МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт химии и энергетики
(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)
13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Энергосбережение и энергоэффективность
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Разработка системы учета энергоресурсов как основа управления энергетическими потоками на предприятии

Обучающийся С.Н. Мякишев
(Инициалы Фамилия) (личная подпись)

Научный руководитель к.т.н., О.В. Самолина
(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти, 2024

Содержание

Введение……...4
1 Общие сведения о ТЭЦ Волжского автозавода…….7
1.1 Структура ТЭЦ Волжского автозавода…….....10
1.1.1 Турбинный цех…….11
1.1.2 Котельный цех……..14
1.1.3 Электрический цех……...19
1.1.4 Химический цех……20
1.1.5 Цех автоматики и измерений……..20
1.1.6 Ремонтный цех……..21
1.2 Проведение технологического процесса…….21
1.3 Учет энергоресурсов…….22
1.3.1 Ультразвуковой расходомер. Принцип работы…….27
1.3.2 Устройство расходомера УРСВ 510ц…….35
1.3.3 Принцип действия преобразователя АИР20/М2……...44
1.3.4 Термопреобразователь сопротивления ТПТ-1-3……...46
1.3.5 Тепловычислитель ТСРВ−024м……..47
1.4 Автоматизированная система опреативного контроля и управления…..52
2 Анализ потенциала энергосбережения…….56
2.1 Модернизация отдельных процессов на оборудовании……59
2.1.1 Вторичное использование энергоресурсов турбинных установок…..59
2.1.2 Реконструкция системы подачи специально подготовленной воды...59
2.1.3 Проведение анализа работы приборов на узла учета…….....60
2.1.4 Организационные мероприятия по уменьшению тепловых потерь…65
2.2 Улучшение качества по выполнению ремонта и обслуживания действующего оборудования……..66
2.3 Внедрение энергосберегающих технологий……...66
2.4 Мероприятия, направленные на энергосбережение……...68
3 Энергетическое обследование приборной базы и сравнительный

анализ показаний на узлах учета……..72
3.1 Принцип работы расходомера Акустрон УЗР−В ……..75
3.2 Устройство преобразователя температуры Ш−79…….79
3.3 Архивные данные с тепловычислителей ТЭЦ ВАЗа ……81
3.4 Расходомер Krohne ……...84
3.5 Выполнение замеров. Результаты……86
Заключение…….92
Список используемой литературы и используемых источников…….94

Введение

В настоящее время учет энергоресурсов на предприятии является важным звеном в развитии программ по энергоэффективности и энергосбережению. На рубеже 17 века, когда в Европе продвигалась промышленная революция, стал необходим учет и контроль энергоресурсов. Невозможно осуществлять всякого рода промышленную деятельность, не осуществляя контроль потребления и отпуска энергии. Функция учета, реализованная с помощью мероприятий, направленных на осуществление полного контроля над энергетическими потоками, это одно из приоритетных задач для решения вопросов в области рационального энергосбережения. Внедрение учета энергоресурсов дает возможность провести оценку экономических показателей от мероприятий как по внедрению энергосберегающих технологий, так и от использования технологических процессов на производстве с минимальной энергоемкостью. На сегодняшний день невозможно вообразить какую-либо производственную деятельность без осуществления учета, анализа и контроля источников энергии. На основании Федерального закона №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты российской федерации» от 23.11.2009 года, «производимые, передаваемые, потребляемые энергетические ресурсы подлежат обязательному учету с применением приборов учета используемых энергетических ресурсов» [28]. «Расчеты за энергетические ресурсы должны осуществляться на основании данных о количественном значении энергетических ресурсов, произведенных, переданных, потребленных, определенных при помощи приборов учета используемых энергетических ресурсов» [28]. С 2022 года, из-за перестройки рыночных отношений и недостаточного использования отечественной базы комплектующих, прослеживается отрицательная динамика производства контрольно-измерительных приборов. В ближайшей перспективе, при увеличении

поддержки на государственном уровне и привлечении инвестиций, производство данного оборудования имеет очень высокие перспективы роста в сфере приборостроения. С уходом с российского рынка иностранных производителей соответствующих контрольно-измерительных приборов активно наращивают производство отечественные предприятия по выпуску данных средств измерений.

Выпускная квалификационная работа является углубленным освоением полученных теоретических, практических знаний, получение опыта при использовании контрольно-измерительных приборов, средств измерений для анализа, учета полученных показаний при эксплуатации данного оборудования для качественного управления потоками энергии на ТЭЦ Волжского автозавода (ТЭЦ ВАЗа).

Целью выпускной квалификационной работы является уменьшение потерь энергоресурсов.

Объектом исследования является ТЭЦ Волжского автозавода. Местонахождение город Тольятти, Самарская область.

Предмет исследования:

- основное оборудование ТЭЦ Волжского автозавода;
- средства измерений, установленные на узлах учета энергоресурсов.

Гипотеза исследования состоит в том, что качество измеренных величин напрямую зависит от применения современных средств измерений в системе учета энергоресурсов для управления энергетическими потоками.

Задачи, необходимые для достижения цели:

- провести исследование нормативной технической документации установленного основного оборудования и узлов учета энергетических ресурсов;
- исследовать технический комплекс требований по эксплуатации и ремонту контрольно-измерительных приборов и средств измерений на ТЭЦ Волжского автозавода и АО «АВТОВАЗ»;
- провести анализ потенциала энергосбережения;

– провести замеры образцовыми средствами измерения и сравнительный анализ полученных измеренных значений;
– определить мероприятия по улучшению качества и точности измерений контрольно-измерительных приборов на узлах учета для уменьшения потерь энергоресурсов.

Основные положения, выносимые на защиту:

Применение на узлах учета контрольных измерительных приборов с надлежащим уровнем качества измерения позволяет определить отклонения основных показателей теплоснабжения и теплопотребления.

Научная новизна выпускной квалификационной работы заключается в выявлении зависимости точности измерения на управление энергетическими ресурсами.

Практическая значимость данной выпускной квалификационной работы состоит в том, что за счет внедрения разработанных мероприятий по контролю качества измеренных значений имеется возможность получить экономический эффект от использования систем учета энергоресурсов на различных предприятиях.

Структура и объем магистерской диссертации состоит из введения, трех разделов, заключения, списка используемой литературы и используемых источников на 97 страницах.

1 Общие сведения о ТЭЦ Волжского автозавода

Во второй половине двадцатого столетия в мире с каждым годом увеличивался выпуск автомобилей. Руководство СССР было нацелено на исправление ситуации в связи с ростом спроса на легковые автомобили. В начале 1960-х годов было принято решение построить автомобильный завод на берегу Волги. Рассматривались различные автомобильные производства такие, как Volkswagen, Renault, Fiat. 20 июля 1966 года выходит Постановление правительства СССР о строительстве Волжского Автозавода в городе Тольятти. В качестве базовой модели была выбрана модель Fiat 124. Министерство автомобильной промышленности СССР подписало протокол о научно-техническом сотрудничестве с итальянским концерном FIAT. Для автомобилестроения нашей страны Волжский автомобильный завод представлял собой технический прорыв к новым технологиям. Завод был построен в рекордно сжатые сроки. В 1967 году началось строительство автозавода, а уже в 1970 году вышел первый автомобиль ВАЗ-2101 «Жигули», заложивший основу всему модельному ряду волжского автогиганта. Развитие волжского автомобильного завода способствовало не только росту автомобильной отрасли, но и явилось импульсом для создания целого ряда отраслей промышленности не только на территории тогда еще СССР, но и далеко за его пределами. На сегодняшний день Lada является очень популярным и узнаваемым брендом в сфере автомобильной промышленности не только в России, но и за рубежом.

Именно строительство Волжского автомобильного завода оказало существенное влияние на принятие решения по строительству ТЭЦ Волжского автозавода. Строительство ТЭЦ Волжского автозавода началось в 1966 году. До 1970 года на предприятии было смонтировано оборудование, которое уже осуществляло выработку и отпуск тепловой энергии потребителям. За все время работы ТЭЦ Волжского автозавода были проведены работы по модернизации и реконструкции энергетического

оборудования, в том числе деаэраторов подпитки теплосети, системы оборотного водоснабжения. Постоянно проводятся мероприятия по улучшению условий труда и совершенствуются действующие технологии производства.

Проектная документация на ТЭЦ Волжского автозавода была разработана Львовским отделением института «Теплоэлектропроект». Непосредственно строительство данной ТЭЦ велось такими организациями, как «Химэнергострой» и «Куйбышевгидрострой». Монтаж необходимого оборудования осуществляли организации «Гидроэлектромонтаж» и «Волгоэнергомонтаж».

На сегодня ТЭЦ Волжского автозавода в энергетике является самым крупным предприятием Самарской области, одной из больших теплоэлектростанций в Европе. Ее выработка составляет около 30 процентов тепловой энергии и до 40 процентов электрической энергии от всей производимой энергии в Самарской области. На постоянной основе ведется обеспечение отоплением, горячим водоснабжением, энергоснабжением не только предприятие АО «АВТОВАЗ», а также жилой фонд Автозаводского района и промышленные площади по улице Коммунальной города Тольятти Самарской области. На предприятии трудятся 474 квалифицированных сотрудника. Электрическая мощность ТЭЦ Волжского автозавода составляет 1172 МВт, тепловая мощность 3343 Гкал/ч.

ТЭЦ Волжского автозавода принадлежит компании ПАО «Т-Плюс». Позиционирование данной компании заключается в организации производства и обеспечения электрической и тепловой энергией как промышленного , так и жилого сектора экономики. Предприятия энергетики таких областей, как Оренбургская, Саратовская, Ульяновская, находятся в ведении Самарского отделения компании ПАО «Т-Плюс». По величине генерируемой мощности ПАО «Т-Плюс» составляет 6 процентов электростанций России, по теплоснабжению доля рынка составляет около 8 процентов в стране. Компания объединяет 53 электростанции, в числе

которых 2 являются гидроэлектростанциями, а 51 теплоэлектростанциями. В 16 областях Росийской федерации осуществляет снабжение электричеством.

В составе Самарского подразделения ПАО «Т-Плюс» находятся: ТЭЦ Волжского автозавода, Новокуйбышевская ТЭЦ-1, Тольяттинская ТЭЦ, Самарская ТЭЦ, Сызранская ТЭЦ, Самарская ГРЭС, а также тепловые сети Тольятти, Новокуйбышевска, Сызрани.

Установленная электрическая мощность составляет 2867,9 МВт, тепловая мощность 11366,13 Гкал/ч.

На ТЭЦ Волжского автозавода природный газ является основным топливом. В качестве резервного топлива используется мазут. Запасы мазута пополняются в зависимости от его расхода и хранятся в специальных емкостях резервуарах.

На ТЭЦ Волжского автозавода применяются следующие энергоресурсы:

- природный газ, который используется для испытания газопотребляющего оборудования, а также для вырабатывания тепловой энергии;
- электроэнергия, применяемая непосредственно для питания цехов предприятия, а также освещения, технологического основного и вспомогательного оборудования, для приводов силового оборудования;
- холодная вода для обеспечения бесперебойной работы системы оборотного водоснабжения, для бытовых и хозяйственных нужд;
- теплофикационная вода для обеспечения потребителей в сетях отопления;
- технологическая вода для обеспечения потребителей в целях использования на производствах;
- обессоленная вода для использования на технологическом оборудовании производств;

– сжатый воздух для обеспечения собственных нужд технологического оборудования производств;
– кислород для обеспечения производства при выполнении ремонтных работ;
– пар для обеспечения функционирования технологического оборудования производства;
– моторное топливо, применяемое для функционирования автомобильного транспорта предприятия.

1.1 Структура ТЭЦ Волжского автозавода

Основной принцип работы ТЭЦ Волжского автозавода заключен на работе теплофикационных паровых турбин, за счет которых регулируется поток отбираемого пара. В дальнейшем происходит конденсирование воды в сетевых подогревателях, которая направляется к тепловым пунктам и к пиковым водогрейным котлам. Повышение коэффициента полезного действия теплоэлектроцентралей повышается на 5−8%, в отличии от коэффициента полезного действия конденсационных электростанций и, благодаря когенерации, так как появляется возможность одновременно вырабатывать тепловую и электрическую энергию. Соответственно, имеется возможность работы теплоэлектроцентрали по тепловому графику нагрузки, когда в приоритете тепловая энергия, или по электрическому графику, где основная работа это производство электрической энергии.

В структуру ТЭЦ Волжского автозавода входят шесть основных подразделений, обеспечивающих производство и передачу тепловой и электрической энергии. На рисунке 1 показана схема основных структурных подразделений ТЭЦ Волжского автозавода.

Рисунок 1 − Основные структурные подразделения ТЭЦ Волжского автозавода

1.1.1 Турбинный цех

Основное назначение данного цеха это выработка электроэнергии и тепла по диспетчерскому графику, поддержание качества тепловой энергии, предназначенной для потребителей, обеспечивать работоспособность оборудования с высокой долей экономии, выполнять сбор добавочной воды, конденсата, осуществлять пополнение запаса, деаэрацию и подогрев питательной воды, а также осуществлять водоснабжение всей электроцентрали. На ТЭЦ Волжского автозавода установлено 11 турбинных агрегатов. Мощность 1172 МВт. В таблице 1 представлены виды турбоагрегатов, установленные в турбинном цеху.

Таблица 1 − Виды турбоагрегатов

Ст. №	Вид оборудования	Тип турбины	Год выпуска	Производитель турбины	Мощность, МВт
1	Турбина паровая	ПТ-60-130/13	1969	АО «Силовые машины»	60
2	Турбина паровая	ПТ-60-130/13	1970	АО «Силовые машины»	60
3	Турбина паровая	Т-100-130	1970	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	105
4	Турбина паровая	Т-100-130	1970	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	105
5	Турбина паровая	Т-100-130	1971	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	105
6	Турбина паровая	Т-110-130-2	1971	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	105
7	Турбина паровая	Т-110/120-130-3	1976	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	110
8	Турбина паровая	Т-110/120-130-3	1978	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	110
9	Турбина паровая	ПТ-135/165/130/15	1982	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	135
10	Турбина паровая	ПТ-135/165/130/15	1983	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	135
11	Турбина паровая	ПТ-140/165-130/15-2	1987	АО «Уральский турбинный завод» (АО «УТЗ»)	142

ПТ-60-130/13 это паровая турбина конденсационного типа с возможностью теплофикационного, производственного и регулируемого отборами пара. Данная турбина оснащена двумя регулируемыми отборами пара:

– теплофикационный с давлением отбора пара 1,2 кгс/см^2;

– промышленный с давлением отбора пара 13 кгс/см^2.

Номинальная нагрузка регулируемых отборов пара:

– П-отбор 135 т/ч;

– Т-отбор 100 т/ч.

Паровая турбина типа Т-100-130 от производителя АО «Уральский турбинный завод» конструктивно выполнена в виде конденсационного типа с теплофикационными регулируемыми отборами пара в количестве двух штук и «номинальной мощностью 105 МВт:

– нижний отбор, давление 0,5 ата ÷ + 2,0 ата;

– верхний отбор, давление 0,6 ата ÷ + 2,5 ата.» [20].

Паровая турбина Т-110/120-130-3 также конструктивно выполнена в виде конденсационного типа с теплофикационными регулируемыми отборами пара в количестве двух штук, «номинальной мощностью 110 МВт:

– нижний отбор, давление 0,5 ата ÷ + 2,0 ата;

– верхний отбор, давление 0,6 ата ÷ + 2,5 ата.» [20].

Номинальная нагрузка регулируемых отборов пара на турбинах Т-100-130, Т110-130-2, Т-110/120-130-3 составляет по Т-отбору 300-340 т/ч.

«Паровая турбина ПТ-135/165/130/15» [20] конструктивно выполнена в виде теплофикационного типа с теплофикационными отборами пара в количестве двух штук и производственным отбором пара «номинальной мощностью 135 МВт:

а) теплофикационный отбор пара:

1) нижний отбор, давление 0,4 ата ÷ + 1,2 ата;

2) верхний отбор, давление 0,9 ата ÷ + 2,5 ата.» [20].

б) производственный отбор пара: 15 ата(12 ата ÷ 21 ата).

Паровая турбина ПТ-140/165-130/15-2 конструктивно выполнена в виде теплофикационного типа с теплофикационными отборами пара в количестве двух штук и производственным отбором пара «номинальной мощностью 135 МВт:

а) теплофикационный отбор пара:

1) нижний отбор, давление 0,4 ата ÷ + 1,2 ата;

2) верхний отбор, давление 0,9 ата ÷ + 2,5 ата.» [20].

б) производственный отбор пара 15 ата(12 ата ÷ 21 ата).

Номинальная нагрузка регулируемых отборов пара на турбинах ПТ-135/165/130/15 и ПТ-140/165-130/15-2 составляет по Т-отбору 200-210 т/ч., по П-отбору 315-330 т/ч.

На всех паровых турбинах давление перегретого пара составляет 125 кгс/см^2, а температура 540°С. Установленная тепловая мощность турбоагрегатов составляет от 135 до 316 Гкал/ч, общая тепловая мощность 2180 Гкал/ч.

1.1.2 Котельный цех

Основной задачей котельного цеха это произвести перегретый пар с последующей подачей к турбинным агрегатам, а также осуществлять подогрев теплофикационной воды при отрицательных температурах в зимний период.

На ТЭЦ Волжского автозавода в котельном цехе установлено 14 паровых котлов. В таблице 2 представлены энергетические паровые котлы.

Таблица 2 − Виды энергетических паровых котлов

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Год выпуска	Производитель парового котла
1	Паровый котел	ТГМ-84	1969	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
2	Паровый котел	ТГМ-84	1970	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
3	Паровый котел	ТГМ-84	1970	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
4	Паровый котел	ТГМ-84	1970	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
5	Паровый котел	ТГМ-84	1971	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»

Продолжение таблицы 2

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Год выпуска	Производитель парового котла
6	Паровый котел	ТГМ-84	1971	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
7	Паровый котел	ТГМ-84	1975	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
8	Паровый котел	ТГМ-84	1976	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
9	Паровый котел	ТГМ-84	1979	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
10	Паровый котел	ТГМЕ-464	1982	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
11	Паровый котел	ТГМЕ-464	1983	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
12	Паровый котел	ТГМЕ-464	1984	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
13	Паровый котел	ТГМЕ-464	1987	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»
14	Паровый котел	ТГМЕ-464	1991	ПАО «Таганрогский котлостроительный завод «Красный котельщик»

Котел-утилизатор ТГМ-84 водотрубного, вертикального, циркуляционного, П-образного исполнения, с одним барабаном. В конструктивном исполнении имеется опускная шахта конвективного типа с топочной камерой.

Котел-утилизатор типа ТГМЕ-464 конструктивно выполнен в виде П-образной формы. В составе данного котла находится опускная конвективная шахта, в верхней ее части сопряженная с газоходом горизонтального типа, а также топочная камера. Предназначение данного котла-утилизатора это работа под наддувом. Панелями из газоплотных материалов оборудованы все

стены опускной конвективной шахты, газохода горизонтального типа и топочной камеры.

В таблице 3 указаны технические характеристики энергетических паровых котлов.

Таблица 3 − Технические характеристики энергетических паровых котлов

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Сжигаемое топливо	Производительность пара,т/ч	Перегретый пар,Р кгс/см^2	Перегретый пар,Т °С
1	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
2	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
3	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
4	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
5	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
6	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
7	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
8	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
9	Паровый котел	ТГМ-84	Природный газ, мазут	420	140	550
10	Паровый котел	ТГМЕ-464	Природный газ, мазут	500	140	550
11	Паровый котел	ТГМЕ-464	Природный газ, мазут	500	140	550
12	Паровый котел	ТГМЕ-464	Природный газ, мазут	500	140	550
13	Паровый котел	ТГМЕ-464	Природный газ, мазут	500	140	550
14	Паровый котел	ТГМЕ-464	Природный газ, мазут	500	140	550

Четырнадцать водогрейных пиковых котлов располагаются в корпусах пиковых котельных. Основная задача пиковых водогрейных котлов это работа в период, где необходимо произвести увеличение теплоэнергии для отпуска, для покрытия пиковой части графика тепловых нагрузок.

В таблице 4 представлены пиковые водогрейные котлы.

