

**Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Направление подготовки: 09.03.03 «Прикладная информатика»

Профиль: «Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»

Уровень высшего образования: бакалавриат

Нормативный срок обучения: 4 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2023


*Направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»
Профиль «Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»
Методическое обеспечение РПД Б1.В.ДВ.04.01 «Автоматизированные информационные системы реального времени»*

Методические материалы составил:

канд. техн. наук, доцент кафедры
информационных технологий в экономике и управлении _____ В.П. Фомченков

«20» _____ января _____ 2023 г.

Заведующий кафедрой информационных технологий в экономике и управлении:


_____ д-р техн. наук, профессор М.И. Дли
подпись _____ ФИО

«08» февраля 2023 г.

МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лабораторная работа 1. Анализ предметной области информационной системы реального времени (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: научиться анализировать информацию о предметной области информационных систем реального, выбирать необходимые источники для анализа и уметь обосновывать свой выбор.

Задания

1. Для заданного преподавателем варианта предметной области описать технологический процесс, для управления которым используются информационные системы реального времени.
2. Привести примеры систем промышленной автоматизации объектами технологического процесса.
3. Определить параметры и режимы работы технологического оборудования.
4. Оформить отчет о проделанной работе.

Порядок (последовательность) выполнения заданий

1. Описание технологического процесса предметной области информационной системы реального времени.

Список вариантов заданий и примерный перечень вопросов, которые необходимо рассмотреть, представлен в приложении 1.

▣ **Задание 1.** Описать технологический процесс предметной области информационной системы реального времени.

✍ **В отчете** представить текст задания своего варианта, краткое описание технологического процесса объемом не более 1-1,5 страницы.

2. Примеры систем промышленной автоматизации объектами технологического процесса.

▣ **Задание 2.** Привести примеры систем промышленной автоматизации объектами технологического процесса.

✍ **В отчете** представить текст задания своего варианта, перечислить примеры существующих систем, более подробно описать одну из них. В описании дать ответы на контрольные вопросы 5-7.

3. Параметры и режимы работы технологического оборудования.

Режимы работы технологического оборудования и их количество зависят от особенностей технологического процесса, в котором оно используется, видов самого оборудования.

Например, ГОСТ 18311-80 «Изделия электротехнические. Термины и определения основных понятий» определяет **режим работы электротехнического изделия** (электротехнического устройства, электрооборудования) как совокупность условий работы электротехнического изделия (электротехнического устройства,

электрооборудования) за определенный интервал времени с учетом их длительности, последовательности, а также значений и характера нагрузки.

Этот же ГОСТ выделяет тринадцать различных режимов работы электротехнического оборудования, к которому относятся, в частности, электродвигатели, используемые в качестве исполнительных механизмов в системах промышленной автоматизации.

В общем случае можно выделить следующие основные режимы работы технологического оборудования:

- номинальный режим работы;
- нормальный режим работы;
- ненормальный режим работы;
- аварийный режим работы.

Номинальный режим работы - режим работы технологического оборудования, при котором значения каждого из параметров режима равны номинальным.

Номинальное значение параметра (номинальный параметр) – это значение параметра технологического оборудования, указанное изготовителем, при котором оно должно работать, являющееся исходным для отсчета отклонений.

К числу параметров электротехнического оборудования относятся, например, ток, напряжение, мощность.

Нормальный режим работы - режим работы технологического оборудования, характеризующийся рабочими значениями всех параметров.

Рабочее значение параметра (рабочий параметр) – это значение параметра технологического оборудования, ограниченное допускаемыми пределами (наибольшее и наименьшее значение).

Ненормальный режим работы - режим работы технологического оборудования, при котором значение хотя бы одного из параметров режима выходит за пределы наибольшего или наименьшего рабочего значения.

Аварийный режим работы – ненормальный режим работы технологического оборудования, характеризующийся возможностью повреждения оборудования, выхода его из строя, остановки технологического процесса или представляющий угрозу жизни людей.

Аварийный режим работы диагностируется по заданному аварийному предельному отклонению контролируемого параметра.

Предаварийный режим работы – ненормальный режим работы технологического оборудования, характеризующийся возможностью возникновения аварийного режима.

Предаварийный режим работы диагностируется по заданному предупредительному предельному отклонению контролируемого параметра.

▣ **Задание 3.1** Определить перечень режимов работы технологического оборудования, дать их характеристику.

При изучении режимов работы технологического оборудования необходимо изучить регламентирующие документы заданного технологического процесса и определить особенности режимов.

✍ **В отчете** представить текст задания своего варианта и результат его выполнения, а также перечень использованных регламентирующих документов.

▣ **Задание 3.2** Определить перечень реакций автоматизированной системы управления на изменения режимов работы оборудования.

В случае отклонения режима работы оборудования от номинального возможны следующие варианты реакций автоматизированной системы управления:

- выдача предупредительной визуальной сигнализации;

- выдача предупредительной звуковой сигнализации;
- выдача аварийной визуальной сигнализации;
- выдача аварийной звуковой сигнализации;
- автоматический аварийный останов технологического оборудования;
- ручной (автоматизированный) аварийный останов технологического оборудования;
- срабатывание системы защиты;
- автоматическое переключение на резервное оборудование;
- ручной (автоматизированный) запуск оборудования после аварийного останова.

Перечень реакций автоматизированной системы управления на изменения режимов работы оборудования необходимо свести в таблицу.

Таблица 3.1 – Перечень реакций автоматизированной системы управления на отклонения режимов работы оборудования от нормального

№	Оборудование	Событие	Реакция системы
...			
3	Газовый котел ВАХИ ВРІ-Есо	Предаварийный режим работы	Выдача предупредительной визуальной сигнализации. Выдача предупредительной звуковой сигнализации.
...			

✎ В отчете представить текст задания своего варианта и заполненную таблицу 1.

📖 **Задание 3.2** Определить перечень контролируемых параметров технологического процесса, их номинальные и рабочие значения, предупредительные и аварийные отклонения.

Перечень контролируемых параметров технологического процесса свести в таблицу 3.2.

Таблица 3.2– Контролируемые параметры технологического процесса

№	Наименование контролируемого параметра	Единица измерения	Номинальное значение	Наименьшее рабочее значение	Наибольшее рабочее значение
...					
3.	Давление газообразного топлива на входе в отопительный агрегат	мбар	15	5	25
...					

Перечень предупредительных и аварийных отклонений свести в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Предупредительные и аварийные значения контролируемых параметров

№	Наименование контролируемого параметра	Единица измерения	Наименьшее предупредительное значение	Наибольшее предупредительное значение	Наименьшее аварийное значение	Наибольшее аварийное значение
...						
3.	Давление газообразного топлива на входе в отопительный агрегат	мбар	4	27	2,5	32
4.						
...						

В регламентирующей документации предупредительные и аварийные значения контролируемых параметров могут быть заданы предельными отклонениями от номинального значения. Пример такой таблицы представлен ниже (ГОСТ 11928-83. Системы аварийно-предупредительной сигнализации и защиты автоматизированных дизелей и газовых двигателей).

Таблица 3.4 – Предупредительные и аварийные отклонения контролируемых параметров

№	Наименование контролируемого параметра	Предельное отклонение контролируемого параметра, %, не более	
		Предупредительное значение	Аварийное значение
1.	Минимальное давление смазочного масла, охлаждающей жидкости, топлива	-25	-50
2.	Минимальный уровень смазочного масла, охлаждающей жидкости, топлива	-25	-50
3.	Максимальная температура смазочного масла, охлаждающей жидкости, топлива, подшипников, головок цилиндров, выпускных газов	+10	+20
4.	Максимальное давление газов в картере	+15	+25
5.	Номинальная частота вращения коленчатого вала	-	+20

В этом случае необходимо перевести отклонения в значения параметров и свести данные в таблицу формы 3.3.

✎ В отчете представить текст задания своего варианта, заполненные таблицы параметров и отклонений и перечень использованных регламентирующих документов.

Количество контролируемых параметров: не менее 3-х, не более 7-8.

Конкретные номинальные, рабочие, предупредительные и аварийные значения параметров указываются в техническом описании и инструкции по эксплуатации оборудования.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение технологической операции, технологического процесса, производственного процесса.
2. В чем состоит разница между технологическим объектом управления и технологическим процессом?
3. Дайте определение аббревиатурам АСУП и АСУТП.
4. Что включает в себя типовая структура системы управления технологическим процессом?
5. Какие уровни имеет рассмотренный вами пример системы промышленной автоматизации?
6. Какое оборудование используется в контуре автоматизации? На основе каких стандартов построена промышленная сеть?
7. Интегрирована ли рассмотренная вами автоматизированная система управления с уровнем АСУП? В чем заключается интеграция?
8. Как вы понимаете значение термина «режим работы оборудования»?

9. Какие нормативные документы определяют режимы работы технологического оборудования вашей предметной области?
10. Какие вы можете назвать режимы работы технологического оборудования?
11. Чем номинальный режим работы отличается от нормального?
12. Что считается аварийным режимом работы технологического оборудования?
13. Каким образом диагностируются аварийный и предаварийный режим?
14. Какие особенности в режимах работы имеет оборудование технологического процесса вашей предметной области?
15. Какой может быть реакция автоматизированной системы управления на изменения режимов работы оборудования?
16. Какие действия должен выполнить персонал в случае выдачи системой аварийной визуальной или звуковой сигнализации?
17. Из каких регламентирующих документов можно узнать конкретные номинальные, рабочие, предупредительные и аварийные значения параметров технологического оборудования?

Приложение 1

Перечень вариантов предметной области информационной системы реального времени

1. Автоматизация технологических процессов подготовки газа к транспортировке. Добыча и транспортировка газа. Очистка и одоризация газа. Технология абсорбционной осушки газа (на примере Заполярного месторождения). Примеры автоматизированных систем управления объектами сбора, подготовки, транспортировки и хранения газа.
2. Автоматизация управления системами электроснабжения. Основы электроснабжения. Устройства автоматики систем электроснабжения. Автоматическая частотная разгрузка (АЧР). Примеры промышленного оборудования АЧР и параметры номинального режима их работы. Примеры автоматизированных систем управления объектами электроснабжения.
3. Автоматизация управления гидроагрегатами ГЭС. Производство электроэнергии на гидроэлектростанции. Основные параметры и принцип работы гидрогенератора. Гидрогенераторы для малых ГЭС. Примеры промышленного оборудования – гидрогенераторов ГЭС малой и средней мощности и параметры номинального режима их работы. Привести примеры систем защиты генераторов электростанций. Примеры автоматизированных систем управления гидроагрегатами ГЭС.
4. Автоматизация технологических процессов производства пара на АЭС. Технологические схемы производства электроэнергии на АЭС. Конструкционные схемы и режимные параметры водных парогенераторов. Примеры автоматизированных систем управления агрегатами АЭС.
5. Автоматизация производства электроэнергии на солнечных электростанциях (СЭС). Производство электроэнергии при помощи возобновляемых энергоресурсов. Принцип действия, устройство и основные параметры СЭС. Примеры промышленного оборудования СЭС и параметры номинального режима их работы. Примеры автоматизированных систем управления СЭС.
6. Автоматизация технологических процессов измерения продукции нефтяных скважин. Системы сбора и транспортирования продукции нефтяных скважин. Методы измерения продукции нефтяных скважин (нефти и газа). Примеры автоматизированных систем измерения продукции скважин. Примеры промышленного оборудования для измерения дебитов жидкости и газа (нефти и газа скважины) и параметры номинального режима их работы.
7. Автоматизация управления паротурбинной установкой на АЭС.

Технологические схемы производства электроэнергии на АЭС. Паротурбинные установки. Параметры регулирования и система защиты паровой турбины. Примеры автоматизированных систем управления агрегатами АЭС.

8. Автоматизация производства топлива на мини НПЗ.

Технологии глубокой переработки нефти в моторные топлива. Оборудование и технологии переработки нефтесодержащего сырья в топливо на мини НПЗ. Примеры автоматизированных систем управления мини НПЗ. Системы измерения и контроля газа (СИКГ) на мини НПЗ. Системы автоматизированного учета газа на входе УПДТ (установка по производству дизельного топлива).

9. Автоматизация производства электроэнергии на ветровых электростанциях (ВЭС).

Производство электроэнергии при помощи возобновляемых энергоресурсов. Принцип действия, устройство и основные параметры ВЭС. Примеры промышленного оборудования ВЭС и параметры номинального режима их работы. Примеры автоматизированных систем управления ВЭС.

10. Автоматизация технологических процессов транспортировки газа к потребителю.

Добыча и транспортировка газа. Городские системы газоснабжения. Оборудование и примеры систем управления газораспределительными станциями (ГРС).

