Забродина Ольга Борисовна,
кандидат технических наук, доцент, зав. кафедрой «Электроэнергетика и теплоэнергетика» АЧИИ ФГБОУ ВО «ДонГАУ»
zernob@yandex.ru

Емцов Вадим Алексеевич,
магистрант АЧИИ ФГБОУ ВО «ДонГАУ»
emtsovvadim252@yandex.ru

Стецко Татьяна Юрьевна,
магистрант АЧИИ ФГБОУ ВО «ДонГАУ»
stecko_tanya@mail.ru

Кособуцкая Ольга Сергеевна,
магистрант АЧИИ ФГБОУ ВО «ДонГАУ»
osk1978@mail.ru

Анализ электропотребления и разработка мероприятий по энергосбережению во внутренней электрической сети торгового предприятия

Аннотация: *Рассмотрены вопросы, связанные с потреблением электрической энергии электроустановками торгового предприятия. Анализ потребления электрической энергии показал, что расход электрической энергии на квадратный метр предприятия превышает среднестатистический по России. Выявлены возможные направления энергосбережения. Предложены мероприятия по энергосбережению в различных технологических процессах путем использования современных энергосберегающих технологий и оборудования в осветительных установках, в процессах охлаждения скоропортящейся продукции, кондиционирования, управления установками. Оценена эффективность предложенных мероприятий.*
Ключевые слова: *электрическая энергия, энергосбережение, мощность, холодильная установка, кондиционирование. осветительная установка..*

В условиях постоянного увеличения стоимости электрической энергии особенно актуальны работы, направленные на энергосбережение в различных технологических процессах предприятий.

Многочисленные исследования показали, что, при производстве, распределении электроэнергии большая часть потерь – до 90% – приходится на электропотребление, тогда как потери при передаче электроэнергии составляют лишь 9–10%.

Повысить эффективность использования энергии можно путём использования энергосберегающих технологий и оборудования.

С целью изучения возможностей снижения расхода электрической энергии в технологических процессах в настоящей работе, выполненной по заказу предпринимателя, проведен энергоаудит торгового предприятия и предложены мероприятия по энергосбережению в его внутренней электрической сети. Для этого решались следующие задачи:

- был выполнен расчет существующих электрических нагрузок по каждому технологическому процессу предприятия, их анализ;
- разработаны предложения по энергосбережению;
- определены максимальная и расчетная нагрузки на вводе с учетом предложений по энергосбережению, определены необходимые при этом объемы работ по реконструкции внутренней электрической сети для их реализации с учетом требований по обеспечению безопасности при монтаже нового оборудования и его эксплуатации,

- оценена эффективность предложенных решений.

Рассматриваемое торговое предприятие включает магазин и столовую. Специализация магазина заключается в продаже как продовольственных, так и непродовольственных товаров. Общая площадь составляет 1460,4 м^2, в том числе площадь торгового зала - 961,3м^2. В столовой имеется зал приема пищи кухня, моечная. Есть в здании комнаты персонала, кабинет директора, склады и другие подсобные помещения. Торговое предприятие введено в эксплуатацию в 2019 году.

Электроэнергию торговое предприятие получает от двухтрансформаторной КТП 10/0,4 кВ, питающейся от двух линий 10 кВ

На вводе в электрощитовой установлено вводно-распределительное устройство – щит типа ВРУМ, учет электроэнергии осуществляется счетчиками активной энергии, установленными на вводной панели ВРУ. На вводе выполнен контур заземления. Заземление предусматривается выполнением зануления и защитного заземления.

По степени электроснабжения электротокоприемники относятся к потребителям I и II категорий. К потребителям первой категории относятся противопожарные системы здания.

Напряжение сети принято 380/220 В при глухозаземленной нейтрали трансформатора.