Таблица 4 − Виды пиковых водогрейных котлов

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Год выпуска	Производитель парового котла
1	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1967	Бийский котельный завод
2	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1967	Бийский котельный завод
3	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1968	Бийский котельный завод
4	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1968	Бийский котельный завод
5	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1968	Бийский котельный завод
6	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1968	Бийский котельный завод
7	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1974	Бийский котельный завод
8	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1974	Бийский котельный завод
9	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1975	Бийский котельный завод
10	Водогрейный котел	ПТВМ-100	1975	Бийский котельный завод
11	Водогрейный котел	ПТВМ-180	1977	Бийский котельный завод
12	Водогрейный котел	ПТВМ-180	1980	Бийский котельный завод
13	Водогрейный котел	КВГМ-180-150-2	1994	Бийский котельный завод
14	Водогрейный котел	КВГМ-180-150-2	1997	Бийский котельный завод

КВГМ-180-150-2 это теплофикационный водогрейный пиковый котел, произведенный на Бийском котельном заводе, прямоточного исполнения, Т-образного водотрубного типа. На нем установлено восемь горелок

газомазутного исполнения, расположенные сбоку в два яруса. Две горелки располагаются на каждом ярусе.

ПТВМ-180 это теплофикационный водогрейный пиковый котел Бийского котельного завода. Имеет в составе газо − мазутные горелки в количестве двадцати штук. Газ по газопроводу Dy = 80 мм подводится к горелке. Особенность данной газо-мазутной горелки осуществлять распыл мазута механическом способом, а также подводить газ.

В таблице 5 указаны технические характеристики пиковых водогрейных котлов.

Таблица 5 − Технические характеристики пиковых водогрейных котлов

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Сжигаемое топливо	Производительность тепла, Гкал/ч	Пиковый режим работы,Т (сетевая вода), °С	Теплофикационный режим работы,Т (сетевая вода), °С
1	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
2	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
3	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
4	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
5	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
6	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
7	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
8	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
9	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150
10	Водогрейный котел	ПТВМ-100	Природный газ, мазут	100	104/150	70/150

Продолжение таблицы 5

Ст. №	Вид оборудования	Тип парового котла	Сжигаемое топливо	Производительность тепла, Гкал/ч	Пиковый режим работы,Т (сетевая вода), °С	Теплофикационный режим работы,Т (сетевая вода), °С
11	Водогрейный котел	ПТВМ-180	Природный газ, мазут	180	104/150	70/150
12	Водогрейный котел	ПТВМ-180	Природный газ, мазут	180	104/150	70/150
13	Водогрейный котел	КВГМ-180-150-2	Природный газ, мазут	180	104/150	90/150
14	Водогрейный котел	КВГМ-180-150-2	Природный газ, мазут	180	104/150	90/150

Установленная тепловая мощность паровых котлов от 240 до 295 Гкал/ч. Общая тепловая мощность составляет 3700 Гкал/ч.

Установленная тепловая мощность водогрейных котлов от 100 до 180 Гкал/ч. Общая тепловая мощность составляет 1150 Гкал/ч.

Редукционные охладительные установки, установленные на ТЭЦ ВАЗа, используются для снижения температуры и давления пара до необходимых параметров, производительность которых составляет от 50 до 145 т/ч.

1.1.3 Электрический цех

Главная задача электрического цеха состоит в снабжении электроэнергией как основных цехов технологического оборудования, так и вспомогательных. Так же в задачи данного цеха на ТЭЦ Волжского автозавода входит распределение электрической энергии между потребителями.

На ТЭЦ Волжского автозавода выполнена схема с двумя рабочими системами шин и одной обходной системами шин.

Основное оборудование в ведении электрического цеха:

- главный силовой трансформатор типа ТД, ТДЦ, ВРТДНУ в количестве 11 штук;
- турбогенератор с водородным охлаждением типа ТВФ в количестве 11 штук;
- трансформатор типа ДНС, ТРДНС, ТРДН в количестве 11 штук, применяемых для собственных нужд.

Основные потребители такие, как АО «АВТОВАЗ», с ТЭЦ Волжского автозавода питаются с шин напряжением 110кВ. На собственные нужды питание организовано на напряжениях 0,4 кВ и 6 кВ.

1.1.4 Химический цех

Основная задача данного подразделения:

- обеспечение для нужд производства технической водой необходимого качества;
- выполнение мероприятий по очистке сточных вод для сброса в открытые объекты;
- для подготовки и использования химических растворов для проведения регламентных очистных работ на технологическом оборудовании, в т.ч. на котлах.

1.1.5 Цех автоматики и измерений

Основная задача цеха автоматики и измерений:

- осуществление автоматизации процессов на технологическом оборудовании;
- измерение, контроль и регулирование параметров технологических процессов производства;
- обеспечение качества проведения обслуживания средств измерений и автоматики;
- осуществление мониторинга цепей блокировок и защит технологического оборудования;

– обеспечение метрологических параметров контрольных измерительных приборов действующего оборудования.

1.1.6 Ремонтный цех

Ремонтный цех ТЭЦ Волжского автозавода осуществляет ремонтные работы основного и вспомогательного оборудования на производстве, а также сопровождение работ при выполнении ремонта подрядными организациями.

На ТЭЦ Волжского автозавода организован производственно-технический отдел, который занимается разработкой комплекса мероприятий по усовершенствованию производства. Руководителем данного отдела является главный инженер ТЭЦ ВАЗа. Отдел ПТО занимается непосредственно учетом энергоносителей на предприятии.

1.2 Проведение технологического процесса

Технологический процесс на ТЭЦ Волжского автозавода цикличен. Для обеспечения необходимого качества и последующего использования в технологическом процессе сырой воды необходимо провести ее очистку. В процессе водоочистки используется три системы:

– установка по обессоливанию воды обеспечивает деминерализованной водой технологическое оборудование АО «АВТОВАЗ», а также участвует в процессе воспроизводства пара и конденсата, необходимого при работе электростанции;
– установка по очищению от конденсата с оборудования мазутного хозяйства;
– установка, состоящая из девяти блоков химочистки воды с последующим процессом Н-катионирования для осуществления подпитки тепловой сети.

После того, как вода прошла очистку, ее направляют в котлы для осуществления процесса кипения. Образованный пар направляется на

турбинную установку для осуществления выработки электрической энергии. Пар отбирается для обеспечения технологических нужд АО «АВТОВАЗ», осуществления нагрева с целью обеспечения теплоснабжения населения города Тольятти, а также для работы турбоагрегатов на производстве ТЭЦ ВАЗа. Использованный пар применяется в процессе регенерации турбоагрегатов. После поступления использованного пара на цилиндр турбинного агрегата под высоким давлением происходит его выход под низким давлением из цилиндра в конденсаторные установки. Чтобы провести процесс охлаждения использованного пара, используют воду. Непосредственно осуществление продвижение конденсата проходит через устройства регенерации. Использованный пар проходит технологический процесс отбора на необходимый цилиндр непосредственно с разных ступеней. После этого в деаэратор, для удаления побочного продукта, таких как углекислота и кислород, поступает вода. За счет насосного оборудования с деаэраторных установок вода снова направляется на котельное оборудование, после чего поступает на турбинные машины.

1.3 Учет энергоресурсов

На ТЭЦ Волжского автозавода поступают:

- кислород,
- сжатый воздух,
- питьевая вода,
- добавочная вода,
- природный газ.

На ТЭЦ Волжского автозавода производятся:

- обессоленная вода (деминерализованная),
- сетевая вода (теплофикационная, технологическая),
- пар.

Схема энергетических потоков между ТЭЦ Волжского автозавода и АО «АВТОВАЗ» показана на рисунке 2.

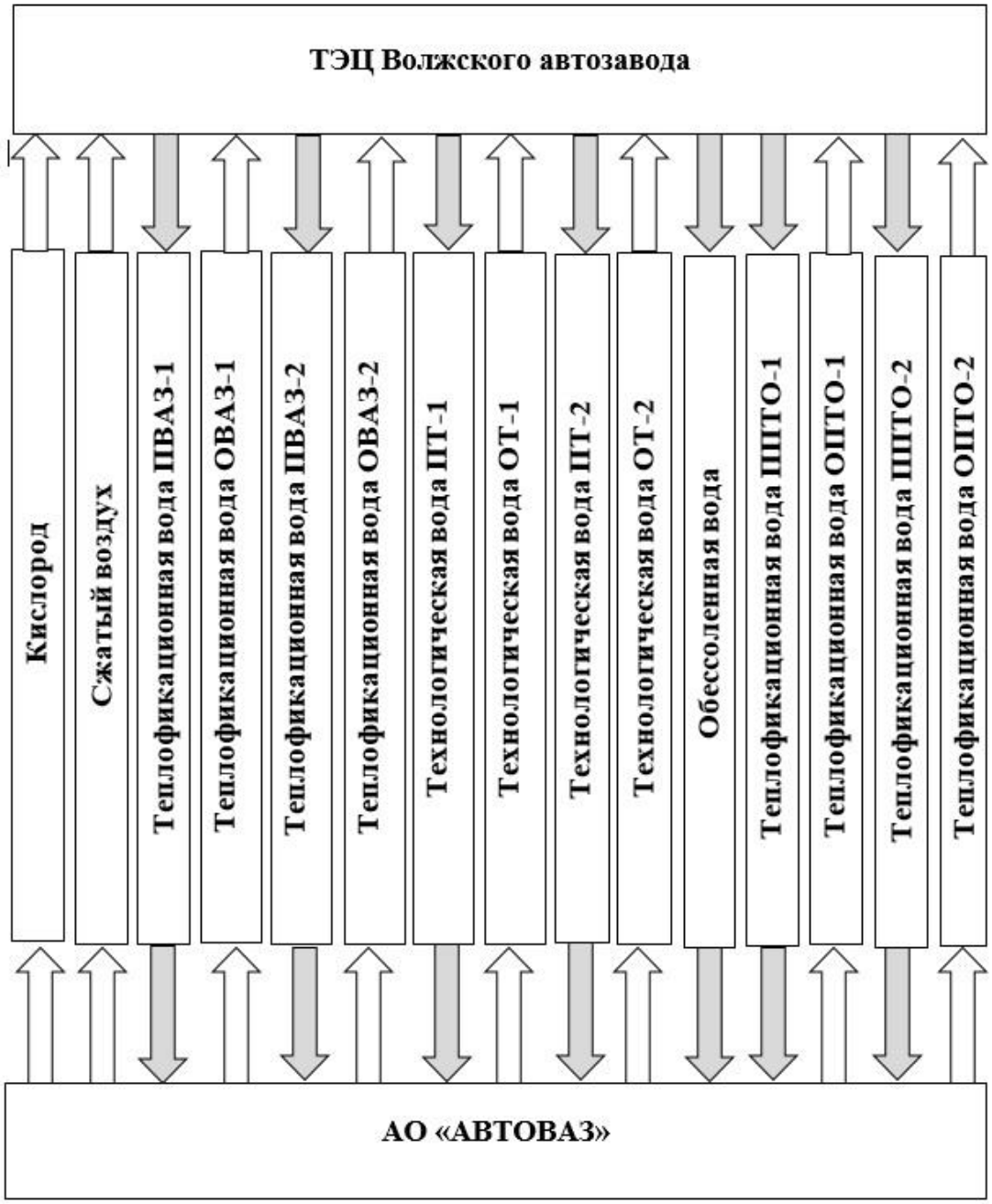

Рисунок 2 – Схема энергетических потоков ТЭЦ ВАЗа и АО «АВТОВАЗ»

В таблице 6 представлен перечень коммерческих приборов учета на трубопроводах теплофикационной, обессоленной воды; кислорода, сжатого воздуха.

Таблица 6 − Перечень коммерческих приборов учета на трубопроводах теплофикационной воды, кислорода, сжатого воздуха

Наименование сети	Диаметр трубопровода, мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип СИ	Диапазон измерений	Класс точности		
Теплофикационная вода ПВАЗ-1	1001	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ОВАЗ-1	997	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,0	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ПВАЗ-2	998	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ОВАЗ-2	997	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,0	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	2000-9000	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ППТО-1	1000	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»

Продолжение таблицы 6

Наименование сети	Диаметр трубопровода, мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип СИ	Диапазон измерений	Класс точности		
Теплофикационная вода ОПТО-1	1000	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,0	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ППТО-2	1000	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Теплофикационная вода ОПТО-2	1000	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,0	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Трубопровод кислорода	50	°С	ТПТ1-3	0-200	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	Метран-55	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	ДКС 0,6-50	-	-	Расход	ГК «Взлет»
		$м^3/ч$	СПГ 762	-	3	Расход	ГК «Взлет»
Трубопровод сжатого воздуха	121	°С	ТПТ1-3	0-200	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	Метран-55	0-1,6	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	ДКС 0,6-50	-	-	Расход	ГК «Взлет»
		$м^3/ч$	СПГ 762	-	3	Расход	ГК «Взлет»

На сегодняшний день в качестве используемой приборной базы по учету энергоресурсов между ТЭЦ Волжского автозавода и АО «АВТОВАЗ», установленных на территории ТЭЦ Волжского автозавода используются средства измерения ГК «Взлет» города Санкт-Петербург, НПП «Элемер» города Зеленоград, ЗАО «Термико» города Зеленоград, ГК «Метран» города Челябинск, АО НПФ «Логика» города Санкт-Петербург.

В таблице 7 представлен перечень коммерческих приборов учета на трубопроводах технологической и обессоленной воды.

Таблица 7 − Перечень коммерческих приборов учета на трубопроводах технологической и обессоленной воды

Наименование сети	Диаметр трубопровода, мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип СИ	Диапазон измерений	Класс точности		
Технологическая вода ПТ-1	799	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Технологическая вода ОТ-1	799	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Технологическая вода ПТ-2	693	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»

Продолжение таблицы 7

Наименование сети	Диаметр трубопровода, мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип СИ	Диапазон измерений	Класс точности		
Технологическая вода ОТ-2	703	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-2,5	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	1000-3600	2	Расход	ГК «Взлет»
Обессоленная вода	200	°С	КТПТР-01	0-180	1	Температура	ЗАО «Термико»
		Мпа	АИР 20	0-1,0	0,5	Давление	НПП «Элемер»
		$м^3/ч$	УРСВ-510ц	15-200	2	Расход	ГК «Взлет»
		т/ч	ТСРВ 024м	15-200	2	Расход	ГК «Взлет»

Установленные контрольные измерительные приборы сданы в эксплуатацию. На основании карт циклов планово-предупредительного обслуживания, персонал ТЭЦ Волжского автозавода проводит регламентное техническое обслуживание и осуществляет необходимые ремонтные работы. Поверка установленных средств измерений на коммерческих узлах учета проводится на основании утвержденных графиков.

На узлах коммерческого учета технологической воды для измерения расхода применяются расходомеры Взлет УРСВ-510ц. В данных приборах реализована однолучевая схема измерения расхода жидкости.

1.3.1 Ультразвуковой расходомер. Принцип работы

В.П. Преображенский писал, что «при измерениях, связанных с учетом количества жидкостей, газа и пара, и оперативным контролем, регулированием и управлением технологическими процессами в различных

отраслях промышленности, приходится определять наряду с другими величинами количество вещества, проходящее через данное сечение трубопровода в единицу времени или за какой-то промежуток времени. Количество вещества выражают обычно в единицах объема или массы. Единицами объема является кубический метр ($м^3$) и литр (л), а массы – килограмм (кг) и тонна (т). Прибор, измеряющий расход, т.е количество вещества, проходящее через данное сечение трубопровода в единицу времени – час (ч), называют расходомером» [23].

На ТЭЦ Волжского автозавода применяются расходомеры, которые работают по принципу временного импульсного ультразвукового метода измерения расхода.

Рассмотрим принцип действия время – импульсного ультразвукового расходомера, работа которого «основана на измерении разности времен прохождения ультразвукового сигнала (УЗС) при распространении по потоку жидкости и против потока жидкости в трубопроводе» [29].

Основной характеристикой время - импульсного ультразвукового расходомера считается «попеременная подача электрических зондирующих импульсов, генерируемых вторичным измерительным преобразователем, на электрические акустические преобразователи ПЭА1 и ПЭА2» [29].

Электрический акустический преобразователь излучает ультразвуковой сигнал, который «проходит через движущуюся по трубопроводу жидкость и воспринимается другим ПЭА. При движении жидкости происходит снос ультразвуковой волны, который приводит к изменению времени распространения УЗС: по потоку жидкости (от ПЭА1 к ПЭА2) время прохождения уменьшается, а против потока (от ПЭА2 к ПЭА1) – возрастает. Разность времен прохождения УЗС через жидкость по потоку и против потока пропорциональна скорости потока v и, следовательно, объемному расходу Q. Цифровой способ обработки принимаемых ПЭА сигналов обеспечивает устойчивую работу в условиях помех, а также упрощает настройку расходомера при вводе в эксплуатацию» [29].

На рисунке 3 показана схема прохождения ультразвукового сигнала.

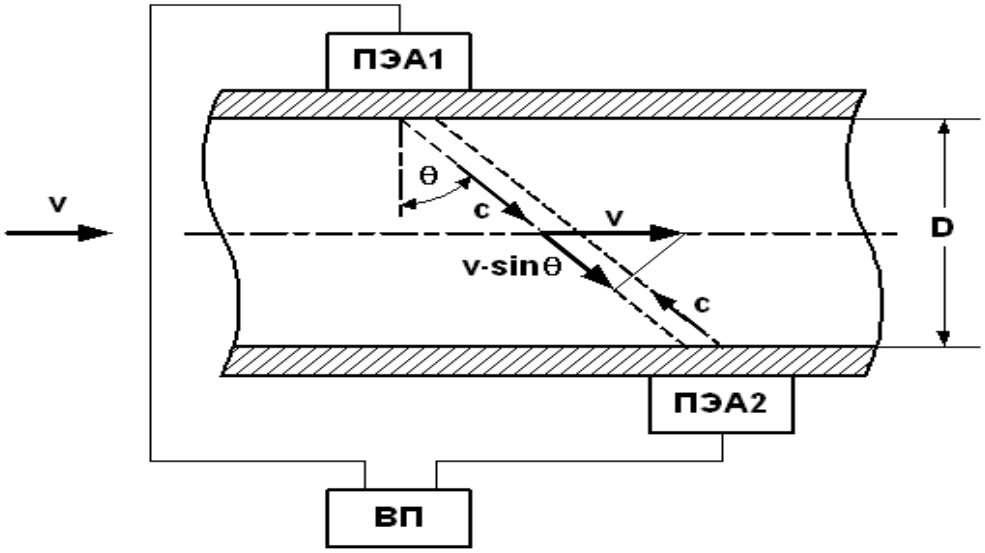

Рисунок 3 − Схема прохождения ультразвукового сигнала

Расчет «скорость жидкости, усредненная вдоль ультразвукового луча, определяется как:

$$v = \frac{c^2}{2 \cdot n \cdot D \cdot tg\theta} \cdot [(T_{n2} - T_{n1}) - dT_0] \quad (1)$$

где c – скорость распространения УЗС в неподвижной жидкости;

D – внутренний диаметр трубопровода;

θ – угол между направлением распространения УЗС и плоскостью, перпендикулярной оси трубопровода;

ТП1, ТП2 – полное время прохождения сигнала по каналу измерения (ВП, кабели связи, оба ПЭА, жидкость) при распространении УЗС по и против потока соответственно;

dT0 – разность времен прохождения сигнала при неподвижной жидкости (смещение нуля расходомера);

n – коэффициент, зависящий от схемы установки ПЭА:

n=1 – при установке ПЭА по Z-схеме или в U-колено;

n=2 – при установке ПЭА по V-схеме» [29].

«Значение расхода вычисляется в соответствии с выражением:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \cdot K_r \quad (2)$$

где Кг = vср/v – гидродинамический коэффициент» [29].

Вычисление гидродинамического коэффициента это «отношение средней скорости потока жидкости в трубопроводе к скорости потока жидкости v, усредненной вдоль ультразвукового луча. Он вычисляется на основе введенных значений шероховатости стенок трубопровода, вязкости контролируемой жидкости, внутреннего диаметра трубопровода, измеренного значения скорости потока» [29].

