



## Системы автоматизации зданий: комфорт плюс экономия

Ярослав Евдокимов, Александр Яковлев

Рассмотрены актуальные в области автоматизации зданий вопросы выбора аппаратной платформы и сетевой организации, оптимизации алгоритмов управления вентиляцией и отоплением. Приведены соответствующие решения из опыта внедрения проекта автоматизации вентиляционных установок автоцентра «Олимп» (г. Санкт-Петербург).

### ВВЕДЕНИЕ

В последнее время слова «умный дом», «интеллектуальное здание», «автоматика зданий» стали часто встречаться в специальной литературе, а иногда и в средствах массовой информации. При этом зачастую создаётся впечатление, что главное в автоматике зданий — разные эффектные «штучки», такие как включение света голосовой командой или управление кондиционером, телевизором, баром и микроволновкой с единого беспроводного пульта. Но если бы это была лишь дорогостоящая игрушка, то рынок систем автоматизации зданий не развивался бы так быстро, как сейчас.

Наша фирма, успешно занимаясь более семи лет решением задач промышленной автоматизации, решила применить накопленный опыт в области автоматизации инженерных систем зданий. В данной статье мы попробуем с позиций разработчика разобраться, что же в основном подразумевается под автоматикой зданий и для чего она вообще нужна. За основу возьмём один из выполненных нами проектов, а именно проект автоматизации вентиляционных установок автоцентра «Олимп» в городе Санкт-Петербурге.

### Для чего необходимо устанавливать автоматику зданий?

Функциональное назначение любого здания — быть укрытием от внешней среды, создавать комфортные условия для пребывания человека. Чтобы усло-

вия были комфортными, помимо стен и крыши нужно обеспечить должное количество воздуха (вентиляцию) и его качество (отопление, кондиционирование). Также необходимо обеспечить освещение, бесперебойное электропитание и т.д. Таким образом, у нас получается современное здание, насыщенное всевозможными инженерными системами. Для управления этими системами нужна была бы целая армия обслуживающего персонала, если бы не автоматика. Следовательно, автоматика нужна для снижения затрат на обслуживающий персонал.

Немаловажную роль играет и качество управления системами. К примеру, человек повернёт кран калорифера несколько раз в сутки, а автоматический регулятор температуры отслеживает её изменения постоянно и в реальном времени. В результате в помещении поддерживается стабильная температура, которая не зависит от колебаний температуры воздуха за окном и температуры воды на выходе котельной (кстати, температура воды на выходе автоматизированной котельной также более стабильна). Следовательно, благодаря более высокому качеству управления работой систем автоматика способствует повышению комфорта в здании.

И, наконец, применение автоматики позволяет сократить затраты на энергоносители. Интересно, что западные авторы в качестве основной составляющей затрат выделяют освещение (и типовые западные разработки в области автоматики зданий в основном ориентированы на управление освещением), а российские — отопление. Это

неудивительно: во-первых, в большей части России более холодный климат, а во-вторых, в нашей стране электроэнергия значительно дешевле по сравнению с европейскими странами. Каким же образом применение автоматики может снижать затраты энергии? Приведём простой пример. При неуправляемой системе отопления мы будем поддерживать такую выработку тепла, чтобы даже в самое холодное время в помещениях поддерживалась комфортная температура. В результате, когда на улице станет теплее, в помещении будет жарко. Мало того, что комфорт снизится, но ведь это ещё и прямой перерасход энергии! Улучшить положение может автоматическая система, обеспечивающая ровно ту температуру, которая нужна, — в результате снижаются затраты на энергоносители. Естественно, этот эффект достигается только в случае хорошо продуманных алгоритмов управления, заложенных в систему автоматизации.

Можно сделать вывод, что системы автоматизации зданий выполняют три основные функции:

- 1) повышение комфорта в здании,
- 2) снижение затрат на обслуживающий персонал,
- 3) снижение затрат на энергоносители.

### Постановка задачи. Система диспетчеризации или система автоматического управления?

После прочтения большинства статей по автоматизации зданий остаётся

впечатление, что основная задача — это дистанционное управление всем оборудованием с одного диспетчерского пульта. Вопросам построения систем диспетчеризации посвящено немало материалов. А вот уровень автоматизации практически не освещается, создаётся впечатление, что он или не так важен, или уже настолько отработан, что и обсуждать нечего.

На самом деле система диспетчеризации обеспечивает только снижение расходов на персонал. Но даже тут важно, чтобы уровень автоматизации обеспечивал сбор необходимых данных. Например, зачастую в системе предусматривается дистанционное управление вентиляцией, но нет нормального контроля состояния механизмов. В результате диспетчер не видит, включился ли на самом деле вентилятор или насос калорифера по его команде. Такая система скорее вредна, чем полезна: внедрена достаточно дорогостоящая система, назначение которой — снижение расходов на персонал, но персонал всё равно нужен для контроля состояния оборудования.

Что касается обеспечения комфорта и снижения энергозатрат, то тут система диспетчеризации вообще ничего не даёт. Для того чтобы обеспечивать помещения воздухом с заданными параметрами, необходимо управлять системами вентиляции и отопления. Конечно, это может делать и человек, сидящий за диспетчерским пультом, но такое управление будет явно неоптимальным. Только автоматические системы способны в режиме реального времени контролировать состояние воздуха и непрерывно регулировать его подачу, нагрев и охлаждение, не забывая переключаться между экономичным ночным и комфортным дневным режимом.

При работе над проектом «Олимп» нами успешно решены следующие задачи:

- создание системы автоматического управления (САУ) вентиляционными установками здания автоцентра в оптимальных режимах, задаваемых с диспетчерского пульта;
- передача информации от датчиков и шкафов автоматики на общий диспетчерский пульт, на котором в удобной форме отображается информация о режимах работы автоматики, состояниях исполнительных

механизмов и температурах в помещениях.

