

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ФЛОТОМАШИИ

Булатбаева Ю.Ф.<sup>1</sup>, Капбасова Д.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Булатбаева Юлия Феликсовна - доктор PhD, и.о. доцента;

<sup>2</sup>Капбасова Диана Сабитовна – магистр,  
кафедра «Автоматизации производственных процессов», Карагандинский  
технический университет имени Абылкаса Сагинова,  
г. Караганда, Республика Казахстан

**Аннотация:** автоматизация процессов на производстве в настоящее время очень актуальна. В данной статье рассматривается система автоматического управления флотомашинами. Для автоматического управления флотомашинами рассмотрим три уровня АСУ ТП. Здесь осуществляется выбор датчиков, исполнительных механизмов, контроллера, человеко-машинного интерфейса. Система автоматизированного управления флотомашин упрощает работу флотаторов, обеспечивает точную регулировку, предотвращает аварийные ситуации.

**Ключевые слова:** флотомашинны, система автоматизированного управления, датчики, исполнительные механизмы, контроллер.

УДК 004.5

Система автоматического управления флотационной машиной применяется на промышленных предприятиях различной отраслевой принадлежности.

Флотационная машина — агрегат для проведения флотации. Представляет собой устройство в виде ёмкости (ванны или камер), предназначенное для разделения взвешенных в жидкости относительно мелких твёрдых частиц (или их выделения из жидкости) по их способности прилипать к вводимым в суспензию газовым пузырькам, каплям масла и т. д. с целью извлечения полезного компонента (см. Рисунок 1).

Главным фактором, определяющим качество работы флотационных машин, является степень аэрации пульпы. Аэрация пульпы характеризуется количеством воздуха, проходящим в единицу времени через единицу объёма пульпы (л/м<sup>3</sup>\*мин). По типу аэрации пульпы флотационные машины делятся на три основные группы: механические, пневмомеханические, пневматические.

Механическая. Перемешивание пульпы, засасывание и диспергирование воздуха производится импеллером. Под действием водяных вихрей засасываемый воздух распадается на отдельные пузырьки.

Пневмомеханическая. Происходит подача сжатого воздуха пульпу через пористые перегородки или трубы. Диспергирование и перемешивание пульпы производится импеллером.

Пневматическая. Перемешивание и аэрация пульпы происходит путём подачи сжатого воздуха через аэраторы различных конструкций. Воздух диспергируется при пропускании его сквозь поры, а также при подъёме пульпо-воздушной смеси в турбулентных потоках при изменении направления их движения.

Рабочие инструменты флотационных машин: элеватор для подачи пульпы, камера, импеллеры, выпускная труба для хвостов, труба для отвода концентрата.



*Рис. 1. Упрощенное схематическое изображение флотомашин.*

САУ Ф предназначена для автоматизированного управления задвижками и пневмоцилиндрами флотомашин в автоматическом и ручном режимах работы.

САУ Ф обеспечивает:

- передачу технологических данных в учетную систему предприятия;
- упрощает задачи диспетчерского управления инженерным оборудованием;
- снижение риска возникновения аварийных режимов и времени простоев;
- контроль, диагностику, защиты и сигнализацию состояния флотомашин на центральной панели управления;

- отображение текущего состояния и параметров агрегатов флотомашин на экране панели оператора;

- запоминание информации о состоянии агрегатов флотомашин и величин контролируемых параметров технологических процессов и вывод их по требованию на экран панели оператора в виде графиков.

Применение САУ Ф приводит к значительному повышению экономической эффективности технологического процесса для всех видов флотомашин:

- работа в автоматическом режиме исключает задержки при формировании управляющих воздействий оператора, что существенно увеличивает общую производительность флотомашин.

Функционально САУ Ф представляет собой трехуровневую систему сбора данных, выполняющую сбор и контроль данных в реальном масштабе времени:

- на нижнем уровне: – первичные измерения технологических параметров, контроль состояния технологического оборудования, выполняемые с помощью аналоговых и дискретных датчиков, передача их показаний на средний уровень системы;

- на среднем уровне: – сбор информации от датчиков и преобразователей сигналов нижнего уровня, фильтрация, линеаризация и масштабирование входных аналоговых сигналов, обнаружение ненормальных ситуаций, передача информации о состоянии объекта на верхний уровень системы;

- на верхнем уровне: – прием данных со среднего уровня о состоянии объекта, отображение технологического процесса, архивация параметров и состояний объекта, отображение архивной информации [1].

