

УДК 681.513.1/6:622.691:519.8

*У статті представлено опис алгоритмів керування компресорним цехом газоперекачувальних агрегатів, розміщених у розподіленому багаторівневому програмному регуляторі режиму цеху*

*Ключові слова: система контролю і керування компресорним цехом, програмний регулятор режиму*

*В статье представлено описание алгоритмов управления компрессорным цехом газоперекачивающих агрегатов, реализованных в распределенном многоуровневом программном регуляторе режима цеха*

*Ключевые слова: система контроля и управления компрессорным цехом, программный регулятор режима*

*In article the description of algorithms of regulation by compressor shop (CS) gas pumping units realized in the dispersed multilevel program regulator of a mode of shop is presented*

*Keywords: Manufacturing execution system of CS, a program regulator of a mode*

# АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМОМ КОМПРЕССОРНОГО ЦЕХА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СТРУКТУРЕ ПРОГРАММНОГО РЕГУЛЯТОРА

**К. Ю. Слободчиков**

Главный специалист ООО «Вега-ГАЗ»  
ул. Кирпичные выемки, 3, г. Москва, 117405  
Контактный тел.: +7(495)-881-79-33, 8-095-863-59-48  
E-mail: slob@vega-gaz.ru

## Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими заданиями

Организация автоматического управления компрессорными станциями (КС) и компрессорными цехами (КЦ) газоперекачивающих агрегатов (ГПА) является одной из актуальнейших задач интенсификации эксплуатации газотранспортных систем, опирается на современные тенденции развития отечественной и зарубежной технической базы автоматизации, широкие функциональные возможности современных программно-технических комплексов, решение которой позволяет реализовать следующие целевые установки [1]:

- снижение роли «человеческого фактора», зачастую приводящего к опасным ситуациям при управлении сложными объектами;
- сокращение количества оперативного персонала;
- перевод компрессорных цехов на работу в условиях применения «малолюдных технологий»;
- повышение безопасности эксплуатации за счет более качественного управления;
- рост экономической выгоды за счет сочетания новых производственных и информационных технологий, позволяющих повысить производительность и сократить потери и производственные затраты.

Анализ исследований и публикаций опыта внедрения и интеграции систем управления фирм: НПФ «Система-Сервис», «Compressor Control Corporation» - ведущих поставщиков САУ ГПА и АСУ КЦ на предприятиях ОАО «ГАЗПРОМ» освещает положительные результаты организации взаимодействия систем, полученные при внедрении разработанных методов автоматического управления режимом цеха [2].

При этом на практике уровень решений в автоматизации технологических процессов компрессорных цехов, реализованных на локальных САУ, в ряде случаев представляет набор подходов, при которых достигается лишь установка централизованного информационного сбора данных, а функции управления режимом цеха остаются в руках человека-оператора.

## Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы

Расхождения между требуемыми установками, публикациями и практическим результатом вызваны тем, что организация подлинной интеграции систем управления ГПА и КЦ, автоматизация технологического процесса требует обязательного учета системных факторов (таблица №1), осложняющих внедрение и эксплуатацию

алгоритмов управления, получение эффективной работы функций автоматического регулирования режимом.

Таблица №1

ФАКТОРЫ	ДЕТАЛИЗАЦИЯ
Сложность системы	Сложность архитектуры комплексной системы. Необходимость взаимодействия с разнотипными системами. Большие транспортные задержки объекта управления, необходимость учета и организации взаимодействия большого количества параметров на разных уровнях системы.
Системность разработки и внедрения	Планирование и выполнение работ должны быть организованы таким образом, чтобы в определенные временные сроки обеспечить разработку опытного образца системы, его отладку, апробацию на объекте и последующее внедрение в эксплуатацию при соблюдении всех режимных, технологических, организационных и финансовых ограничений.
Методы управления режимом компрессорного цеха	Необходимость разработки методов регулирования режимом КЦ отвечающих жестким технологическим требованиям изменяющейся топологии сети и изменяющимся параметрам режима КЦ.
Методы распределения нагрузки между ГПА КЦ	Необходимость разработки методов распределения нагрузки между ГПА в КЦ позволяющих достигать максимальную экономичность работы оборудования, одновременно обеспечивающих надежность поддержания заданного режима, возможность реализации многообразия технологически реализуемых решений на базе неформализованной информации человека-оператора.
Централизованное распределение и управление	Необходимость распределения задач согласно имеющимся аппаратным и программным ресурсам систем управления. Организация межпрограммного взаимодействия в распределенном агрегатно-цеховом комплексе.
Масштаб времени	Обеспечение работы штатного программного обеспечения в масштабе реального времени для систем разного уровня иерархии, при значительном увеличении количества решаемых в системах задач.
Топология информационных потоков	Сбор и передача дополнительных данных.
Математическое обеспечение	Расчет допустимых границ работы оборудования. Расчеты значений опорных параметров регулирования на разных уровнях системы. Расчет и формирование моделей оборудования и функциональных зависимостей контролируемых параметров.
Возмущения, помехи, в данных прямых измерений и целостность измерительных каналов.	Организация дополнительной фильтрации выбранных параметров, участвующих в важных расчетах и регулировании, резервирование данных.
Управляемость системы	Обеспечение полноты необходимой для управления измеряемой и расчетной информации.

Готовность аппаратуры к внедрению новых функций	Проверка и настройка требуемого качества функционирования измерительной и исполнительной аппаратуры.
Учет динамики объектов управления.	Необходимость разработки модели объекта и использования ее в алгоритмах регулирования для учета динамических свойств объекта регулирования.
Интерфейс оператора	Учет психологических факторов оператора. Подготовка персонала к работе с новыми функциями системы.
Унификация систем	Необходимость применения единых стандартов в расчетных модулях и отображении технологической информации.