Итак, при определении задачи автоматизации здания необходимо понимать, что низовой уровень автоматизации — важная часть систем автоматизации зданий. Может быть, этот уровень настолько хорошо освоен, что о нём нет смысла рассуждать? Мы увидели, что это не так. Далее мы покажем, что как в аппаратной базе автоматизации зданий, так и в алгоритмическом и программном обеспечении есть немало спорных моментов, на которые нужно обращать внимание при проектировании, и что не всегда решения, применяемые во внедряемых системах, являются оптимальными.

### **АППАРАТНАЯ ПЛАТФОРМА АВТОМАТИКИ ЗДАНИЙ**

Во избежание путаницы введём два класса контроллеров, используемых в системах автоматизации зданий.

1. Конфигурируемые контроллеры — микропроцессорные устройства, в которые «защита» программа управления с фиксированной структурой. Это может быть регулятор температуры, устройство релейного управления по уставкам или целая САУ вентиляционной установки с калорифером и рекуператором. Такие контроллеры имеют систему настроек, позволяющую в той или иной степени адаптировать САУ к автоматизируемому объекту. Программирование заключается в задании этих настроек через систему меню, подобно тому, как программируется видеомэгафон на запись любимой передачи в определённое время. Недостатком таких контроллеров является отсутствие гибкости в случае изменения исходных данных. Если при проектировании была заложена определённая структура объекта, а потом что-то изменилось, например добавлен дополнительный вентилятор, то решение одно — менять контроллер.
2. Свободно программируемые контроллеры — это контроллеры в том смысле, к которому привыкли разработчики систем промышленной автоматизации. Процессорный модуль, снабжённый средствами сопряжения с устройствами ввода-вывода, программируется на каком-либо специализированном языке либо

одном из стандартных языков программирования. Современная тенденция такова, что в качестве языков программирования, как правило, выступают языки стандарта МЭК 61131-3.

Чем же обусловлено сосуществование на рынке таких разных устройств? Дело в том, что конфигурируемые контроллеры в большинстве своём дешевле, чем свободно программируемые (хотя ценовые диапазоны и смыкаются). Это и понятно: данные устройства проще. Для интегратора тоже проще применить готовое решение, чем разрабатывать свою программу. Зачем же тогда нужны свободно программируемые устройства?

Один из ответов уже был дан ранее. Реалии нашей жизни таковы, что построенное здание может довольно сильно отличаться от начального проекта. В этой ситуации разработчик системы автоматизации должен иметь возможность гибко подстраиваться под изменения без особых затрат денег и времени.

Ещё одна причина применения свободно программируемых контроллеров — это возможность объединения управления различными системами в одном устройстве. Например, один контроллер может одновременно управлять и большой приточно-вытяжной системой с калорифером и рекуператором, и вспомогательными малыми вентиляционными установками. Благодаря гибкости программирования появляется возможность объединять установки по принципу территориальной близости к шкафу автоматики, уменьшая расходы на сами контроллеры, кабели, конструктивы... В итоге, несмотря на более высокую стоимость свободно программируемых контроллеров, система на них при корректном проектировании оказывается дешевле, чем система на основе конфигурируемых контроллеров.

Кроме того, для работы со свободно программируемым контроллером от разработчика АСУ ТП не требуется специальной подготовки (достаточно «общепромышленных» знаний и навыков), чего не скажешь о конфигурируемом контроллере, причём опыт конфигурирования контроллеров одной фирмы мало применим к контроллерам другого производителя. Все эти соображения привели нас к тому, что нашей «генеральной линией» стало использова-

ние свободно программируемых контроллеров. Мы считаем, что такое решение оптимально для систем автоматизации зданий — Building management systems (BMS). Применение свободно программируемых контроллеров успешно решило задачу автоматизации вентиляционных установок в автоцентре, несмотря на то что они были различной мощности и территориально разнесены по всему зданию.

На рис. 1 представлена схема распределения шкафов САУ по приточно-вытяжным системам автоцентра «Олимп». Шкаф системы управления вентиляционной установкой в разных видах показан на рис. 2.

Нашей компанией давно и с успехом применяются модули ввода-вывода и контроллеры ведомого узла PROFIBUS из семейства WAGO I/O серии 750 фирмы WAGO (Германия). Например, использование этих устройств в САУ автомобильными газонаполнительными компрессорными станциями (один из наших внедрённых проектов) показало их высокую надёжность, чрезвычайное удобство монтажа и обслуживания.

Оборудование WAGO I/O серии 750 широко применяется в промышленной автоматике, а в последнее время — и в автоматизации зданий. Среди сделанных на контроллерах WAGO I/O проектов автоматизации зданий такие «монстры», как штаб-квартира фирмы Bosch, главное полицейское управление Гамбурга, центр «Даймлер-Бенц» («Мерседес») в Потсдаме, Центральный банк города Саарбрю-

