

**АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СЧЕТЧИКОВ  
ДЛЯ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ СЕРВИСА ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО**

*С.В. Горячев, А.С. Скоробогатых*

Проанализированы функции автоматизированной системы коммерческого учета, обобщены результаты исследования информационно-измерительных счетчиков учета электроэнергии на конкретном предприятии, прослежен процесс вывода полученных измерений в центр сбора данных, разработана принципиальная схема со шкафом АСКУЭ в электрощитовой. Описано устройство электронного электрического счетчика, показаны преимущества внедренной системы управления, отличительные особенности и характеристики предлагаемого оборудования. Определены технико-эксплуатационные характеристики: электробезопасность и надежность, доступная стоимость оборудования, система мониторинга, защита от утечек и кражи электроэнергии. Рассмотрены особенности внедрения системы интеллектуального учета энергоресурсов, а также компетенции, необходимые для реализации подобных проектов.

*Ключевые слова:* автоматизированная система учета энергоресурсов; электрические счетчики; информационно-вычислительный комплекс; устройство сбора и передачи данных.

---

**ЛОКОМОТИВДИК ДЕПО СЕРВИСИНИН ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН  
ЭСЕПКЕ АЛУУ ҮЧҮН АВТОМАТТАШТЫРЫЛГАН МААЛЫМАТТЫК-ӨЛЧӨӨ  
ЭСЕПТЕГИЧТЕРИНЕ ЖҮРГҮЗҮЛГӨН ИЗИЛДӨӨНҮ ТАЛДОО**

*С.В. Горячев, А.С. Скоробогатых*

Бул макалада автоматташтырылган коммерциялык эсептөө системасынын функциялары талдоого алынган, белгилүү бир ишканада электр энергиясын эсептөө үчүн маалымат жана өлчөө приборлорун изилдөөнүн жыйынтыгы жалпыланган, алынган өлчөөлөрдү маалымат чогултуу борборуна чыгаруу процесси каралат, электр панелинде коммерциялык эсепке алуунун автоматташтырылган системасы менен принципиалдуу схема иштелип чыккан. Электрондук электр эсептегичтин түзүлүшү сүрөттөлгөн, ишке киргизилген башкаруу системасынын артыкчылыктары, сунушталган жабдуунун айырмалоочу өзгөчөлүктөрү жана мүнөздөмөлөрү көрсөтүлгөн. Техникалык жана эксплуатациялык мүнөздөмөлөрү аныкталды: электр коопсуздугу жана ишенимдүүлүгү, жабдуулардын жеткиликтүү баасы, мониторинг системасы, электр энергиясын жоготуудан жана уурдоодон коргоо. Энергетикалык ресурстарды эсепке алуунун интеллектуалдык системасын ишке киргизүүнүн өзгөчөлүктөрү, ошондой эле мындай долбоорлорду ишке ашыруу үчүн зарыл болгон ыйгарым укуктар каралат.

*Түйүндүү сөздөр:* электр энергиясын эсепке алуунун автоматташтырылган системасы; электр эсептегичтер; маалыматтык-эсептөөчү комплекс; маалыматтарды топтоо жана берүү түзүмү.

---

**ANALYSIS OF THE STUDY OF AUTOMATED INFORMATION  
AND MEASUREMENT METERS FOR ELECTRICITY METERING  
OF THE LOCOMOTIVE DEPOT SERVICE**

*S. V. Goryachev, A. S. Skorobogatikh*

The article analyzes the functions of the automated system of commercial accounting, summarizes the study of information and measurement meters for electricity metering at a particular enterprise, traces the process of displaying the received measurements to the data collection center, and also develops a schematic diagram with the ACME cabinet in the electrical panel. The device of the electronic electric meter, the advantages of the implemented control system,

the distinctive features and characteristics of the proposed equipment are described in detail. As a result of the study, technical and operational characteristics are identified: electrical safety and reliability, affordable cost of equipment, improved monitoring system, protection against leaks and theft of electricity. A number of changes are being studied that are aimed at simplifying the collection of information data on electricity consumption, transmission and distribution of energy. The article discusses the features of the implementation of the intelligent energy accounting system, as well as the competencies necessary for the implementation of such projects.

