

# Система автоматизации отпуска сжиженного газа на АГЗС

*Александр Летуновский*

В данной статье рассказывается о характерных особенностях автоматизации торгово-технологического цикла функционирования автомобильных газовых заправочных станций, о разработанной системе и опыте её эксплуатации. Особое внимание уделено дозированному отпуску сжиженного углеводородного газа.

## ВВЕДЕНИЕ

Использование сжиженного углеводородного газа (СУГ) в качестве моторного топлива за последние годы приобретает все больше сторонников. С каждым днем возрастает число автомобилей, оснащенных газобаллонным оборудованием (ГБО), а целый ряд зарубежных производителей уже наладил серийный выпуск двухтопливных автомобилей.

В условиях роста спроса на СУГ обострились проблемы автомобильных газовых заправочных станций (АГЗС), связанные с отсутствием автоматизированного учета СУГ и малой пропускной способностью. В связи с этим компания «Химгазкомплект» в начале 2000 года поставила задачу разработать автоматизированную систему управления отпуском и учета СУГ для АГЗС, и уже через полгода первая такая система была введена в опытную эксплуатацию.

В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к интеграции технологического и торгового оборудования АГЗС, организации единого торгово-технологического цикла и информационного пространства на станции. Это вызвано, с одной стороны, стремлением владельцев АГЗС к упорядочению работы и ужесточению внутреннего учета, а с другой стороны — ускоренной подготовкой отраслевой нормативной базы в части автоматизации фискаль-

ного учета с применением контрольно-кассовых машин (ККМ).

На основании последнего решения ГМЭК по ККМ касательно сферы торговли газовым топливом (протокол № 2/67-2002) и Протокола технического совещания, созванного по инициативе заинтересованных ведомств 15.01.2002 года, можно сформулировать следующие основные требования к системам автоматизации АГЗС:

- управление отпуском СУГ должно осуществляться от ККМ (через специализированный контроллер) или от компьютерно-кассовой системы;
- система должна обеспечивать автоматический кассовый учет СУГ по каждой дозе как в единицах объема, так и в единицах массы, с учетом данных о плотности и температуре, принимаемых с датчиков;
- система должна обеспечивать отпуск не только по постоплате, но и по предоплате, то есть обеспечивать дозирование с точностью, определяемой разрядностью счетчика колонки.

К этому добавляются общие требования нормативной базы в области отпуска нефтепродуктов, средств измерений, безопасности на АГЗС.

Опираясь на 10-летний опыт в области автоматизации управления и учета на АЗС, на результаты проведенных исследований и современные технические средства автоматизации, компания «ЭЛСИ ПЛЮС» получила принципиально новое решение, удовлетворяющее перечисленным требованиям и проверенное в ходе длительной опытной эксплуатации. В настоящее время идет широкое внедрение на АГЗС разработанных на базе этого решения систем.

## ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРУЕМОГО ПРОЦЕССА И ОБОРУДОВАНИЯ

Основные проблемы автоматизации АГЗС обусловлены физическими свойствами СУГ, их проявлением в конкретных условиях, а также функциональной неполнотой и ограниченными исполнительными возможностями оборудования АГЗС. Эти проблемы затрагивают как область управления отпуском, так и область учета СУГ.

### Проблема дозирования СУГ

Уже в начале работ выяснилось, что широко распространенное мнение об иден-



АГЗС компании «Северное», Санкт-Петербург

точности газовых и бензиновых колонок в части автоматизации управления является ошибкой. К сожалению, у подавляющего большинства и зарубежных, и отечественных газонаполнительных колонок (ГНК), исследованных в процессе работ, обнаружилось те или иные нерешенные проблемы управления.

Одна из главных проблем связана с тем, что оборудование ГНК, как правило, не учитывает такую особенность СУГ, как эффект кипения при изменении параметров замкнутой термодинамической системы. В частности, при закрытии электромагнитного клапана на ГНК после ее выключения происходит падение давления за клапаном в системе ГНК — ГБО, вызывающее вскипание СУГ. При вскипании СУГ расширяется, частично переходя в паровую фазу, и продолжает некоторое время перетекать из ГНК в ГБО, проходя при этом через расходомер.