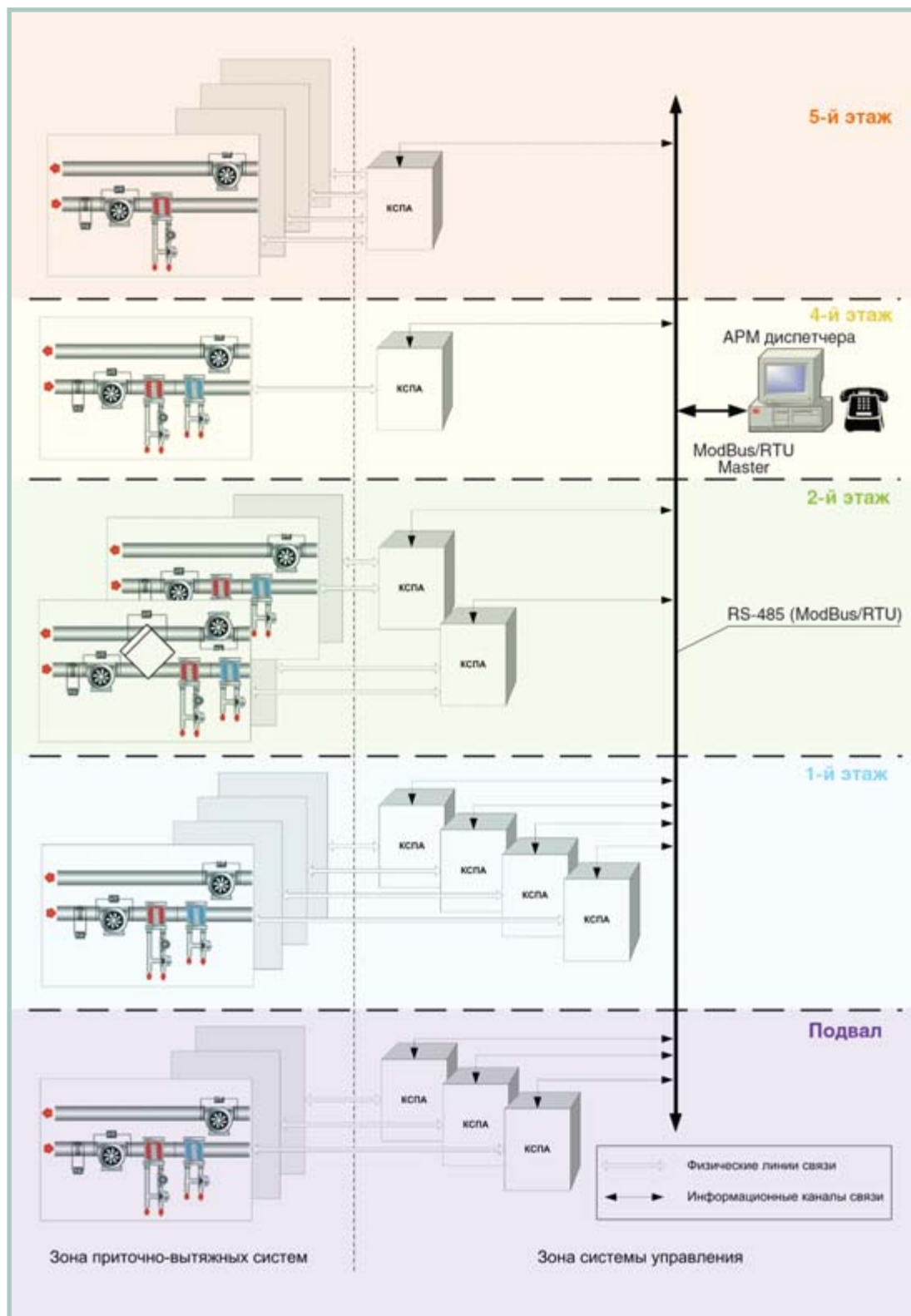


Рис. 1. Схема распределения шкафов САУ (КСПА) по приточно-вытяжным системам автоцентра «Олимп»

кена и т.д. Есть уже и отечественный опыт применения данных контроллеров в проектах автоматизации зданий банков, торгово-развлекательных центров, коттеджных поселков (см. «СТА» № 4 за 2006 год).

Все эти факты повлияли на то, что для автоматизации зданий мы выбрали программируемые контроллеры WAGO I/O серии 750. Оглядываясь назад, мо-

жем сказать: мы не пожалели о своём выборе (см. врезку «Сравнительный анализ контроллеров для автоматизации зданий»).

### АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВЕНТИЛЯЦИЕЙ И ОТОПЛЕНИЕМ

Один из основных источников затрат энергии в нашем холодном климате — это отопление. При автоматизации ин-



Рис. 2. Шкаф системы управления вентиляционной установкой

женерных систем здания нужно найти баланс между комфортом (необходимой температурой) и снижением затрат (достижением необходимой температуры с минимальным расходом энергии).

Действенным способом снижения затрат на отопление является применение рекуперации. Рекуператор тепла — это теплообменник барабанного или трубчатого типа, при помощи которого часть тепла от вытяжного воздуха передается холодному приточному воздуху, поступающему с улицы. Эффективность рекуператоров очень высока: рекуператор в приточной системе нагревает поступающий с улицы воздух от  $-20$  до  $+10^{\circ}\text{C}$ . Но без системы автоматики, регулирующей передачу тепла, можно получить довольно большие колебания температуры приточного воз-

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ КОНТРОЛЛЕРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Проведём небольшой сравнительный анализ применяемых при автоматизации зданий контроллеров из числа наиболее часто встречающихся на российском рынке.

Здесь не анализируются системы для автоматизации малых по размеру объектов (Smarthome), так как это отдельный сегмент рынка, на котором действуют свои законы. Зато рассматриваются широко представленные на сегодняшний день в России свободно программируемые контроллеры компаний Honeywell, Johnson Controls, Siemens и WAGO, а также конфигурируемые контроллеры фирм REGIN, Polar Bear и OBEH.

#### Свободно программируемые контроллеры

Свободно программируемые контроллеры компаний Honeywell, Johnson Controls, Siemens и WAGO способны обеспечить решение практически всех актуальных задач автоматизации зданий. При этом сами решения, предлагаемые разными компаниями, имеют различия.

##### Контроллеры компании Honeywell

Линейка контроллеров Honeywell представлена как несложными по своей функциональности контроллерами, решающими определённые локальные задачи, так и мощными контроллерами с распределённой системой ввода-вывода сигналов.

Отказавшись от шины C-Bus собственной разработки, компания стала поддерживать широко распространённую шину LonWorks. Такое решение позволило использовать её контроллеры с устройствами других производителей, совместимыми с шиной LonWorks.

Датчики, выпускаемые компанией для проектов типа «Умный дом», могут быть сопряжены с оборудованием других производителей.

Компания Honeywell весьма известна и уважаема в сфере промышленной автоматизации и автоматизации зданий, однако её информационная политика не отличается достаточной открытостью.

##### Контроллеры компании Johnson Controls

Johnson Controls (JC) — американская компания с многолетней историей деятельности в области автоматизации зданий. JC разработала свою концепцию и предлагает про-

граммные и аппаратные решения, применимые только в этой области. Хорошо проработаны вопросы, связанные с типовыми задачами, встречающимися при автоматизации зданий.