Представленная таблица одновременно позволяет сформулировать **постановку основной цели данной работы** – разработку методов и алгоритмов управления режимом и распределения нагрузки между ГПА с учетом всех перечисленных системных факторов.

#### Описание основного материала

Объект управления - компрессорный цех газоперекачивающих агрегатов чрезвычайно сложен во всех смыслах – имеет большое число составляющих, обладает нелинейной динамикой, должен работать в рамках жестких временных ограничений, подвержен постоянному изменению внешних условий, требует высокого уровня управляемости и надежности.

Задачами программного регулятора режима (ПРР) уровня КЦ являются:

- стабилизация переменной процесса (давления на выходе КЦ, объемной производительности, коммерческой производительности либо степени сжатия);
- удержание любой ограничивающей переменной процесса в безопасном диапазоне, а так же максимальная загрузка цеха, если этот режим выбран оператором;

- распределение нагрузки между совместно работающими ГПА, обеспечивающими требуемый расход или давление цеха;

- согласованное взаимодействие с алгоритмами антипомпажного регулирования и защиты при работе агрегата(ов) вблизи предпомпажных границ.

Для решения перечисленных задач были разработаны следующие методы регулирования:

- функциональный нелинейный метод (ФНМ) регулирования давления на выходе цеха для компенсации большой инерционности, вызванной аккумулирующими свойствами газопровода, оперирующий с математической моделью цеха;

- оптимизационный метод распределения нагрузки между ГПА для поиска решения, удовлетворяющего условию минимизации суммарных топливных затрат[3,4,5,6];

- параметрический метод экспертных оценок оператора, как инструмент человеко-машинной системы взаимодействия, позволяющий использовать в процессе выработки управляющих воздействий опыт человека-оператора[4].

Уровни взаимодействия функций регулятора режима в программном обеспечении СКУ КЦ и САУ ГПА представлены на рис.1.

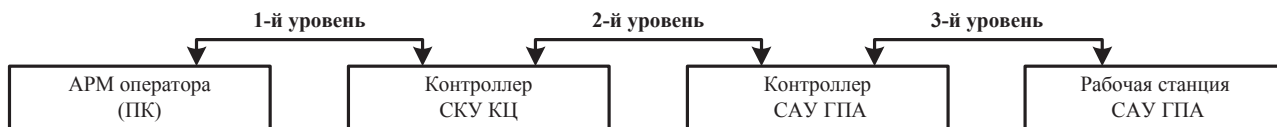


Рис. 1. Уровни взаимодействия программных модулей SKU КЦ РИУС и САУ ГПА «Квант»

Работа сменного персонала КЦ представляет чередование монотонной и активной деятельности и связана с выполнением множества действий, от которых напрямую зависит надежность работы оборудования цеха. Условия работы оператора в период активной деятельности характеризуются высокой информационной нагрузкой, повышенным уровнем ответственности, требованиями быстрой реакции на нештатные события, необходимостью анализировать ситуации и принимать решения в кратчайшие сроки.

Общая организация производства уровней КС – КЦ сегодня не позволяет полностью исключить человека из процесса управления режимом компрессорного цеха, поэтому разработка и внедрение функций автоматического управления режимом происходила с учетом эргономических принципов построения систем «человек-машина-АСУ ТП» [7,8,9], что обеспечило органичное распределение функций между оператором и SKU КЦ, рис. 2.

и многоуровневого программного регулятора режима КЦ. В состав интерфейса входят:

- видеокadres «Регулирование», «Нагнетатель», «Блокировки», «Условия»;
- база переменных, формирующая сигнализацию о важных событиях работы регулятора цеха;
- средства отображения информации о готовности, условиях включения в работу функций регулятора, значениях текущих контролируемых параметров регулирования и промежуточных расчетных данных;
- средства управления, позволяющие активно взаимодействовать с программным обеспечением SKU КЦ и САУ ГПА, осуществлять выбор режимов управления и параметров регулирования;
- средства ввода данных, устанавливающие необходимые значения контролируемых параметров: уставки по производительности, степени сжатия, давлению, уставки по оборотам ТНД, допустимой минимальной зоны оборотов ГПА, удаленности до ограничителей, химической плотности компримируемого газа, текущем барометрическом давлении.

