Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2020, №1, Том 7 / 2020, No 1, Vol 7 <https://resources.today/issue-1-2020.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/10INOR120.pdf>

DOI: 10.15862/10INOR120 (<http://dx.doi.org/10.15862/10INOR120>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Шилкина С.В., Михасенко Н.А. Управление параметрами микроклимата здания с помощью системы диспетчеризации и сбора данных // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2020 №1, <https://resources.today/PDF/10INOR120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/10INOR120

For citation:

Shilkina S.V., Mikhasenko N.A. (2020). Management of building microclimate parameters using the dispatching and data collection system. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 1(7). Available at: <https://resources.today/PDF/10INOR120.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/10INOR120

УДК 681.58

ГРНТИ 71.01.85

Шилкина Светлана Вячеславовна

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Доцент
Кандидат технических наук, доцент
E-mail: Shilkina@bk.ru

Михасенко Никита Антонович

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»
Москва, Россия
Студент 4-го курса бакалавриата направления подготовки 27.03.04 Управление в технических системах
E-mail: nikmikhasenko@gmail.com

Управление параметрами микроклимата здания с помощью системы диспетчеризации и сбора данных

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы реализации контроля параметров микроклимата в производственных помещениях. Несмотря на широкий спектр способов управления технологическими процессами на данный момент, проблема оптимального управления параметрами микроклимата здания остается открытой всегда, так как постоянно появляются новые способы управления, и возникает важнейшая задача их интеграции в производственные процессы.

Авторы статьи подчёркивают, что на многих предприятиях эксплуатируются морально устаревшие системы управления, требующие скорейшего обновления. Возникает необходимость оснащения новых производственных зданий уже обновленными системами с целью увеличения безопасности и долговечности систем вентиляции. Отсутствие современных и качественных способов вентиляции производственных помещений напрямую влияет на здоровье персонала, на качество выпускаемой продукции. Кроме того, за счет интеграции системы сбора данных и диспетчеризации удешевляется процесс автоматизации, а также облегчается обслуживание включенного в технологический процесс оборудования. Вместе с тем, благодаря принципу многоуровневой организации системы, обслуживанием и диспетчеризацией системы вентиляции здания могут управлять сотрудники разных уровней и разной квалификации, это позволяет более опытным сотрудникам концентрировать свои силы

и внимание на более важных задачах, а менее квалифицированным сотрудникам данная система предоставляет возможность существенно повысить уровень знаний и квалификацию.

В статье представлен обзор системы сбора данных и диспетчеризации системы вентиляции производственного здания. Описаны элементы системы, а также функции, выполняемые этой системой, принципы построения, функционирования и обслуживания. Особое внимание уделено экранам программ, как основным, так и рабочим. Описан функционал интегрированной системы, с исчерпывающим пояснением всех тонкостей её работы.

Ключевые слова: микроклимат помещения; система диспетчеризации; воздуходувка; вентилятор; задвижка; клапан; датчик; программный логический контроллер; интерфейс; щит управления

Введение

В настоящее время на территории нашей страны функционирует свыше пятнадцати тысяч промышленных предприятий различной направленности. Эти предприятия выполняют различные функции, от очистки воды для населенных пунктов до отлива тяжелых металлов для создания тяжелой промышленной техники. Помещения этих предприятий должны удовлетворять сводам правил и государственным стандартам для нормальной и безопасной работы людей. СП 60.13330.2016 устанавливает минимальные требования к отоплению и вентиляции в производственных помещениях, предельно допустимые концентрации различных вредных веществ. Для проектировщиков систем отопления и вентиляции данный свод правил является первичным документом. Вентиляцию в производственных помещениях необходимо обеспечивать в первую очередь для того, чтобы люди, задействованные в процессе производства, могли работать продолжительное время, не подвергая опасности свое здоровье. Существуют производства, где для выполнения функций вентиляции недостаточно установить приточный и вытяжной вентиляторы, обеспечить их работу на номинальной мощности. В некоторых случаях, устанавливая мощность, необходимо знать концентрацию вредных веществ в текущий момент, и, исходя из знания значений этого параметра, принимать необходимые решения. Таким образом, возникает необходимость управления системой вентиляции в производственных помещениях. Отметим, что важнейшей задачей, требующей решения, является обеспечение дистанционного управления системой вентиляции в производственном помещении. Решения уже давно существуют, однако, с течением времени существующие способы управления теряют актуальность. Очевидно, что с использованием новых технологий можно добиться повышения эффективности управления [1–5]. Более детальная проработка вопроса планируется в выпускной квалификационной работе, а также в последующих научных статьях.

