

## Автоматизация судовой котельной установки

### Общие сведения

Высокая эксплуатационная надёжность и экономичность работы котельной установки могут быть достигнуты только с помощью автоматических систем, обеспечивающих:

- 1) поддержание заданных значений регулируемых параметров при различных нагрузках;
- 2) сигнализацию о предельных отклонениях регулируемых параметров и защиту котла (прекращение горения топлива) при их недопустимых отклонениях;
- 3) облегчение труда обслуживающего персонала — освобождение от необходимости постоянного контроля за работой котельной установки и исключение влияния индивидуальных качеств вахтенного персонала;
- 4) возможность дистанционного централизованного управления и контроля за работающей установкой без несения постоянной вахты.

В общем случае автоматические системы обеспечивают **подачу топлива и воздуха в топку** в соответствии с расходом пара, поддерживают заданные значения **давления и температуры пара** (если котёл вырабатывает перегретый пар), осуществляют подачу **питательной воды** в количестве, соответствующем расходу пара, и поддерживают уровень воды в котле в требуемых пределах.

Система сигнализации обеспечивает дистанционный контроль за работой установки и позволяет своевременно реагировать на отклонения рабочих параметров. Система автоматической защиты настроена на отдельные объекты, а чаще на всю котельную установку для случая отклонения регулируемых параметров за предельно допустимые. С помощью запретно-разрешающей блокировки предупреждаются ошибочные действия обслуживающего персонала и разрешается проведение рабочих процессов только в определенной последовательности. Системы сигнализации и защиты (блокировки) бывают световые и звуковые.

Автоматическое регулирование подразделяется на **непрерывное, позиционное и комбинированное**. Для непрерывного регулирования используют более сложные гидравлические или пневматические автоматические устройства, обеспечивающие повышенную чувствительность регуляторов.

У обычных вспомогательных малонагруженных котлов теплоходов часто применяется позиционное регулирование («включено» — «выключено»). Оно осуществляется как правило с помощью электромеханических регуляторов, поддерживающих регулируемые величины в заданных пределах путём включения или выключения вентилятора, питательного и топливного насосов. Комбинированное регулирование представляет собой комплекс регуляторов позиционного и непрерывного действия. Комбинированные системы осуществляют обычно непрерывное регулирование при нагрузках до 20—30% номинальной и при более низких нагрузках — позиционное. Автоматическое регулирование утилизационных котлов сводится к байпасированию отработанных газов главного двигателя или изменению эффективной поверхности нагрева, температуры и количества питательной воды. В ряде случаев предусматривается сброс избытка пара во вспомогательный конденсатор.

В состав системы автоматического регулирования входят регулируемый объект и регулятор с регулирующим органом. Объектом регулирования является та часть котла или установки, где протекает процесс, параметры которого регулируются. Во вспомогательных котельных установках обычно применяется независимое регулирование, когда каждый регулятор реагирует на изменение только одного параметра процесса. Системы автоматического регулирования котельными установками изучаются в специальном курсе «Судовая автоматика». Здесь ограничимся лишь изложением основных понятий и сведений о назначении и способах автоматического регулирования питания и горения, применяемых наиболее часто на вспомогательных котлах теплоходов и о

назначении и общем принципе работы систем и элементов сигнализации и защиты.

### Регулирование основных параметров

Одноимпульсный непрерывного действия гидромеханический регулятор уровня воды в котле КВВА1/5 показан на рис. 8.1. Здесь измерительным элементом является мембранный датчик 4, мембрана которого разделяет корпус датчика 11 на две полости. Полость под мембраной соединена с конденсационным сосудом 1, который сообщается с паровым пространством котла 3. В результате