Лабораторная работа 2. Разработка архитектуры системы реального времени (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: получить практические навыки построения архитектур информационных систем реального времени.

Задания

1. Изучить состав и назначение элементов обобщенной архитектуры системы реального времени производственной организации.
2. Изучить пример архитектуры системы реального времени управления водогрейными котлами.
3. Для заданного преподавателем варианта предметной области разработать архитектуру системы реального времени.
4. Составить описание разработанной архитектуры.
5. Оформить отчет о проделанной работе.

Порядок (последовательность) выполнения заданий

1. Изучение состава и назначения элементов обобщенной архитектуры системы реального времени производственной организации.

Обобщенная архитектура СРВ и ее описание представлены в приложении 1.

▣ **Задание 1.** Изучить состав и назначение элементов обобщенной архитектуры системы реального времени производственной организации.

✍ **В отчете** представить текст задания и ответы на контрольные вопросы по вариантам, приведенным в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты ответов на контрольные вопросы

Номер студента в журнале	1,6,11	2,7,12	3,8,13	4,9,14	5,10,15
Номера контрольных вопросов	20,10,1,8	19,11,2,7	18,12,3,6	17,13,4,15	16,14,5,9

2-4. Разработка и описание архитектуры системы реального времени.

Для выполнения заданий данного раздела вам понадобятся результаты выполнения лабораторной работы 1-2 и материалы лекций по теме «Проектирование информационных систем реального времени».

▣ **Задание 2.** Изучить представленный в приложении 2 пример архитектуры системы реального времени управления водогрейными котлами.

▣ **Задание 3.** Для заданного преподавателем варианта предметной области разработать архитектуру системы реального времени.

▣ **Задание 4.** Составить описание разработанной архитектуры.

✍ **В отчете** представить текст задания своего варианта и привести результаты его выполнения.

Контрольные вопросы

18. Дайте определение понятию «архитектура системы».
19. Какие уровни включает в себя обобщенная архитектура СРВ производственной организации?
20. Какие технические устройства функционируют на полевом уровне обобщенной архитектуры СРВ?
21. Каково назначение контроллерного уровня, из каких элементов он состоит?
22. Что такое промышленная сеть, какие стандарты промышленной сети вы знаете?
23. Каково назначение блока «Ethernet-шлюз»?
24. Каковы назначение и состав диспетчерского уровня обобщенной архитектуры СРВ?
25. Дайте определение SCADA-систем, каково их назначение?
26. Какие функции выполняет OPC-сервер?
27. Назовите назначение и основные функции архивного сервера.
28. Каковы назначение и основные функции сервера документирования?
29. На каких уровнях архитектуры функционируют АРМы специалистов, занятых в производстве продукции?
30. Какие АРМы функционируют на уровнях управления производством и управления предприятием?
31. На каких уровнях архитектуры функционируют АРМы специалистов, занятых в производстве продукции?
32. Какие информационные системы используются на уровне управления производством?
33. Какие информационные системы используются на уровне управления предприятием?
34. Какие уровни архитектуры функционируют в пределах офисной ЛВС организации?
35. На каком уровне реализована интеграция АСУТП и АСУП?
36. Какие информационные системы используются на стратегическом уровне управления?
37. Какие системы, представленные в обобщенной архитектуре, относятся к системам реального времени, системам уровня производственных операций, системам неоперативной обработки данных?
38. Какие датчики и исполнительные механизмы используются в технологическом процессе производства горячей воды для теплоснабжения?
39. К какому уровню управления вы отнесете щиты автоматизации котлов? Какие функции они выполняют?
40. Какие функции выполняет щит управления общекотельным оборудованием?
41. Какие параметры технологического процесса контролируются и фиксируются SCADA-системой?
42. Какие события технологического процесса контролируются и фиксируются SCADA-системой?
43. Каким образом обеспечивается связь серверов системы: архивного и сервера документирования?

Обобщенная архитектура СРВ

Обобщенная архитектура СРВ производственной организации представлена на рисунке П.1.

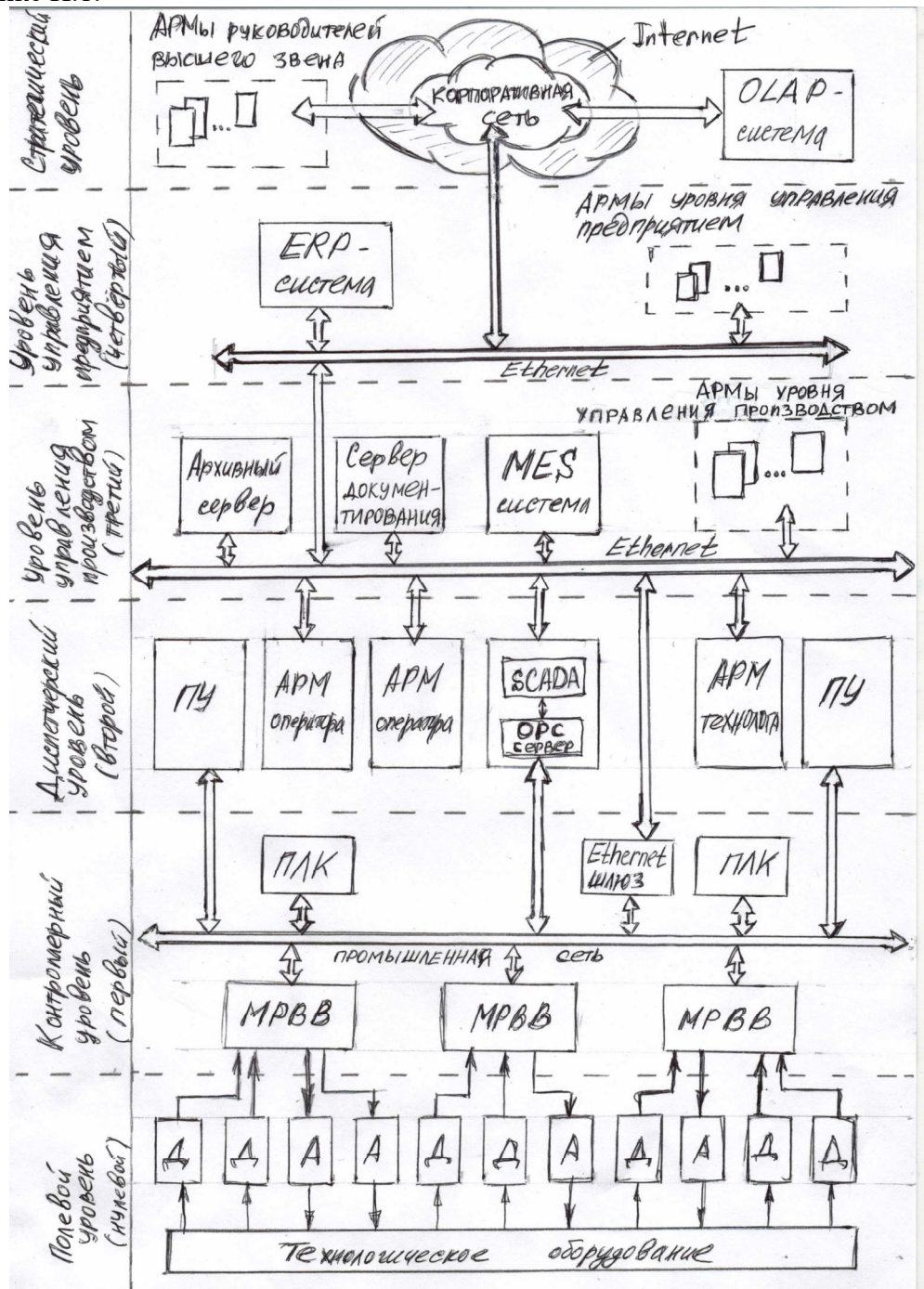


Рисунок П. 1 – Обобщенная архитектура СРВ производственной организации

Низший полевой уровень(нулевой) включает в себя датчики (Д) и исполнительные устройства (А - актуаторы).

Приборы учета расхода электроэнергии, газа, теплоносителя и т.д. относятся к датчикам.

Первый контроллерный уровень состоит из ПМЛ (программируемых логических контроллеров) и модулей аналого-цифрового и дискретного ввода-вывода, которые обмениваются информацией по промышленной сети (Fieldbus) типа Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus и др.

На схеме модули ввода-вывода обозначены как МРВВ – модули распределенного ввода-вывода, что отражает тот факт, что современные системы промышленной автоматизации представляют собой распределенные системы управления DCS (Distributed Control Systems).

На этом же уровне функционируют локальные системы автоматического управления (не отмечены).

Второй (диспетчерский) уровень состоит из рабочих станций - компьютеров с человеко-машинным интерфейсом (ЧМИ, НМІ - Human Machine Interface), наиболее распространенными вариантами которого являются SCADA-системы.

На этом уровне устанавливаются пульта управления (ПУ), с которых операторы технологического процесса могут получать информацию о его параметрах и осуществлять управление его ходом.

Рабочие места операторов могут комплектоваться персональными компьютерами, на которых устанавливаются соответствующие АРМы, позволяющие получать информацию о параметрах ТП и осуществлять управление его ходом с компьютера.

На этом же уровне (или на третьем уровне) функционируют программно-технические комплексы (АРМы) технологов, автоматизирующих процессы технологической подготовки производства.

Основой построения нулевого и первого уровней является промышленная информационная сеть.

Промышленной сетью называют комплекс оборудования и программного обеспечения, которые обеспечивают обмен информацией (коммуникацию) между несколькими устройствами.

Промышленная сеть обеспечивает обмен информацией между устройствами, входящими в состав автоматизированной системы управления:

- компьютерами,
- контроллерами,
- датчиками,
- исполнительными устройствами.

Ethernet-шлюз – это техническое устройство, в задачу которого входит сопряжение сетевых интерфейсов промышленной информационной сети и офисной ЛВС, построенной по технологии Ethernet.

На схеме такое устройство изображено отдельным блоком, на практике современные ПЛК помимо интерфейсов промышленной сети имеют также сетевые интерфейсы Ethernet.

Нулевой, первый и второй уровень и частично третий уровень (сервер архива) в совокупности представляют собой АСУТП.

Третий уровень (уровень управления производством) появляется как средство интеграции системы АСУ ТП с АСУП.

На уровне управления производством функционируют:

- системы оперативного управления производством **MES** (Manufacturing Execution System)
- АРМы руководителей производства, службы главного механика, главного технолога и др.

Архивный сервер (сервер архива БДРВ) – система хранения исторических данных, обеспечивающая в реальном времени запись больших объемов значений параметров и событий производственных технологических процессов и доступ к ним из информационных систем верхнего уровня.

Архивный сервер функционирует на основе СУБД реального времени.

Основными функциями архивного сервера являются:

- Высокоскоростной прием данных реального времени о технологических процессах от программируемых логических контроллеров (ПЛК), как правило, через серверы ввода/вывода по стандартным протоколам OPC, DDE, SuiteLink.
- Быстрое сохранение данных реального времени в архив на жесткий диск и сменные носители.
- Динамическая оптимизация объема (сжатие) записываемой в реальном времени исторической информации.
- Подключение к внешним базам данных (например, по интерфейсу ODBC) и исполнение SQL-запросов в реальном времени.

Сервер документирования предназначен для подготовки различных документов и отчетов о параметрах и событиях технологического процесса в многоуровневых распределенных информационных системах.

Сервер документирования получает информацию от сервера исторического архива.

В его задачи может также входить предоставление, например, по SQL-запросам, информации для MES- и ERP-систем.

В некоторых системах функции сервера архива и сервера документирования совмещаются в одном сервере.

На **четвертом уровне управления** предприятием функционируют

– **ERP-системы**;

– АРМы руководителей предприятия, бухгалтерии, отдела кадров и др.

Четвертый уровень обеспечивает интеграцию с высшим руководством (**стратегический уровень**), которое может быть расположено в различных странах и на разных континентах земного шара.

На стратегическом уровне используются **OLAP- системы**.

Приложение 2

Архитектура системы реального времени управления водогрейными котлами
Архитектура системы реального времени управления водогрейными котлами
представлена на рисунке П.2.

