

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)

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Электроснабжение

(направленность (профиль)/специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Проведение энергетического обследования объекта – МФТРЦ «Акварель»
г. Волгоград

Обучающийся

А. Ф. Марданов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доц. М. Н. Третьякова

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Аннотация

В настоящее время, во время роста тарифов, введения вирусных карантинных ограничений в свободном передвижении во время изоляции отмечается значимость энергоёмкости предприятий, которая зависит от энергоэффективности промышленности на уровне электроснабжения.

Основным путем повышения эффективности электроснабжения предприятий является энергосбережение.

Тема данной выпускной квалификационной работы - «Проведение энергетического обследования объекта – МФТРЦ «Акварель» г. Волгоград».

Целью данной ВКР является повышение энергетической эффективности МФТРЦ «Акварель» за счет проведения энергетического обследования и разработки комплекса мероприятий по совершенствованию системы электроснабжения, холодоснабжения и вентиляции объекта.

Объект исследования – система электроснабжения, холодоснабжения и вентиляции объекта.

Предмет исследования – анализ работы оборудования систем электроснабжения, холодоснабжения и вентиляции МФТРЦ «Акварель» для разработки предложений по внедрению и достижения экономии энергии и повышение общей энергоэффективности объекта.

Проанализирован баланс потребления энергоресурсов и анализ энергоресурсов арендаторов.

Предложены мероприятия, по энергосбережению которые согласованы с Заказчиком.

Произведен расчет показателей экономической эффективности по системам энергоресурсов и предложено техническое решение по мероприятиям и их реализации на объекте для повышения энергоэффективности.

Содержание

Введение.....	4
1 Информация об объекте исследования ТРЦ Акварель.....	7
2 Балансы потребления энергоресурсов объекта исследования ТРЦ Акварель.....	9
3 Анализ потребления энергоресурсов ТРЦ Акварель.....	14
3.1 Анализ потребления электроэнергии	14
3.2 Анализ потребления природного газа	16
3.3 Анализ потребления воды и стоков	17
4 Итоги обследования.....	19
5 Анализ потребления электроэнергии арендаторами ТРЦ Акварель с потреблением выше 4000 кВт·ч/мес.....	23
5.1 Анализ потребления электроэнергии арендатором АШАН.....	23
5.2 Анализ потребления электроэнергии арендатором Леруа Мерлен.....	23
5.3 Анализ потребления электроэнергии другими арендаторами ТРЦ Акварель.....	27
6 Энергосберегающие мероприятия.....	30
6.1 Оптимизация давления конденсации фреона в холодильных установках с компрессорами	30
6.2 Замена вентиляторов с асинхронными двигателями (АС) на вентиляторы с электродвигателями с электронной коммутацией (ЕС) на «сухой» градирне.....	39
6.3 Замена ламп наружного освещения на территории гостевой парковки на светодиодные.....	49
6.4 Замена ламп наружного освещения на территории хоз.двора на светодиодные.....	62
6.5 Внедрение системы энергоменеджмента.....	70
Заключение.....	77
Список используемой литературы.....	79

Введение

Концепции энергосбережения, закладываемые в основу нормативно-правовых актов, зависят от уровня последних и отличаются целями, методами, организацией и сроками исполнения, источниками финансирования и др.

Документы высоких иерархических уровней: федерального, регионального, муниципального, отраслевого – определяют деятельность органов государственной власти, направленную на создание условий для ЭС ПЭЭ с целью обеспечения устойчивого развития общества с позиции энергетической и экологической безопасности. Заложенная в них концепция характеризуется большими сроками реализации [21].

Энергетический аудит представляет собой процесс, включающий сбор и анализ достоверной информации об использовании энергетических ресурсов, показателях энергетической эффективности и возможностях энергосбережения.

Результатом проведенных сборов и анализа информации об использовании энергетических ресурсов предложения и мероприятия, как техническое решение на проведение мер по минимизации расхода энергоресурсов.

В настоящее время энергоресурсосбережение становится одной из важных задач, ведь потребление тепловой и электрической энергии является необходимым условием для обеспечения благоприятных условий жизнедеятельности и улучшения качества жизни людей. Однако в России ранее отсутствовал интерес к экономии ресурсов, так как страна обладает значительными энергетическими резервами. Также не хватало мотивации, опыта и информации в этой области.

Однако с увеличением тарифов на энергоресурсы и возникающей необходимостью в экономии в России начал активно развиваться энергоаудит, сочетающий в себе экономику, экологию и новые технологии.

Основанием для реализации энергосбережения и повышение энергетической эффективности является закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 года «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», основными требованиями Закона № 261-ФЗ являются:

- обязательная установка приборов учета энергоресурсов;
- обеспечение энергоэффективности зданий, строений, сооружений;
- введение запрета на оборот товаров, имеющих низкую энергетическую эффективность;
- обязанность снизить расходы бюджетных учреждений на потребление энергоресурсов на 3% ежегодно в течение 5 лет;
- обязательные энергообследования не реже 1 раз в 5 лет;
- органов государственной власти, органов местного самоуправления.

Проведение энергосберегающих мероприятий не только позволяет снизить издержки и повысить конкурентоспособность производства, но и уменьшает необходимость во введении дополнительных мощностей, что способствует финансовой стабильности [17, 6].

Целесообразным решением производственного процесса является замена изношенных основных средств на новые. Замена выполняется на основании аккумулирования амортизационных отчислений, которые в свою очередь применяют на закупку нового оборудования. При этом значительная экономия в производстве может быть достигнута по средствам новых вложений, направляемых как на совершенствование, качественное обновление техники и технологии. Именно инвестирование в модернизацию производства позволит в будущем достигнуть цель по экономии расходов и извлечения финансов в будущем, которые можно направить на решение других проблем на объекте. Данные операции и составляют экономический смысл инвестиций [13].

Для достижения финансовой и экологической безопасности, а также повышения уровня и качества жизни следует реализовать потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности предприятий.

Анализ работы оборудования и систем в МФТРЦ «Акварель» требуется для разработки предложений по внедрению и достижения экономии энергии и повышение общей энергоэффективности объекта. Это позволит снизить затраты, более эффективно использовать энергию и повысить надежность исходного оборудования.

Целью данной ВКР является повышение энергетической эффективности МФТРЦ «Акварель» за счет проведения энергетического обследования и разработки комплекса мероприятий по совершенствованию системы электроснабжения объекта.

Комплекс мер по энергосбережению и повышению энергетической эффективности представленные в работе относятся к «Активным» мероприятиям и дадут объекту существенный потенциал экономии энергии, связанный в первую очередь с организацией экономического режима использования электропотребляющего оборудования, осветительного и технологического [8].

1 Информация об объекте исследования ТРЦ Акварель

ТРЦ Акварель работает с 2013 года, расположен по адресу: 400062, г. Волгоград, Университетский проспект, 107. ТРЦ работает 7 дней в неделю.

В архивных проектных документах, которые хранятся в бумажном виде, были собраны основные параметры объекта: площадь, удельное потребление энергоресурсов, объем потребления энергоресурсов и т. д.

Собранные результаты отражены в таблице 1 и обозначены как основные характеристики объекта

Таблица 1 – Основные характеристики объекта

Наименование ключевого показателя	Значение
Год открытия	2013
Наличие наземной парковки	Да
Наличие подземной парковки	Нет
Общая площадь здания ТРЦ	125000 м ²
Площадь ТРЦ без Ашан и Леруа Мерлен	91157 м ²
Площадь аренды без учета Ашан и Леруа Мерлен	58158 м ²
Площадь мест общего пользования	32999 м ²
Общее энергопотребление ТРЦ	120275,0 ГДж/год
Удельное энергопотребление по общей площади ТРЦ	0,962 ГДж/м ² /год (267,3 кВтч/м ² /год)
Удельное энергопотребление без Ашан и Леруа Мерлен	0,927 ГДж/м ² /год (257,5 кВтч/м ² /год)
Удельное энергопотребление СИПРАС	0,860 ГДж/м ² /год (238,9кВтч/м ² /год)
Структура энергопотребления	Значение
Объем потребления электроэнергии всего ТЦ	24 422 тыс. кВт·ч/год
Объём потребления электроэнергии МОП	8753 тыс. кВт·ч/год
Объём потребления электроэнергии СИПРАС	1502,578 тыс. кВт·ч/год
Объём потребления природного газа	953,3 тыс.нм ³ /год
Точка начала отопления	13°С
Точка начала охлаждения	14,8°С

Продолжение таблицы 1

Наименование ключевого показателя	Значение
Коэффициент детерминации по электроэнергии (корреляции) R^2 (24- часовая базовая линия)	0,81
Коэффициент детерминации по газу (корреляции) R^2 (месячная линия)	0,98
Продолжительность периода охлаждения (месяцев)	12,0
Продолжительность периода отопления и вентиляции (месяцев)	6,0
Продолжительность периода горячего водоснабжения (месяцев)	12,0

Вывод

Сравнивая удельные показатели с другими объектами ритейла (ранее проведенными обследованиями) с учетом бенчмаркинга, удельный показатель ниже 300 кВт·ч/м²/год, считается объектом с высоким показателем энергоэффективности. По результатам данный объект в целом относится к объекту с высоким показателем энергоэффективности.

2 Балансы потребления энергоресурсов объекта исследования ТРЦ Акварель

По данным 2022г. наибольшее потребление приходится на электроэнергию 73% в относительном выражении или 84 919 ГДж. На природный газ приходится 27% в относительном выражении или 33 155 ГДж в натуральном выражении.

Ниже на рисунке 1 показан баланс потребления энергоресурсов в относительном выражении за 2022 г.



Рисунок 1 – Баланс потребления энергоресурсов за 2022 г

Коэффициент перевода энергии: кВт·ч в ГДж – 0,0036.

Коэффициент перевода природного газа, н.м³ в ГДж – 0,0399.

Затраты на энергоресурсы составляют 116,5 млн. руб. из них на электроэнергию относится 94% в относительном выражении и 109,8 млн. руб. в денежном выражении. На природный газ относится 6% в относительном выражении и 6,7 млн. руб. в денежном выражении.

Ниже на рисунке 2 показан баланс затрат на энергоресурсы в относительном выражении за 2022 г.

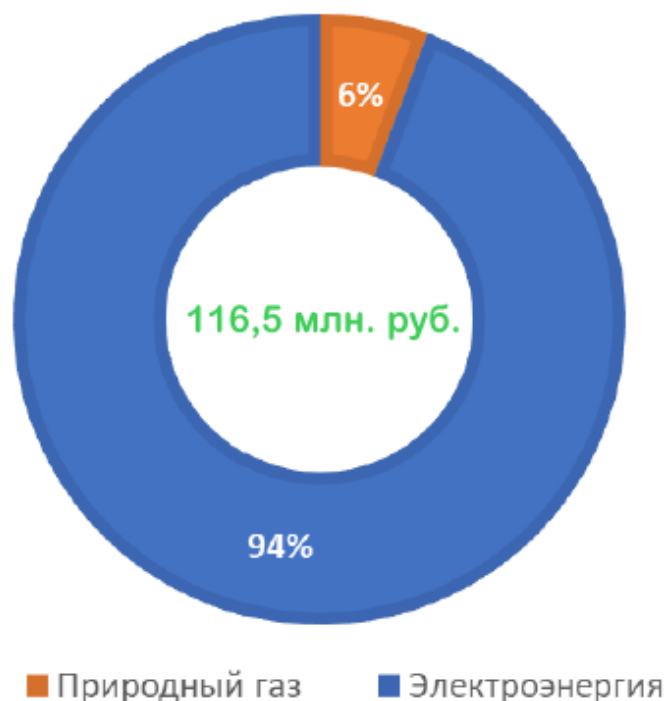


Рисунок 2 – Баланс затрат на энергоресурсы за 2022 г

Выбросов парниковых газов в атмосферу от потребленных энергоресурсов составляют 14446 т, из них на электроэнергию относится 87% в относительном выражении и 12504 т в натуральном выражении, на природный газ относится 13% в относительном выражении и 1942 т в натуральном выражении.

Ниже на рисунке 3 показан баланс по выбросам парниковых газов затрат в относительном выражении за 2022 г.

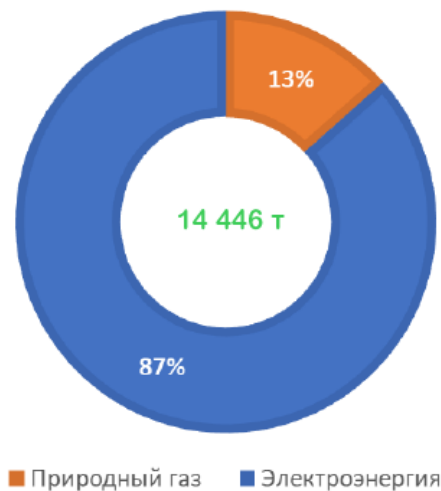


Рисунок 3 – Баланс по выбросам парниковых газов за 2022 г

Коэффициент перевода энергоносителей в выбросы CO₂:

- Электроэнергия – 0,512 кг/кВт·ч;
- Природный газ – 2,037 кг/н.м³.

Так же сделан расчет балансов потребления энергоресурсов и воды.

Ниже на рисунке 4 показан баланс потребления электроэнергии в относительном выражении за 2022 г.

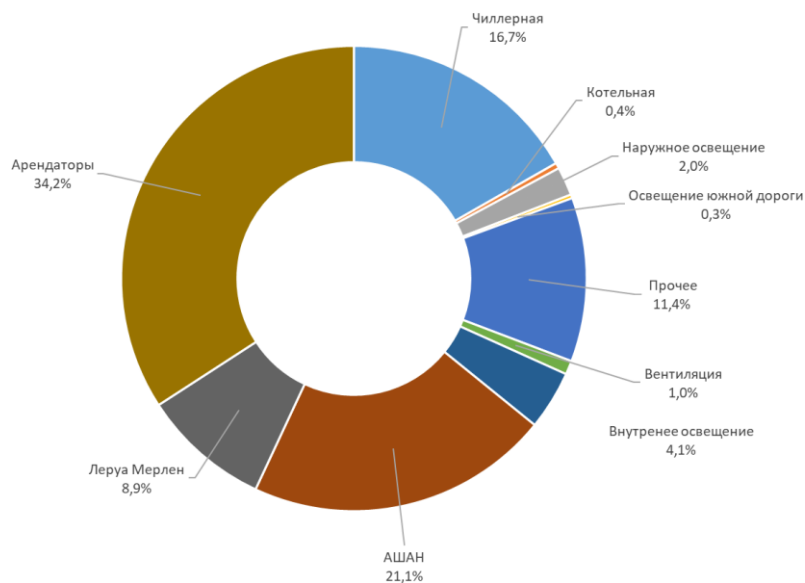


Рисунок 4 – Баланс потребления электроэнергии за 2022 г

На рисунке 5 показан баланс потребления природного газа в относительном выражении за 2022 г.