Методы

Примером применения современных методов и средств управления параметрами микроклимата в производственных помещениях являются SCADA системы [3–7].

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерский контроль и сбор данных. Эта система является неотъемлемой частью человеко-машинного интерфейса автоматизированных программно-аппаратных комплексов.

В данной статье в качестве примера работы SCADA в условиях производства будет рассмотрена работа системы для объекта одной из крупнейших нефтяных компаний России.

Для работы SCADA системы необходимо в первую очередь – наличие на производстве программного логического контроллера (ПЛК). На рассматриваемом объекте был установлен контроллер Schneider Electric Modicon M340 и персональные компьютеры операторов для управления микроклиматом. Были подключены датчики, отслеживающие расход входящего, выходящего воздуха, его температуру и следящие за концентрацией вредных веществ в воздухе [8–11].

При разработке SCADA системы руководствуются принципами [3; 12; 13]:

- Принцип достаточности – регламентирует выбор минимального числа датчиков вторичных процессов, обеспечивающих наблюдаемость состояния технологического процесса.
- Принцип самодиагностики всех измерительных и управляющих каналов – обеспечивает легкий пуск, а также легкую наладку системы, простоту обслуживания, эксплуатации, ремонта отдельных каналов обслуживания, а так же высокую выживаемость системы.
- Принцип дружественного интерфейса при максимальной информационной емкости обеспечивает быстрое восприятие оператором состояния технологического процесса при одном взгляде на монитор диспетчерской панели обслуживания.
- Принцип многоуровневой организации обеспечивает работу с системой специалистам разного уровня квалификации.

Для вышеуказанной задачи по контролю микроклимата в производственных помещениях у SCADA системы присутствуют определенные функции, на основании которых реализованы следующие функциональные подсистемы:

- Подсистема контроля, задача которой состояла в определении и отображении технологических параметров, состояния оборудования, вычисляемых показателей.
- Подсистема управления, задача которой заключалась в реализации алгоритмов регулирования технологических параметров в автоматическом и ручном режимах управления, а также изменения состояния оборудования в режимах местного и дистанционного управления.
- Подсистема сигнализации и защиты, задача которой заключалась в своевременном обнаружении предаварийных и аварийных событий, оповещении оперативного персонала, осуществлении необходимых блокировок.

Подсистема контроля обеспечивает сбор информации о параметрах технологического объекта управления и состояния технических средств – целевых подсистем [14–16]. Для оценки достоверности датчиков применяются следующие методы [3; 5; 6; 13; 17]:

- Проверка наличия питающего напряжения и исправности устройств, входящих в канал прохождения информации.
- Проверка условий вхождения показателей датчика в границы, обозначенные особенностями технологического процесса.

Когда не выполняется одно из вышеуказанных условий, система объявляет сигнал недействительным, отображает это на панели оператора, а также архивирует его.

С циклом опроса осуществляется первичная обработка входных сигналов, включающая [5–7]:

- Линеаризацию характеристик в соответствии со стандартными градуировками.
- Фильтрацию высших гармонических составляющих.
- Масштабирование.
- Алгебраическое преобразование.
- Определение усредненных по времени значений по одному из нескольких заданных законов усреднения.

Подсистема сигнализации и защиты обеспечивает обнаружение предаварийных и аварийных событий, оповещении оперативного персонала, реализации необходимых блокировок, посредством системы регулирования и управления [5; 17–20]. Ввод и вывод блокировок производится в автоматическом режиме, либо по командам оператора в диалоговом режиме. Команды управления, сформированные по условиям блокировок, обеспечивают перевод исполнительных механизмов в заданное конечное положение.

