



UNEP



O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
EKOLOGIIYA VA ATROF - MUHITNI
MUHOFAZA QILISH DAVLAT QO'MITASI



ПОТЕНЦИАЛ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В УЗБЕКИСТАНЕ



**ПОТЕНЦИАЛ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ
В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И
КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА В УЗБЕКИСТАНЕ**

ТАШКЕНТ – 2022

Выражение благодарности

Данный отчет подготовлен в рамках Регулярной программы технического сотрудничества ЕЭК ООН (UNECE Regular Programme of Technical Cooperation) и Совместного Проекта Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды, ПРООН и ГЭФ «Полное завершение вывода из потребления ГХФУ в Узбекистане путем продвижения энергоэффективных технологий с нулевой озоноразрушающей способностью и с низким потенциалом глобального потепления».

Основными авторами отчета являются национальные консультанты – *Дилшод Азизов* и *Низомиддин Рахманов*.

На различных этапах организации и проведения исследования, а также в процессе подготовки доклада ценные советы и рекомендации предоставили следующие организации и эксперты:

Жусипбек Казбеков – заместитель председателя Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды;

Олег Дзюбинский – региональный советник отдела устойчивой энергетики Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций;

Жахонгир Талипов – начальник отдела международного сотрудничества и проектов Государственного комитета Республики Узбекистан по экологии и охране окружающей среды;

Бахадур Палуаниязов – руководитель кластера по окружающей среде и климату Программы развития Организации Объединенных Наций в Узбекистане;

Рано Байханова – программный аналитик по изменению климата кластера по окружающей среде и климату Программы развития Организации Объединенных Наций в Узбекистане;

Исроилжон Хасанов – руководитель совместного проекта «Полное завершение вывода из потребления ГХФУ в Узбекистане путем продвижения энергоэффективных технологий с нулевой озоноразрушающей способностью и с низким потенциалом глобального потепления» Программы развития Организации Объединенных Наций в Узбекистане;

Элмурод Назаров – руководитель 2 компонента/технический координатор совместного проекта «Полное завершение вывода из потребления ГХФУ в Узбекистане путем продвижения энергоэффективных технологий с нулевой озоноразрушающей способностью и с низким потенциалом глобального потепления» Программы развития Организации Объединенных Наций в Узбекистане;

Кудрат Каримов – заведующий кафедрой «Холодильная и криогенная техника» Ташкентского государственного технического университета;

Боходир Кариев – начальник управления поддержки развития «зелёных» технологий Министерства экономического развития и сокращения бедности Республики Узбекистан;

Улугбек Агзамов – начальник Главного управления стратегического развития и координации международного сотрудничества Министерства сельского хозяйства Республики Узбекистан;

Собит Саидов – начальник управления научно-технического развития, инноваций и стандартизации Ассоциации «Узэлтехсаноат»;

Аскар Мирашилов – главный специалист управления по привлечению инвестиций Торгово-промышленной палаты Узбекистана.

СОДЕРЖАНИЕ

Список рисунков.....	5
Список таблиц.....	6
Сокращения и аббревиатуры	7
Единицы измерения.....	7
Резюме.....	8
Введение	10
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....	12
1.1 Методика оценки энергоэффективности холодильного и климатического оборудования.....	12
1.2. Энергопотребление в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха различными секторами экономики	18
1.3. Анализ энергопотребления в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха	20
ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА.....	28
2.1. Тематические исследования и лучшие практики, применяемые в Узбекистане	28
2.2. Сравнение энергосберегающих, озонобезопасных технологий ОКВ с низким потенциалом глобального потепления	38
Выводы и рекомендации	47
Использованная литература.....	51

Список рисунков

- Рисунок 1. Стикер (этикетка) с указанием класса энергоэффективности кондиционера
- Рисунок 2. Классификация кондиционеров в зависимости от показателей SEER и SCOP
- Рисунок 3. Изменение нагрузки на систему кондиционирования в течение года
- Рисунок 4. Классификация холодильников в зависимости от индекса энергоэффективности
- Рисунок 5. Чистое потребление электроэнергии по видам деятельности
- Рисунок 6. Производства холодильников и кондиционеров в Узбекистане
- Рисунок 7. Расход электрической энергии на производство холодильников и кондиционеров
- Рисунок 8. Общий вид устаревшего чиллера, работающего на R22
- Рисунок 9. Общий вид нового чиллера, работающего на R717
- Рисунок 10. Продукция ООО "Xiva Maishiy Texnika"
- Рисунок 11. Учебный центр по повышению квалификации специалистов холодильной и климатической техники при ТашГТУ
- Рисунок 12. Специальное оборудование для обслуживания холодильной техники
- Рисунок 13. Тепловой насос «воздух-вода», работающий на экологически чистом хладагенте CO₂ (R744)
- Рисунок 14. Сплит-кондиционер на природном хладагенте R290
- Рисунок 15. Прохождение обучения в учебном центре ТашГТУ
- Рисунок 16. Тренинги для женщин и девушек
- Рисунок 17. Зависимость COP и термодинамического КПД установки от температуры наружного воздуха при фиксированных температурах входящей воды t_w