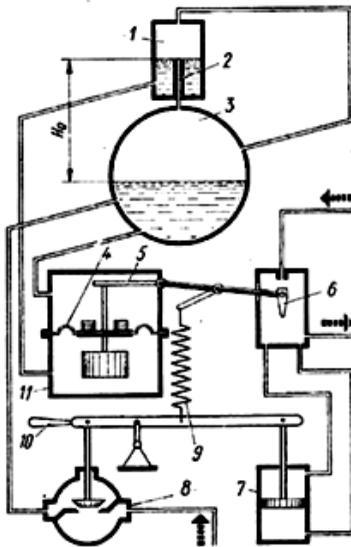


Рис. 1. Одноимпульсный гидромеханический регулятор уровня воды в котле КВВА 1/5

струйную трубку 6. Рабочая вода от питательного насоса, проходя через эту трубку, поступит в одну из полостей поршневого исполнительного механизма 7, переместит его поршень, а следовательно, и клапан 8 подачи воды в котёл. Сила, действующая на мембрану от перепада уровней воды, уравнивается суммой сил от веса груза, закреплённого на мембране, и настроечной

конденсации пара сосуд постоянно заполнен конденсатом на высоту трубки 2. Излишки конденсата по этой же трубке сливаются обратно в котёл. В результате этого полость под мембраной находится под постоянным гидростатическим давлением, а полость над мембраной — под давлением, зависящим от уровня воды в котле. В результате разницы  $H_0$  между уровнями мембрана изгибается в ту или иную сторону, перемещает рычаг 5, который, вращая валик, повернёт насаженную на него

пружины 9. Пружина 9 стремится восстановить равновесие, сдвинуть струйную трубку в среднее положение, при котором вода в корпусе усилительного элемента сбрасывается в тёплый ящик. Рукоятка 10

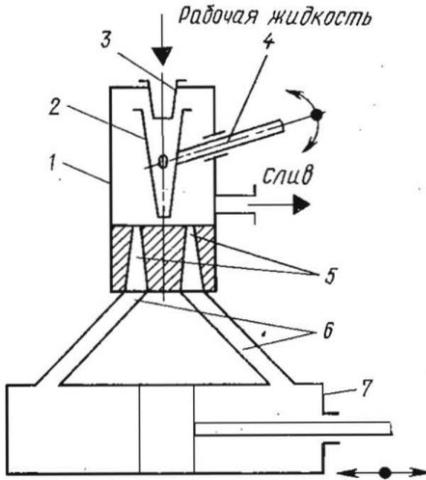


Рис.2.Схема работы струйного гидроусилителя с качающимся соплом

служит для открывания и закрывания клапана 8 вручную.

Схема гидроусилителя показана на рис. 2. В корпусе 1 установлены струйная трубка 3 (напорное сопло), из которой рабочая жидкость поступает в суживающееся качающееся на оси 4 сопло 2, и два приёмных расширяющихся сопла 5, сообщающиеся трубами 6 с полостями поршневого исполнительного механизма 7. При выходе из сопла 2 потенциальная энергия жидкости преобразуется в кинетическую, а при проходе через одно из расширяющихся сопел 5 вновь

преобразуется в потенциальную энергию давления, под действием которой перемещается поршень исполнительного механизма. При среднем положении струйной трубки 2 в соплах 5 и полостях поршневого исполнительного механизма давление одинаковое и поршень остаётся неподвижным.

На вспомогательных котлах широко применяются также **термогидравлические регуляторы уровня** прямого действия (рис. 8.3). Датчиком уровня в них является термогидравлический генератор, который состоит из трубки 5, соединённой клапанами 4 и 7 с паровым и водяным пространствами котла. Уровень в трубке соответствует уровню воды в котле. Нижний конец трубки имеет ребра 1 для усиления охлаждения, а верхний — покрыт изоляцией. Трубка 5 в средней части заключена в кожух 3 с рёбрами 2.