Результаты

Элементы управления и отображения

Экраны отображения технологического процесса содержат большое количество однотипных элементов отображения параметров и состояний оборудования, перечисленных ниже:

а) Примеры визуализации значений некоторых технологических параметров при различных режимах (рисунки 1–4):

Значение параметра в норме		Значение параметра превысило аварийный предел

<i>Рисунок 1. Значение параметра в норме (рисунок авторов)</i>	<i>Рисунок 2. Значение параметра в норме (рисунок авторов)</i>	<i>Рисунок 3. Значение параметра, превысившего аварийный предел (рисунок авторов)</i>	<i>Рисунок 4. Значение параметра, превысившего аварийный предел (рисунок авторов)</i>

б) Технологическое оборудование.

К стандартному технологическому оборудованию относятся следующие механизмы [4; 8; 14; 20]:

- приводы прямого пуска воздуходувок;
- приводы прямого пуска вентиляторов;
- вентиляторы с частотно-регулируемым приводом;
- тепло-электронагреватели;
- клапаны.

Стандартное технологическое оборудование может работать в нескольких режимах управления:

- «Ручной» – управление по командам оператора;
- «Автоматический» – управление по командам алгоритма;
- «Дистанционный» – управление с поста оператора;
- «Местный» – управление со щита.

Текущий режим управления отображается буквой на изображении рядом с механизмом:

- «Р» – ручной режим;
- «А» – автоматический режим;
- «R» – дистанционный режим;
- «L» – местный режим.

с) Приводы мешалок и насосы.

Примеры изображений приводов воздуходувок и вентиляторов представлены на рисунках 5–9 (рисунки авторов).

Индикация состояния привода («включен/отключен») выполняется изменением цвета состояния:

- серый цвет – привод отключен;
- зеленый цвет – привод включен.

Рисунок 5. Привод вентилятора в автоматическом режиме включен (рисунок авторов)	Рисунок 6. Привод вентилятора в автоматическом режиме отключен (рисунок авторов)	Рисунок 7. Привод вентилятора в ручном режиме отключен (рисунок авторов)	Рисунок 8. Привод вентилятора в ручном режиме включен (рисунок авторов)	Рисунок 9. Авария привода вентилятора (рисунок авторов)

d) Нагреватель Т-1.

Рисунок 10. Т-1 в режиме «Производство» с включенными ТЭНами 1 (автоматический режим) и 3 (ручной режим), ТЭНы 2, 4 выключены в ручном режиме (рисунок авторов)

Изображение нагревателя Т-1 на рисунке 10 отображает следующую информацию:

- количество включенных ТЭНов;
- режим работы ТЭНов;
- задание мощности ТЭН 4.

е) Клапан.

Клапан имеет два фиксированных состояния «Открыт» и «Закрыт».

Примеры визуализации состояний клапанов при различных режимах представлены на рисунках 11–14:

Рисунок 11. Клапан в автоматическом режиме, открыт (рисунок авторов)	Рисунок 12. Клапан/затвор в автоматическом режиме, закрыт (рисунок авторов)	Рисунок 13. Клапан/затвор в ручном режиме, открыт (рисунок авторов)	Рисунок 14. Клапан/затвор в ручном режиме, закрыт (рисунок авторов)

ф) Регулирующая задвижка.

Регулирующая задвижка может находиться в произвольном положении открытия от 0 до 100 %. Индикация состояния аналогична клапану и дополнена отображением задания и положения исполнительного механизма. PV – положение задвижки, SP – задание.

Примеры визуализации положения задвижки при различных режимах представлены на рисунках 15–18:

Рисунок 15. Задвижка в автоматическом режиме, открыта (рисунок авторов)	Рисунок 16. Задвижка в автоматическом режиме, закрыта (рисунок авторов)	Рисунок 17. Задвижка в ручном режиме, открыта (рисунок авторов)	Рисунок 18. Задвижка в ручном режиме, закрыта (рисунок авторов)

Стандартные экраны

Экран регистрации.

Рисунок 19. Окно регистрации (рисунок авторов)

После запуска системы может быть вызвано Окно регистрации, в которое пользователь вводит логин и пароль для входа в систему, выбирает язык интерфейса (рисунок 19).

Экран навигации.

Экран навигации расположен в правой части экрана АРМ оператора и позволяет переключаться между экранами системы (рис. 20):

1. Вызов основных обзорных экранов.
2. Вызов экрана сообщений системы.
3. Вызов экрана графиков.