Список таблиц

- Таблица 1. Показатели производительности и энергоэффективности
- Таблица 2. Разделение кондиционеров на классы энергоэффективности по холоду
- Таблица 3. Разделение кондиционеров на классы энергоэффективности по теплу
- Таблица 4. Потребление электроэнергии (предоставленным абонентам, млн. кВтч)
- Таблица 5. Потребление электроэнергии в Узбекистане по секторам, 2019 г.
- Таблица 6. Чистое потребление электроэнергии по видам деятельности
- Таблица 7. Показатели производства холодильников и кондиционеров в Узбекистане
- Таблица 8. Обеспечение населения Узбекистана холодильниками и кондиционерами
- Таблица 9. Результаты исследований морозильников и холодильных витрин на предприятии ООО "Xiva Maishiy Texnika"
- Таблица 10. Годовые затраты на отопление домов с разными системами

Сокращения и аббревиатуры

ГФУ	Гидрофторуглерод
ГХФУ	Гидрохлорфторуглерод
ЕЭК ООН	Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций
ОКВ	Охлаждение, кондиционирование воздуха
ОРС	Озоноразрушающая способность (ODP)
ПГП	Потенциал глобального потепления (GWP)
ПРООН	Программа развития Организации Объединённых Наций
РНЦЭМП	Республиканский научный центр экстренной медицинской помощи
ТашГТУ	Ташкентский государственный технический университет
ТНУ	Теплонасосные установки
ХФУ	Хлорфторуглерод
ЭЭ	Энергоэффективность

Единицы измерения

БТЕ/час	Британская тепловая единица в час
ГВтч	Гигаватт-час
ГДж/т.у.т	Гигаджоуль на тонну условного топлива
кВтч	киловатт-час
кВтч/год	киловатт-час в год
кВтч/м ²	киловатт-час на квадратный метр
м ²	квадратный метр
МВт	Мегаватт
ТВтч	Тераватт-час
т.н.э.	Тонна нефтяного эквивалента

Резюме

Эффективная разработка и реализация государственной политики являются ключом к повышению энергоэффективности. Из-за существенных различий между тем, какие технологии доступны на рынке и какие на самом деле применяются, становится очевидным, что именно эффективное управление и использование правовых и финансовых инструментов, а не только технический прогресс, представляют собой основу повышения энергоэффективности.

Лучшие из доступных технологий охлаждения и кондиционирования воздуха (ОКВ) как минимум в два раза эффективнее обычного оборудования. По оценкам экспертов, в настоящее время их энергоэффективность составляет 50–60% от теоретического максимума, и существует потенциал для повышения этого показателя до 70–80% путем технологических инноваций. Замена хладагентов, которую предлагает совершить Кигалийская поправка к Монреальскому протоколу о поэтапном сокращении ГФУ, предоставляет возможность достижения максимальных выгод от энергоэффективности.

В настоящее время используются показатели энергоэффективности, могущие быть выражены в абсолютной или удельной форме. Стандартизированная маркировка бытовой техники при делении на классы энергопотребления установлена Директивой 92/75/ЕЕС от 22 сентября 1992 года. Постановлением Кабинета Министров Узбекистана №86 «О мерах по внедрению в Республике системы обязательной энергетической маркировки и сертификации реализуемых бытовых электроприборов, вновь строящихся зданий и сооружений» от 9 апреля 2015 года установлено требование об обязательном присутствии в технической документации, маркировке и на этикетках информации о соответствующем классе энергоэффективности. Постановление распространяется на ввозимые и реализуемые на территории Республики Узбекистан бытовые электроприборы. Эффективное продвижение и информационные кампании играют важную роль в стимулировании потребителей приобретать бытовые приборы с высоким классом энергоэффективности.

Республика Узбекистан реализует комплексные меры по углублению структурных реформ, модернизации и диверсификации основных секторов экономики, по сбалансированному социально-экономическому развитию своих территорий. По оценкам экспертов центра по эффективному использованию энергии¹, энергоёмкость национальной экономики в 2-2,5 раза выше, чем в развитых странах. Большие потери энергоресурсов приходится на жилищный сектор. В данных, приведённых информационной службой Министерства энергетики, отмечается, что при среднемировом показателе потребления энергии в жилищном секторе в 23 процента в Узбекистане этот показатель достигает 40 процентов². Каждое домохозяйство в Узбекистане (в среднем 7 миллионов

¹ http://www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf

² <https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/1209242-energorastochitelnyj-uzbekistan.html>

домохозяйств, подключенных к электричеству) имеет возможность экономить до 400 кВт*ч электроэнергии в год². В среднем по стране это 2,8 млрд. кВт*ч. Если не работать постоянно над увеличением энергоэффективности в экономике, в сфере социальных объектов и домашних хозяйств, то значительный объем энергоресурсов будет продолжать расходоваться впустую.

В данном отчете выполнен анализ годового (2020 г.) и 5-летнего (2016–2020 гг.) расхода электроэнергии на производство холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха в Республике Узбекистан. В последние годы продукция отечественных производителей уверенно пробивается на внешние рынки и демонстрирует положительную динамику роста показателей экспорта по всем основным видам. Согласно анализу, существуют значительные источники, указывающие на динамические изменения энергоемкости обработки сырья и производства во времени. Кроме того, серьезно изменилось сырьё, используемое для холодильников и кондиционеров, что связано с инновациями в конструкции, дизайне, предлагаемых услугах, характеристиках и т. д.