«Объем жидкости *V* за интервал времени *T* определяется в соответствии с формулой:

$$V = \int_0^T Q(t) \cdot dt \quad (3)$$

где *V*– объем жидкости

T– интервал времени» [29].

«Изменение скорости распространения УЗС в рабочей жидкости, связанное с изменением температуры, давления и/или состава жидкости, ввиду неизменной длины акустического тракта, учитывается в приборе путем определения полусуммы времени прохождения УЗС расстояния между ПЭА по и против потока ∑ T*:*

$$\sum T = \frac{T^1 + T^2}{2} \quad (4)$$

где ∑T– полусумма времени прохождения УЗС» [29].

Вычисление параметров расхода «определяется при выполнении условия:

$$Q_{\text{отс}} \leq Q \quad (5)$$

где Qотс – минимальное значение расхода (нижняя отсечка), м^3/ч;

Q – текущее значение расхода, м^3/ч.» [29].

Необходимое «значение нижней отсечки соответствует скорости потока 0,05 м/с» [29].

При этом, «если выполняется условие Q<Qотс, то в расходомере измеренное значение расхода приравнивается нулю, прекращается накопление объема, выдача импульсов на универсальном выходе, а ток на выходе становится равным нижнему значению диапазона. При выполнении условия Q>Qmax (где Qmax соответствует скорости потока 10,6 м/с) измерение расхода продолжается, но прекращается накопление и архивирование объема, выдача импульсов на универсальном выходе (в импульсном режиме работы), а ток на выходе становится равным верхнему значению диапазона» [29].

По установке накладных и врезных электрических акустических преобразователей. Для установки накладных электрических акустических преобразователей не требуется изготовления отверстий для монтажа в трубопроводе. Датчики крепятся снаружи измерительного участка трубопровода. Для установки врезных электрических акустических преобразователей необходимо изготовить отверстия внутри измерительного участка трубопровода для непосредственной их установки.

Установка электрических акустических преобразователей происходит «по следующим схемам:

– Z − схема – ПЭА размещаются на противоположных стенках ИУ в

плоскости, проходящей вдоль оси ИУ (установка «по диаметру»); при этом сигнал от одного ПЭА к другому проходит без отражения от внутренней поверхности ИУ;

– V − схема – ПЭА устанавливаются вдоль одной стенки ИУ в плоскости, проходящей вдоль оси ИУ; при этом сигнал от одного ПЭА попадает к другому после отражения от внутренней поверхности ИУ (при одинаковом значении угла θУЗС проходит в два раза больший путь, чем при Z − схеме);
– в U − образный ИУ (типа U − колено) – ПЭА размещаются в торцах прямого отрезка ИУ; при этом сигнал распространяется вдоль оси потока» [29].

На рисунке 4 показаны возможные варианты установки датчиков на измерительном участке трубопровода.

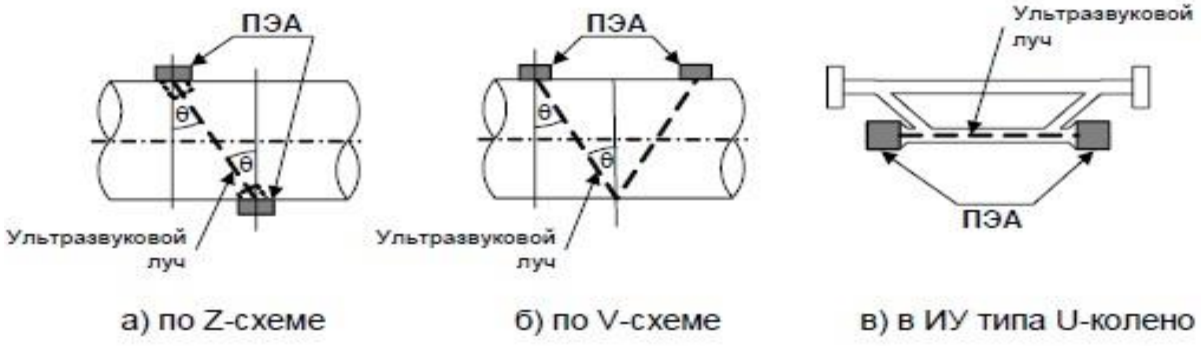

Рисунок 4 − Варианты установки датчиков на измерительном участке трубопровода.

Обращаю внимание на то, что «продольный угол установки врезных ПЭА в прямолинейный ИУ (угол между осью врезного ПЭА и плоскостью, перпендикулярной оси трубопровода) может лежать в диапазоне от 20°С до 70°С, рекомендуемое значение − ~45°С. При DN>2000 диапазон допустимых

значений продольного угла установки врезных ПЭА определяется характеристиками объекта размещения ПП» [29].

В расходомерах Взлет МР «зондирование потока жидкости может производиться одним, двумя или четырьмя лучами:

а) однолучевое зондирование по диаметру;

б) двухлучевое зондирование по хорде (для врезных электроакустических преобразователей);

в) двухлучевое зондирование по диаметру;

г) четырехлучевое зондирование по хорде (для врезных электроакустических преобразователей)» [26].

На рисунке 5 показана схема установки датчиков.

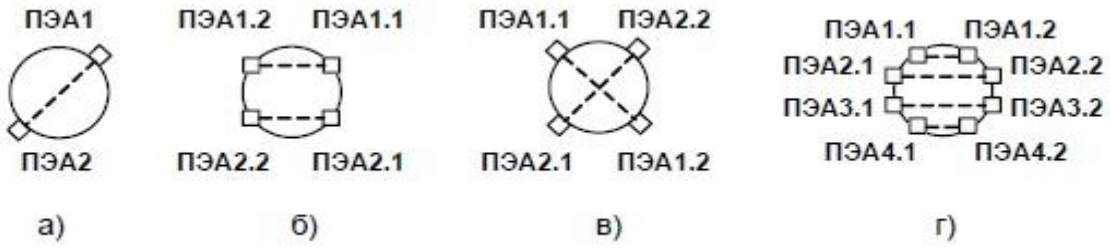

Рисунок 5 – Схема установки датчиков

На ТЭЦ Волжского автозавода применяется расходомер ВЗЛЕТ УРСВ 510ц, который по своему конструктивному исполнению, в однолучевом варианте, для контроля расхода жидкости в трубопроводах не всегда обеспечивает точное измерение. Учитывая гидродинамику потока жидкости, целесообразно применение двухлучевой схемы при измерении жидкости в трубопроводах большого диаметра (от 700 мм и выше).

Принцип попеременной работы электрических акустических преобразователей заключается «в двух режимах: излучения, когда приходящий от вторичного измерительного преобразователя электрический импульсный сигнал преобразуется в ультразвуковые колебания, и приема,

когда ультразвуковые колебания жидкости преобразуются в соответствующий электрический сигнал» [29].

По установке накладных и врезных электрических акустических преобразователей. Для установки накладных электрических акустических преобразователей не требуется изготовления отверстий для монтажа в трубопроводе. Датчики крепятся снаружи измерительного участка трубопровода. Для установки врезных электрических акустических преобразователей необходимо изготовить отверстия внутри измерительного участка трубопровода для непосредственной их установки.

По конструктивному исполнению, «накладные ПЭА имеют прямоугольный корпус, одна из граней которого является излучающей плоскостью. На боковых гранях корпуса нанесены риски, указывающие положение акустического центра ПЭА. Накладные ПЭА устанавливаются на наружную стенку трубопровода излучающей плоскостью на наружную стенку трубопровода. ПЭА герметизирован заливкой внутрь корпуса термостойкого электроизоляционного компаунда» [26].

«Врезные ПЭА имеют цилиндрический корпус с наружной резьбой, в торце которого находится излучающая плоскость в виде диска. Врезные ПЭА при установке на трубопровод ввинчиваются в монтажные патрубки, которые приварены к трубопроводу вокруг отверстий в его стенке. Таким образом, после установки излучающая плоскость ПЭА контактирует с контролируемой жидкостью. Врезной ПЭА также герметизирован» [26].

На ТЭЦ Волжского автозавода до 2010 года на трубопроводах сетевой воды применялись электрические ультразвуковые преобразователи накладного типа. Так как температура прямой технологической воды на менее 140°С, а обратной технологической воды 120°С, то накладные датчики без постоянных наладочных работ имели небольшой ресурс работы. На сегодняшний день используются только электрические акустические преобразователи врезного типа.

1.3.2 Устройство расходомера ВЗЛЕТ УРСВ-510ц

Расходомер ультразвуковой ВЗЛЕТ УРСВ-510ц «предназначен для измерения среднего объемного расхода» [29].

Данный расходомер жидкости предоставляет следующие возможности использования и «обеспечивает:

- измерение среднего объемного расхода жидкости в трубопроводе для любого направления потока;
- определение объема жидкости нарастающим итогом отдельно для прямого и обратного направления потока и их алгебраической суммы с учетом направления потока;
- определение текущего значения скорости и направления потока жидкости;
- дозирование предварительно заданного значения объема жидкости или дозирование в режиме «старт-стоп» и определение при этом величины отмеренной дозы, времени дозирования и среднего значения расхода в процессе дозирования;
- вывод результатов измерения в виде токовых, частотно-импульсных и/или логических сигналов;
- архивирование в энергонезависимой памяти результатов измерений и установочных параметров;
- вывод измерительной, диагностической, установочной, архивной и другой информации на дисплей индикатора, через последовательный интерфейс RS-232 или RS-485 (по отдельному кабелю, по телефонный линии связи, по радиоканалу или каналу сотовой связи), а также через интерфейс Ethernet;
- возможность программного ввода установочных параметров с учетом индивидуальных особенностей и характеристик объекта измерения;

– автоматический контроль и индикацию наличия нештатных ситуаций и отказов, а также запись в соответствующие журналы их вида и длительности;
– защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа» [29].

На рисунке 6 показан внешний вид расходомера УРСВ

Рисунок 6 − Расходомер УРСВ

Данный расходомер жидкости «обеспечивает измерение среднего объемного расхода при скорости потока от 0,1 до 12 м/с в соответствии с формулой:

$$Q = 2{,}83 \cdot 10^{-3} \cdot v \cdot D^2 \quad (6)$$

где Q – средний объемный расход, м3/ч;

v – скорость потока, м/с;

D – внутренний диаметр трубопровода, мм» [29].

«Определение объема производится при скорости потока не более 10,6 м/с. Чувствительность расходомера по скорости потока 0,01 м/с» [29].

На рисунке 7 показана конструктивная схема УРСВ-510ц

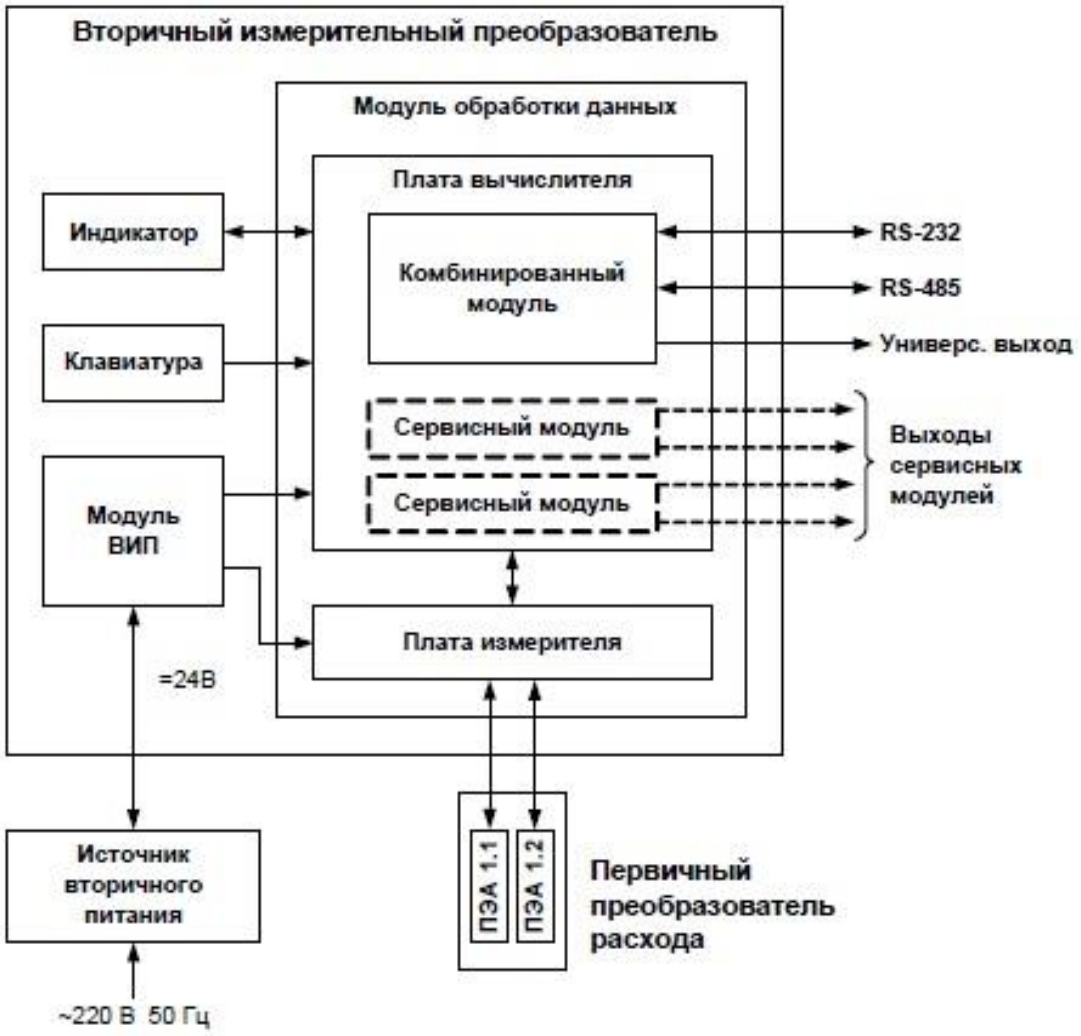

Рисунок 7 – Конструктивная схема УРСВ-510ц

Прибор ВЗЛЕТ конструктивно выполнен из «первичного преобразователя расхода и вторичного измерительного преобразователя. Первичный преобразователь расхода представляет собой специально изготовленный измерительный участок (отрезок трубы с приспособлениями для установки ПЭА и монтажа в трубопровод) с установленными на нем парой ПЭА из комплекта расходомера. Возможно использовать в качестве ИУ действующий трубопровод надлежащего качества и состояния после

подготовки его к монтажу ПЭА. Вторичный измерительный преобразователь содержит измеритель, управляющий электроакустическим зондированием и об-рабатывающий измерительные сигналы, и вычислитель, выполняющий вторичную обработку измерительной информации и хранение результатов измерений. Обмен данными между платами измерителя и вычислителя осуществляется по внутреннему интерфейсу RS-485. Для обеспечения внешних связей расходомера на плате вычислителя установлен электронный комбинированный модуль универсального выхода и последовательных интерфейсов RS-232 и RS-485. Управление работой расходомера и индикация измерительной, установочной, диагностической, архивной информации обеспечивается с помощью клавиатуры и графического жидкокристалличе-ского индикатора (ЖКИ). ЖКИ обеспечивает вывод четырех строк алфавитно-цифровой информации при 20 символах в строке. Период обновления текущей информации на экране ЖКИ составляет 1 с.» [29].

В расходомере ВЗЛЕТ для обслуживания и проведения поверки реализованы три ступени режимов, которые обеспечивают доступ к настройкам, а именно, непосредственно функция настройки, с помощью которой выполняются операции по настройке и подготовке к поверке прибора; функция сервиса, с помощью которой происходит подготовка к эксплуатации прибора; и работа, в режиме которого осуществляется эксплуатация прибора.

Для работы с прибором, а именно получать информацию по настроечным параметрам, работать с архивными данными, проводить диагностику узла учета используют интерфейсы:

– RS-232,

– RS-485,

– Ethernet.

«Последовательные интерфейсы RS − 232 и RS − 485 поддерживают протокол ModBus (RTU ModBus и ASCII ModBus), принятый в качестве

стандартного в приборах фирмы ВЗЛЕТ. Интерфейс RS − 232 может использоваться для непосредственной связи с персональным компьютером (ПК):

- по кабелю (при длине линии связи до 12 м);
- по телефонной линии (с помощью телефонного модема);
- по радиоканалу (с помощью радиомодема);
- по линии цифровой связи стандарта GSM 900/1800 МГц с помощью адаптера сотовой связи «ВЗЛЕТ АС» исполнения АССВ-030» [29].

«Дальность связи по телефонной линии, радиоканалу или канала сотовой связи определяется их характеристиками. Интерфейс RS-485 обеспечивает связь по кабелю в группе из нескольких абонентов, одним из которых может быть ПК, при длине линии связи до 1200 м. Подключение адаптера сотовой связи АССВ-030 к интерфейсу одиночного прибора или к линии связи группы приборов дает возможность передавать информацию по каналу сотовой связи, в том числе и в Интернет. Интерфейс Ethernet используется для связи приборов в локальной сети, а также может использоваться для обмена данными через Интернет между приборами локальной сети и удаленным компьютером (компьютерами). Обмен осуществляется через шлюз локальной сети, имеющий собственный (глобальный) IP-адрес. При обмене данные упаковываются в стек протоколов Ethernet / IP / UDP / TFTP / ModBus. Поддерживается также протокол ARP (Ethernet / ARP), который используется для определения MAC-адреса узла по IP-адресу запроса» [29].

«Назначения универсальных выходов, режимы работы, параметры выходных сигналов, а также отключение выходов задаются программными установками» [29].

«Токовый выход может быть реализован с помощью сервисного модуля токового выхода. Назначение и параметры работы токового выхода на базе сервисного модуля устанавливаются программно. Гальванически

развязанный токовый выход сервисного модуля может работать в одном из трех диапазонов: (0-5) мА, (0-20) мА или (4-20) мА.» [29].

Расчет НСХ (номинальная статическая характеристика) «токового выхода:

$$Q = Q\text{нп} + (Q_{\text{вп}} - Q_{\text{нп}}) \cdot \frac{I_{\text{вых}} - I_{\text{мин}}}{I_{\text{макс}} - I_{\text{мин}}} \quad (7)$$

где Q_V – измеренное значение расхода ($м^3/ч$; $м^3/с$; л/мин);

Qнп – заданное значение нижнего порога по токовому выходу, соответствующее Iмин, $м^3/ч$; $м^3/с$; л/мин;

Qвп – заданное значение верхнего порога по токовому выходу, соответствующее Iмакс, $м^3/ч$; $м^3/с$; л/мин;

Iвых – значение выходного токового сигнала, соответствующее измеренному значению расхода, мА;

Iмин – минимальное значение диапазона работы токового выхода (0 или 4), мА;

Iмакс – максимальное значение диапазона работы токового выхода
(5 или 20), мА» [29].

«Токовый выход в диапазонах работы (0-20) мА или (4-20) мА может работать на нагрузку сопротивлением до 1 кОм, в диапазоне (0-5) мА – до 2,5 кОм. Допустимая длина кабеля связи по токовым выходам определяется сопротивлением линии связи и входным сопротивлением приемника токового сигнала. Сумма сопротивлений не должна превышать указанного сопротивления нагрузки» [29].

При работе с архивными данными «результаты измерений и вычислений записываются во внутренние архивы: часовой, суточный, месячный, интервальный и архив дозатора. Часовой, суточный и месячный

архивы заполняются отдельно для каждого канала и все архивы имеют одинаковую структуру [29].

«Глубина архивов составляет:

– часового – 1440 записей (предыдущих часов);
– суточного – 60 записей (предыдущих суток);
– месячного – 48 записей (предыдущих месяцев);
– интервального – 14400 записей (предыдущих интервалов архивирования)» [29].

«Длительность интервала архивирования интервального архива может устанавливаться в пределах от 5 с до 2 часов выбором фиксированных значений. В одной записи фиксируются значения следующих параметров:

– V+ [M+] – суммарный объем [масса] при прямом направлении потока за интервал архивирования, $м^3$ (л) [т, (кг)];
– V- [M-] – суммарный объем [масса] при обратном направлении потока за интервал архивирования, $м^3$ (л) [т, (кг)];
– ∑V [∑M] – суммарный объем [масса] с учетом направления потока за интервал архивирования, $м^3$ (л) [т, (кг)];
– Тпр – время простоя, с – в часовом архиве, час:мин – в суточном и месячном архивах; в интервальном архиве Тпр не фиксируется» [29].