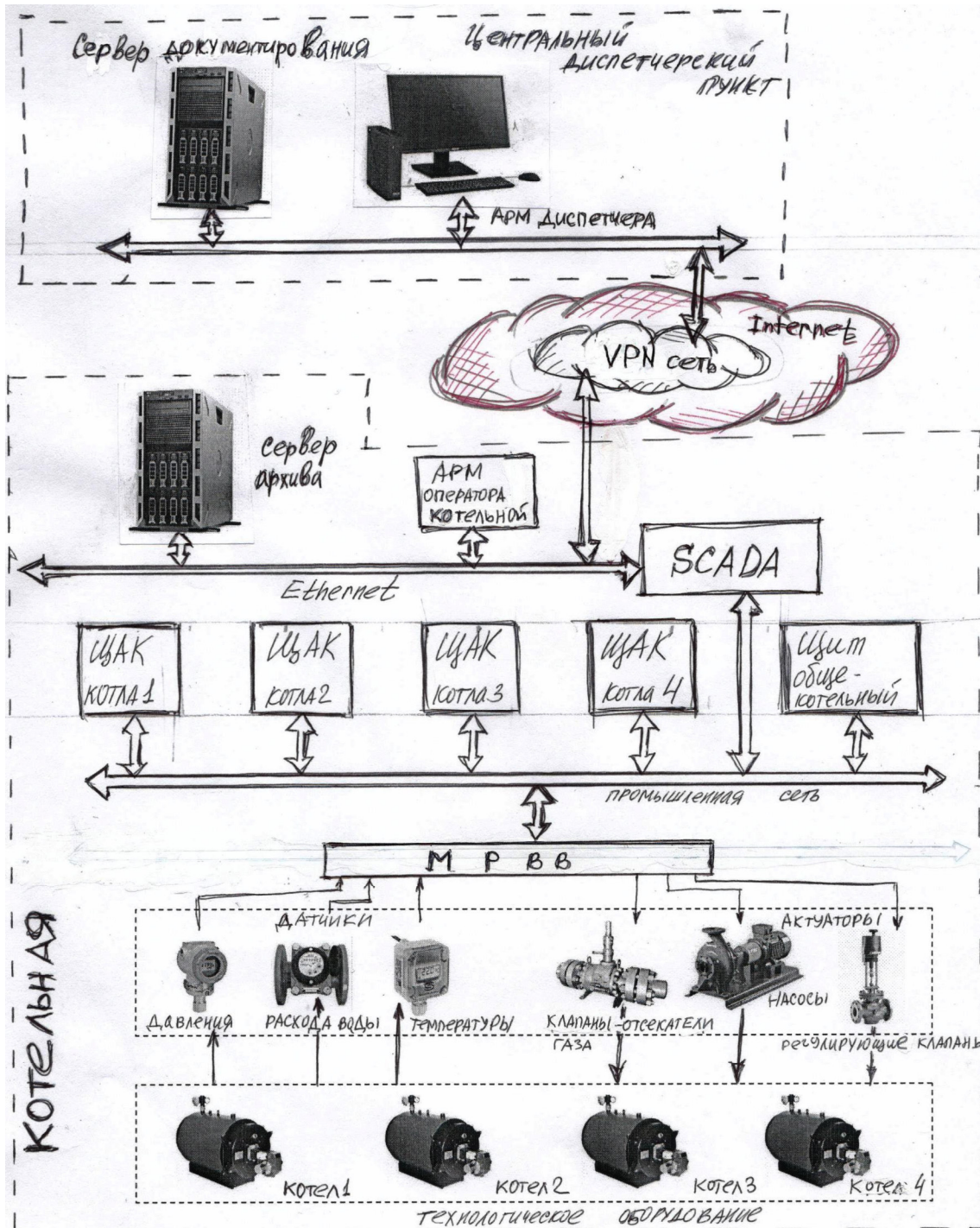


Рисунок П.2 – Архитектура СРВ управления водогрейными котлами

Согласно ГОСТ 25720-83 «Котлы водогрейные. Термины и определения» *водогрейный котел* – котел для нагрева воды под давлением.

Кипение воды в таких котлах не допускается: её давление во всех точках выше давления насыщения при достигаемой там температуре.

Водогрейные котлы применяются в основном для нужд теплоснабжения в частных домах, на котельных различной мощности и на ТЭЦ. В последнем случае они обычно используются как пиковое оборудование в дни максимальных тепловых нагрузок, а также для резервирования тепла от отборов турбины.

Рассматриваемая архитектура системы реального времени предназначена для управления водогрейными котлами мощностью 1-2 МВт, установленными в отдельной котельной, используемой для отопления поселка или городского района.

Для управления водогрейными котлами используются четыре щита автоматизации котла (ЩАК) – по одному на каждый котел.

Остальное оборудование (насосы, регулирующие клапаны, клапаны-отсекатели газа) управляется с отдельного щита управления общекотельным оборудованием.

Основу управления щитов автоматизации составляют программируемые логические контроллеры.

Щиты автоматизации водогрейных котлов ЩАК выполняют следующие основные функции:

- управление газовыми горелками по сигналу датчика температуры на выходе котла;
- прогрев котла при первоначальном пуске;
- блокировка работы котла при аварийно высокой температуре воды, низком и высоком давлении воды на выходе, высоком давлении в топке котла, низком и высоком давлении газа в горелке;
- блокировка работы котла при отсутствии протока воды, пропадании питающего напряжения, при пожаре и загазованности;
- диагностика состояния оборудования щита и датчиков температуры;
- выдача аварийных сигналов котла на общекотельный щит автоматики.

Щит управления общекотельным оборудованием обеспечивает выполнение следующих основных функций:

- поддержание заданной температуры отопительного контура;
- вычисление текущей уставки отопительного контура по показаниям датчика, температуры наружного воздуха в соответствии с отопительным графиком;
- защита системы отопления от превышения температуры обратного теплоносителя;
- автоматическое переключение на ночной/дневной режим работы системы отопления;
- автоматическое управление насосами (основной/резервный);
- управление регулирующими клапанами;
- запрет запуска котлов при отключенных котловых насосах;
- управление клапаном-отсекателем газа на вводе газа;
- светозвуковая индикация аварийных параметров котельной, включая такие критичные сигналы, как загазованность CO₂, пожар с выдачей соответствующих блокировок;
- диагностика состояния оборудования щита и датчиков температуры.

SCADA-системой контролируются и фиксируются следующие параметры технологического процесса:

1. Температура воды котла на выходе.
2. Давление воды котла на выходе.
3. Давление в топке котла.

4. Давление газа в газовой горелке.

5. Расход воды котла.

Помимо приведенных выше параметров технологического процесса SCADA-система обеспечивает контроль событий, связанных с отклонениями режимов работы оборудования от нормального.

К числу таких событий относятся:

- аварийно высокая температура воды котла на выходе;
- низкое и высокое давление воды котла на выходе;
- высокое давление в топке котла;
- низкое и высокое давление газа в газовой горелке;
- отсутствие протока воды (по низкому давлению воды на выходе котла);

Архивный сервер устанавливается в котельной, а сервер документирования – на центральном диспетчерском пункте специализированной организации по обслуживанию и эксплуатации котельных.

Архивный сервер функционирует на основе СУБД реального времени и обеспечивает прием и хранение полного набора исторических данных реального времени о параметрах и событиях технологического процесса нагрева воды в агрегатах котельной.

База данных сервера архива используется для наполнения базы данных сервера документирования. Доступ к базе данных архивного сервера осуществляется по интерфейсу ODBC.

На основе исторических данных серверов архива на сервере документирования ведется база данных о работе всех котельных, обслуживаемых специализированной организацией.

База данных сервера документирования хранит накопленные и усредненные значения параметров технологических процессов, а также данные о событиях, связанных с отклонениями режимов работы оборудования от нормального. База данных сервера документирования используется для подготовки различных документов и отчетов о параметрах и событиях технологических процессов как для диспетчера центрального диспетчерского пульта, так и для информационных систем уровня управления организацией.

Доступ к архивному серверу с центрального диспетчерского пульта обеспечивается посредством защищенного VPN – соединения через Internet.

VPN (Virtual Private Network) – виртуальная частная сеть, это сетевая технология, обеспечивающая защищенную (закрытую от внешнего доступа) связь внутри логической сети компьютеров организации поверх открытой (публичной, незащищенной) сети. В данном случае в качестве открытой сети используется сеть Internet.

Лабораторная работа 3. Проектирование структуры базы данных сервера документирования информационной системы реального времени (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: получить практические навыки разработки структур баз данных информационных систем реального времени.

Задания

1. Рассмотреть пример разработки структуры базы данных сервера документирования системы реального времени управления водогрейными котлами.
2. Для заданного преподавателем варианта предметной области разработать структуру базы данных сервера документирования системы реального времени. Построить схему данных.
3. Средствами СУБД PostgreSQL разработать базу данных сервера документирования для заданного преподавателем варианта предметной области.
4. Заполнить данными информационную базу сервера документирования.
5. Оформить отчет о проделанной работе.

Порядок (последовательность) выполнения заданий

1. Пример разработки структуры базы данных сервера документирования системы реального времени управления водогрейными котлами.

■ **Задание 1.1.** Составить список таблиц базы данных сервера документирования.

Список таблиц базы данных сервера документирования составляется на основе анализа предметной области, выполненного в лабораторных работах 1-2 и 3-4.

Список таблиц базы данных сервера документирования информационной системы реального времени управления водогрейными котлами представлен в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Список таблиц базы данных сервера документирования

№ п/п	Имя таблицы	Назначение
1	<i>kotli</i>	Список оборудования технологического процесса нагрева воды для теплоснабжения
2	<i>parametri</i>	Перечень контролируемых параметров технологического процесса
3	<i>sobitia</i>	Перечень возможных вариантов контролируемых изменений режимов работы котлов (событий технологического процесса) и реакций автоматизированной системы управления на эти события
4	<i>a_parametri</i>	Архив накопленных и усредненных значений параметров технологических процессов нагрева воды в котлах
5	<i>a_sobitia</i>	Архив событий связанных с отклонениями режимов работы котлов от нормального.

■ **Задание 1.2.** Разработать структуры таблиц базы данных сервера документирования.

Структуры таблиц базы данных сервера документирования представлены в таблицах 1.2-1.6.

Таблица 1.2 – Структура таблицы *kotli*

№	Имя колонки	Тип данных	Длина	Ограничения	Примечание
1	<i>id_kotla</i>	integer	1 - 100 000	Первичный ключ PRIMARY KEY	Идентификатор строки
2	<i>nomer</i>	smallint	1-100	UNIQUE	Номер водогрейного котла
3	<i>name</i>	text	25		Наименование оборудования
4	<i>tip</i>	text	25		Тип/марка котла
5	<i>moshnost</i>	smallint	1-100		Мощность котла, МВт
6	<i>toplivo</i>	text	10		Вид топлива
7	<i>kpd</i>	numeric	3 с точностью 1		КПД котла (%)
8	<i>Data_VE</i>	date			Дата ввода в эксплуатацию

Структура таблицы *kotli* оборудования технологического процесса сформирована в соответствии с разработанной в лабораторной работе 3-4 архитектурой СРВ управления водогрейными котлами на основе перечня технических характеристик водогрейных котлов.

Информационное наполнение таблицы 1.2 представлено в таблице А.1 приложения А.

Таблица 1.3 – Структура таблицы *parametri*

№	Имя колонки	Тип данных	Длина	Ограничения	Примечание
1	<i>id_parametra</i>	integer	1 - 100 000	Первичный ключ PRIMARY KEY	Идентификатор строки
2	<i>name</i>	text	7	UNIQUE	Короткое наименование контролируемого параметра
3	<i>name_full</i>	text	25	UNIQUE	Полное наименование контролируемого параметра
4	<i>edinica</i>	text	10		Единица измерения
5	<i>nominal</i>	numeric	6 с точностью 2		Номинальное значение
6	<i>min_rab</i>	numeric	6 с точностью 2		Наименьшее рабочее значение
7	<i>max_rab</i>	numeric	6 с точностью 2		Наибольшее рабочее значение
8	<i>min_predup</i>	numeric	6 с точностью 2		Наименьшее

					предупредительное значение
9	<i>max_predup</i>	numeric	6 с точностью 2		Наибольшее предупредительное значение
10	<i>min_avar</i>	numeric	6 с точностью 2		Наименьшее аварийное значение
11	<i>Max_avar</i>	numeric	6 с точностью 2		Наибольшее аварийное значение

Структура таблицы *parametri* параметров технологического процесса сформирована на основании данных таблиц 3.2 и 3.3 лабораторной работы 1-2.

Информационное наполнение таблицы 1.3 представлено в таблице А.2 приложения А.

Технологический процесс нагрева воды для теплоснабжения требует контроля минимально следующих шести показателей: температура воды котла на выходе, давление воды котла на выходе, давление в топке котла, давление газа в газовой горелке, расход газа, расход воды котла.

Наличие предупредительных и аварийных значений параметров зависит от того, какие события контролируются системой.

Напомним, что для водогрейного газового котла к таким событиям относятся:

- аварийно высокая температура воды котла на выходе;
- низкое и высокое давление воды котла на выходе;
- высокое давлении в топке котла;
- низкое и высокое давлении газа в газовой горелке;
- отсутствие протока воды (по низкому давлению воды на выходе котла).