Во второй главе настоящего исследования представлены некоторые совместные разработки, софинансированные Программой развития Организации Объединённых Наций (ПРООН) и заинтересованными сторонами в области холодильной техники и кондиционирования воздуха. Для определения эффективности были сформулированы параметры работы, проанализирована эффективность разработок, представлены результаты исследований в виде удельных и абсолютных значений критериев энергоэффективности.

Институциональное укрепление и деятельность по наращиванию научного потенциала традиционно включали обучение техников в секторе обслуживания, тренинги региональных сетей и кампаний по повышению информированности общественности с целью обратить внимание потребителей на энергоэффективную и экологически чистую продукцию. Такая деятельность в области энергоэффективности гармонично дополняет другие программы и мероприятия. В Узбекистане систематически проводятся мероприятия по обучению, переквалификации и повышению квалификации технических специалистов в области холодильной и климатической техники, особое внимание уделяется обучению женщин специальности ОКВ. Стандартные учебные программы по ОКВ должны быть сфокусированы на курсах и программах по энергоэффективности и модернизации систем ОКВ.

Введение

Повышение уровня рационального использования энергетических ресурсов является важнейшей проблемой современности. Это определяется не только ростом потребности, удорожанием их добычи и производства, но и тем, что по объему использования энергетических ресурсов и связанному с этим воздействием на природу человечество приближается к предельно допустимому порогу.

В Узбекистане общее конечное потребление энергии в 2018 году составило 29,5 млн. т.н.э. Жилищный сектор является крупнейшим потребителем с долей более 40%. Ранее на строительный сектор, включая жилые, общественные и коммерческие здания, приходилось 55% конечного потребления энергии. На здания – 75% конечного потребления тепла, 26% конечного потребления электроэнергии и 64% конечного потребления природного газа³. В связи этим энергосбережение в данной сфере даёт наиболее ощутимый эффект. В первую очередь следует применять способы и средства энергосбережения, с помощью которых достигается наивысший энергетический и экологический эффект при минимальных дополнительных затратах.

Сектор энергоснабжения (электричество, тепло и другие виды энергии) является крупнейшим источником глобальных выбросов парниковых газов (на его долю приходится около 35% общего объема выбросов). Домохозяйства потребляют 29% мировой энергии и являются источником 21% соответствующих выбросов CO₂⁴. Большая часть энергии в домохозяйствах используется для отопления и охлаждения. Спрос на энергию для охлаждения является наиболее быстрорастущим видом конечного потребления энергии в зданиях. Ведь, по прогнозам, в течение последующих 30 лет каждую секунду будут продаваться десять кондиционеров. В настоящий момент около 80% мировой энергии и 66% электроэнергии вырабатываются за счет использования ископаемых видов топлива⁴.

Из этого следует, что повышение эффективности потребления энергии является главной стратегией по достижению устойчивого развития в будущем для всех. По своей сути, энергоэффективность (ЭЭ) – это предоставление таких услуг, как освещение, комфорт, сохранение продуктов и медикаментов, мобильность, только с меньшей затратой энергии.

Энергоэффективность в системах охлаждения и кондиционирования воздуха (ОКВ) не достигается только одним действием, например, выбором эффективного хладагента, но зависит от интегрированного решения, объединяющего все возможности. Эффективность охлаждения и кондиционирования воздуха зависит от термодинамических свойств хладагента, учитывающих потери при смешивании любого смазочного материала в жидкости, эффективность теплообмена, теплообменного аппарата для удаления тепла из охлаждаемого пространства, а

³ <https://unece.org/sed/documents/2021/03/working-documents/gap-analysis-framework-guidelines-ee-standards-buildings>

⁴ <https://www.un.org/ru/actnow/facts-and-figures>

также конструкции, материалы и управление механическим оборудованием.

По данным исследований, предоставленным Программой Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) United For Efficiency (U4E)⁵, реализация в Узбекистане мероприятий по повышению энергоэффективности в секторе бытовых холодильников и кондиционеров может сократить потребление электроэнергии к 2030 году более чем на 1,8 ТВт*ч. В исследовании описаны результаты по внедрению стандартов энергоэффективности на двух уровнях – минимальном и высоком. Реализация минимального уровня дает возможность сократить потребление энергии к 2030 году на 1800 ГВт*ч, а при высоком уровне эта цифра может достигнуть 2660 ГВт*ч. Также такие мероприятия сократят выбросы CO₂ более чем на 1,1 миллионов тонн.

В период первоначального отказа от хлорфторуглеродов (ХФУ) многие производители воспользовались возможностью перепроектировать свои системы для повышения энергоэффективности в новых установках без использования ХФУ в качестве хладагента. Новые чиллеры, не содержащие ХФУ, продаваемые по всему миру, были на 50% более энергоэффективными, чем оборудование, которое они заменили⁶.

Поэтапное сокращение потребления и производства гидрофторуглеродов (ГФУ) может аналогичным образом способствовать значительному повышению энергоэффективности систем кондиционирования воздуха и холодоснабжения. Технологии нового поколения почти всегда приводили к более низкому потреблению электроэнергии как для их производителей, так и для потребителей.