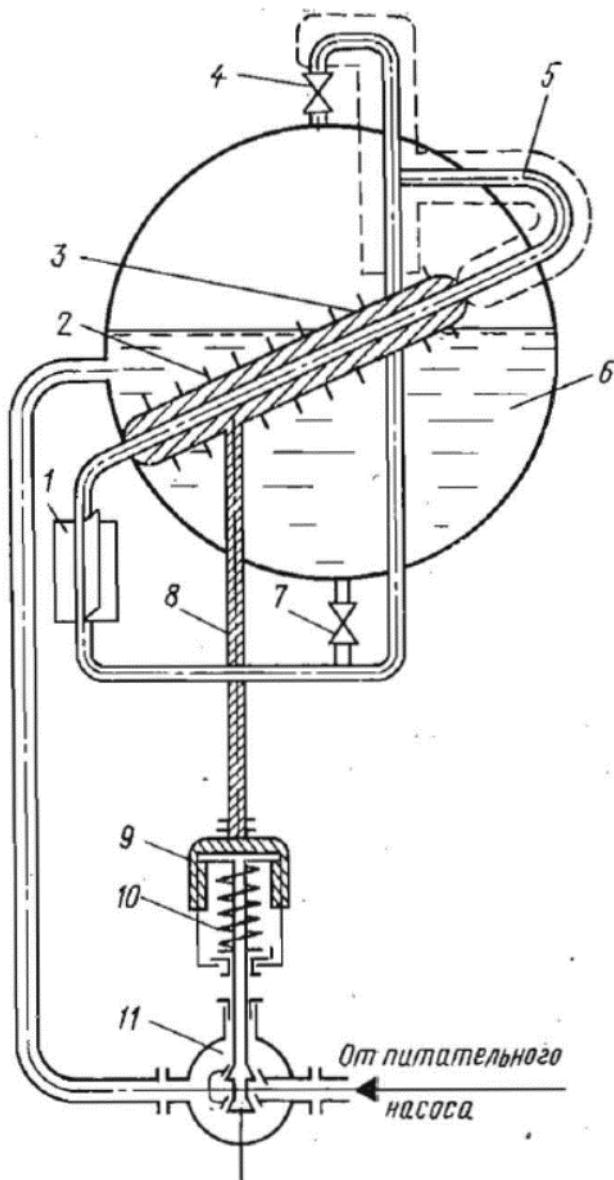


Рис. 3. Термогидравлический регулятор уровня

Пространство между трубкой 5 и кожухом, соединительная трубка 8 и полость сиффона 9 заполнены конденсатом. Открытие клапана возможно, если давление конденсата в полости сиффона будет выше, чем усилие противодействующей пружины 10. Изменение давления конденсата зависит от уровня воды в трубке 5. Чем уровень выше, тем меньшая часть трубки заполнена паром, тем меньше теплоотдача от пара к конденсату и тем ниже давление конденсата в полости сиффона 9. В результате клапан 11

прикрывается. При снижении уровня воды в котле, а значит, и в трубке 5 произойдет обратный процесс. При установившемся режиме, когда расход пара из котла равен притоку питательной воды, клапан 11 находится в определенном приоткрытом положении. На рис. 5.2 показано место установки термогидравлического регулятора уровня 9 на котле КАВ 6,3/7.

На котлах малой паропроизводительности и невысоких параметров пара достаточно широко применяются поплавковые регуляторы уровня. У котлов зарубежной постройки чаще используют регуляторы типа «Мобрей». Регуляторы устанавливают в отдельную поплавковую камеру 7 (рис. 8.4, а), сообщаемую клапанами 1 и 6 соответственно с паровым и водяным пространствами котла. Обычно ставят три одинаковых двухпозиционных регулятора непрямого действия. Верхний регулятор 2 выключает электродвигатель

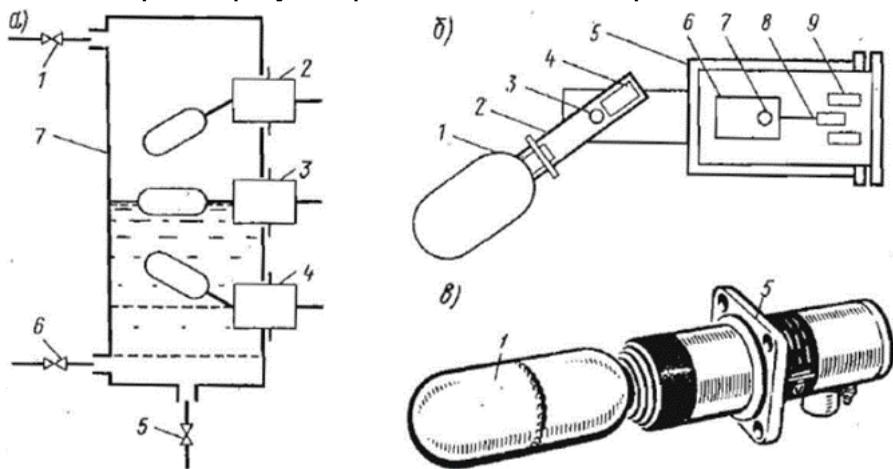


Рис. 8.4. Поплавковый регулятор уровня:

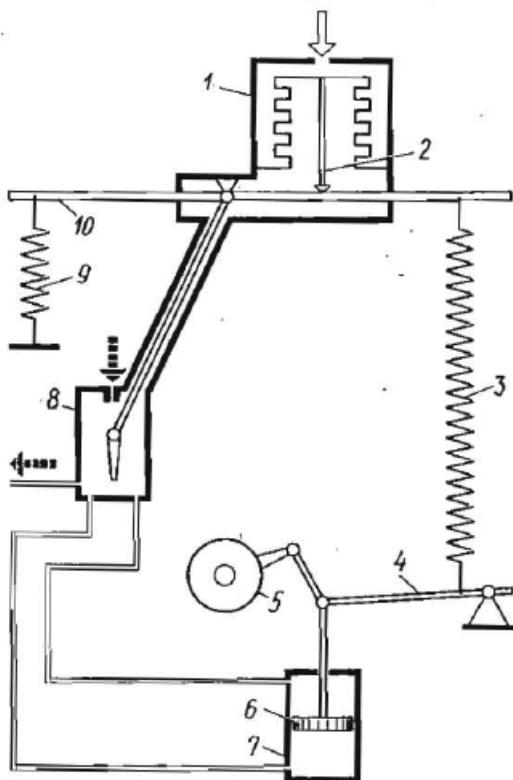
а — схема установки поплавков; б — схема поплавкового регулятора; в — внешний вид

питательного насоса при предельном верхнем положении уровня в котле, а средний 3 — включает насос при предельном нижнем положении уровня, при этом оба регулятора подают также сигнал о

значениях уровня. Если уровень в котле будет продолжать понижаться, то нижний регулятор 4 обеспечит выключение подачи топлива и замкнёт контакты аварийной сигнализации.

Для отключения камеры с целью замены регуляторов, их проверки и настройки, а также для её продувания пользуются разобшительными

клапанами 1,6 и клапаном продувания 5. Поплавковый регулятор (рис. 8.4, б, в) имеет поплавок 1, соединённый с рычагом 2, который



может поворачиваться на оси 3 в проушинах корпуса 5. На рычаге 2 установлен магнит 4. Внутри корпуса на оси 7 тоже закреплён магнит 6. Магниты 4 и 6 обращены один к другому одноименными полюсами, поэтому при изменении уровня магнит 4 при вращении будет отталкивать магнит 6, который в свою очередь, поворачиваясь на оси 7, с помощью контактного мостика 8 будет замыкать или размыкать контакты 9. Системы автоматического регулирования горения предназначены для поддержания в заданных пределах давления пара и соотношения между количествами сжигаемого топлива и подаваемого в топку воздуха.

Рис. 5. Гидромеханический регулятор давления пара

Существуют разнообразные схемы, но все они, как правило, работают на принципе использования импульса по изменению давления пара в котле. В системах применяют регуляторы непрерывного действия и достаточно широкопозиционного действия, поскольку у вспомогательных котлов обычно не требуется особо высокой точности поддержания давления пара и взаимосвязь между топливом и воздухом осуществляется с помощью последовательного включения сажеобдувочных устройств применяют автоматическую систему, которая включает сажеобдувочные трубы по заранее предусмотренной программе. Могут применяться автоматические газоанализаторы, солемеры, регуляторы температуры топлива, воды, уровней в ёмкостях систем, обслуживающих котлы и другие автоматические устройства.