«Индикация значений архивируемых параметров сопровождается обозначением интервала архивирования:

– даты и часа – для часового архива;
– даты – для суточного архива;
– месяца и года – для месячного архива;
– даты и времени окончания интервала архивирования – для интервального архива» [29].

«Для каждого архива предусмотрена процедура поиска требуемой архивной записи. Архив дозатора предназначен для записи параметров по

результатам дозирования и может содержать до 512 записей. Каждая запись содержит:

- дату и время начала дозирования;
- Vз [Мз] – заданное значение объемной [массовой] дозы, $м^3$ (л) [т, (кг)];
- Vд [Мд] – отмеренное значение объемной [массовой] дозы, $м^3$ (л) [т, (кг)];
- Тд – время набора дозы, с;
- дату и время окончания набора дозы;
- Qср – средний объемный [массовый] расход в процессе дозирования, $м^3$/ч (л/мин) [т/ч (кг/мин)]» [29].

«Изменение значений установочных параметров фиксируются в журнале пользователя, который может содержать до 1000 записей. В журнале фиксируется:

- дата и время произведенной модификации;
- наименование модифицируемого параметра;
- значение параметра до модификации;
- значение параметра после модификации;
- порядковый номер записи» [29].

«Изменение режима работы прибора фиксируется в журнале режимов, который может содержать до 512 записей. В журнале режимов фиксируется:

- порядковый номер записи;
- наименование установленного режима работы прибора;
- дата и время установки режима» [29].

«Нештатные ситуации и отказы, возникающие в процессе работы расходомера, фиксируются соответственно в журнале нештатных ситуаций измерительного канала, журнале нештатных ситуаций дискретных (универсальных и токовых) выходов и журнале отказов. Журналы нештатных

ситуаций могут содержать до 512 записей, журнал отказов – до 60 записей. В журналах нештатных ситуаций фиксируется:

– порядковый номер записи;

– наименование нештатной ситуации;

– дата и время начала НС;

– длительность НС (часы, минуты, секунды);

– дата и время окончания НС» [29].

«В журнале отказов фиксируется:

– порядковый номер записи;

– наименование отказа;

– дата и время наступления отказа» [29].

Работа с архивными данными при эксплуатации расходомера счетчика ВЗЛЕТ УРСВ-510ц организована удобно, понятный интерфейс, достаточно функций, которые позволяют вывести отчет для анализа работы прибора и оценить полученные измеренные параметры узла учета энергоносителей.

По метрологическим характеристикам «пределы допускаемой относительной погрешности при измерении, индикации, регистрации, хранении и передаче результатов измерения среднего объемного расхода, объема жидкости при любом направлении потока не превышают значений, определяемых по формуле для расходомеров с ПП на базе участка действующего трубопровода или с ПП, изготовленным без лицензии ЗАО «ВЗЛЕТ», при поверке на имитационной поверочной установке, при типовом монтаже и условиях эксплуатации:

– при использовании ПП на базе прямолинейного ИУ Dy≥50 мм и установке врезных ПЭА по диаметру:

$$\delta = \pm\left(1{,}5 + \frac{0{,}2}{v}\right) \quad (8)$$

где δ – пределы допускаемой относительной погрешности, %;

v – скорость потока, м/с» [29].

«Пределы допускаемой относительной погрешности измерения времени работы в различных режимах не превышают ± 0,1 %» [29]. Данная относительная погрешность прибора предоставляет возможность получать точные измеренные значения, влияющие на учет и рациональное использование энергоресурсов.

1.3.3 Принцип действия преобразователя АИР 20/М2

На узлах учета энергоносителей изначально были установлены датчики давления МП4 с токовым выходом, которые осуществляли непрерывное преобразование давления в унифицированный выходной сигнал, обеспечивая по месту установки прибора визуализацию параметров. С 2000 гг. стали применяться датчики избыточного давления АИР-20/М2 производства НПП Элемер.

На рисунке 8 показан датчик давления АИР 20/М2

Рисунок 8 – Датчик давления АИР 20/М2

Рассмотрим контруктивные особенности датчика давления АИР 20/М2 Датчик давления АИР 20/М2 «состоит из первичного преобразователя давления (сенсора) и электронного устройства. Измеряемая среда подается в

камеру первичного преобразователя давления и деформирует его мембрану, что приводит к изменению электрического сопротивления расположенных на ней тензорезисторов или электрической емкости между деформируемой металлизированной мембраной и подложкой, в результате чего первичный преобразователь давления выдает сигнал напряжения. Электронное устройство преобразует электрический сигнал в цифровой код значения измеряемого давления, а затем и в значение давления. Значение давления преобразуется в унифицированный токовый выходной сигнал и отображается в виде числового значения на индикаторном устройстве, если оно входит в состав прибора. Индикатор АИР-20/М2 отображает измеренное значение давления с помощью четырехразрядного семисегментного индикатора ЖКИ. Для индикации единиц измерения в индикаторном устройстве с СДИ применены дополнительно три красных светодиода. В индикаторном устройстве с ЖКИ применена светодиодная подсветка белого свечения, которая при необходимости может быть отключена. Индикатор устанавливается в корпус АИР-20/М2 и может быть повернут относительно сенсорного блока от установленного положения на угол 180°» [24].

Конструктивно «под крышкой и фальшпанелью АИР-20/М2 на индикаторе расположены:

- кнопка подстройки «нуля»,
- винт подстройки «нуля» сигнала 0-5 мА,
- винт подстройки диапазона сигнала 0-5 мА,
- переключатели,
- разъемы для крепления фальшпанели,
- семисегментный индикатор,
- разъем интерфейса RS232,
- перемычки,
- светодиоды» [24].

«Подстройка «нуля» в АИР-20/М2 может осуществляться двумя способами:

– с помощью кнопки, расположенной под фальшпанелью прибора;
– с помощью геркона, расположенного на плате индикатора в непосредственной близости от стенки корпуса прибора» [24].

С помощью винта «подстроечного резистора осуществляется подстройка диапазона сигнала 0 −5 мА при значении тока сигнала 4-20 мА, равном 20 мА. Уменьшение сигнала достигается вращением винта по часовой стрелке» [24].

Датчик давления АИР 20/М2 зарекомендовал себя как надежное средство измерения давления как на открытых участках, так и в закрытых местах установки. Представленное на отечественном рынке данное средство измерения используется повсеместно, благодаря понятному и удобному конструктиву, который менее требователен к поднастройке в процессе эксплуатации.

1.3.4 Термопреобразователь сопротивления ТПТ-1-3

Для измерения температуры жидкости(воды) на трубопроводах ТЭЦ Волжского автозавода применяются термопреобразователи сопротивления платинового типа ТПТ-1-3.

На рисунке 9 показан датчик сопротивления ТПТ-1-3.

Рисунок 9 – Датчик сопротивления ТПТ-1-3

Основной принцип датчиков сопротивления заключается изменять электрическое сопротивление при воздействии температуры. Конструктивно выполнен в виде изоляционного каркаса, который обмотан тонкой проволокой, в данном случае из платины. Чтобы исключить воздействие среды и защитить от механических повреждений, непосредственно чувствительный элемент термометра сопротивления помещают в защитную гильзу. Главное достоинство при использовании термометров сопротивления данной конструкции заключается в получении результата при измерении температуры высокой степени точности. Использование платиновых термометров сопротивления в виду их устойчивости к окислению и обладанию высокой воспроизводимостью значений электрического сопротивления в интервале рабочих температур предопределило их широкое применение на узлах учета энергоносителей различных сред.

1.3.5 Тепловычислитель ТСРВ-024м

Тепловычислитель ВЗЛЕТ ТСРВ-024м предназначен для применения на узлах учета с целью «измерения и вычисления параметров теплоносителя и представления данных по потреблению» [30].

Данный тепловычислитель «обеспечивает:

- измерение с помощью первичных преобразователей текущих значений расхода, температуры и давления в контролируемых трубопроводах и определение текущих и средневзвешенных за интервал архивирования значений параметров теплоносителя;
- определение значений тепловой мощности и количества теплоты в теплосистеме;
- ввод при необходимости и использование в расчетах договорных значений параметров теплоносителя (температуры, давления, расхода) в трубопроводах, а также договорных значений массового расхода и тепловой мощности в теплосистеме;
- прием по последовательному интерфейсу и использование в расчетах текущих значений температуры на источнике холодной воды;

- возможность выбора из списка схемы потребления с заданными алгоритмами расчета тепла и набором используемых первичных преобразователей расхода, температуры и давления;
- программное назначение первичных преобразователей расхода, температуры и давления в контролируемых трубопроводах;
- организацию теплового учета как в отопительный, так и в межотопительный сезон с автоматическим переключением на соответствующий алгоритм расчета на базе двух расчетных теплосистем;
- архивирование в энергонезависимой памяти результатов измерений, а также установочных параметров для каждой теплосистемы;
- ввод базы установочных параметров по каждой теплосистеме;
- ведение журналов действий оператора, отказов и нештатных ситуаций;
- формирование на выходе логического сигнала;
- вывод измерительной, диагностической, установочной, архивной и другой информации на индикатор и через внешние интерфейсы;
- автоматический контроль и индикацию наличия неисправностей первичных преобразователей и нештатных ситуаций в теплосистемах, а также определение, индикацию и запись в архивы времени наработки и простоя, вида нештатной ситуации для каждой из теплосистем;
- установку критерия фиксации и вида реакции тепловычислителя (ТВ) на возможные неисправности или нештатные ситуации (НС);
- защиту архивных и установочных данных от несанкционированного доступа» [30].

В данном тепловычислителе все результаты работы сохраняются и архивируются.

На рисунке 10 показан тепловычислитель ТСРВ024м.

Рисунок 10 – Тепловычислитель ТСРВ-024м

На рисунке 11 изображено устройство тепловычислителя.

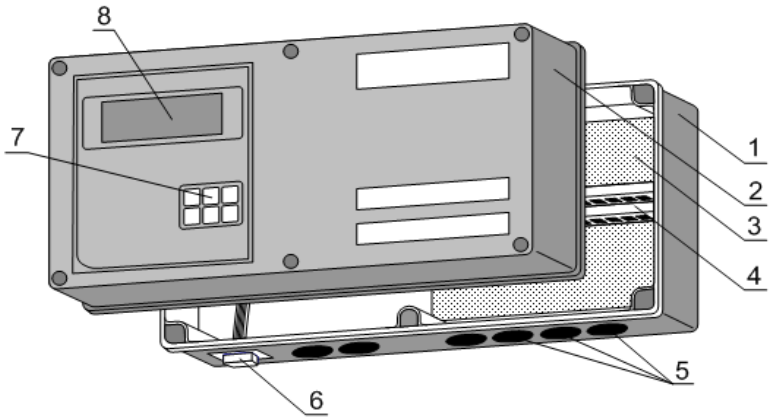

Рисунок 11 − Устройство тепловычислителя исполнения ТСРВ-024М

Конструктивно состоит из:

- блок коммутации,
- блок вторичного преобразователя и клавиатуры,
- модуль коммутации,
- элементы коммутации,
- мембранные заглушки,
- разъем интерфейса RS-232,
- клавиатура,

– индикатор.

«Принцип действия тепловычислителя исполнения ТСРВ-024м основан на измерении первичных параметров теплоносителя (расхода, температуры и давления) с помощью первичных преобразователей ПР, ПТ, ПД, установленных в контролируемых трубопроводах, и обработке результатов измерений с учетом заданных значений установочных параметров и в соответствии с выбранным алгоритмом» [30].

На рисунке 12 показана структурная схема тепловычислителя.

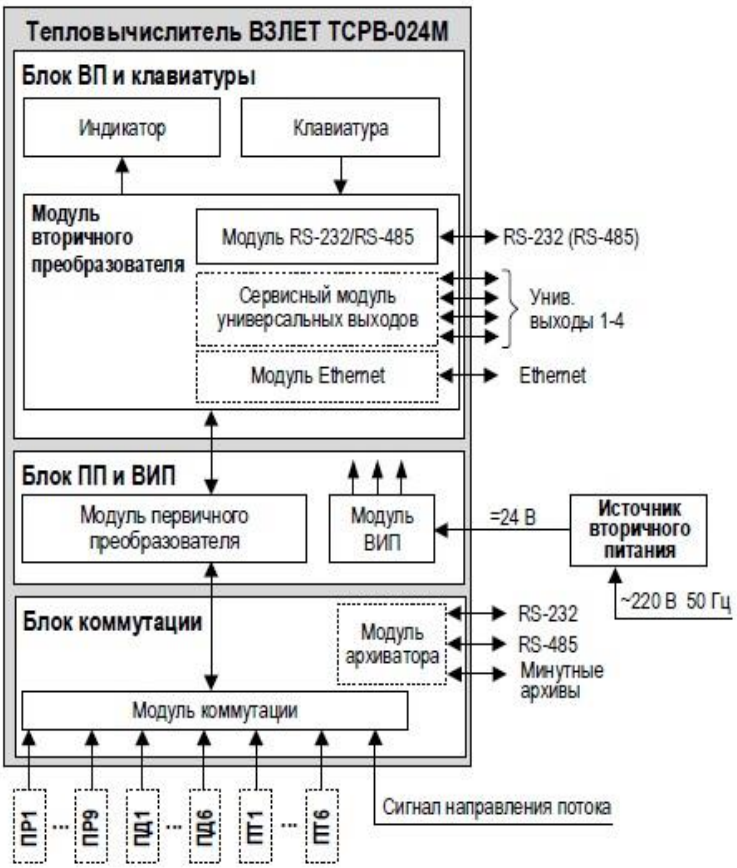

Рисунок 12 – Структурная схема тепловычислителя

При настройке тепловычислителя «назначения универсальных выходов, режимы работы, параметры выходных сигналов, а также отключение выходов задаются программными установками» [30].

Метрологические параметры тепловычислителя указывают «на :

– Пределы допускаемой относительной погрешности при преобразовании частотно-импульсных сигналов в значение объемного расхода, объема ± 0,1 °С;
– Пределы допускаемой абсолютной погрешности при преобразовании сигналов сопротивления в значение температуры ± 0,1 °С;
– Пределы допускаемой абсолютной погрешности при преобразовании разности сигналов сопротивления в значение разности температур ± 0,03 %;
– Пределы допускаемой приведенной к диапазону измерений погрешности при преобразовании токового сигнала в значение давления ± 0,5 %;
– Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении количества тепловой энергии и тепловой мощности в однотрубных системах теплоснабжения (при заданном значении давления) ± 0,5 %;
– Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении количества тепловой энергии и тепловой мощности в системах теплоснабжения, состоящих из двух и более труб (при заданном значении давления), где Δt – значение разности температур теплоносителя в прямом и обратном трубопроводе, °С ± (0,5 + 3/Δt)%;
– Пределы допускаемой относительной погрешности при измерении интервалов времени ± 0,01 %.» [30].

Использование тепловычислителей ВЗЛЕТ предоставляет возможность качественно и сбалансированно отслеживать процесс обработки и архивирования информации на узлах учета тепловой энергии.

1.4 Автоматизированная система оперативного контроля и управления

Автоматизированная система оперативного контроля и управления ТЭЦ Волжского автозавода представлена на технологической базе отечественного программно-технического комплекса КРУГ-2000 и «предназначена для автоматизированного дистанционного сбора оперативных и архивных данных с 35 приборов учета различного типа, организации коммерческого и технического учета энергоресурсов» [18].

Также «предусмотрена передача оперативных и архивных данных в единую автоматизированную информационно-измерительную систему технологического и коммерческого учета Самарского филиала ПАО «Т Плюс» (АИИС ТиКУ)» [18].

Главной задачей по созданию данной системы является возможность достоверно и с высокой точностью измерения отслеживать параметры отпуска и потребления энергетических ресурсов для выполнения экономических показателей эффективности за счёт:

- автоматизированного удаленного сбора оперативных и архивных данных с приборов учета с соотнесением результатов измерений к системному времени;
- внедрение коммерческого учета энергоресурсов согласно методики измерений;
- внедрение технического учета энергоресурсов для оперативного мониторинга параметров;
- внедрение технического учета энергоресурсов для своевременного реагирования на отклонения качества поставляемых энергоресурсов и обнаружения нештатных ситуаций в тепловых и гидравлических режимах работы ТЭЦ Волжского автозавода;
- незамедлительной диагностики приборов учета;

– автоматического создания и ведение отчетности в электронном виде по энергоучету.

Данная система выполняет следующие функции:

– автоматизированный опрос оперативных и архивных параметров, данных с приборов учета по цифровым интерфейсам RS-232, RS-485 в двух режимах, периодически по заданному расписанию и по команде пользователя или событию;
– обработка, документирование по созданию отчетов, протоколирование, архивирование данных;
– контроль работы программных и технических элементов системы;
– ведение паспортов по приборам учета;
– ведение автоматической записи в приборе учета показаний давления и температуры холодной воды (для проведения расчета тепловой энергии согласно Правилам коммерческого учета);
– синхронизация системного времени на всех компонентах системы;
– отображение оперативных и архивных данных на рабочем месте диспетчера в удобном для восприятия виде (таблицы, графики);
– WEB-публикация оперативных и архивных данных;
– организация различного уровня доступа пользователей в системе.

Результатом промышленной эксплуатации данной системы стало:

– исключение временного расхождения снятия показаний с приборов учета;
– возможность расчета с потребителями за поставленные теплоресурсы по утвержденным методикам измерения;
– уменьшение потерь и увеличение качества поставляемых энергоресурсов за счет своевременного контроля режимов работы систем теплоснабжения;
– уменьшение трудозатрат на сбор, анализ и составления отчетов энергоучета, выполнения операций по сведению балансов;

– объединение всех данных необходимых для ведения энергоучета в единую информационную структуру компании.

На рисунке 13 показана структура автоматизированной системы оперативного контроля и управления, реализованной на ТЭЦ Волжского автозавода.

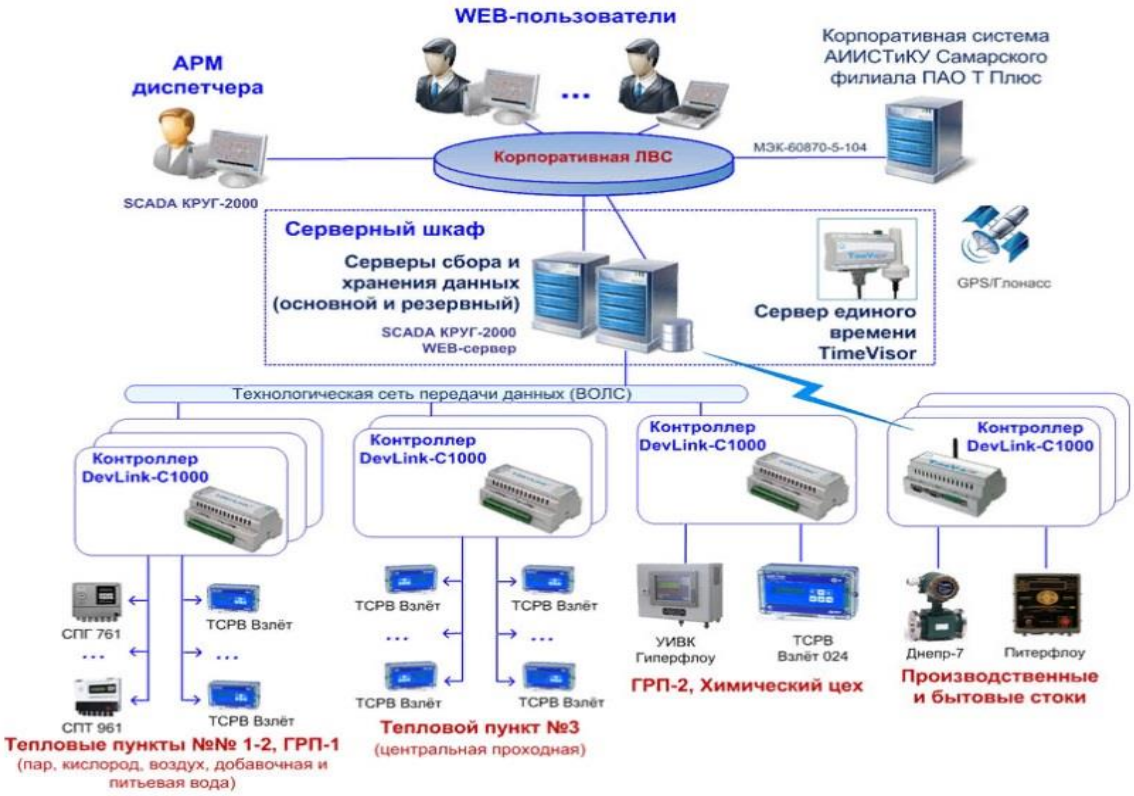

Рисунок 13 − Структура системы АСОКУ на ТЭЦ Волжского автозавода

Структура автоматизированной системы оперативного контроля и управления включает в себя:

– нижний уровень − 35 приборов учета, в числе которых корректоры по расходу газа, расходомеры по замеру сточных вод, вычислители тепла;

– средний уровень − сбор, временную обработку,запись параметров с 35 приборов учета с помощью контроллеров DevLink с последующей передачей на верхний структурный уровень;

− верхний уровень − на базе отечественной системы SCADA.