Рисунок 20. Экран навигации (рисунок авторов)

Экран просмотра событий системы.

Экран просмотра событий системы вызывается нажатием на надписи «Активные тревоги», «Исторические события», «Аппаратные тревоги». Журнал сообщений позволяет просмотреть возникшие в системе события, подтвердить их прочтение и при необходимости удалить их из текущего оперативного журнала.

События в системе заранее конфигурируются разработчиками. События могут возникать как в результате выполнения программ АРМа, так и по результатам работы контроллера. Каждое событие фиксируется в системе и записывается в архив (рисунок 21):

Рисунок 21. Экран просмотра событий системы (рисунок авторов)

Элементы управления и активные элементы интерфейса:

1. Журнал событий.
2. Квитирование (подтверждение) событий.

Подтверждение (квитирование) тревог выполняется щелчком правой кнопкой на соответствующее сообщение, и нажатием левой кнопки мыши по пункту «Квитировать».

Экран сводных графиков технологических параметров.

Отображение технологических параметров в виде графиков. Экран вызывается нажатием на кнопку «Process Analyst» (рисунок 22):

Рисунок 22. Экран графиков (рисунок авторов)

В нижней части экрана <Process Analys> отображается «видимость» графика, его цвет и название, масштаб по оси Y, единицы измерения, значение параметра в выбранный момент времени (рисунок 23):

Дерево объектов	Масштаб	Единицы измерен...	Курсор1	Курсор1 Time
Pane1				
Температура на входе T-1	0 - 250	-	нет данных	24.07.2015 18:31:49
Температура в мешалке M-2	0 - 250	-	нет данных	24.07.2015 18:31:49
Температура греющей ленты 10	0 - 150	-	нет данных	24.07.2015 18:31:49
Температура в мешалке M-2	-	-	нет данных	24.07.2015 18:31:49
Температура греющей ленты 10	-	-	нет данных	24.07.2015 18:31:49

Рисунок 23. Фрагмент экрана графиков (рисунок авторов)

Можно создать несколько наборов графиков и впоследствии их выводить на экран.

На рисунке 24 представлены элементы управления представлением графиков во временном промежутке. Можно отображать как текущие, так и архивные значения. Для отображения последних значений нужно включить обновление.

Для отображения исторических данных выберете необходимую дату и время. Данные могут быть выведены за разные отрезки времени (рисунок 24):

Рисунок 24. Фрагмент экрана графиков (рисунок авторов)

В окне «Process Analyst» возможно создать наборы графиков необходимых технологических параметров и сохранять эти наборы в системе для их дальнейшего вызова. Для этого необходимо воспользоваться элементами управления, расположенными в верхней части окна (рисунок 25):

Рисунок 25. Фрагмент экрана графиков(рисунок авторов)

Для добавления графика в набор (на экран) необходимо:

- нажать на кнопку «добавить кривые» (1);
- в окне Добавление новых кривых нажать кнопку «Поиск» (2);
- выбрать необходимые технологические параметры из поля (3);
- добавить выбранные параметры в поле (4) путём двойного клика по ним левой кнопкой мыши;
- подтвердить проделанные действия нажатием на кнопку «ОК» (5);
- нажать на кнопку «сохранить представление» (6).

Для выбора ранее сохраненных представлений в окне <Process Analyst>, проделайте следующие действия (рисунок 26):

- нажать на кнопку «Загрузить представление» (1);
- в открывшемся окне выбрать файл ранее сохраненного представления (2);
- после выбора файла, кликнуть по кнопке «Открыть» (3).

