этапах автоматизации (проектирования, монтажа, наладки, эксплуатации).

Язык блочного проектирования схем цифровых САУ комплекса ПСПСЦУ ориентирован на специалистов, которые быстрее относятся к категории конструкторов, владеющих методами управления в технических системах, а не классических программистов, владеющих методами кодирования на языках программирования различного уровня.

Уже задолго [7] до выхода в свет стандарта МЭК 61131–3 была решена задача создания САПР цифровых САУ с единственным языком блочного проектирования схем цифровых систем автоматического управления технологическими процессами, которая (САПР цифровых САУ) позволяла:

– 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, специалисты КИПиА, технологи, математики) без применения труда квалифицированных программистов.

Анализ мирового опыта стандартизации и разработки [1–3] САПР цифровых САУ (особенно это касается стандарта МЭК 61131–3 и разработок программных средств SIMATIC S7 фирмы Сименс ФРГ [8, 9]) говорит о следующем.

Наличие множества методов описания (языковых средств) задач контроля и управления, в соответствии с МЭК 61131–3:2003 ещё 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, что в настоящее время и наблюдается в мировом опыте.

Комплексом ПСПСЦУ в распоряжение разработчика цифровой САУ предоставлено программное средство реализации с помощью программируемой цифровой микропроцессорной техники не только отдельных задач, но и целого множества математических методов различных разделов теории автоматического управления. Такая возможность обеспечена одним единственным языком, а не пятью и более языками с различными грамматиками, компиляторами, ре-

докторами, библиотеками и т. д. На основе предложенного подхода достигнута возможность значительно повышения 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 программируемых микропроцессорных средств автоматизации тридцатилетней давности [4, 6] и иллюстрирован теоретически в [1, 2].

Состав функциональных модулей, предоставленных в распоряжение пользователей комплекса ПСПСЦУ (проектировщики, монтажники, наладчики, специалисты КИПиА, технологи, математики) по сравнению с составом функциональных модулей, предоставленных в распоряжение пользователей по стандарту МЭК 61131–3, CoDeSys и SIMATIC (программисты, кодировщики) показан в [2].

#### Литература

1. Коневцов В. А. САПР цифровых САУ. Концепция: Монография. Псков, Издательство ППИ, 2011. 256 с.
2. Коневцов В. А. САПР цифровых САУ. Концепция: монография. – Изд-е второе, дополн. и испр. Псков: Издательство ПсковГУ, 2012. 307 с.
3. Вертешев С. М., Коневцов В. А., Максягина И. А., Полетаев И. А., Тимошевская О. Ю. Исследование и разработка САПР цифровых САУ. Сборник № 2, ПсковГУ.
4. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Бабаянц А. В. МикроДАТ. Программные средства цифрового управления. М.: ЦНИИТЭИприборостроения, Каталог ГСП, 1985. Т. 4. Вып. 5, 6. С. 1–70.
5. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Бабаянц А. В. Разработка математического обеспечения автоматических систем управления. — в кн. Автоматизация проектирования № 1; Под общей ред. акад. В. А. Трапезникова. М.: Машиностроение, 1986. С. 45–65.
6. Коневцов В. А., Казаченко А. П., Литвинова Л. М., Бунин А. Б. Модифицированные средства цифрового управления. М.: Информприбор, Каталог ГСП, 1987. Т. 4. Вып. 10, 11, 12. С. 1–112.
7. Коневцов В. А. Программная система цифрового управления. Приборы и системы управления, 1983. № 9. С. 20–25.
8. Berger H. Automatisieren mit STEP 7 in KOP und FUP. Verlag: Publicis Publishing, Erlangen, 2012. Auflage, 6. S. 476.
9. Berger H. Automatisieren mit STEP 7 in AWL und SCL. Verlag: Publicis Publishing, Erlangen, 2011. 7. Auflage, S. 578.

#### Об авторах

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

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

E-mail: kafedravt-ist@mail.ru

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

## **METHODS OF SOFTWARE DEVELOPING OF COMPLEX ПСПЦУ**

*On solving problems to develop CAD of digital automatic control systems based on technique used for the first time in the USSR in 1985.*

**Keywords:** digital automatic control systems, block project language, functional module.