Самое важное в автоматизации процесса флотации - это автоматическое поддержание пульпы на заданном уровне и обеспечение подачи воздуха в заданном количестве. По этой причине здесь используются датчик уровня и датчик потока. Также из исполнительных механизмов устанавливается пневмоцилиндр и клапан, оснащенный электроприводом.

Пневмоцилиндр соединяется с пробками через шток и регулирует поток материала между стадиями флотации. Используемые пневматические цилиндры имеют длину 50 сантиметров что позволяет регулировать поток материала в широком диапазоне [2].

Клапан, оснащенный электроприводом, обеспечивает необходимый процент открывания и регулирует поток воздуха, необходимый для аэрационной установки. Если клапан не работает должным образом, это может радикально повлиять на работу всего процесса. Поток воздуха слишком мал (пена не создается), а также слишком велик (пена начинает кипеть, металлические частицы снова выпадают в осадок).

Перечень устанавливаемых датчиков в САУ Ф приведен в таблице 1.

Таблица 1. Перечень устанавливаемых датчиков в САУ Ф [3].

Измеряемый параметр или функция	Тип датчика	Выходной сигнал	Краткая характеристика
<b>Аналоговые датчики</b>			
Уровень пульпы	Датчик уровня Siemens Probe 7ML1201-1GE00	4...20мА	диапазон измерений 0...5 м
Расход воздуха	Датчик расхода Fluid Components International ST50- CF11B0005	4...20мА	диапазон измерений 0,23...122MPS

Уровень контроллеров (ПЛК). Получая информацию с уровня поля, контроллеры передают ее на верхний уровень. Контроллер получает информацию с нижнего уровня и отправляет управляющие команды исполнительным механизмам с помощью программы и алгоритмов, встроенных в контроллер. Алгоритмы выполняются по следующей схеме: прием информации - ее обработка - передача команд управления. Контроллеры работают без участия человека. Они имеют модульную структуру - основной модуль является аналогом материнской платы с процессором в компьютере, к которому присоединяются другие модули, такие как модули входа и выхода, модули связи, которые устанавливают связь с сервером и другими контроллерами, блок питания и другие.

В этом проекте используется контроллер S7-1200 фирмы Siemens (см. Рисунок 2). Центральный процессор включает в себя следующие элементы, чтобы обеспечить мощный контроллер в своем небольшом корпусе:

- Микропроцессор
- Встроенный источник питания
- Входные и выходные цепи
- Встроенный PROFINET
- Высокоскоростной ввод-вывод для управления движением.

После загрузки программы центральный процессор включает логику, необходимую для мониторинга и управления устройствами в приложении. ЦП может включать логическую логику, подсчет, синхронизацию, сложные математические операции, управление движением и связь с другими интеллектуальными устройствами, отслеживать входы и изменять результаты в соответствии с логикой пользовательского приложения [4].



Рис. 2. Устройства среднего уровня, использованные в проекте.

Здесь используются аналоговые входные/выходные модули. К аналоговому входному модулю поступают значения датчика уровня и датчика расхода, а также значения обратной связи от пневмоцилиндра и клапана. Затем эти значения масштабируются в процентах и м<sup>3</sup>/с соответственно (см. Рисунок 5).

У нас есть два режима работы. В автоматическом режиме ПИД-регулятор (см. Рисунок 3) регулирует открытие пневмоцилиндра и клапанов, сравнивая значение, поступающее от датчиков, с заданным значением из панели. Процентные значения пневмоцилиндра и клапанов на выходе блока ПИД-регулятора снова масштабируются до цифрового значения аналогового сигнала (см. Рисунок 4) и передаются от аналогового выходного модуля к исполнительным механизмам.

В ручном режиме ПИД-регулятор не работает. Здесь заданное значение из панели сразу передается исполнительным механизмам.