В случае, если система не выдает предупреждений на предупредительное или аварийное изменение значения параметра (например, аварией не считается низкая температура воды на выходе), то соответствующее поле должно иметь значение *null*.

Таблица 1.4 – Структура таблицы *sobitia*

№	Имя колонки	Тип данных	Длина	Ограничения	Примечание
1	<i>id_sobitia</i>	integer	1 - 100 000	Первичный ключ PRIMARY KEY	Идентификатор строки
2	<i>name</i>	text	50	UNIQUE	Наименование события
3	<i>regim</i>	text	25		Режим работы котлов
4	<i>signal</i>	text	100		Реакция системы на событие

Структура таблицы *sobitia* перечня описаний возможных вариантов событий технологического процесса нагрева воды сформирована на основании данных таблиц 3.1, 3.2 и 3.3 лабораторной работы 1-2.

Информационное наполнение таблицы 1.4 представлено в таблице А.3 приложения А.

Таблица 1.5 – Структура таблицы *a_parametri*

№	Имя колонки	Тип данных	Длина	Ограничения	Примечание
1	<i>id_a_parametra</i>	integer	1 - 100 000	Первичный ключ PRIMARY KEY	Идентификатор строки
2	<i>fk_id_kotla</i>	integer	1 - 100 000	Внешний ключ FOREIGN KEY	Целевая колонка. Значение идентификатора строки таблицы <i>kotli</i> , содержащей сведения о котлах котельной.
3	<i>fk_id_parametra</i>	integer	1 - 100 000	Внешний ключ FOREIGN KEY	Целевая колонка. Значение идентификатора строки таблицы <i>parametri</i> , содержащей сведения о параметрах работы котлов.
4	<i>znachenie</i>	numeric	6 с точностью 2		Архивное среднее значение параметра
5	<i>data</i>	date			Дата снятия значения параметра (без времени суток)
6	<i>time_n</i>	time			Начало интервала времени суток (без даты), за который определено среднее значение параметра, с точностью до секунды.
7	<i>time_k</i>	time			Окончание интервала времени суток (без даты), за который определено среднее значение параметра, с точностью до секунды.

Примеры информационного наполнения таблицы *a_parametri* архива накопленных и усредненных значений параметров технологических процессов нагрева воды в котлах представлено в таблице А.4 приложения А.

Для показателей, которые контролируют расход (в данном случае воды и газа), отдельно оговаривается алгоритм определения их абсолютных значений.

Например, чтобы рассчитать абсолютное значение расхода воды котла (m^3) за заданный интервал времени надо найти сумму произведений архивных средних значений расхода воды ($m^3/час$) и величин интервалов времени в часах, за который определено среднее значение параметра.

Если в таблице хранить усредненные значения расхода воды ($m^3/час$) с интервалом в 1 час, то тогда абсолютный расход воды котла (m^3) можно рассчитать простым суммированием усредненных значений расхода воды за заданный интервал времени.

Таблица 1.5 – Структура таблицы *a_sobitia*

№	Имя колонки	Тип данных	Длина	Ограничения	Примечание
1	<i>id_a_sobitia</i>	integer	1 - 100 000	Первичный ключ PRIMARY KEY	Идентификатор строки
2	<i>fk_id_kotla</i>	integer	1 - 100 000	Внешний ключ FOREIGN KEY	Целевая колонка. Значение идентификатора строки таблицы <i>kotli</i> , содержащей сведения о котлах котельной.
3	<i>fk_id_parametra</i>	integer	1 - 100 000	Внешний ключ FOREIGN KEY	Целевая колонка. Значение идентификатора строки таблицы <i>parametri</i> , содержащей сведения о параметрах работы котлов.
4	<i>znachenie</i>	numeric	12 с точностью 4		Архивное значение параметра, выход которого за рабочий диапазон привел к событию.
5	<i>fk_id_sobitia</i>	integer	1 - 100 000	Внешний ключ FOREIGN KEY	Целевая колонка. Значение идентификатора строки таблицы <i>sobitia</i> , содержащей сведения о событиях технологического процесса.
6	<i>data_n</i>	date			Дата (без времени суток) начала события
7	<i>time_n</i>	time			Время суток (без даты) начала события.
8	<i>data_k</i>	date			Дата (без времени суток) окончания события
9	<i>time_k</i>	time			Время суток (без даты) окончания события.

Примеры информационного наполнения таблицы *a_sobitia* архива событий, связанных с отклонениями режимов работы котлов от нормального, представлено в таблице А.5 приложения А.

В полях *data_n* и *time_n* начала события записываются дата и время, когда был зафиксирован выход параметра за пределы наибольшего или наименьшего предупредительного или аварийного значений в соответствии с параметрами режимов работы котлов, заданными в таблицах *parametri* и *sobitia*.

В полях *data_k* и *time_k* окончания события записываются дата и время, когда технологическое оборудование (котлы) вернулось (или было возвращено) в нормальный режим работы.

Примечание:

В PostgreSQL вместо типа *time* можно использовать тип *time without time zone* (время без указания часового пояса). Примеры работы с данными типами смотри в приложении Б.

✍ В отчете представить тексты заданий 1.1 и 1.2 и ответы на контрольные вопросы 1-7.

2. Разработка структуры базы данных сервера документирования системы реального времени и построение схемы данных по вариантам.

▣ **Задание 2.** Для заданного преподавателем варианта предметной области разработать структуру базы данных сервера документирования системы реального времени и построить схему данных.

✍ В отчете представить текст задания, схему данных и таблицы, содержащие данные по структуре базы данных сервера документирования системы реального времени своего варианта.

3. Разработка по вариантам базы данных сервера документирования в среде СУБД PostgreSQL.

▣ **Задание 3.** Средствами СУБД PostgreSQL разработать базу данных сервера документирования для заданного преподавателем варианта предметной области.

✍ В отчете представить текст задания и скриншоты частей дерева объектов, подтверждающие создание базы данных своего варианта.

4. Заполнение данными информационной базы сервера документирования по вариантам.

▣ **Задание 4.** Заполнить данными информационную базу сервера документирования своего варианта.

✍ В отчете представить текст задания, скриншоты и таблицы, содержащие информационное наполнение базы данных сервера документирования своего варианта.

Контрольные вопросы

1. На основании каких сведений определяется перечень информационных объектов сервера документирования?
2. Какие поля должна иметь таблица, содержащая список оборудования технологического процесса?
3. На основании каких данных о предметной области определяется перечень полей таблицы параметров технологического процесса?
4. От чего зависит информационное наполнение таблицы параметров технологического процесса?
5. Каким образом можно определить абсолютные цифры расхода воды и газа за заданный интервал времени?
6. На основании каких данных о предметной области определяется перечень полей таблицы событий технологического процесса нагрева воды?
7. На основе каких данных осуществляется информационное наполнение таблицы событий технологического процесса нагрева воды?
8. Поясните принцип формирования данных таблицы событий технологического процесса нагрева воды.

Приложение А

Информационное наполнение базы данных таблиц сервера документирования системы реального времени управления водогрейными котлами

Таблица А.1 – Информационное наполнение таблицы *kotli*.

<http://www.mku.su/hot-water-gas-boiler-15-mvt.html>

<http://www.gazovikteplo.ru/catalog/gorelki/gorelki-rossia/gbl-1-2-kombi>

<i>id kotla</i>	<i>nomer</i>	<i>name</i>	<i>tip</i>	<i>moshnost</i>	<i>toplivo</i>	<i>kpd</i>	<i>Data VE</i>
	Номер котла на схеме	Наименование оборудования	Тип/марка котла	Мощность котла, Мвт	Вид топлива	КПД котла (%)	Дата ввода в эксплуатацию
1	1	Водогрейный газовый котел	Котел КВа-1,5	1,5	Газ	91,5	15.04.17
2	2	Водогрейный газовый котел	Котел КВа-1,5	1,5	Газ	91,5	22.04.17
3	3	Водогрейный газовый котел	Котел КВа-1,5	1,5	Газ	91,5	05.09.17
4	4	Водогрейный газовый котел	Котел КВа-1,5	1,5	Газ	91,5	15.09.17

Таблица А.2 – Информационное наполнение таблицы *parametri*.

<i>id par ametra</i>	<i>name</i>	<i>name_full</i>	<i>edinica</i>	<i>nominal</i>	<i>min_rab</i>	<i>max_rab</i>	<i>min_pr edup</i>	<i>max_pr edup</i>	<i>min_av ar</i>	<i>Max_a var</i>
		Наименование контролируемого параметра	Единица измерения	Номинальное значение	Наименьшее рабочее значение	Наибольшее рабочее значение	Наименьшее предельное значение	Наибольшее предельное значение	Наименьшее аварийное значение	Наибольшее аварийное значение
1	Тввк	Температура воды на выходе котла	град, С	82,5	70	95	60	95	<i>null</i>	115
2	Дввк	Давление воды на выходе котла	МПа	0,45	0,3	0,6	0,25	0,65	0,2	0,9
3	Дтк	Давление в топке котла	МПа	0,45	0,3	0,6	0,25	0,65	<i>null</i>	0,9
4	Дг	Давление газа в газовой горелке	КПа	40	35	44	34	45	20	65
5	Рг	Расход газа	м ³ /час	176	170	185	168	187	<i>null</i>	<i>null</i>
6	Рвк	Расход воды котла	м ³ /час	52	50	54	48	56	<i>null</i>	<i>null</i>

Таблица А.3 – Информационное наполнение таблицы *sobitia*.

<i>id sobitia</i>	<i>name</i>	<i>regim</i>	<i>signal</i>
	Наименование события	Режим работы котлов	Реакция системы на событие
1	Высокая температура воды на выходе котла.	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
2	Аварийно высокая температура воды на выходе котла.	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации. Ручной останов технологического оборудования.
3	Низкое давление воды на выходе котла	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
4	Аварийно низкое давление воды на выходе котла. Отсутствие протока воды.	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации.
5	Высокое давление воды на выходе котла	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
6	Аварийно высокое давление воды на выходе котла	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации. Ручной останов технологического оборудования.
7	Высокое давление в топке котла	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
8	Аварийно высокое давление в топке котла	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации. Автоматизированный останов технологического оборудования.
9	Низкое давление газа в газовой горелке	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
10	Аварийно низкое давление газа в газовой горелке	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации. Автоматизированный останов технологического оборудования.
11	Высокое давление газа в газовой горелке	Предаварийный	Выдача предупредительной визуальной сигнализации.
12	Аварийно высокое давление газа в газовой горелке	Аварийный	Выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации. Автоматический останов технологического оборудования.

Таблица А.4 – Примеры информационного наполнения таблицы *a_parametri*.

<i>id_a_parametra</i>	<i>fk_id_kotla</i>	<i>fk_id_parametra</i>	<i>znacheniye</i>	<i>data</i>	<i>time_n</i>	<i>time_k</i>
	Значение идентификатора строки таблицы сведений о котлах <i>kotli</i>	Значение идентификатора строки таблицы сведений о параметрах работы котлов	Архивное среднее значение параметра	Дата снятия значения параметра	Начало интервала времени усреднения параметра	Окончание интервала времени усреднения параметра
Давление воды (МПа) на выходе котла № 4. В архиве хранятся усредненные значения за 30 минут работы котла						
100	4	2	0,52	05.03.18	15:00:00	15:30:00
101	4	2	0,48	05.03.18	15:30:00	16:00:00
103	4	2	0,39	05.03.18	16:00:00	16:30:00
Давление газа (КПа) в газовой горелке котла № 1. В архиве хранятся усредненные значения за 1 час работы котла.						
980	1	4	38	05.03.18	15:00:00	16:00:00
981	1	4	43	05.03.18	16:00:00	17:00:00
982	1	4	41	05.03.18	17:00:00	18:00:00
Температура воды (град, С) на выходе котла № 1. В архиве хранятся усредненные значения за 1 час работы котла.						
1599	1	1	82	05.03.18	15:00:00	16:00:00
1600	1	1	93	05.03.18	16:00:00	17:00:00
1601	1	1	90	05.03.18	17:00:00	18:00:00
Расход газа (м ³ /час) в газовой горелке котла № 3. В архиве хранятся усредненные значения за 1 час работы котла.						
2050	3	5	180	05.03.18	17:00:00	18:00:00
2051	3	5	177	05.03.18	18:00:00	19:00:00
2052	3	5	172	05.03.18	20:00:00	21:00:00

Таблица А.5 – Примеры информационного наполнения таблицы *a_sobitia*.