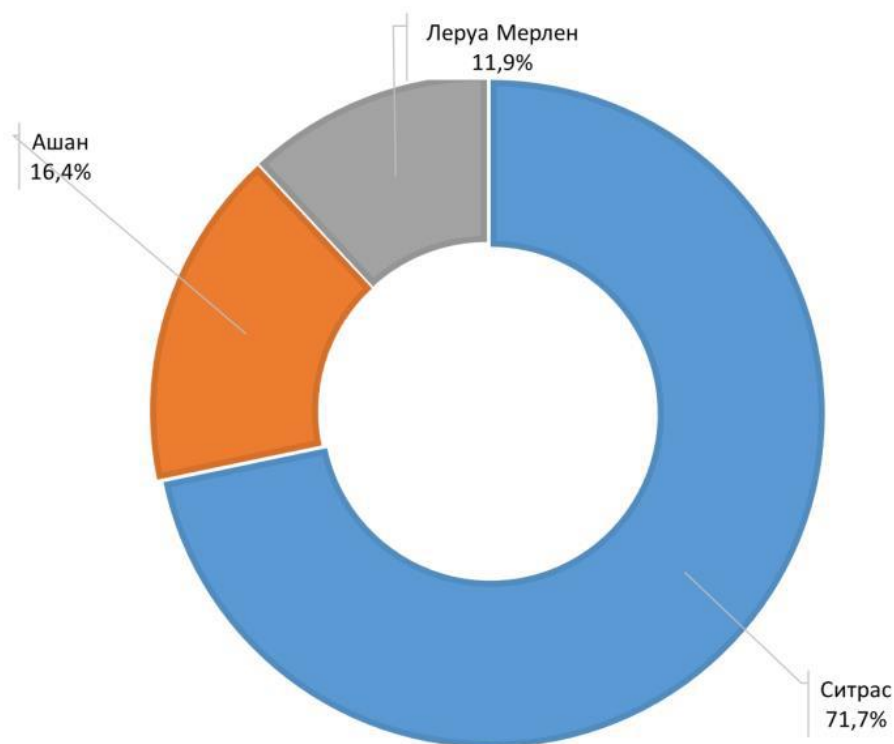


Рисунок 5 – Баланс потребления природного газа за 2022 г

На рисунке 6 показан баланс потребления воды в относительном выражении за 2022 г.

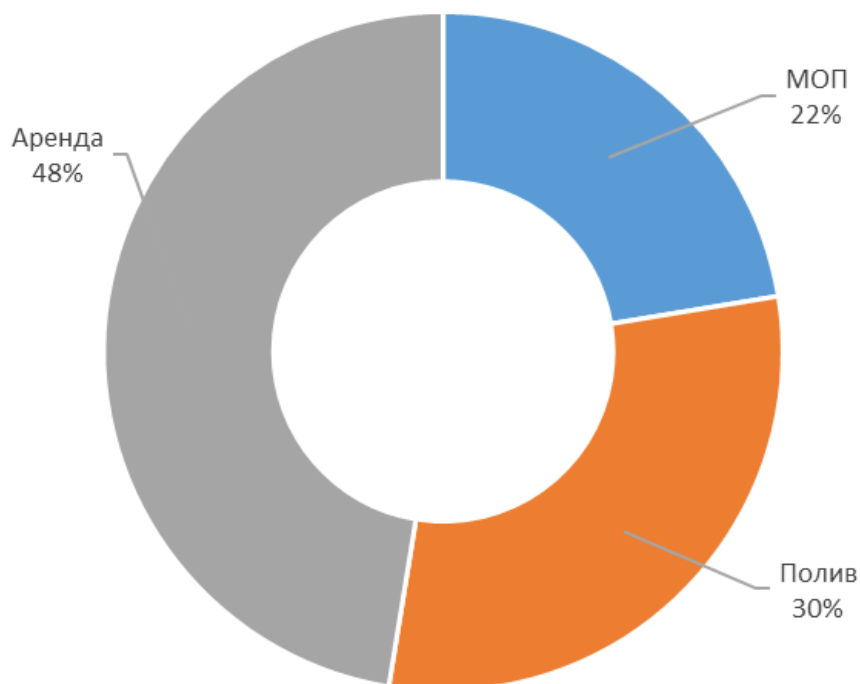


Рисунок 6 – Баланс потребления воды за 2022 г

Вывод

По проведенным анализам и подсчетам баланса потребления энергоресурсов наибольшее потребление приходится на электроэнергию.

Динамика развития мировой и российской экономики, появление новых приоритетов, как экономических [20], стремительное развитие технологий [4,5,18], закономерно приводят к изменениям к планированию объемов и структуры потребления электрической энергии (ПЭЭ) на основании прогноза ПЭЭ.

Дальнейшие мероприятия по энергоэффективности будут направлены на минимизацию расходов электроэнергии и отражены в данной работе.

3 Анализ потребления энергоресурсов ТРЦ Акварель

3.1 Анализ потребления электроэнергии

Произведен ретроспективный анализ потребления электроэнергии за 2022г с часовым расходом в зависимости от температуры наружного воздуха.

Температура наружного воздуха получена из сайта РП 5 [25].

На рисунке 7 показана диаграмма Green Chart.

Максимальная нагрузка приходится на летний период связанная с увеличением мощности холодильных установок при высокой температуре наружного воздуха.

Изменение нагрузок наблюдается и по вертикальной (дни, месяцы), и по горизонтальной (часы суток) осям.

По горизонтальной оси максимальное потребление приходится на часы открытия, по вертикальной оси максимальное потребление приходится на летние месяцы.

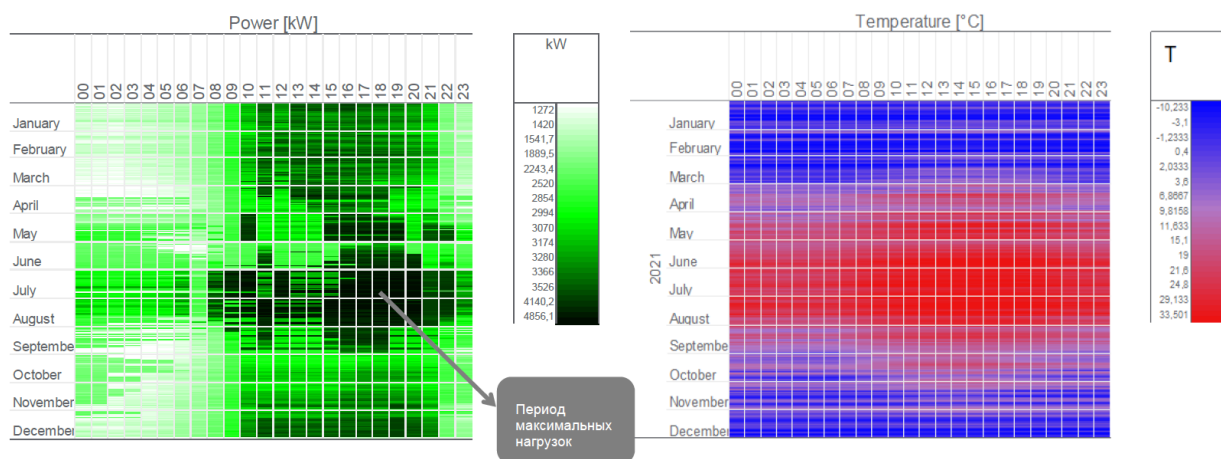


Рисунок 7 - Ретроспективный анализ: Диаграмма Green Chart, электроэнергия - коммерческие счетчики 2022г и температура наружного воздуха (часовые значения)

Анализ эффективности использования электроэнергии основным энергетическим оборудованием проведен с использованием данных о фактическом посуточном потреблении электроэнергии (кВт·ч/сутки) по коммерческим приборам учёта и среднесуточной температуре наружного воздуха (°C).

Объективным фактором, от которого зависит расход электроэнергии, является температура наружного воздуха [1].

Зависимость потребления электроэнергии от температуры наружного воздуха показана на рисунке 8.

Таким образом, подтверждается высокий уровень взаимосвязи между рассматриваемыми показателями.

В период интенсивного охлаждения наблюдается «разброс» точек выше чем отопительный период. Данный факт является предпосылкой для анализа и возможности выбора наиболее оптимальных режимов эксплуатации холодильного оборудования.

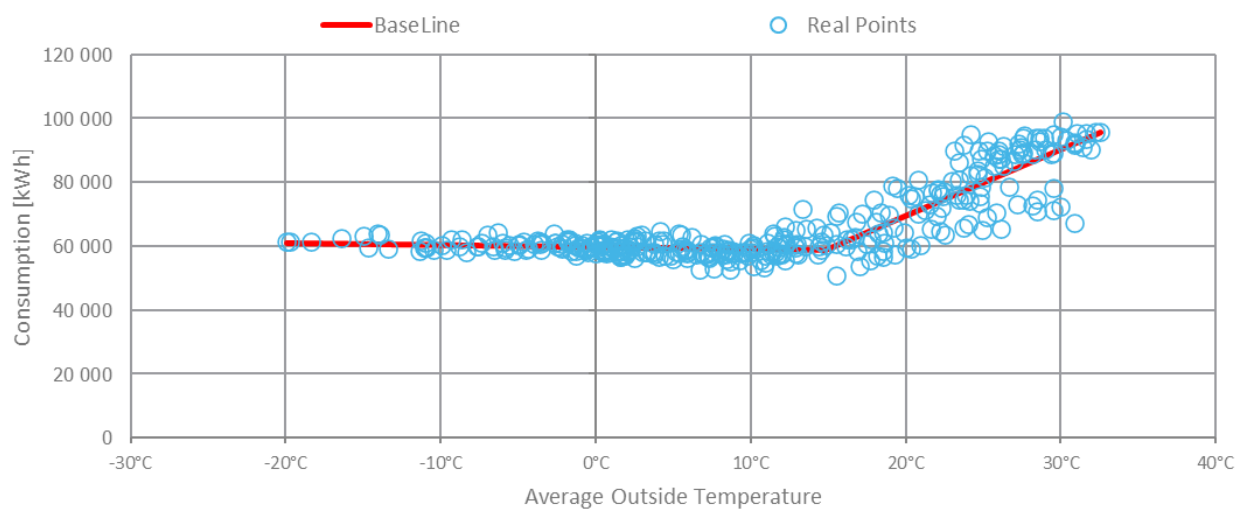


Рисунок 8 - Ретроспективный анализ: Базовое потребление электроэнергии за 2022 г. – коммерческие счетчики и температура наружного воздуха (значения за сутки)

3.2 Анализ потребления природного газа

Анализ эффективности использования природного газа проведен с использованием данных о фактическом ежемесячном природного газа (н.м³/месяц) за период январь 2020 - август 2022 г по коммерческим приборам учёта и среднесуточной температуры наружного воздуха (°С).

Объективным фактором, от которого зависит расход природного газа, является температура наружного воздуха.

Зависимость потребления природного газа от температуры наружного воздуха показана на рисунке 9.

Таким образом, подтверждается высокий уровень взаимосвязи между рассматриваемыми показателями.

Стоит отметить, что анализ по месячным значениям дает грубую оценку эффективности работы системы. Для точного анализа требуются суточные или часовые значения.

Анализ потребления газа показывает, что начало интенсивного потребления газа на отопление начинается с 13 °С, что является достаточно ранним началом отопительного периода. Нормальным началом отопительного периода является 8–10 °С. Смещение точки перелома в лево позволит снизить потребление природного газа до 5 - 7% в среднем на 621 м³/год.

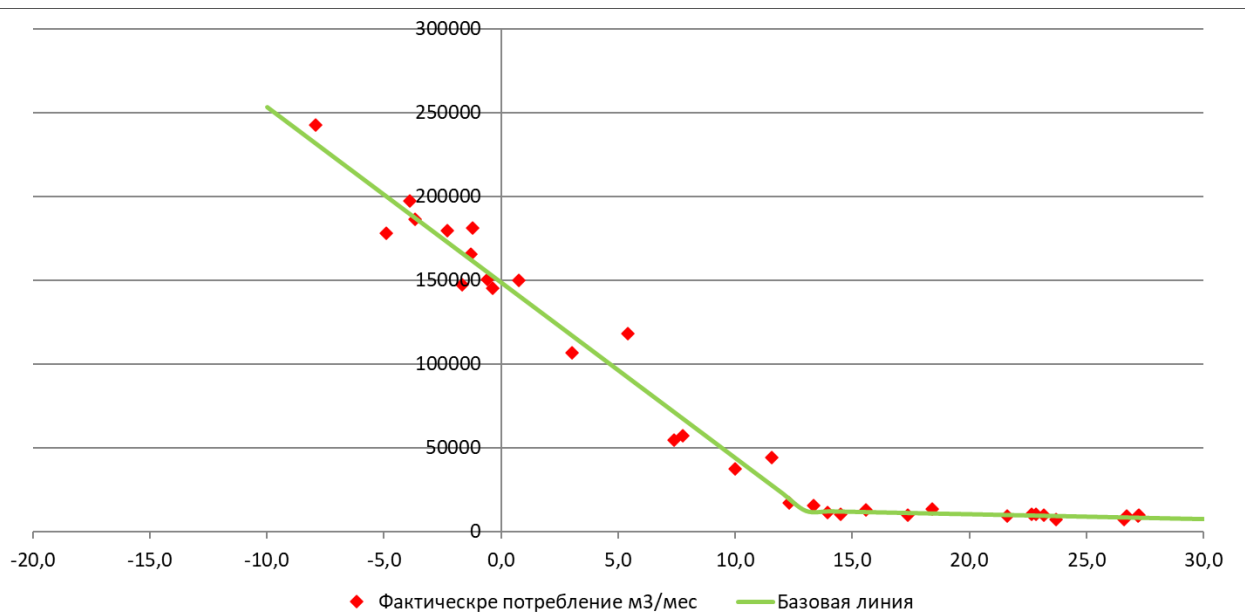


Рисунок 9 - Зависимость расхода природного газа от температуры наружного воздуха

3.3 Анализ потребления воды и стоков

Ниже на рисунке 10 приведен график потребления воды и отвода стоков за 2022.

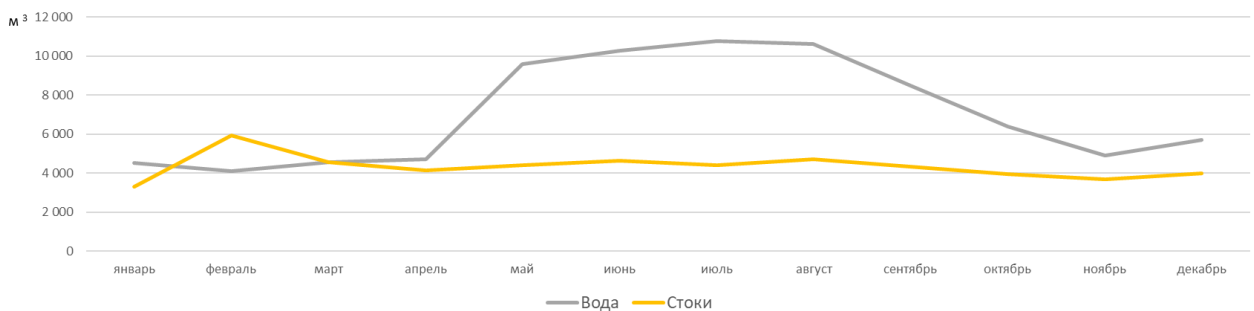


Рисунок 10 - Потребление воды и отвод стоков за 2022 г

Увеличение потребления воды в летний период обусловлено расходом на полив. Расход сточных вод в течение года равномерный, за исключением февраля.

В таблице 2 показан расхода воды по годам.

Таблица 2 – Расход воды с 2018 - 2022 год

Год	м ³
2018	96 415
2019	90 809
2020	64 191
2021	86 602
2022	87 364

Анализ потребления воды показывает снижение год от года, что подтверждает выполнение мероприятий, направленных на рациональное использование воды.

Ввиду того, что в ТРЦ ведётся достаточно детальный анализ потребления и принимаются решения по рациональному потреблению, при обследовании не выявлены дополнительные мероприятия.

Вывод

По проведенным анализам потребления энергоресурсов выявлено наибольшее потребление в сегменте электроэнергии. В связи с этим будем двигаться в направлении по минимизации и экономии электрической энергии на объекте исследования ТРЦ «Акварель».

4 Итоги обследования

По результатам обследования разработаны мероприятия по энергосбережению, при реализации которых предполагается годовое снижение энергоресурсов в объеме 6 784,91 ГДж в натуральном выражении.

Мероприятия ранжированы по группам. Группы мероприятий по сроку окупаемости:

- Группа P1- срок окупаемости до 1,5 лет;
- Группа P2- срок окупаемости выше 3 лет.

Группа P1 - Экономия 3783,42 ГДж:

- Оптимизация давления конденсации фреона R134a в холодильных установках с компрессорами BITZER CSH 9593-240Y;
- Внедрение системы энергоменеджмента.

