

## СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫМ УЗЛОМ РЕДУЦИРОВАНИЯ ГАЗА

Иванов Б.А. канд. техн. наук, доцент,  
Ухтинский государственный технический университет,  
Кравцов В.Н., ООО «Севергазпром», г. Ухта, Россия

*Обоснована структура системы автоматического управления узлами редуцирования газа магистральных газопроводов с учетом применения кранов-регуляторов с шаровым затвором, отличающаяся улучшенными эксплуатационными характеристиками.*

*The structure of automatic control system by gas reduction sites of the main gas pipelines which consists of a crane-regulators with a spherical lock, has got an improve operating characteristics is grounded.*

### **Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.**

Управляемые узлы редуцирования газа (УРГ) с кранами - регуляторами (КР) на основе регулирующих шаровых затворов (ШЗ) используются для поддержания заданных параметров газового потока в магистральных газопроводах (МГ) и оказывают непосредственное влияние на режим транспорта газа. К основным относят следующие варианты применения УРГ:

- в составе перемычек между трубопроводами высокого (ВД) и низкого (НД) давления, для поддержания заданного уровня давления в трубопроводе НД;

- на крупных ответвлениях от основного МГ, для задания режима потребления газа крупным потребителем.

Эксплуатация УРГ с КР шарового типа выявила ряд особенностей и недостатков как самих объектов управления (ОУ), так и существующих САУ УРГ. В частности, эксплуатационные свойства объекта могут быть существенно улучшены на основе применения САУ, построенных с учетом динамических свойств и конструктивных особенностей КР с ШЗ. Этим обусловлена актуальность исследования КР с ШЗ в качестве объекта управления.

**Анализ исследований и публикаций.** Известные исследования динамики и регулировочных характеристик ШЗ немногочисленны и не позволяют комплексно подойти к решению задачи синтеза САУ. В этой работе [1] излагаются результаты экспериментального и отчасти теоретического исследования ШЗ в потоке сжатого воздуха. С учётом допущений, эти результаты могут частично экстраполиро-

ваться и на поток природного газа в МГ, что способствует разработке динамической математической модели (ММ) УРГ. Концепция ММ УРГ и основные уравнения получены в работах [2, 3], расчетно-аналитическая параметризация ММ выполнена в исследовании [4], а экспериментальная идентификация ММ УРГ на МГ осуществлена в исследовании [5]. Логичным продолжением указанных исследований является обоснование критерия оптимизации закона управления объектом и разработка адекватной структуры САУ УРГ.

**Постановка задачи.** Задачей исследования обоснование критерия оптимизации закона управления в контурах САУ УРГ с учетом специфических свойств КР в газовом потоке и разработка структуры САУ УРГ, адекватной объекту и цели управления.

**Изложение материала и результаты.** Цель управления в САУ УРГ может быть сформулирована для режима штатного функционирования (цель 1) либо для аварийного режима, вызванного одной из характерных неисправностей узла редуцирования или прилегающего трубопровода (цель 2). В частности, целью 1 является автоматическая стабилизация давления за УРГ при автоматическом контроле угла раскрытия ШЗ и ограничении скорости вращения ШЗ в условиях действия следующих возмущений: давление газа до УРГ; гидродинамический момент; температура газа. Целью 2 является недопущение катастрофических последствий аварии для МГ и окружающей среды. Также практическое значение имеет сохранение работоспособности УРГ и частичное достижение цели 1 с максимально возможным качеством. Управление в соответствии с целью 1 представляет собой регулирование координат УРГ, а управление в соответствии с целью 2 – реализацию стратегий выживания и логическое управление.

Важной эксплуатационной особенностью КР с ШЗ, имеющим гидравлический привод, является неизбежное нарушение герметичности гидроцилиндров при длительной эксплуатации, приводящее к т.н. самоходу КР, когда под действием гидродинамического момента, возникающего при прохождении через ШЗ газового потока, затвор начинает медленно закрываться. Не допустить этот процесса возможно применением непрерывного управлением координатой углового положения ШЗ. Однако постоянная подача управляющего воздействия на соленоиды гидропривода КР ведёт ускоренному износу масляных клапанов и другого оборудования. Таким образом, САУ УРГ должна обеспечивать достижение «цели 1» при периодической коррекции углового положения ШЗ, осуществляемой с упреждением, чем достигаются паузы в управлении. Эта особенность учтена при синтезе САУ и оказала весьма существенное влияние на структуру и законы регулирования координат УРГ в каждом из контуров.

Функциональная схема разработанной САУ УРГ (рис. 1) предусматривает регулирование координат УРГ по принципу подчиненного управления в трех замкнутых контурах: в контуре угловой скорости вращения затвора КР (внутренний контур САУ); в контуре углового положения затвора КР и в контуре давления газа за УРГ (внешний контур САУ).