Программное обеспечение Metasys от JC имеет многослойную архитектуру. Есть мнение, что это является следствием недостаточно корректного подхода разработчиков при переходе к новому уровню программно-технических средств и отсутствия единого подхода к построению системы. При этом имеются серьёзные опасения относительно общей надёжности подобного «пирога» и сложности процесса разработки и модернизации. Подобные технологии имели место в начале 80-х годов, а при современном уровне развития техники такой подход представляется архаичным и ничем не обоснован. Способ программирования контроллеров не похож ни на один современный, и его освоение «с нуля» достаточно проблематично.

В связи с тем, что политика JC подразумевает полное неразглашение информации о своих технических продуктах, говорить о каких-либо «плюсах» и «минусах» контроллеров не представляется возможным. Ясно одно — внесение небольших изменений в функции или перечень подключаемого оборудования потребует серьёзной переработки проекта, может даже повлечь необходимость выезда представителей фирмы на объект для перенастройки оборудования и изменения архитектуры. Это, в свою очередь, повлечёт за собой немалые денежные затраты заказчика. Фактически покупатель приобретает чёрный ящик с набором входов и выходов, что не может не настораживать.

Кроме того, практически все датчики, выпускаемые JC, невозможно использовать совместно с оборудованием других производителей.

##### Контроллеры корпорации Siemens

В АСУ ТП давно и широко применяются контроллеры Siemens семейств SIMATIC S7 и LOGO!. Они хорошо зарекомендовали себя благодаря высокой надёжности, гибкости и простоте программирования. Эти универсальные контроллеры применяются и для автоматизации зданий, как правило, для решения сложных задач управления крупными инженерными системами торговых и производственных помещений. В то же время корпорация Siemens пред-

духа. Кроме того, тепла от рекуператора может не хватить, и тогда нужно задействовать калорифер. Чтобы отопление было наиболее эффективным, управление рекуператором и калорифером должно быть согласовано между собой: только тогда, когда возможности рекуператора использованы полностью, автоматика должна включать в работу калорифер.

Не случайно производители автоматики для вентиляционных систем достаточно давно отказались от управле-

ния отдельными подсистемами и начали создавать единые САУ приточно-вытяжных установок.

Задача управления калорифером, на первый взгляд, довольно проста: достаточно управлять трехходовым клапаном, регулируя подачу теплоносителя в зависимости от текущей и заданной температуры в отапливаемом помещении. Но проблема в том, что теплоносителем является обыкновенная вода, а значит, зимой есть опасность замерзания. Чтобы избежать этого, обычно ал-

горитм управления дополняется одним из следующих решений:

- подача команды на полное открытие (или фиксированную величину открытия) клапана калорифера при диагностировании опасности замерзания;
- запрет закрытия клапана калорифера при диагностировании опасности замерзания.

Оба решения имеют существенные недостатки. Если система автоматики открывает клапан полностью при любой опасности замерзания, то задача

лагает гамму изделий, специально предназначенных для автоматизации зданий. Направлением автоматизации инженерных и офисных систем зданий занимается подразделение Siemens Building Technologies, которое в настоящее время активно продвигает систему автоматики и управления для зданий DESIGO™. Эта система может быть разделена на три уровня: уровень оборудования, уровень автоматизации, уровень управления. Благодаря идеологии распределённой системы управления каждый уровень может функционировать как отдельно, так и в составе комплексной системы.

Семейство контроллеров DESIGO™ PX представлено свободно программируемыми контроллерами двух типов: компактными с интегрированными входами-выходами и модульными с внешними сигнальными модулями. Также в системе есть панели оператора, Интернет-контроллеры и специализированные контроллеры для интеграции контроллеров других производителей.

Программирование контроллеров осуществляется при помощи фирменной среды разработки, в которой поддерживаются языки стандарта МЭК 61131-3: IL и CFC. К сожалению, поддержка текстового высокоуровневого языка этого же стандарта (ST) отсутствует, что, конечно, повышает трудоёмкость разработки программного обеспечения (ПО).

Лицензионная политика данного производителя предполагает полное отсутствие каких-либо демо-версий. Покупатель должен заплатить около 2500 евро за среду разработки, поставляемую с аппаратным ключом, а также ежегодно продлевать лицензию примерно за 500 евро. При отсутствии активной лицензии открыть проект ПО невозможно. Более того, средства программной эмуляции контроллера отсутствуют; для отладки программы нужно иметь контроллер, подключённый к компьютеру. Всё это снижает привлекательность данной техники для системного интегратора.

Также следует сказать, что «родной» для системы DESIGO™ сетью является BACnet в физической среде LonWorks. Такое решение, будучи само по себе неплохим, тем не менее, порождает сложности при интеграции в единую сеть оборудования DESIGO™ и оборудования других производителей, поддерживающих «настоящий» протокол LonWorks.

#### Контроллеры WAGO I/O

Система на базе контроллеров WAGO I/O имеет концепцию построения, характерную скорее для промышленной автоматики, чем для систем автоматизации зданий. Эта концепция подразумевает использование как программируемых, так и пассивных базовых контроллеров со свободно

формируемым набором сигнальных модулей. Так, один базовый контроллер может управлять, к примеру, системами вентиляции, освещения и доступа одновременно в отдельно взятом месте здания. Для небольших задач приемлема централизованная архитектура с использованием одного программируемого контроллера и пассивных базовых контроллеров. Программируемые и пассивные базовые контроллеры могут связываться с системой диспетчеризации при помощи самых разнообразных интерфейсов: Ethernet TCP/IP, PROFIBUS-DP, LonWorks, ModBus, CANbus и пр. Гибкость системы позволяет минимизировать затраты на реализацию, так как нет необходимости приобретать отдельные специализированные элементы для управления тем или иным оборудованием. При возникающих изменениях количества сигналов доработка весьма проста.

Контроллеры и сигнальные модули компактны, что позволяет компоновать весьма сложные системы автоматики в шкафах небольших размеров. С этим связан такой курьёзный случай: когда наша фирма поставила систему автоматики вентиляции на объект, представитель поставщика вентиляционного оборудования, не знакомый с техникой фирмы WAGO, открыл шкаф и возмутился: «А где же контроллер?» Действительно, на фоне солидных блоков питания и трансформаторов контроллер «затерялся» (аналогичную картину можно видеть на фотографии шкафа управления с открытой дверцей — рис. 2). Конечно, всё быстро выяснилось, и «несолидно» выглядящая техника показала своё истинное качество.

