

ЭНЕРГЕТИКА. ЭНЕРГОРЕСУРСЫ

doi: 10.51639/2713-0576_2023_3_1_93

УДК 681.58

ГРНТИ 44.01.85

ВАК 05.13.06

Актуальные требования к системам автоматизированного управления многофункциональными установками подготовки газа

* Березняк В. Н., Бажанов А. Г.

*БГТУ им. В. Г. Шухова, 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова 46*email: * bereznyak_vlni@edu.bstu.ru, all_exe@mail.ru

В данной статье рассматриваются актуальные требования, предъявляемые к комплексу технических средств, назначению и функциональности системы, а также к программному обеспечению при разработке систем автоматизированного управления многофункциональными установками подготовки газа. Данные исследования получены на основе анализа выполненных автором реальных проектов САУ МУПГ для компаний НАО «АБС Энергонефть», Uzlit Engineering, АО «Татэнерго», ХАЯТ Россия и др. в период 2020–2023 гг.

Ключевые слова: автоматизация многофункциональной установки подготовки газа, система автоматизированного управления многофункциональной установки подготовки газа, автоматизация пункта подготовки газа, система автоматизированного управления пункта подготовки газа, автоматизация комплексной подготовки газа.

Описание объекта исследования

Объектом исследования являются блочные комплектные многофункциональные установки подготовки газа (далее МУПГ). МУПГ предназначены для обеспечения качественной предварительной подготовки газа разного типа и исходного состояния перед его подачей в газоиспользующее оборудование: газовые турбины, газопоршневые установки, компрессорные станции, котельные, газоперекачивающие агрегаты. МУПГ в автоматическом режиме должны долговременно и непрерывно обеспечивать очистку, осушку, подогрев, редуцирование, технологический или коммерческий учет, контроль качества газа перед его подачей в газоиспользующее оборудование [1].

В зависимости от требуемого уровня подготовки газа процесс подготовки может включать в себя следующие технологические узлы: узел фильтрации газа и сбора газового конденсата, узел дренажа газового конденсата, узел сепарации и осушки газа, узел подогрева газа, узел редуцирования газа, узел технологического или коммерческого учёта газа, узел одоризации газа, узел контроля качества физико-химических параметров газа, узел подготовки теплоносителя для собственных нужд технологической установки или для подогрева газа [2]. На рис. 1 изображена обобщённая структурная технологическая схема МУПГ с типовыми узлами и системами.

Компактные комплектные МУПГ конструктивно представляют собой комплекс технологического оборудования и различных систем, размещённых в едином блок-боксе на раме. Многоблочные МУПГ состоят из нескольких блок-боксов стыкующихся между собой.

Все зоны МУПГ разделены герметичными перегородками для обеспечения разделения отсеков с разными категориями по взрывопожарной и пожарной опасности. В МУПГ технологическое оборудование как правило размещается во взрывоопасной зоне в помещениях, называемых отсеками технологического оборудования (ОТО). Система автоматизированного управления (САУ) и системы жизнеобеспечения и безопасности размещаются в помещениях, называемых отсеками управления (ОУ) во взрывобезопасной зоне.