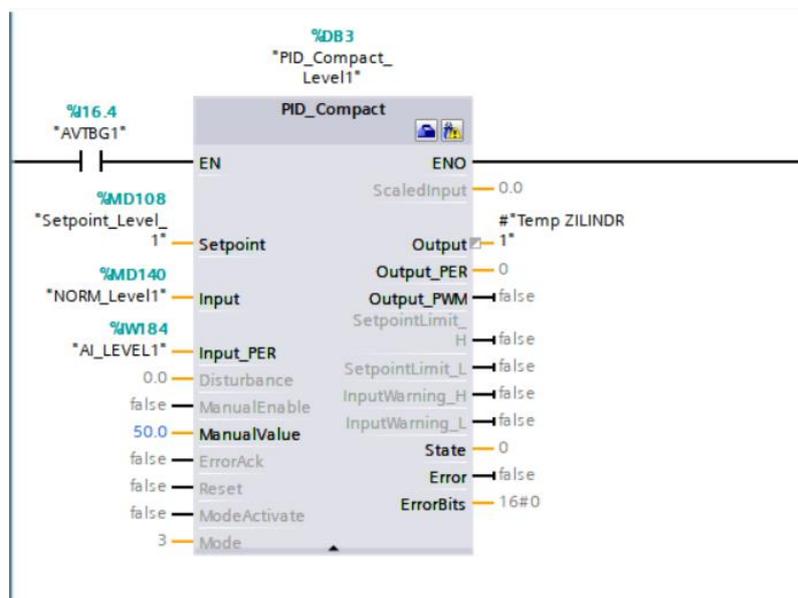


Рис. 3. Блок ПИД-регулирование.



Рис. 4. Масштабирование процентного значения (0-100%) до аналогового сигнала (0-27648).



Рис. 5. Масштабирование аналогового сигнала (0-27648) до процентного значения (0-100%).

Верхний уровень - это уровень визуализации, диспетчеризации (контроля) и сбора данных. На этом уровне присутствует человек, то есть оператор (диспетчер). Если он управляет локальным устройством (машиной), то для его реализации используется человеко-машинный интерфейс (HMI, Human-Machine Interface). Оператор запускает технологический процесс, имеет возможность его полной или частичной остановки, может изменять режимы работы агрегатов (с изменением обозначений). Таким образом обеспечивается персональная ответственность управляющего оператора.

Панели навигации и информации отображаются в верхней и нижней частях на всех экранах и служат для отображения общей информации и переходов на экраны «Схема», «Автоматы», «Контакторы», «Переключ.», «ПИД», «Уставки», «Журнал». Также идет отображение Аварии, аналоговых значений давлений P1 и P2, текущей даты и времени.

Панели навигации и информации приведены на рисунке 6.