Несомненным плюсом систем WAGO I/O является возможность сопрягать контроллеры практически с любым оборудованием сторонних производителей как нижнего, так и верхнего уровней. В отличие от других подобных систем заказчика не пытаются «посадить на иглу» — у него есть свобода выбора.

В качестве среды разработки ПО используется CoDeSys фирмы 3S — Smart Software Solutions. Без преувеличения, это одна из лучших в мире систем технологического программирования. Поддержаны все языки стандарта МЭК 61131-3, есть возможность создания экранов визуализации, среда чрезвычайно надёжна в работе и имеет хорошие оптимизирующие компиляторы для самых разных контроллеров.

Тот факт, что система WAGO I/O популярна и применяется при автоматизации сложных технологических объектов, говорит о её надёжности и, несомненно, о больших перспективах в области автоматизации зданий. В Европе уже внедрено много крупных проектов автоматизации зданий на контроллерах WAGO I/O. Всё больше таких проектов внедряется и в России.

защиты от замерзания будет выполнена, но при этом будет повышен расход энергии, а температура в отапливаемом помещении будет несколько повышена по сравнению с заданием.

Если же автоматика блокирует положение клапана, запрещая его закрытие при угрозе замерзания, то в силу тепловой инерции объекта возможно понижение температуры ниже точки, в которой сработала блокировка, и это может привести к замерзанию. Поэтому при

настройке системы автоматики уставку замерзания приходится искусственно поднимать, что приводит опять-таки к повышению расхода тепла и поддержанию несколько повышенной температуры в отапливаемом помещении.

Нами была разработана схема, в которой клапан всегда открывается ровно на столько, на сколько надо. Принцип её действия определяется несколькими независимыми контурами обратной связи и селектором минимума.

Контур обратной связи по температуре в отапливаемом помещении, температуре обратной воды в калорифере и воздуха за калорифером работают независимо, обеспечивая плавный переход с одной регулируемой величины на другую. В результате, если калорифер приближается к замораживанию, не происходит каких-то резких переключений управляющих воздействий. Ограничительный контур безударно перехватывает управление и начинает

## Конфигурируемые контроллеры

### Контроллеры фирмы REGIN

Фирма REGIN выпускает следующий ассортимент продукции, относящейся к рассматриваемым задачам:

- регуляторы температуры;
- термостаты;
- гидростаты;
- датчики температуры;
- конфигурируемые контроллеры.

Цена самого дорогого и мощного контроллера, совместимого с LonWorks, от этого производителя — 930 евро. Контроллеры созданы именно для задач вентиляции и кондиционирования. Простая настройка при помощи меню, все типовые задачи решены: режимы день/ночь, защита от замерзания и т.д. Единственный недостаток, который нам удалось обнаружить, — невозможность прямого подключения к этому контроллеру датчиков температуры, отличных от Pt1000. С другой стороны, это можно компенсировать наличием в контроллере стандартных аналоговых входов.

Цена такого контроллера сопоставима с ценой некоторых свободно программируемых контроллеров, поэтому данная продукция занимает «пограничную» область. Целесообразность применения в каждом конкретном проекте должна оцениваться отдельно.

### Контроллеры фирмы Polar Bear

Нам не удалось понять, почему эти контроллеры достаточно широко представлены (и, видимо, продаются) на российском рынке. По внешнему виду эти устройства напоминают советские изделия 60-70-х годов. Функций мало, никаких интерфейсов — ничего. При том цена более или менее пристойного изделия — около 640 евро. Надо отметить, что другие устройства этой фирмы, например позиционеры регулирующих клапанов, показали себя вполне достойно. Видимо, фирма в какой-то момент решила расширить ассортимент продукции в сторону контроллеров, но сделала это откровенно неудачно.

### Контроллеры фирмы ОВЕН

Фирма ОВЕН — это отечественный производитель, позиционирующий себя как изготовитель дешёвых средств автоматизации. В основном разрабатывает различные локальные регуляторы. Но большую систему автоматизации сделать на таких контроллерах практически невозможно (хотя некоторые разработчики пробуют); судя по

отзывам в Интернет-форумах, есть некоторые недоработки. Отдельные блоки хорошо применяются для решения локальных задач. Часть модулей содержит коммуникационный интерфейс RS-485.

Автоматика достаточно популярна, у фирмы очень грамотная техническая поддержка. В целом продукция оставляет положительное впечатление, но несколько не вписывается в рассматриваемую нами нишу BMS.

Также производитель продвигает свою SCADA-систему. Она очень легко конфигурируется, но предназначена для работы только с автоматикой фирмы ОВЕН. Предоставляется бесплатно, но производитель не гарантирует отсутствие ошибок.

## Результаты сравнения

Приведём результаты сравнения рассмотренных контроллеров для систем автоматизации зданий.

Сравнительные оценки свободно программируемых контроллеров отражает табл. 1, а конфигурируемых контроллеров — табл. 2.