Группа P2 - Экономия 3001,49 ГДж:

- Замена ламп наружного освещения территории гостевой парковки на светодиодные;
- Замена вентиляторов с асинхронными двигателями (АС) на вентиляторы с электродвигателями с электронной коммутацией (ЕС) на «сухой» градирне;
- Замена ламп наружного освещения территории хоз.двора.

На рисунке 11 показана структура экономии энергоресурсов по группам.

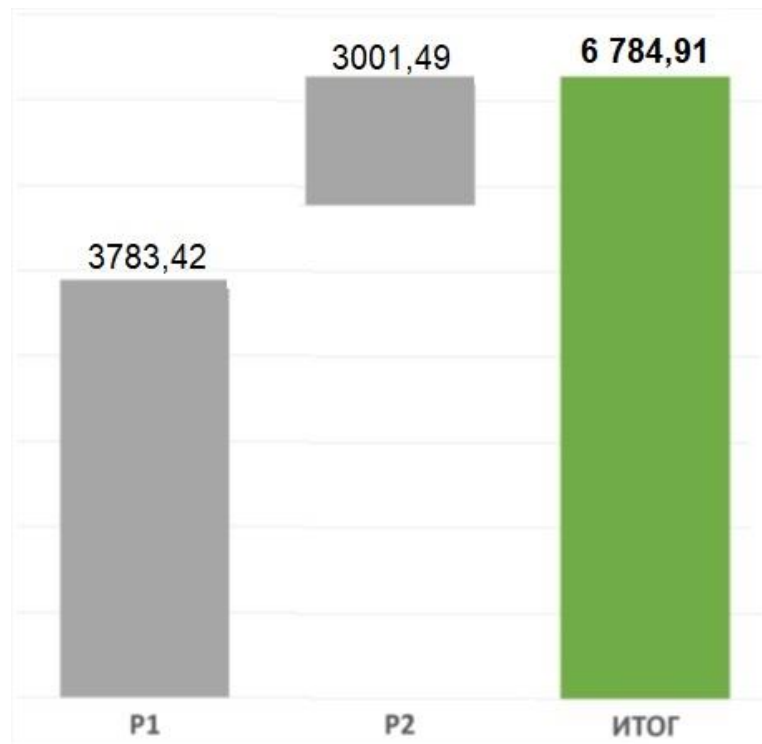


Рисунок 11 - Структура экономии энергоресурсов по группам

На рисунке 12 предоставлена информация об уровне эффекта по группам и аккумулятивного срока окупаемости.

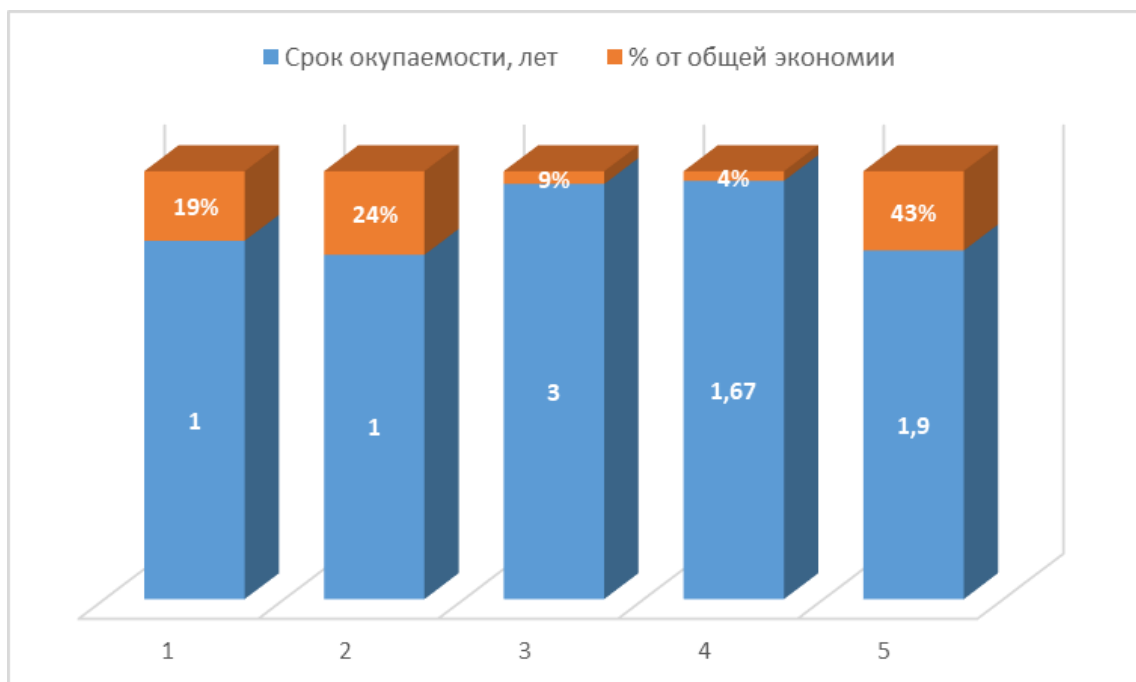


Рисунок 12 - Уровень эффекта по группам

Далее в таблице 3 приведен список мероприятий с ключевыми показателями:

- Инвестиции указаны «под ключ»;
- Объем инвестиций по мероприятиям указан предварительно. Точная сумма инвестиций определяется по результатам ППО;
- По решению «Внедрение системы энергоменеджмента» указана оценочная стоимость, точную стоимость можно определить после этапа сенсор-аудита.

Вывод.

По проведенным замерам и расчетам уровня эффекта от предлагаемых мероприятий по снижению энергопотребления выделены пять основных мероприятий, на которые будут выделяться инвестиции.

Таблица 3 – Мероприятия по энергоаудиту

Мероприятия	Экономия электроэнергии, кВт·ч	Экономия, ГДж	Экономия, руб.	Инвестиции руб.	Простой срок окупаемости, лет	% от общей экономии	% от общих затрат	Сложность	P1	P2
Оптимизация давления конденсации фреона R134a в холодильных установках с компрессорами BITZER CSH 9593-240Y	700 560	2522,02	1 381 963,89	1100000,00	1	19%	10%	+	X	-
Замена вентиляторов с асинхронными двигателями (АС) на вентиляторы с электродвигателями с электронной коммутацией (ЕС) на «сухой» градирне	350 400	1261,4	1 728 046,66	1773550,00	1	24%	16%	+++	-	X
Замена ламп наружного освещения территории гостевой парковки на светодиодные	105 645,6	380,32	655 599,30	2008375,92	3	9%	18%	+	X	-
Замена ламп наружного освещения территории хоз. двора	44 325,60	159,57	275 069,03	459628,32	1,67	4%	4%	+	-	X
Внедрение системы энергоменеджмента	683,8	2461,6	3 077 000	6000000,00	1,9	43%	53%	++	X	-
Итого	1 095 969	6 785	7 117 679	11 341 554	-	100%	100%	-	-	-

5 Анализ потребления электроэнергии арендаторами ТРЦ Акварель с потреблением выше 4000 кВт·ч/мес

5.1 Анализ потребления электроэнергии арендатором АШАН

Проведен анализ потребления электроэнергии арендатора АШАН, занимающего первое место по площади среди всех арендаторов ТРЦ Акварель.

В таблице 4 указаны основные характеристики объекта АШАН.

Таблица 4 – Характеристика арендатора АШАН

Наименование ключевого показателя	Значение
Год открытия	2013
Наличие наземной парковки	Да
Наличие подземной парковки	Нет
Общая площадь помещения	17790 м ²
Общее энергопотребление Ашан	23260 ГДж/год
Удельное энергопотребление Ашан (с учетом распределенного на них газа 16,4%)	1,308 ГДж/м ² /год (363,2 кВтч/м ² /год)
Структура энергопотребления	Значение
Объем потребления электроэнергии Ашан	4987,4 тыс. кВт·ч/год
Объем потребления природного газа (распределяется 16,4%)	156,4 тыс.нм ³ /год
Точка начала отопления (совместно с ТРЦ)	13°С
Точка начала охлаждения (совместно с ТРЦ)	14,8°С
Продолжительность периода охлаждения (месяц)	6,0
Продолжительность периода отопления и вентиляции (месяц)	6,0
Продолжительность периода горячего водоснабжения (месяц)	12

Объективным фактором, от которого зависит расход электроэнергии, является температура наружного воздуха.

Зависимость потребления электроэнергии от температуры наружного воздуха показана на Рисунке 13.

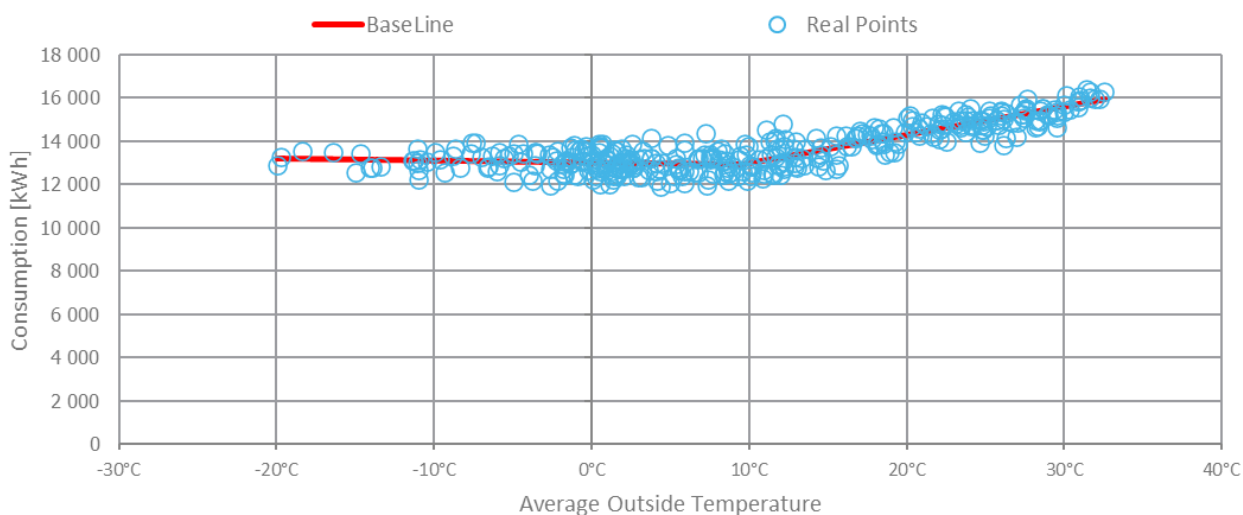


Рисунок 13 - Ретроспективный анализ: Базовое потребление электроэнергии Ашан за 2022г – воздуха (значения за сутки)

Вывод

Сравнивая удельные показатели с другими объектами ритейла (ранее проведенными обследованиями) с учетом бенчмаркинга, удельный показатель ниже 300 кВт·ч/м²/год, считается объектом с высоким показателем энергоэффективности. В данном объекте показатель энергоэффективности составляет 363,2 кВт·ч/м², что свидетельствует о возможном потенциале для доведения показателя 300 кВт·ч/м² и ниже.

5.2 Анализ потребления электроэнергии арендатором Леруа Мерлен

Проведен анализ потребления электроэнергии арендатора ЛЕРУА МЕРЛЕН, второго по площади арендатора после АШАНА и среди всех арендаторов ТРЦ Акварель.

Собранные данные отражены в таблице 5 и указаны основные характеристики объекта.

Таблица 5 – Характеристика арендатора Леруа Мерлен

Наименование ключевого показателя	Значение
Год открытия	2013
Наличие наземной парковки	Да
Наличие подземной парковки	Нет
Общая площадь помещения	16053 м ²
Общее энергопотребление Леруа Мерлен	11602,6 ГДж/год
Удельное энергопотребление Леруа Мерлен (с учетом распределенного на них газа 11,9%)	0,723 ГДж/м ² /год (200,7 кВт·ч/м ² /год)
Структура энергопотребления	Значение
Электроэнергии Леруа Мерлен	2154,3 тыс. кВт·ч/год
Объем потребления природного газа (распределяется 11,89%)	113,4 тыс. нм ³ /год
Точка начала отопления (совместно с ТРЦ)	13°С
Точка начала охлаждения (совместно с ТРЦ)	14,8°С
Продолжительность периода охлаждения (месяцев)	6,0
Продолжительность периода отопления и вентиляции (месяцев)	6,0
Продолжительность периода горячего водоснабжения (месяцев)	12

Ниже проведен регрессионный анализ зависимости потребления электрической энергии от температуры наружного воздуха.

Анализ эффективности использования электроэнергии основным энергетическим оборудованием проведен с использованием данных о фактическом посуточном потреблении электроэнергии (кВт·ч/сутки) по коммерческим приборам учёта и среднесуточной температуры наружного воздуха (°С).

Характер взаимосвязи между расходом электроэнергии и определяющими факторами удобнее исследовать, используя математический аппарат регрессионного анализа.

В его основе лежит анализ регрессионной зависимости попарных значений двух выборок данных, одна из которых – значения расхода энергии, вторая выборка – значения фактора, от которого зависит расход энергии.

Объективным фактором, от которого зависит расход электроэнергии, является температура наружного воздуха.

Зависимость потребления электроэнергии от температуры наружного воздуха показана на рисунке 14.

Таким образом, подтверждается низкий уровень взаимосвязи между рассматриваемыми показателями. Основным потребителем является система освещения в вентиляционных установках (без собственного охлаждения и нагрева), что практически не связано с температурой наружного воздуха.

В зимний период увеличивается потребление электроэнергии, что свидетельствует об увеличении потребления электроэнергии на обогрев.

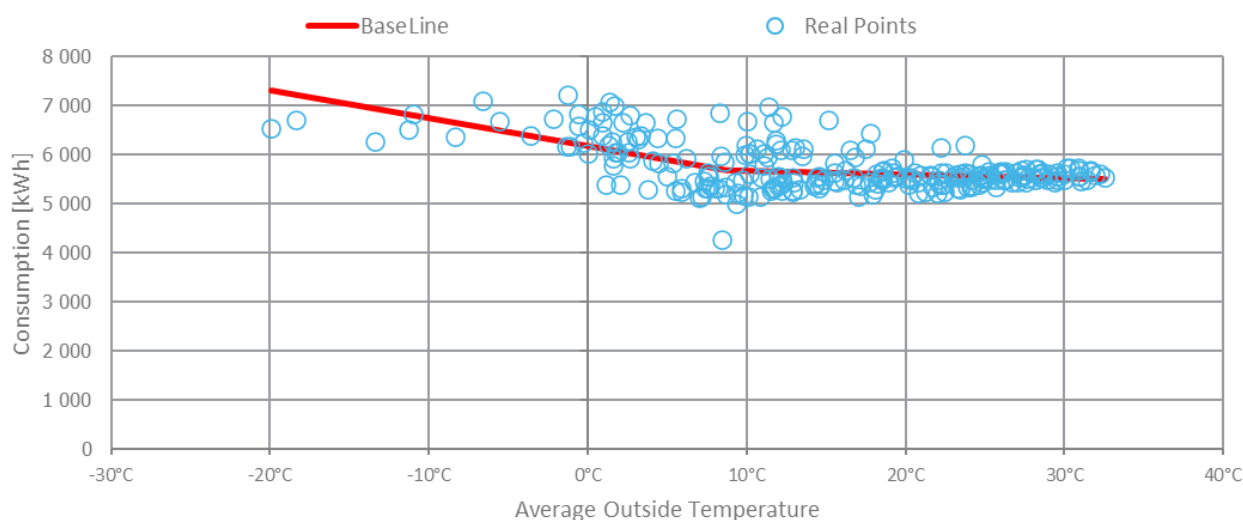


Рисунок 14 - Ретроспективный анализ: Базовое потребление электроэнергии Леру Мерлен за 2022г – воздуха (значения за сутки)

Вывод

Сравнивая удельные показатели с другими объектами ритейла (ранее проведенными обследованиями) с учетом бенчмаркинга, удельный показатель ниже 300 кВт·ч/м²/год, считается объектом с высоким показателем энергоэффективности.