Рисунок 26. Загрузка представлений(рисунок авторов)

Обсуждение

Для промышленных предприятий важно, чтобы вентиляция помещений производилась качественно и постоянно, условия работы были благоприятны, параметры микроклимата оптимальны в целях минимизации вреда здоровью работников и повышения качества выполняемых работ. При этом необходимо, чтобы система вентиляции была автоматизирована. В статье была решена задача повышения эффективности, точности, выживаемости системы автоматизации с учётом применения SCADA системы, способной обеспечить все условия для быстрого и качественного управления параметрами микроклимата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анищенко О.П. и др. Бортовые интеллектуальные системы. В 2-х частях. Часть 2. Корабельные системы; Радиотехника, 2006. – 656 с.
2. Милов А.В. Основы программирования в задачах и примерах / А.В. Милов. – М.: Фолио, 2002. – 400 с.
3. Пьявченко Т.А. Автоматизированные информационно-управляющие системы с применением SCADA-системы Trace Mode. Учебное пособие / Т.А. Пьявченко. – М.: Лань, 2015. – 336 с.
4. Стефани Е.П. Основы построения АСУТП. – М.: Энергоатомиздат, 1982.

5. Пьявченко Т.А. Алгоритмы первичной обработки информации // Известия ТРТУ. Тематический выпуск: Материалы Всерос. науч.-техн. конфер. с междунар. участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении». – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005. – № 1 (45).
6. Невельсон М.Б. Стохастическая аппроксимация и рекуррентное оценивание / М.Б. Невельсон, Р.З. Хасьминский. – М.: Наука, 1972. – 304 с.
7. Ljung L. Theory and practice of recursive identification / L. Ljung, T. Soderstrom. – Cambr., Mass: MIT Press, 1983. – 529 p.
8. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – М.: Энергоиздат, 1981. – 576 с.
9. Бесекерский В.А. Системы автоматического управления с микро-ЭВМ / В.А. Бесекерский, В.В. Изранцев. – М.: Наука, 1987. – 320 с.
10. Тютиков В.В. Робастное модальное управление технологическими объектами / В.В. Тютиков, С.В. Тарарыкин. – Иваново: Изд-во ИГЭУ, 2006.
11. Кабаев С.В. Пакет программного обеспечения Intouch – система мониторинга и управления в объектах промышленной автоматизации.
12. Кузнецов А. Genesis for Windows – графическая scada-система для разработки АСУ ТП. // Современные технологии автоматизации. – 1997. – №3.
13. Прошин Д.И. Проблемы выбора инструментальных средств построения SCADA-систем / Д.И. Прошин, Л.В. Гурьянов // Информатизация и Системы Управления в Промышленности. – 2010. – № 1(25). – С. 21–25.
14. Ротач В.Я. Теория автоматического управления. – М.: Изд. дом МЭИ, 2008. – 396 с.
15. Рамм В.М. Абсорбция газов. – М., 1976.
16. Ордынцев В.М. Математическое описание объектов автоматизации. – М.: Машиностроение, 1965. – 360 с.
17. Изерман Р. Цифровые системы управления: пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 541 с.
18. Ротач В.Я. Расчет настройки реальных ПИД регуляторов // Теплоэнергетика. – М., 1993. – № 10.
19. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования / под ред. А.С. Ключева. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
20. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы: справочное пособие / под ред. Б.Д. Кошарского. – Л.: Машиностроение, 1976. – 488 с.

Shilkina Svetlana Vyacheslavovna

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia
E-mail: Shilkina@bk.ru

Mikhasenko Nikita Antonovich

Moscow state university of civil engineering (national research university), Moscow, Russia
E-mail: nikmikhasenko@gmail.com

Management of building microclimate parameters using the dispatching and data collection system

Abstract. The authors point out that many production facilities operate outdated management systems that require updating. It is also necessary to equip new production buildings with already updated systems to increase the safety and durability of ventilation systems. The lack of modern and high-quality methods of ventilation of industrial premises directly affects the health of production personnel, the deterioration of which directly affects the quality of products. In addition, by integrating the data collection and dispatching system, the automation process is made cheaper, and the maintenance of the equipment included in the technological process is facilitated. However, due to the principle of multilevel system organization, maintenance and supervision system of ventilation of the building can manage employees of different skill levels, allowing more experienced employees to focus their energy and attention on other tasks, and less-skilled employees; this system provides the opportunity to improve their level of knowledge.

In the article, which is part of the author's research on the development of a building dispatching system, presents an analysis of the data collection system and dispatching the ventilation system of an industrial building. The system elements and functions performed by this system are described. The principles of construction, operation and maintenance are also described. Special attention is paid to the program screens, both main and working. The functionality of the integrated system is described, with a comprehensive explanation of all the subtleties of the system.