<i>id_a_sobitia</i>	<i>fk_id_kotla</i>	<i>fk_id_parametra</i>	<i>znachenie</i>	<i>fk_id_sobitia</i>	<i>data_n</i>	<i>time_n</i>	<i>data_k</i>	<i>time_k</i>
	Значение идентификатора строки таблицы сведений о котлах <i>kotli</i>	Значение идентификатора строки таблицы параметров сведений о параметрах работы котлов	Архивное значение параметра, выход которого за рабочий диапазон привлекло событие.	Значение идентификатора строки таблицы сведений о событиях технологического процесса	Дата (без времени суток) начала события	Время суток (без даты) начала события.	Дата (без времени суток) окончания события	Время суток (без даты) окончания события.
08.01.18 в 21:45:00 давление газа в газовой горелке котла № 4 повысилось до 67 КПа, что выше чем наибольшее аварийное значение (65 КПа). Событие: аварийно высокое давление газа в газовой горелке котла № 4. Режим работы котла: аварийный. Действия: выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации, автоматический останов котла № 4. Устранение аварии заняло одни сутки и 16 часов (в результате аварии вышла из строя газовая горелка, потребовалась ее закупка и замена).								
2	4	4	67	12	08.01.18	21:45:00	10.01.18	14:00:00
25.02.18 в 02:35:15 температура воды на выходе котла № 3 составила 119 град С, что выше наибольшего аварийного значения в 115 град С. Событие: аварийно высокая температура воды на выходе котла № 3. Режим работы котла: аварийный. Действия: выдача аварийной визуальной и звуковой сигнализации, ручной останов котла № 3. Устранение аварии заняло 3 часа.								
5	3	1	119	2	25.03.18	02:35:15	25.02.18	05:30:00
01.03.18 в 11:15:30 давление воды на выходе котла № 1 упало до 0,24 МПа, что ниже наименьшего предупредительного значения (0,25 МПа), но выше чем наименьшее аварийное значение (0,2 МПа). Событие: низкое давление воды на выходе котла № 1. Режим работы котла: предаварийный. Действия: выдача предупредительной визуальной сигнализации. Автоматика вернула режим работы котла в нормальный за 15 минут.								
15	1	2	0,24	3	01.03.18	11:15:30	01.03.18	11:30:00

Примечание: описания событий даны для понимания значения записи в таблице *a_sobitia* архива событий, связанных с отклонениями режимов работы котлов от нормального. Можно предусмотреть в структуре таблице поле, которое будет хранить данный комментарий.

Операторы и функции даты/времени

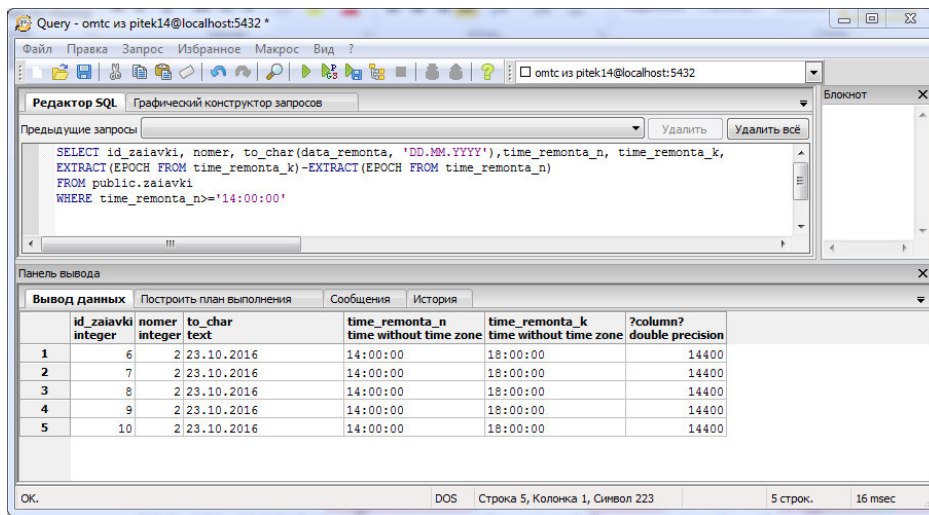
<https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.5/functions-datetime>

Пример: вывод продолжительности ремонта в секундах для ремонта, начавшегося в 14:00.

```
SELECT id_zaiavki, nomer, to_char(data_remonta, 'DD.MM.YYYY'),time_remonta_n,  
time_remonta_k,  
EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_k)-EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_n)  
FROM public.zaiavki  
WHERE time_remonta_n>='14:00:00'
```

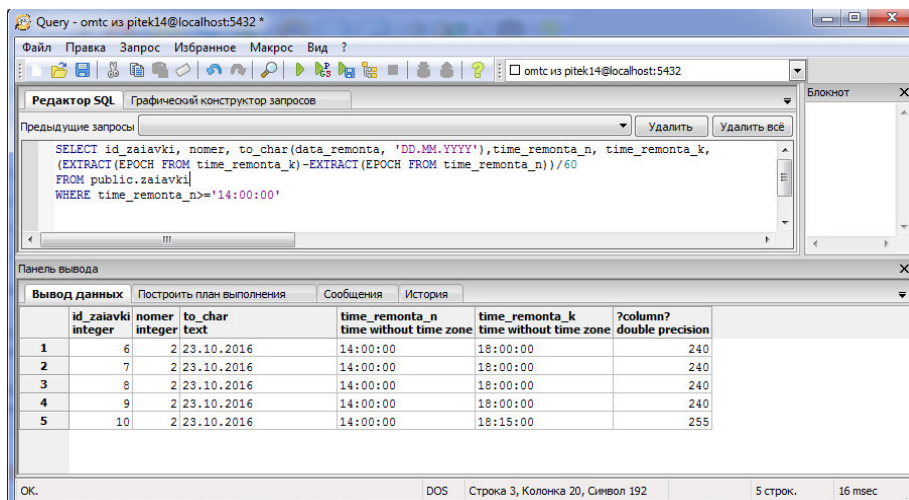
Получение разницы между временами time_remonta_k и time_remonta_n в секундах.

```
EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_k)- EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_n)
```



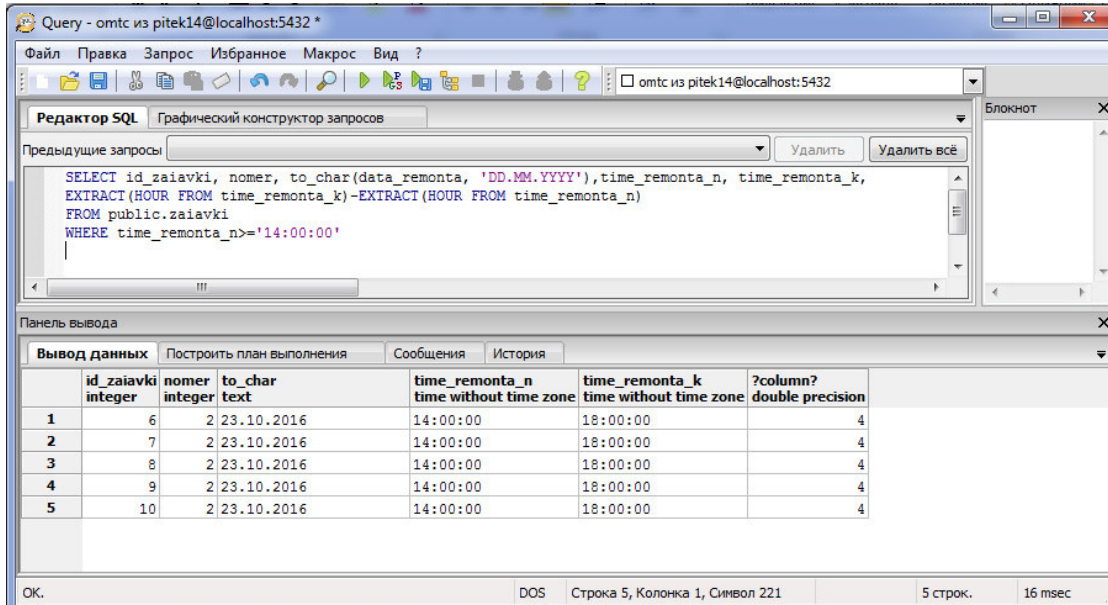
Получение разницы между временами time_remonta_k и time_remonta_n в минутах.

```
EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_k)-EXTRACT(EPOCH FROM time_remonta_n))/60
```



Получение разницы между временами time_remonta_k и time_remonta_n в часах (от 0 до 23).

EXTRACT(HOUR FROM time_remonta_k)- EXTRACT(HOUR FROM time_remonta_n)



The screenshot shows a SQL query editor window titled "Query - omtc из pitek14@localhost:5432 *". The query text is:

```
SELECT id_zaiavki, nomer, to_char(data_remonta, 'DD.MM.YYYY'),time_remonta_n, time_remonta_k,  
EXTRACT(HOUR FROM time_remonta_k)-EXTRACT(HOUR FROM time_remonta_n)  
FROM public.zaiavki  
WHERE time_remonta_n>='14:00:00'
```

The results are displayed in a table with the following columns and data:

id_zaiavki	nomer	to_char	time_remonta_n	time_remonta_k	?column?
integer	integer	text	time without time zone	time without time zone	double precision
1	6	2 23.10.2016	14:00:00	18:00:00	4
2	7	2 23.10.2016	14:00:00	18:00:00	4
3	8	2 23.10.2016	14:00:00	18:00:00	4
4	9	2 23.10.2016	14:00:00	18:00:00	4
5	10	2 23.10.2016	14:00:00	18:00:00	4

The status bar at the bottom indicates "OK.", "DOS", "Строка 5, Колонка 1, Символ 221", "5 строк.", and "16 msec".

Лабораторная работа 4. Программирование запросов к базе данных сервера документирования информационной системы реального времени (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: получить практические навыки программирования запросов к базе данных сервера документирования информационной системы реального времени для передачи на верхний уровень управления информации о параметрах и событиях управляемого технологического процесса.

Задания

1. Составить простые запросы и запросы с отбором данных по условию к базе данных сервера документирования для передачи на верхний уровень управления информации о составе оборудования, перечне параметров и событий управляемого технологического процесса.
2. Составить многотабличные итоговые запросы с использованием агрегатных функций и группировкой записей к базе данных сервера документирования для передачи на верхний уровень управления статистической информации о параметрах и событиях технологического процесса управления водогрейными котлами.
3. Оформить отчет о проделанной работе.

Порядок (последовательность) выполнения заданий

Рассмотренная в лабораторной работе 3-4 база данных сервера документирования СРВ управления водогрейными котлами, хранит накопленные и усредненные значения параметров технологических процессов, а также данные о событиях, связанных с отклонениями режимов работы оборудования от нормального. База данных сервера документирования используется для подготовки различных документов и отчетов о параметрах и событиях технологических процессов как для диспетчера центрального диспетчерского пульта, так и для информационных систем уровня управления организацией.

Для выполнения заданий использовать материал лабораторных работ 9-10 и 11-12 по курсу «Администрирование промышленных СУБД».

Запросы должны быть составлены таким образом, чтобы проверить правильность информационного наполнения всех таблиц базы данных сервера документирования.

1. Составление простых запросов и запросов с отбором данных по условию.

Задание 1. Для предметной области варианта задания составить простые запросы и запросы с отбором данных по условию к базе данных сервера документирования для передачи на верхний уровень управления информации о составе оборудования, перечне параметров и событий управляемого технологического процесса.

Количество запросов – не менее 8.

В отчете представить текст задания 1, описания действий, выполняемых запросами, тексты SQL-запросов и скриншоты результатов их выполнения.

Примерный перечень описаний действий, выполняемых запросами для передачи на верхний уровень управления информации о составе оборудования, перечне параметров и событий управляемого технологического процесса, на примере системы управления водогрейными котлами.

1. Сформировать полный список оборудования технологического процесса управления водогрейными котлами с указанием номера на схеме и технических характеристик.
2. Получить список однотипного технологического оборудования (если есть оборудование разных типов).
3. Получить в алфавитном порядке по наименованию полный перечень контролируемых параметров технологического процесса управления водогрейными котлами с указанием их номинальных и рабочих значений, предупредительных и аварийных отклонений. Сгруппировать список по однотипному оборудованию.
4. Вывести список параметров, изменение значений которых может привести к аварийному режиму работы. Указать аварийные предельные отклонения контролируемого параметра.
5. Вывести список параметров, изменение значений которых может привести к предаварийному режиму работы. Указать предупредительные предельные отклонения контролируемого параметра.
6. Получить список параметров, изменение значений которых не приводит к аварийному режиму работы.
7. Получить полный перечень режимов работы котлов с указанием реакции системы на события, связанные с выходом режимов работы оборудования за рабочую зону.
8. Вывести список событий технологического процесса нагрева воды, при наступлении которых предусмотрена звуковая сигнализация.
9. Получить список аварийных событий технологического процесса управления водогрейными котлами.
10. Вывести список событий технологического процесса нагрева воды, при наступлении которых предусмотрена остановка работы котлов.
11. Получить список предаварийных событий технологического процесса управления водогрейными котлами.
12. Вывести список событий технологического процесса нагрева воды, при наступлении которых предусмотрена как визуальная, так и звуковая сигнализация.