В данном объекте показатель энергоэффективности составляет 200,7 кВт·ч/м², что свидетельствует о достаточно высоком уровне

энергоэффективности. Однако стоит учитывать, что в Леруа Мерлен нет энергоемких потребителей, таких как система производства холода, что значительно влияет на значение показателя энергоэффективности.

5.3 Анализ потребления электроэнергии другими арендаторами ТРЦ Акварель

Проведен анализ потребления электроэнергии арендаторами с потреблением электроэнергии выше 4000 кВт·ч/месяц.

В таблице 6 указаны значения для определения коэффициента энергоэффективности.

Таблица 6 – Потребление электроэнергии арендаторами ТЦ Акварель

№ помещения	Арендатор	ТМ	Расход электроэнергии за месяц, (кВт·ч)	Площадь, кв.м	Расход электроэнергии за год (кВт·ч)	Удельное потребление кВт·ч/м ²
B2.106	ЗАРА СНГ АО	Zara	50 745	2 256	608945,5	269,9
A2.03/1	ООО «Домашний интерьер»	Hoff	34 234	3 715	410803,5	110,6
Не определено	ЮРП ООО	MacDonalds	24 217	172	290601,6	1689,5
B2.002	МИТ ЭНД ВАЙН ООО	Траттория	23 958	582	287498,2	494,0
B3.104	ИНТЕРНЭШНЛ РЕСТОРАНТ БРЭНДС ООО	KFC	21 466	137	257587,5	1880,2
A2.28	РЕ ТРЭЙДИНГ ООО	Reserved	20 969	1 174	251625,9	214,3
B2.138	Эйч энд эм	H&M	19 671	2 018	236051,3	117,0
B2.36	ООО «СК Трейд»	Снежная королева	19 023	1 248	228276,6	182,9
B1.102/2	КАРИ ООО	KARI	17 727	2 549	212718,3	83,5

Продолжение таблицы 6

№ помещения	Арендатор	ТМ	Расход электроэнергии за месяц, (кВт·ч)	Площадь, кв.м	Расход электроэнергии за год (кВт·ч)	Удельное потребление кВт·ч/м ²
A1.71	КОТОН ТЕКСТИЛЬ ООО	Koton	16 724	1 683	200691,8	119,2
B3.102	БУРГЕР РУС ООО	Бургер Кинг	14 355	151	172262,1	1140,8
B2.145	СТРАДИВАРИ УС СНГ ООО	Stradivarius	14 087	389	169046,3	434,6
A2.03/1	ТКФ ООО	Familia	13 687	1 458	164240,8	112,6
A1.48	VACANT	L'Etoile	13 162	417	157948,6	378,8
B1.174	ООО «Алькор и Ко»	L'Etoile	13 687	1 458	164240,8	112,6
B3.108	ИП Климова И.Р.	Жар-Пицца	11 548	94	138581,3	1474,3
A1.85	ДЕТСКИЙ МИР ПАО	Detskij Mir	10 030	1 215	120354,3	99,1
A2.25-26	ООО «ОСТИН»	FunDay	9 571	673	114846,9	170,6
B2.063- B2.064	БИФИ ООО	Beefy Burgers	8 674	288	104084,4	361,4
B1.050	ОДЕЖДА 3000 АО	Modis	8 370	1 016	100436,3	98,9
A1.92	ПЛАНЕТА УВЛЕЧЕНИЙ АО	Leonardo	7 440	643	89275,8	138,8
B2.125	БЕРШКА СНГ ООО	Berschka	7 155	749	85856,3	114,6
A2.20	РЕ ТРЭЙДИНГ ООО	Cropp Town	6 593	404	79117,7	195,8
A1.28	VACANT	Рив гош	6 539	401	78466,4	195,7
A1.39	БЛИНБЕРРИ ООО	БлинБерри	6 105	49	73254,8	1495,0
A2.27	РЕ ТРЭЙДИНГ ООО	Mohito	5 943	353	71318,6	202,0
A2.19	РЕ ТРЭЙДИНГ ООО	HOUSE	5 751	338	69013,1	204,2
B3.017	Анистратов Никита Владимирович	Pizza-Mania	5 727	95	68722,3	723,4
B1.063	МЭЛОН ФЭШН ГРУП АО	Be Free	5 714	706	68567,3	97,1
B1.079	ФАКТОР ООО	Zolla	5 554	317	66652,1	210,3
A2.33	ОСТИН ООО	Ostin	5 508	566	66100,4	116,8
B1.078	ФФ СТАЙЛ ООО	Finn Flare	5 031	336	60373,5	179,7
B3.111	АЗИЯ ООО	Sushi Visla	5 328	94	63940,4	680,2

Продолжение таблицы 6

№ помещения	Арендатор	ТМ	Расход электроэнергии за месяц, (кВт·ч)	Площадь, кв.м	Расход электроэнергии за год (кВт·ч)	Удельное потребление кВт·ч/м ²
B2.144	МОДНЫЙ КОНТИНЕНТ АО	Incity	4 638	300	55658,3	185,5
Не определено	Дорохин Игорь Борисович	Батутный парк	4 201	1 667	50409,6	30,2
B2.58	МАССИМО ДУТТИ ООО	Massimo Dutti	4 137	519	49639,5	95,6
ИТОГО потребление арендаторов			457 267	30 230	5487207,8	181,5

Вывод

Основная часть арендаторов имеют низкий удельный показатель менее 300 кВт·ч/м², что обусловлено тем, что основным потребителем у таких арендаторов является система освещения.

Потребители, у которых установлено энергоемкое оборудование, такое как печи, грили и пр. имеют высокое значение удельного показателя (выделено красным цветом). Средний показатель удельного потребления арендаторов составляет 181,5 кВт·ч/м², что оценивается как достаточно энергоэффективный уровень потребления электроэнергии.

6 Энергосберегающие мероприятия

По проведенным обследованиям были выделены наилучшие в экономическом плане мероприятия, которые могут применены для дальнейшего внедрения: №1, №2, №3, №4, №5.

По данным решениям ниже составлены описания.

6.1 Оптимизация давления конденсации фреона в холодильных установках с компрессорами

Основной характеристикой холодильной установки является ее холодопроизводительность, которая определяется свойствами хладагента и значениями температур его конденсации t_k и кипения t_0 , т.е. $Q_0 = f(t_k, t_0)$. С изменением температуры охлаждающего воздуха изменяется и температура кипения хладагента, а значит, и холодопроизводительность установки.

При разных температурах t_0 , t_k и t_n (температура жидкого хладагента перед регулирующим вентилем) холодильная машина с одним и тем же компрессором, и постоянной частотой вращения вала обеспечивает разную холодопроизводительность и имеет различную энергетическую эффективность.

При повышении температуры t_0 и понижении температур t_k и t_n холодопроизводительность машины увеличивается, при понижении t_0 и повышении t_k и t_n уменьшается. Наибольшее влияние на холодопроизводительность машины оказывает температура кипения хладагента [12].

В настоящем разделе производится анализ технико-экономической эффективности внедрения мероприятия «Оптимизация давления конденсации фреона R134a в холодильных установках с компрессорами BITZER CSH 9593-240Y».

Данное решение предполагает изменение уставок температуры конденсации фреона в системе охлаждения с компрессорами BITZER CSH 9593-240Y.

При проведении обследования определена возможность снижения расхода электроэнергии при эксплуатации холодильных машин путем снижения давления/температуры конденсации фреона.

6.1.1 Краткая характеристика оборудования

В таблице 7 указаны характеристики чиллеров.

Таблица 7 – Характеристика чиллера

Назначение	Марка ХМ	Тип компрессора	Количество ХМ	Кол-во компрессоров в одной ХМ	Тип хладагента	Холодильная мощность одной ХМ	Электрическая мощность одной ХМ
Охлаждение воды для систем микроклимата	LW-LWP48 00BX-2-HPS	BITZER CSH 9593-240Y	5	2	Фреон R134A	1164 кВт	258 кВт

6.1.2 Цель выполнения технико-экономического анализа

Целью данной работы является проведение анализа режимов работы холодильных машин с определением потенциала энергетической эффективности.

6.1.3 Анализ режимов работы чиллеров

В настоящее время в системе производства установлено давление конденсации фреона 10-11 бар, что соответствует 45-50 °С.

На рисунке 15 показаны существующие параметры температуры конденсации фреона в системах холодоснабжения, указанные в листе рабочих параметров.

LW-LWP4800BX-2-HPS R134 A		
КОМПРЕССОР	Контур №1	Контур №2
Давление конденсации (Бар)	10,6	10,4
Температура конденсации (°С)	45	44,5
Температура нагнетания (°С)	73	66
Перегрев на нагнетании (К)	28	22
Давление кипения (Бар)	1,3	1,4
Температура кипения (°С)	-6,4	-5,5
Температура всасывания (°С)	3,7	3,4
Перегрев на всасывании (°С)	9,8	8,9

Рисунок 15 – Фактические уставки температуры конденсации фреона

Вывод

Анализ режимов работы холодильных машин определил возможность снижения потребления электроэнергии компрессорами путем поддержания оптимального давления конденсации фреона.

6.1.4 Предлагаемое техническое решение

Предлагается внедрить функцию плавающей температуры/давление конденсации фреона с разностью температур фреона и гликоля 5 °С. Минимальное значение уставки температуры конденсации фреона 27 °С, максимальное 45 °С. Такая минимизация уставки позволяет уменьшить степень сжатия в компрессоре и соответственно снизить потребляемую электрическую мощность компрессора и увеличить его холодопроизводительность.

На рисунке 16 график показывает, что есть оптимальный режим для давления конденсации и достижения наибольшей эффективности работы оборудования (компрессор-конденсатор).



Рисунок 16 – Оптимальный режим работы холодильного оборудования

6.1.5 Расчет эффективности внедрения мероприятий

В данном разделе приводится расчет эффективности внедрения мероприятия.

Анализ изменения мощности компрессоров и рабочей точки выполнен по программе производителя компрессоров BITZER Software. Ссылка на программу [26].

По результатам занесения в программу исходной информации получены расчетные данные компрессоров и рабочие точки.

Графические данные отражены на рисунке 17.

Исходные параметры компрессора представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные компрессора

Исходные данные:	Значение
Модель компрессора	CSH9593-240Y
Хладагент	R134a
Темп., используемая в расчете	Темп. "точки росы"
T - испарения SST	-6,00 °C
T - конденсации SCT	45,0 °C
Переохлаждение (в конденсаторе)	0 K
Перегрев всасыв. паров	10,00 K
Полезный перегрев	100%
Режим эксплуатации	Стандарт
Энергоснабжение	400V-3-50Hz
Регулятор производительности	100%
Дополнит. охлаждение	Автоматически
Макс. темп. нагнетания	110,0 °C

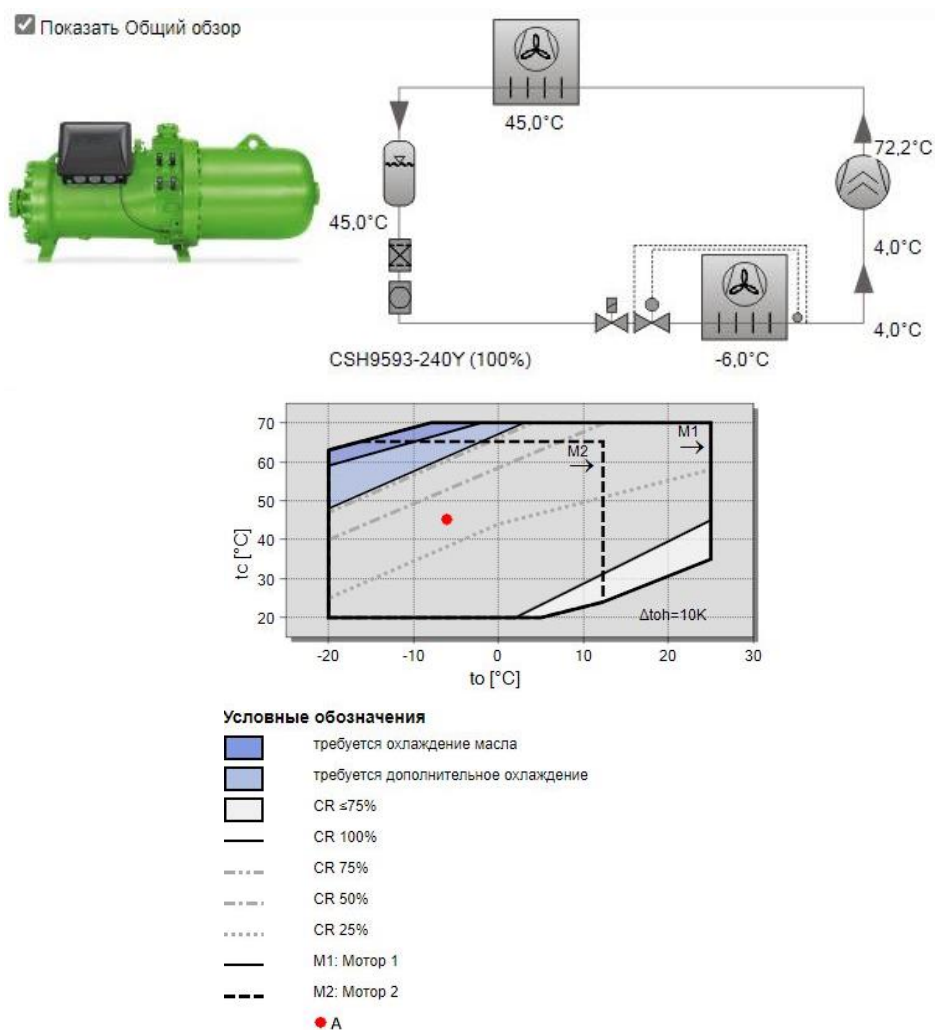


Рисунок 17 – Текущие параметры и рабочая точка компрессора CSH 9593-240Y с температурой конденсации 45 °C

При данных параметрах работы винтового компрессора и температуры конденсации фреона получены результаты работы установки, которые отражены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры работы компрессора

Компрессор	CSH9593-240Y-40D	
Ступени регулирования производительности	100	%
Холодопроизводительность	368	кВт
Холодопроизводительность*	368	кВт
Производительность испарителя	368	кВт
Потребляемая. мощность	130,9	кВт
Ток (400V)	220	А
Напряжения питания	380-415	В
Производительность конденсатора	499	кВт
СОР/КПД	2,81	
СОР/КПД *	2,81	
Массовый расход LP	9538	кг/ч
Массовый расход HP	9538	кг/ч
Режим эксплуатации	Стандарт	
Темп. жидкости	45	°С
Объемный расход масла	1,39	м³/ч
Способ охлаждения	--	
Температура нагнетания без охлаждения	72,2	°С

При изменении температуры конденсации фреона до 27 °С получены следующие расчетные данные компрессоров и рабочие точки, которые отражены в таблице 10.

Графические данные отражены на рисунке 18.