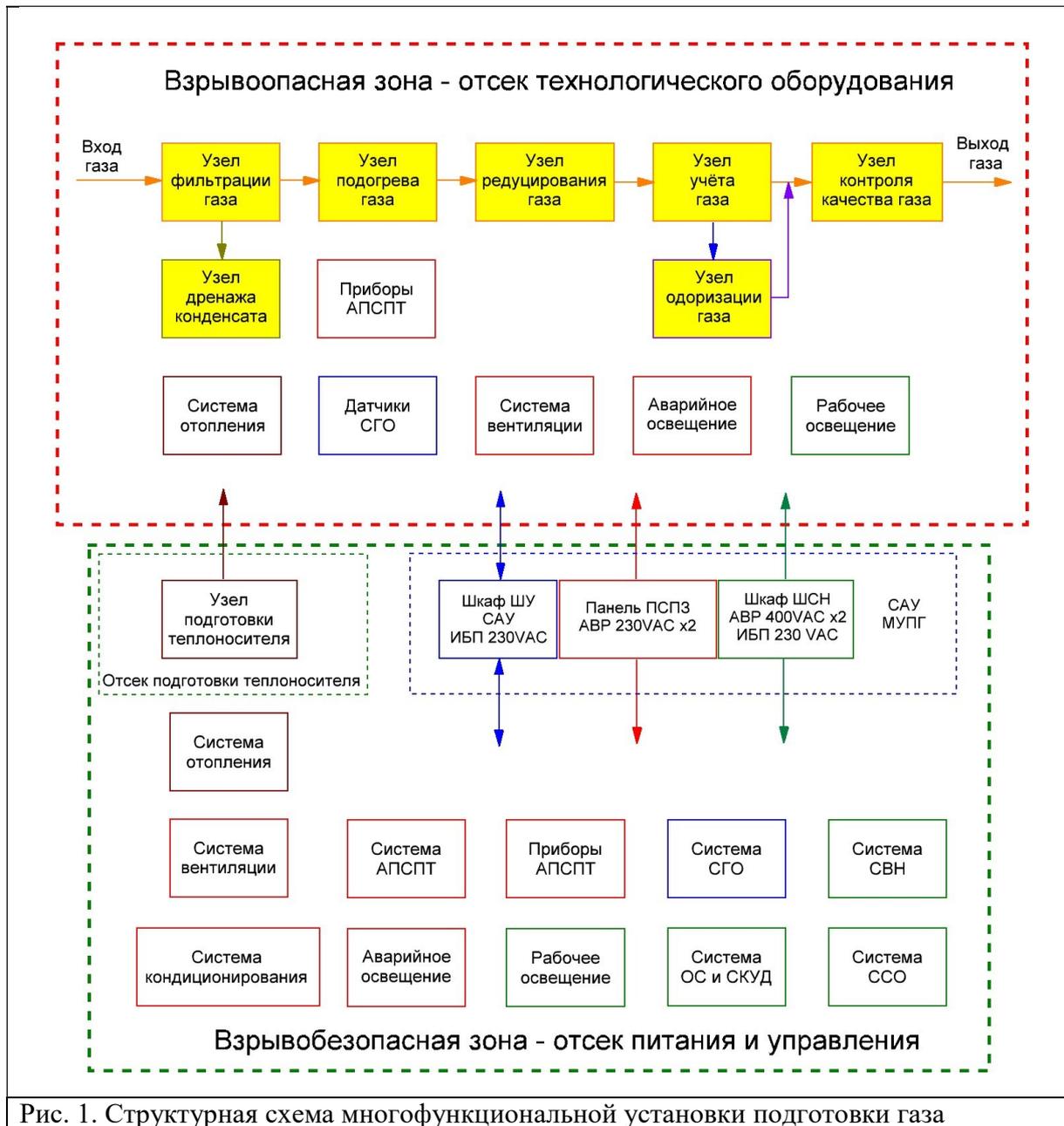


Рис. 1. Структурная схема многофункциональной установки подготовки газа

САУ МУПГ включает в себя (см. рис. 1 и рис. 2): шкаф питания технологического оборудования и питания собственных нужд (ШСН) с автоматическим вводом резерва 2-х фидеров 400VAC и источником бесперебойного питания (ИБП) напряжением 230VAC, панель питания противопожарных устройств (панель ПЭСПЗ) с автоматическим вводом резерва на 230VAC, шкаф управления (ШУ) с программно-техническим комплексом и ИБП на 230VAC. Система жизнеобеспечения МУПГ в зависимости от условий эксплуатации

может включать в себя следующие инженерные подсистемы: система рабочего и аварийного освещения, система отопления, система вентиляции, система кондиционирования, солнечная электростанция. Система безопасности МУПГ состоит из следующих подсистем: система автоматической пожарной сигнализации и пожаротушения (АПС/ПТ), система газообнаружения и газо-удаления (СГО), система охранной сигнализации (ОС), контроля и учёта доступа (СКУД), система видеонаблюдения (СВН), система связи и оповещения (ССО) [1].

Назначение и функции системы автоматизированного управления МУПГ

В части автоматизации многофункциональные установки подготовки газа должны комплектоваться достаточным количеством КИП, единой САУ и при необходимости ЛСУ инженерных систем жизнеобеспечения. При этом ЛСУ инженерных систем жизнеобеспечения должны максимально интегрироваться в единую систему САУ МУПГ если это не запрещено нормативной технической документацией. САУ должна выполняться в объёме, достаточном для автоматического безопасного и качественного функционирования технологического оборудования и инженерных систем без постоянного присутствия обслуживающего персонала и обеспечения защитами технологического оборудования МУПГ при эксплуатации на объектах критической инфраструктуры [5].