2. Составление многотабличных итоговых запросов с использованием агрегатных функций и группировкой записей.

■ Задание 2. Для предметной области варианта задания составить многотабличные итоговые запросы с использованием агрегатных функций и группировкой записей к базе данных сервера документирования для передачи на верхний уровень управления статистической информации о параметрах и событиях технологического процесса управления водогрейными котлами.

Количество запросов – не менее 7.

✍ В отчете представить текст задания 2, описания действий, выполняемых запросами, тексты SQL-запросов и скриншоты результатов их выполнения. Для запросов по таблице архива событий привести текстовые описания событий (см. таблицу А.5 лабораторной работы 5-6).

Примерный перечень описаний действий, выполняемых запросами для передачи на верхний уровень управления статистической информации о параметрах и событиях технологического процесса управления водогрейными котлами.

1. Вывести таблицу изменений средних значений давления воды на выходе заданного котла за заданный интервал времени.
2. Вывести таблицу изменений средних значений давления газа в газовых горелках котлов за заданный интервал времени с группировкой по котлам.
3. Рассчитать суммарный объем израсходованного газа в целом по котельной за заданный интервал времени.
4. Вывести отчет за сутки, содержащий суммарный объем израсходованного газа с группировкой по котлам.
5. Определить котел с максимальным расходом газа в заданный интервал времени.
6. Определить котел с минимальным расходом газа в заданный интервал времени.
7. Рассчитать средний расход воды заданного котла в заданный интервал времени.
8. Рассчитать суммарный объем нагретой воды в целом по котельной в течение заданных суток.
9. Вывести отчет за неделю, содержащий суммарный объем нагретой воды с группировкой по котлам.
10. Вывести полный отчет за заданный интервал времени обо всех событиях, связанных с отклонениями режимов работы котлов от нормального режима.
11. Вывести отчет за месяц по аварийным событиям котельной с указанием времени, которое потребовалось для устранения аварии.
12. Определить суммарное время простоя в работе котельной за заданный интервал времени.
13. Вывести отчет за неделю по предаварийным событиям котельной с указанием процента отклонения значения параметра технологического процесса от номинальной величины.
14. Определить количество раз выдачи предупредительной визуальной сигнализации за заданный интервал времени.
15. Для заданного предаварийного события рассчитать среднее время, за которое автоматика возвращала работу котла в нормальный режим.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение запроса к базе данных?
2. Прокомментируйте понятия результирующая таблица, виртуальная таблица?
3. Какова структура команды SELECT?
4. Назначение операторов WHERE и GROUP BY команды SELECT.
5. Назначение операторов HAVING и ORDER BY команды SELECT.
6. Каким образом можно вывести на просмотр всю таблицу базы данных?
7. Как оставить в списке определенные столбцы и задать им имя кириллицей?
8. Как получить список строк таблицы без повторов по содержимому столбца, имеющему повторяющиеся значения?
9. Как выполнить сортировку записей? Что такое сложная сортировка?
10. Назначение секции WHERE в команде SELECT.
11. Приведите пример использования условия отбора с логическими операторами AND и OR.
12. Что такое предикаты, какие предикаты вы знаете?
13. Что такое критерий частичного соответствия? Приведите пример его использования.
14. В чем отличие реализации условного соединения с использованием оператора WHERE и с использованием оператора JOIN ON?

15. Что собой представляет сложное соединение более двух таблиц? Приведите пример использования сложного соединения.
16. Дайте определение агрегатных функций. Какие агрегатные функции вы знаете? Приведите пример их использования.
17. Как происходит подсчет с использованием агрегатной функции при группировке записей оператором GROUP BY ? Приведите пример.
18. В чем состоит назначение оператора HAVING при его использовании совместно с оператором GROUP BY? Приведите пример. В чем разница между операторами HAVING и WHERE ?

Лабораторная работа 6. Начальное знакомство со SCADA-системой. (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: получить практические навыки по установке и конфигурированию программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени.

Задания

1. Зарегистрироваться на сайте производителя SCADA-системы.
2. Скачать и установить бесплатную базовую версию SCADA TRACE MODE.
3. Установить обновление.
4. Ответить на контрольные вопросы.
5. Оформить отчет о проделанной работе.

Теоретическое введение

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition — диспетчерское управление и сбор данных).

SCADA-система – это инструментальная программа, обеспечивающая создание программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени.

Основные функции SCADA-системы:

Сбор, хранение и первичная обработка информации о параметрах технологического процесса

- Сбор текущей информации от датчиков через ПЛК или устройств ввода/вывода (УВВ).
- Первичная (вычислительная и/или логическая) обработка измерительной информации.
- Архивирование, хранение и дальнейшая обработка информации (усреднение, сжатие и т.д.).

Функции управления технологическим процессом

- Дистанционное управление исполнительными механизмами.
- Ввод заданий алгоритмам автоматического управления.
- Реализация алгоритмов автоматического контроля и управления (чаще эти задачи возлагаются на контроллеры, но SCADA-системы тоже способны их решать).

Визуализация и архивное хранение информации о параметрах и событиях технологического процесса

- Представление текущей и архивной информации на дисплее (в виде динамизированных мнемосхем, гистограмм, анимационных изображений, таблиц, графиков, трендов, выделение аварийных ситуаций и т.д.).
- Отображение и запись аварийных и предаварийных ситуаций.
- Печать отчетов и протоколов различной формы.

Авторизация доступа и аудит

- Регистрация всех действий оператора.
- Защита от несанкционированного доступа и предоставление различных прав пользователям во время работы с системой.
- Регистрация всех ошибок и событий внутри системы управления (аппаратные тревоги, ошибки работы сети и т.д.)

Связь с верхними уровнями управления

- Обеспечение информационных связей с серверами и другими рабочими станциями АРМов оператора, технологов и т.д.
- Обеспечение связи с внешними приложениями (архивные серверы, серверы документирования, электронные таблицы, текстовые процессоры и т.д.).

Прикладные функции

- Реализация прикладных программ пользователя и их взаимосвязь с текущей измеряемой информацией и управляющими воздействиями.

Перед выполнением лабораторной работы следует также ознакомиться с материалом, содержащимся в файлах «Введение в TRACE MODE 6 (часть 1).pdf» и «Введение в TRACE MODE 6 (часть 2).pdf».

В результате изучения данного материала вы должны найти к защите ответы на контрольные вопросы 1 - 16.

Ответы на вопросы 3-11 вы найдете в файле «Введение в TRACE MODE 6 (часть 1).pdf», ответы на вопросы 12 - 16, - в файле «Введение в TRACE MODE 6 (часть 2).pdf».

Порядок (последовательность) выполнения заданий

1. Регистрация на сайте производителя SCADA-системы.

Задание 1. Зарегистрироваться на сайте производителя SCADA-системы.

Регистрация на сайте российской компании ООО «АдаАстра Рисерч Групп», производителя SCADA-системы TRACE MODE, позволяет студентам высшего образовательного учреждения использовать бесплатную базовую версию SCADA TRACE MODE, скачивать её обновления, после дополнительной регистрации стать участником форума пользователей базовой версии.

Пройти первичную регистрацию можно по ссылке <https://idp.adastra.ru/>.

При регистрации укажите следующие минимальные данные:

Поле	Комментарий
Логин	При формировании логина не используйте элементы субкультуры.
Пароль	
Е-mail для связи	Свой e-mail.
Фамилия	
Имя	
Полное название организации	Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Смоленске
Отрасль	Учебные заведения
Должность	Студент

✍ В отчете представить текст задания 1 и скриншот личного кабинета.

2. Установить бесплатную базовую версию SCADA TRACE MODE

📄 **Задание 2.** Скачать и установить бесплатную базовую версию SCADA TRACE MODE.

Процесс скачивания релизов, установки и регистрации описан в документе «TRACE MODE 6 Пособие по инсталляции инструментальной системы базовой линии» (файл *TM6_IDE_Base_Installation_Guide_RU_2019.pdf*).

Обратите внимание, что все программные продукты TRACE MODE от AdAstra Research Group, Ltd подлежат обязательной регистрации. Это позволяет использовать возможности программного комплекса полноценно.

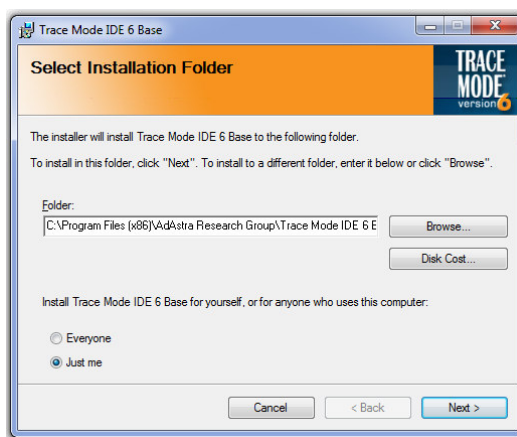
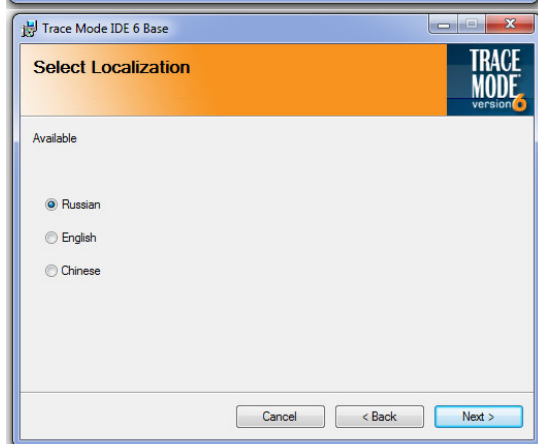
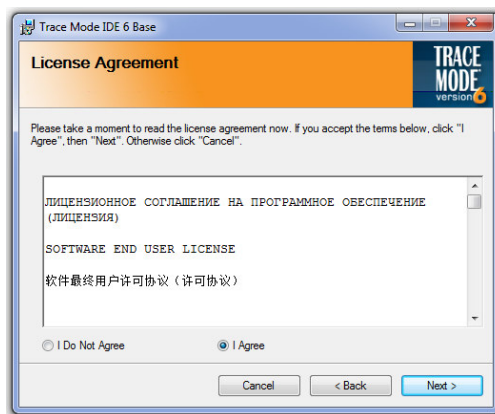
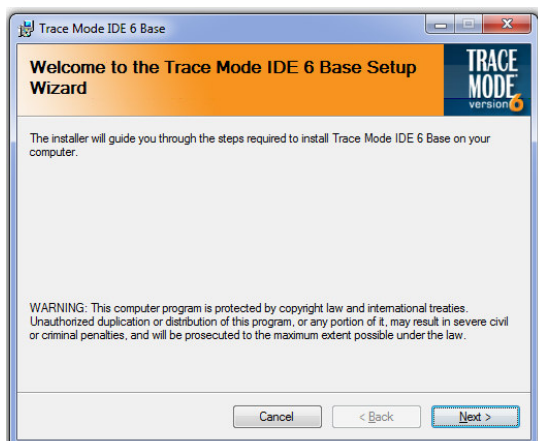
2.1. На момент написания методических материалов последним являлся релиз 6.10.2 (файл архива *tm6b_ide_6.10.2.zip*).