Таблица 10 – Расчетные данные компрессора

Исходные данные:	Значение
Модель компрессора	CSH9593-240Y
Хладагент	R134a
Темп., используемая в расчете	Темп. "точки росы"
T - испарения SST	8,00 °С

Продолжение таблицы 10

Исходные данные:	Значение
T - конденсации SCT	27,0 °C
Переохлаждение (в конденсаторе)	0 К
Перегрев всасыв. паров	5,00 К
Полезный перегрев	100%
Режим эксплуатации	Стандарт
Энергоснабжение	400V-3-50Hz
Регулятор производительности	100%
Дополнит. охлаждение	Автоматически
Макс. темп. нагнетания	110,0 °C

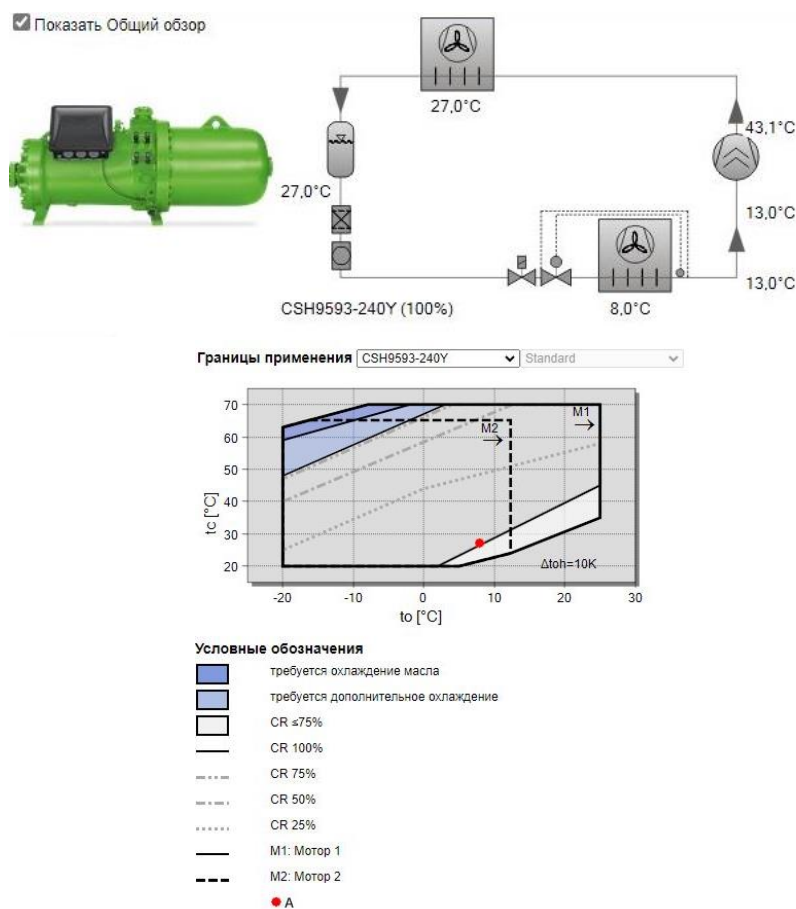


Рисунок 18 – Предлагаемые параметры и рабочая точка компрессора CSH 9593-240Y с температурой конденсации 27 °C

При данных параметрах работы винтового компрессора и температуры конденсации фреона получены результаты работы установки, которые представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Результаты работы установки

Результат		
Компрессор	CSH9593-240Y-40D	
Ступени регулирования производительности	100	%
Холодопроизводительность	785	кВт
Холодопроизводительность*	786	кВт
Производительность испарителя	785	кВт
Потребляемая. мощность	103,1	кВт
Ток (400V)	180,8	А
Напряжения питания	380-415	В
Производительность конденсатора	888	кВт
СОР/КПД	7,61	
СОР/КПД *	7,62	
Массовый расход LP	16616	кг/ч
Массовый расход HP	16616	кг/ч
Режим эксплуатации	Стандарт	
Темп. жидкости	27	°С
Объемный расход масла	0,56	м³/ч
Способ охлаждения	--	
Температура нагнетания без охлаждения	43,1	°С

На рисунке 19 показан график потребления электроэнергии компрессором в разрезе апреля-октября при фактической температуре наружного воздуха за 2022г.



Рисунок 19 – Электрическая мощность компрессора с градирней

В ниже представленной таблице 12 представлен расчет затрат до/после проведения изменений в работе винтовых компрессоров чиллеров.

Таблица 12 – Расчет затрат до/после проведения изменений в работе компрессоров

Тип компрессора	Т -конденсации SCT	Потребляемая мощность кВт	КПД	Среднее время работы, ч/сут.	Кол-во рабочих дней в году	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./год	Экономия на стоимости электрической энергии, руб.
BITZE R CSH 9593-240Y	45	130,9	2,81	24	210	9,86	6 507 160,89	1 381 963,89
BITZE R CSH 9593-240Y	27	103,1	7,61	24	210	9,86	5 125 197,01	

Результаты анализа внесены в Таблице13

Таблица 13 – Результаты анализа

Показатель	Оптимизация давления конденсации фреона R134a в холодильных установках с компрессорами BITZER CSH 9593-240Y
Снижение потребления электроэнергии, ГДж (кВт·ч)	2522,02 (700 560)
Эффект в денежном выражении, руб	1 381 963,89
Инвестиции, руб.	1 100 000
PP (Простой срок окупаемости), лет	1 год

$$PP = \frac{6507160,89 \cdot 5125197,01}{1381963,887} = 1,00 \text{ год} \quad (1)$$

Увеличение КПД компрессоров составило 36,93 %.

Предполагаемые сроки внедрения мероприятия указаны в Таблице 14.

Таблица 14 – Срок внедрения мероприятий

Наименование работ/услуг	Срок внедрения, календарные дни
Внесение изменений в ПО	Весна 2023г.

6.2 Замена вентиляторов с асинхронными двигателями (АС) на вентиляторы с электродвигателями с электронной коммутацией (ЕС) на «сухой» градирне

Как показывает практика в больших коммерческих зданиях до 70 % потребляют системы ОВК. Поэтому в данном направлении применение эффективных энергосберегающих материалов, методов и механизмов становится более актуальной задачей.

Решение в энергосберегающем вопросе подразумевает применение ЕС-двигателей [2], [3].

В настоящем разделе производится анализ технико-экономической эффективности внедрения мероприятия «Повышение эффективности работы сухой градирни».

Мероприятие предполагает замену существующих вентиляторов с асинхронными двигателями на новые более экономичные ЕС вентиляторы.

6.2.1 Краткая характеристика существующих сухих охладителей

Гликолевая «сухая» градирня состоит из пяти блоков. На каждом блоке установлены 20 вентиляторов с стандартными асинхронными двигателями мощностью 3,2 кВт.

Градирня работает круглогодично в летнее время для охлаждения фреона в конденсаторе, в зимнее время в схеме free cooling.

На рисунке 20 показаны фото шильдика существующих вентиляторов и градирни.



Рисунок 20 - Внешний вид сухой градирни и конденсатора

6.2.2 Цель выполнения технико-экономического анализа

Целью данной работы является проведение анализа режимов работы сухой градирни и определение потенциала энергетической эффективности.

6.2.3 Анализ режимов работы системы сухих градирен

Поддержание заданных параметров производится в автоматическом режиме.

Включение вентиляторов производится ступенчато – по 2 вентилятора.

Проведен анализ работы вентиляторов градирни в разрезе периода апрель-октябрь 2022 г.

На рисунке 21 показан график средней мощности вентилятора в зависимости от сезона и температуры наружного воздуха.

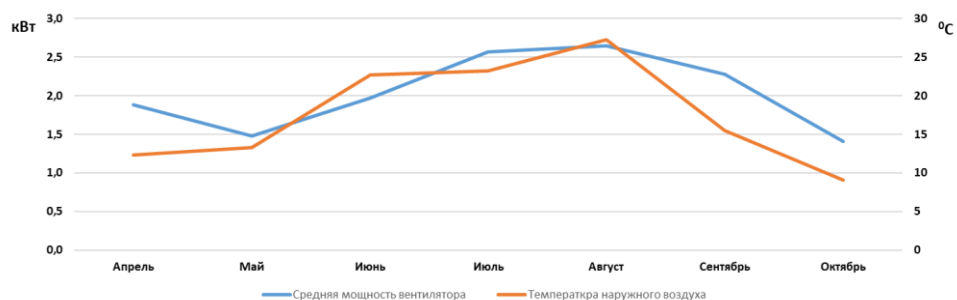


Рисунок 21 – график средней мощности вентилятора в зависимости от сезона и температуры наружного воздуха

Результаты расчета внесены в таблицу 15

Таблица 15 – Результаты расчета

Месяц	Фонд рабочего времени чиллеров, часов	Потребление градирней, кВт·ч	Мощность вентиляторов одной градирни, кВт	Средняя мощность одного вентилятора, кВт	Температура наружного воздуха, °С
Апрель	370	15530	37,7	1,9	12,3
Май	669	21980	29,6	1,5	13,3
Июнь	1787	77990	39,3	2,0	22,7
Июль	1881	107380	51,3	2,6	23,2
Август	2072,5	121700	52,9	2,6	27,3
Сентябрь	940	42210	45,6	2,3	15,5
Октябрь	564	15500	28,2	1,4	9,1

Анализ нагрузки вентиляторов показывает, что мощность вентиляторов градирен зависит от температуры наружного воздуха. Максимальная нагрузка в летний период при наиболее высокой температуре наружного воздуха. При номинальной электрической мощности вентиляторов 3,2 кВт, средняя фактическая мощность 2,6 кВт.

При этом в периоды с более низкой температурой наружного воздуха средняя мощность вентиляторов 1,5-2 кВт.

6.2.4 Предлагаемое техническое решение

Произвести замену вентиляторов на сухой градирне. В качестве новых вентиляторов предлагается ЕС-вентиляторы типа EC180-A910-C11 070-05S-F-500

В таблице 16 указаны характеристики новых вентиляторов сухой градирни

Таблица 16 – Характеристики новых вентиляторов

Система охлаждения	Модель	Производительность м3/ч	Электрическая мощность, кВт
Сухая градирня	ЕС180-А910-С11 070-05S-F-500	20000-32000	2,2-3,3

ЕС-мотор — это бесщеточный двигатель постоянного тока с постоянными магнитами в роторе и с интегрированной коммутирующей электроникой. Магнитное поле в роторе создается встроенными постоянными магнитами. Благодаря этому нет тепловых потерь в роторе, которые присутствуют в короткозамкнутом роторе асинхронных двигателей. Изменение направления тока в обмотке статора вызывает изменение магнитного поля вокруг статора.

Процесс осуществляется с помощью встроенной коммутирующей электроники: на основе сигнала датчика Холла контроллер в каждый момент времени вычисляет и подает на обмотку статора ту полярность тока, которая необходима для обеспечения непрерывного вращения ротора. ЕС-мотор в разрезе представлен на рисунке 23.

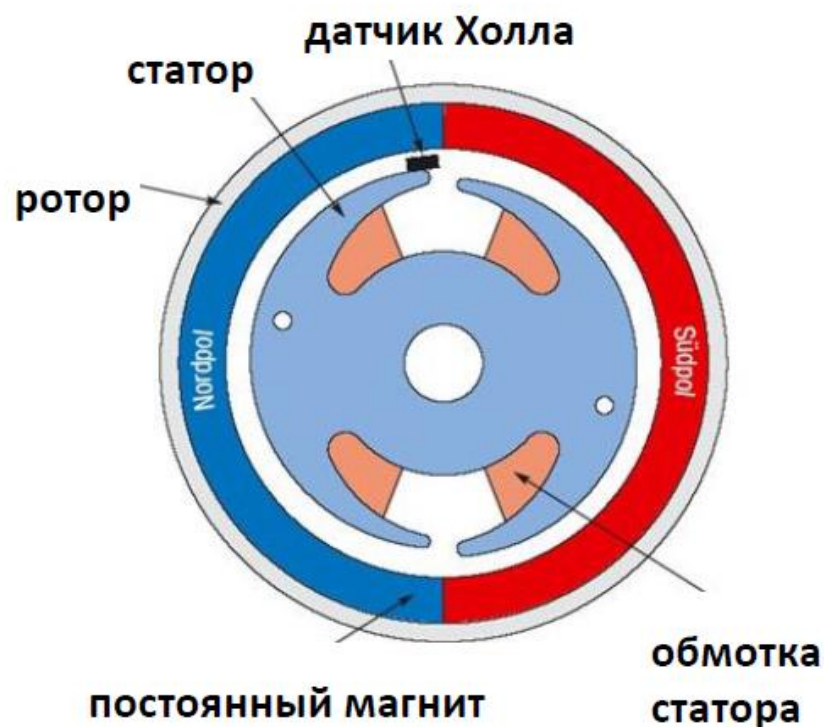
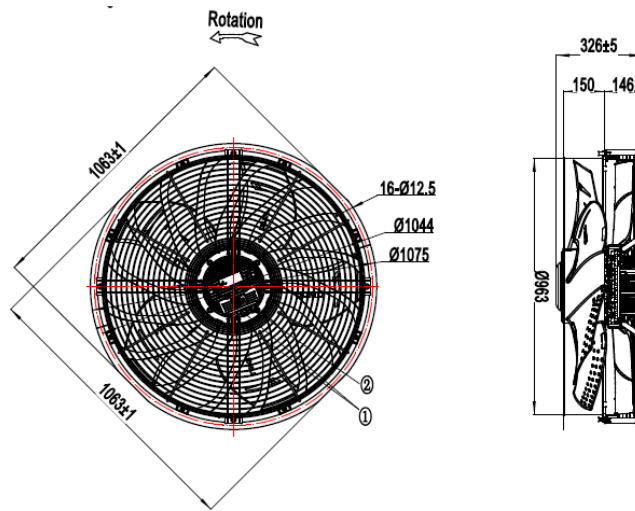


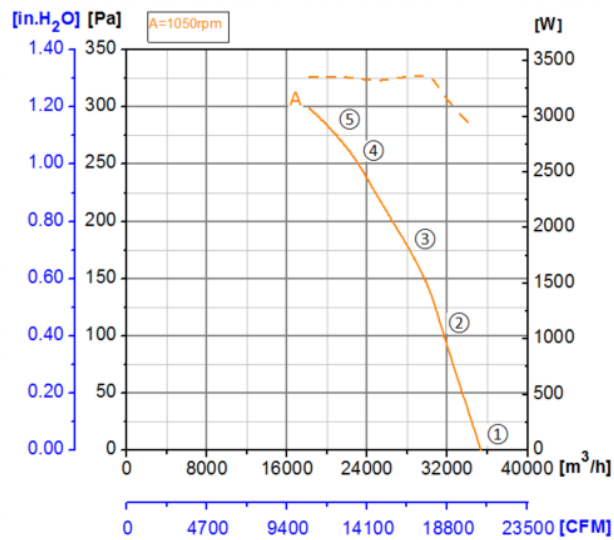
Рисунок 22 – ЕС-мотор в разрезе

Система фазового управления АС-двигателя, как правило, уменьшает только напряжение, а частота остается прежней, и двигатель переходит в неэффективный режим проскальзывания. ЕС-двигатель (с электронной коммутацией) работает синхронно, благодаря чему проскальзывание не возникает и, следовательно, не возникают потери на скольжение.

На рисунке 23 показаны параметры новых вентиляторов.



Габариты вентилятора



Графическая характеристика вентилятора

Рисунок 23 – Параметры вентилятора с ЕС-мотором

6.2.5 Расчет эффективности внедрения мероприятий

В данном разделе приводится расчет эффективности внедрения мероприятия.

Расчет выполнен исходя из возможности снижения потребления электроэнергии за счет уменьшения электрической мощности вентиляторов.

Так же экономия достигается за счет плавных пусков вентиляторов и возможности применения переменной частоты вращения.

Мощность вентилятора 3,3 кВт максимальная мощность указана при максимальной частоте 1050 об/мин. Т.к. данный вентилятор с регулируемой частотой, то возможно настройка работы вентилятора с требуемой частотой. Мощность снижется в кубической зависимости от частоты.

$$\frac{N_{\text{НОМ}}}{N_{\text{var}}} = \left(\frac{n_{\text{НОМ}}}{n_{\text{var}}} \right)^3 \quad (2)$$

При снижении частоты до 920 об/мин, как в установленном вентиляторе Целябик, мощность составит 2,2 кВт

При замене вентилятора предлагается настроить максимальную частоту 920 об/мин.

На рисунке 24 показана зависимость мощности вентилятора от частоты вращения.

