**ГЛАВА 8. НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

8.1. Общие сведения о системах регулирования.

Определение отказов.

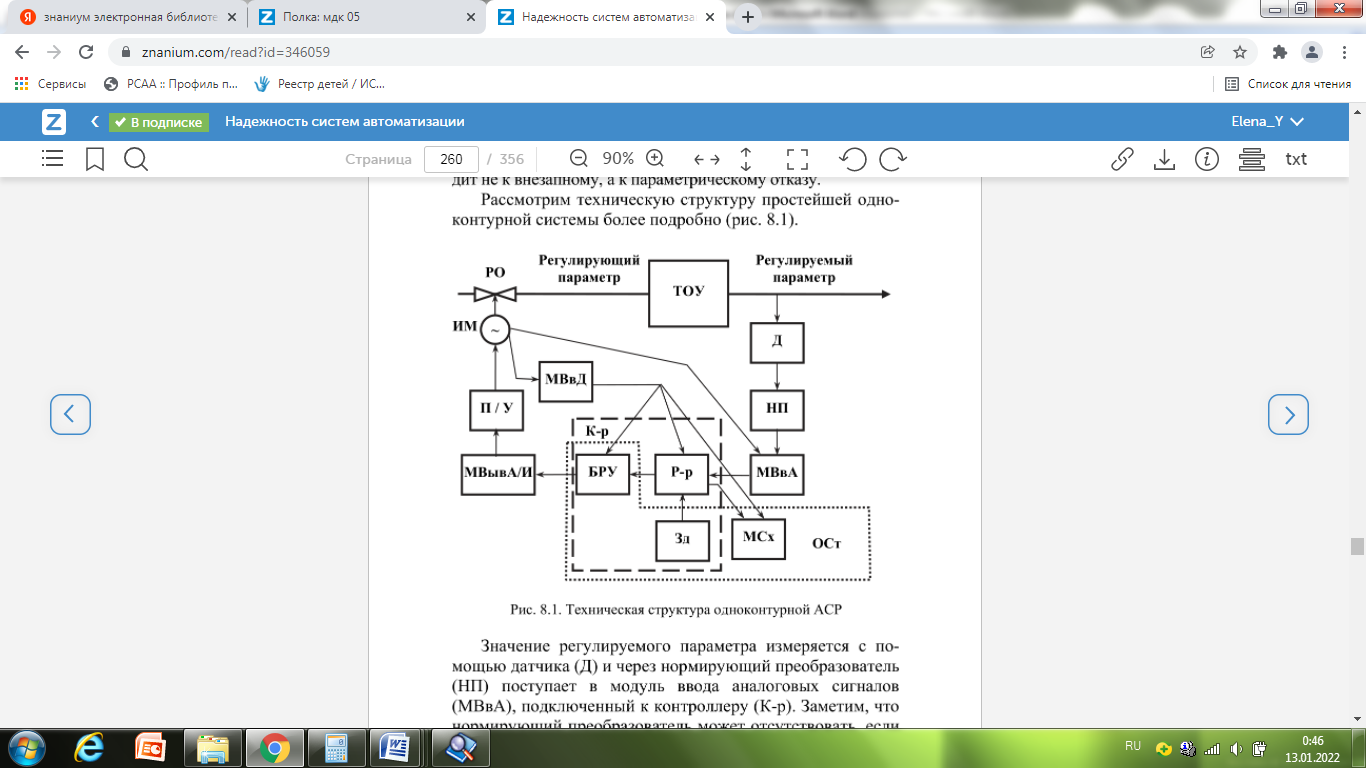
Внезапные и параметрические отказы

Основу системы автоматического управления сложным технологическим объектом составляет набор систем автоматического регулирования (АСР), предназначенных для поддержания технологических параметров на заданном уровне (может изменяться или оставаться постоянным — в последнем случае системы регулирования также называют стабилизирующими системами). Качество работы АСР в значительной мере определяет эффективность работы технологических объектов управления (ТОУ). Как правило, ТОУ представляет собой достаточно сложную взаимосвязанную систему, когда любой из технологических параметров оказывает влияние на другие параметры объекта. Поэтому любой из технологических параметров можно рассматривать как случайную величину, для которой эффект от применения средств автоматического регулирования проявляется в приближении ее математического ожидания к заданному уровню и снижении дисперсии ее колебаний.

Требования к надежности систем регулирования достаточно высоки: нормально вести технологический процесс без средств управления невозможно. Отказы АСР приводят как минимум к ухудшению технологических и экономических показателей работы ТОУ, а в некоторых случаях могут привести и к его вынужденному останову.

По структуре системы регулирования можно разделить на одноконтурные и многоконтурные (каскадные) АСР, в которых для повышения качества регулирования применяются дополнительные информационные или управляющие сигналы. Особенности расчета надежности для таких систем уже были нами кратко рассмотрены при изучении принципов построения структурных схем (см. разд. 4.2): мы определили, что отказ «дополнительных» элементов, как правило, приводит не к внезапному, а к параметрическому отказу.