САУ предназначена для автоматического контроля и формирования управляющих воздействий на технологическое оборудование и инженерные системы жизнеобеспечения МУПГ. Выделим основные требования к назначению САУ МУПГ [5][6][7]:

- автоматический сбор, отображение, регистрация и передача на верхний уровень АСУТП информации о протекании технологических процессов от полевого оборудования узлов подготовки газа и информации от систем жизнеобеспечения установки;
- автоматическая обработка полученных данных от полевых устройств и инженерных систем, линеаризация и масштабирование аналоговых сигналов полевого оборудования и смежных систем установки;
- реализация режимов управления оборудованием технологических узлов и систем жизнеобеспечения: местный, дистанционный, автоматический, обработка команд оператора, введённых с локальной панели оператора;
- автоматическое или автоматизированное управление режимами работы оборудования технологических узлов, формирование автоматических команд управления и обработка информации по заданным алгоритмам, определение мгновенных и усреднённых значений параметров технологических узлов, сравнение текущих значений параметров с их заданными значениями, коррекция измеренных параметров с учётом условий измерений, автоматическое регулирование узлов технологического оборудования в заданных оператором режимах работы;
- непрерывный контроль состояния оборудования технологических узлов и систем жизнеобеспечения установки, блокировка оборудования и автоматическое переключение оборудования в безопасное состояние при определении аварийных ситуаций по сигналам технологических защит;

САУ МУПГ должна обеспечивать выполнение следующих функций: аварийную защиту оборудования технологических узлов установки; управление исполнительными механизмами и оборудованием в соответствии с алгоритмами управления; индикацию, сигнализацию режимов и состояний технологического оборудования; сбор, регистрация и архивация полученных и обработанных данных; замещение(симуляция) аналоговых и дискретных сигналов; диагностика неисправностей технологического оборудования и инженерных систем жизнеобеспечения [4–7].

Функции управления САУ МУПГ должны обеспечивать подачу управляющих сигналов на исполнительные механизмы и оборудование МУПГ в соответствии с показаниями датчиков,

алгоритмами управления и в соответствии с управляющими командами оператора. САУ МУПГ должна предусматривать следующие функции и алгоритмы работы:

- реализация минимум двух уровней доступа управления МУПГ и функциям САУ: «Оператор», «Инженер».
- штатный пуск и останов МУПГ в автоматическом и ручном режиме;
- аварийный останов и защиты оборудования технологических узлов МУПГ;
- автоматический контроль перепада давления и уровня газового конденсата в фильтре, автоматическое переключение технологических линий узла фильтрации газа с рабочей на резервную;
- контроль работы и автоматическое управление оборудованием узла дренирования газового конденсата;
- автоматическое регулирование температурой газа в узле подогрева газа, а также автоматическое переключение с рабочей линии узла подогрева газа на резервную;
- контроль срабатывания предохранительного запорного клапана (ПЗК) регуляторов давления газа, автоматическое переключение линии узла редуцирования газа с рабочей на резервную;
- контроль работы запорной, отсечной и регулирующей арматуры с электрическим или пневматическим управлением;
- контроль работы и исправности приборов КИП с унифицированным аналоговым сигналом 4-20 мА реализацией стандарта NAMUR NE43 на программном уровне;
- контроль работы оборудования узла учета газа (расходомер, датчики давления, датчики температуры, корректоры и вычислители газа);
- управление оборудованием хранения, дозирования одоранта и контроль параметров узла одоризации;
- контроль работы оборудования контроля и оценки качества природного газа узла контроля качества газа.
- контроль и автоматическое управление оборудованием систем приточно-вытяжной вентиляции, отопления и кондиционирования ОТО и ОУ;
- алгоритм управления установкой при пожаре в ОТО и ОУ, смежная работа САУ с системой АПСПТ;
- алгоритм управления установкой при загазованности в ОТО, смежная работа САУ с системой СГО (если система СГО не интегрирована в САУ);
- алгоритмы блокировки управлением технологическим оборудованием и оборудованием инженерных систем при работе алгоритмов приоритетного уровня таких как система СГО или система АПСПТ;
- алгоритм работы системы рабочего и аварийного освещения выполненный согласно п. 7.1.2 и 7.6.1 СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95»