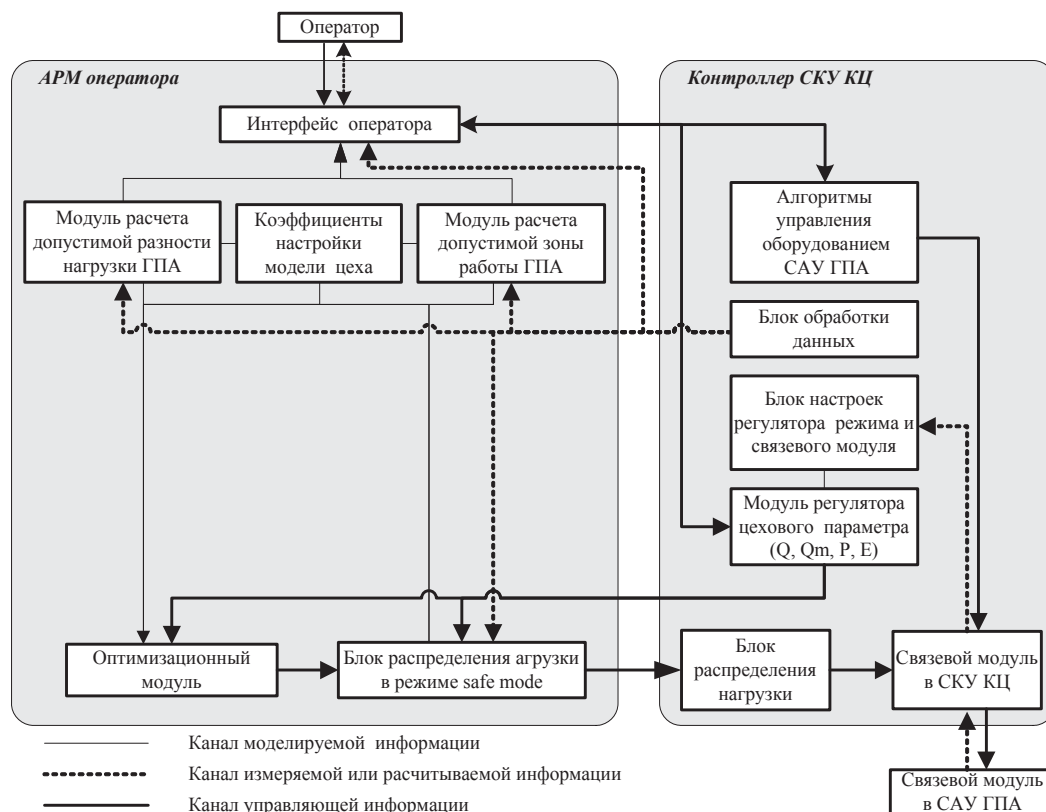


Рис. 2. Первый и второй уровни взаимодействия программных модулей ПРР

На первом уровне взаимодействия происходит обмен информацией и сигналами управления между рабочей станцией оператора и контроллером SKU КЦ. Интерфейс оператора представляет собой инструмент взаимодействия человека

и многоуровневого программного регулятора режима КЦ. В состав интерфейса входят: видеокadres «Регулирование», «Нагнетатель», «Блокировки», «Условия»; база переменных, формирующая сигнализацию о важных событиях работы регулятора цеха; средства отображения информации о готовности, условиях включения в работу функций регулятора, значениях текущих контролируемых параметров регулирования и промежуточных расчетных данных; средства управления, позволяющие активно взаимодействовать с программным обеспечением SKU КЦ и САУ ГПА, осуществлять выбор режимов управления и параметров регулирования; средства ввода данных, устанавливающие необходимые значения контролируемых параметров: уставки по производительности, степени сжатия, давлению, уставки по оборотам ТНД, допустимой минимальной зоны оборотов ГПА, удаленности до ограничителей, химической плотности компримируемого газа, текущем барометрическом давлении.

Все рабочие параметры ГПА, участвующие в работе регулятора режима, поступают в интерфейс оператора через блок обработки данных, расположенный в контроллере SKU КЦ.

Блок обработки данных обрабатывает аналоговые значения и дискретные сигналы работы САУ ГПА и формирует условия работы регулятора режима, в нем производится расчет общецеховых параметров – производительность цеха, расчет

ГПА, блоком распределения нагрузки, модулем регулятора цехового параметра, рисунок 2.

Модуль расчета допустимой зоны регулирования ГПА формирует расчет максимально допустимых оборотов турбины низкого давления (ТНД) и минимально допустимых оборотов ТНД на данном режиме работы ГПА по заданным зависимостям, и текущим значениям параметров:

- Температура продуктов сгорания перед ТВД и за ТНД;
- Вибрация привода и нагнетателя;
- Положение направляющего аппарата;
- Обороты турбины высокого давления (ТВД) и ТНД;
- Производительность нагнетателя.

Функциональный базис формул, по которым рассчитываются максимум и минимум оборотов ТНД, позволяет получать адекватные прогнозируемые значения на любом режиме работы ГПА, в любой климатический период работы без необходимости дополнительной настройки коэффициентов модели [4,5].

Метод определения допустимых границ использует классический подход линеаризации сложных функциональных зависимостей, заменой их приращениями [2,10].

К примеру, зависимость изменения температуры за турбиной низкого давления (ТНД) от изменения оборотов ТНД можно представить в виде полинома второй степени  $\Delta T(\Delta n) = a_0 + a_1 \Delta n + a_2 \Delta n^2$ , в котором коэффициент  $a_0 = 0$ . Подобным образом формируются взаимные зависимости производительности, оборотов, давлений, температур и других контролируемых параметров ГПА. Расчет и выборка наименьшей дельты для максимального и минимального значения оборотов ТНД на данном режиме среди всех функциональных зависимостей позволяет определить допустимые границы работы ГПА. Реализованный в ПРР метод расчета границ позволил на 1.5% увеличить производительность агрегатов пяти компрессорных цехов предприятия ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Алгоритмы управления оборудованием САУ ГПА – включают комплекс программных решений, позволяющих не допускать развитие помпажных явлений в нагне-

тателе при любой схеме работы ГПА (рис. 3), кроме того, в данном блоке формируются команды, позволяющие запускать ГПА с пульта РИУС, задавать обороты ТНД ГПА при «дистанционном» режиме управления цехом.