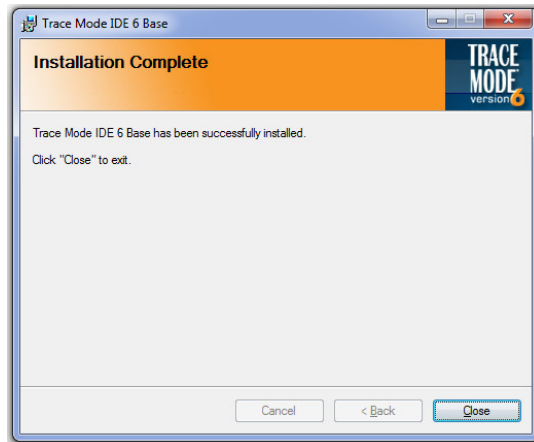
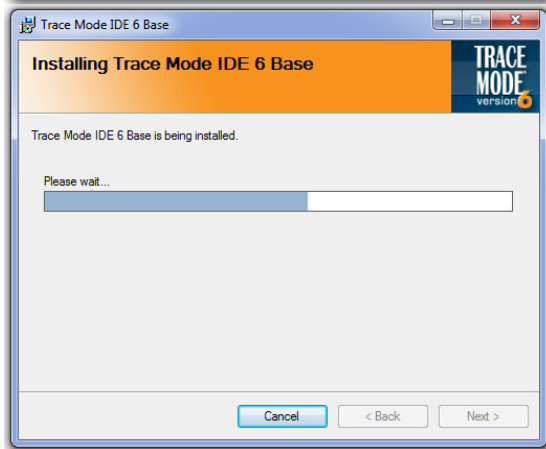
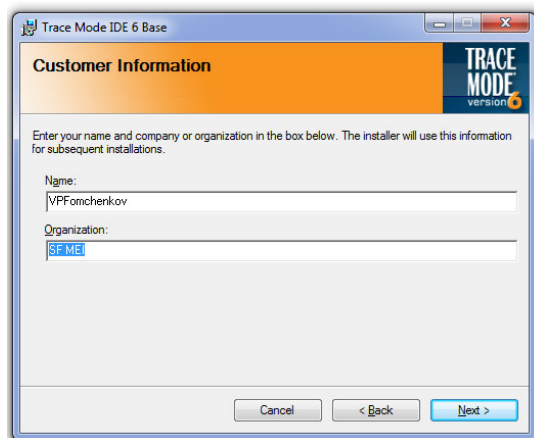
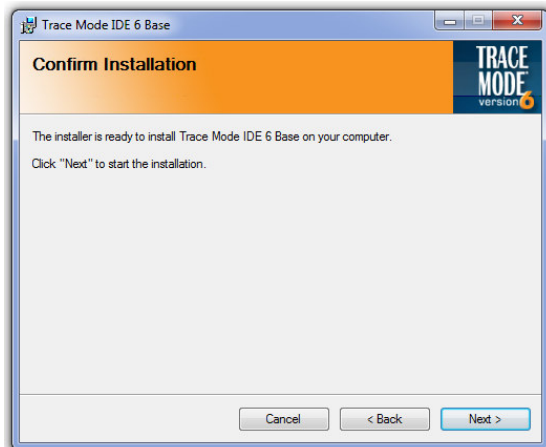
Для совместимости с описанием лабораторных работ следует скачать именно этот релиз.

В процессе скачивания сохранить лицензионное соглашение и предоставить его в отчете в Приложении 1.

2.2. Ниже представлена последовательность скриншотов при установке системы.

При инсталляции в поле «Name» укажите свой логин, в поле «Organization» введите «SF MEI».





✎ В отчете представить текст задания 2, кратко описать процесс установки и в Приложении 1 поместить текст лицензионного соглашения.

3. Установка обновления.

📁 Задание 3. Установить обновление.

Скачайте с сайта обновление *Patch0013_6102_gr_ocx.zip*. Оно доступно на странице скачивания релизов.

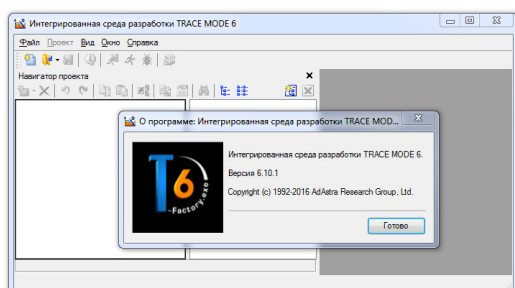
Для установки обновления необходимо файл *gr_ocx.dll* разместить в папку инсталлированного ПО с заменой имеющегося там файла.

Для надежности перед обновлением рекомендуется предварительно сохранить старую библиотеку.

Запустите систему.

✎ В отчете представить текст задания 3, кратко описать процедуру обновления и привести скриншот главного окна системы после её запуска.

Ожидаемый результат:



Замечание: несмотря на то, что устанавливался релиз 6.10.2, в окне сведений о программе указана версия 6.10.1, возможно это недоработка.

4. Ответы на контрольные вопросы.

Задание 4. Ответить на контрольные вопросы.

Ответить на контрольные вопросы согласно номеру студента в журнале.

Номер в журнале	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номера контр. вопросов	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-18	2-4	5-7	8-10	11-13

Номер в журнале	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Номера контр. вопросов	14-16	17-19	3-5	6-8	9-11	12-14	15-17	1,18,19	3,10,11	8,17,18

В отчете представить текст задания 4 и ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение SCADA-системы. Каковы её основные функции?
2. Какие вы можете назвать российские SCADA-системы?
3. Что понимается под проектом TRACE MODE? Дайте определение узла проекта, канала.
4. Какие разновидности каналов вы знаете? Какие существуют четыре основных значения любого канала?
5. Каким преобразованиям подвергается сигнал при его прохождении по входному каналу?
6. Как преобразуется сигнал выходным каналом?
7. Какие виды каналов можно создать в TRACE MODE?
8. В чем состоит назначение навигатора проекта?
9. Какие вы знаете объекты экрана TRACE MODE?
10. Какие инструменты используются для создания статического изображения?
11. В чем отличие динамического изображения от статического? Какие эффекты можно получить при создании динамического изображения?
12. Назовите основные этапы проектирования и реализации АСУТП. Какие из них относятся к области применения TRACE MODE?
13. Из каких основных частей состоит TRACE MODE? Поясните назначение редактора проектов.
14. Поясните назначение монитора реального времени (MPB). Что означает аббревиатура RTM? Каково назначение режима имитации MPB?
15. Какова структура и основные элементы проекта TRACE MODE?
16. В чем состоит отличие узлов RTM и Embedded?
17. Каковы условия лицензионного соглашения на использование бесплатной базовой версии SCADA-системы TRACE MODE?
18. Какие есть различия между базовой и профессиональной линиями TRACE MODE?
19. Каким образом устанавливаются обновления?

Лабораторная работа 7. Имитация диспетчерского пульта в SCADA-системе. (продолжительность работы 4 часа)

Цель занятия: получить практические навыки по использованию имитационного режима работы программного обеспечения для автоматизации контроля и управления технологическим процессом в режиме реального времени.

Задания

1. Изучить демонстрационный проект «Атмосферно-вакуумная установка переработки нефтепродуктов».
2. Изучить демонстрационный проект «Котельная».
3. Изучить демонстрационный проект «Системы электроснабжения и общего контроля»
4. Оформить отчет о проделанной работе.

Порядок (последовательность) выполнения заданий

1. Демонстрационный проект «Атмосферно-вакуумная установка переработки нефтепродуктов».

Задание 1. Изучить демонстрационный проект «Атмосферно-вакуумная установка переработки нефтепродуктов».

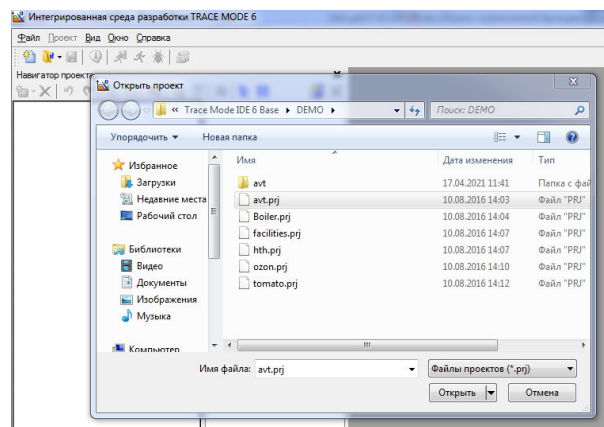
В состав базовой линии TRACE MODE входит несколько демонстрационных примеров систем управления различными технологическими процессами.

Библиотека примеров находится в папке:

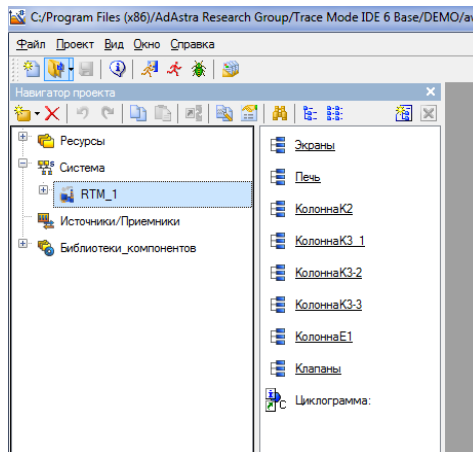
C:\Program Files (x86)\AdAstra Research Group\Trace Mode IDE 6 Base\DEMO

- 1.1. Открыть демонстрационный проект «Атмосферно-вакуумная установка переработки нефтепродуктов».

Для этого выполните «Файл/Открыть» и в папке DEMO выберите файл проекта *avt.prj*.



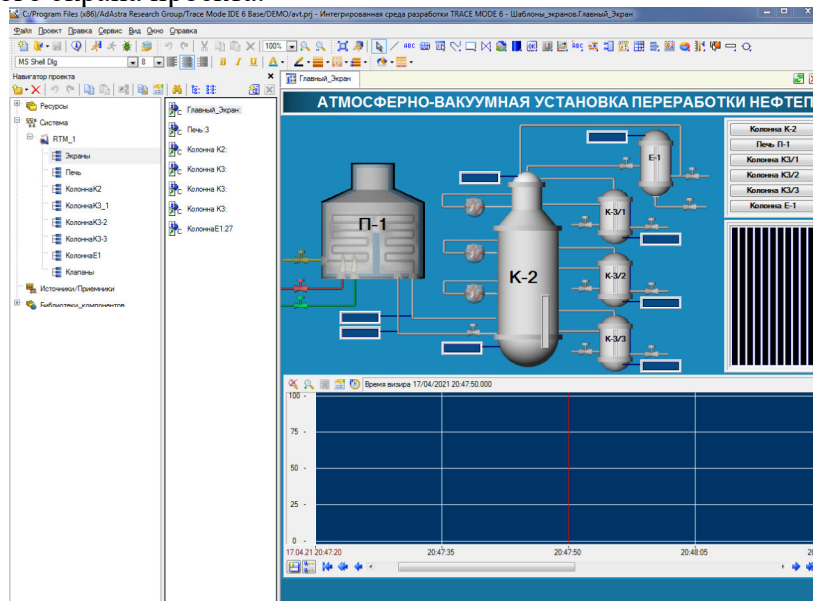
В навигаторе проекта в группе «Система» находится узел RTM_1, который соответствует рабочему месту (АРМ) оператора технологического процесса.



АРМ оператора работает под управлением МРВ и выполняет функции узла RTM_1:

- отображение технологического процесса и его параметров на экране в виде мнемосхемы;
- выработка управляющих сигналов и установок на управление;
- архивация в особых документах хода протекания процесса.

Двойными щелчками на «Экраны», затем «Главный экран» можно вывести графический редактор главного экрана проекта.



1.2. Запустить демонстрационный проект «Атмосферно-вакуумная установка переработки нефтепродуктов» в режиме имитации.

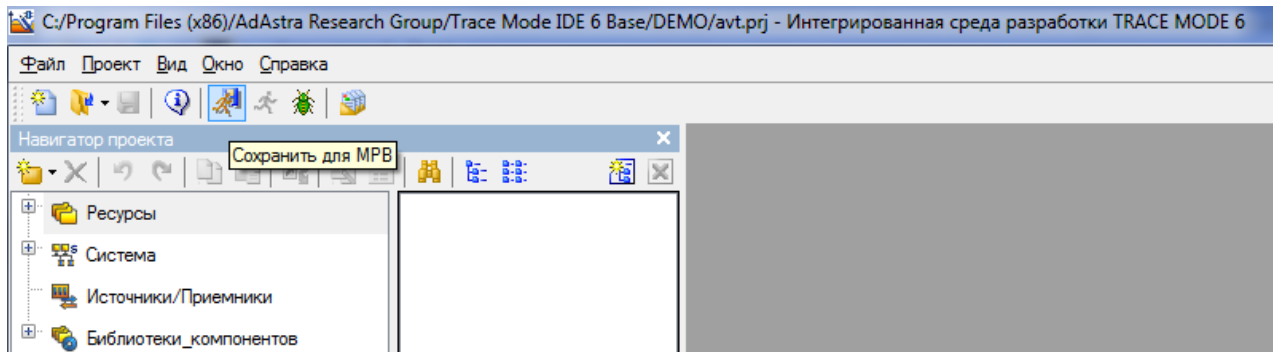
Важный этап наладки связан с запуском проекта TRACE MODE 6 в режиме имитации в отладочном мониторе реального времени - **профайлере**.

От обычного исполнительного модуля - МРВ он отличается рядом дополнительных функций. Более подробно о средствах отладки TRACE MODE можно посмотреть на сайте производителя <http://www.adastra.ru/products/overview/debugging/>.

Запуск проекта в режиме имитации осуществляется в два этапа.