Аварийная защита САУ МУПГ должна обеспечивать своевременное реагирование САУ на выход контролируемых параметров за допустимые пределы и предотвращать аварийные ситуации, приводящие к разрушению технологического оборудования. САУ должна обеспечивать следующие аварийные защиты и блокировки, которые активны всегда с момента подачи питания на ШУ САУ:

- аварийный останов МУПГ с кнопки «Аварийный останов» местной панели управления;
- аварийный останов МУПГ с кнопки «Аварийный останов» с ВУАСУ ТП;
- аварийный останов МУПГ по сигналу «Пожар» от системы АПСПТ;
- аварийный останов МУПГ по сигналу «Загазованность 20 % НКПР» (2 из 2) от системы СГО;
- аварийный останов МУПГ при высоком давлении газа на входе МУПГ;

- аварийный останов МУПГ при высоком давлении газа на выходе МУПГ;
- защита фильтров от засоренности (высокого перепада давления);
- защита фильтров от переполнения газовым конденсатом;
- защита дренажных ёмкостей от переполнения газовым конденсатом;
- аварийный останов МУПГ при срабатывания предохранительного запорного клапана (ПЗК);
- блокировки управлением исполнительными механизмами при срабатывании технологических защит;
- оповещение/сигнализация об аварии всего оборудования технологических узлов и инженерных систем жизнеобеспечения.

Индикация должна обеспечивать достоверное отображение измеряемых значений аналоговых и дискретных датчиков при выводе на экран панели управления САУ МУПГ. Для всех аналоговых измерений должно предусматриваться отображение на панели оператора изменения сигнала во времени в виде трендов. Для отображения на панели оператора изменения дискретных сигналов во времени используется журнал событий. Для исполнительных механизмов должна предусматриваться индикация отключенного, рабочего и аварийного состояний и наличия питания через автоматические выключатели. Предупредительные и аварийные сообщения на панели оператора для привлечения внимания оператора должны выделяться цветом и мигающим эффектом. В случае использования мигающих эффектов частота мерцания не должна превышать один раз в секунду. В случае, использования цветового выделения следует применять: красный цвет для отображения сообщений об ошибках и аварийной сигнализации; жёлтый цвет для отображения предупреждающих сообщений и предупреждающей сигнализации; зеленый цвет для отображения нормального функционирования всех систем; белый цвет для отображения информационных и подтверждающих сообщений [6].

Вся технологическая сигнализация автоматически должна выводиться на экран панели оператора САУ МУПГ. Предупредительная сигнализация должна выполняться: при отклонении параметров за установленные пределы параметров технологических узлов МУПГ, при изменении состояния инженерных систем жизнеобеспечения, при обнаружении неисправности различных устройств и датчиков. Аварийная сигнализация должна выполняться: при аварийных отклонениях параметров технологических узлов МУПГ, при срабатывании технологических защит, противоаварийной автоматики [6].

Для аналоговых сигналов должна предусматриваться предупредительная и аварийная сигнализация выхода значения за допустимый порог по уставкам верхних и нижних значений (LL, L, H, HH). Изменение значений уставок должны выполняться на локальной панели САУ МУПГ пользователем с уровнем доступа «Инженер». Для дискретных датчиков должна предусматриваться предупредительная и аварийная сигнализация по состоянию сигнала датчика, в зависимости от назначения сигнала. Звуковая сигнализация САУ МУПГ должна иметь возможность отключения кнопкой «Отключение звука» на локальной панели оператора МУПГ или рабочей станции ВУ АСУ ТП. Сигнализация должна сохранять работоспособность при выборе режима замещения(симуляция) сигнала.

САУ МУПГ должна выполнять опрос аналоговых и дискретных датчиков посредством модулей ввода и интеллектуальных устройств посредством цифровых интерфейсов. Для всех входных аналоговых сигналов в САУ МУПГ на программном уровне должен быть реализован стандарт NAMUR NE43 и выполняется масштабирование входного аналогового сигнала. Функции регистрации и архивации должны обеспечивать сохранение всех входных и выходных сигналов САУ МУПГ на внешнем USB-носителе, подключенном к USB-входу панели управления, за период не менее 1 года. При этом сохранение параметров входных аналоговых сигналов требуется осуществляется с периодичностью 1 сек.