Рассмотрим техническую структуру простейшей одноконтурной системы более подробно (рис. 8.1).



Значение регулируемого параметра измеряется с помощью датчика (Д) и через нормирующий преобразователь (НП) поступает в модуль ввода аналоговых сигналов (МВвА), подключенный к контроллеру (К-р). Заметим, что нормирующий преобразователь может отсутствовать, если датчик выдает сигнал, относящийся к унифицированным, или модуль ввода позволяет подключить соответствующий неунифицированный сигнал. Значение сигнала в соответствии с параметрами, прописанными в базе данных SCADA-системы, переводится в технологические единицы и отображается на мнемосхеме (МСх) операторской станции (ОСт).

Контроллер выполняет функцию регулятора, к нему также может поступать сигнал от внешнего задатчика (Зд), устанавливающего требуемый уровень регулируемого параметра. Отметим, что в настоящее время задатчик чаще всего является программным, а не аппаратным элементом.

Алгоритмический блок регулятора (Р-р) вычисляет отклонение параметра от заданного уровня и подает его на вход своего алгоритма управления. В соответствии с этим алгоритмом вычисляется необходимое управляющее воздействие, поступающее на блок ручного управления (БРУ).

Так же как и задатчик, БРУ в настоящее время выполняется не аппаратным, а программным элементом (например, алгоблок «Управление клапаном» в SCADA-системе «Квинт»). В режиме автоматического управления БРУ просто передает сигнал к исполнительным цепям. Но при отказе алгоблока регулятора он дает возможность оператору осуществлять ручное управление, ориентируясь на информацию мнемосхемы (точность и качество подобного управления, как правило, намного ниже, чем в случае автоматического регулирования).

Сигнал с блока ручного управления через модуль вывода импульсных или аналоговых сигналов (МВывА/И) поступает на пускатель или усилитель (П/У), заставляющий вращаться исполнительный механизм (ИМ), который управляет регулирующим органом (РО). Дополнительно в систему через модуль ввода дискретных сигналов (МВвД) поступают сигналы от путевых и концевых выключателей исполнительного механизма, предназначенные для работы сигнализации и блокировок. Также в контроллер через МВвА подается информация о положении исполнительного механизма.

**С точки зрения назначения элементов в системе регулирования можно выделить три основные группы: информационную, управляющую и исполнительную.**

**Информационная группа состоит из датчиков, указателей положения, нормирующих преобразователей и модулей ввода аналоговых и дискретных сигналов. Ее задача — собрать информацию о параметрах технологического процесса и состоянии арматуры.**

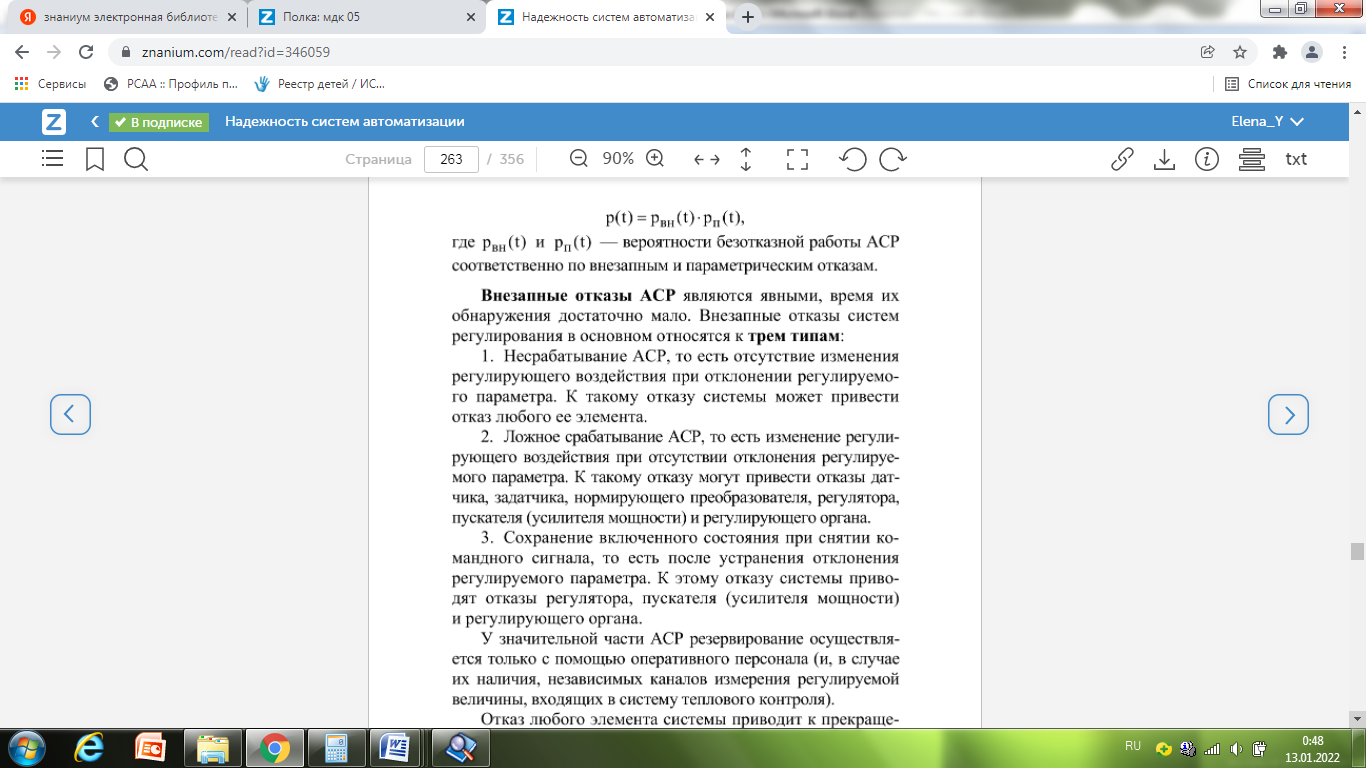
**Основной элемент управляющей группы — регулирующий блок контроллера. В соответствии с алгоритмом управления он преобразует сигнал, полученный от информационной группы, в управляющие сигналы.**