Наше общее впечатление: к сожалению, на рынке автоматизации зданий ещё распространены закрытые решения, ничем не оправданные «фирменные» секреты, за которыми зачастую скрывается просто техническое несовершенство продукции. Выбирая аппаратную платформу, необходимо не только смотреть на рекламные заявления типа «Мы — лидеры рынка автоматизации зданий», а внимательно проверять полноту и доступность технической информации и технической поддержки. ■

Таблица 1

Сравнительная оценка свободно программируемых контроллеров компаний Jonson Controls, Honeywell, Siemens и WAGO

Показатели Производители	Гибкость системы	Доступность информации и техническая поддержка	Возможность подключения оборудования других производителей	Программная поддержка	Цена	Общая оценка
Johnson Controls	○	○	○	○○	○○○	○
Honeywell	○○○○	○○	○○○○	нет данных	○○○○	○○○○
Siemens	○○○○○	○○○○○	○○○○	○○○	○○○○	○○○○
WAGO	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○○○

Таблица 2

Сравнительная оценка конфигурируемых контроллеров фирм REGIN, Polar Bear и ОВЕН

Показатели Производители	Гибкость системы	Доступность информации и техническая поддержка	Возможность подключения оборудования других производителей	Программная поддержка	Цена	Общая оценка
REGIN	○○○	○○	○○○	○○○	○○	○○○○
Polar Bear	○○	○	○	○	○○	○
ОВЕН	○○○○○	○○○○○	○○○○○	○○○	○○○○○	○○○○○

стабилизировать температуру воды или воздуха за калорифером, удерживая её на минимально допустимом безопасном уровне (см. врезку «Графики переходных процессов при защите калорифера от замораживания»).

Зачастую при создании инженерных систем зданий разработчики экономят на обвязке исполнительных механизмов сигналами обратной связи. И действительно, зачем ставить на заслонку сигнализаторы конечных положений и вводить эти сигналы в систему автоматики, если несработавшая заслонка не приведёт к чему-то катастрофическому? Вентилятор скорее всего не будет сломан, если поработает некоторое время при неоткрытой заслонке, а по необычному шуму дефект будет быстро обнаружен и устранён.

Но если вдуматься, такой подход противоречит самой идее интеллекту-

ального здания. Смысл внедрения дорогостоящей автоматики в том и состоит, чтобы снизить расходы при эксплуатации. А добиться этого можно, снизив энергопотребление и уменьшив численность обслуживающего персонала. О каком снижении энергопотребления может идти речь, если вентиляторы время от времени работают «в стену»? А если автоматика не может обнаружить неисправность самостоятельно, то таким обнаружением должен заниматься персонал. В большом здании это означает большое количество работников и непрерывные обходы оборудования. Зачем тогда нужна система автоматизации и диспетчеризации?

Получается, что желание сэкономить на комплектации системы автоматики оборачивается снижением (возможно, до нуля) экономического эффекта от внедрения системы.

Применение различных датчиков обратной связи (концевые выключатели, датчики положения регулирующих заслонок и т.п.) в сочетании с гибко программируемыми контроллерами позволяет создать действительно «интеллектуальную» систему, которая не только переключает аппаратуру по заданной программе, но ещё и может сообщить диспетчеру о дефектах оборудования. Представим, что в торговом центре на вентиляционной установке при попытке включения не открылась заслонка приточного воздуха. Автоматика ждёт некоторое время, удерживая команду на механизм заслонки, после чего выдаёт сигнализацию и не включает приточный вентилятор. Диспетчер, получив сигнал «Приточная заслонка № 7 на установке П5 не открылась», может вовремя принять меры, опера-

### ГРАФИКИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ ЗАЩИТЕ КАЛОРИФЕРА ОТ ЗАМОРАЖИВАНИЯ

Рис. 3 иллюстрирует три варианта защиты калорифера от замораживания. Переходные процессы, показанные на рисунке, являются результатом компьютерного моделирования ситуации понижения задания на температуру приточного воздуха с 25 до 18°C с ограничением минимальной температуры обратной воды калорифера на уровне 15°C. Изменение задания происходит в момент времени  $t=100$  с, после чего регулятор калорифера обрабатывает изменившееся задание. Тонкие вертикальные пунктирные линии отображают моменты срабатывания ограничения по температуре обратной воды.

Видно, что в системе с фиксированным открытием клапана (верхний график) при ограничении минимальной температуры начинаются незатухающие колебания. Регулятор снижает температуру воздуха, вместе с этим понижается температура обратной воды. Когда температура воды доходит до 15°C, ограничитель выдаёт команду на открытие клапана на 50%. Температура начинает расти, ограничение перестаёт работать, и регулятор основного параметра начинает уменьшать открытие клапана с целью достижения заданной температуры. Температура воды снова падает, и процесс циклически повторяется.

От этого недостатка свободна система, в которой при опасности замерзания ограничивается (запрещается) дальнейшее закрытие клапана (средний график). Но при таком построении системы ограничиваемая температура снижается ниже допустимого предела за счёт инерции объекта. Причём величина этого снижения может быть различной и зависит от темпа уменьшения температуры в момент ограничения. На практике это означает, что значение минимально допустимой температуры приходится завышать, чтобы избежать замораживания. Это приводит к сужению диапазона регулирования и работе с некоторым перерасходом тепловой энергии.

Система с ограничительным контуром регулирования (нижний график) начинает ограничивать температуру заранее, не дожидаясь достижения предельного уровня. В ре-

зультате происходит безударный выход на величину ограничения. Поскольку температура ограничивается регулятором, темп снижения учитывается автоматически: регулятор быстрее приоткрывает клапан при более быстром её падении.