САУ МУПГ должна предусматривать режим замещения (симуляции) сигналов, который обеспечивает возможность проверки алгоритмов, а также предупредительной и аварийной сигнализации. Для всех входных и выходных сигналов режим замещения должен позволять вручную с локальной панели оператора МУПГ вводить значение аналогового сигнала или состояние дискретного сигнала вместо действительного значения с помощью соответствующего экранного объекта. В режиме замещения предупредительные и аварийные уставки сравниваются со значением замещения. Функции замещения (симуляции) дискретных входных и выходных сигналов должны быть реализованы в отдельном окне «Симуляция DI/DO». Функции замещения (симуляции) аналоговых сигналов должны быть реализованы во всплывающих окнах аналоговых датчиков. В этих окнах параллельно симулируемому значению должно быть предусмотрено отображение реального (действительного) измеряемого параметра. Введение симулируемых значений в САУ МУПГ возможно пользователем с правами доступа «Инженер».

Требования к комплексу технических средств САУ МУПГ

САУ МУПГ выполняются на микропроцессорной технике с использованием резервируемых промышленных программируемых логических контроллеров (ПЛК). Важно чтобы переключение с основного ПЛК на резервный производилось по безударной технологии. Контроллерное оборудование САУ должно иметь запас не менее 20% по каналам ввода-вывода, а также по производительности и информационным возможностям [5, 6]. Для ответственных управляющих воздействий важно предусматривать дублирование выходных сигналов. Аналоговые модули УСО должны поддерживать обмен информацией с полевыми устройствами по протоколу HART, соответственно МУПГ комплектуются КИП также с поддержкой HART-протокола. САУ МУПГ должна комплектоваться КИП в достаточном объеме для непрерывного функционирования без постоянного присутствия персонала и обеспечения защитами оборудования технологических узлов и инженерных систем [5].

САУ должна иметь возможность непрерывной автономной работы от источника бесперебойного питания, резервированного по схеме 2N при отсутствии электропитания не менее 30 минут [3, 5, 6]. Что касается распределения питания контроллерного оборудования и внешних цепей, то важно чтобы полевые и терминальные шины были разделены физически и запитывались от различных дублированных блоков питания. В результате подбора комтехнических средств, САУ МУПГ должна обеспечивать резервирование на всех уровнях для обеспечения высокой устойчивости к отказам, т.е. аппаратное резервирование должно выполняться на уровне системной шины, контроллеров, элементов схемы питания, сети полевого уровня, модулей I/O локальной и распределённой периферии [5]. На рис. 2 изображен пример структурной схемы комплекса технических средств отображающий актуальные требования к САУ МУПГ.

Обмен информацией между оборудованием нижнего, среднего и верхнего уровней должен осуществляться с использованием интерфейсов цифрового обмена Profibus/Profinet/Modbus TCP/IP.

Прикладное программное обеспечение (ППО) уровня программно-логического контроллера (ПЛК) должно разрабатываться с использованием стандартных языков программирования ПЛК и современных графических языков программирования в соответствии со стандартом Международной электротехнической комиссии МЭК 61131-3. Основным языком для разработки ППО должен быть FBD/CFC, ST либо аналог. Пошаговые программы управления приоритетно реализовывать с применением языка SFC [5]. ППО должно обеспечивать все описанные ранее функции САУ МУПГ. Для реализации программ управления должна быть предусмотрена библиотека стандартных алгоритмических функций, описанных ранее, например:

управление приводами, механизмами и другими объектами; защиты, блокировки, АВР; алгоритмические, логические преобразования; П-, ПИ-, ПИД-законов регулирования аналогового и импульсного типов [6].