Удаленность от зоны помпажа определяется через параметр «Производительность нагнетателя» в штатном режиме функционирования, при этом непрерывно автоматически ведется контроль показаний вибраций привода и нагнетателя ГПА, вычисляется амплитуда пульсаций перепада на конфузоре нагнетателя. Алгоритм антипомпажной защиты (АПЗ) обеспечивает безопасную работу нагнетателя путем открытия АПК, 3-го или общецехового 6-го крана (при неполнонапорной схеме включения ГПА), разгружая агрегат в ситуациях, когда нагнетатель выходит на границы допустимых режимов работы по давлению или запасу по помпажу, рис 4.

Если в результате изменения режима работы нагнетателя запас по помпажу станет менее 15%, то происходит открытие АПК по ПИ-закону регулирования. Чем меньше будет удаленность от зоны помпажа, тем темп открытия АПК будет больше. В результате открытия АПК и увеличения расхода через нагнетатель, запас по помпажу увеличится, а при достижении значения 15%, процесс открытия АПК прекратится. АПК будет обеспечивать строго необходимое количество рециркуляции газа для безопасной работы нагнетателя.

Сигнал на полное открытие АПК и перевод его в ручное положение выдается при любой из следующих ситуаций:

- при достижении запаса по помпажу 10% и непрерывного пребывания в этой зоне более 2-х секунд;
- при достижении запаса по помпажу 5% и непрерывного пребывания в этой зоне более 0.5 секунды;
- сразу при достижении запаса по помпажу 0%;
- при достижении давления на выходе нагнетателя предупредительного значения;
- при росте на 1/3 от текущего значения за 10 секунд 2-х и более параметров вибрации нагнетателя при запаса по помпажу менее 30% (при наличии 4-х точек контроля вибрации);
- при росте на 1/3 от текущего значения за 10 секунд 1-го и более параметров вибрации нагнетателя при

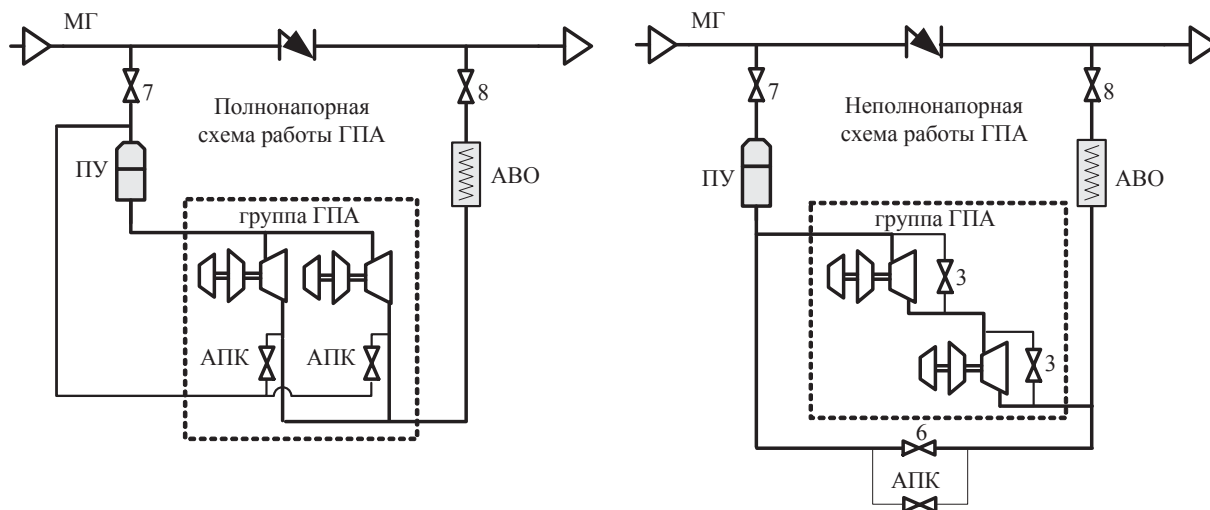


Рис. 3. Возможные схемы работы ГПА в КЦ (ПУ - пылеуловитель, АВО - аппарат воздушного охлаждения, МГ - магистральный газопровод, АПК- антипомпажный клапан)