Расход электрической энергии по месяцам представлен в таблице 1

Таблица 1 – Данные по расходу электрической энергии торгового предприятия

Месяц 2021 года	Расход электроэнергии, кВт*ч.	Удельный расход электроэнергии, кВт*ч/м^2
Январь	13370	13,92
Февраль	13462	14,01
Март	13415	13,96
Апрель	13642	14,18
Май	14474	15,05
Июнь	22806	23,74
Июль	27686	28,81
Август	23135	24,07
Сентябрь	16024	16,68
Октябрь	14564	15,14
Ноябрь	14168	14,74
Декабрь	13355	13,90

К основным технологическим процессам, в которых потребляется электрическая энергия, относятся искусственное освещение помещений и прилегающей территории, кондиционирование основных торговых площадей, охлаждение емкостей для скоропортящихся продуктов питания, приготовление пищи в столовой, отопление здания, системы учета, видеонаблюдения.

Как показал анализ электропотребления, средний за период эксплуатации годовой удельный расход электрической энергии составляет 206,2 кВт*ч./м^2

Сравнение удельного расхода электрической энергии по месяцам показывает, что наибольший расход электрической энергии имеет место в летний жаркий период. В июле, например, расход электрической энрегии оказался фактически больше расхода электроэнергии в январе в два раза. Заметим, чем ниже температура, тем меньше требуется электрической энергии. И это обосновано, поскольку основной расход электроэнергии в данном случае связан с процессами охлаждения продуктов и кондиционированием помещений.

Анализ нагрузок по основным технологическим процессам показал, что общая активная мощность в летний период составляет 100,78 кВт, реактивная – 47,93 квар, а полная мощность 111,59 кВА (таблица 2).

Основной расход электрической энергии приходится на процессы кондиционирования и охлаждения продуктов (36,6 %), примерно столько же потребляет электроэнергии система освещения.

Таблица 2 – Сводные данные по расчету существующих нагрузок

Вид нагрузки	Мощность		
	активная P, кВт	реактивная Q, квар	полная S, кВА
Освещение	34,13	8,19	-
Силовые процессы	36,88	36,37	-
в том числе			-
охлаждение	11,15	8,729	-
кондиционирование	16,97	16,97	-
Тепловые процессы	26,97	0,601	-
Видеонаблюдение	1,057	1,02	-
Оргтехника	1,75	1,75	-
Итого	100,78	47,93	111,59

Поскольку разрешенная по техническим условиям для данного объекта мощность составляет 80 кВт, очевидно, что при пуске в эксплуатацию столовой в летний период будет ощущаться недостаток энергии.

Рассмотрим каково среднее статистическое потребление энергии на 1 $м^2$ здания аналогичных предприятий сферы услуг в России и за рубежом. Точно эту цифру рассчитать невозможно [1] поскольку климатические условия очень разные для различных регионов и профиль торговых предприятий различен.

В итоге средняя цифра по России – 430 кВт•ч/$м^2$ – сильно зависит от точности этих оценок. Россия по этому показателю довольно близка к странам со сходными параметрами климата и исторически сложившимися уровнями обеспеченности площадями зданий сферы услуг [1]: Чехии, Эстонии и Латвии, а также к Канаде (420 кВт•ч/$м^2$)..

В зданиях торговли средние показатели по России являются сопоставимыми с аналогичными показателями зарубежных стран.

Если сравнить на уровни энергоэффективности в торговле в некоторых странах мира, то окозывается, что по потреблению энергии Россия находится на уровне Канады, что закономерно – близкие климатические условия. Показатель включает в себя все виды энергии, приходящиеся на один квадратный метр здания.

В России удельное потребление электроэнергии в сфере услуг достигает 99 кВт•ч/$м^2$ в год [1]. Таким образом, анализ показывает, что существует значительный потенциал для снижения удельного расхода электроэнергии в рассматриваемом торговом предприятии. Следовательно, следует изучить имеющиеся в отечественной и зарубежной практике возможности использования энергосберегающих технологий и оборудования.