Верхний уровень опреативного контроля и управления включает в себя:

- два резервируемых выделенных сервера хранения и сбора информации с используемым программным комплексом WEB-Контроля;
- АРМ диспетчера;
- WEB-клиенты;
- сервер общего времени TimeVision.

Выводы по разделу 1

Представлены и рассмотрены: основное и вспомогательное оборудование, структура управления, технологические процессы, состав и состояние учета энергоносителей, автоматизированная система оперативного контроля и управления на ТЭЦ Волжского автозавода.

Уделено внимание установленным типам средств измерений, их конструктивным особенностям, вопросам эксплуатации на коммерческих узлах учета энергоносителей.

2 Анализ потенциала энергосбережения

Для определения проектных характеристик и необходимых для этого ресурсов требуется провести энергетическое обследование, результаты которого будут основой для проведения анализа потенциала энергосбережения.

Для постепенной реализации плана по срокам, направленных на улучшение показателей энергосбережения и энергоэффективности необходимо понимать, какое потребление ресурсов задействовано при нормальных режимах работы оборудования на предприятии и при измененных режимах, вследствии проведения мероприятий. При учете и контроле энергоресурсов оценка потенциала энергосбережения является необходимым этапом в дальнейшем управлении энергетическими потоками на предприятии.

После проведения обследования в 2017 году по энергетической эффективности были проведены расчеты на достижение экономии топлива 1340 т у.т. и разработаны мероприятия для достижения поставленных задач. На основании выполненных мероприятий и полученных результатов проводился анализ потенциала энергосбережения.

Информация о выполнении данных мероприятий:

При реализации мероприятий по количеству технологического оборудования и распределению по нагрузке редукционных охладительных установок типа РОУ 140/113, турбинных установок ПТ-60-130/13, «Т-100-130, Т-110-130-2, Т-110/120-130-3, ПТ-135/165/130/15, пиковых водогрейных котлов ПТВМ-100, ПТВМ-180, КВГМ-180-150-2» [20] и энергетических паровых котлов ТГМ-84, ТГМЕ-464 достигнут экономический эффект по использованию топлива 250 т.у.т.

Реализация мероприятий направленных на проведение испытаний в оптимальных режимах и наладочных работ на водогрейных котлах ПТВМ-

100 и КВГМ-180 достигнут экономический эффект по использованию топлива в 400 т.у.т.

При реализации мероприятий по использованию на сегодняшний день частотно-регулируемых приводов, как существующих, так и вновь установленных, для улучшения энергоэффективности системы водоснабжения ТЭЦ Волжского автозавода имеет огромное значение. Частотно-регулируемый привод в работе циркуляционных насосов позволяет реализовать наиболее оптимальные режимы. Использование частотно-регулируемых приводов на насосах воды с нагрузками, намного меньшими от номинальных позволило получить экономический эффект по использованию топлива 165 т.у.т., что не является пределом возможностей по рациональному использованию электроэнергии.

При разработке и внедрении автоматизированной системы оперативного контроля и управления (АСОКУ) и использовании ее потенциала, а именно при проведении учета энергоносителей снизился уровень ручного труда и удалось достигнуть экономию использования топлива 100 т.у.т. По части внедрения автоматизированной системы оперативного контроля и управления и расширения его функционала потенциал экономии не исчерпан.

Из-за отсутствия достаточной практики по замене пара на производственную воду на предприятиях, используемых мазут, ввиду различных причин, как в части технологий, так и на законодательном уровне, по экологической безопасности производства вопрос по реализации данного мероприятия открыт.

Для проведения работ по обслуживанию и ремонту водогрейных и паровых котлов, редукционно- охладительных, турбинных установок, а также проведение оперативного контроля за состоянием оборудования необходим отдел специалистов по данному профилю для решения подобного рода задач. Ввиду дефицита необходимого кадрового состава на рынке труда

наблюдается недостаточная укомплектованность персоналом данного профиля на ТЭЦ Волжского автозавода.

При решении вопроса по повышению квалификации существующего персонала, задействованным на таких направлениях, как учет энергоресурсов, технико-экономическое планирование на предприятии, создана группа специалистов, направленная на решение подобных задач. При реализации данного мероприятия, а именно создания группы специалистов, работающей на указанных направлениях, достижение по экономии использования топлива составило 120 т.у.т.

В последнее время продолжается работа по реализации энергосберегающих мероприятий. Проведено обновление освещения всех цехов предприятия, а именно химическом, котельном и турбинных цехах, а также на распределительных устройствах. Лампы накаливания были заменены на светодиодные лампы. Достижение по экономии использования топлива составило 150 т.у.т.

В 2020 году было выполнена полная модернизация турбогенератора №5, где была проведена замена поршневых компрессоров на винтовые, а также заменены аккумуляторные батареи и выключатели. Был установлен новый ротор. Эффект по экономии топлива превысил 300 т.у.т.

В 2021 году для удаления влаги из сжатого воздуха была установлена новейшая система доочистки воздуха. Достижение по экономии использования топлива составило 200 т.у.т.

Рассмотрим имеющиеся возможности по экономическим показателям топливно-энергетические ресурсы по таким параметрам, как: модернизация отдельных процессов на оборудовании; реализация в производстве энергосберегающих технологий; мероприятия, направленные на энергосбережение; улучшение качества по выполнению ремонта и обслуживания действующего оборудования.

2.1 Модернизация отдельных процессов на оборудовании

Данный резерв по экономии топливно-энергетических ресурсов по модернизации отдельных технологических процессов на оборудовании ТЭЦ ВАЗа, оценен величиной до 200 т.у.т.

Основными мероприятиями для реализации резерва экономии использования топлива:

- Вторичное использование энергоресурсов турбинных установок;
- Реконструкция системы подачи специально подготовленной воды;
- Организация учета и анализа энергетических ресурсов;
- Организационные мероприятия по уменьшению тепловых потерь при эксплуатации теплосетей.

2.1.1 Вторичное использование энергоресурсов турбинных установок

На ТЭЦ Волжского автозавода используется оборотная схема охлаждения, где выделяемая теплота от охлаждения турбинных установок теряется в градирных установках. При применении теплообменника пластинчатого типа в схеме охлаждения имеет место вторичное использование энергоресурса для повышения на турбинных установках коэффициента полезного действия. За счет данных действий получаем уменьшение расхода теплового ресурса, используемого для производства электрической энергии. Экономический эффект от данного мероприятия 30 т.у.т. использования топлива.

2.1.2 Реконструкция системы подачи специально подготовленной воды

Данная реконструкция системы подачи специально подготовленной воды к теплофикационным бойлерным установкам подразумевает менять последовательную схему на параллельную и наоборот в зависимости от временного (отопительного) периода. По проектной схеме на ТЭЦ Волжского автозавода изначально реализована параллельная схема подачи

специально подготовленной сетевой воды к теплофикационным бойлерным установкам. До и после отопительного периода при работе данной схемы выяснилось, что для загрузки теплофикационных бойлерных установок специально подготовленной сетевой водой недостаточно, что в технологическом процессе, в дальнейшем, происходит снижение производства электрической энергии. Чтобы выйти на загрузку теплофикационных бойлерных установок в полном объеме во временной интервал до и после отопительного периода необходимо изменить с параллельной на последовательную схему подачи специально подготовленной сетевой воды.

При эксплуатации теплофикационных бойлерных установок в отопительный период необходимо использовать параллельную схему подачи специально подготовленной сетевой воды, чтобы исключить возрастание температуры второй теплофикационной бойлерной установки по отношению к первой на 20-25°С, что в свою очередь, приводит к повышению давления на второй теплофикационной бойлерной установке. Тем самым происходит снижение производства электрической энергии. Использование схему подачи специально подготовленной воды к теплофикационным бойлерным установкам переводом с последовательной на параллельную и наоборот в зависимости от межотопительного и отопительного периодов экономический эффект по использованию топлива составит около 150 т.у.т.

2.1.3 Проведение анализа работы приборов на узлах учета

В связи с поступлением на ТЭЦ Волжского автозавода энергоресурсов таких, как природный газ, питьевая вода, кислород, сжатый воздух и с отпуском пара, теплофикационной, технологической, обессоленной воды необходимо обеспечить учет с дальнейшим мониторингом и анализом параметров. Именно учет является основанием для развития планов по энергосбережению и энергоэффективности. Оценка экономических показателей напрямую зависит от задействования производственных процессов с энергоемкостью меньшей после использования мероприятий по

энергосбережению. После установки приборов учета снижение потребления энергии становится очевидным. Кроме организации учета электрической и тепловой энергии, а также топлива, для потребителя имеет огромное значение количественный учет как потребленного, так и утерянного теплоносителя, так как в настоящее время стоимость данного продукта находится в постоянном росте. В плане экономического эффекта тепловая энергия, по отношению к электрической энергии, имеет большие ресурсы. Изготовители данного оборудования на данный момент предлагают огромный выбор своего продукта как отечественных, так и импортных образцов.

На ТЭЦ Волжского автозавода для учета тепловой энергии с 2008 года применяются расходомеры ультразвукового метода измерения фирмы ГК Взлет г. Санкт-Петербург, так как именно у этих расходомеров данного производителя на тот период уже имелась возможность фиксировать реверс потока, причем ведение этого параметра по учету расхода тепловой энергии осуществляется независимо друг от друга. Для проведения измерений температуры теплоносителя до 2008 года активно применялись медные термометры сопротивления, принцип действия которых устроен на зависимости электрического сопротивления металлов и его сплавов (проволоки на диэлектрической подложке) от температуры.

Применение металлических термометров сопротивления, в отличии от термометров жидкостного или механического типа, дало следующие преимущества:

- возможность использования контрольных измерительных приборов;
- высокая степень точности при измерении температуры;
- возможность использования в автоматизированной системы контроля и управления.

Для подбора термометров сопротивления, применяемых на узлах учета энергоносителей, необходимо обращать внимание на номинально-

статическую характеристику (НСХ), которая непосредственно определяет зависимость сопротивления от температуры.

На сегодняшний день широкое применение получили термометры модели КТПТР градуировки 100 П.

Преимущества использования термометров сопротивления на платиновой основе:

- устойчив к окислительной воздушной среде;
- длительность сохранения градуировочных данных;
- высокий температурный коэффициент сопротивления;
- длительный срок службы.

На рисунке 14 показана зависимость диапазона измеряемых температур от НСХ, где:

- температурный коэффициент для термометров сопротивления на медной основе 50 Ом, 100 Ом α=0,00428°C^{-1};
- температурный коэффициент для термометров сопротивления на платиновой основе 50 П, 100 П α=0,00391°C^{-1};
- температурный коэффициент для термометров сопротивления на платиновой основе Pt 100, Pt 500, Pt 1000 α=0,00385°C^{-1}.

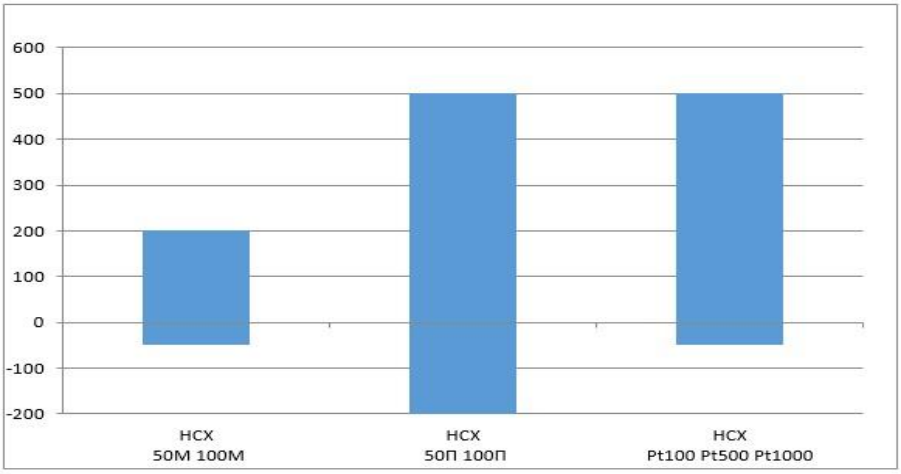

Рисунок 14 − График Зависимость диапазона измеряемых температур от НСХ

Для проведения измерения давления изначально применялись датчики давления модели Метран 55 ДА (абсолютного типа) производителя ПГ Метран города Челябинск. Данный тип датчиков предназначен для преобразования давления жидкости и газа при давлении не более 16 МПа в унифицированный токовый выходной сигнал с возможностью дистанционной передачи. В связи с ростом цен на комплектующие измерительных приборов, используемых при выполнении ремонтных работ, было принято решение установить датчики отечественного производителя НПП Элемер город Зеленоград модели АИР − 20/М2 ДИ. Данные датчики избыточного давления зарекомендовали себя с положительной стороны, благодаря отличному качеству и, по сравнению с продукцией ГК Метран, экономически оправданным выбором.

Для вычисления количества тепловой энергии, а также измерения массы теплоносителя и его параметров применялись счетчики теплоты СТД производителя НПФ «ДИНФО».

Главным элементом по функциональности СТД является вычислитель ВТД. Основные задачи вычислителя СТД:

- вычислительная функция по расходу, массе жидкости;
- обработка сигналов с первичных преобразователей давления;
- обработка сигналов с первичных преобразователей температуры;
- накопление архивных данных;
- учет нештатных ситуаций;
- ведение учета времени в перерывах питания.

На время отсутствия питания вычислитель ВТД прекращает функцию счета по параметрам массы и энергии, а также не накапливает и не подставляет договорные значения. При возникновении нештатных ситуаций происходит прекращение функции счета при неисправностях аппаратного плана.

По метрологическим характеристикам тепловычислителя ВТД:

– предел относительной погрешности при измерении объема ±2%;
– предел относительной погрешности при измерении объемного расхода (токовый сигнал) и давления (токовый сигнал) ± [относительная погрешность преобразования вычислителя + относительная погрешность самого преобразователя].

После проведения обследования по работоспособности узлов учета по тепловой энергии, для точного учета и анализа была проведена масштабная модернизация по внедрению тепловычислителей фирмы ГК Взлет, так как они имели ряд преимуществ в сравнении с другими производителями данных устройств.

Преимущества:

– учет тепла в 3-х системах, независимых друг от друга;
– осуществление задания по автоматической реакции, рассчитанных на нештатные ситуации в количестве 32 шт.;
– присутствие сигнала автореверса на входе;
– обеспечение 11 типовых схем в памяти систем измерения и расчетных алгоритмов;
– присутствие контрольной суммы настроечных и установочных параметров базы;
– обеспечение от нежелательного доступа системой многоуровневой защиты;
– удобство применения «Конфигуратора базы» в работе.

Необходимо принять во внимание тот факт, что тепловычислитель Взлет не прекращает функцию счета на период отсутствия питания за счет встроенной батареи питания. Также тепловычислитель данного производителя продолжает ведение архивных данных по накоплению параметров расхода, давления, температуры, при необходимости сохраняя возможность подставлять договорные значения. Нештатные ситуации продолжают архивироваться в базе данных прибора. По метрологическим

характеристикам тепловычислители Взлет по отношению к относительной погрешности имеют ±1%, что в 2 раза точнее параметров по этому показателю тепловычислителей ВТД. Применение данного оборудования по учету тепловой энергии дает возможность получение экономического эффекта по использованию топлива около 200 т.у.т.

2.1.4 Организационные мероприятия по уменьшению тепловых потерь

На ТЭЦ Волжского автозавода одним из проблемных источников при эксплуатации тепловых сетей являются тепловые потери. Только за счет снижения непроизводительных тепловых потерь при эксплуатации тепловых сетей и, соответственно, увеличения коэффициента полезного действия (КПД) даст возможность повысить топливно-экономические показатели. Учитывая большой износ тепловых сетей необходимо выполнение следующих мероприятий:

- использование сетевых насосов с высоким коэффициентом полезного действия;
- применение частотных преобразователей с целью автоматического регулирования скорости вращения двигателей насосного оборудования;
- применение новых теплоизоляционных материалов при укладке теплотрасс;
- использование запорной и регулирующей арматуры с механизмом заслонок поворотного типа;
- установка необслуживаемых компенсационных устройств.

Экономический эффект при выполнении данных мероприятий составит около 500 т.у.т.

2.2 Улучшение качества по выполнению ремонта и обслуживания действующего оборудования

При грамотном и эффективном планировании, а в последующем выполнении работ, связанных с ремонтом и обслуживанием технологического оборудования, зависят экономические показатели по части топливно-энергетических ресурсов на котельной ТЭЦ Волжского автозавода. Проведение точной и качественной диагностики состояния технологического оборудования, технического обслуживания автоматических систем, контрольных измерительных приборов и автоматики, составление технологических карт и соблюдение всех необходимых режимов работы редукционных охладительных, турбинных установок, водогрейных и паровых котлов, своевременный контроль параметров расхода, давления, температуры, влажности энергоносителей для исключения аварийных и нештатных ситуаций.

Резерв по экономии топливно-энергетических ресурсов по этому показателю за год составит по использованию топлива 600 т.у.т.

При увеличении качественных показателей по ремонту и обслуживанию технологического оборудования персоналом ТЭЦ Волжского автозавода, а именно выполнение организационно-технических мероприятий по контролю за состоянием оборудования, недопущению нештатных и аварийных ситуаций, реализация резерва по экономии топливно-энергетических ресурсов в 600 т.у.т. будет достигнута.

2.3 Внедрение энергосберегающих технологий

На ТЭЦ Волжского автозавода в период с 1999 г по 2005 г при введении в эксплуатацию технологического оборудования многие эффективные решения в области энергосбережения были предусмотрены. Внедрение технологий по энергосбережению по таким позициям, как

электрогенераторы, трансформаторы, теплообменники, теплофикационные бойлерные установки, редукционные охладительные, турбинные установки, водогрейные, паровые котлы, применение технологий по чистке нагревательных поверхностей имеет ограниченные возможности.

Большие сроки окупаемости при существующих графиках работы оборудования в ближайшей перспективе не просматривается модернизация и внедрение планов по энергосбережению на газотурбинных технологических установках.

В связи с установкой новых частотно-регулируемых приводов на насосах сетевой воды, мазута, технической воды возможность приобретения экономического эффекта реальна в ближайшей перспективе.

В виду работы котлов на газовом топливе, а также постоянном проведении регламентных работ по чистке, поверхности как наружные, так и внутренние теплообменники находятся в чистом виде по эксплуатационным признакам. Соответственно, даже после внедрения каких-либо других технологий по проведению чистки поверхностей значимого экономического эффекта ожидать не стоит.

По внедрению на ТЭЦ Волжского автозавода автоматизированной системы контроля и управления компанией «КРУГ» была проведена огромная работа по разработке и введению в эксплуатацию данного оборудования.

Представителями организации «КРУГ» выполнен полный перечень работ:

- составление проектной документации,
- поставку технологического оборудования,
- проведение инженерных изысканий,
- работы по установке оборудования,
- проведение работ по пусконаладке,
- проведение аттестации комплекса в целом.