Следствием этого эффекта являются переливы при дозированном отпуске: колонка выдает и регистрирует больше СУГ, чем было заказано. Исследовать эти переливы удобнее всего на колонках, не предназначенных для дозированного отпуска СУГ, но унаследовавших команды дозирования от бензиновых колонок вместе с бортовым контроллером. Экспериментально полученная зависимость величины перелива от перепада давлений для одной из ГНК типа FAS-120 приведена на рис. 1.

У ряда ГНК в режиме дозированного отпуска значения заданного и отпущенного объемов совпадают. Однако в ходе практического исследования свойств этих ГНК было установлено, что в большинстве из них используются некорректные методы дозирования: отсчет показаний останавливается на величине задания, хотя сигналы с расходомера продолжают поступать. Величина перелива в одних случаях сбрасывается, а в других переносится на следующего клиента. По данным проведенных экспериментов величина одного перелива для разных ГНК достигает 0,20 л и даже более, а разброс составляет около 0,15 л. Нетрудно видеть, что при задании 10 л предел погрешности ГНК увеличивается на 2%, а при задании минимально допустимой дозы 2 л — на 10%. Создание полноценной системы коммерческого учета при таких показателях точности входной информации не представляется возможным.

Некоторые ГНК, как и бензоколонки, оснащаются дополнительным клапаном снижения производительности, уменьшающим скорость выдачи жидкости перед завершением дозирования. Эта мера снижает величину переливов, но не устраняет их полностью.

Неудовлетворительное состояние проблемы дозирования СУГ и острая необходимость ее решения при создании интегрированной системы управления и коммерческого учета СУГ заставили искать собственный выход. В результате на основе проведенных исследований был разработан корректный метод дозированного отпуска СУГ, обеспечивающий равенство заданной и фактически отпущенной дозы. Метод основан на учете физических закономерностей, наблюдаемых при вскипании СУГ, и предполагает индивидуальное для каждой ГНК параметрирование алгоритмов управления по результатам калибровочных испытаний.

В идеальном случае этот метод должен быть реализован программно непосредственно во встраиваемом бортовом контроллере ГНК, однако такому решению препятствует ряд организационных затруднений. Поэтому разработанный метод реализован во внешнем контроллере, размещаемом в кассовом помещении АГЗС, с передачей отдельных функций персональному компьютеру АРМ оператора-кассира.

### Проблема измерения плотности

СУГ имеет на порядок более сильную зависимость плотности от температуры, чем бензин. Плотность СУГ зависит также от соотношения пропана и бутана в смеси. Для пропана в жидком состоянии температурный коэффициент расширения при 20°C составляет 0,3%/°C, а для бутана соответственно 0,2%/°C. Таким образом, при суточном перепаде температуры 20°C и соотношении пропана и бутана 1:1 плотность жидкой фазы СУГ в наземном резервуаре меняется на 5%. Поэтому, несмотря на то что продажа СУГ осуществляется, как правило, в

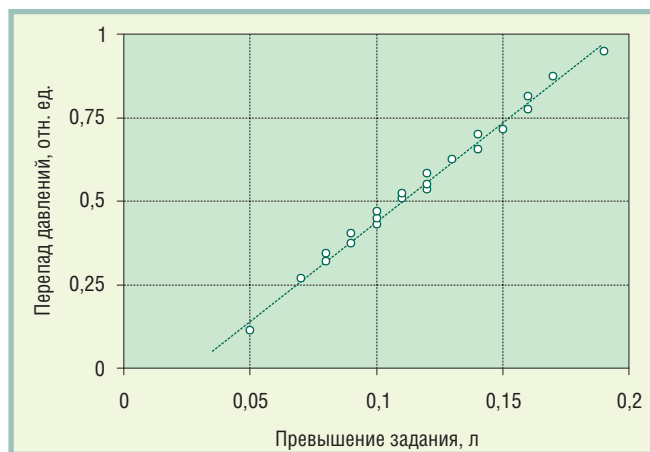


Рис. 1. Зависимость величины перелива от перепада давлений до и после закрытия клапана

литрах, учет следует вести в килограммах. Кроме того, в настоящее время рассматривается вопрос о введении двойного фискального учета реализации на АГЗС — по объему и по массе. Для такого учета необходимо определять плотность СУГ в каждой отпущенной дозе.