В существующей электроустановке используются люминесцентные светильники, в основных помещениях двухламповые, а также светильники с энергосберегающими лампами.

Анализ источников научно-технической литературы выявил возможные для предприятия пути экономии электрической энергии в осветительных электроустановках. Был выполнен светотехнический расчет осветительной установки при использовании взамен существующих люминесцентных светильников светодиодных, имеющие б**о**льшую светоотдачу,

Для минимизации расходов на демонтаж существующих источников света и монтаж предлагаемых были приняты линейные светодиодные светильники мощностью 40 Вт для основных производственных помещений и мощностью 20 Вт для подсобных.

Заменены галогенные светильники, установленные на фсаде и во дворе здания на аналогичные светодиодные, Внесены изменения в систему управления освещением: для ряда помещений применены датчики присутствия, для коридоров и разгрузочной – датчики движения, перегруппированы групповые сети, в управление близлежащими к оконным проемам группами введены для отключения и включения фотореле.

Для уменьшения расхода электроэнергии в холодильных установках прежде всего рекомендуют их замену на более современные зарубежных производителей [2, 3, 4, 5]. Поскольку имеющиеся на объекте холодильные шкафы, морозильники, бонеты, лари эксплуатируются всго год, замену оборудования считаем нецелесообразной.

Выделение отдельной зоны хранения (комнаты даже со стекляными стенами) приводит к уменьшению продаж продукции, требующей охлаждения. В данном случае получение экономии электрической энергии возможно в том случае, если вместо многих холодильных агрегатов использовать отдельный мощный чилер, который размещается в отдельном помещении, а холод в камеры подается по трубам, степень открытия заслонок регулируется автоматически. Этот способ еще и позволит уменьшить в летний период затраты на кондиционирование, поскольку холодильные агрегаты будут выделять теплоту не во внутреннее пространство магазина, а на улицу, а зимой тепловой поток можно перенаправить внутрь магазина.

Расчеты показали, что при реализации предложенных решений суммарная расчетная нагрузка будет равна 77,3 кВт (в настоящее время 100,78 кВт), при установленной мощности оборудования 116 Вт.

Поскольку все рекомендации требуют капитальных вложений, то для их вычисления и определения срока окупаемости предложенных решений были реконструированы внутренние электрические сети, распределительные устройства, выбраны аппараты защиты, в качестве которых приняты либо автоматические выключатели, либо дифференциальные автоматы.

На вводе здания в вводном распределительном щите установлены автоматический выключатели и для защиты от перенапряжений комплект ограничителей перенапряжения.

Для прокладки внутри здания принят кабель типа ВВГнг(А)-LS, прокладываемый на лотках в торговом зале и в кабель-каналах . Рассчитано сечение кабелей на всех участках силовой и осветительной сети. Сечение кабеля выбиралось по длительно допустимому току с учетом уставок ранее выбранных аппаратов защиты. Сечение кабеля ввода составило 50 мм^2

Для проверки правильности выбора аппаратуры и обеспечения селективности срабатывания защит рассчитаны токи короткого замыкания.

Перечень предложений по энергосбережению в технологических процессах предприятия и расчетные сроки их окупаемости представлен в таблице 3.

Таблица 3 - Потенциал энергосбережения и оценка возможной экономии во внутренней электрической сети объекта

Наименование мероприятий	Инвестиции, .	Годовая экономия		Срок окупаемости
		кВт*ч.	руб.	лет
Замена светильников люминесцентных на светодиодные	284490*1,3= =369837	107462,7	77158,8	4,8
Установка фотореле для контроля освещенности в помещениях	1100*1,3=1430	368,9	2648,3	0,54
Установка таймеров или фотореле для автоматического включения наружного освещения	770*1,3=1001	316,1	2269,5	0,44