Внутренний контур скорости предотвращает значительное перерегулирование при движении на закрытие КР и эффект дотягивания при движении на открытие КР. Он содержит: блок регулирования БР1 – регулятор скорости с зоной нечувствительности и двухсторонним ограничением; мультиплексор MUX2 – коммутатор управляющих сигналов, подаваемых на широтно-импульсный модулятор (ШИМ); блок вычисления модуля; преобразователь уровня сигнала в скважность импульсов – ШИМ; демultipлексор DMUX – коммутатор импульсного потока, осуществляющий подачу импульсов на одну из пар соленоидов привода КР, в зависимости от знака сигнала на выходе БР1; ОУ с датчиком углового положения GE; аналого-цифровой преобразователь (АЦП) А/С; блок вычисления производной (служит для оценки угловой скорости вращения затвора КР); элемент рассогласования – формирует координату рассогласования по скорости:

$$\varepsilon_{\omega} = u_{3\omega} - y_{\omega}^{OC} \quad (1).$$

Контур скорости подчинен контуру углового положения затвора КР. Последний содержит: блок регулирования БР2 – регулятор угла открытия затвора КР  $\alpha$  с гистерезисной зоной нечувствительности и двухсторонним ограничением; подчиненный контур скорости; узел формирования координаты рассогласования по углу:

$$\varepsilon_{\alpha} = u_{3\alpha} - y_{\alpha}^{OC} \quad (2).$$

Контур угла обрабатывает основное возмущение (гидродинамический момент) и позволяет осуществлять компенсацию самохода ШЗ. Он подчинён контуру давления газа за УРГ. В состав последнего входят: блок регулирования БР3 (регулятор давления с асимметричной гистерезисной зоной нечувствительности и двухсторонним ограничением); мультиплексор MUX1 (коммутатор управляющих сигналов, подаваемых на контур угла в качестве задания); подчинённый контур угла; объект управления (гидродинамические процессы в УРГ); датчик давления PE; АЦП (А/С); элемент рассогласования, формирующий координату рассогласования по давлению. Основная функция контура давления – стабилизация давления за УРГ с учётом возмущающего фактора – как давления газа до УРГ. Более подробное рассмотрение алгоритма регулирования координат должно соответствовать алгоритму, приведенному в исследовании [6].