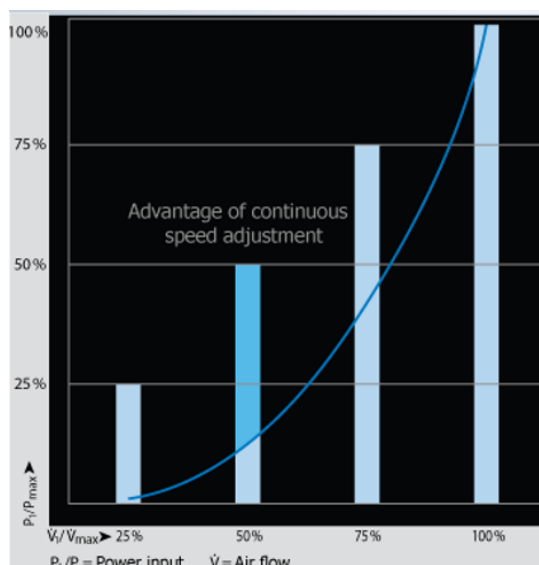


Рисунок 24 – Зависимость мощности вентилятора от частоты вращения

Результаты расчета (по одной градирне) указаны в таблице 1

Таблица 17 - Результаты расчета по одной градирне

Ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее
Существующие вентиляторы											
Ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Среднее
Коэффициент использования	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Время работы	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504
Количество вентиляторов в ступени	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-
Мощность вентилятора (номинальная), кВт	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	-
Рабочая мощность вентилятора, кВт	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	-
Мощность ступени, кВт	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	6,4	--
Потребление энергии, кВт·ч	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6	22425,6
Устанавливаемые вентиляторы											
Ступени	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	среднее
Коэффициент использования	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Время работы	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504	3504
Количество вентиляторов в ступени	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-
Мощность вентилятора (номинальная), кВт	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	-
Рабочая мощность вентилятора (кВт)	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	-
Мощность ступени, кВт	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	4,4	
Потребление энергии, кВт·ч	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6	15417,6
Экономия, кВт	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-
Экономия, кВт·ч	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	7008	70080

В ниже представленной таблице 18 представлен расчет затрат до/после установки вентиляторов «сухой» градирни.

Экономия на стоимости электрической энергии с 1 градирни составит:
345 609,33 Р.

Таблица 18 – Результаты расчета

Модель вентилятора	Кол-во вентиляторов шт. в градирне	Время работы	Рабочая мощность вентилятора, кВт	Потребление энергии, кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./год
С _{АС} =	10	3504	3,2	112128	9,86	1 105 949,86 Р
С _{ЕС} =	10	3504	2,2	77088	9,86	760 340,53 Р

Экономические показатели на затраты электроэнергии и стоимость при установке разных моделей вентиляторов представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Экономические показатели разных моделей вентиляторов

Модель вентилятора	Кол-во вентиляторов шт. в градирне	Время работы	Рабочая мощность вентилятора, кВт	Потребление энергии, кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./год
С _{АС} =	50	3504	3,2	560640	9,86	5 529 749,30 Р
С _{ЕС} =	50	3504	2,2	385440	9,86	3 801 702,64 Р

Экономия на стоимости электрической энергии с 5 градирни составит:
1 728 046,66 Р

Вентиляторы АС-двигателя:

$$C_{AC} = n \cdot a \cdot N_{общ} = 10 \cdot 197\,000,00 \cdot 5 = 9\,850\,000,00 \quad (3)$$

где n – количество двигателей в одной градирне;

a – стоимость одного двигателя, руб.;

N_{общ} – количество градирен.

Вентиляторы ЕС-двигателя:

$$C_{EC} = n \cdot a \cdot N_{\text{общ}} = 10 \cdot 232\,471,00 \cdot 5 = 11\,623\,550,00 \quad (4)$$

где n – количество двигателей в одной градирне;

a – стоимость одного двигателя, руб.;

$N_{\text{общ}}$ – количество градирен.

Тогда срок окупаемости составит:

$$PP = C_{EC} - \frac{C_{AC}}{\Delta_r} = 11\,623\,550,00 - \frac{9\,850\,000,00}{1728046,656} = 1,03 \text{ года} \quad (5)$$

где C_{EC} – расходы на электродвигатели с электронной коммутацией.

C_{AC} – расходы на асинхронные двигатели.

Δ_r – годовая экономия.

В Таблице 20 сведены результаты расчета эффективности данного проекта по всем 5 градирням.

Таблица 20 – Результаты эффективности проекта

Показатель	Повышение эффективности работы сухой градирни
Снижение потребления электроэнергии, электроэнергия кВт·ч	350 400
Экономия, ГДж	1 261,4
Экономия в денежном выражении, руб.	1 728 046,66
Инвестиции, руб.	11 623 550,00 Р
PP (Простой срок окупаемости), лет	1,03

Предполагаемые сроки реализации мероприятия по замене вентиляторов на модели ЕС приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Сроки реализации проекта

Наименование работ/услуг	Срок внедрения, календарные дни
Поставка оборудования, (дней)	90
Монтаж и ПНР, (дней)	30
Пуско-наладка, (дней)	10
ИТОГО, (дней)	130

Вывод

Анализ режимов работы холодильных машин и замена вентиляторов на ЕС-вентиляторы определил возможность снижения потребления электроэнергии сухой градирни.

6.3 Замена ламп наружного освещения на территории гостевой парковки на светодиодные

В 2009 году был принят Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [17]. Одним из способов энергосбережения и повышения энергетической эффективности является применение осветительных приборов с использованием светодиодных ламп вместо традиционных ламп накаливания, натриевых и люминесцентных ламп.

В настоящем разделе производится анализ технико-экономической эффективности внедрения мероприятия «Замена ламп наружного освещения на территории гостевой парковки на светодиодные».

Мероприятие предполагает замену ламп ДНаТ на светодиодные с аналогичным контактным соединением/креплением лампы (цоколь).



Рисунок 25 – Лампа ДНаТ

Данные лампы характеризуются длительным сроком службы и высокой номинальной эффективностью и необходимостью в дополнительных электронных устройствах для их стабилизации при работе.

Газ, заполняющий газоразрядную лампу, должен быть ионизирован под действием электрического напряжения, чтобы приобрести необходимую электропроводность. Как правило, для запуска газоразрядной лампы требуется более высокое напряжение, чем для поддержания разряда. Для этого используются специальные стартеры или другие зажигающие устройства. Кроме того, для нормальной работы лампы необходима балластная нагрузка, обеспечивающая стабильность электрических характеристик лампы. Стартер в сочетании с балластом образуют пускорегулирующий аппарат. Температура разряда может достигать свыше тысячи градусов Кельвина (800 - 900 °С).

Для общего прожекторного освещения открытых пространств с низким уровнем освещенности наиболее эффективными источниками света являются металлогалогенные и натриевые лампы высокого давления. Они являются одними из самых экономичных источников света систем наружного освещения и находят применение в освещении улиц, площадей, автостоянок, туннелей и высоких производственных помещений.

Основные преимущества:

- высокая светоотдача (световой КПД): при равной потребляемой из сети мощности световой поток КЛЛ в 4 - 6 раз выше, что даёт экономию электроэнергии 75 - 85 %;
- длительный срок службы (см. табл. 23);
- холодный пуск (мгновенное включение без мерцания) и ровное свечение без мерцания;
- равномерное распределение света по колбе;
- высокий индекс цветовой передачи (согласно определению.

Международной комиссии по освещению (СIE) [24] – параметр, характеризующий уровень соответствия естественного цвета тела видимому (кажущемуся) цвету этого тела при освещении его данным источником света, см. табл. 23).

Основные недостатки:

- высокая удельная стоимость;
- необходимость дополнительных электронных устройств для их стабильной работы;
- интервал между включениями, устанавливаемый гарантийными условиями для достижения положенной наработки, может быть больше двух минут;
- КЛЛ, включающаяся мгновенно (без предварительного прогрева катодов), теряет при каждом включении значительную часть срока службы [7]. Следствие – КЛЛ не рекомендуется использовать в системах с большим числом включений;
- зажигание бытовых КЛЛ не гарантировано при отрицательных \ температурах окружающей среды и понижении напряжения питания более чем на 10 %;
- повышенная влажность и выпадение конденсата приводят к пробоям в схеме электронного пускорегулирующего аппарата, где в момент зажигания действуют напряжения порядка 1000 вольт [11];

- в колбе КЛЛ содержатся пары ртути, что даже при налаженной системе утилизации отслуживших ламп представляет опасность при повреждении такой лампы в быту [7];
- необходимость утилизации из-за содержания ядовитых паров ртути (3 - 5 мг) [22];
- большинство КЛЛ, имеют низкое качество энергопотребления, которое характеризуется коэффициентом мощности около 50 % [7];
- искажение формы напряжения в сети, что приводит к дополнительным потерям при передаче электроэнергии [7].

6.3.3 Предлагаемое техническое решение

Произвести замену существующих ламп ДНаТ мощностью 100 Вт на светодиодные лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV мощностью 40 Вт, техническими характеристиками аналогичными существующим.

Светодиодная лампа представляет собой полупроводниковый прибор с электронно-дырочным переходом или контактом металл-полупроводник, создающий оптическое излучение при пропускании через него электрического тока.

Светодиодные технологии освещения благодаря эффективному расходу электроэнергии и простоте конструкции нашли широкое применение в светильниках, прожекторах, светодиодных лентах, декоративной светотехнике и особенно в компактных осветительных приборах (например, ручных фонариках). Светодиодные осветительные приборы подразделяются на уличные и интерьерные. В настоящее время их применяют для подсветки зданий, автомобилей, улиц и рекламных конструкций, фонтанов, тоннелей и мостов. Данное освещение используют для подсветки производственных и офисных помещений, домашнего интерьера и мебели [12].

Основные преимущества светодиодных ламп:

- высокий КПД;
- малые размеры;

- длительный срок службы (см. таблице 23);
- высокая механическая прочность и вибростойкость;
- безопасность использования (высокая электрическая и пожарная безопасность);
- нечувствительность к низким температурам;
- возможность получать различные спектральные характеристики без применения светофильтров (как в случае ЛН);
- незначительное ультрафиолетовое и инфракрасное излучение;
- незначительное тепловыделение (для маломощных устройств);
- отсутствие ядовитых составляющих, что исключает отравление при переработке и при эксплуатации [19].

Основные недостатки светодиодных ламп:

- высокая цена [19];
- напряжение питания светодиода значительно меньше напряжения питания обычных ЛН, поэтому светодиоды соединяют последовательно или используют преобразователи напряжения;
- низкая предельная температура: мощные осветительные светодиоды требуют внешнего радиатора для охлаждения, потому что имеют неблагоприятное соотношение своих размеров к выделяемой тепловой мощности;
- отличие спектра от солнечного;
- реальный средний срок службы светодиодных ламп для напряжения 220–240 В оказался около 50000 часов против заявляемых производителями 100 000 часов [23].

В рамках программ по развитию энергосберегающего освещения ожидается бурное развитие светодиодных технологий в городском освещении, поскольку светильники на основе светодиодов в настоящее время имеют минимальное по сравнению с другими видами светильников энергопотребление, а также ряд других преимуществ. Долгое время широкое распространение светодиодов сдерживалось высокой ценой мощных

кристаллов подходящего для освещения жёлтого и белого цветов, однако сейчас использование светодиодных источников в освещении становится очень выгодным, несмотря на более высокую цену самих ламп [8].

Светодиодные источники будут все более широко применяться в освещении и в недалеком будущем составят значительную часть приемников систем освещения [19].

Вместе с тем требуются серьёзные исследования в области влияния этих приборов на качество электроэнергии в сети и вопросов электромагнитной совместимости [19].

В таблице 23 представлены технические характеристики различных источников света.

Наличие на рынке большого количества самых различных высокоэффективных ламп создает необходимость в разработке методики оценки эффективности замены низкоэффективных светильников и ламп на энергосберегающие, позволяющей оценивать, как натуральный положительный эффект, так и финансовый.

Ссылка на характеристики лампы [27].

В таблице 24 показаны основные характеристики лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV

Таблица 24 - Характеристика лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV

Общая информация		Стабильность светового потока лампы в конце номинального срока службы (ном.)	70 %
Крышка-цоколь	E40 [E40]		
Номинальный срок службы	25 000 часов		
Цикл включения	15 000		
Lighting Technology	LED	Эксплуатационные и электрические характеристики	
Референтное измерение потока	Sphere	Line Frequency	50 to 60 Hz
		Входная частота	50–60 Hz
		Энергопотребление	40 В
		Ток лампы (ном.)	178 mA
		Эквивалент мощности	100 В
		Время включения (ном.)	0,5 s
		Время выхода на 60 % светового потока	0,5 s
		Коэффициент мощности (доля)	0,9
		Напряжение (ном.)	220–240 В
Технические характеристики освещения			
Код цвета	730 [CCT of 3000K]		
Светоотдача	7 200 лм		
Обозначение цвета	Белый (WH)		
Коррелированная цветовая температура (ном.)	3000 K		
Эффективность освещения (номинальная) (ном.)	180,00 лм/В		
Постоянство цвета	<6		
Коэффициент цветопередачи (CRI)	70		

На рисунке 26 показано фото лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV



Рисунок 26 - Лампа TForce Core LED road 40W 730 E40 MV

Таблица 23 - Технические характеристики источников света

Тип лампы	Оптический спектр	Номинальная эффективность, лм/Вт	Среднее время безотказной работы, ч	Цветовая температура, К	Цвет	Индекс цветопередачи
Натриевая высокого давления	Широкая полоса	55 - 140	10000 – 40000	1800 - 2200	Розовато-оранжевый	0 –70
Светодиоды	Близок к монохроматическому	10 - 200	1000 (при применении оптимальных схем источников питания – до 50000)	2700 - 10000	Белый (холодный, дневной, теплый), красный, желтый, синий, зеленый, RGB	70 – 90

6.3.4 Расчет показателей экономической эффективности

Рассчитаем стоимость электрической энергии, затрачиваемой за один год на освещение территории парковки. Расчет стоимости электроэнергии представлен в таблице 25.

Таблица 25 - Расчет стоимость электрической энергии

Тип светильника	Мощность одной лампы, Вт	Кол-во ламп	Среднее время работы, ч/сут.	Кол-во рабочих дней в году	Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	Стоимость электроэнергии, руб./год
Лампа натриевая Philips	100	402	7,55	365	9,86	1 092 665,50 Р
Светодиодный TForce Core LED	40	402	7,55	365	9,86	437 066,20 Р

Таким образом, экономия на стоимости электрической энергии составит 655 599,30 рублей в год.

Рассчитаем расходы, связанные с установкой двух рассматриваемых видов освещения.

Лампа натриевая Philips:

$$C_{\text{нат}} = n \cdot a \cdot N_{\text{общ}} = 4 \cdot 3471,96 \cdot 402 = 5\,582\,911,68 \text{ Р} \quad (6)$$

где n – количество ламп в одном светильнике;

a – стоимость одного светильника, руб.;

$N_{\text{общ}}$ – количество светильников.

Светодиодные светильники Philips:

$$C_{\text{led}} = n \cdot a \cdot N_{\text{общ}} = 4 \cdot 4720,95 \cdot 402 = 7\,591\,287,60 \text{ Р} \quad (7)$$

где n – количество ламп в одном светильнике;

a – стоимость одного светильника, руб.;

$N_{\text{общ}}$ – количество светильников.

Тогда срок окупаемости составит:

$$PP = C_{\text{led}} - \frac{C_{\text{ДНаТ}}}{\text{ЭГ}} = 7\,591\,287,60 - \frac{5\,582\,911,68}{655\,599,30} = 3,06 \text{ года} \quad (8)$$

где C_{led} – расходы на светодиодные лампы.

$C_{\text{ДНаТ}}$ – расходы на натриевые лампы.

ЭГ – годовая экономия.