**Эти сигналы подаются к элементам исполнительной группы, в которую входят пускатели, усилители мощности, исполнительные механизмы и регулирующие органы.**

**Исполнительная группа осуществляет изменение регулирующего воздействия.**

**8.1.1. Определение отказов**

В зависимости от характеристик процесса изменения параметров систем регулирования их отказы разделяют на внезапные и постепенные, то есть параметрические. Поток отказов АСР можно представить в виде суммы потоков внезапных и параметрических отказов. Тогда параметр потока отказов определится как



Внезапные отказы АСР являются явными, время их обнаружения достаточно мало. Внезапные отказы систем регулирования в основном относятся к трем типам:

1. Несрабатывание АСР, то есть отсутствие изменения регулирующего воздействия при отклонении регулируемого параметра. К такому отказу системы может привести отказ любого ее элемента.

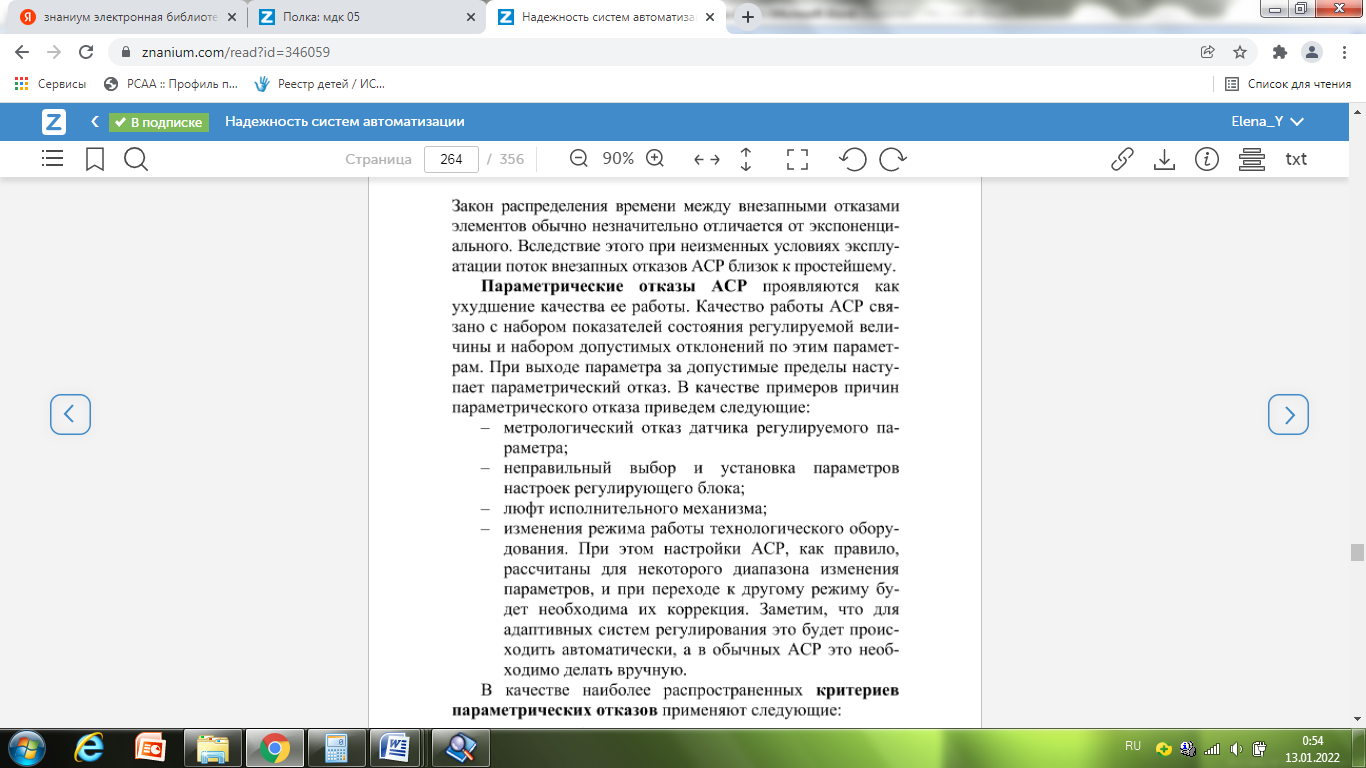
2. Ложное срабатывание АСР, то есть изменение регулирующего воздействия при отсутствии отклонения регулируемого параметра. К такому отказу могут привести отказы датчика, задатчика, нормирующего преобразователя, регулятора, пускателя (усилителя мощности) и регулирующего органа.