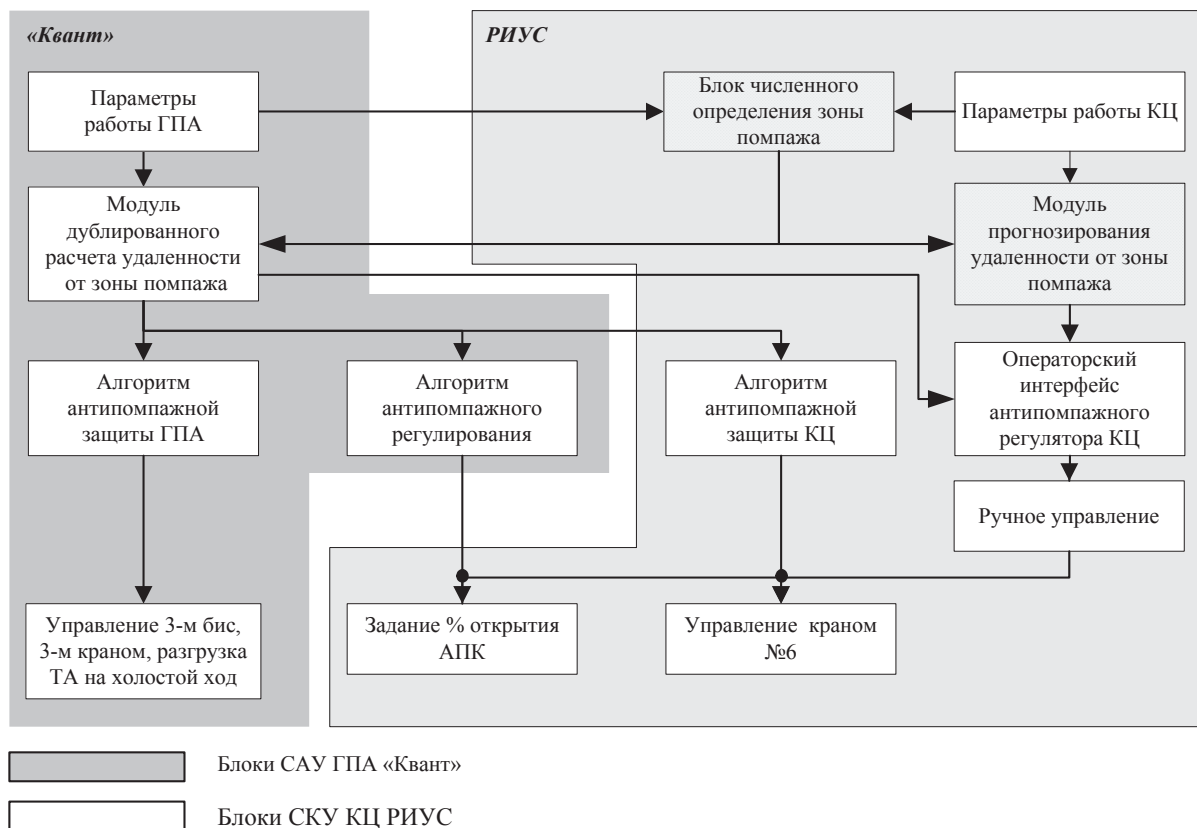


Рис. 4. Взаимодействие блоков антипомпажного регулирования и защиты уровней ГПА – КЦ

запасе по помпажу менее 30% (при наличии 2-х точек контроля вибрации).

Повышение точности расчета производительности эксплуатируемого нагнетателя до сих пор является актуальной задачей в САУ ГПА. Расчет текущей производительности в условиях, когда нет образцового расходомера у каждого ГПА, как правило, настраивает наладчик по паспортным характеристикам нагнетателя подбором коэффициента ( $A_{конф}$ ) конфузора.

Со временем характеристики нагнетателя изменяются, и расчет производительности с предыдущими настройками становится неадекватен. Неадекватными в таком случае становятся управляющие воздействия алгоритмов антипомпажного регулирования, алгоритмы распределения нагрузки между агрегатами в цеховой системе регулирования, расчеты суммарного компримируемого газа по цеху. Выходом из сложившейся ситуации является применение метода автоматической настройки коэффициента конфузора (АНК). В основе

метода лежит математическая модель нагнетателя (паспортные характеристики), скорректированная с учетом реального технического состояния нагнетателя.

Полученные значения вносятся в итерационный расчет паспортных модельных зависимостей  $Q_{np} = f(E_{np})$ ,  $\eta_{насп} = f(Q_{np})$ ,  $E_{np} = f(\eta_{насп})$  [11]. В результате итераций получается значение производительности, вычисленное по косвенным параметрам нагнетателя  $Q = Q_{np} \cdot \frac{n_{ном}}{n_{ТНД}}$ . Пересчет коэффициента конфузора выполняется с учетом дополнительных условий адекватности диагностируемого технического состояния нагнетателя [12]. Полученное значение коэффициента конфузора автоматически записывается в штатный расчет производительности САУ ГПА.

Модуль регулятора цехового параметра формирует задание на суммарные обороты цеха, используя стандартный ПИ- алгоритм, рис. 5.

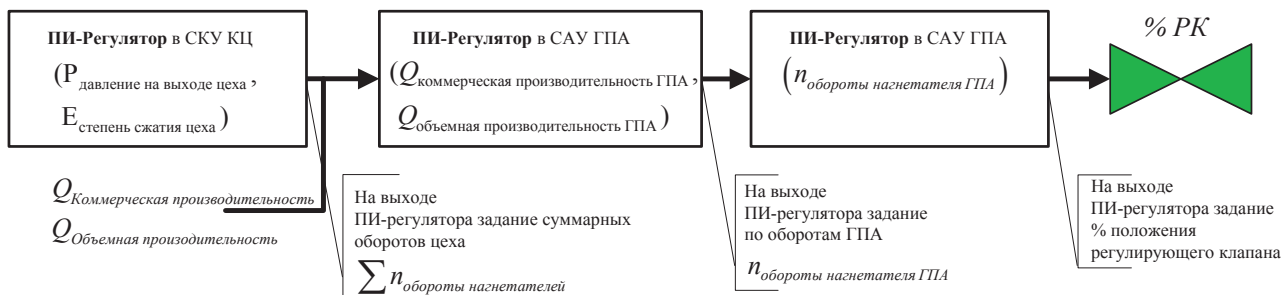


Рис. 5. Каскадная схема регулирования режима



Работа цехового регулятора происходит без пере-регулирования по выбранному параметру, с минимальным темпом отработки задания за счет применения функционального нелинейного метода регулирования давления на выходе цеха, работающего во взаимосвязи с логикой ПИ-регулятора.

Синтез программного регулятора по контуру «давление на выходе цеха» потребовал составления и анализа математической модели КЦ на участке «ГПА – трубопроводная обвязка – АВО». Декомпозиция КЦ на отдельные технологические элементы, проведенная методом структурного моделирования [13], позволяет составить требуемую математическую модель и осуществить моделирование системы с учетом любой ее топологической структуры, рис. 6.