Это обеспечило автоматизированный сбор архивных и оперативных данных со всех приборов учета и приведению к единому времени дистанционно, а также выявлений в поставляемых ресурсах качественных отклонений и обнаружений с последующей фиксацией для анализа и принятия мер в различных режимах работы технологического оборудования. Основные задачи, которые были поставлены по автоматизации процессов можно считать выполненной.

По организации учета энергоносителей для получения эффективных результатов измерений, обработки и передачи сигналов в сеть имеет место осуществить замену существующего парка приборного оборудования с использованием новейших образцов и технологий отечественных производителей. Это решение позволит в ближайшей перспективе получить экономический эффект по тепловой и электрической энергии.

2.4 Мероприятия, направленные на энергосбережение

На ТЭЦ Волжского автозавода, на основании результатов по энергетическому обследованию, мероприятия по энергосбережению, в рекомендательной форме на срок с 2023-2026 г.г. отображены в таблице 8.

Экономический эффект по использованию топлива составит около 500 т.у.т.

Данные мероприятия предоставляют возможность улучшить основные топливные энергетические показатели на предстоящие пять лет и позволяют достичь улучшенных показателей расхода топливных ресурсов на отпуск электрической и тепловой энергии.

Для проведения расчета прогрессивных норм на 2022 по 2025 гг. использовались отчетные показатели 2017 года среднегодовых удельных расходов топлива и предоставления потребителям электрической и тепловой энергии

Таблица 8 − Энергосберегающие мероприятия

Наименование мероприятия	Экономия топлива, т у.т./год (млн. руб.)	Ориентировочный срок реализации	Ориентировочный объем финансирования, млн. руб.	Срок окупаемости, лет
Вторичное использование энергоресурсов турбинных установок	30 (45)	2023-2027 гг.	100	2,3
Реконструкция системы подачи специально подготовленной воды	150 (190)	2023-2027 гг.	550	2,0
Организация учета и анализа энергетических ресурсов	200 (250)	2023-2027 гг.	30	1,9
Организационные мероприятия по уменьшению тепловых потерь при эксплуатации теплосетей	500(440)	2023-2027 гг.	310	2,0
Организация ремонта и обслуживания технологического оборудования, топливно-экономических показателей	600 (850)	2023-2027 гг.	850	2.0

Опираясь на полученные данные, те мероприятия, которые имеют низкий срок окупаемости, после проведения организационных и технических мер имеют на выходе уменьшение энергоемкости технологического оборудования. Те проекты, требующие больших инвестиций, как правило, имеют место быть реализованными в долгосрочной перспективе.

В таблице 9 представлены расчетные данные по предоставлению электричества и тепла.

Таблица 9 – Расчетные данные по предоставлению электричества и тепла

Энергоресурс	2017 г.		2017 год Удельный Q топлива Средний за год	
	Единица измерения	Величина	Единица измерения	Величина
Электроэнергия	тыс. кВт·ч	7015	г/кВт·ч	171,0
Тепловая энергия	ГДж (Гкал)	1 195 600 (270 600)	кг/ГДж (кг/Гкал)	37,01 (160,4)

В таблице 10 приведен подсчет по годам в рамках проведения мероприятий, направленных на энергосбережение.

Таблица 10 − Подсчет по годам в рамках проведения мероприятий, направленных на энергосбережение

Энергоресурс	Уменьшение Q топлива (т у.т.) к 2017 г				Норма Qтоплива на реализацию по тепловой (кг/ГДж; кг/Гкал) и электрической (г/кВт·ч) энергии			
Год(период)	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
Электроэнергия	74	170	295	350	171,0	170,7	170,0	169,0
Тепловая энергия	74	170	295	350	37,00 (160,3)	36,91 (160,2)	36,84 (160,1)	36,75 (160,0)

Несомненно, проведение таких исследований, как анализ потенциала энергосбережения, в дальнейшем, играет значимую роль в грамотном распределении энергоресурсов и их управлении.

Выводы по разделу 2

Исследован проведенный анализ потенциала энергосбережения на ТЭЦ Волжского автозавода, где определено его влияние на формирование и реализацию мероприятий по энергосбережению.

Определены мероприятия по энергосбережению для реализации планов по улучшению топливных экономических показателей на предстоящие пять лет (до 2027 г.).

Выполнен расчет электрической и тепловой энергии по программе выполнения энергосберегающих мероприятий.

3 Энергетическое обследование приборной базы и сравнительный анализ показаний на узлах учета

Одна из значимых проблем на сегодняшний день при проведении учета тепловой энергии на магистральных трубопроводах является достаточно большая стоимость неточности полученных данных при измерениях на границах раздела как отдающей, так и принимающей стороны. Ранее были рассмотрены узлы учета тепловой энергии, установленные на ТЭЦ Волжского автозавода. По данным параметрам, полученных при измерении и зафиксированных в архивах приборов учета, проводится расчет за потребленные энергоресурсы между ТЭЦ Волжского автозавода и АО «АВТОВАЗ». Для исключения ситуаций, связанных с ошибками при проведении измерений, а в дальнейшем с проведением финансовых расчетов с поставщиком, необходимо провести сравнительный анализ показаний, полученных при измерении на узлах учета ТЭЦ Волжского автозавода с измеренными значениями необходимых параметров на узлах учета, установленных на центральных тепловых пунктах АО «АВТОВАЗ». Для этого требуется исследовать существующий парк контрольных измерительных приборов на узлах учета энергоресурсов принимающей стороны в лице предприятия АО «АВТОВАЗ», а также провести контрольные замеры с помощью переносных средств измерения расхода жидкости.

На центральных тепловых пунктах предприятия АО «АВТОВАЗ» установлены приборы учета тепловой энергии на трубопроводах теплофикационной и отопительной воды, указанные в таблице 11.

Данные средства измерения не относятся к коммерческим приборам учета. Плановое предупредительное обслуживание, а также ремонтные работы осуществляются в полном объеме. Приборы учета на обессоленной воде отсутствуют

Таблица 11 − Приборы учета тепловой энергии АО «АВТОВАЗ»

Наименование сети	Диаметр трубопровода,мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип средства измерения	Диапазон измерений	Класс точности		
Теплофикационная вода ПВАЗ-1	1001	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ОВАЗ-1	997	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ПВАЗ-2	998	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ОВАЗ-2	997	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Технологическая вода ПТ-1	799	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Технологическая вода ОТ-1	799	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон

Продолжение таблицы 11

Наименование сети	Диаметр трубопровода,мм	Тип прибора				Измеряемый параметр	Изготовитель
		Единица измерений	Тип средства измерения	Диапазон измерений	Класс точности		
Технологическая вода ПТ-2	693	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Технологическая вода ОТ-2	703	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ППТО-1	1000	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ОПТО-1	1000	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ППТО-2	1000	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон
Теплофикационная вода ОПТО-2	1000	°С	ТСМ 50М	-50… +150	1	Температура	ЗАО Термико
		МПа	АИР 20	0-1,6	0,5	Давление	НПП Элемер
		$м^3/ч$	УЗР-В	2000-9000	3	Расход	ОАО Экран Акустрон

3.1 Принцип работы расходомера Акустрон УЗР-В

Данный расходомер производится на предприятии ОАО Самарского завода «Экран». Предназначен для проведения измерения расхода и объема жидкости в трубопроводах напорного типа. Расходомер со счетчиком является частотно-импульсным расходомером с одновременной работой двух синхроколец в одном электроакустическом канале.

Расходомер УЗРВ Акустрон показан на рисунке 15.

Принцип действия расходомера УЗРВ Акустрон «заключается в изменении скорости распространения ультразвукового сигнала в движущейся среде в зависимости от величины составляющей скорости этой среды в направлении распространения ультразвукового сигнала» [19].

Расходомер УЗРВ Акустрон показан на рисунке 15.

Рисунок 15 − Расходомер УЗРВ Акустрон

С двух сторон трубопровода диаметром *D*, по которому перекачивают жидкость со скоростью *V*, установлены ПП1 и ПП2 под углом *a* к оси трубопровода. С помощью высокочастотных кабелей 1 и 2 ПП1 и ПП2 соединены с ПИ. «Импульс с выхода формирователя запускающих импульсов ФЗИ1 поступает на ПП1, который излучает короткий ультразвуковой сигнал» [19]. Прохождение сигнала через измеряемую жидкость и прием ПП2 через Т1, «определяется по формулам:

$$T1 = \frac{L}{c - v1}, \tag{9}$$

$$L = \frac{D}{\sin \alpha}, \tag{10}$$

$$v1 = v \cdot \cos \alpha, \tag{11}$$

где T1− время, мкс;

L− расстояние между ПП, м;

C− скорость ультразвука в измеряемой жидкости, м/с;

V1− проекция вектора скорости V измеряемой жидкости на направление распространения ультразвукового сигнала, м/с;

D − диаметр трубопровода, м;

α − угол между направлением потока измеряемой жидкости и направлением распространения ультразвукового сигнала, …°» [19].

«Принятый ПП2 ультразвуковой импульс усиливается усилителем УС и поступает на формирователь запускающих импульсов ФЗИ1. Формирователь запускающих импульсов ФЗИ1 вновь формирует импульс, поступающий на ПП1, и процесс прохождения сигнала повторяется. Таким образом, возникает автоциркуляция импульсов в первом синхрокольце» [19], определяемой по формуле:

$$F1 = \frac{I}{T1} = \frac{C - V1}{L} \tag{12}$$

где F1− частота автоциркуляции импульсов, Гц.

«Аналогично работает второе синхрокольцо. В этом случае импульс с выхода формирователя запускающих импульсов ФЗИ2 поступает на ПП2, который излучает короткий ультразвуковой сигнал. Этот сигнал проходит через контролируемую среду и принимается пьезодатчиком ПП1 через время, определяемое по формуле:

$$T1 = \frac{L}{C + V1} \tag{13}$$

где Т2− время, мкс» [19].

Схема расходомера УЗРВ Акустрон представлена на рисунке 16.

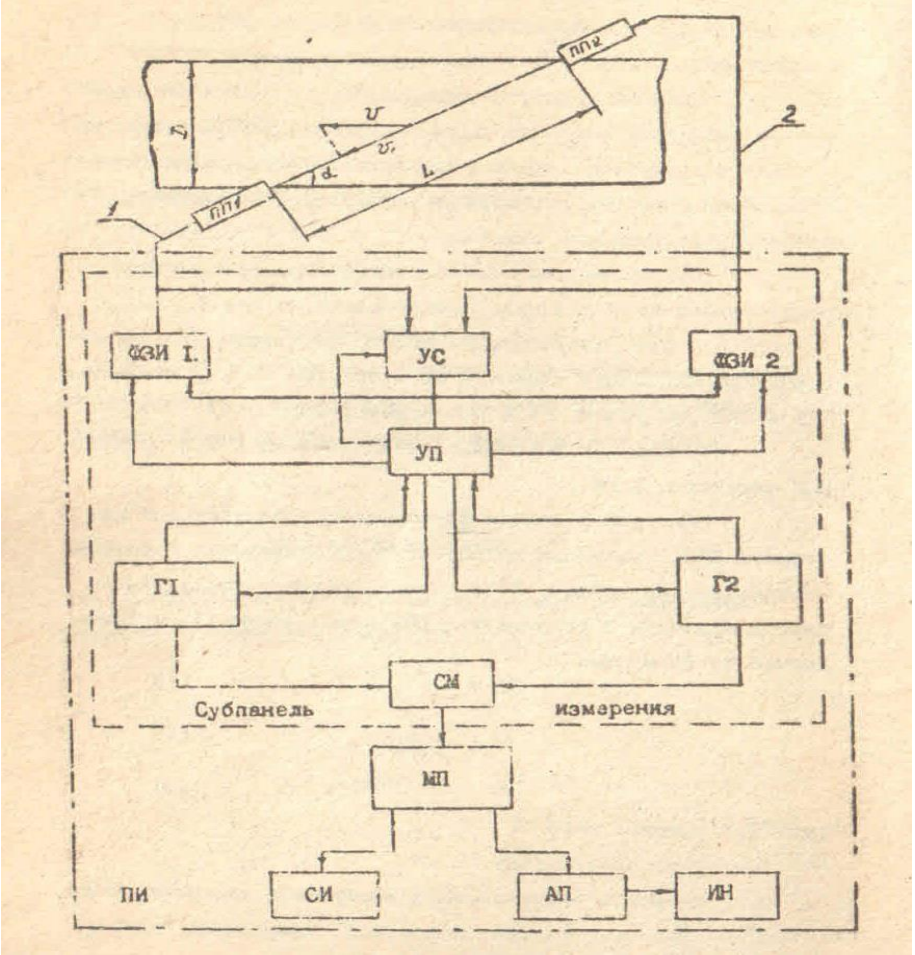

Рисунок 16 − Схема расходомера УЗРВ Акустрон

Следовательно, «принятый ПП1 ультразвуковой импульс усиливается УС и поступает на формирователь запускающих импульсов ФЗИ2. Формирователь запускающих импульсов ФЗИ2 вновь формирует импульс, поступающий на ПП2, и процесс прохождения сигнала повторяется. В результате повторения процесса прохождения сигналов возникает

автоциркуляция импульсов во втором (ведомом) синхрокольце» [19] с частотой, определяемой по формуле:

$$F2 = \frac{I}{T2} = \frac{C + V1}{L} \quad (14)$$

где F2– частота автоциркуляции импульсов, Гц.

«Оба синхрокольца одновременно работают в одном электроакустическом канале. Работой синхроколец управляет устройство управления УП, обеспечивающее необходимую их синхронизацию» [19]. Устройство управления УП обеспечивает жесткую привязку частот генераторов Г1 и Г2 к частотам синхроколец, по формуле:

$$f_1 = k \cdot F_1, \quad (15)$$

$$f_2 = k \cdot F_2 \quad (16)$$

где f1 и f2 – частота генераторов Г1 и Г2, Гц;

k– коэффициент преобразования.

Последовательности импульсов с генераторов Г1 и Г2 поступают на смеситель СМ, выделяющий разностную частоту, определяемую по формуле:

$$\Delta F = k(F2 - F1) = k\left(\frac{C + V_1}{L}\right) - \left(\frac{C - V_1}{L}\right) = \frac{2V_1 k}{L}, \quad (17)$$

$$\frac{2V_1 k}{L} = \frac{2V \cdot k \cdot \cos\alpha \cdot \sin 2\,\alpha}{D} = \frac{V \cdot k \cdot \sin 2\,\alpha}{D} \quad (18)$$

где ΔF– разностная частота, Гц.

При угле α=45° и k=100, формула упрощается и получается следущее выражение для определения разностной частоты:

$$\Delta F = 100 \cdot \frac{V}{D} \quad (19)$$

«Разностная частота линейно зависит от скорости жидкости V в трубопроводе и не зависит от скорости ультразвука в измеряемой жидкости, а значит не зависит от изменения ее физических свойств. Последовательность импульсов разностной частоты с выхода смесителя СМ через масштабный преобразователь АП, который линейно преобразует частоту в аналоговый сигнал. Аналоговый сигнал о расходе поступает на стрелочный индикатор расхода. Шестиразрядный электромеханический счетчик импульсов позволяет контролировать количество жидкости, прошедшей по трубопроводу. В приборе предусмотрена система встроенного контроля, исправной работы прибора и опорожнения трубопровода. В данном расходомере допускается максимальное удаление пьезоэлектрических датчиков от измерительного прибора до 150 метров» [19].

Главные недостатки расходомеров Акустрон заключаются в отсутствии возможности архивирования показаний расхода как по объему, так и по массе жидкости, автоматического расчета Гкал, а также энергоемкая процедура при проведении технических работ по настройке с использованием образцового оборудования, требующая высокой квалификации исполнителя.

3.2 Устройство преобразователя температуры Ш-79

Данный преобразователь измерительный преобразует сигналы с термопреобразователей сопротивления ТСМ или ТСП в унифицированный сигнал напряжения постоянного тока 0 − 10 В или в сигнал постоянного тока 0 − 5 мА.

На рисунке 17 показана схема устройства преобразователя температуры Ш-79.

Рисунок 17 – Устройство преобразователя температуры Ш-79

Составные элементы преобразователя:

- измерительный мост,
- входной усилитель,
- устройство гальванической развязки,
- фильтр,
- выходной усилитель,
- источник стабилизированного питания.

Преобразование изменения сопротивления термометра, находящегося в одном из плеч моста в напряжение постоянного тока происходит за счет измерительного моста. Напряжение, получаемого на выходе измерительного моста подается на входной усилитель, где происходит его усиление до 1 В. Гальваническое разделение входной и выходной цепей происходит за счет трансформаторного устройства. Подавление помех осуществляется за счет фильтра на выходе устройства гальванической развязки. Унифицированный выходной сигнал 0-10 В. Или 0-5 мА получаем на выходе усилителя. Все узлы в составе Ш-79 питаются от источника стабилизированного питания, который, в свою очередь запитан от сети переменного тока 220 В, 50Гц.

На рисунке 18 показан преобразователь температуры Ш-79.

Рисунок 18 – Преобразователь температуры Ш-79

Одним из существенных недостатков преобразователей Ш79 является отсутствие взаимозаменяемости при использовании первичных преобразователей разных градуировок.

3.3 Архивные данные с тепловычислителей ТЭЦ ВАЗа

Для анализа показаний рассмотрим полученные архивные значения с тепловычислителя ВЗЛЕТ ТСРВ-024 по технологической воде вводов 1, 2 (на прямом и обратном трубопроводах) по ТЭЦ Волжского автозавода.

На рисунке 19 приведены данные с узлов учета технологической воды ПТ1, ОТ1 с ТЭЦ Волжского автозавода.