Ранее повышение энергоэффективности не требовалось в процессе перехода, и оно происходило как следствие такового. Экономические анализы показали, что страны, которые интегрируют энергоэффективность в свои программы поэтапного отказа от ГХФУ и поэтапного сокращения ГФУ, могут сэкономить миллиарды финансовых средств для потребителей, сократить углеродные выбросы и снизить загрязнение воздуха за счет сокращения потребления энергии, что также позволит производителям рационально планировать свои инвестиции в реорганизацию и переоснащение производственных мощностей.

Продвижение и внедрение современных, нетрадиционных (в частности, абсорбционных холодильных установок) на предприятиях, имеющих тепловые выбросы, чрезвычайно актуальны. Анализ выполненных ранее работ показал, что в определённых условиях абсорбционные преобразователи теплоты различных схем могут быть использованы для создания энергосберегающих систем.

⁵ Руководящие принципы типового регулирования Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) United For Efficiency (U4E), 2020

⁶ Руководство по энергоэффективности холодильного оборудования, кондиционеров воздуха и тепловых насосов, Бишкек, Б.:2018 – 43 с.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

1.1 Методика оценки энергоэффективности холодильного и климатического оборудования

Энергоснабжение – крупнейший источник глобальных выбросов парниковых газов, поскольку на его долю приходится около 35% общего объема выбросов. Домохозяйства потребляют 29% мировой энергии и являются источником 21% соответствующих выбросов углекислого газа⁴. Большая часть энергии в домохозяйствах используется для отопления и охлаждения. Спрос на энергию для охлаждения является наиболее быстрорастущим видом конечного потребления энергии в зданиях. Ведь, по прогнозам, в течение последующих 30 лет каждую секунду будут продаваться десять кондиционеров. В настоящий момент около 80% мировой энергии и 66% электроэнергии вырабатываются за счет ископаемых видов топлива. Эффективное и рациональное потребление энергии является главной стратегией по достижению будущего устойчивого развития для всех⁴.

Энергоэффективность в секторе ОКВ – это предоставление таких услуг, как комфорт и сохранение продуктов, только с меньшими затратами энергии. Любой показатель энергоэффективности по своей сути – это отношение холодильной (тепловой) мощности к потребляемой. Энергоэффективность оборудования – совершенствование технологий или дизайна продукта, прибора либо его компонента, которое приводит к тому, что при одинаковой производительности (холодо-/ теплопроизводительности) затрачивается меньшее количество энергии.

Доля выбросов парниковых газов от ископаемого топлива при производстве энергии для систем холодоснабжения, кондиционирования воздуха и тепловых насосов составляет более 80%⁶. По оценкам экспертов, лучшие из доступных технологий ОКВ и ТН как минимум в два раза эффективнее обычного оборудования; в настоящее время их энергоэффективность составляет 50–60% от теоретического максимума, и существует потенциал для повышения этого показателя до 70–80% путем технологических инноваций⁶. Замена хладагентов, которую предполагает Кигалийская поправка, дает ключевую возможность для достижения максимально возможных выгод от энергоэффективности.

Показатели энергоэффективности могут быть выражены в *абсолютной* или *удельной нормированной величине*. Абсолютная норма характеризует расход топливно-энергетических ресурсов в регламентированных условиях (режимах) работы. Удельная норма характеризует отношения расхода топливно-энергетических ресурсов к вырабатываемой или потребляемой энергии, произведенной продукции, выполненной работе в регламентированных условиях (режимах) работы.

В качестве показателей энергоэффективности предпочтительны удельные показатели, т. е. количество энергии или топлива, затрачиваемое машиной, механизмом на производство единицы продукции или работы.

Для сравнения показателей энергоэффективности оборудования протоколы тестирования и параметры работы должны быть одинаковыми или сопоставимыми. В таблице 1 приведены показатели производительности и энергоэффективности для кондиционеров, тепловых насосов и систем охлаждения.

Таблица 1. Показатели производительности и энергоэффективности

№	Термин	Определение
1.	Холодопроизводительность установки, Q_x	Единица производительности холодильной системы. Она численно выражается как количество тепла, удаляемого из охлаждаемого объекта в единицу времени. Измеряется в ваттах, киловаттах, мегаваттах и британской тепловой единице в час (Вт, кВт, МВт, БТЕ/час).
2.	Теплопроизводительность установки, Q_T	Единица производительности теплонасосной системы. Она численно выражается как количество тепла, подаваемого в отапливаемый объект в единицу времени. Измеряется в ваттах, киловаттах, мегаваттах и британской тепловой единице в час (Вт, кВт, МВт, БТЕ/час).
3.	Электрическая мощность установки, $N_{потр}$	Физическая величина, характеризующая скорость передачи или преобразования электрической энергии. Единицей измерения являются: Вт, кВт, лошадиная сила (л. с.).
4.	Моментальный показатель энергоэффективности кондиционера в режиме охлаждения, EER	Равен отношению холодопроизводительности к полной потребляемой мощности при расчетных условиях работы. EER измеряется в Вт/Вт или БТЕ/Вт.
5.	Моментальный показатель энергоэффективности кондиционера в режиме обогрева, COP	Соотношение между произведенной тепловой энергией и потребляемой, которая нужна для ее выработки. Измеряется в Вт/Вт или БТЕ/Вт.
6.	Сезонный показатель энергетической эффективности SEER (Season Energy Efficiency Ratio) и SCOP (Season Coefficient of Performance)	SEER и SCOP разработаны для того, чтобы учитывать особенности местного климата, типов зданий и поведения жителей, и поэтому существуют различия в расчете показателей, используемых в разных странах и регионах. Измеряется в Вт/Вт или БТЕ/Вт.
7.	кВт·ч потребления энергии в сутки, или кВт·ч в год на определенный объем	Удельный расход электроэнергии за сутки на единицу объема холодильной камеры (кВт·ч/сут; кВт·ч/л)
8.	Индекс энергетической эффективности	Равен отношению фактической потребляемой электроэнергии на стандартное годовое потребление.