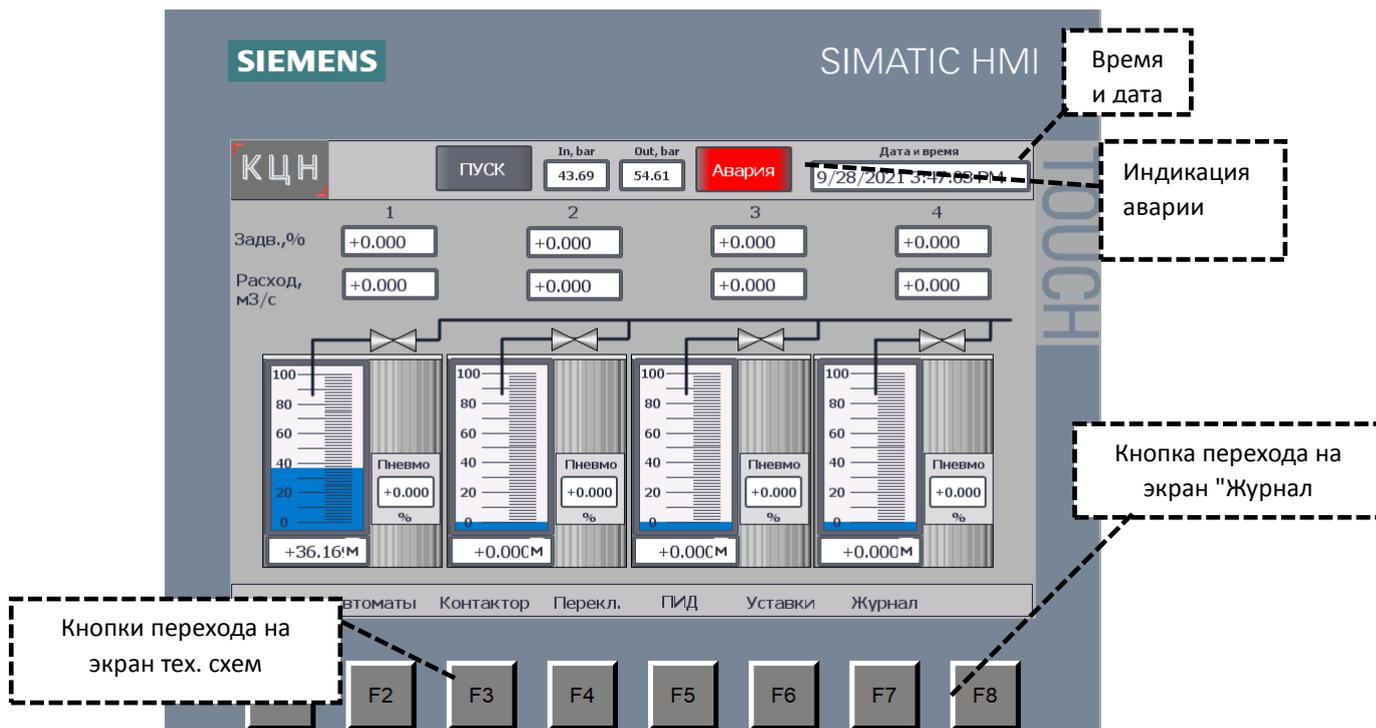


Рис. 6. Экран технологической схемы с панелью навигации и информации.

На данном экране расположены физические кнопки, позволяющие перейти на соответствующие экранные формы. Перечень кнопок панели навигации представлен в таблице 2.

Таблица 2. Перечень кнопок на панели навигации.

№	Кнопка	Название экрана	Описание
1	F1	Схема	Технологическая схема отображение задвижек, входных аналоговых значений и дискретных сигналов.
2	F2	Автоматы	Состояние дискретных сигналов
3	F3	Контакторы	Состояние дискретных сигналов
4	F4	Перекл.	Состояние дискретных сигналов
5	F5	ПИД	Задание уставок ПИД регулятора
6	F4	Уставки	Задание уставок открытия задвижек и пневмоцилиндров, уставок предупредительных и аварийных значений
7	F5	Журнал	Журнал аварийных, информационных сообщений.

При нажатии на кнопку "ПИД" открывается экран задание уставок ПИД регуляторов (см. Рис. )