Отчет о суточных параметрах
(01.08.2024 0:00:00 - 31.08.2024 0:00:00)

Объект: Тольятти г, Вокзальная ул, д. 100 (ТЭЦ ВАЗа)
Прибор: ТСРВ-024 (ТЭЦ ВАЗа. Технология 1 (в работе с 13.12.22)) Заводской номер: 106809
Точка измерения: ТС1 (ТЭЦ ВАЗа. Технология 1 (в работе с 13.12.22)); Ресурс: ТС

Схема измерений: Пользовательская

Дата	t1	t2	dt	V1	V2	M1	M2	Mтс	P1	P2	W1	W2	Wтс	Wгв	tхв	Тнар	НС	NSCodes
	°C	°C	°C	м3	м3	т	т	т	МПа	МПа	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	°C	ч		
01.08.2024	119.00	36.08	82.92	29707.82	45.32	28046.98	45.04	28001.94	0.55	0.44	2774.33	0.71	2773.623	0.00	20.28	24.00	*	8
02.08.2024	119.90	36.35	83.55	29657.44	57.94	27977.75	57.58	27920.17	0.57	0.47	2793.22	0.93	2792.295	0.00	20.29	24.00	*	8
03.08.2024	114.07	35.86	78.21	29404.00	50.79	27874.47	50.48	27823.99	0.57	0.46	2618.70	0.78	2617.918	0.00	20.24	24.00	*	8
04.08.2024	119.09	37.53	81.56	28988.72	52.54	27364.91	52.19	27312.72	0.61	0.46	2711.18	0.89	2710.288	0.00	20.21	24.00	*	8
05.08.2024	126.02	37.44	88.58	28376.58	46.96	26627.72	46.64	26581.08	0.64	0.46	2824.91	0.80	2824.109	0.00	20.18	24.00	*	8
06.08.2024	122.77	39.07	83.70	27460.71	45.02	25843.85	44.69	25799.15	0.71	0.47	2655.35	0.83	2654.514	0.00	20.24	22.33	*	0, 8, 9
07.08.2024	127.44	41.05	86.39	31060.37	43.81	29108.41	43.46	29064.96	0.73	0.47	3124.23	0.89	3123.344	0.00	20.45	24.00	*	8
08.08.2024	124.06	42.33	81.73	31043.81	41.98	29182.95	41.63	29141.32	0.74	0.48	3026.80	0.89	3025.915	0.00	20.64	24.00	*	8
09.08.2024	112.64	42.28	70.36	31275.83	46.05	29683.38	45.65	29678.54	0.71	0.47	2738.54	0.98	2741.428	0.00	20.68	24.00	*	8
10.08.2024	122.82	41.05	81.77	31975.80	50.41	30081.58	50.00	30031.57	0.69	0.47	3080.06	1.02	3079.039	0.00	20.65	24.00	*	8
11.08.2024	114.21	38.81	75.40	32216.56	50.40	30537.30	50.04	30487.26	0.66	0.46	2854.00	0.89	2853.108	0.00	20.87	24.00	*	8
12.08.2024	118.31	37.74	80.57	31969.33	57.50	30199.87	57.11	30142.76	0.65	0.45	2943.70	0.95	2942.744	0.00	20.94	24.00	*	8
13.08.2024	117.79	34.99	82.80	31665.64	51.80	29927.09	51.50	29875.59	0.64	0.44	2907.02	0.73	2906.289	0.00	20.85	24.00	*	8
14.08.2024	122.89	34.71	88.18	32137.36	57.94	30231.18	57.60	30173.57	0.62	0.45	3137.85	0.87	3136.977	0.00	19.42	24.00	*	8
15.08.2024	128.55	34.42	94.13	32435.86	62.44	30365.69	62.08	30303.55	0.57	0.42	3344.27	0.97	3343.296	0.00	18.76	24.00	*	8
16.08.2024	123.52	33.76	89.76	32357.47	63.92	30429.13	63.57	30365.56	0.56	0.42	3211.36	0.99	3210.371	0.00	18.25	24.00	*	8
17.08.2024	128.82	34.28	94.54	49837.22	58.59	46630.52	58.26	46572.27	0.73	0.38	5157.24	0.89	5156.344	0.00	18.96	24.00	*	8
18.08.2024	137.82	35.41	102.41	50658.41	54.42	47019.54	54.09	46965.46	0.75	0.38	5577.60	0.84	5576.757	0.00	19.85	24.00	*	8
19.08.2024	136.03	35.19	100.84	51657.25	74.86	48032.91	74.42	47958.49	0.78	0.28	5616.81	1.12	5615.682	0.00	19.66	24.00	*	8
20.08.2024	137.30	43.27	94.03	52939.69	634.97	49166.84	627.83	48538.56	0.78	0.16	5811.43	17.28	5794.144	0.00	19.65	24.00	*	8
21.08.2024	136.29	62.16	74.13	52690.02	527.46	48980.64	518.02	48462.25	0.76	0.16	5743.04	21.95	5721.074	0.00	19.58	24.00	*	8
22.08.2024	136.64	68.06	68.58	53117.93	318.61	49361.33	311.86	49049.47	0.79	0.16	5805.70	15.10	5790.603	0.00	19.57	24.00	*	8
23.08.2024	138.15	73.70	64.45	53910.63	228.28	50023.80	222.68	49801.11	0.74	0.16	5968.34	12.12	5956.217	0.00	19.37	24.00	*	8
24.08.2024	136.64	76.12	60.52	54132.86	239.70	50305.61	233.51	50072.10	0.76	0.16	5929.64	13.25	5916.388	0.00	19.30	24.00	*	8
25.08.2024	133.61	75.03	58.58	54112.89	189.13	50431.07	184.37	50246.70	0.76	0.16	5793.98	10.26	5783.717	0.00	19.20	24.00	*	8
26.08.2024	135.29	75.64	59.65	54367.57	195.89	50588.79	190.88	50397.91	0.75	0.16	5901.18	10.77	5890.408	0.00	19.15	24.00	*	8
27.08.2024	136.13	76.87	59.26	54440.01	214.49	50616.96	208.86	50408.09	0.75	0.16	5956.94	12.08	5944.863	0.00	18.97	24.00	*	8
28.08.2024	137.88	78.13	59.75	54320.50	220.03	50420.98	214.04	50206.93	0.75	0.16	6019.95	12.67	6007.273	0.00	19.04	24.00	*	8
29.08.2024	137.88	77.14	60.74	53494.72	137.69	49650.38	134.03	49516.35	0.75	0.16	5913.80	7.76	5906.039	0.00	19.38	24.00	*	8
30.08.2024	136.10	75.58	60.52	54110.31	137.97	50312.22	134.45	50177.77	0.76	0.16	5874.88	7.49	5867.392	0.00	19.86	24.00	*	8
31.08.2024	134.20	74.75	59.45	54361.59	172.16	50636.45	167.85	50468.44	0.76	0.16	5812.50	9.20	5803.295	0.00	19.90	24.00	*	8
Средние:	128.12	50.48	77.65	---	---	---	---	---	0.70	0.33	---	---	---	---	19.82	---		
Итого:	---	---	---	1289884.88	4229.05	1205660.28	4154.44	201545.6	---	---	33628.53	166.90	133465.451	0.00	---	742.33		

Дата	V1	V2	M1	M2	Mтс	W1	W2	Wтс	Wгв	Тнар
	м3	м3	т	т	т	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	ч
31.07.2024	17903226.33	22606007.52	16667943.68	21247737.58	-4579209.33	2134358.49	2481329.64	346900.514	0.00	14312.88
31.08.2024	19193111.21	22610236.58	17873603.96	21251892.02	-3377663.72	2267987.02	2481496.55	213435.056	0.00	15055.22
Итого:	1289884.88	4229.05	1205660.28	4154.44	1201545.62	133628.53	166.90	133465.458	0.00	742.33

Рисунок 19 – Отчет о суточных параметрах по технологической воде 1 (прямой и обратной) 01 августа 2024 года по 31.08.2024 года

На рисунке 20 приведены данные с узлов учета технологической воды ПТ2, ОТ2 с ТЭЦ Волжского автозавода.

Отчет о суточных параметрах
(01.08.2024 0:00:00 - 31.08.2024 0:00:00)

Объект: Тольятти г, Вокзальная ул, д. 100 (ТЭЦ ВАЗа)
Прибор: ТСРВ-024 (ТЭЦ ВАЗа. Технология 2 (с 9 Декабря 22)) Заводской номер: 103092
Точка измерения: ТС1 (ТЭЦ ВАЗа. Технология 2 (с 9.12.22)); Ресурс: ТС

Схема измерений: Пользовательская

Дата	t1	t2	dt	V1	V2	M1	M2	Мтс	P1	P2	W1	W2	Wтс	Wгв	tхв	Тнар	НС	NSCodes
	°C	°C	°C	м3	м3	т	т	т	МПа	МПа	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	°C	ч		
01.08.2024	119.92	113.60	6.32	18170.71	43810.84	17142.11	41547.71	-24405.60	0.63	0.47	1711.96	3882.13	-2170.173	0.00	20.28	24.00		
02.08.2024	120.86	114.68	6.18	18122.20	44152.16	17082.53	41834.52	-24751.98	0.65	0.49	1722.36	3954.54	-2232.181	0.00	20.28	24.00		
03.08.2024	114.86	108.69	6.17	17975.05	43648.08	17029.74	41558.22	-24528.49	0.66	0.48	1613.55	3678.16	-2064.614	0.00	20.24	24.00		
04.08.2024	119.99	113.39	6.60	17733.20	42904.21	16727.61	40692.58	-23964.97	0.69	0.48	1672.90	3798.15	-2125.253	0.00	20.20	24.00		
05.08.2024	127.00	122.08	4.92	17415.27	43514.22	16328.27	40970.02	-24641.75	0.73	0.48	1748.94	4182.68	-2433.746	0.00	20.17	24.00		
06.08.2024	123.79	120.91	2.88	18219.30	45789.26	17130.26	43157.52	-26027.25	0.79	0.49	1780.00	4352.00	-2572.004	0.00	20.24	24.00		
07.08.2024	128.44	124.65	3.79	19069.68	47694.61	17856.22	44801.71	-26945.49	0.82	0.49	1934.67	4681.78	-2747.118	0.00	20.46	24.00		
08.08.2024	124.96	122.44	2.52	19071.74	48596.86	17915.05	45743.14	-27828.09	0.82	0.50	1874.84	4667.23	-2792.385	0.00	20.64	24.00		
09.08.2024	113.73	111.24	2.49	19192.77	45983.20	18202.23	43690.18	-25487.95	0.79	0.49	1696.95	3962.88	-2265.938	0.00	20.68	24.00		
10.08.2024	123.63	117.71	5.92	19004.84	46948.29	17867.92	44350.69	-26482.77	0.78	0.50	1843.46	4321.64	-2478.187	0.00	20.65	24.00		
11.08.2024	115.11	112.34	2.77	18998.24	48028.36	17995.41	45586.44	-27591.03	0.75	0.48	1698.42	4175.76	-2477.347	0.00	20.87	24.00		
12.08.2024	119.49	112.51	6.98	18718.34	47000.36	17665.74	44610.18	-26944.45	0.74	0.48	1742.40	4086.56	-2344.155	0.00	20.94	24.00		
13.08.2024	119.14	114.55	4.59	18340.17	46466.25	17314.18	44030.75	-26716.58	0.73	0.47	1705.74	4130.95	-2425.209	0.00	20.85	24.00		
14.08.2024	124.53	115.32	9.21	18593.44	43777.15	17466.31	41436.03	-23969.72	0.71	0.48	1841.43	4000.69	-2159.255	0.00	19.43	24.00		
15.08.2024	129.54	118.15	11.39	18827.99	46927.25	17605.46	44322.78	-26717.31	0.65	0.45	1955.50	4406.76	-2451.260	0.00	18.77	24.00	*	5, 6, 11
16.08.2024	125.62	115.17	10.45	19000.00	48742.16	17835.58	46163.38	-28327.81	0.64	0.45	1920.56	4480.43	-2559.869	0.00	18.25	24.00		
17.08.2024	130.32	120.28	10.04	29970.04	72306.95	28005.05	68153.09	-40148.04	0.82	0.44	3139.25	6945.37	-3806.128	0.00	18.98	24.00	*	7
18.08.2024	139.52	128.73	10.79	30464.50	77825.70	28232.29	72842.31	-44610.03	0.84	0.45	3397.70	7953.59	-4555.891	0.00	19.85	24.00	*	7, 9
19.08.2024	137.71	127.78	9.93	30944.74	78231.71	28728.59	73294.05	-44565.44	0.86	0.47	3409.72	7940.43	-4530.703	0.00	19.65	24.00	*	7
20.08.2024	139.23	126.59	12.64	31936.29	79530.37	29607.06	74583.47	-44976.41	0.87	0.48	3558.24	7999.84	-4441.607	0.00	19.65	24.00	*	7
21.08.2024	138.10	126.66	11.44	31833.72	80591.34	29543.41	75575.44	-46032.04	0.85	0.47	3518.63	8114.19	-4595.561	0.00	19.58	24.00	*	7
22.08.2024	138.50	126.97	11.53	32062.72	80931.60	29744.11	75872.32	-46128.22	0.88	0.50	3554.97	8171.91	-4616.938	0.00	19.57	24.00	*	7
23.08.2024	139.95	128.68	11.27	32332.77	81961.06	29951.46	76720.06	-46768.61	0.83	0.50	3628.55	8408.96	-4780.409	0.00	19.37	24.00	*	7
24.08.2024	138.39	128.64	9.75	32439.64	82648.98	30097.47	77367.82	-47270.35	0.84	0.51	3601.77	8485.47	-4883.699	0.00	19.30	24.00	*	7
25.08.2024	135.11	126.49	8.62	32406.21	82438.41	30160.47	77320.38	-47159.92	0.84	0.51	3511.52	8319.31	-4807.785	0.00	19.20	24.00	*	7
26.08.2024	137.10	126.14	10.96	32574.97	82851.30	30260.55	77733.15	-47472.60	0.83	0.51	3586.08	8339.30	-4753.228	0.00	19.15	24.00	*	7
27.08.2024	137.95	126.73	11.22	32616.68	83277.82	30275.22	78093.73	-47818.52	0.84	0.51	3619.69	8437.63	-4817.937	0.00	18.97	24.00	*	7
28.08.2024	139.61	127.73	11.88	32556.02	82768.69	30170.42	77545.16	-47374.73	0.84	0.51	3655.69	8451.90	-4796.205	0.00	19.04	24.00	*	7
29.08.2024	139.60	127.78	11.82	32127.52	82450.68	29771.16	77239.76	-47468.60	0.83	0.48	3598.32	8397.48	-4799.159	0.00	19.38	24.00	*	7
30.08.2024	137.80	126.68	11.12	32482.10	82397.88	30154.56	77270.23	-47115.68	0.82	0.50	3573.80	8277.52	-4703.728	0.00	19.86	24.00	*	7
31.08.2024	135.86	126.39	9.47	32637.62	83553.25	30354.60	78374.39	-48019.79	0.81	0.50	3536.10	8368.52	-4832.417	0.00	19.90	24.00	*	7
Средние:	129.53	121.28	8.25	---	---	---	---	---	0.78	0.48	---	---	---	---	19.82	---		
Итого:	---	---	---	775838.46	1947748.98	724221.04	1832481.20	108260.2	---	---	81353.67	89373.75	108020.086	0.00	---	744.00		

Дата	V1	V2	M1	M2	Мтс	W1	W2	Wтс	Wгв	Тнар
	м3	м3	т	т	т	Гкал	Гкал	Гкал	Гкал	ч
31.07.2024	-1018762142.05	-1795634978.83	-164876372.13	-1457524870.65	1052630872.41	738992831.67	898811556.66	15640528.5	014565332.92	68412.00
31.08.2024	-1017986303.58	-1793687229.83	-164152151.11	-1455692389.43	1051522612.22	739074211.52	899000997.67	15532508.4	014565332.92	69156.00
Итого:	775838.47	1947749.00	724221.02	1832481.22	-1108260.20	81379.86	189441.00	108020.086	0.00	744.00

Рисунок 20 – Отчет о суточных параметрах по технологической воде 2 (прямой и обратной) 01 августа 2024 года по 31.08.2024 года

3.4 Расходомер KROHNE

Для выполнения контрольных замеров будем использовать портативную ультразвуковую систему измерения расхода KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P. Это расходомер портативного типа с накладными датчиками для измерения потока жидкости. Одними из отличительных признаков данного оборудования являются:

- выход R232,
- использование импульсного выхода,
- выход 4-20 мА, 0-16 мА или 0-20 мА,
- возможность проведения замеров при использовании аккумулятора 24 часа работы,
- самотестирование,
- схема контроля батареи,
- осуществление непрерывного контроля сигнала,
- возможность контроля батареи.

На рисунке 21 показан расходомер KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P.

Рисунок 21 – Расходомер KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P

Данный расходомер позволяет работать с накладными датчиками на трубопроводах внутренним диаметром от 13 до 5000мм. Диапазон температур -20°C до +200°C. Имеется возможность архивирования данных.

3.5 Выполнение замеров. Результаты

Установим данную систему в количестве четырех штук на:

– прямой трубопровод технологической воды ПТ 1;

– обратный трубопровод технологической воды ОТ 1;

– прямой трубопровод технологической воды ПТ 2;

– обратный трубопровод технологической воды ОТ 2.

На рисунке 22 показана схема подключения расходомера KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P.

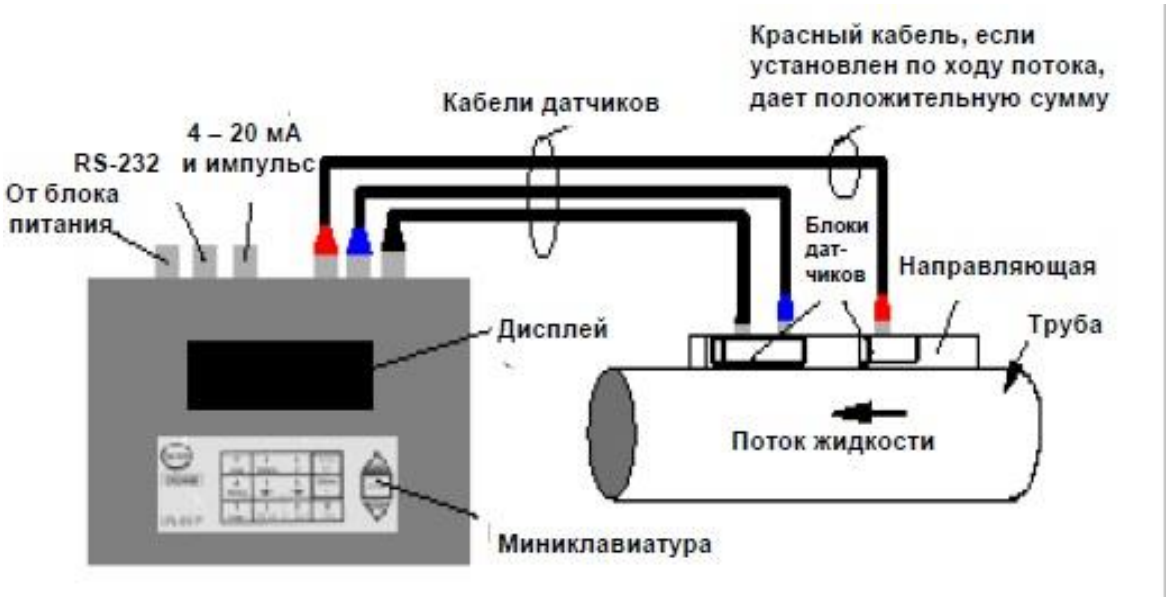

Рисунок 22 – Схема подключения расходомера KROHNE ALTOSONIC UFM 610P

Все результаты измерений расхода, выполненных с помощью портативных расходомеров KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P, а также показания с узлов учета АО «АВТОВАЗ» на трубопроводах прямой технологической воды ПТ 1 и обратной технологической воды ОТ 1 приведены в таблице 12.

Все результаты измерений расхода выполненных с помощью портативных расходомеров KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P, а также

показания с узлов учета АО «АВТОВАЗ» на трубопроводах прямой технологической воды ПТ 2 и обратной технологической воды ОТ 2 приведены в таблице 13.