Средняя продолжительность включения лампы в год определяется по следующей формуле:

$$\tau_{\text{ПВ}} = k_{\text{ПВ}} \cdot 8760, \text{ ч} \quad (9)$$

где $k_{\text{ПВ}}$ — коэффициент продолжительности включения источника света в год ($k_{\text{ПВ}} = 0,05 - 1,0$); Примем $k_{\text{ПВ}} = 0,5$

$$\tau_{\text{ПВ}} = 0,5 \cdot 8760 = 4380 \text{ ч},$$

Произведём определение необходимости замены рассматриваемых типов ламп $\tau_{\text{ДНаТ}}$ и τ_{led} после выхода из строя в результате завершения эксплуатационного срока:

$$\tau_{\text{з.ДНаТ}} = \frac{\tau_{\text{ДНаТ}}}{\tau_{\text{ПВ}}}, \quad (10)$$

$$\tau_{\text{з.led}} = \frac{\tau_{\text{led}}}{\tau_{\text{ПВ}}}, \quad (11)$$

$$\tau_{\text{з.ДНаТ}} = \frac{18\,000}{4380} = 4,11 \text{ раз в год.}$$

$$\tau_{3.led} = \frac{25000}{4380} = 5,71 \text{ раз в год.}$$

Годовое потребление электроэнергии одной изначальной лампой ДнаТ и замещающей ее LED лампой получаем по формуле:

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{P_{\text{ДнаТ}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (12)$$

$$W_{\text{led}} = \frac{P_{\text{led}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (13)$$

где P - активная мощность лампы.

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{100 \cdot 4380}{1000} = 438 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$W_{\text{led}} = \frac{40 \cdot 4380}{1000} = 175,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Теперь можно определить общее годового потребление заменяемых ламп n по формуле:

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{n \cdot P_{\text{ДнаТ}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (14)$$

$$W_{\text{led}} = \frac{n \cdot P_{\text{led}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (15)$$

где n – количество ламп.

P - активная мощность лампы.

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{402 \cdot 100 \cdot 4380}{1000} = 176\,076 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$W_{\text{led}} = \frac{402 \cdot 40 \cdot 4380}{1000} = 70\,430,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч}.$$

Результатами замены лампы или комплекта ламп энергосберегающей лампой или комплектом ламп будут являться уменьшение потребления активной мощности и, как следствие, уменьшение годового потребления электроэнергии:

$$\Delta P = P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}, \text{ Вт} \quad (16)$$

$$\Delta P_{\text{компл}} = n \cdot (P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}), \text{ Вт} \quad (17)$$

$$\Delta W = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{(P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}) \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (18)$$

$$W_{\text{компл}} = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{n \cdot (P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}) \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (19)$$

$$\Delta P = 100 - 40 = 60 \text{ Вт}$$

$$\Delta P_{\text{компл}} = 402 \cdot (100 - 40) = 24120 \text{ Вт}$$

$$\Delta W = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{(100 - 40) \cdot 4380}{1000} = 262,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\text{компл}} = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{402 \cdot (100 - 40) \cdot 4380}{1000} = 105645,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Сводные данные экономических показателей при реализации технического решения представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Сводные данные расчёта экономической эффективности

Показатель	Замена ламп ДНаТ на светодиодные
Снижение потребления электроэнергии, ГДж (кВт·ч)	380,32 (105 645,6)
Эффект в денежном выражении, руб	655 599,30
Инвестиции, руб.	7 591 287,60 Р
РР (Простой срок окупаемости), лет	3,06

Предполагаемые сроки внедрения мероприятия в таблице 27

Таблица 27 – Сроки реализации проекта

Наименование работ/услуг	Срок внедрения, календарные дни
Поставка ламп (дней)	90
Замена ламп	Производить замену по мере выхода из строя ламп ДНаТ

Вывод

Анализ режима работы системы освещения и замена ламп на светодиодные определил возможность снижения потребления электроэнергии системы освещения парковки, повышения КПД и длительность срока службы источников света уличной системы освещения.

6.4 Замена ламп наружного освещения на территории хоз.двора на светодиодные

В настоящем разделе производится анализ технико-экономической эффективности внедрения мероприятия «Замена ламп наружного освещения на территории хоз. двора на светодиодные».

Мероприятие предполагает замену ламп ДНаТ на светодиодные.

6.4.3 Предлагаемое техническое решение

Произвести замену существующих ламп ДНаТ мощностью 150 Вт на светодиодные лампы мощностью 40 Вт.

Учитывая, то что лампы ДНаТ имеют свойства деградации по уровню освещенности порядка 30% за год, по данным компании Philips (Signify) для замены подойдут лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV.

Для принятия окончательного решения, предлагается протестировать работу ламп на нескольких действующих светильниках.

В таблице 29 показаны основные характеристики лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV.

Таблица 29 – Характеристики лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV

Общая информация		Стабильность светового потока лампы в конце номинального срока службы (ном.)	
Крышка-цоколь	E40 [E40]		70 %
Номинальный срок службы	25 000 часов		
Цикл включения	15 000		
Lighting Technology	LED		
Референтное измерение потока	Sphere		
Технические характеристики освещения		Эксплуатационные и электрические характеристики	
Код цвета	730 [CCT of 3000K]	Line Frequency	50 to 60 Hz
Светоотдача	7 200 лм	Входная частота	50–60 Hz
Обозначение цвета	Белый (WH)	Энергопотребление	40 В
Коррелированная цветовая температура (ном.)	3000 К	Ток лампы (ном.)	178 mA
Эффективность освещения (номинальная) (ном.)	180,00 лм/В	Эквивалент мощности	100 В
Постоянство цвета	<6	Время включения (ном.)	0,5 s
Коэффициент цветопередачи (CRI)	70	Время выхода на 60 % светового потока	0,5 s
		Коэффициент мощности (доля)	0,9
		Напряжение (ном.)	220-240 Вt

На рисунке 28 представлен внешний вид лампы TForce Core LED road 40W 730 E40 MV.



Рисунок 28 – Лампа TForce Core LED road 40W 730 E40 MV

6.4.4 Расчет показателей экономической эффективности

Сводные данные экономических показателей при реализации технического решения представлены в Таблице 31.

Стоимость электрической энергии, затрачиваемой на освещение территории хоз. двора за один год представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Расчет стоимость электрической энергии

Тип светильника	Мощность одной лампы, Вт	Кол-во ламп	Среднее время работы, ч/сут.	Кол-во рабочих дней в году	Стоимость электро-энергии, руб./кВт·ч	Стоимость электро-энергии, руб./год
Лампа натриевая Philips	150	92	7,55	365	9,86	375 094,13
Светодиодный TForce Core LED	40	92	7,55	365	9,86	100 025,10

Таким образом, экономия на стоимости электрической энергии составит 275 069,03 рублей в год.

Рассчитаем расходы, связанные с установкой двух рассматриваемых видов освещения.

Лампа натриевая Philips:

$$C_{\text{днат}} = n \cdot a \cdot N_{\text{общ}} = 4 \cdot 3471,96 \cdot 92 = 1\,277\,681,28 \text{ Р} \quad (20)$$

где n – количество ламп в одном светильнике;

a – стоимость одного светильника, руб.;

$N_{\text{общ}}$ – количество светильников.

Светодиодные светильники Philips:

$$C_{\text{led}} = n \cdot a \cdot N_{\text{общ}} = 4 \cdot 4720,95 \cdot 92 = 1\,737\,309,60 \text{ Р} \quad (21)$$

где n – количество ламп в одном светильнике;

a – стоимость одного светильника, руб.;

$N_{\text{общ}}$ – количество светильников.

Тогда срок окупаемости составит:

$$PP = C_{\text{led}} - \frac{C_{\text{днат}}}{\text{Эг}} = 1\,737\,309,60 - \frac{1\,277\,681,28}{275\,069,03} = 1,67 \text{ года} \quad (22)$$

где C_{led} – расходы на светодиодные лампы.

$C_{\text{днат}}$ – расходы на натриевые лампы.

Эг – годовая экономия.

Средняя продолжительность включения лампы в год определяется по следующей формуле:

$$\tau_{\text{ПВ}} = k_{\text{ПВ}} \cdot 8760, \text{ ч} \quad (23)$$

где $k_{\text{ПВ}}$ — коэффициент продолжительности включения источника света в год ($k_{\text{ПВ}} = 0,05 - 1,0$); Примем $k_{\text{ПВ}} = 0,5$.

$$\tau_{\text{ПВ}} = 0,5 \cdot 8760 = 4380 \text{ ч}$$

Произведём определение необходимости замены рассматриваемых типов ламп $\tau_{\text{днат}}$ и τ_{led} после выхода из строя в результате завершения эксплуатационного срока:

$$\tau_{3.\text{ДнаТ}} = \frac{\tau_{\text{ДнаТ}}}{\tau_{\text{ПВ}}}, \text{ раз в год.} \quad (24)$$

$$\tau_{3.\text{led}} = \frac{\tau_{\text{led}}}{\tau_{\text{ПВ}}}, \text{ раз в год.} \quad (25)$$

$$\tau_{3.\text{ДнаТ}} = \frac{18\,000}{4380} = 4,11 \text{ раз в год.}$$

$$\tau_{3.\text{led}} = \frac{25000}{4380} = 5,71 \text{ раз в год.}$$

Годовое потребление электроэнергии одной изначальной лампой ДнаТ и замещающей ее LED лампой получаем по формуле:

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{P_{\text{ДнаТ}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (26)$$

$$W_{\text{led}} = \frac{P_{\text{led}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (27)$$

где P - активная мощность лампы.

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{100 \cdot 4380}{1000} = 438 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$W_{\text{led}} = \frac{40 \cdot 4380}{1000} = 175,2 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Теперь можно определить общее годового потребление заменяемых ламп n по формуле:

$$W_{\text{ДнаТ}} = \frac{n \cdot P_{\text{ДнаТ}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (28)$$

$$W_{\text{led}} = \frac{n \cdot P_{\text{led}} \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч.} \quad (29)$$

где P - активная мощность лампы.

n – количество ламп.

$$W_{\text{ДНАТ}} = \frac{92 \cdot 150 \cdot 4380}{1000} = 60444 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

$$W_{\text{led}} = \frac{92 \cdot 40 \cdot 4380}{1000} = 16118,4 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Результатами замены лампы или комплекта ламп энергосберегающей лампой или комплектом ламп будут являться уменьшение потребления активной мощности и, как следствие, уменьшение годового потребления электроэнергии:

$$\Delta P = P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}, \text{ Вт} \quad (30)$$

$$\Delta P_{\text{компл}} = n \cdot (P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}), \text{ Вт} \quad (31)$$

$$\Delta W = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{(P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}) \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (32)$$

$$W_{\text{компл}} = W_{\text{ДНАТ}} - W_{\text{led}} = \frac{n \cdot (P_{\text{ДНАТ}} - P_{\text{led}}) \cdot \tau_{\text{ПВ}}}{1000}, \text{ кВт} \cdot \text{ч} \quad (33)$$

$$\Delta P = 150 - 40 = 110 \text{ Вт,}$$

$$\Delta P_{\text{компл}} = 92 \cdot (150 - 40) = 10120 \text{ Вт}$$

$$\Delta W = W_{\text{ДНaT}} - W_{\text{led}} = \frac{(150 - 40) \cdot 4380}{1000} = 481,8 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

$$W_{\text{компл}} = W_{\text{ДНaT}} - W_{\text{led}} = \frac{92 \cdot (150 - 40) \cdot 4380}{1000} = 44\,325,6 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$$

Сводные данные экономических показателей при реализации технического решения представлены в таблице 31.

Таблица 31 – Сводные данные расчёта экономической эффективности

Показатель	Замена ламп ДНaT на светодиодные
Снижение потребления электроэнергии, ГДж (кВт·ч)	159,57 (44 325,6)
Эффект в денежном выражении, руб	275 069,03
Инвестиции, руб.	1 737 309,60
PP (Простой срок окупаемости), лет	1,67

Предполагаемые сроки внедрения мероприятия в Таблице 32.

Таблица 32 – Срок внедрения мероприятий

Наименование работ/услуг	Срок внедрения, календарные дни
Поставка ламп (дней)	90
Замена ламп	Производить замену по мере выхода из строя ламп ДНaT

Вывод

Анализ режима работы системы освещения и замена ламп на светодиодные определил возможность снижения потребления электроэнергии системы освещения парковки, повышения КПД и длительность срока службы источников света уличной системы освещения.

6.5 Внедрение системы энергоменеджмента

Цель энергоменеджмента сводится в том, чтобы дать организациям возможность внедрения систем и мероприятий, которые позволят усовершенствовать энергетические показатели, в том числе энергетическую эффективность и энергопотребление. Энергоменеджмент дает основу для промышленных предприятий, коммерческих объектов и целевых организаций для контроля за энергией.

Следует полагать, что энергоменеджмент сможет гарантировать надежную модификацию управления, которая даст возможность организации регулярно планировать, контролировать энергопотребление и повысить эффективное использование энергии [10].

В России международная деятельность по повышению энергоэффективности предприятий отражена в проекте «Развитие механизмов рынка по повышению энергоэффективности энергетических отраслей России». Внедрение системы энергоменеджмента в России происходила медленно, так с 2014 по 2018 год около 45 предприятий разной специализации освоили и применили данную систему[15].

Использование данной системы позволило организациям, предприятиям и большим объектам торгового развлекательного характера снизить энергозатраты без каких-либо инвестиций, а полученную выгоду направить на улучшение организационной культуры, мотивировать персонал и снижение негативного воздействия на экологию. Кроме того, это позволило усовершенствовать систему контроля за расходом энергоресурсов, облегчить труд персонала, затрачиваемое на сбор и анализ энергопотребления и подготовку отчетности и направить работу персонала для решения других, более важных задач[16].

В настоящем разделе производится анализ технико-экономической эффективности внедрения мероприятия «Внедрение системы энергоменеджмента».

Данное мероприятие предполагает планирование, контроль и управление энергопотреблением на ежедневной основе и систематизация работы по энергосбережению, в том числе внедрение идей по энергосбережению.

По предварительным оценкам внедрение мероприятия позволит снизить потребление энергоресурсов в технологическом процессе до 4%.

6.5.1 Цель выполнения технико-экономического анализа

Целью данной работы является проведение анализа потребления электроэнергии оборудованием, определением потенциала энергетической эффективности.

Внедрение системы энергетического менеджмента, согласно международному стандарту, ISO 50001:2018 является обязательным условием для комплексного решения проблемы повышения энергоэффективности. Система энергетического менеджмента фигурирует как один из элементов систем управления, которая регламентируется ISO (качество, экология, социальная ответственность, риски) и направлена на направление человечества из сложившегося управленческого тупика [9].

6.5.2 Анализ потребления энергии технологическим оборудованием

В настоящее время в ТРЦ имеется система технического учета потребления энергоресурсов, однако её функционал существенно ограничен из-за чего затруднительно производить анализ потребления энергоресурсов для определения возможных факторов, влияющих на нерациональное потребление.

Не все потребители охвачены учетом, т. е. не установлены приборы учета. Учет потребления природного газа ведется по коммерческим приборам. В настоящее время в ТРЦ так же отсутствует система показателей (индикаторов) энергоэффективности, позволяющих осуществлять сбалансированный мониторинг и давать объективную оценку фактическому потреблению энергоресурсов.

На примере анализа зависимости потребления электрической энергии от температуры наружного воздуха можно сказать, что взаимосвязь между этими показателями высокая.

Проведен анализ суточного потребления электроэнергии ТЦ Акварель, при этом исключено потребление Ашан и Леруа Мерлен за период февраль – октябрь 2022г.

Коэффициент детерминации $R^2=0,85$ достаточно высокий, что свидетельствует о высоком уровне взаимосвязи между потреблением электроэнергии и температурой наружного воздуха.

Однако имеется значительный разброс точек выше и ниже линии регрессии. Разброс точек выше линии регрессии представляет собой результат работы оборудования «хуже среднего».

Ниже на рисунке 29 показан график зависимости суточного потребления электроэнергии от температуры наружного воздуха.