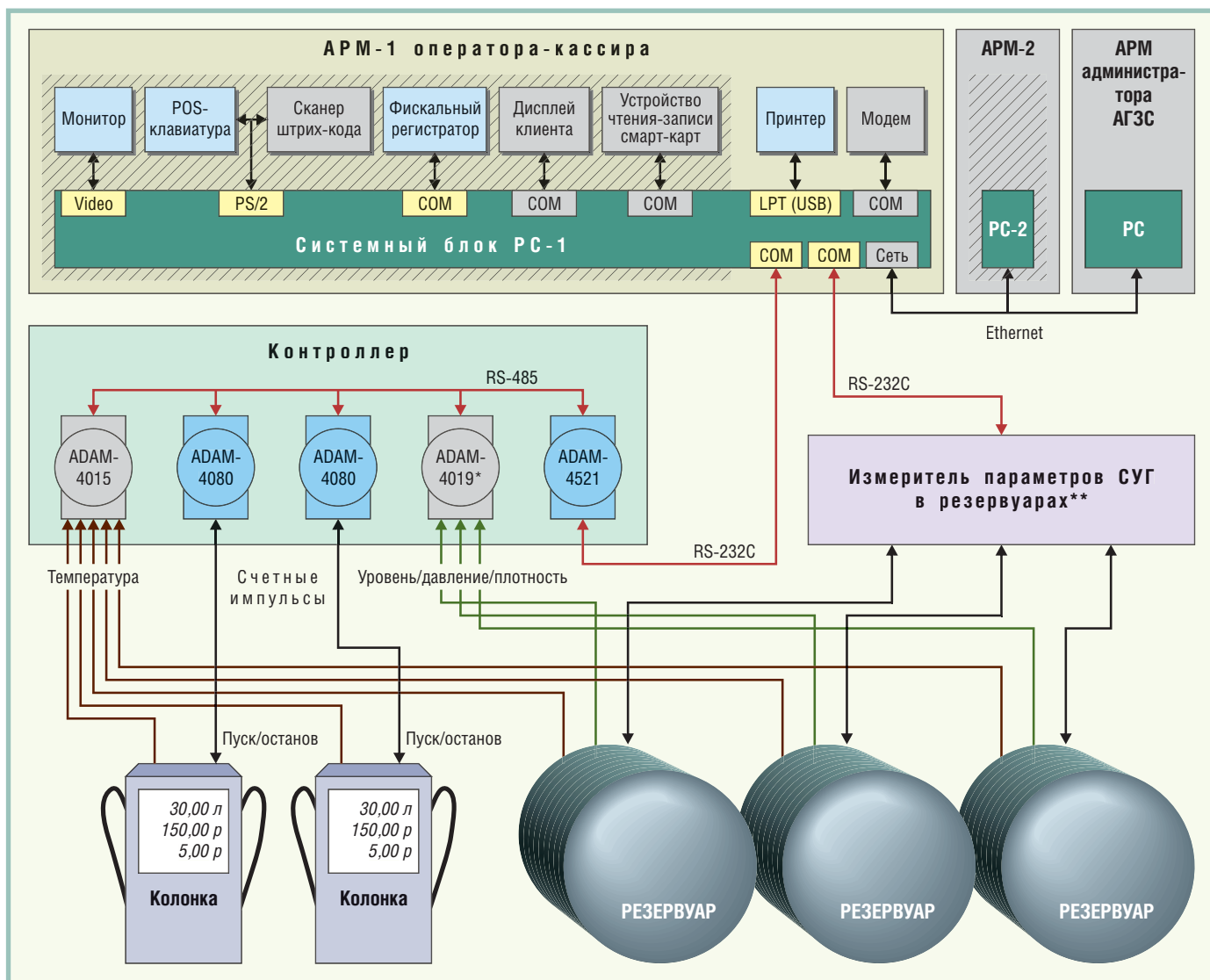
Лучшим решением задачи было бы непосредственное измерение плотности СУГ. Но датчики, пригодные для этого, не получили распространения на АГЗС. Поэтому плотность СУГ определяется расчетным путем, исходя из измеренного значения температуры, заданного соотношения пропана и бутана и известных температурных зависимостей плотности для них.

Некоторые типы ГНК имеют автономную систему термокомпенсации показаний (приведения к нормальным условиям, например к 20°C). Воспользоваться этой системой для двойного учета (по объему и по массе) можно будет только после того, как протоколы обмена бортовых контроллеров ГНК будут дополнены функциями передачи измеренного значения температуры или одновременно приведённого и неприведённого значений отпущенного объема.