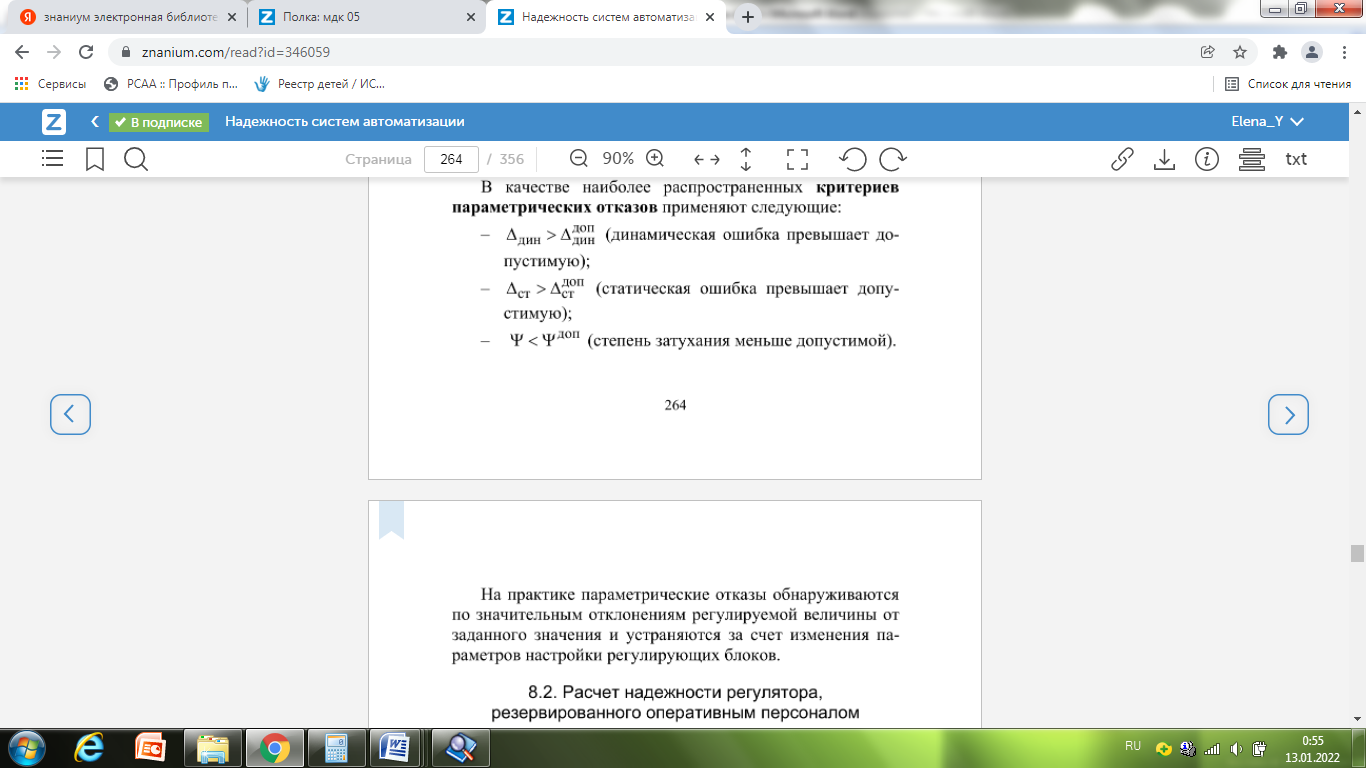
3. Сохранение включенного состояния при снятии командного сигнала, то есть после устранения отклонения регулируемого параметра. К этому отказу системы приводят отказы регулятора, пускателя (усилителя мощности) и регулирующего органа.

У значительной части АСР резервирование осуществляется только с помощью оперативного персонала (и, в случае их наличия, независимых каналов измерения регулируемой величины, входящих в систему теплового контроля).

Отказ любого элемента системы приводит к прекращению автоматического регулирования, то есть к отказу всей АСР. Поэтому структурная схема для расчета надежности функции автоматического регулирования будет образована с помощью последовательного соединения элементов, а поток внезапных отказов АСР будет являться суммой потоков внезапных отказов ее элементов.

При неизменных условиях эксплуатации поток отказов каждого элемента АСР близок к процессу восстановления.