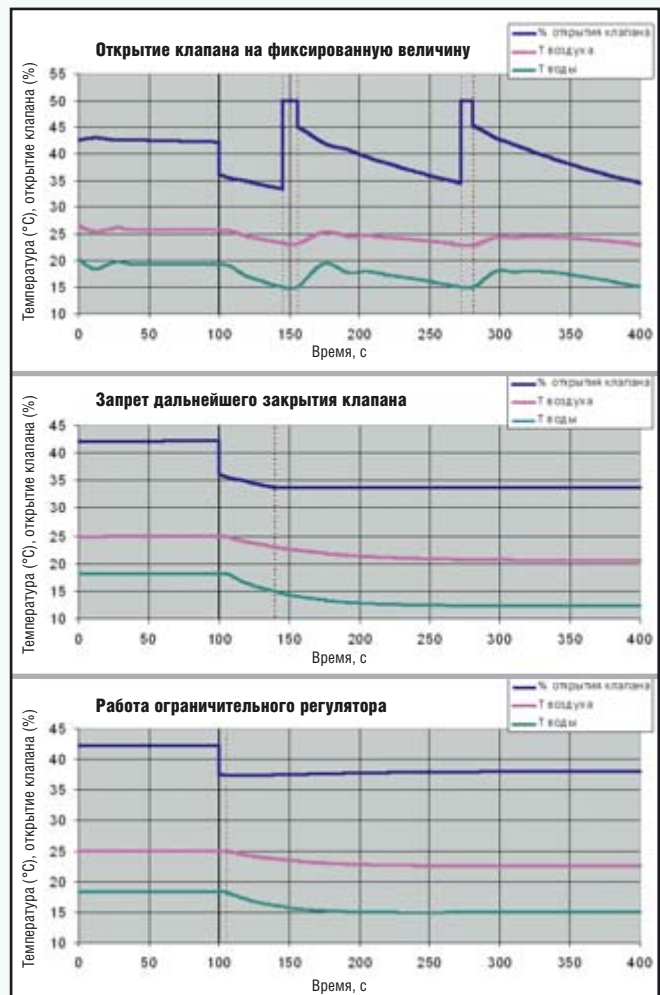


Рис. 3. Графики переходных процессов для защиты калорифера от замораживания

Рейтинг отдельных алгоритмических решений в системах автоматизации зданий

Показатели рейтинга Решения	Комфорт в здании	Снижение затрат на энергию	Снижение затрат на персонал	Снижение затрат на ремонты	Цена системы
Неполный контроль исполнительных механизмов	○○○	○○○	○○	○○○	○○○○○
Полный контроль исполнительных механизмов	○○○○	○○○○	○○○○	○○○○○	○○○○
Полный контроль исполнительных механизмов и усовершенствованное управление калорифером	○○○○○	○○○○○	○○○○	○○○○○	○○○○

тивно направив ремонтников в нужное место. В результате дефект будет достаточно быстро устранён, посетители торгового зала не заметят ни духоты, ни дискомфортной температуры, а собственник магазина не понесёт убытков от повышения расхода электроэнергии.

Надо заметить, что в системах промышленной автоматизации контроль срабатывания исполнительных механизмов — это совершенно обычная практика. Можно возразить, что цена несрабатывания, например, на газопроводе — это возможная авария, способная нанести огромный ущерб, а то и повлечь человеческие жертвы, а в системе вентиляции — это просто относительно небольшие убытки. Но ведь именно ради уменьшения таких убытков и внедряются системы автоматизации зданий! Поэтому, по нашему мнению, нужно ещё на этапе проектирования закладывать в систему такие решения, которые помогут диагностировать состояние механизмов и принимать оперативные решения при каких-либо неполадках.

В некоторых случаях одного контроля исполнительных механизмов мало. Например, недостаточно проконтролировать, что сработал пускатель циркуляционного насоса калорифера. Если пускатель сработал (система автома-

тизации и диспетчеризации получила сигнал, что всё в порядке), а насос по какой-то причине не запустился, то калорифер нормально работать не будет: нет притока теплоносителя, а значит, нет теплопередачи. Диспетчер увидит только тот факт, что регулятор калорифера по какой-то причине не может удержать заданную температуру приточного воздуха. Именно такую ситуацию мы наблюдали на одном из объектов. А исправить положение довольно просто: нужно еще при проектировании заложить в систему реле протока за насосом и контролировать наличие протока при работе насоса. Более того, такое несложное решение позволит в некоторых случаях предотвратить поломку оборудования, отключив насос при отсутствии воды в контуре.

Рейтинг отдельных алгоритмических решений в системах автоматизации

зданий отражает табл. 3. Из этой таблицы видно, что хорошо продуманные алгоритмы управления немного увеличивают цену системы, но при этом её характеристики существенно улучшаются. Вывод: не следует экономить на хорошей проработке алгоритмов управления и на получении информации о состоянии объекта. И тут преимущество имеет та фирма, которая выполняет все этапы разработки, начиная с проекта и ТЗ, и имеет возможность самостоятельно разрабатывать прикладные программы.

### СЕТЬ ДЛЯ СВЯЗИ С СИСТЕМОЙ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

Устройства автоматики зданий интегрируются в систему диспетчеризации при помощи вычислительной сети. За время существования вычислительных сетей создано достаточно

### СЕТЕВЫЕ ПРОТОКОЛЫ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ

Рассмотрим четыре протокола, два из которых используются исключительно для САУ зданиями, а два других являются универсальными и применяются не только в системах автоматизации зданий, но и в системах управления иного назначения, прежде всего в АСУ ТП.

#### LonWorks

Отличие протокола LonWorks в том, что он целиком реализуется на аппаратных средствах. Если в устройство интегрирована специальная микросхема Neuron, разработанная фирмой Echelon и выпускаемая такими компаниями, как Toshiba и Motorola, то у системного интегратора есть возможность при помощи специального конфигуратора формировать нужные связи устройств и организовывать передачу данных без программирования. Более того, сеть можно модифицировать в режиме on-line без перезапуска устройств. Несомненно, это удобно. LonWorks поддержан многими производителями как контроллеров, так и интеллектуальных датчиков и исполнительных устройств. Часто можно слышать даже утверждения типа «LonWorks — стандарт де-факто в автоматизации зданий» (правда, заметим в скобках, что точно такие же фразы с заменой «LonWorks» на своё название высказывают разработчики некоторых других протоколов).

Вообще создаётся впечатление, что разработчики LonWorks тяготели к «нижнему» уровню автоматизации. С помощью LonWorks легко и просто организуется сеть, объединяющая устройства с небольшим количеством тегов на каждом узле. По поводу количества тегов надо сказать особо. 52 тега (входных и выходных переменных в сумме) — это зачастую очень мало. Несколько улучшает положение наличие структурных типов данных, позволяющих упаковать в один тег довольно много информации.

В больших системах сами разработчики предупреждают о возможности конфликтов. Чтобы их избежать, введено понятие приоритета сетевых связей. Впрочем, мировая практика говорит о том, что весьма крупные проекты автоматизации зданий могут создаваться с применением технологии LonWorks.