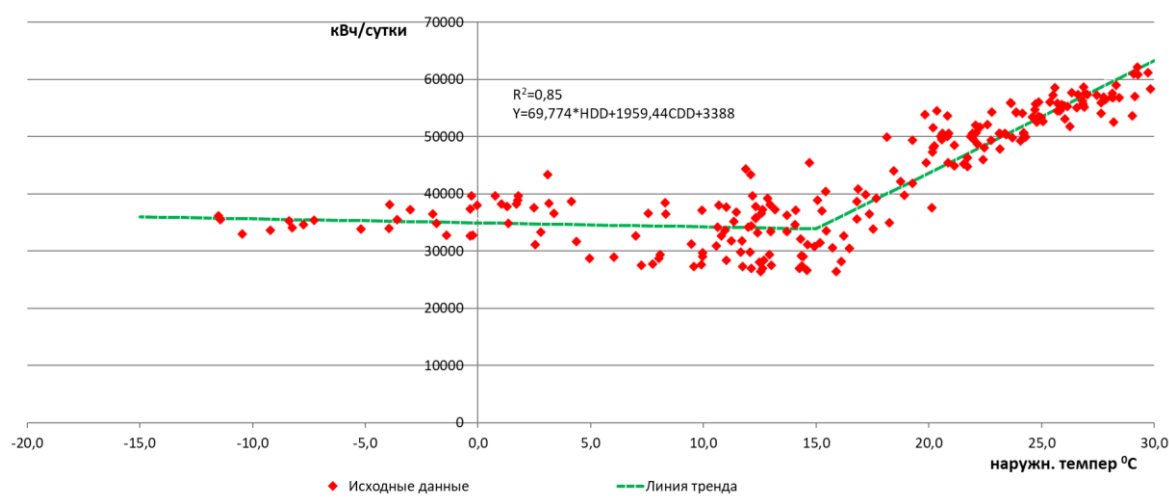


Рисунок 29 - График зависимости потребления электроэнергии от температуры наружного воздуха за 2022 г

При внедрении системы энергоменеджмента и планировании энергопотребления, мы выделяем точки с энергопотреблением ниже значений аппроксимирующей модели и заявляем в Энергополитике что достигнем экономии за счет организационных мероприятий, контроля за параметрами

работы оборудования. В этом случае у нас останутся только точки, лежащие НА и НИЖЕ аппроксимирующей линии, описываемой моделью энергопотребления.

На рисунке 30 представлен график с выделенными точками ниже значений аппроксимирующей модели.

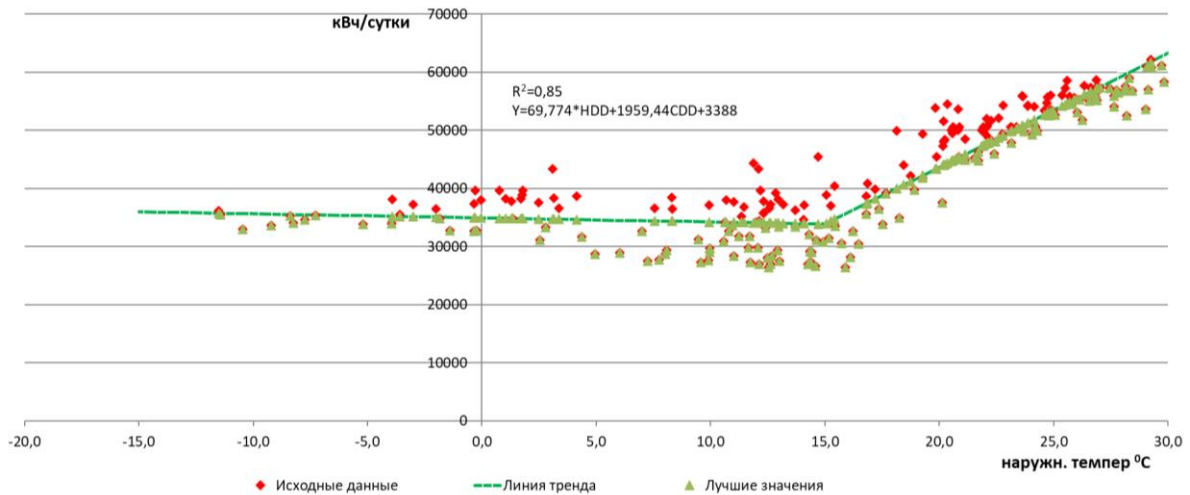


Рисунок 30 - График с выделенными точками ниже значений аппроксимирующей модели

Строим новую аппроксимирующую линию, описывающую модель энергопотребления – целевая линия. Новая аппроксимирующая линия показана на рисунке 31.

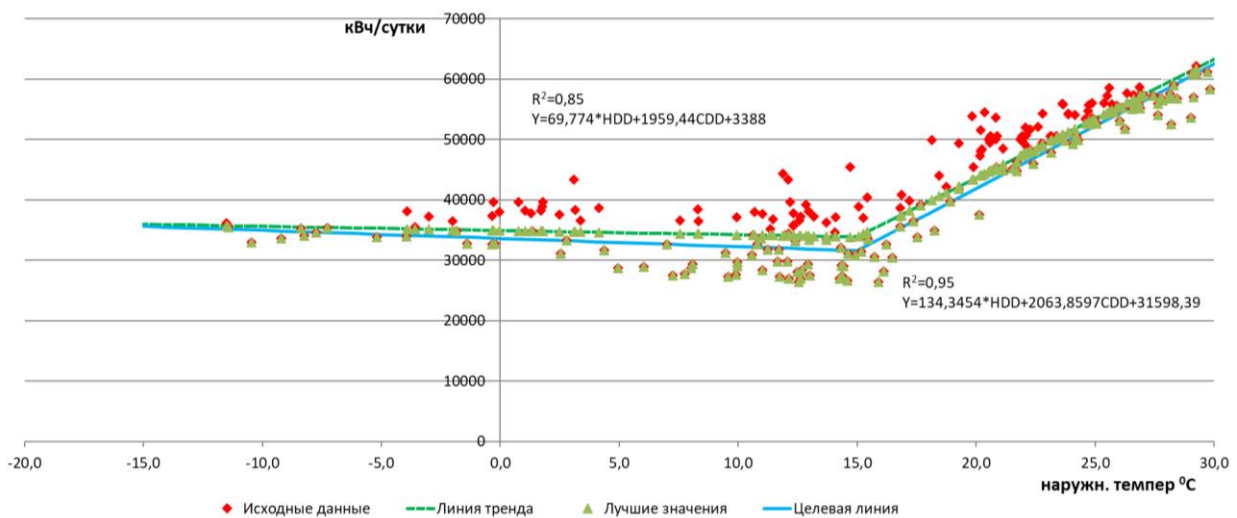


Рисунок 31 - Новая аппроксимирующая линия- целевая линия

Целью анализа является доведение работы энергетического оборудования до уровня «лучше среднего». Этого зачастую можно достичь без дорогостоящих решений, за счет ведения энергетического менеджмента, анализа, выявления и устранения причин нерационального потребления.

6.5.3 Предлагаемое техническое решение

Для достижения целей работы оборудования на уровне «лучше среднего» предлагается внедрить систему энергетического менеджмента.

Решение предлагается реализовать в два этапа:

- Проведение сенсор аудита, детальная проработка решения, составление перечня индикаторов энергоэффективности;
- Внедрение системы энергоменеджмента;

Экономия достигается за счет ежедневного сравнения фактического значения энергопотребления с запланированным и своевременных корректирующих воздействий. Величина фактического потребления принимается по данным приборов коммерческого и технического учёта.

Функционал системы энергоменеджмента:

- учет любых энергоресурсов (газ, вода, тепло, электричество);
- контроль любых параметров сети электроснабжения в режиме реального времени;
- мониторинг электrorаспределительного оборудования всего объекта или сети распределенных объектов;
- прогнозирование энергопотребления;
- автоматическая генерация отчетов;
- рассылка оповещений [14].

Ниже, на рисунке 32 показана ориентировочная архитектура системы энергоменеджмента.



Рисунок 32 – Архитектура системы энергоменеджмента

На рисунке 33 показан один из примеров дашборда системы энергоменеджмента.



Рисунок 33 – Пример дашборда системы энергоменеджмента

6.5.4 Расчет показателей экономической эффективности

Решение предлагается реализовать в два этапа:

- Проведение сенсор аудита, детальная проработка решения, составление перечня индикаторов энергоэффективности (ориентировочная стоимость решения 800 тыс. руб);

- Внедрение системы энергоменеджмента.

Сводные данные экономических показателей при реализации технического решения «Система энергетического менеджмента в технологическом процессе» представлены в таблице 33.

Таблица 33 – Экономические показатели внедрения энергоменеджмента

Показатель	Система энергетического менеджмента
Снижение потребления электроэнергии, ГДж (тыс. кВт·ч)	2461,6 (683,8)
Эффект в денежном выражении, руб	3 077 000
Инвестиции, руб.	6 000 000
PP (Простой срок окупаемости), лет	1,9

- Стоимость внедрения решения указана предварительная, исходя из опыта реализации на подобных объектах.

Заключение

Потребление тепло- и электроэнергии - важнейшее условие для выживания человека, развития экономики, в том числе для создания благоприятного и комфортного условий жизни. Как отмечено многими специалистами и экспертами, чтобы повысить конкурентоспособность компании и обеспечить их энергетическую и энергосберегающую безопасность нельзя не обойтись без реализации масштабных проектов по энергосбережению и энергоэффективности.

Выполненная бакалаврская работа посвящена проведению энергетического обследования объекта исследования ТРЦ «Акварель» расположенного по адресу: г. Волгоград, проспект Университетский, вл. 107. Цель работы – обследование и разработка мероприятий по проектам в области энергоэффективности.

Для достижения цели работы были поставлены следующие задачи:

- анализ потребления энергии основными потребителями;
- разработка мероприятий и рекомендаций по снижению потребления электроэнергии и эксплуатационных затрат;
- оценка экономической эффективности внедрения предложенных решений по снижению потребления электроэнергии и эксплуатационных затрат.

Помимо обследования ТРЦ проводились интервью со специалистами, обслуживающими системы энергообеспечения, а также проанализировано потребление энергии основными потребителями. Это позволило определить возможности достижения экономии энергии и повышение общей энергоэффективности объекта.

Чтобы достичь нового уровня в сфере экономии энергоресурсов и энергоэффективности необходимо не только совершенствовать, но и развивать сам объект на основе применения новых методов и принципов. В данных приведенных мероприятиях нововведения рассматриваются в техническом и

потребительском плане. Поэтому организациям, эксплуатирующие объекты больших площадей необходимо из года в год стремиться к первенству среди объектов похожего назначения. Перенимать опыт уже внедренных эффективных мероприятий, анализировать свой объект и минимизировать потери, проводить целевые совещания с персоналом, направленные на результат контроля за использованием энергоресурсов и исключения халатного отношения к ним.

Предложения, указанные в бакалаврской работе, позволяют снизить свои затраты, более рационально использовать энергию, а также повысить надежность и использование существующего оборудования. Проекты, описанные в следующих разделах, направлены на удовлетворение этих потребностей с особым вниманием направлены на методы сокращения затрат за потребляемые энергоресурсы и на обнаружение дефектов, плохой работы или сбоев в системах энергопотребления, оперативного вмешательства при неблагоприятных тенденциях к увеличению расхода энергоресурсов и нахождению рекомендуемых обновлений не забывая обращать внимание к вопросам экологии и использования энергии на любых уровнях потребления.

Поставленные в начале обследования объекта считаем решенными, а работу – выполненной.

Список используемой литературы

1. Агафонов Д. Р., Аникин П. П., Никифоров С. Г. “Вопросы конструирования и производства светоизлучающих диодов и систем на их основе”. “Светотехника” №6 (2002 г.) стр. 6-11.
2. Вишневский Е. П. Энергосбережение при проектировании систем микроклимата зданий // Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С. О.К.). – 2010. – № 1.
3. Вишневский Е. П., Чепурин Г. В. Новые европейские стандарты в области ОВК // Сантехника, Отопление, Кондиционирование (С.О.К.). – 2010. – № 2.
4. Волков Э.П. Системные задачи функционирования и развития новой электроэнергетики России // Энергетик. – 2022. – № 4. – С. 4–8. URL: <http://dx.doi.org/10.34831/EP.2022.47.49.001> (дата обращения: 13.02.2023).
5. Жуков С.В., Копытин И.А., Попадько А.М. Пределы интеграции новых возобновляемых источников энергии в электроэнергетике стран Евросоюза: экономические аспекты // Контуры глобальных трансформаций: политика, экономика, право. – 2022. – Т. 15. – № 1. – С. 203–223.
6. Законодательная база в области энергосбережения Российской Федерации, а также разрабатываемые в этой области документы [Электронный ресурс] – URL: <http://energoauditsro.ru/zako> (дата обращения: 13.04.2023).
7. Компактная люминесцентная лампа // Википедия – свободная энциклопедия. URL:<http://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 15.04.2023).
8. Комплекс методических положений и рекомендаций по расчету экономического эффекта от реализации мероприятий по энергосбережению в сфере жилищно-коммунального хозяйства и промышленной энергетики. Москва, 2010.110 с.
9. Лозенко В. К. Базовые принципы систем энергетического менеджмента МС ISO 5000:2011/ В. К. Лозенко, М. К. Агеев М. К., Д. Т. Муборакшоева// Вестник Южно – Российского государственного технического университета

(Новочеркасского политехнического института). Сер.: Социально – экономические науки. 2014 – № 1. – С. 5 – 16.

10. Международный стандарт ISO 50001:2018. [Электронный ресурс] URL: http://standartgost.ru/g/E_9001 – 2015 (дата обращения: 04.06.2023).

11. Паламаренко С.И. Люминесцентные лампы и их характеристики / Сайт ПАЯЛЬНИК. URL: <http://cxem.net/sprav/sprav115.php> (дата обращения: 14.04.2023).

12. Пигарев В.Е., Архипов П.Е. /Под редакцией В.Е. Пигарева. Холодильные машины и установки кондиционирования воздуха М.: Маршрут, 2003. — 424 с.

13. Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2010 г. № 2446-р Государственная программа РФ "Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности до 2020 года";

14. Скобелев Д. О., Степанова М. В. Энергетический менеджмент. Москва, 2020 – 95 с.

15. Томпсон, А. А. Стратегический менеджмент: концепции и ситуации для анализа / А. А. Томпсон, А.Д. Стрикленд; Пер. с англ. А. Р. Ганиева, Э. В. Кондукова. – М.: Вильямс, 2015. – 928 с.

16. Тебекин, А. В. Инновационный менеджмент: Учебник для бакалавров / А. В. Тебекин. – М.: Юрайт, 2013. – 476 с.

17. Федеральный закон № 261-ФЗ от 23.11.2009 г. "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении в отдельные законодательные акты Российской Федерации".

18. Хоршев А.А., Ерохина И.В. Исследование структурных изменений в электроэнергетике России под влиянием новых технологических вызовов и прорывов. Потенциальные масштабы развития перспективных технологий в электроэнергетике России до 2040 г. // Системный анализ: проблемы и решения. – 2021. – № 14. – С. 51–68.

19. Цырук С.А., Ращевская М.А. Развитие светодиодных технологий в системах освещения мегаполисов // Энергосбережение – теория и практика: Тр.

IV международной школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 336 с.

20. Шехова Н.В. Инновационные тенденции в системе обеспечения энергетической безопасности России // Теоретическая экономика. – 2021. – № 7 (79). – С. 95–105.

21. «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности: социально-экономические, организационные и правовые аспекты» Учебное пособие В.Я. Ушаков. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 280 с.

22. Commission Regulation (EC) No 244/2009 of 18 March 2009 implementing Directive 2005/32/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for non-directional household lamps Text with EEA relevance <http://eurex.europa.eu> (дата обращения: 27.07.2023).

23. Energiesparende LED-Lampen <http://www.test.de> (дата обращения: 24.04.2023).

24. IEC 62471:2006/CIE S 009:2002 Photobiological safety of lamps and lamp systems (bilingual edition) / Sécurité photobiologique des lampes et des appareils utilisant des lampes.

25. Расписание погоды <https://rp5.ru> (дата обращения: 11.05.2023).

26. Холодильное и климатическое оборудование BITZER Worldwide <https://www.bitzer.de/ru/ru/> (дата обращения: 11.05.2023).

27. Характеристика лампы <https://www.lighting.philips.ru> (дата обращения: 15.04.2023).