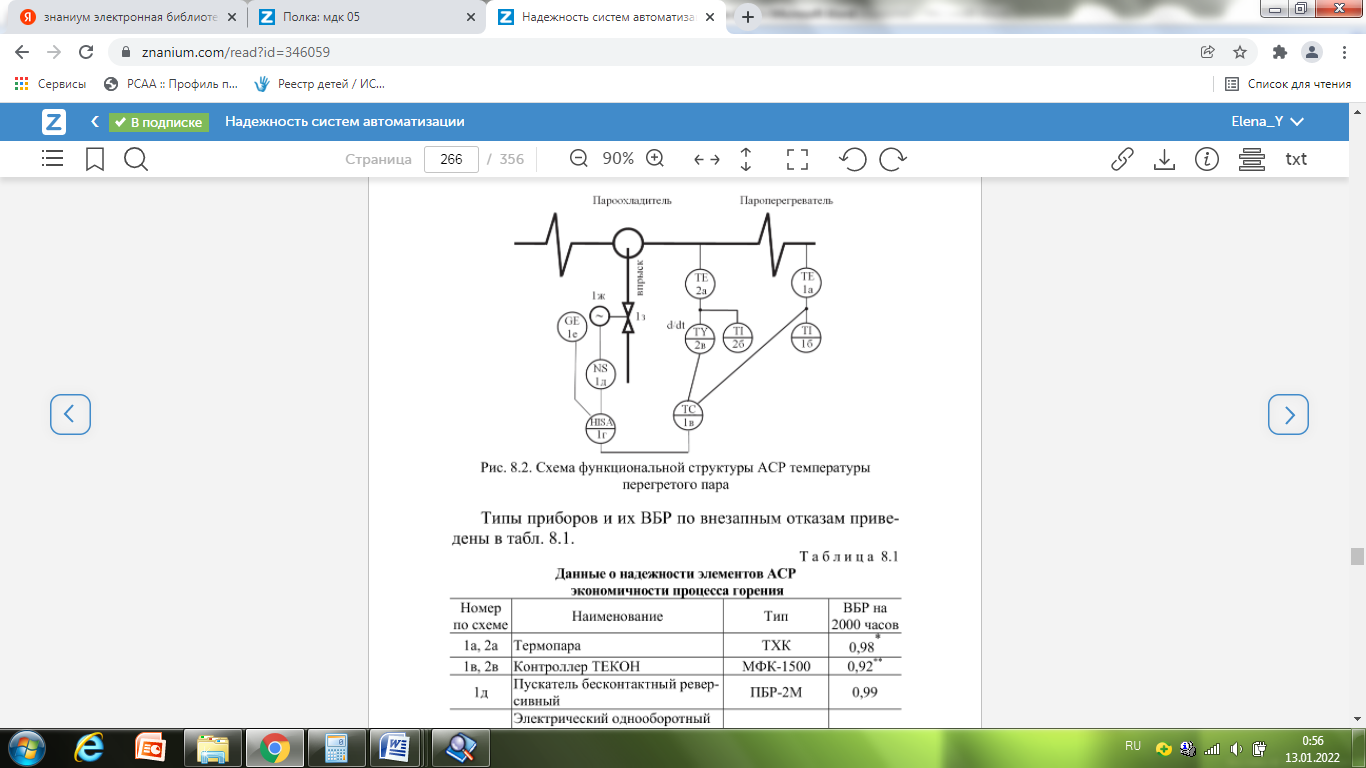
На практике параметрические отказы обнаруживаются по значительным отклонениям регулируемой величины от заданного значения и устраняются за счет изменения параметров настройки регулирующих блоков.