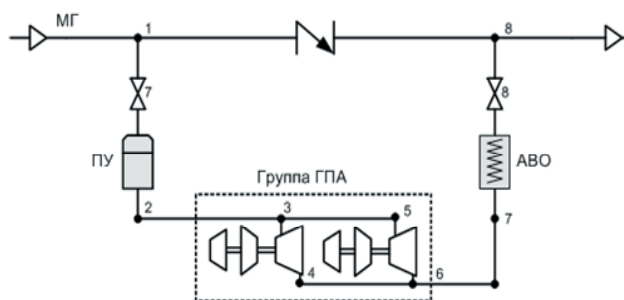


Рис. 6. Топологическая структура компрессорного цеха

Основная сложность разработки многосвязной модели заключается в учете взаимных влияний отдельных элементов технологического оборудования друг на друга в различных ситуациях (режимах) функционирования цеха, ГПА.

Рассматривалось изменение основных параметров цеха: давления  $P$ , температуры  $T$ , плотности  $\rho$  и объемного расхода газа  $Q$  в точках 3-8 (рис. 6).

Полученные модельные зависимости ТО КЦ были агрегированы в математической модели КЦ, размещенной в ПО ПРР. Функциональный нелинейный метод регулирования давления на выходе цеха использует модель при выработке управляющих воздействий при отклонении контролируемого параметра более чем на 0.002 МПа. Обработка модели происходит с периодичностью, равной длительности переходного режима для выбранной схемы работы цеха. Таким образом, совместная работа двух алгоритмов обеспечивает высокую точность и минимальную длительность переходных режимов при управлении КЦ.

В случае выхода на ограничитель работы САУ ГПА, поддержание заданной уставки по режиму обеспечивается агрегатом (агрегатами), у которого запас по регулированию больше. Если агрегат один в трассе выходит на ограничитель САУ ГПА, или все ГПА цеха вышли на ограничитель, но запас по регулированию у всех ГПА достаточный для нормальной работы, но при другой уставке по режиму, то уставка, внесенная оператором, корректируется автоматически (снижается, увеличивается), переводя режим работы цеха в допустимую зону регулирования. Модуль расчет допустимой разности нагрузки ГПА – использует в качестве опорных значений данные модуля расчета допустимой зоны работы ГПА. При включении нескольких ГПА в магистраль важно

поддерживать такое соотношение нагрузки между ними, при котором разность между максимальными и минимальными оборотами ТНД загруженных в трассу турбин не превышала предельно допустимое значение, при котором развиваются помпажные явления в нагнетателе.

Коэффициенты настройки модели цеха – блок данных (более 200 коэффициентов при наличии 8-ГПА в КЦ), полученные методом регрессионного анализа.

Оптимизационный модуль решает задачу распределения нагрузки (объемной или коммерческой производительности, а так же оборотов нагнетателей ГПА), обеспечивая минимизацию топливных затрат [6].

Непосредственная передача уставок по оборотам, производительности или коммерческой производительности, а так же пересылка команд управления осуществляется в связевом модуле СКУ КЦ рисунком 7.

Логика работы модуля формирует пересылку управляющих команд только при изменении уставок, появлении новых управляющих команд или при приближении оборотов ГПА к ограничителям. При пересылке данных происходит «синхронизация» времени пересылок дейтограмм в САУ ГПА с временем РИУС. Взаимодействие контроллеров СКУ КЦ и САУ ГПА определяет второй уровень взаимодействия программных функций регулятора режима.

Обмен данными между СКУ КЦ и САУ ГПА происходит по шине Genius или Ethernet.

Инициатором передачи данных является система РИУС при передаче данных в САУ ГПА «Квант», а при передаче данных из САУ ГПА «Квант» в РИУС – инициатор передачи данных «Квант». При организации передачи данных по шине Genius возникает задача синхронизации передаваемых дейтограмм (блоков данных) между абонентами сети. Бит синхронизации, переданный из РИУС в «Квант» обнуляет счетчик времени, определяющий порядок пересылки дейтограмм. В каждом контроллере САУ ГПА счетчик настроен на один и тот же период полного цикла – 1 секунда. При этом счетчик устанавливает временные метки, соответствующие общему количеству передаваемых дейтограмм в цехе (к примеру 24 для 8-ми агрегатов в цехе). Пересылка дейтограмм в РИУС из каждого «Квант» происходит при достижении последних 3-х временных меток счетчика. Пересылка дейтограмм из РИУС в «Квант» также выполняется по счетчику времени, полный цикл которого равен 1-й секунде. Временные метки счетчика РИУС (8 для цеха из восьми агрегатов) определяют номер ГПА, на который будет переслана дейтограмма.

Пересылка дейтограмм из РИУС в «Квант» происходит в течение одной секунды, и последовательно обнуляет счетчики пересылок каждого агрегата. Таким образом, выполняется синхронизация счетчиков САУ ГПА, и, следовательно, устанавливает очередность пересылок данных всей сети в интервале одной секунды.

Алгоритмы управления оборудованием САУ ГПА – сигналы управления, пересланные из РИУС, интегрируются в программное обеспечение САУ ГПА. ПО САУ ГПА должно быть подготовлено для принятия соответствующих сигналов цеховой системы. Для этого предусматриваются условия в блоках управления механизмами ГПА, блоках управления оборотами ТНД.