Для кондиционеров и тепловых насосов показатели **EER** (Energy efficiency ratio) и **COP** (Coefficient of performance) имеют следующие особенности:

- EER и COP – это показатели, привязанные к определенным условиям, то есть, моментальные показатели.
- Обычно приводятся EER и COP для номинального режима (100% нагрузка при стандартных условиях). Это может быть удобно для быстрой оценки эффективности оборудования, но тогда будет учитываться только один режим работы.
- Часто в каталогах расчет EER и COP производится с учетом только мощности компрессора (без учета вентиляторов и других частей кондиционера), что не совсем верно при отсутствии соответствующих оговорок.
- EER и COP являются интернациональными общепризнанными показателями, понятными для специалистов всех стран и континентов.
- По EER и COP производится деление кондиционеров по классам (от А до G.) энергоэффективности (табл. 2 и табл. 3).

Таблица 2. Разделение кондиционеров на классы энергоэффективности по холоду

Класс энергоэффективности кондиционера по холоду	A	B	C	D	E	F	G
EER	>3.2	3.0-3.2	2.8-3.0	2.6-2.8	2.4-2.6	2.2-2.4	<2.2

Таблица 3. Разделение кондиционеров на классы энергоэффективности по теплу

Класс энергоэффективности кондиционера по теплу	A	B	C	D	E	F	G
COP	>3.6	3.4-3.6	3.2-3.4	2.8-3.2	2.6-2.8	2.4-2.6	<2.4

Стандартизированная маркировка бытовой техники при делении на классы энергопотребления установлена Директивой 92/75/ЕЕС от 22 сентября 1992 года. Постановлением Кабинета министров Узбекистана № 86 «О мерах по внедрению в Республике системы обязательной энергетической маркировки и сертификации реализуемых бытовых электроприборов, вновь строящихся зданий и сооружений» от 9 апреля 2015 года установлено требование об обязательном присутствии в технической документации, маркировке и на этикетках информации о соответствующем классе энергоэффективности. Постановление распространяется на бытовые электроприборы, ввозимые и реализуемые на территории Республики Узбекистан.

В документации и на этикетках бытовых электроприборов, в том числе на кондиционерах, должно быть обозначение энергоэффективности такими классами: «А», «В», «С», «D», «Е», «F», «G». При этом обозначение класса «А» предназначено для бытовых электроприборов с наибольшей энергоэффективностью, класса «G» – для электроприборов с наименьшей энергоэффективностью.

Начиная с 1 января 2016 года, запрещается ввоз, а с 1 июля 2016 года – реализация на территории республики бытовых электроприборов, не имеющих в технических документах, маркировке и этикетке информацию о соответствующем классе энергоэффективности, за исключением реализации бытовых электроприборов, бывших в эксплуатации.

Постановление предусматривает поэтапное внедрение требований к энергоэффективности. Так, например, с 1 января 2017 года запрещен ввоз и реализация бытовых электроприборов класса «G», класса «F» – с 1 января 2018 года и класса «Е» – с 1 января 2019 года; увеличена на 18% требуемая энергетическая эффективность кондиционеров и холодильных машин. Минимальным для применения в Узбекистане такого оборудования становится класс эффективности «D».

<p>Энергетическая эффективность изделия Изготовитель: _____</p> <p>Наружный блок RC-P24HN/OUT Внутренний блок RC-P24HN/IN</p> <p>Класс энергетической эффективности в режиме охлаждения Максимальная эффективность: A</p> <p>Минимальная эффективность: _____</p> <p>Ежегодный расход электроэнергии (кВт·ч) в режиме охлаждения: 342 <small>[Фактическое энергопотребление зависит от интенсивности эксплуатации, а также от климатических условий.]</small></p> <p>Холодопроизводительность (кВт): 2,36 Коэффициент энергетической эффективности в режиме охлаждения при полной нагрузке: 3,45</p> <p>Тип: только охлаждение - охлаждение/нагрев - ←</p> <p>воздушное охлаждение - ← водяное охлаждение -</p> <p>Теплопроизводительность (кВт): 2,47 Класс энергетической эффективности в режиме нагрева (A - высший, G - низший): A B C D E F G</p> <p>Корректированный уровень звуковой мощности (дБА): 28</p> <p><small>Дополнительная информация представлена в документации к оборудованию.</small></p>	<p>Класс эффективности блока в режиме охлаждения:</p> <p>A $ERR > 3,20$</p> <p>B $3,20 \geq ERR > 3,00$</p> <p>C $3,00 \geq ERR > 2,80$</p> <p>D $2,80 \geq ERR > 2,60$</p> <p>E $2,60 \geq ERR > 2,40$</p> <p>F $2,40 \geq ERR > 2,20$</p> <p>G $2,20 \geq ERR$</p>	<p>Класс эффективности блока в режиме нагрева:</p> <p>A $COP > 3,60$</p> <p>B $3,60 \geq COP > 3,40$</p> <p>C $3,40 \geq COP > 3,20$</p> <p>D $3,20 \geq COP > 2,80$</p> <p>E $2,80 \geq COP > 2,60$</p> <p>F $2,60 \geq COP > 2,40$</p> <p>G $2,40 \geq COP$</p>
--	--	---