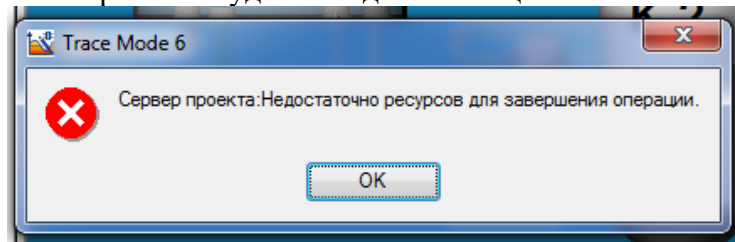
Сначала необходимо сохранить проект для МРВ (Монитора реального времени).

Для этого запустите инструмент «Сохранить для МРВ».



Замечание:

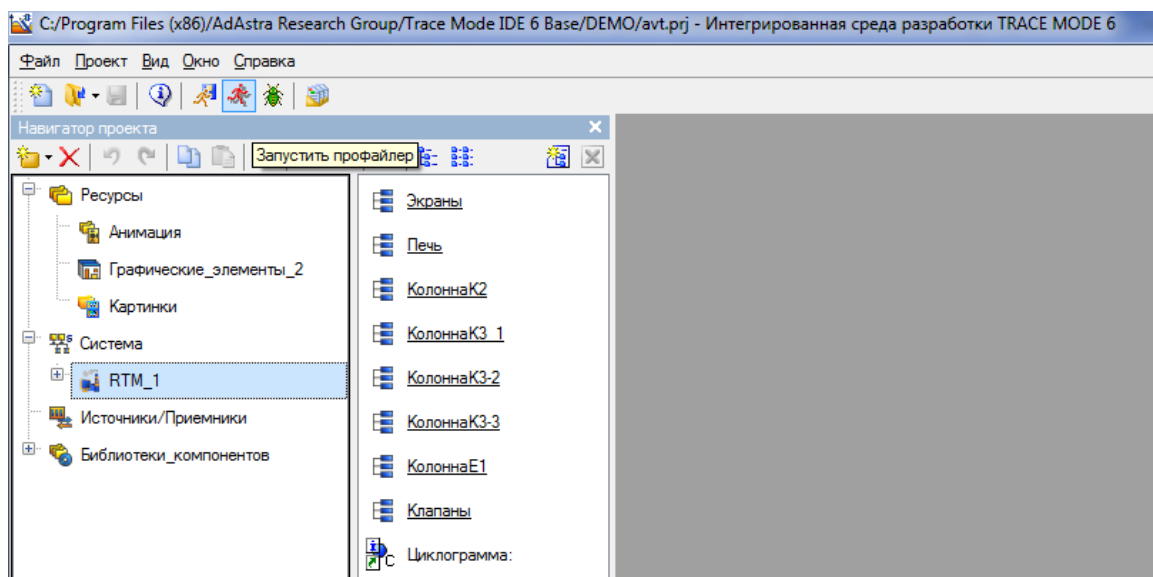
Если при этом будет выведено сообщение об ошибке,



то необходимо перезапустить систему TRACE MODE 6 от имени администратора.

Сделать это можно, задав соответствующее свойство для ярлыка, запускающего систему. Или непосредственно запустить от имени администратора файл *tmdevenv.exe*, который находится в папке C:\Program Files (x86)\AdAstra Research Group\Trace Mode IDE 6 Base. На втором этапе запускается профайл:

- в навигаторе проекта в группе «Система» выберите узел, который соответствует APM оператора технологического процесса, в данном случае это узел RTM_1;
- щелкните мышкой по инструменту «Запустить профайлер».

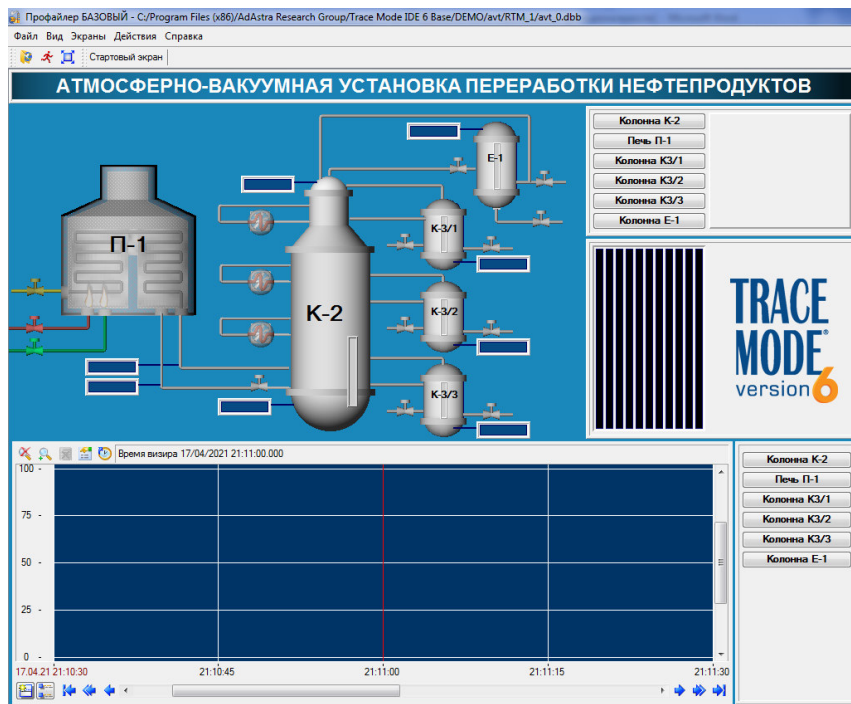


Ожидаемый результат: вывод стартового экрана проекта в профайлере.

Направление подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика»

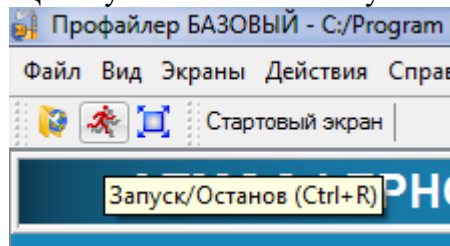
Профиль «Прикладная информатика в топливно-энергетическом комплексе»

Методическое обеспечение РПД Б1.В.ДВ.04.01 «Автоматизированные информационные системы реального времени»

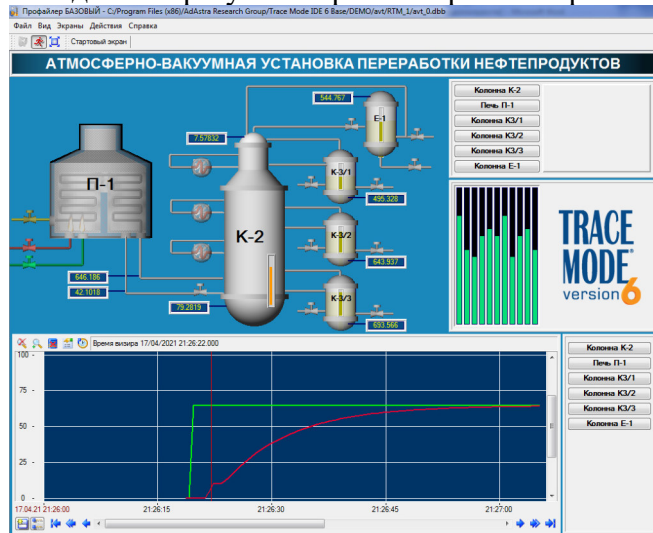


Теперь всё готов для запуска режима имитации.

Щелкнуть по кнопке «Запуск/Останов».



Ожидаемый результат: работа проекта в режиме имитации.



1.3 Ознакомиться с работой автоматизированной системы управления технологическим процессом переработки нефтепродуктов в атмосферно-вакуумной установке.

Самостоятельно составить краткое описание технологического процесса (по интернет-источникам), ознакомиться с мнемосхемами управления объектами технологического процесса (печь, колонки), составить перечень контролируемых параметров (не более 5-7).

✍ В отчете представить текст задания 4, кратко описать процесс запуска проекта в режиме имитации, кратко описать технологический процесс, представить скриншоты работы проекта в режиме имитации (стартовый экран, мнемосхемы объектов технологического процесса, не более 3-5 скриншотов), привести перечень контролируемых параметров (не более 5-7).

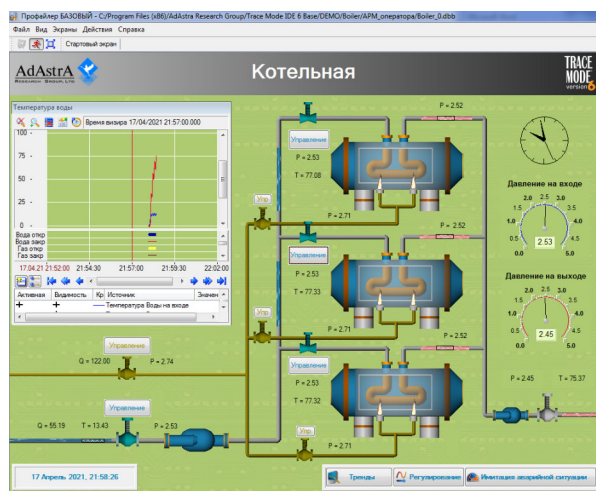
2. Демонстрационный проект «Котельная».

📄 **Задание 2.** Изучить демонстрационный проект «Котельная».

Задание выполнить самостоятельно.

Файл проекта: *boiler.prj*.

Ожидаемый стартовый экран проекта:



✍ В отчете представить текст задания 5, скриншот работы проекта в режиме имитации (стартовый экран), скриншот экрана трендов, два скриншота экрана регулирования для двух разных значений заданной температуры и давления, привести перечень контролируемых параметров.

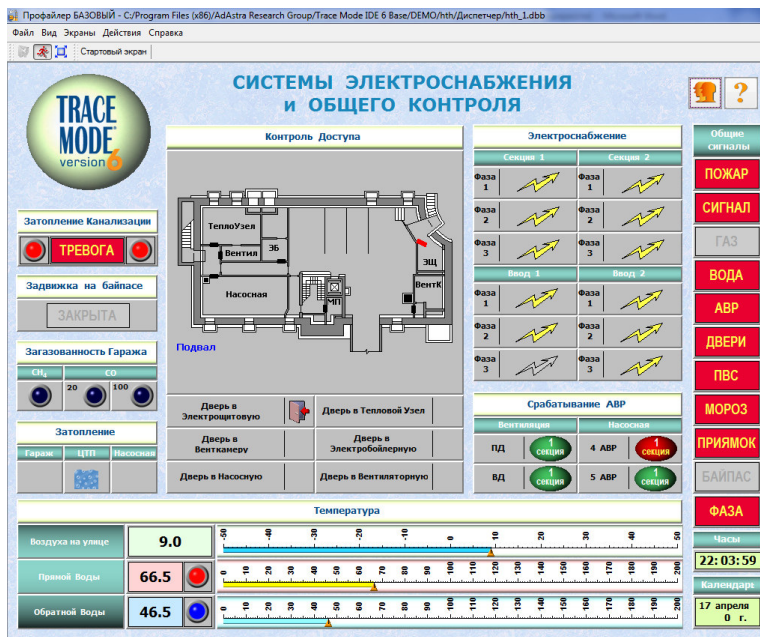
3. Демонстрационный проект «Системы электроснабжения и общего контроля»

📄 **Задание 3.** Изучить демонстрационный проект «Системы электроснабжения и общего контроля»

Задание выполнить самостоятельно.

Файл проекта: *hth.prj*.

Ожидаемый стартовый экран проекта:



✎ В отчете представить текст задания 6, скриншот стартового экрана работы проекта в режиме имитации, кратко описать, что позволяют контролировать системы данного проекта (система контроля доступа; система электроснабжения; системы контроля загазованности, работы оборудования вентиляции, насосной; система контроля затоплений).

Контрольные вопросы

1. Какой узел соответствует АРМ оператора технологического процесса?
2. Каким образом можно вывести графический редактор главной мнемосхемы технологического процесса?
3. Каким образом можно запустить проект в режиме имитации? Что такое профайлер?
4. В чем состоит технологический процесс атмосферно-вакуумной переработки нефтепродуктов?
5. Какие параметры контролируются в проекте управления технологическим процессом атмосферно-вакуумной переработки нефтепродуктов?
6. Какие возможности по управлению котельной предоставляет проект «Котельная»?
7. Какие системы входят в состав проекта «Системы электроснабжения и общего контроля»?

Полный комплект методического обеспечения лабораторных работ по дисциплине «Автоматизированные информационные системы реального времени» в формате pdf-файлов расположен на кафедральных ресурсах в аудитории 210. Преподаватель, ведущий лабораторные работы, выдает раздаточный материал в начале семестра.