Плавное регулирование освещенности)	Снижение расхода электрической энергии на 14 %			
Контроль датчиками присутствия	До 65 0% в тех помещениях, где установлен датчик			
Комлпексное автоматическое управление	460000	До 70 % 63383	455093	1,01
Замена установок, работающих на фреоне установками, работающими на СО	Снижение расхода электрической энергии на 5,8 %			
Зимой подавать холодный воздух непосредственно в в морозильник	Снижение расхода электрической энергии на 11 %			
Интегрирование системы охлаждения с системой отопления (Использование «бросовой теплоты»)	Снижение расхода электрической энергии на 26 %			
Использование интеллектуальных систем управления холодильными установками	Снижение расхода электрической энергии на 18 %			
«Выносной холод»	Снижение расхода электрической энергии на 20 %			
Комплексное решение	Снижение расхода электрической энергии на 37 %			
Использование современных агрегаатов, например Rivacold	Снижение расхода электрической энергии на 11 %			

Выводы По расходу электрической энергии на квадратный метр предприятие превышает среднестатистический показатель по России для торговых предприятий и составляет 206,2 кВт*ч./м^2. При этом активная мощность в летний период равна 100,78 кВт, реактивная – 47,93 квар, а полная мощность – 111,59 кВА.

Потенциал энергосбережения на объекте значителен, оценка возможной экономии во внутренних электрических сетях показала, что можно при сравнительно небольших затратах на внедрение, рекомендованных мероприятий, получить по различным технологическим процессам экономию электрической энергии от 10 до 50 %.

1. Башмаков И.А. Сравнение уровней энергоэффективности зданий в России и зарубежных странах Экономия электроэнергии в супермаркетах, гипермаркетах. URL: http://www.oborud.info/news/?t=11163.

2. Экономия электроэнергии холодильника: экономить просто. URL: https://vse-elektrichestvo.ru/poleznye-sovety/ekonomiya-elektroenergii/ekonomiya-elektroenergii-xolodilnika.html

3. Энергосбережение холодильных камер / URL: http://www.xiron.ru/content/view/178/28/

4. Энергосберегающие инновации в холодильном оборудовании, которые позволяют магазинам экономить энергию – URL: https://shural.ru/news/energosberegayushchie-innovacii-v-holodilnom-oborudovanii/

5.Энергоэффективность холодильных систем / №5(74) ОКТЯБРЬ 2015. - URL: https://www.holodinfo.ru/rubrics/energosberezhenie/energoeff_ektivnost-holodilnyh-sistem

Zabrodina Olga Borisovna

Candidate of Engineering Sciences, Assoiate Professor, Azov-Black Sea Engineering Bnstitute – a branch of the Don State Agrarian University, Zernograd

zernob@yandex.ru

Emtsov Vadim Alecseevich,

Master`s student, Azov-Black Sea Engineering Bnstitute – a branch of the Don State Agrarian University, Zernograd

emtsovvadim252@yandex.ru

Stecko Tatyana Yuryevna,
Master`s student, Azov-Black Sea Engineering Bnstitute – a branch of the Don State Agrarian University, Zernograd
stecko_tanya@mail.ru

Kosobutskaya Olga Sergeevna,
Master`s student, Azov-Black Sea Engineering Bnstitute – a branch of the Don State Agrarian University, Zernograd
osk1978@mail.ru

Analysis of power consumption and development of energy saving measures in the internal electrical network of a commercial enterprise

Annotation:*The consumption of electrical energy by electrical installations of a commercial enterprise is considered. An analysis of the consumption of electrical energy showed that the consumption of electrical energy per square meter of the enterprise exceeds the average in Russia. Possible ways of energy saving are revealed. Measures for energy saving in various technological processes are proposed, through the use of modern energy-saving technologies and equipment in lighting installations, in the processes of cooling perishable goods, air conditioning, and plant management. The effectiveness of the proposed measures was evaluated.*

Key words: *electrical energy, energy saving, power, refrigeration unit, air conditioning. lighting installation*