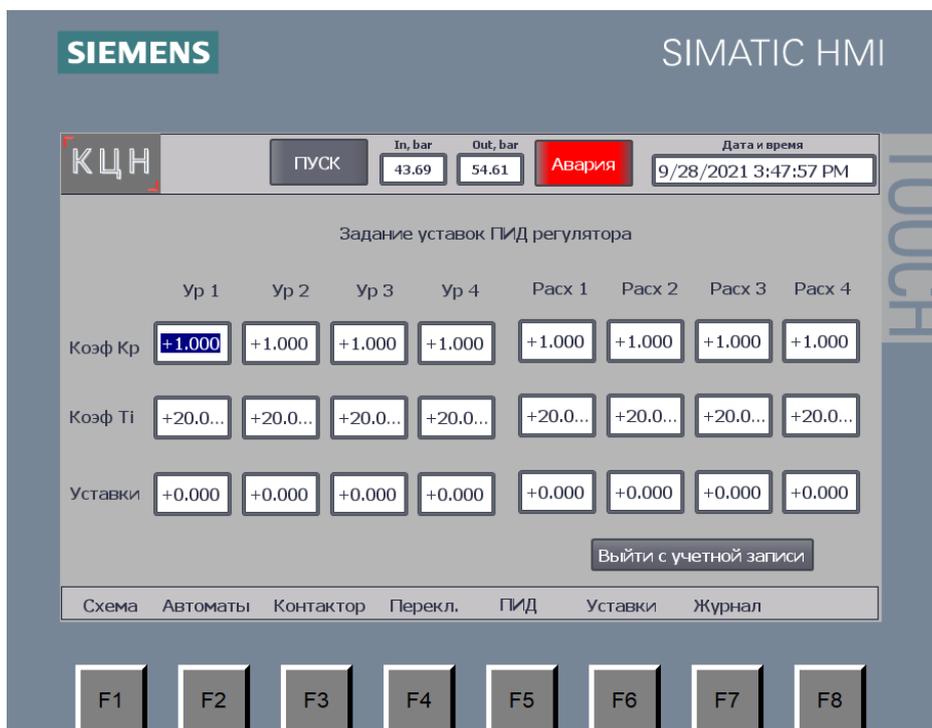


Рис. 7. Окно задания уставок ПИД регуляторов.

В данном окне можно изменять коэффициенты и необходимые уставки регулятора.

Для получения доступа к заданию значений необходимо авторизация пользователя под именем «Administrator». При нажатии на любую из необходимых уставок появляется всплывающее окно авторизации пользователя.

При нажатии на кнопку "Уставки" открывается экран задания уставок открытия задвижек и пневмоцилиндров в ручном режиме (см. Рисунок 8).

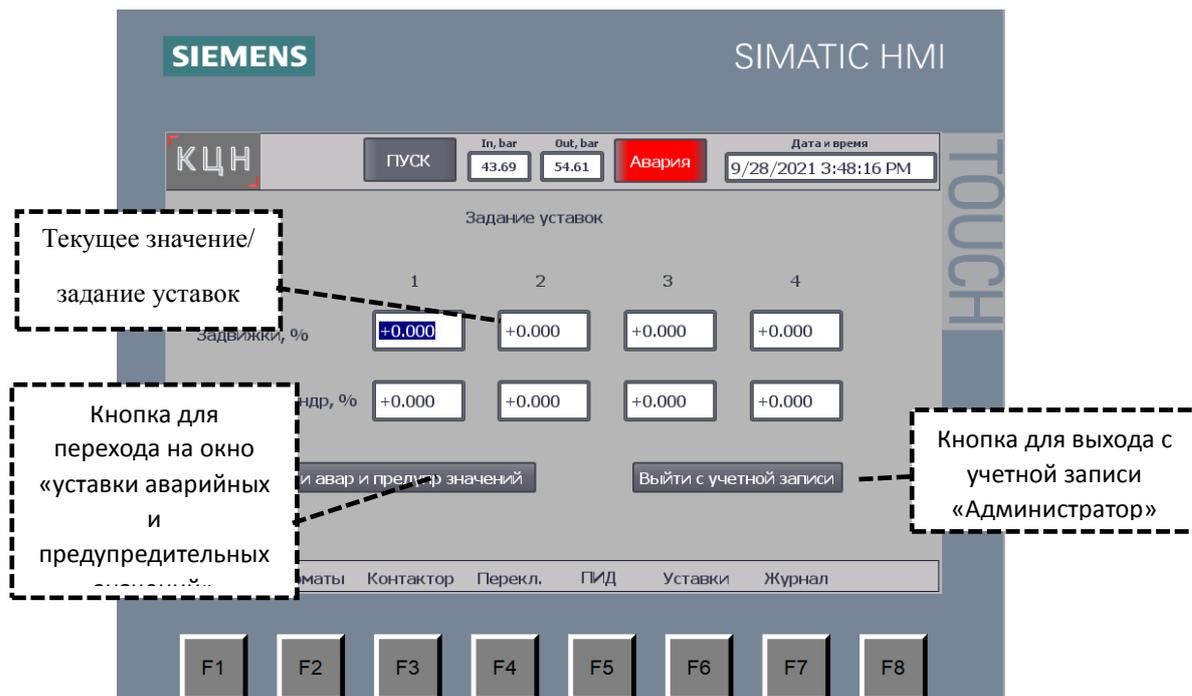


Рис. 8. Экран задания уставок аналоговых значений.

В данном окне можно задать уставки открытия задвижек и пневмоцилиндров. Также имеются две кнопки «Уставки авар. и предупр. значений» и «выйти с учетной записи».

При нажатии на кнопку "Журнал" откроется экран журнала аварий и событий (см. Рис. ).