*Keywords:* automated energy accounting system; electric meters; information and computing complex; data collection and transmission device.

В настоящее время многие предприятия используют интеллектуальные счетчики, интегрирующие электрическую сеть с сетями связи. Существует ряд исследований, в которых проанализированы потенциальные возможности энергосбережения с использованием записанных интервальных данных. В данной статье приведены результаты исследований, в ходе которых был проанализирован и измерен расход энергии с помощью интеллектуальных счетчиков. В последнее время в секторе электроэнергетики происходят некоторые изменения, направленные на улучшение производства, передачи и распределения электроэнергии.

АИИС КУЭ является многофункциональной трехуровневой автоматизированной системой с централизованным контролем. Автоматизированная система учета предусматривает использование трех уровней.

*Нижний уровень* складывается из первичных измерительных приборов, трансформаторов тока, класс точности которых составляет 0,5, трансформаторов напряжения, класс точности которых 0,5. А также многофункциональных счетчиков активной и реактивной электроэнергии, которые исследуют параметры с минимальным интервалом времени, вторичных диагностирующих связей и промышленных методов приема и передачи показателей.

*Средний уровень* представляет собой информационный вычислительный комплекс электроустановки, который вмещает в себя устройство сбора и передачи данных (УСПД) и коммутационный аппарат. Считанные показатели накапливаются в энергонезависимой памяти. Счетчики присоединяются прямо через расширитель интерфейса NPort. Устройство NPort выглядит как сервер последовательных интерфейсов, который используется для подключения к сети Ethernet.

*Верхний уровень* включает в себе сервер баз данных, механизмы генерирования систематизи-

рованного времени, программно-технический комплекс, предназначенный для автоматизации деятельности, совокупность сбора информации с нижних уровней, ее обработку и хранение [1].

Успешная модернизация энергосистемы включает не только внедрение новой энергетической инфраструктуры и технологий, но и использование этих технологий для продвижения современных энергетических услуг и активного вовлечения потребителей. Кроме исследований движущих сил распространения технологии интеллектуальных счетчиков существует ограниченное количество эмпирических данных о фактическом использовании интеллектуальных счетчиков [2]. Чтобы заполнить этот пробел, в данной статье исследуется, как производственные предприятия используют установку счетчиков. Набор данных для предприятия построен на основе формы “Годовой отчет по учету электроэнергии” за 2020–2021 годы. В ходе исследования данные собирали, систематизировали, проводили их анализ.

Электронный счетчик представляет собой преобразователь аналогового сигнала на частоту контрольных импульсов, подсчет которых дает количество потребляемой энергии. Основным преимуществом электронных счетчиков, по сравнению с индуктивными, является отсутствие вращающихся элементов. Кроме того, они обеспечивают более широкий интервал входного напряжения, позволяют легко организовать многотарифные системы учета, иметь режим ретроспективы (то есть позволяют просматривать потребленную сумму энергии на определенный период, обычно ежемесячно).

Главные компоненты современного электронного счетчика это: трансформатор тока, ЖК-дисплей, блок питания, электронные схемы, микроконтроллер, часы реального времени, супервизор, органы управления, оптический порт.

Таблица 1 – Показания счетчиков электроэнергии за ноябрь 2020 г.

№ п/п	#G0Наименование участка	Номер счетчика	Коэффициент трансформации	Показания счетчиков		Количество кВт
				расчетный месяц	прошлый месяц	
1	Щитовая № 1	95154668	120	009639,4	009412,8	27192
2	Щитовая № 2	95155043	120	23552,1	23128,4	50844
3	Компрессорная	50256958	80	19220,8	19120,3	8040
4	ПТОл № 1	97958564	120	20448,5	20282,7	19896
5	ПТОл № 2	97654587	120	19161,58	19161,58	0
6	Стройцех	1107613258985	1	24645,7	23178,1	1467,6
7	Электроцех	1107845212064	1	194593,7	192126,2	2467,5
8	Летняя мойка	02565455	40	13254,3	13057,8	7860
9	Секционный	02369857	1	53447,4	52935,3	512,1
10	Гальваника	54658785	1	41419,4	40914,4	505
Итого на коммерческий учет (общий)						118784