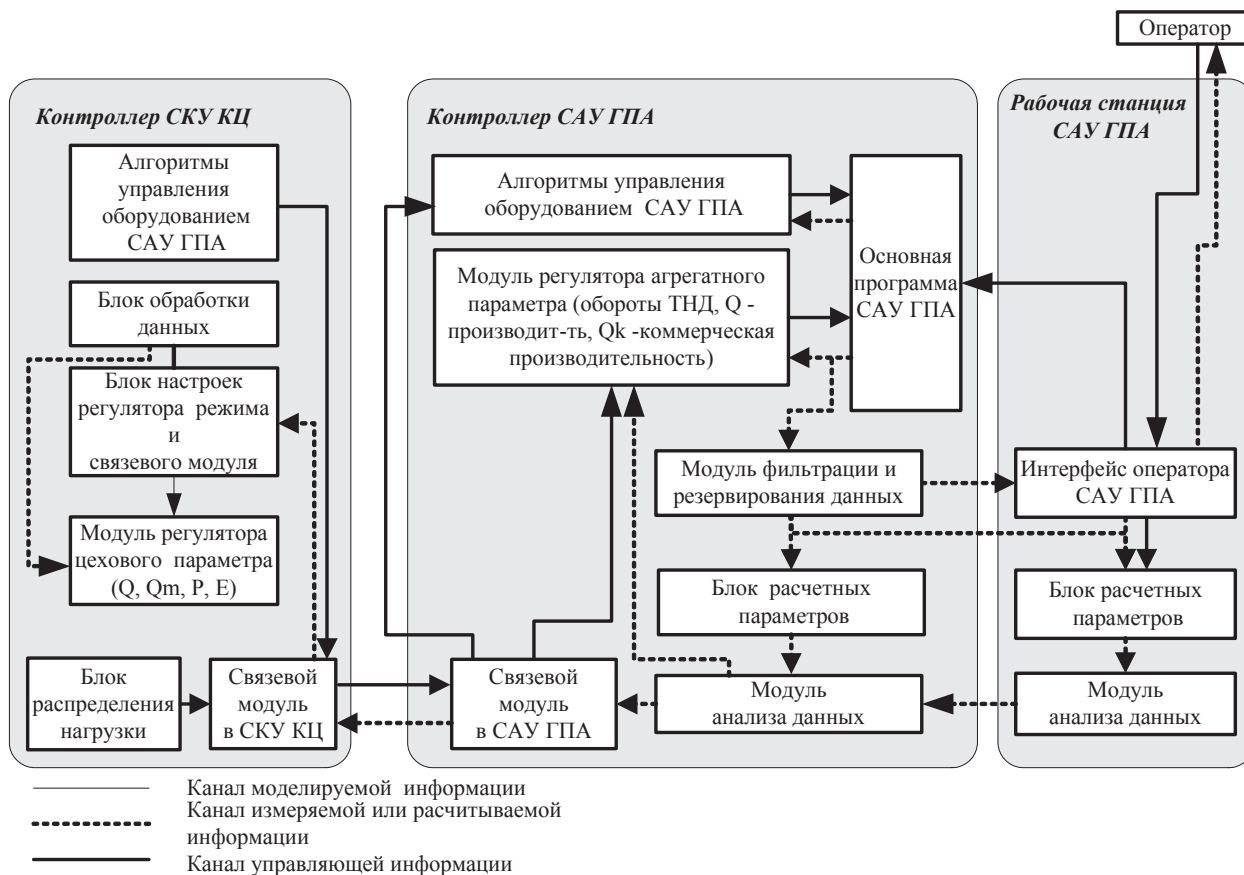


Рис. 7. Второй и третий уровни взаимодействия программных модулей ПРР

Модуль регулятора агрегатного параметра представляет собой комплекс математических и логических процедур, обеспечивающих масштабирование и переключение различных заданий цехового регулятора режима (оборотов ТНД, объемной и коммерческой производительности нагнетателя). При включенном режиме автоматического регулирования цеха по объемной либо коммерческой производительности, в работу включается программный ПИ-регулятор в САУ ГПА. Таким образом, при автоматическом управлении режимом цеха реализуется 3-х каскадная схема регулирования, рис. 5.

Таким образом, распределенная структура ПРР позволяет эффективно использовать ресурсы ПО каждого уровня. Функции, реализуемые ПРР, предъявляют дополнительные требования к ранее внедренным и функционирующим системам «Квант-6» и РИУС. Эти требования затрагивают не только включение в состав прикладных ПО РИУС собственно регулятора, но и наращивание интерфейса оператора, внедрение новых расчетных блоков в системы «Квант-6», увеличение объемов информации при обмене РИУС-«Квант», повышение динамики отработки управляющих воздействий в системе управления антипомпажным регулятором ГПА.

Результаты апробации позволили фирме ООО «Вега-ГАЗ» не только решать текущие задачи внедрения ПРР на объектах ОАО «ГАЗПРОМ». Развитие и функциональное наполнение систем «Квант» и РИУС, наращивание уровня решений технологических задач на основе полученного опыта, позволили сформули-

ровать и реализовывать концепцию управления цехом [4], соответствующую современным тенденциям в диспетчерском управлении ГТС. Такое развитие работ было бы невозможно без тесного сотрудничества ООО «Вега-ГАЗ» с предприятиями, развивающими научные школы газотранспортной отрасли: каф. компьютерных технологий в системах управления Ивано-Франковского Национального технического университета нефти и газа, каф. АСУ РГУ им. Губкина, ВНИИГАЗ, СУ «Леноргэнергогаз», ИТЦ «Газпром трансгаз Москва», ИТЦ «Газпром трансгаз Ухта».

За четыре года разработки (с 2004 по 2007 год) внедрены программные регуляторы компрессорного цеха на 8 цехах предприятий ООО «Газпром трансгаз Москва» (2 цеха), ООО «Волготрансгаз» (1 цех) и «Газпром трансгаз Ухта» (5 цехов).