Решение, доступное на сегодняшний день, заключается либо в установке дополнительных датчиков температуры с электронными выходами, либо в отключении автономной системы термокомпенсации ГНК и подключении её датчиков напрямую к системе управления и учета АГЗС.

### Проблема метрологического обеспечения резервуаров

Резервуары АГЗС, как правило, укомплектованы примитивными, не имеющими электронных выходов при-



\* В зависимости от особенностей объекта вместо ADAM-4019 могут быть использованы другие модули аналогового ввода серии ADAM-4000.

\*\* Структура измерителя, характер его входов и выходов зависят от КИП конкретной АГЗС.

\*\*\* Серым цветом закрашены блоки, соответствующие дополнительному оборудованию системы.

Рис. 2. Структурная схема системы автоматизации АГЗС

борами-указателями уровня, давления, температуры, предельного наполнения. Отдельные приборы могут быть дооснащены преобразователями, выдающими аналоговый, импульсный или цифровой сигнал.

В настоящее время существует широкий выбор современного измерительного оборудования для резервуаров АГЗС, предназначенного для работы в составе АСУ.

Однако на действующих АГЗС замена датчиков на более совершенные не всегда возможна, так как требует, как минимум, полного опорожнения резервуаров, а в ряде случаев — и остановки АГЗС на длительное время. Поэтому вопрос приборного оснащения резервуаров должен ответственно решаться на стадии проектирования АГЗС.

### СТРУКТУРА СИСТЕМЫ

Структурная схема системы автоматизации отпуска и учёта СУГ на АГЗС показана на рис. 2.

Верхний уровень системы унаследовал основные принципы построения от комплекса для автоматизации отпуска нефтепродуктов «Нефтосервер-3», широко распространенного на АЗС России и стран СНГ. Он состоит из одного или нескольких АРМ оператора-кассира, объединенных с помощью сети Ethernet (в зависимости от пропускной способности станции, наличия магазина, кафе, автосервиса и т.д.). Одно из АРМ одновременно является сервером технологического оборудования. Верхний уровень системы при необходимости дополняется АРМ администратора АГЗС.

АРМ оператора-кассира (рис. 3) построено на основе персонального ком-

пьютера не ниже Pentium II 233 МГц RAM 32 Мбайт, к которому подключены следующие устройства:

- монитор 15";
- POS-клавиатура с программируемыми и маркируемыми клавишами, облегчающая работу и препятствующая несанкционированным действиям персонала;
- фискальный регистратор (ФР), относящийся к 3-й группе Госреестра ККМ;
- принтер для распечатки отчетной документации;
- сканер штрих-кода (при необходимости);
- дисплей клиента (при необходимости);
- устройства чтения-записи электронных пластиковых карт (при необходимости);
- модем для обмена данными с вышестоящими звеньями (при необходимости);
- устройства нижнего уровня системы.

Программное обеспечение АРМ, написанное на языке C++ и функционирующее в среде ОС Windows 95/98/2000,



Рис. 3. Оборудование АРМ оператора-кассира

ME/NT, реализует функции операторского интерфейса, алгоритмы управления технологическим и торговым оборудованием, включая обеспечение их взаимодействия, ведение базы данных по технологическим и торговым операциям, учет СУГ в объемном и массовом выражениях, обслуживание устройств нижнего уровня и периферии, а также администрирование системы.

Оборудование всех АРМ подключено к сети бесперебойного электропитания на базе Smart-UPS APC.

Нижний уровень системы состоит из подсистемы управления и мониторинга ГНК и подсистемы измерения учетных параметров СУГ.