#### BACnet

BACnet — сравнительно недавно разработанный протокол самого верхнего, прикладного уровня. Также спецификация протокола охватывает сетевой уровень. На физическом и канальном уровнях BACnet может использовать как вполне традиционные Ethernet, RS-232, RS-485, так и среду сети LON. В результате системный интегратор получает высокоуровневую надстройку над LON. Протокол определяет набор стандартных объектов, описывающих автоматизируемое оборудование и характеризующихся наборами свойств. В этом его принципиальное отличие, например, от LonWorks, оперирующего более абстрактными типами дан-



много сетевых протоколов, имеющих свои преимущества и недостатки. При создании системы автоматизации необходимо выбрать оптимальный вариант.

«Естественный отбор» на рынке сделал своё дело, и откровенно неудачные сетевые протоколы просто исчезли. Сравнить «выжившие» протоколы только по техническим характеристикам — занятие неблагодарное, так как в области автоматизации зданий, как ни в какой другой области автоматизации, оценки сильно зависят от коммерческих, организационно-технических и просто субъективных факторов и поэтому абсолютной достоверностью отличаться не могут. Тем не менее производители различного оборудования зачастую устраивают по этому поводу настоящие битвы на Интернет-форумах и в прессе.

Попробуем разобраться в особенностях применения наиболее распространённых протоколов.

Почему-то так исторически сложилось, что данная отрасль идёт своим путём, и основные сетевые протоколы, используемые в системах автоматизации зданий, не применяются больше нигде. Нам не удалось найти объективных причин этого. Автоматика зданий не предъявляет каких-то особых требований к системе сетевого взаимодействия. Дешевизной приме-

няемые здесь решения также не отличаются. Поэтому остаётся только повторить: ситуация сложилась исторически.

Нам не удалось понять, какими же преимуществами обладают специализированные протоколы для систем автоматизации зданий перед универсальными протоколами. Например, единственный плюс LonWorks — большое количество интеллектуальных устройств, поддерживающих этот протокол. Но в целом, по нашему мнению, если система создаётся «с нуля», то применение общепринятых универсальных протоколов (например, Ethernet TCP/IP и HTTP) позволяет в итоге создать более простое, надёжное и недорогое решение. В этом смысле показателен заголовок статьи Уильяма Р. Элама (William R. Elam), входящей в обзор “Viewpoint: BACnet versus LonWorks” («Точка зрения: BACnet против LonWorks»), — “Internet Beats Them Both” («Интернет побеждает обоих»).

Было бы неправильно утверждать, что только применение специализированных протоколов позволяет автоматизировать крупные здания. Так, например, в автоцентре «Олимп», где внедрена наша САУ вентиляционными установками, сеть диспетчеризации использует протокол ModBus/RTU в среде RS-485 (см. врезку «Сетевые про-

токолы для построения систем диспетчеризации»).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Автоматизация зданий — быстро развивающаяся, но сравнительно молодая область техники, поэтому здесь, особенно на уровнях управления инженерными системами и системами жизнеобеспечения, практически ещё нет устоявшихся технических решений, выходящих за рамки частных решений отдельных фирм. Мы убеждены, что разработчикам автоматизации зданий нужно обратить внимание на разработки, существующие в системах промышленной автоматизации. Наш опыт говорит о том, что принципы создания АСУ ТП и систем автоматизации зданий в целом схожи, и использование отработанных в промышленности решений позволяет быстро создать качественную систему. А при оптимальном подборе комплектующих стоимость её не будет так высока, как может показаться.

Авторы не претендуют на непогрешимость, но заверяют в обдуманности и неангажированности своей позиции. ●

**Авторы — сотрудники  
ООО «НПК «ЛЕНПРОМАВТОМАТИКА»  
Телефон/факс: (812) 336-2968**

ных. Проблема в том, что программную поддержку нужно создавать либо самому (а протокол сложный), либо покупать у тех, кто уже озаботился созданием такого ПО. Впрочем, последних становится всё больше.

Зачастую можно слышать утверждение, что BACnet, надстроенный над LON, легко сочетается с «чистым» LON. По нашему опыту, это утверждение неверно (об этом же пишет Билл Сван (Bill Swan) в статье “LonWorks to BACnet — A Difficult Upgrade”). Физическая среда действительно одна и та же, но для того чтобы система диспетчеризации могла одновременно «видеть» устройства BACnet и LON, необходимы достаточно дорогие и непростые в программировании переходные устройства.

### ModBus/RTU

ModBus/RTU — открытый протокол, вполне традиционный для АСУ ТП. В качестве его преимуществ можно назвать обилие литературы и программной поддержки, распространённость данного протокола. Физическая среда — RS-485. Это, конечно, накладывает ограничение на дальность передачи — 1200 м. Но практика показывает, что даже для достаточно большого здания при удачном размещении диспетчерского пульта и разумной прокладке кабелей этого обычно хватает.

Для того чтобы передавать информацию по ModBus, нужно иметь программную поддержку протокола. Но, поскольку протокол открыт и широко распространён, ника-

кого сложного программирования не требуется. Как правило, достаточно применить готовые решения, поставляемые в виде программных библиотек.

### Ethernet TCP/IP

В настоящее время Ethernet TCP/IP распространён повсеместно. Достоинством для систем автоматизации зданий можно считать возможность организации управления по той же информационной сети, которая является обязательным атрибутом любого современного офисного, промышленного, а теперь уже и жилого здания. Заметим, что в промышленных АСУ ТП объединение офисной и технологической сетей, на наш взгляд, недопустимо. В САУ зданиями требования к скорости и гарантии доставки данных ниже, поэтому тут недостаток превращается в достоинство: достаточно проложить обычную компьютерную сеть, установить на один или несколько офисных компьютеров соответствующее ПО — и готова система диспетчеризации для интеллектуального офиса.

Некоторые производители предоставляют готовый Web-сервер для своих контроллеров, при помощи которого можно создать систему диспетчеризации в сети Intranet/Internet, используя протокол HTTP. Надо сказать, что профессиональными знаниями и навыками в области TCP/IP и Web сейчас обладают многие программисты, а это значит, что организовать сопровождение и обслуживание такой сети намного проще, чем, например, сети LON. ■