Таблица 12 − Результаты измерений расхода ПТ 1 и ОТ 1

Дата	Температура t1	Температура t2	Давление P1	Давление P2	Расход V1 Акустрон	Расход V1 KROHNE	Расход V2 Акустрон	Расход V2 KROHNE
	°C	°C	МПа	МПа	м^3	м^3	м^3	м^3
01.08.2024	118,2	37,6	0,55	0,45	24377,64294	26439,9598	37, 1886856	40,3348
02.08.2024	118,6	37,7	0,57	0,47	23749,67795	26988,2704	46,398352	52,7254
03.08.2024	113,8	36,5	0,57	0,48	23814,2996	26169,56	41,134821	45,2031
04.08.2024	118,4	38,2	0,61	0,46	23520,28786	25510,0736	42,6288544	46,2352
05.08.2024	125,4	38,5	0,64	0,46	23285,25402	25255,1562	38,5344368	41,7944
06.08.2024	122,1	40,1	0,71	0,46	23040,0849	24989,2461	37,7726804	40,9682
07.08.2024	126,9	42,2	0,73	0,48	24599,81304	27954,333	34,69752	39,429
08.08.2024	123,7	43,2	0,74	0,48	24040,32646	27318,5528	32,509312	36,9424
09.08.2024	111,8	43,1	0,7	0,48	25330,29472	27835,4887	37,295895	40,9845
10.08.2024	122,1	42,2	0,68	0,46	26533,51884	28778,22	41,830218	45,369
11.08.2024	113,7	39,7	0,65	0,45	25515,51552	28994,904	39,9168	45,36
12.08.2024	117,5	38,5	0,65	0,45	25319,70936	28772,397	45,54	51,75
13.08.2024	117,1	36,1	0,64	0,46	26568,10527	28815,7324	43,461236	47,138
14.08.2024	122,2	35,6	0,61	0,45	26074,96841	28280,8768	47,0101984	50,9872
15.08.2024	127,7	35,2	0,56	0,43	26317,15937	28543,5568	50,6613184	54,9472
16.08.2024	123,1	34,6	0,55	0,43	26206,31495	28798,1483	51,768808	56,8888
17.08.2024	127,9	35,4	0,72	0,39	41270,20188	45351,8702	48,518379	53,3169
18.08.2024	137,2	36,1	0,74	0,39	41489,23779	45592,569	47,02698	51,678
19.08.2024	135,7	35,9	0,77	0,29	40003,3744	45458,38	57,971584	65,8768
20.08.2024	137,1	44,2	0,77	0,17	42394,10375	46586,9272	508,483976	558,7736
21.08.2024	135,9	63,1	0,75	0,17	41266,82366	46894,1178	413,106672	469,4394
22.08.2024	136,1	69,1	0,78	0,16	42536,83834	48337,3163	255,142888	289,9351
23.08.2024	137,9	74,2	0,73	0,17	44735,04077	48519,567	189,426744	205,452
24.08.2024	135,8	76,9	0,75	0,17	44919,44723	48719,574	198,90306	215,73
25.08.2024	133,1	75,8	0,75	0,16	41905,02202	47619,3432	146,462272	166,4344
26.08.2024	134,7	76,2	0,74	0,16	43059,11544	48930,813	155,14488	176,301
27.08.2024	135,8	77,2	0,75	0,16	45081,77228	49540,4091	177,619169	195,1859
28.08.2024	136,9	79,1	0,75	0,17	45075,1509	48888,45	182,630682	198,081
29.08.2024	137,1	78,2	0,74	0,16	43403,47602	47075,3536	111,7161584	121,1672
30.08.2024	135,5	76,2	0,75	0,16	44900,73524	48699,279	115,317306	125,073
31.08.2024	133,6	75,8	0,76	0,17	44106,81966	47838,1992	139,6837376	151,5008
итого	-	-	-	-	1044440,133	1153496,645	3415,503624	3781,0023
среднее знач	127,5	51,3	0,69	0,33	33691,61	37209,5	110,17	121,96
отклонение,%	-	-	-	-	-9,4	-	-9,7	-

Таблица 13 – Результаты измерений расхода ПТ 2 и ОТ 2

Дата	Температура t1	Температура t2	Давление P1	Давление P2	Расход V1 Акустрон	Расход V1 KROHNE	Расход V2 Акустрон	Расход V2 KROHNE
	°C	°C	МПа	МПа	м^3	м^3	м^3	м^3
01.08.2024	119,1	112,5	0,63	0,47	14910,5212	16171,9319	35924,889	38991,6476
02.08.2024	120,5	113,8	0,65	0,49	14512,2578	16491,202	35321,728	40178,4656
03.08.2024	114,1	107,7	0,66	0,48	14557,993	15997,7945	35354,945	38846,7912
04.08.2024	119,4	112,8	0,69	0,48	14388,0091	15605,216	35181,452	37755,7048
05.08.2024	126,4	121,8	0,73	0,48	14290,6223	15499,5903	35681,660	38727,6558
06.08.2024	123,1	120,5	0,79	0,49	15286,3571	16579,563	37547,193	41668,2266
07.08.2024	127,9	123,9	0,82	0,49	15103,1866	17162,712	38155,688	42925,149
08.08.2024	124,4	121,8	0,82	0,5	14769,1555	16783,1312	38877,488	42765,2368
09.08.2024	112,8	111	0,79	0,49	15544,2244	17081,5653	37246,392	40925,048
10.08.2024	123,1	116,9	0,78	0,5	15770,2162	17104,356	38497,598	42253,461
11.08.2024	114,7	111,8	0,75	0,48	15046,6061	17098,416	38422,688	43225,524
12.08.2024	118,7	111,7	0,74	0,48	14824,9253	16846,506	37600,28	42300,315
13.08.2024	118,5	113,7	0,73	0,47	15387,7694	16689,5547	38102,325	42284,2875
14.08.2024	124,2	114,8	0,71	0,48	15085,9735	16362,2272	35897,263	38523,892
15.08.2024	128,7	117,5	0,65	0,45	15276,2780	16568,6312	38480,345	41295,98
16.08.2024	124,5	114,8	0,64	0,45	15388,1	16910	39481,150	43380,5224
17.08.2024	129,9	120,1	0,82	0,44	24818,1901	27272,7364	58568,629	65799,3245
18.08.2024	138,2	128,1	0,84	0,45	24950,4255	27418,05	63038,817	70043,13
19.08.2024	137,1	127,2	0,86	0,47	23963,6067	27231,3712	62585,368	68843,9048
20.08.2024	138,4	126,1	0,87	0,48	25574,5810	28103,9352	64419,600	69986,7256
21.08.2024	137,9	125,9	0,85	0,47	24932,1695	28332,0108	64473,072	71726,2926
22.08.2024	137,1	126,2	0,88	0,5	25675,8262	29177,0752	64745,28	73647,756
23.08.2024	139,5	128,1	0,83	0,5	26829,7325	29099,493	66716,069	73224,954
24.08.2024	137,8	127,9	0,84	0,51	26918,4133	29195,676	67772,16	74384,082
25.08.2024	135,1	125,9	0,84	0,51	25095,3690	28517,4648	65950,73	72545,8008
26.08.2024	136,7	125,8	0,83	0,51	27383,3762	31117,473	66281,04	74566,17
27.08.2024	136,8	126,2	0,84	0,51	27009,8727	29681,1788	75782,816	75782,8162
28.08.2024	138,9	127,3	0,84	0,51	27014,9854	29300,418	67870,326	74491,821
29.08.2024	139,1	127,2	0,83	0,48	26066,9846	28272,2176	67609,558	72556,5984
30.08.2024	137,5	126,2	0,82	0,5	26953,6466	29233,89	67566,262	74158,092
31.08.2024	134,6	126,1	0,81	0,5	26480,8594	28721,1056	68513,665	73526,86
итого	-	-	-	-	629810,234	695626,493	1587666,5	1741332,23
среднее знач	128,8	120,6	0,78	0,48	20316,45	22439,56	51215,04	56172
отклонение,%	-	-	-	-	-9,5		-8,8	

Расчет значений «Отклонение %» в данной таблице проведен по формуле:

$$\text{Отклонение } (\%) = \frac{(Q_x - Q_{krohne})}{Q_{krohne}} \cdot 100\% \qquad (20)$$

где Q_x– измеренные значения расходомера, $м^3$;

Q_{krohne} – измеренные значения расходомера KROHNE ALTOSONIC UFM 610 P, $м^3$

Учитывая, что допустимая относительная погрешность не должна превышать значений, указанных в паспортах средств измерений, а именно 4% при сравнении двух расходомеров, наблюдаем отклонения по измеренным параметрам расхода жидкости:

- на прямом трубопроводе технологической воды ПТ 1 отклонение в показаниях между расходомером KROHNE ALTOSONIC UFM 610 и расходомером Акустрон УЗРВ составляет 9,4%;
- на обратном трубопроводе технологической воды ОТ 1 отклонение в показаниях между расходомером KROHNE ALTOSONIC UFM 610 и расходомером Акустрон УЗРВ составляет 9,7%;
- на прямом трубопроводе технологической воды ПТ 2 отклонение в показаниях между расходомером KROHNE ALTOSONIC UFM 610 и расходомером Акустрон УЗРВ составляет 9,5%;
- на обратном трубопроводе технологической воды ОТ 2 отклонение в показаниях между расходомером KROHNE ALTOSONIC UFM 610 и расходомером Акустрон УЗРВ составляет 8,8%.

Учитывая тот факт, что расчет за энергоресурсы между ТЭЦ волжского автозавода и АО «АВТОВАЗ» проводится по приборам, установленных на территории ТЭЦ Волжского автозавода, приведем сравнительный анализ показаний с приборов учета расхода Взлет ТЭЦ Волжского автозавода с полученными показаниями с приборов учета расхода Акустрон УЗРВ и портативных расходомеров KROHNE ALTOSONIC UFM 610 АО «АВТОВАЗ».

Данные сравнительного анализа показаний расхода с приборов учета по технологической воде ПТ1 и ОТ1 показаны в таблице 14.

Таблица 14 − Сравнительный анализ показаний по технологической воде ПТ1 и ОТ1

Период	ПТВ1			ОТВ1		
	Тип расходомера					
	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610
01.08-31.08.2024 Общ/м^3	1289884.8	1044440,1	1153496,6	4229.0	3415,5	3781,0
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	−	-9,4	-9,4	−	-9,7	-9,7
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	11,8	−	11,8	11,8	−	11,8
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	-19	-19	−	-19,2	-19,2	−

Данные сравнительного анализа показаний расхода с приборов учета по технологической воде ПТ2 и ОТ2 показаны в таблице 15.

Таблица 15 − Сравнительный анализ показаний по технологической воде ПТ2 и ОТ2

Период	ПТВ2			ОТВ2		
	Тип расходомера					
	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610
01.08-31.08.2024 Общ/м^3	775838,4	629810,2	695626,4	1947748,9	1587666,4	1741332,2

Продолжение таблицы 15

Период	ПТВ2			ОТВ2		
	Тип расходомера					
	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610	Взлет УЗРВ-024	Акустрон УЗРВ	KROHNE ALTOSONIC UFM 610
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	–	-9,5	-9,5	–	-8,8	-8,8
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	11,5	–	11,5	11,8	–	11,8
01.08-31.08.2024 Отклонение, %	-18,8	-18,8	–	-18,5	-18,5	–

Проведенный анализ показал, что имеет место расхождение измеренных значений на узлах учета тепловой энергии ТЭЦ Волжского автозавода, предприятия АО «АВТОВАЗ» по отношению к полученным данным после проведения замеров портативными расходомерами жидкости KROHNE ALTOSONIC UFM 610 до 20%. Благодаря применению высокотехнологических приборов с высоким классом точности не менее 0,5 % определено их влияние на точность измеряемых величин.

Для уменьшения потерь энергоресурсов, возникающих при получении неточных измеренных значений на узлах учета, целесообразно провести модернизацию устаревших приборов учета тепловой энергии со стороны предприятия АО «АВТОВАЗ» на центральных тепловых пунктах с заменой на современные аналоги производимых устройств отечественного производителя таких компаний, как НПП Элемер, ПГ Метран, ГК Взлет с высоким качеством измерения. К тому же имеется возможность провести адаптацию вновь введенного оборудования в существующей

автоматизированной системе управления энергетики предприятия АО «АВТОВАЗ» без существенных затрат. На действующих узлах учета тепловой энергии, находящиеся на территории ТЭЦ Волжского автозавода, для исключения проведения некорректных расчетов с предприятием АО «АВТОВАЗ», необходимо провести замеры портативными устройствами расхода жидкости и провести дополнительную калибровку установленных стационарных средств измерений учета тепловой энергии, а также, по возможности, в ближайшей перспективе перейти на 2х лучевую схему измерения расхода жидкости для получения точных и стабильных значений.

Выводы по разделу 3

Проведен анализ существующего парка приборов учета тепловой энергии на предприятии АО «АВТОВАЗ».

Выполнены замеры портативными расходомерами жидкости KROHNE ALTOSONIC UFM 610 на технологической воде 1 и 2 ввода на территории предприятия АО «АВТОВАЗ».

При проведении сравнительного анализа измеренных значений выявлены отклонения параметров расхода на действующих трубопроводах тепловой энергии, по которым проводится расчет между поставщиком ТЭЦ Волжского автозавода и принимающей стороной в лице предприятия АО «АВТОВАЗ».

Предложены мероприятия по исключению некорректных показаний с расчетных узлов учета для повышения точности измерения, оптимизации контроля и качественного управления энергетическими потоками на предприятии.

Заключение

В данной магистерской диссертационной работе проведено исследование конструкторской, технологической, эксплуатационной, ремонтной документации основного и вспомогательного оборудования, структуры управления, узлов учета энергетических ресурсов, автоматизированной системы оперативного контроля и управления на ТЭЦ Волжского автозавода.

Рассмотрено проведение технологического процесса.

В процесе написания работы был исследованы применяемые средства измерения, их конструктивные особенности на узлах учета энергетических ресурсов на ТЭЦ Волжского автозавода и предприятия АО «АВТОВАЗ».

Исследован проведенный анализ потенциала энергосбережения, где определено его влияние на формирование и реализацию мероприятий по энергосбережению.

Определены мероприятия по энергосбережению для реализации планов по улучшению топливных экономических показателей на предстоящие пять лет (до 2027 г.).

Выполнены замеры расхода технологической воды на магистральных трубопроводах на АО «АВТОВАЗ» для проведения сравнительного анализа измеренных значений на узлах учета тепловой энергии.

По результатам полученных данных выявлены несоответствия измеренных значений и определены мероприятия по снижению потерь энергоресурсов, улучшению качества и точности измерений контрольно-измерительных приборов на узлах учета.

По полученным результатам выполненной магистерской диссертации наблюдается недостаточно эффективное управление энергетическими ресурсами как на ТЭЦ Волжского автозавода, так и на предприятии АО «АВТОВАЗ» в виду неудовлетворительного контроля в рамках проведения качественных измерений энергетических ресуров на установленных узлах

учета.

Поставленная цель данной магистерской диссертационной работы достигнута. Задачи, которые были поставлены для достижения цели, выполнены.

Выявленная зависимость точности измерения на управление энергетическими ресурсами является приоритетным направлением при снижении потерь и эффективном использовании систем учета.

Внедрение разработанных мероприятий по контролю качества измеренных значений дает возможность получение экономического эффекта от использования систем учета энергоресурсов на различных предприятиях.

Только реализация качественного подхода на узлах учета к процессам измерения с целью получения стабильных и точных показаний энергетических ресурсов будет способствовать осуществлению постоянного контроля производства, потребления источников энергии, что и является основой управления энергетическими потоками на предприятии.

Список используемой литературы и используемых источников

1. Бельский А.П., Лакомкин В.Ю., Смородин С.Н. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. Пособие. – Изд. 3–е испр. –/СПб ГТУ РП. СПб., 2012.136 с: ил.54.

2. Бирюков Б.В., Данилов М.А., Кивилис С.С. Испытания расходомеров. М.: Издательство стандартов, 1987. 240 с.

3. Венцюлис Л.С., Фролов А.К., Скорик Ю.И. Энергосбережение и экологическая безопасность энергетики. – СПб.: Энергия, 2000.

4. Гаврилова А.А., Салов А.Г., Гаврилова Ю.В., Кухарева А.В. Комплексный анализ систем водопользования ТЭЦ ВАЗа и направления повышения эффективности использования водных ресурсов: Вести. Самар. Гос. Техн. ун-та Сер. Технические Науки. 2012. №2 (34)

5. ГК «Взлет» Официальный сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: http://vzljot.ru. (дата обращения: 19.06.2024)

6. Горячев С.В. Автоматизированные системы учета энергоресурсов: учебно-методическое пособие /; Оренбургский гос. Ун-т. Оренбург: ОГУ, 2019

7. Гуртовцев Л.А. Комплексная автоматизация энергоучета на промышленных предприятиях и хозяйственных объектах [Текст] Современные технологии автоматизации, 1999. − №3. С. 30-52

8. Дмитриев А. Н., Ковалев И. Н, Табунщиков Ю. А., Шилкин Н. В. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия – Москва: Авок–Пресс, 2005. 118с.: ил.

9. Дубровский А.Х. Устройство электрической части систем автоматизации. – М.: Энергия, 1974

10. Карпов Н.Р Электрорадиоизмерения: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1978. 272 с.

11. Куликов В.М. Методы учета и анализа потребления энергоносителей [Текст]: учеб. Пособие / Екатеринбург: Изд во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф. – пед. ун − т», 2009. 138 с.

12. Лисиенко В. Г. Хрестоматия энергосбережения. Справочник. В 2 книгах. Книга 1 / – Москва: Теплотехник, 2005. 688 с.: ил.

13. Лисиенко, В. Г. Хрестоматия энергосбережения. Справочник. В 2 книгах. Книга 2 / – Москва: Теплоэнергетик, 2005. 760 с.: ил.

14. Молдабаева М. Н. Контрольно-измерительные приборы и основы автоматики: учебное пособие/ – 2–е изд. – Москва; Вологда: Инфра–Инженерия, 2024. 332 с.: ил., табл.

15. Мукосеев Ю.Л. Электроснабжение промышленных предприятий М.: Энергия, 1973. 584 с.

16. Наладка приборов и устройств технологического контроля. Справочное пособие. Под общ. Ред. А.С. Клюева. М., «Энергия», 1976

17. НПП «Элемер Официальный сайт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://elemer.ru. (дата обращения: 01.08.2024)

18. НПФ «Круг» Официальный сайт [Электронный ресурс]. - Режим доступа: URL: https://www.krug2000.ru/news/2222.html (дата обращения: 25.01.2024)

19. Нубарян С.М. Контрольно-измерительные приборы в теплотехнических измерениях. Курс лекций. – Харьков: ХНАГХ, 2006 – 283 с. [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: https://core.ac.uk/download/pdf/11314667.pdf (дата обращения: 08.11.2024)

20. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения городского округа Тольятти на период с 2020 до 2038 года. Глава 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения [Электронный ресурс]. URL: https://tgl.ru/files/tinymce/glava-1-suschestvuyuschee-polozhenie-v-sfere-proizvodstva-peredachi-i-potrebleniya-teplovoy-eenrgii-dlya-celey-teplosnabzheniya_file_1562564477.pdf. (дата обращения: 07.11.2024)

21. ПАО «Т Плюс» Официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: http://tplusgroup.ru. (дата обращения: 12.01.2024)

22. Пилипенко Н.В., Сиваков И.А. Энергосбережение и повышение энергетической эффективности инженерных систем и сетей. Учебное пособие. – СПб: НИУ ИТМО, 2013. 274 с.

23. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: Учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». – 3-е изд., перераб. – М.: «Энергия», 1978. 704 с.

24. Преобразователи давления измерительные АИР-20/М2 Руководство по эксплуатации НКГЖ.406233.004РЭ [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: https://www.elemer.ru/files/re/re_air_20.pdf (дата обращения: 08.11.2024)

25. Прохорова Е.Н. Специфика проведения энергетического аудита в системе управления энергетическими затратами промышленного предприятия // Труды МАИ. – 2022. - №7. С. 25-40.

26. Расходомер – счетчик ультразвуковой ВЗЛЕТ МР, исполнение УРСВ – 520 ц, РЭ Часть 1, В12. 00 – 00. 00 РЭ. [Электронный ресурс]. Режим доступаURL:https://vzljot.ru/upload/iblock/0e7/bdik6he3x8cdohfn1kor5l4qf2npgqvp/re1_mr_5xxd_doc3_4.pdf (дата обращения: 08.11.2024)

27. Ратников Б.Е. Управление энергосбережением [Текст]: учеб.пособие / Екатеринбург: Урал. гос. техн. ун – т, 1998. 104 с.

28. Российская Федерация. Законы. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности: федеральный закон № 261-ФЗ: [принят Гос. Думой 11 ноября 2009 г.: одобрен Советом Федерации 18 ноября 2009 г.]

29. Руководство по эксплуатации Расходомер-счетчик ультразвуковой ВЗЛЕТ МР исполнение УРСВ-510V ц. Часть 1 [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: https://www.pribor-s.ru/files/vzljot-mr-ursv-510v-rpe-1.pdf (дата обращения: 08.11.2024)

30. Тепловычислитель Взлет ТСРВ – 024 РЭ Часть 1. / В84. 00 – 00. 00 РЭ. Санкт-Петербург [Электронный ресурс]. - Режим доступа URL: https://vzljot.ru/files/docs/Uchet_tepl_energ/tsr024/re1_tsrv_024x_doc3_4.pdf (дата обращения: 08.11.2024)

31. Тюрин Н.И. Введение в метрологию. М., Издательство стандартов, 1976, 304 с.

32. Bergmann L. Der Ultraschall und siene Anwendung in Wisenschaft und Technik. Zurich, 1954.

33. D Rodić, A, Automation and Control, 2009

34. Frank Schauff, Vincent De rul. Energy Efficiency Guide. URL: https://aebrus.ru/upload/iblock/852/aeb_ee_guide_2015_web.pdf (дата обращения: 14.06.2024)

35. Lecture by Dr. J.Jeevamalar, M.E., Ph.D. Associate Professor, METROLOGY AND MEASUREMENTS / Mechanical E.G.S. Pillay Engineering College, Nagapattinam.

36. Muhammad A. Imran; Sajjad Hussain; Qammer H. Abbasi, Cost Efficiency Optimization for Industrial Automation– 2020. URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/8958892/metrics#metrics (дата обращения: 24.07.2024)

37. Stegăroiu C. The organizational integration of energy management [Text] / C. Stegăroiu // Analele Universităţii Constantin Brâncuşi din Târgu Jiu: SeriaEconomie. – 2014. - Issue 5. - PP. 39 – 42. – URL: http://www.utgjiu.ro/revista/ec/pdf/2014-05/07_Stegaroiu.pdf (дата обращения: 26.07.2024)