### Системы сигнализации и защиты

Основные цели применения сигнализации и защиты упоминались при рассмотрении отдельных систем автоматического регулирования. Здесь отметим, что поскольку вспомогательные котлы работают, как правило, в режиме безвахтенного обслуживания, управление и контроль за их работой осуществляются с центрального поста управления (ЦПУ). Для этого устанавливается автоматическая световая и звуковая сигнализация, извещающая о протекающем режиме работы, или предупреждающая обслуживающий персонал о возможности возникновения аварийного состояния. При достижении недопустимых значений параметров работы установки система защиты отключит подачу топлива в топку котла и одновременно подаст об этом сигнал в ЦПУ. К средствам автоматической сигнализации и защиты предъявляются такие требования: они должны обладать высокой надёжностью и не давать ложных срабатываний, например, при качке судна. В зависимости от выполняемых функций автоматические системы сигнализации подразделяются на исполнительные и предупредительные, аварийные и предупредительно аварийные.

Система исполнительной сигнализации оповещает обслуживающий персонал о выполнении заданных команд, например,

об открытии или закрытии клапанов, включении или выключении механизмов и др. Система предупредительной сигнализации предупреждает об отклонении рабочих параметров. Аварийная система извещает о достижении параметром предельно допустимого значения и срабатывании защиты. Предупредительно-аварийная сигнализация позволяет по достижении контролируемым параметром аварийного значения приостановить действие автоматической защиты.

Чувствительные элементы измерителей неэлектрических параметров (сильфонные, мембранные и др.) управляют контактами электрических цепей различных систем сигнализаций. Световая сигнализация выполняется в виде световых табло с надписями или контрольных ламп с оправами из цветного стекла (красного, зелёного, белого), а звуковая— в виде сирены или звонка.

Звуковая сигнализация сопровождается световой. Звуковая сигнализирует о срабатывании той или иной системы, а световая указывает место возникновения неисправности. После привлечения внимания обслуживающего персонала необходимость в звуковом сигнале отпадает, поэтому у звукового прибора имеется кнопка отключения сигнала. В системах автоматической защиты котла (по уровню воды, давлению пара, потуханию факела форсунки)

используются электромагнитные клапаны, прекращающие подачу топлива в топку. Защита по давлению пара настраивается так, что срабатывает при повышении давления на 3 % выше рабочего (до подрыва предохранительных клапанов). Защита по снижению уровня воды срабатывает при снижении уровня ниже видимой части водоуказателей. Для исключения срабатывания защиты по уровню во время качки обычно предусматривается установка реле времени. Защита по срыву факела реализуется с помощью фотоэлемента.

показана на рис. 8.8. На корпусе клапана установлена катушка электромагнита 2, внутри которой размещён сердечник 3. На нижнем конце сердечника расположена игла, сажающаяся на гнездо клапана. При прохождении тока через катушку образуется магнитное поле,

которое втягивает сердечник, открывая тем самым клапан. При обесточивании катушки сердечник пружиной 1 возвращается в первоначальное положение, и доступ топлива к форсунке прекращается.

Фотоэлемент (рис. 8.9), используемый в системе защиты по срыву факела форсунки, имеет корпус 1, который при помощи втулки 4 крепится к переднему фронту котла или топочному устройству. Полупроводниковое фотосопротивление 3 смонтировано в корпусе на изолированной плате 2. Электропитание к нему подводится через сальник 6. Стекла 5 являются защитными. Принцип работы фотосопротивления основан на том, что при изменении степени освещённости меняется его электросопротивление. При появлении факела в топке котла световой поток уменьшит сопротивление полупроводника, сила тока возрастёт и обеспечит подачу сигнала для отключения системы зажигания топлива.

При потухании факела сопротивление увеличится, ток уменьшится и даст сигнал на включение системы защиты, которая закроет электромагнитный клапан подачи топлива в топку и включит световую и звуковую сигнализацию. Включение элементов установки, выключенных защитой, производится вручную.

#### Контрольные вопросы

1. Что обеспечивают в котельных установках автоматические системы?
2. Как работает гидроусилитель в системах регулирования?
3. Для каких целей применяется система сигнализации и на какие виды она подразделяется?
4. Каковы основные принципы регулирования давления пара в утилизационных котлах?