Подсистема управления и мониторинга ГНК представляет собой контроллер с подключенными к нему ГНК. Контроллер, разработанный и серийно выпускаемый компанией «ЭЛСИ ПЛЮС» для бензиновых колонок, оказался функционально и аппаратно избыточным для АГЗС, где в среднем устанавливаются две ГНК. Поэтому возникла необходимость поиска более эффективного и не менее надежного решения. В результате за основу была принята модульная серия ADAM-4000 фирмы Advantech. Удачно реализовать аппаратную часть решения проблемы дозированного отпуска СУГ с помощью модулей ADAM позволили следующие их свойства:

- функциональные возможности модуля счетчика-таймера ADAM-4080, способного выдавать сигнал при достижении заданных пороговых значений;
- модульная и расширяемая архитектура контроллера (количество модулей выбирается, исходя из количества ГНК на конкретной АГЗС);
- гальваническая изоляция входов;
- использование широко распространенного помехозащищенного промышленного интерфейса RS-485;



Рис. 4. Контроллер управления (минимальная конфигурация)

- удобная организация адресации модулей;
- простота и широкие возможности протокола;
- высокая эксплуатационная надежность;
- удобное конструктивное исполнение и простота монтажа.

Модули ADAM смонтированы на DIN-рейку в корпусе серии INLINE Bus фирмы Schroff с использованием клемм WAGO и герметичных кабельных вводов RST (рис. 4).

Построение подсистемы измерения учетных параметров СУГ зависит от КИП, применяемых на данной АГЗС. Интегрированные микропроцессорные измерительные системы для резервуа-

ров, имеющие последовательный интерфейс передачи данных («Струна-М» и аналогичные), не требуют дополнительных технических средств при подключении к системе. Если же КИП представляют собой совокупность разрозненных датчиков, имеющих импульсные, аналоговые или цифровые выходы, то в качестве средств их интеграции также используются модули серии ADAM-4000:

- ADAM-4015 — для термометров сопротивления;
- ADAM-4019 — для датчиков уровня, давления, плотности с аналоговыми выходами;
- ADAM-4521 — для датчиков с цифровым интерфейсным выходом RS-485;
- ADAM-45xx — для датчиков с цифровым или импульсным выходом, требующих преобразования выходного кода или протокола.

На некоторых АГЗС возникает необходимость автоматического управления задвижками и шлагбаумами с электроприводом. Для этого используются модули релейной коммутации ADAM-4060, управляющие пускателями соответствующих устройств.

Все эти модули могут быть подключены к той же шине интерфейса RS-485, что и модули счетчиков подси-

стемы управления, и расположены с ними в одном корпусе. Это снижает требования к количеству COM-портов компьютера, делает систему более компактной и удобной в обслуживании.

Если на АГЗС используются датчики, не поддающиеся интеграции, то их показания могут быть введены вручную с АРМ оператора-кассира.

### ИНТЕРФЕЙС ОПЕРАТОРА-КАССИРА И ВОЗМОЖНОСТИ СИСТЕМЫ

После включения аппаратных средств, загрузки программного обеспечения и ввода пароля оператора-кассира на мониторе появляется основная рабочая экранная форма (рис. 5). С её помощью оператор-кассир наблюдает за текущим состоянием всех ГНК одновременно.

Технологическая информация по каждой из колонок сгруппирована в соответствующих пронумерованных окнах — макетах ГНК. Каждый макет содержит поля заданных и текущих значений отпуска в литрах и рублях, информацию о текущем режиме работы (автоматический или ручной) и состоянии ГНК (раздачи нет, пуск разрешен, раздача, самотек, пуск заблокирован, нет связи). Текстовая информация