Результаты исследования

В результате исследования были изучены актуальные функциональные и технические требования, предъявляемые к АСУ ТП в нефтегазовой промышленности, изложенные в стандартах и положениях предприятий энергетического сектора Российской Федерации. Приведённые в таблице 1 показатели надежности САУ МУПГ разделяются на 3 группы функций: 1 гр. – автоматического регулирования, блокировок, представления информации о непосредственно измеряемых и вычисляемых параметрах (используемых в контурах автоматического управления); 2 гр. – измерения, индикации и регистрации параметров (как непосредственно измеряемых, так и вычисляемых); 3 гр. – вычисления, не связанные с функциями предыдущих групп [6]. В качестве единичных показателей безотказности должны использоваться:

- средняя наработка системы на отказ в выполнении i -й функции – $MTBF_i$; или вероятность безотказного выполнения системой i -й функции в течение 1000 часов (1-PFD $_i$).
- среднее время восстановления выполнения системой i -й функции – $MTTR_i$.

Таблица 1

Требования к показателям надежности САУ МУПГ

Группа	$MTBF_i$ (часы)	1-PFD $_i$	$MTTR_i$ (часы)
1	20000	0,95	2
2	10000	0,90	4
3	1250	0,45	8

В качестве комплексных показателей надежности должны использоваться:

- средняя наработка системы в целом на $MTBF$; или вероятность безотказной работы системы в течение 1000 часов (1-PFD).
- коэффициент готовности системы, коэффициент готовности АСУТП НГД должен быть не менее 0,98.

Описанные в статье требования к проектированию САУ МУПГ нацелены на соблюдение и повышение надёжности работы САУ согласно ГОСТ 24.701, которая предполагает непрерывную и круглосуточную работу без постоянного присутствия эксплуатационного персонала. В качестве показателей надежности САУ МУПГ используют показатели, характеризующие надёжность реализации функций системы и опасность возникновения в системе аварийных ситуаций.

Следует отметить, что в изученных современных требованиях к САУ МУПГ не рассмотрены программные методы повышения надёжности работы САУ, а именно использование в алгоритмах защит и блокировок статистического анализа накопленных данных на уровне ПЛК. Можно предположить, что при правильном взаимодействии статистического анализа и алгоритмов ППО на уровне ПЛК можно добиться повышения надёжности работы МУПГ в целом методом своевременного предупреждения аварийных ситуаций и «случайной» аварийной остановки оборудования и систем МУПГ.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Рубанов А. Энергаз внедряет многофункциональные установки подготовки газа // Отраслевой журнал «СФЕРА. Нефть и Газ» / под ред. №4/2019. С. 38–45.
2. Системы автоматизации в газовой промышленности : учебное пособие / Прахова М. Ю. [и др.]. М. : Инфра-Инженерия, 2019. 480 с.
3. СТО Газпром газораспределение 2.12-2016. Автоматизированные системы управления технологическим процессом распределения газа. СПб.: АО Газпром распределение, 2016. 33 с.
4. СТО Газпром 097-2011. Автоматизация. Телемеханизация. Автоматизированные системы управления технологическими процессами добычи, транспортировки и подземного хранения газа. Основные положения. М. : ОАО Газпром, 2012. 63 с.
5. Технические требования на комплексную поставку пункта подготовки газа (ППГ), совмещенного с газорегуляторным пунктом (ГРП)/ Проект строительства ТЭЦ в пределах Черногорского месторождения. Екатеринбург. : ООО Интертехэлектро – Проект, 2021. 61 с.
6. ПЗ-04 С-0038 Версия 2.00. Положение компании «Автоматизированный системы управления технологическими процессами нефтегазодобычи. Требования к функциональным характеристикам» / ПАО НК Роснефть, 2014. 167 с.
7. ГОСТ 24.104-85 Автоматизированные системы управления. Общие требования. Дата введения 01.01.1987.
8. ГОСТ 24.701-86 Надёжность автоматизированных систем управления. Основные положения. Дата введения 01.07.1987.

Actual requirements for automated control systems of multifunctional gas preparation units.

Bereznyak V. N., Bazhanov A. G.

*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
46 Kostyukova str., Belgorod, 308012, Russia*

This article discusses the current requirements for the complex of technical means, the purpose and functionality of the system, as well as for software support in the development of automated control systems for multifunctional gas preparation units. The research data were obtained on the basis of the analysis of the author's real projects of ACS MGPU for the companies NP JSC ABS Energoneft, Uzlyty Engineering, JSC Tatenergo, HAYAT Russia, etc. in the period 2020-2023.

Keywords: automation of a multifunctional gas preparation unit, automated control system of a multifunctional gas preparation unit, automation of a gas preparation unit, automated control system of a gas preparation unit, automation of complex gas preparation.