**Выводы исследования и дальнейшая работа в данном направлении**

Впервые сформулированы основные системные факторы, осложняющие внедрение и эксплуатацию функций автоматического регулирования режимом на уровне компрессорного цеха.

При разработке программного регулятора режима на базе современных систем автоматического управления агрегатной автоматикой «Квант-6» и цеховой автоматикой РИУС фирмы ООО «Вега-ГАЗ» были учтены перечисленные в таблице 1 системные факторы и разработаны новые методы управления оборудованием КЦ.

Разработан новый метод управления общецеховым параметром «Давление на выходе цеха» и «Степень сжатия цеха» при выработке управляющих воздействий, использующий упрощенную модель компрессорного цеха, интегрированную в программное обеспечение СКУ КЦ.

Разработан новый метод косвенного расчета и автоматической настройки основного параметра ГПА – производительности нагнетателя, с помощью которого обеспечивается достоверность расчетов этого параметра и, как следствие, эффективность работы алгоритма антипомпажного регулирования ГПА и КЦ.

Перечисленные методы прошли апробацию на многих станциях ОАО «Газпром» и эксплуатируются в течение ряда лет в штатном режиме работы оборудования КЦ. Дальнейшее развитие функций автоматического управления режимом предполагается выполнить с исследованием базовых принципов организации управления ПРР на уровне компрессорной станции.

---

#### Литература

1. Система автоматического управления газоперекачивающими агрегатами [Текст]: Общие технические требования. ОАО «ГАЗПРОМ», ОАО «Оргэнерггаз» М. 2006 г
2. Автоматизация процессов газовой промышленности [Текст]/ М.А. Балавин, С.П. Продовиков, А.З. Шайхутдинов и др.; под общей ред. А.З. Шайхутдинова. – СПб: Наука, 2003. – 496 с.
3. Computer simulation solutions for optimization of gas turbine driven compressor stations performance. [Электронный ресурс]/ К. Slobodchikov // International Freiberg Conference on IGCC & Xttl Technologies. – Режим доступа: \www/URL://http://www.iec.tu-freiberg.de/conference/conference\_05/pdf/43\_Konstantin.pdf / 2005 г. – Загл. с экрана.
4. Опыт внедрения оптимального цехового регулятора режима на КС «Микунь» ООО «Севергазпром» [Текст]: Сб. докладов III междунар. науч.-техн. конф., 10-13 апреля 2007 г. – «Компьютерные технологии поддержки принятия решений в диспетчерском управлении газотранспортными и газодобывающими системами (DISCOM 2007)». – М. ВНИИГАЗ, 2007. – С.99 – 103.
5. Слободчиков К.Ю. Применение математических моделей газоперекачивающего агрегата в расчетных задачах системы управления газопроводом [Текст]: Пятая Всероссийская конференция с международным участием. Математическое моделирование и краевые задачи. Секция «Моделирование и оптимизация динамических систем и систем с распределенными параметрами» 2008. / [Электронный ресурс] Режим доступа : \www/URL://http://matmod.ucoz.ru/2008/maket2.pdf
6. Слободчиков К.Ю. Методи та моделі розподілу навантаження між газоперекачувальними агрегатами компрессорного цеху [Текст]/ К.Ю. Слободчиков // Науковий вісник ІФНТУНГ 2008 №2(18) – 2008. – С. 106–114. ISSN 1993-9965 / [Электронный ресурс] Режим доступа: \www/URL:// http://model.exponenta.ru/slob\_03.html
7. Слободчиков К.Ю. Проблемы эргономического исследования процесса разработки интерфейса систем «Человек-компьютер-АСУ ТП» [Текст]/ К.Ю. Слободчиков // Вестник Харьковского автомобильно-дорожного технического университета и Северо-Восточного Научного Центра Транспортной Академии Украины. Выпуск №17 2002. – С.100–102.
8. Мунипов, В.М. Эргономика: человекоориентированное проектирование техники, программных средств и среды [Текст]: Учебник./ В.М. Мунипов, В.П. Зинченко. – М.: Логос, 2001. –356с.
9. Григорьев Л.И. Диспетчерское управление трубопроводным транспортом газа: состояние, проблемы, перспективы // I Международная научно-техническая конференция «Развитие компьютерных комплексов моделирования, оптимизации режимов работы систем газоснабжения и их роль в диспетчерском управлении технологическими процессами в газовой отрасли (DISCOM 2002)». // Материалы конференции/ М. 2002 г.
10. Густав Олссон Цифровые системы автоматизации и управления [Текст]: учеб. Густав Олссон, Джангуидо Пиани. – СПб.:Невский диалект, 2001, 557с.
11. Методика расчета нагнетателя [Текст]/ В.Н. Богданов, С.В. Филиппов, Н.В. Дашунин // Отчет. ООО «Мострансгаз» 2001. – 18 с
12. Слободчиков К.Ю. Применение диагностики технического состояния нагнетателя газоперекачивающего агрегата в оперативном управлении компрессорным цехом [Текст]: тез. докл. междунар. науч. школы «Фундаментальные и прикладные проблемы надежности и диагностики машин и механизмов», Санкт-Петербург 2005. – 46с.
13. Слободчиков К.Ю. Метод структурного моделирования системы управления компрессорным цехом [Текст]: Сборник статей юбил. междунар. науч.-практ. конф. «Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров»./ – Пенза. – 2004. –С.72-76./ [Электронный ресурс] Режим доступа:\www/URL://http://model.exponenta.ru/slob\_01.html