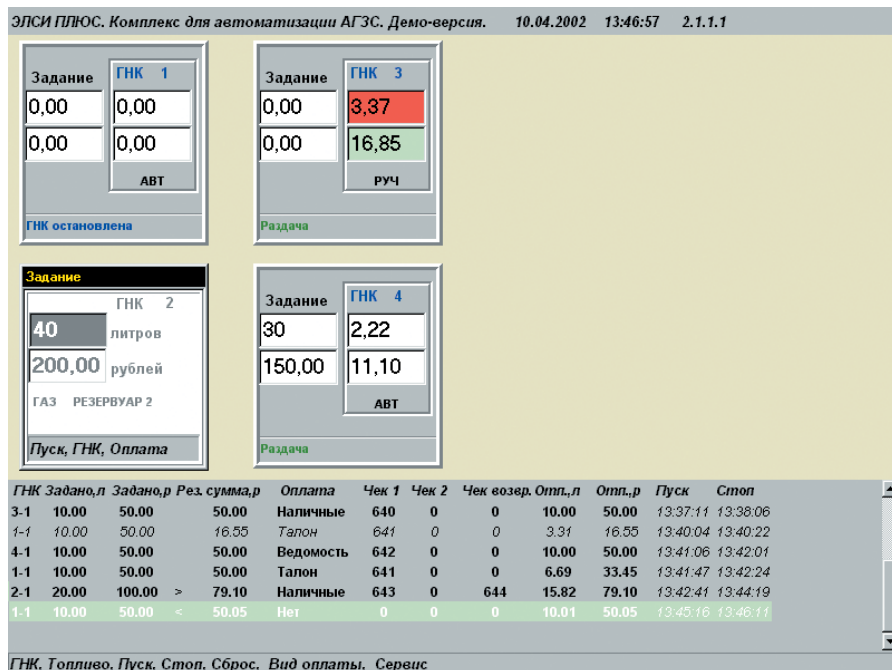


Рис. 5. Основная рабочая экранная форма АРМ оператора-кассира

продублирована пиктограммой, меняющей форму и цвет в зависимости от режима и состояния ГНК. Макет ГНК, выбранной оператором-кассиром для ввода задания или команды, визуально выделен. В случае отличия конечного результата отпуска от задания соответствующие поля макета выделяются

цветом. В случае обнаружения неисправностей или неправильных действий оператора-кассира на экран выводятся соответствующие сообщения.

Подсистема управления и мониторинга ГНК обеспечивает постоянный опрос и отображение состояний колонок и текущих значений отпуска.

Для ввода оператором-кассиром всех команд, заданий, запросов и данных используется POS-клавиатура, включенная вместо стандартной клавиатуры. POS-клавиатура имеет цифровые клавиши и функциональные клавиши обращения к ГНК, пуска и останова, касовых операций и сервисных функций.

Отпуск СУГ возможен в двух режимах: автоматическом и ручном. В обоих режимах для пуска ГНК необходимо разрешение и со стороны АРМ оператора-кассира, и со стороны оператора-заправщика ГНК. В автоматическом режиме оператор-кассир формирует задание и разрешает пуск, подсистема управления и мониторинга обрабатывает задание и автоматически отключает ГНК, а разрешение или запрет ГНК оператором-заправщиком необходимы только для обеспечения большей безопасности. При этом для оператора отпадает необходимость в непрерывном слежении за процессом заправки с целью своевременного отключения колонки, он затрачивает на обслуживание одной машины существенно меньше времени и может одновременно обслуживать несколько автомобилей. В ручном режиме оператор-заправщик включает и выключает колонку с помощью переключателя

на колонке, а система дает постоянное разрешение пуска и фиксирует результаты отпуска. Перевод из автоматического режима в ручной и обратно производится оператором-кассиром отдельно для каждой ГНК. Администратор системы при её настройке может ограничить возможности оператора-кассира по выбору режимов заправки.

Оператор-кассир имеет возможность экстренно остановить колонку с последующим её перезапуском без потери данных.

Данные по каждой отпущенной дозе фиксируются в базе данных и отображаются в протоколе, выведенном в нижней части экрана.

В соответствии с новыми требованиями система обеспечивает автоматическую регистрацию продажи СУГ с печатью чеков в едином технологическом цикле отпуска. Регистрация возможна как по предоплате, так и по постоплате. В режиме предоплаты данные для регистрации и печати чека формируются автоматически, одновременно с заданием на отпуск, что упрощает работу оператора-кассира и увеличивает пропускную способность АГЗС. Предоплата возможна только в автоматическом режиме. На случай недобора заказанной дозы преду-

смотрена процедура возврата. В режиме постоплаты оператор-кассир сначала пускает ГНК (с заданием дозы или до заполнения баллона), а после отпуска регистрирует продажу по факту путем выбора нужной записи из протокола. Записи, по которым не была произведена регистрация, выделены в протоколе цветным фоном, что упрощает выбор.

В режиме постоплаты возможны две формы работы: жесткая и мягкая, устанавливаемые администратором. Жесткая форма обеспечивает блокировку ГНК до тех пор, пока результат отпуска не будет зарегистрирован. Так работает большинство существующих систем для АЗС.

При мягкой форме постоплаты ГНК не блокируется системой. Эта форма обеспечивает увеличение пропускной способности, удобство клиентам и предназначена для АГЗС с набором дополнительных услуг, способных задерживать водителя на пути к кассе (магазин, заправка баллонов и т.д.). При этом все покупки могут быть оформлены одним чеком.