Источник питания используется для получения напряжения питания. Супервизор подключен к источнику. Супервизор генерирует сигнал сброса для микроконтроллера при включении и выключении питания, а также мониторинг изменения входного напряжения. Часы реального времени предназначены для обратного отсчета текущего времени. Выход телеметрии используется для подключения к системе АСКУЭ или непосредственно к компьютеру (обычно через Интерфейс RS485 / RS232). Оптический порт позволяет получать информацию непосредственно из счетчика электроэнергии и в некоторых случаях служит для их программирования (параметризация) [3].

В г. Оренбурге в сервисе локомотивного депо внедрена комплексная автоматизация абсолютно всех важных технологических процессов. В настоящий момент сервис оснащен средствами автоматизации, осуществлена автоматизированная система коммерческого учета энергии, используются счетчики марки Меркурий 234, трехфазные многотарифные (рисунок 1).

На рисунке 2 приведена разработанная принципиальная схема электрощитовой со шкафом АСКУЭ. Также приведены результаты исследований счетчиков электрической энергии, во время которых в течение пяти месяцев наблюдали за изменением потребляемой энергии в каждом месяце (таблицы 1–5).



Рисунок 1 – Счетчик Меркурий

На основе значений, приведенных в таблицах, был построен график потребляемой электроэнергии за пять месяцев (рисунок 3).

Полученный график позволил сделать ряд выводов, учитывая то, что на потребление электроэнергии существенное влияние оказывают температура, влажность, освещенность. Кроме того, определялся расход электроэнергии на отопление, вентиляцию. Видно, что расход электроэнергии увеличивался в самые холодные месяцы (январь, февраль), поскольку температура наружного воздуха в некоторые дни достигала  $-30^{\circ}\text{C}$ . Также в зимний период дополнительными причинами увеличенного расхода электрической энергии являются: уменьшение продолжительности светового дня, электрические потери в связи с изморозью и увеличение нагрузки на сети.