**8.2. Расчет надежности регулятора, резервированного оперативным персоналом**

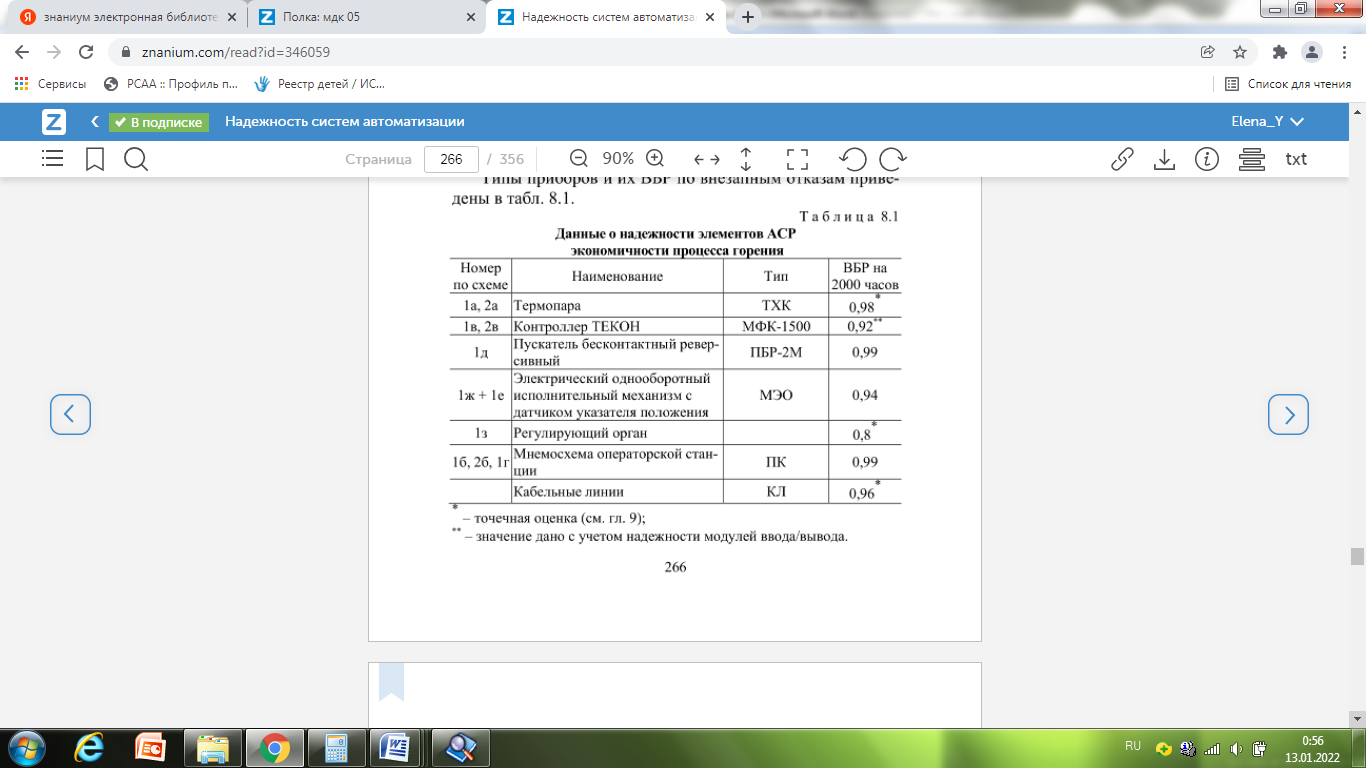
Различные примеры расчета надежности функции регулирования рассмотрим на базе АСР температуры перегретого пара за котлом. Схема функциональной структуры системы показана на рис. 8.2. Структурно схема представляет собой типовую двухконтурную АСР с исчезающим сигналом из промежуточной точки.

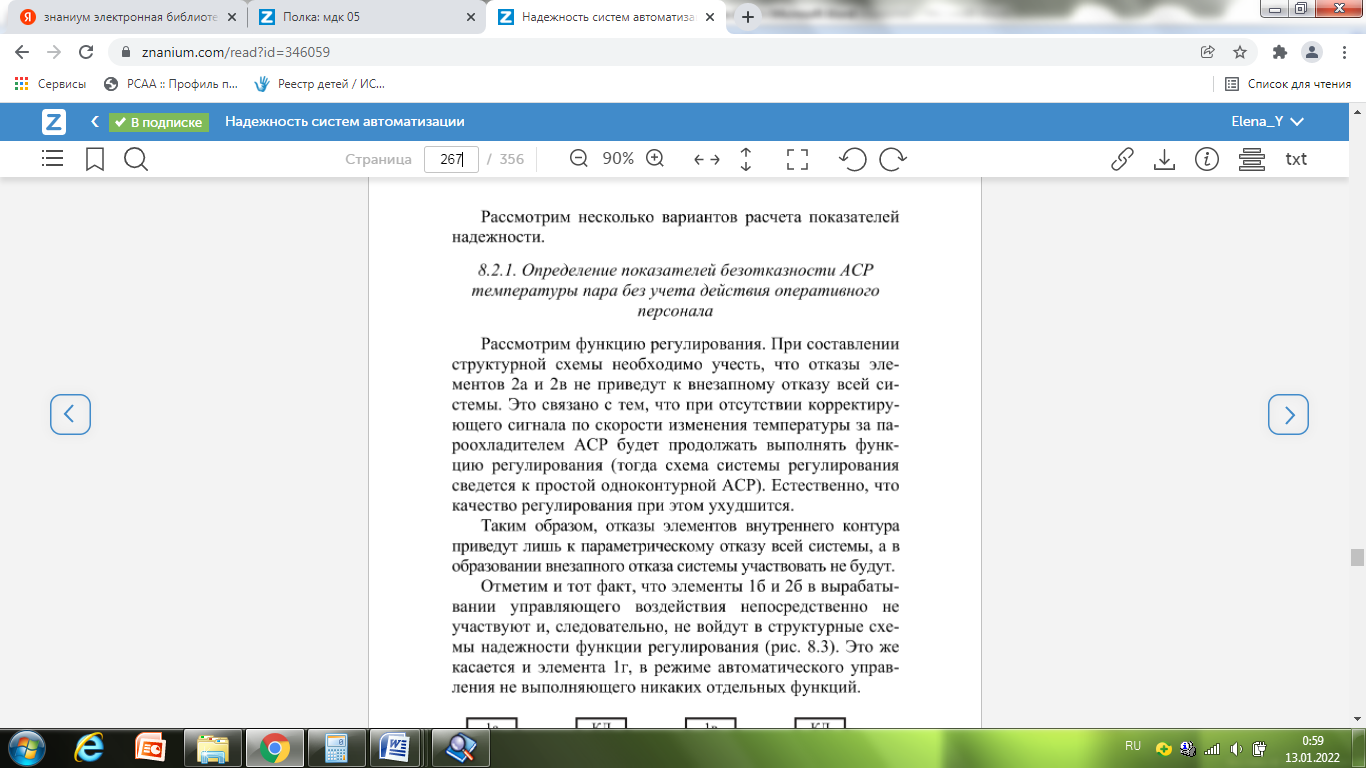
Температура пара за котлом измеряется с помощью термоэлектрического преобразователя (поз. 1а). Регулирующий алгоблок контроллера (поз. 1в) формирует сигнал рассогласования и в соответствии с заданным законом регулирования вырабатывает управляющее воздействие, которое в автоматическом режиме через алгоблок, имитирующий БРУ (поз. 1г), передается на пускатель, усиливается им (поз. 1д) и подается на исполнительный механизм (поз. 1ж) с датчиком положения (1е). Исполнительный механизм воздействует на положение регулирующего органа (поз. 1з), тем самым изменяя расход воды на впрыск, подаваемой в пароохладитель.