Keywords: microclimate of the room; dispatching system; blower; fan; gate; valve; sensor; software logic controller; interface; control Board

REFERENCES

1. Anishchepenko O.P. and etc. (2006). Bortovye intellektual'nye sistemy. V dvukh chastyakh. Chast' 2. Korabel'nye sistemy. [*Onboard intelligent systems. In two parts. Part 2. Ship systems.*] Moscow: Radio Engineering, p. 656.
2. Milov A.V. (2002). Osnovy programmirovaniya v zadachakh i primerakh. [*Fundamentals of programming in tasks and examples.*] Moscow: Folio, p. 400.
3. P'yavchenko T.A. (2015). Avtomatizirovannye informatsionno-upravlyayushchie sistemy s primeneniem SCADA-sistemy Trace Mode. Uchebnoe posobie. [*Automated information management systems using the SCADA-system Trace Mode. Tutorial.*] Moscow: Doe, p. 336.
4. Stefani E.P. (1982). Osnovy postroeniya ASUTP. [*The basics of building process control systems.*] Moscow: Energoatomizdat.
5. P'yavchenko T.A. (2005). Algorithms for primary information processing. *Bulletin of the Taganrog State Radio Engineering University*, 1(45) (in Russian).

6. Nevel'son M.B., Khas'minskiy R.3. (1972). Stokhasticheskaya approksimatsiya i rekurrentnoe otsenivanie. [*Stochastic approximation and recurrence estimation.*] Moscow: The science, p. 304.
7. Ljung L., Soderstrom T. (1983). *Theory and practice of recursive identification*. Cambr., Mass: MIT Press, p. 529.
8. Chilikin M.G., Sandler A.S. (1981). Obshchiy kurs ehlektroprivoda. [*General course of electric drive.*] Moscow: Power Publishing, p. 576.
9. Besekerskiy V.A., Izrantsev V.V. (1987). Sistemy avtomaticheskogo upravleniya s mikro-EhVM. [*Microcomputer Automatic Control Systems.*] Moscow: The science, p. 320.
10. Tyutikov V.V., Tararykin S.V. (2006). Robastnoe modal'noe upravlenie tekhnologicheskimi ob"ektami. [*Robust modal process facility management.*] Ivanovo: Publishing House Ivanovo State Energy University.
11. Kabaev S.V. (n.d.). Paket programmno ob'especheniya Intouch – sistema monitoringa i upravleniya v ob"ektakh promyshlennoy avtomatizatsii. [*Intouch software package – monitoring and control system in industrial automation facilities.*].
12. Kuznetsov A. (1997). Genesis for Windows is a graphical scada-system for the development of industrial control systems. *Modern automation technologies*, 3 (in Russian).
13. Proshin D.I., Gur'yanov L.V. (2010). Problems of choosing tools for building SCADA systems. *Informatization and Management Systems in Industry*, 1(25), pp. 21–25 (in Russian).
14. Rotach V.Ya. (2008). Teoriya avtomaticheskogo upravleniya. [*Theory of Automatic Control.*] Moscow: Publishing House Moscow Power Engineering Institute, p. 396.
15. Ramm V.M. (1976). Absorbtsiya gazov. [*Gas absorption.*] Moscow.
16. Ordyn'tsev V.M. (1965). Matematicheskoe opisanie ob"ektov avtomatizatsii. [*Mathematical description of automation objects.*] Moscow: Engineering, p. 360.
17. Izerman R. (1984). *Digital control systems*. [Russ. ed.: Tsifrovye sistemy upravleniya. Moscow: World, p. 541].
18. Rotach V.Ya. (1993). Calculation of the settings of real PID controllers. *Thermal Engineering*, 10.
19. (1989). Naladka sredstv avtomatizatsii i avtomaticheskikh sistem regulirovaniya. Ed. by A.S. Klyuev. [*Adjustment of automation equipment and automatic regulation systems.*] Moscow: Energoatomizdat.
20. (1976). Avtomaticheskie pribory, regulatory i vychislitel'nye sistemy. Ed. by B.D. Kosharskiy. [*Automated Devices, Regulators and Computing Systems.*] Leningrad: Mechanical Engineering, p. 488.