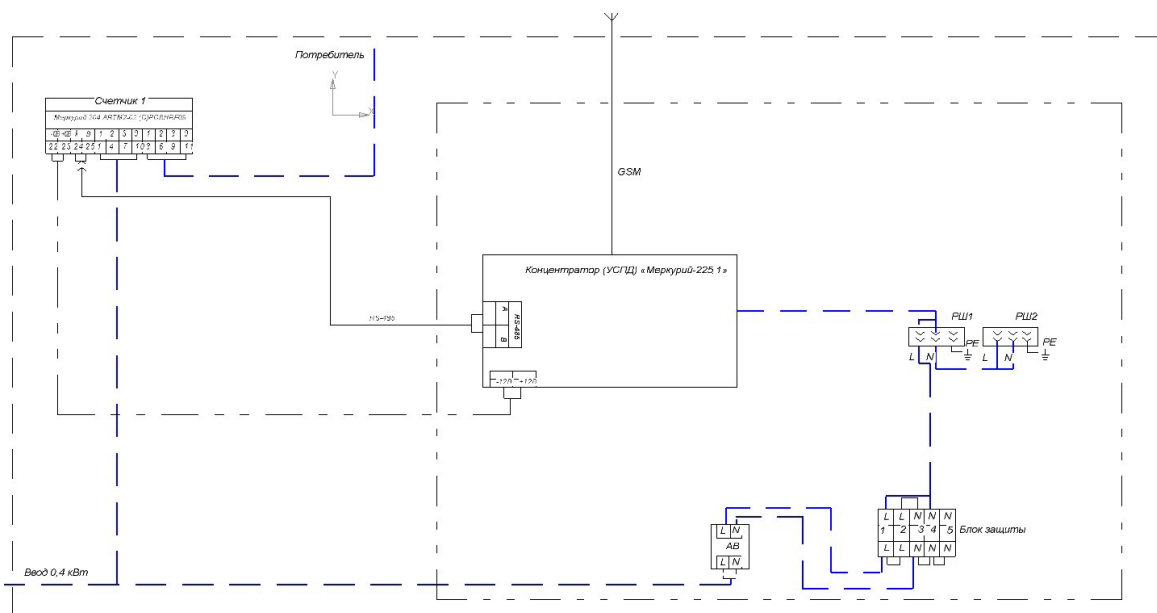


Рисунок 2 – Принципиальная схема электропитовой со шкафом АСКУЭ

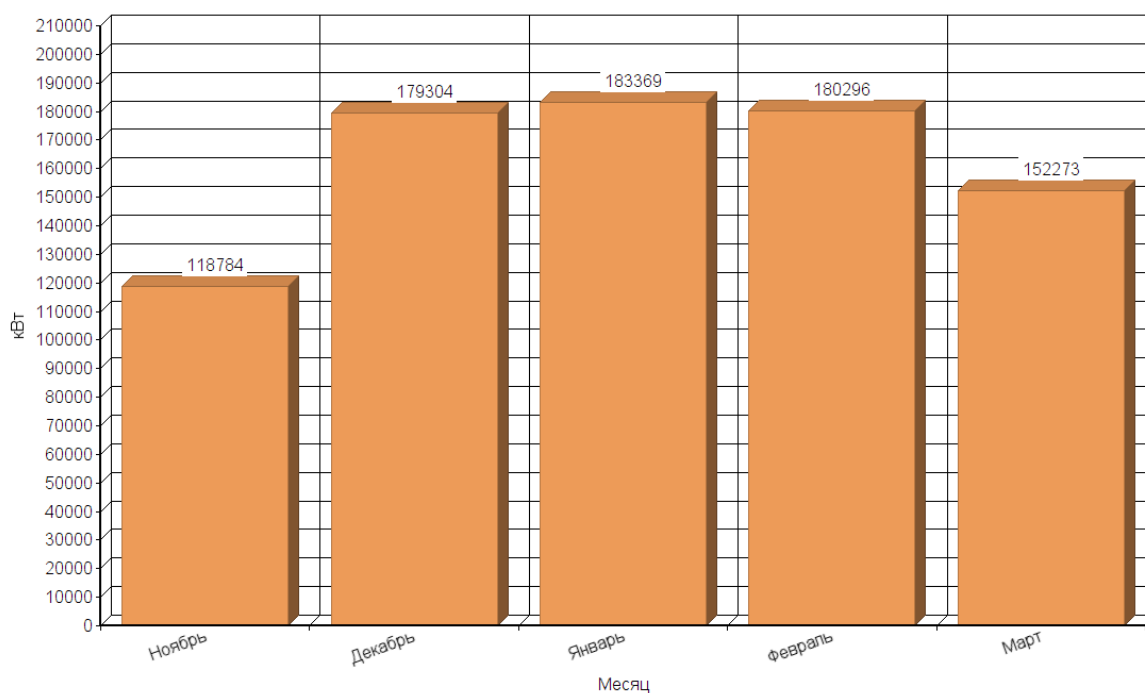


Рисунок 3 – Показания счетчиков электроэнергии за пять месяцев

Таблица 2 – Показания счетчиков электроэнергии за декабрь 2020 г.

№ п/п	#G0Наименование участка	Номер счетчика	Коэффициент трансформации	Показания счетчиков		Количество кВт
				расчетный месяц	прошлый месяц	
1	Щитовая № 1	95154668	120	009934,4	009639,4	35400
2	Щитовая № 2	95155043	120	24027,2	23552,1	57012
3	Компрессорная	50256958	80	19367,17	19220,8	11709,6
4	ПТОл № 1	97958564	120	20942,08	20448,5	59229,6
5	ПТОл № 2	97654587	120	19161,58	19161,58	0
6	Стройцех	1107613258985	1	24646,3	24645,7	2000,6
7	Электроцех	1107845212064	1	198036,9	194593,7	3443,2
8	Летняя мойка	02565455	40	13507,7	13254,3	10136
9	Секционный	02369857	1	54257,1	53447,4	809,7
10	Гальваника	54658785	1	41792,8	41419,4	373,4
Итого на коммерческий учет (общий)						179304,4

Таблица 3 – Показания счетчиков электроэнергии за январь 2021 г.