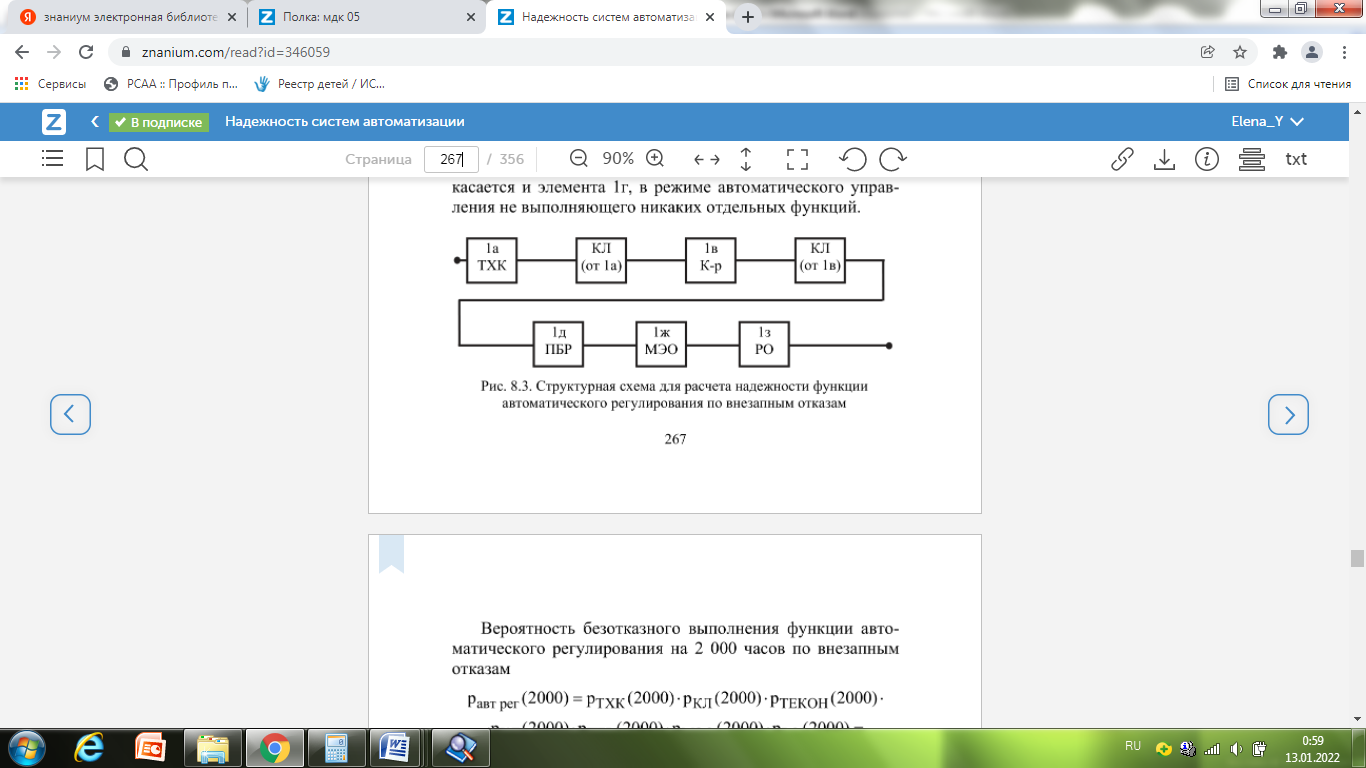
Для улучшения качества регулирования на алгоблок регулятора также подается сигнал о скорости изменения температуры за пароохладителем, формируемый с помощью термопары (поз. 2а) и алгоблока дифференциатора (поз. 2в).