Рисунок 1. Стикер (этикетка) с указанием класса энергоэффективности кондиционера

С 2013 года подходы к оценке коэффициентов энергоэффективности кондиционеров изменились. Они стали называться сезонными коэффициентами энергоэффективности: появились SEER (Season Energy Efficiency Ratio) – сезонный холодильный коэффициент и SCOP (Season Coefficient of Performance) –

сезонный коэффициент производительности по теплу. Главная причина введения сезонных показателей – необходимость оценить эффективность работы холодильного оборудования в условиях, приближенных к реальным, то есть в течение всего сезона при различной нагрузке и температуре окружающей среды.

Разработчики методики полагают, что такие расчеты точнее отображают энергоэффективность системы кондиционирования. Разнообразив расчеты и усложнив измерения, специалисты разработали новую классификацию кондиционеров. Из нее исключили классы E, F, G и добавили A+, A++ и A+++.

Значение SEER (режим охлаждения)		Значение SCOP (режим нагрева)	
A+++	> 8,5	A+++	> 5,1
A++	> 6,1	A++	> 4,6
A+	> 5,6	A+	> 4,0
A	> 4,5	A	> 3,4
B	> 4,6	B	> 3,1
C	> 4,1	C	> 2,8
D	> 3,6	D	> 2,5

Рисунок 2. Классификация кондиционеров в зависимости от показателей SEER и SCOP

Обобщённые показатели учитывают ненагруженные режимы работы, поэтому их иногда называют коэффициентами энергоэффективности при частичной нагрузке. Экспериментальные данные показывают, что нагрузка на систему кондиционирования в течение года изменяется в диапазоне от 10 до 100% (см. рис. 3).

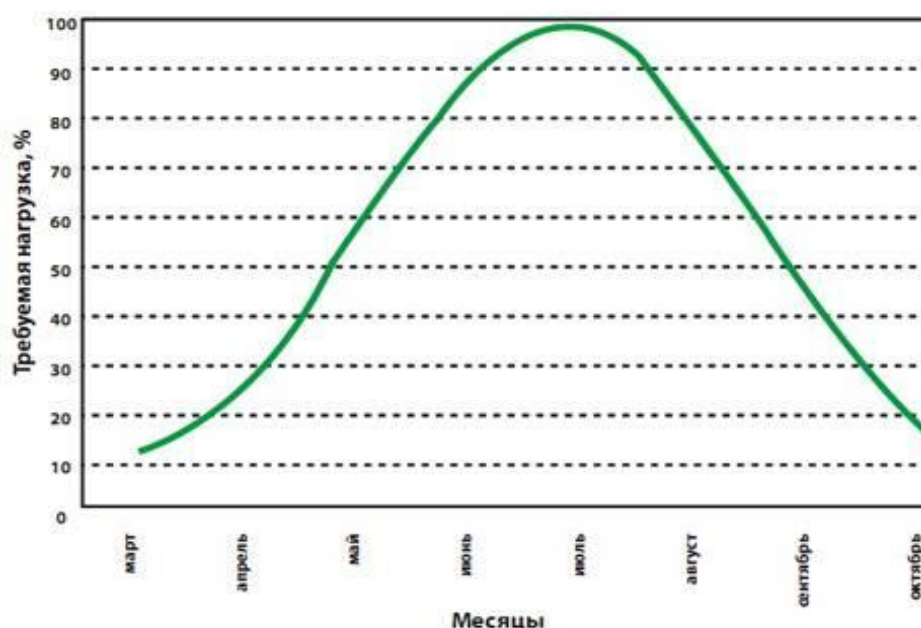


Рисунок 3. Изменение нагрузки на систему кондиционирования в течение года

Данная кривая может существенно изменяться в зависимости от климата конкретной местности. С целью упрощения расчетов коэффициентов

энергоэффективности и для расширения диапазона их применения подобная кривая требует осреднения.

При применении практики использования теплового насоса как *отопительно-охладительной установки* используется коэффициент ЭЭ для комбинированного цикла.

Энергетический показатель эффективности одновременной выработки теплоты и холода на одном и том же оборудовании представляет собой отношение полезно используемых количеств теплоты и холода к потребляемой электрической энергии на привод компрессоров, водяных насосов, воздушных вентиляторов.

Расчеты и исследования показывают, что в оптимальном режиме работы установки «*холодильная машина-тепловой насос*» показатель ЭЭ (COP) достигает величины 5,5, что более чем в 2 раза превышает нижший предел целесообразного использования ТНУ.