№ п/п	#G0Наименование участка	Номер счетчика	Коэффициент трансформации	Показания счетчиков		Количество кВт
				расчетный месяц	прошлый месяц	
1	Щитовая № 1	95154668	120	10237	009934,4	36312
2	Щитовая № 2	95155043	120	24511	24027,2	58056
3	Компрессорная	50256958	80	19677	19367,17	24786,4
4	ПТОл № 1	97958564	120	21346,8	20942,08	48566,4
5	ПТОл № 2	97654587	120	19161,58	19161,58	0
6	Стройцех	1107613258985	1	28176,3	26646	1530
7	Электроцех	1107845212064	1	201602	198036,9	3565,1
8	Летняя мойка	02565455	40	13744	13507,7	9452
9	Секционный	02369857	1	55037	54257,1	779,9
10	Гальваника	54658785	1	42114	41792,8	321,2
Итого на коммерческий учет (общий)						183369

Таблица 4 – Показания счетчиков электроэнергии за февраль 2021 г.

№ п/п	#G0Наименование участка	Номер счетчика	Коэффициент трансформации	Показания счетчиков		Количество кВт
				расчетный месяц	прошлый месяц	
1	2	3	4	5	6	7
1	Щитовая № 1	95154668	120	10504,4	10237	32008
2	Щитовая № 2	95155043	120	25002,2	25511	58944
3	Компрессорная	50256958	80	19975,4	19677	23872
4	ПТОл № 1	97958564	120	21768,9	21346,8	50652

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6	7
5	ПТОл № 2	97654587	120	19161,58	19161,58	0
6	Стройцех	1107613258985	1	29847,5	28176,3	1671,2
7	Электроцех	1107845212064	1	204151,2	201602	2549,2
8	Летняя мойка	02565455	40	13953,2	13744	8368
9	Секционный	02369857	1	56895	55037	1858
10	Гальваника	54658785	1	42488	22114	374
Итого на коммерческий учет (общий)						180296,4

Таблица 5 – Показания счетчиков электроэнергии за март 2021 г.

№ п/п	#G0Наименование участка	Номер счетчика	Коэффициент трансформации	Показания счетчиков		Количество кВт
				расчетный месяц	прошлый месяц	
1	Щитовая № 1	95154668	120	10749	10504,4	23952
2	Щитовая № 2	95155043	120	25434	25002,2	51816
3	Компрессорная	50256958	80	20250,4	19975,4	22000
4	ПТОл № 1	97958564	120	22120,9	21768,9	42240
5	ПТОл № 2	97654587	120	19161,58	19161,58	0
6	Стройцех	1107613258985	1	31250,4	29847,5	1402,9
7	Электроцех	1107845212064	1	206360,8	204151,2	2209,6
8	Летняя мойка	02565455	40	14132,6	13953,2	7176
9	Секционный	02369857	1	57977	56985	1082
10	Гальваника	54658785	1	42883	42488	395
Итого на коммерческий учет (общий)						152273,5

Предлагаемыми системой управления энергопотреблением преимуществами являются: автоматическое измерение расхода энергии, внесение в базу данных информации по каждому цеху, формирование архива данных. Система работает в любых условиях, без необходимости трудоемкого технического обслуживания. Отличительной особенностью предлагаемой системы автоматизированного учета энергопотребления является высокая доступность системы, возможность беспроводной передачи данных на сервер энергокомпании организации.

#### Литература

1. Системы АСКУЭ: учеб. пособие / А.Н. Ожегов. Киров: Изд-во ВятГУ, 2006. 102 с.
2. *Momoh J.A.* Smart Grid Design for Efficient and Flexible Power Networks Operation and Control / J.A. Momoh // Power Systems Conference and Exposition, PSCE '09, 2009. Pp. 1–8. DOI: 10.1109/PSCE.2009.4840074.
3. *Ремизова Т.С.* Возможности создания и перспективы развития интеллектуальной системы учета электроэнергии в России / Т.С. Ремизова, Д.Б. Кошелев // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2018. № 2 (359). С. 347–363.