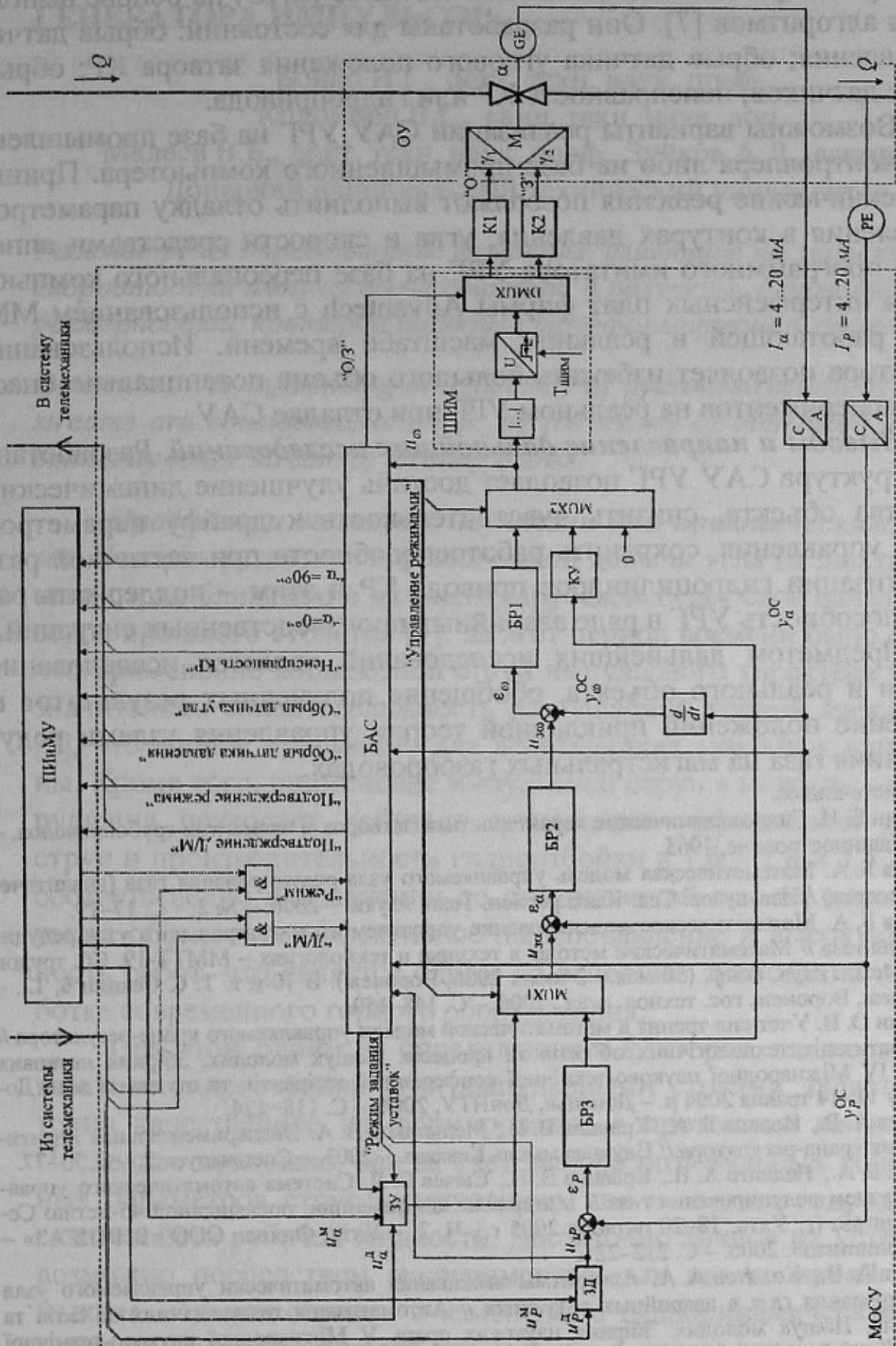


Рисунок 1 – Функциональная схема САУ УРГ

«Стратегии выживания» и соответствующее логическое управление реализуются блоком анализа сигналов (БАС) на основе выполнения алгоритмов [7]. Они разработаны для состояний: обрыв датчика давления; обрыв датчика углового положения затвора КР; обрыв обоих датчиков; неисправность КР или гидропривода.

Возможны варианты реализации САУ УРГ на базе промышленного контроллера либо на базе промышленного компьютера. Принятые технические решения позволяют выполнить отладку параметров управления в контурах давления, угла и скорости средствами аппаратно-программного имитатора УРГ на базе персонального компьютера и интерфейсных плат фирмы Advantech с использованием ММ УРГ, работающей в реальном масштабе времени. Использование имитатора позволяет избежать большого объема потенциально опасных экспериментов на реальном УРГ при отладке САУ.

**Выводы и направление дальнейших исследований.** Разработанная структура САУ УРГ позволяет достичь улучшение динамических свойства объекта, снизить чувствительность к дрейфу параметров среды управления, сохранить работоспособности при частичной разгерметизации гидроцилиндров привода КР и этим – поддерживать работоспособность УРГ в ряде аварийных производственных ситуаций.

Предметом дальнейших исследований является исследование модели и реального объекта, обобщение полученных результатов и уточнение положений прикладной теории управления узлами редуцирования газа на магистральных газопроводах.

Список источников.

1. Яньшин Б. И. Гидромеханические характеристики затворов и элементов трубопроводов. – М.: Машиностроение, 1965.
2. Иванов Б. А. Математическая модель управляемого узла редуцирования газа (аналитический аспект) // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – № 2. – С. 17–19.
3. Иванов Б. А. Математическое моделирование управляемого магистрального узла редуцирования газа // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ-19. Сб. трудов XIX Межд. науч. конф. (30 мая – 2 июня 2006, Воронеж). В 10-и т. Т. 6. Секции 6, 12. – Воронеж, Воронеж. гос. технол. акад., 2006. – С. 148–150.
4. Жилкин О. В. Учет сил трения в математической модели управляемого крана-регулятора // Автоматизация технологичних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 11–14 травня 2004 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2004. – С. 118–124.
5. Недвига А. В., Иванов Б. А., Кравцов В. Н., Мельников В. А. Экспериментальная идентификация крана-регулятора // Научная мысль Кавказа. – 2003. – Спецвыпуск 2. – С. 73–77.
6. Иванов Б. А., Недвига А. В., Кравцов В. Н., Сычев С. Л. Система автоматического управления узлом редуцирования газа // Материалы конференции, посвященной 45-летию Севернипгаза (г. Ухта, 18–20 октября 2005 г.). Ч. 2. – Ухта, Филиал ООО «ВНИИГАЗ» – «Севернипгаз», 2006. – С. 212–221.
7. Недвига А. В., Колотов А. А. Алгоритмы выживания автоматически управляемого узла редуцирования газа в аварийных ситуациях // Автоматизация технологичних об'єктів та процесів. Пошук молодих. Збірник наукових праць V Міжнародної науково-технічної конференції аспірантів та студентів в м. Донецьку 16–19 травня 2005 р. – Донецьк, ДонНТУ, 2005. – С. 133–135.

Дата поступления статьи в редакцию: 20.10.06