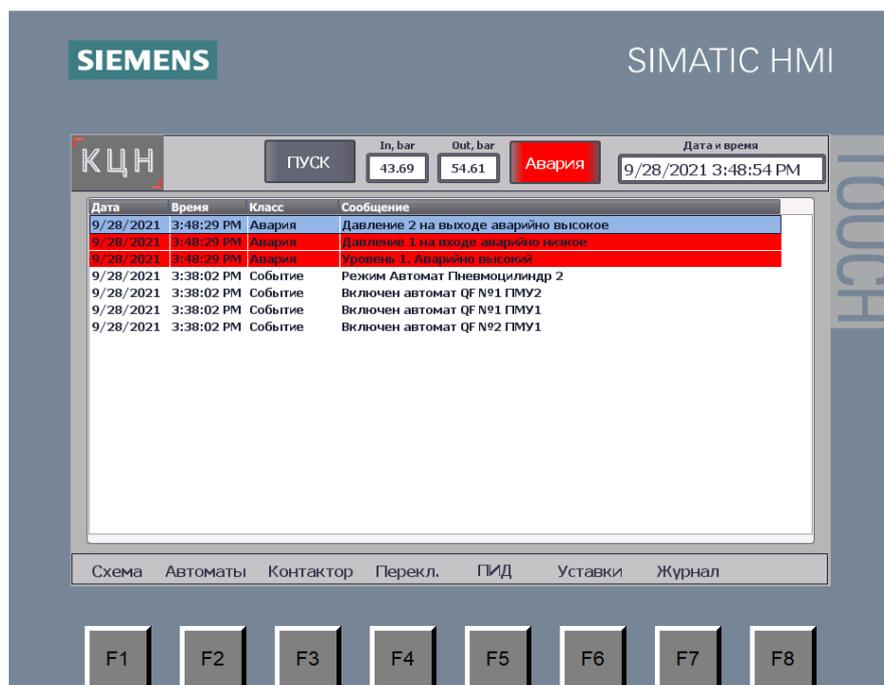


Рис. 9. Экран журнала аварий и событий.

На данном экране отображаются все текущие и архивные события, отсортированные по времени и дате их появления в журнале.

Журнал аварий и событий содержит следующие поля: дата и время возникновения события; класс сообщения (авария, событие, система); текст сообщения.

Сообщения в журнале аварий и событий могут быть следующих классов: Авария – сообщение о возникновении предаварийной сигнализации; Событие – сообщение о возникновении предупредительной сигнализации; Система – системное сообщение (связь с ПЛК, включение панели оператора и т.д.).

Сообщения в журнале аварий и событий могут быть следующих цветов: красный – сообщение о возникновении предаварийной сигнализации; желтый – сообщение о возникновении предупредительной сигнализации; синий – системное сообщение.

В таблице 3 приведено описание аварийных сообщений, блокировок и уставок.

*Таблица 3. Описание аварийных сообщений, блокировок и уставок.*

<b>Текст сообщения</b>	<b>Причина</b>
Авария с ПМУ	Шкаф САУ DI1.0
Уровень 1. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M2.4
Уровень 1. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M2.0
Уровень 2. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M2.5
Уровень 2. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M2.1
Уровень 3. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M2.6
Уровень 3. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M2.2
Уровень 4. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M2.7
Уровень 4. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M2.3
Давление 1. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M1.2
Давление 1. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M1.0
Давление 2. Аварийный уровень. Высокий	Регистр в ПЛК M1.3
Давление 2. Аварийный уровень. Низкий	Регистр в ПЛК M1.1

### ***Список литературы***

1. Глазунов Л.П. Основы теории надежности автоматических систем управления / Л.П. Глазунов, В.П. Грабовецкий, О.В. Щербаков. - М.: Энергоатомиздат, 2012. - 208 с.
2. Перевоицков С.И. Конструкция пневмоцилиндров (общие сведения). Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2013. – 228 с.

3. *Чарльз П., Фредрик Я.* Энциклопедия электронных компонентов. Датчики местоположения, присутствия, ориентации, вибрации, жидкости, газа, света, тепла, звука, электричества. БХВ-Петербург, 2017. – 271 с.
4. *Hans B.* Automating with STEP 7 in LAD and FBD: SIMATIC S7-300/400 Programmable Controllers. Publicis, 2012. – 451 с.