Для *бытовых холодильников* энергоэффективность рассчитывается с учетом нескольких параметров:

- объема холодильной и морозильной камер;
- минимально возможной температуры во всех камерах;
- наличия дополнительных функций, к примеру, No Frost, дисплей, Wi-Fi и прочего.

Эффективность измеряется как энергия, потребляемая в кВт·ч за сутки или в год, и может применяться на охлаждающий объем. Для бытовых компрессионных холодильников (морозильников) данный показатель это – удельный расход электроэнергии за сутки или за 1 литр объема при регламентированных условиях. Единицы измерения – кВт·ч/сут., или кВт·ч/дм³.

Для промышленных холодильников рассчитываются как киловатт-час за сутки (при регламентированных условиях) (кВт·ч/сут) или удельный расход электроэнергии на производство холода (кВт·ч/Гкал).

Показатель энергоэффективности бытового холодильника напрямую зависит от индекса энергетической эффективности Energy Efficiency Index (EEI). А сам индекс – от годового потребления электричества прибором⁷.

Индекс показывает, какое количество времени работы от сети требуется морозильной или холодильной камере для поддержания заданного температурного режима.

Для обозначения энергетической эффективности холодильников в зависимости от ее индекса установлены классы (по возрастанию) от А+++ до G.

⁷ <https://make-a-choice.ru/cto-takoe-klass-energopotrebleniya-holodilnika>



Рисунок 4. Классификация холодильников в зависимости от индекса энергетической эффективности

1.2. Энергопотребление в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха различными секторами экономики

В 2019 году Узбекистан произвел 61,6 ТВт*ч электроэнергии (в основном за счет природного газа (85%))⁸. Республика является одним из крупнейших производителей природного газа в мире, ежегодно добывая около 60 миллиардов кубометров, из которых 35–40 миллиардов кубометров поставляет акционерная компания АО «Узбекнефтегаз». В 2019 году добыча составила 60,4 млрд. кубометров⁹.

Узбекистан реализует комплексные меры по углублению структурных реформ, модернизации и диверсификации основных секторов экономики, сбалансированному социально-экономическому развитию своих территорий.

Указом Президента Республики Узбекистан от 4 октября 2019 года №ПП-4477 утверждена Стратегия перехода Республики Узбекистан к «зелёной» экономике на период 2019–2030 годов. Стратегия преследует множество целей в нескольких приоритетных областях¹⁰.

Указом Президента Республики Узбекистан №УП-5646 от 1 февраля 2019 года «О мерах по радикальному совершенствованию системы управления топливно-энергетической отраслью Республики Узбекистан» было создано Министерство энергетики. В таблице 4 представлены данные по потреблению электроэнергии по областям республики за 2016–2020 гг.

Таблица 4. Потребление электроэнергии (предоставленным абонентам, млн. кВтч)⁸

	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
По Республике Узбекистан	45 058,8	46 746,3	60 744,8	54 174,8	53 839,8
Республика Каракалпакстан	1 041,9	1 088,7	1 578,3	1 690,1	1 372,9
Области					
Андижан	2 406,3	2 639,5	3 975,4	2 627,3	3 479,5
Бухара	2 580,3	2 678,2	3 338,8	2 437,0	3 112,9

⁸ <https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/industry>

⁹ <https://minenergy.uz/ru/news/view/1063>

¹⁰ <https://lex.uz/docs/4539506>

Джизак	1 518,8	1 581,4	2 177,8	1 924,4	1 768,6
Кашкадарья	4 857,6	5 116,1	5 561,3	5 594,6	5 169,2
Навои	6 895,0	7 002,6	7 431,4	8 775,3	7 920,8
Наманган	2 612,9	2 789,6	3 898,9	3 099,1	3 597,3
Самарканд	2 947,5	3 247,8	4 425,8	2 769,7	4 130,1
Сурхандарья	2 148,1	2 230,9	5 653,0	2 364,3	2 633,5
Сырдарья	1 177,3	1 159,4	1 455,1	1 748,9	1 283,2
Ташкент	6 981,3	7 235,1	8 868,5	9 253,6	7 358,5
Фергана	3 829,4	3 534,0	4 965,3	4 591,8	4 787,7
Хорезм	1 090,6	1 118,1	1 799,3	1 765,7	1 558,5
г. Ташкент	4 971,7	5 325,0	5 615,8	5 532,9	5 667,2

Большая часть потребляемой электроэнергии приходится на промышленность, население и сельское хозяйство (таб. 5 и таб. 6).

Таблица 5. Потребление электроэнергии в Узбекистане по секторам (%), 2019 г. ⁸

Отрасли	Потребление электроэнергии
Промышленность	40
Население	23
Сельское хозяйство	20
Коммунальные услуги	13
Транспорт	3
Строительство	1

Таблица 6. Чистое потребление электроэнергии по видам деятельности (млн. кВтч) ⁸

Наименование	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Всего (валовое потребление)	57 605,2	60 180,8	62 502,8	64 844,0	69 021,1
по видам деятельности:					
Промышленность	21 035,8	22 298,4	15 007,1	16 967,3	18 284,3
Строительство	360,7	325,0	414,8	414,8	1 448,0
Сельское хозяйство	9 502,3	9 683,9	18 053,9	15 058,0	9 202,4
Транспорт	1 165,9	1 222,2	1 474,6	2 115,0	1 058,0
Коммерческие предприятия и государственные учреждения	5 242,3	4 040,6	4 970,9	4 970,9	5 238,9
Население	11 195,7	12 779,8	13 593,8	13 478,8	15 549,5
Неспецифицированные другие сектора	-	-	-	1 170,0	1 170,0