Система позволяет регистрировать продажи как за наличный расчет, так и по электронным картам, талонам, ведомостям и другим безналичным видам оплаты, с отдельным учетом по клиен-

там и персональными скидками. Все кассовые операции фиксируются в базе данных и отображаются в протоколе чеков, связанном с протоколом отпуска. Система обеспечивает закрытие смены с «гашением» кассы, автоматическим измерением и расчетом остатков СУГ в резервуарах и печатью отчетов.

Масса СУГ, подлежащая регистрации, рассчитывается на основе данных, полученных от подсистемы измерения учетных параметров. При предоплате обращение к подсистеме происходит после ввода задания, а при постоплате — при окончании отпуска.

Автоматическое измерение и расчет параметров СУГ в резервуарах происходит в следующих случаях:

- при открытии и закрытии рабочей смены;
- до и после приема СУГ;
- при плановых проверках с заданной периодичностью;
- по команде оператора-кассира.

Результаты записываются в базу данных и отображаются в протоколе подсистемы.

Система имеет возможность автоматической передачи требуемой информации в центральный офис с помощью модема, что необходимо для работы централизованной системы контроля и менеджмента или корпоративной системы безналичных расчетов.

## Опыт эксплуатации

За время, прошедшее со дня запуска первой АГЗС с описанной системой автоматизации в сентябре 2000 года, число таких станций неуклонно росло, что позволило накопить большой объ-

ём данных о работе систем автоматизации. В результате определились оптимальный состав и настройки оборудования и программного обеспечения, гарантирующие наибольшую надежность системы. После оптимизации настроек случайные сбои системы ни разу не наблюдались.

Пользовательский интерфейс оказался интуитивно понятным для операторов-кассиров, не имеющих навыков работы с компьютером. Персонал АГЗС отмечает удобство и надежность автоматической передачи данных с колонки на кассу при постоплате и точность дозирования в автоматическом режиме. Пропускная способность в часы пик повышается в среднем на 15% за счёт чёткой организации технологического цикла.

Оборудование нижнего уровня системы успешно справляется со своими функциями. Модули ADAM проработали в непрерывном режиме без выявленных сбоев около двух лет.

Апробирование разработанного метода дозированного отпуска СУГ дало следующие результаты: при нормальной работе клапана ГНК фактический результат отпуска совпадает с заданием более чем в 80% случаев, а в оставшихся 20% не превышает 0,01 л. Таким образом, погрешность, вносимая за счёт дозирования средствами ГНК, может быть уменьшена в среднем в 20 раз.

Система оказалась легко адаптируемой к ГНК разных типов. В настоящее время имеются апробированные модификации системы для работы с оборудованием ГНК фирм FAS (Германия), Nuovo Pignone (Италия), Adast Systems

(Чехия), «Промприбор» (г. Ливны), «НПФ «ТИМ» (г. Псков), «Спецавтоматика» (г. Серпухов).

Установлено, что автоматизированный учёт СУГ по массе при косвенном определении плотности через температуру дает в несколько раз меньшую погрешность, чем учёт по объёму. Это особенно актуально для АГЗС с наземными резервуарами, составляющих подавляющее большинство.

Вопреки сложившимся представлениям режим предоплаты, который раньше вообще не был предусмотрен на АГЗС, оказался весьма удобным для её владельцев и востребованным со стороны клиентов.

По признанию владельцев АГЗС, после установки описанной системы автоматизации отпуска СУГ чистая прибыль АГЗС увеличивается на 10...50 тысяч рублей в месяц.

*Автор выражает искреннюю благодарность коллегам из компаний «Химгазкомплект», FAS Flüssiggas Anlagen GmbH, НПО «ТИМ», «Промприбор», Гагаринский машиностроительный завод, «Новинтех», ПРОСОФТ за сотрудничество при освоении технических средств; АГЗС «Северное», «Новгороднефтепродукт» за предоставление своих станций для проведения исследований; СКБ ВТ «Искра», НПП «АЗТ» за сотрудничество в нормативно-методической области; всем участникам проекта за энтузиазм и профессионализм. ●*

**Автор — сотрудник  
ЗАО «ЭЛСИ ПЛЮС»  
Телефон: (812) 144-0468/8011  
Факс: (812) 144-1380**