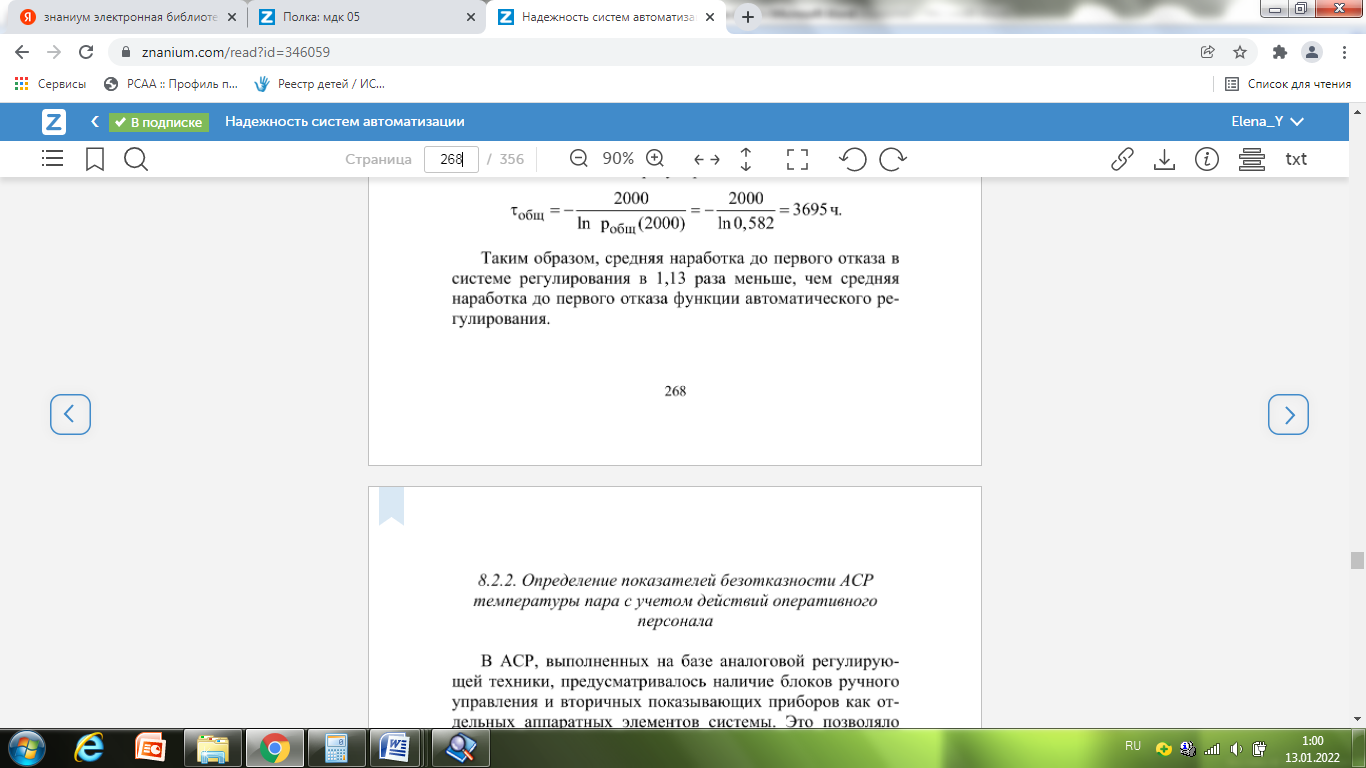
ВБР – вероятность безотказной работы











**8.2.2. Определение показателей безотказности АСР температуры пара с учетом действий оперативного персонала**

В АСР, выполненных на базе аналоговой регулирующей техники, предусматривалось наличие блоков ручного управления и вторичных показывающих приборов как отдельных аппаратных элементов системы. Это позволяло (в случае отказа задатчиков и регулирующих блоков) вести управление в ручном режиме с помощью БРУ, ориентируясь на показания вторичных приборов. Таким образом, с точки зрения надежности при расчете показателей по функциональным отказам оператор совместно с БРУ и показывающими приборами как бы «резервировал» задатчики и регуляторы, что повышало общую надежность АСР.

В современных условиях применение SCADA-систем и микропроцессорных контроллеров привело к практически полному исчезновению БРУ как отдельного аппаратного элемента: оператор по-прежнему имеет возможность вести ручное управление, но для этого (так же, как и в случае автоматического регулирования) требуется работоспособность контроллера. Поэтому учет наличия оперативного персонала при анализе надежности работы АСР имеет смысл вести только с позиций параметрических отказов.

Ограничимся практически важным случаем, когда регулирование производится в условиях значительных изменений нагрузки на котел. При этом объект регулирования является нестационарным, и его постоянные времени на малых нагрузках возрастают по сравнению с работой при большой паропроизводительности. При этом достаточно трудно настроить регулятор и дифференциатор таким образом, чтобы они с требуемым качеством справлялись с отработкой возмущений во всем диапазоне нагрузок, что и может привести к появлению параметрического отказа.