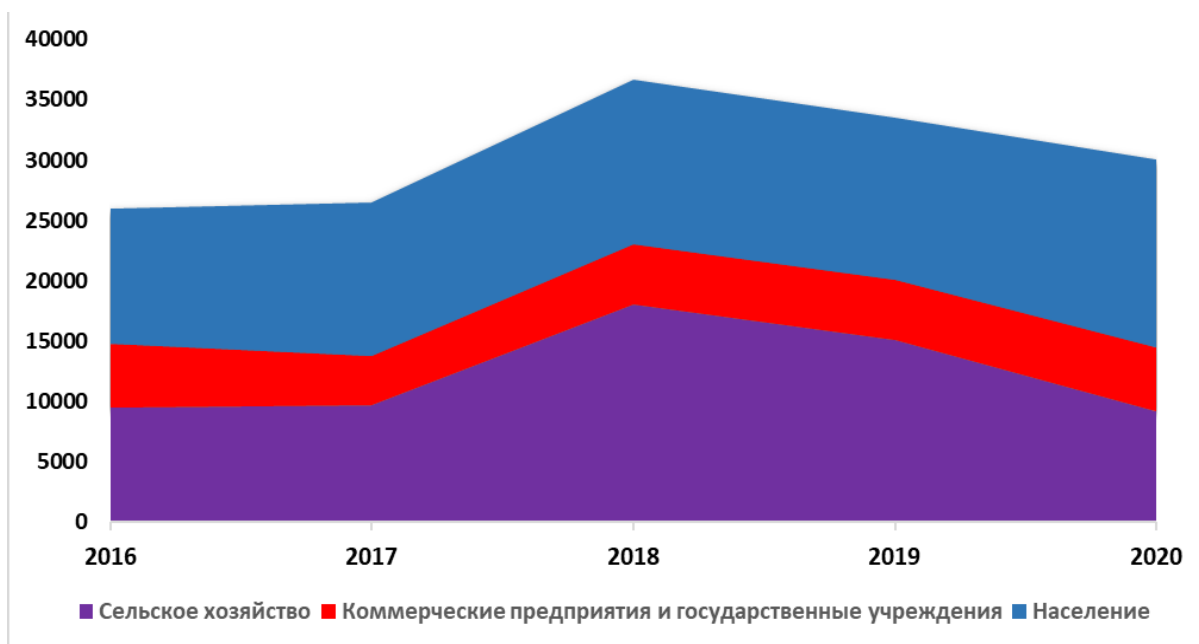


Рисунок 5. Чистое потребление электроэнергии по видам деятельности (млн. кВтч)

Узбекистан является участником Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата с 1993 года, подписал Киотский протокол в 1998 году и ратифицировал его в 1999 году, а в 2018 году ратифицировал Парижское соглашение.

1.3. Анализ энергопотребления в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха

Информационная служба Министерства энергетики привела факты энергоемкой эксплуатации жилищного сектора республики.

По оценкам экспертов, энергоемкость национальной экономики в 2-2,5 раза выше, чем в развитых странах. Большие потери энергоресурсов приходятся на жилищный сектор. При среднемировом показателе потребления первичной энергии в жилищном секторе в 23% в Узбекистане этот показатель достигает 40%.

Так, если в Европе потребление энергии на квадратный метр составляет 120–150 киловатт-часов в год, то в Узбекистане этот показатель превышает 390 киловатт-часов⁹.

Согласно исследованию, проведенному экспертами по обеспечению энергоэффективности, в настоящее время каждое домохозяйство в Узбекистане (в среднем 7 миллионов домохозяйств, подключенных к электричеству) имеет возможность экономить до 400 кВт*ч электроэнергии в год. В среднем по стране это 2,8 млрд кВт*ч, то есть, огромный объем энергии, который может быть сбережен и использован на другие нужды².

С целью предметного изучения таких резервов энергоэффективности социальных объектов на местах анализируется сотрудниками специально созданного для этого подразделения Минэнерго. В ходе проведения анализа, в частности, было выявлено, что на ряде социальных объектов подготовка к осенне-зимнему сезону, а также состояние энергосбережения и энергоэффективности находятся в не соответствующем необходимым параметрам состоянии.

Это означает, что такие здания и сооружения будут расточительно и неэффективно тратить значительную часть энергоресурсов, а это неизбежно будет оказывать влияние на общее состояние доступности и качества энергоснабжения потребителей.

Как бы ни увеличивались производство и поставки электроэнергии, если не работать постоянно над повышением энергоэффективности в экономике, сфере социальных объектов и домашних хозяйств, то значительный объем энергоресурсов будет продолжать нерационально расходоваться – резюмирует пресс-служба Министерства энергетики.

Выполнен анализ годового (2020 г.) и 5-летнего (2016–2020 гг.) расхода электроэнергии на производство холодильного оборудования и оборудования для кондиционирования воздуха в Республике Узбекистан.

В феврале 2017 года было принято Постановление Президента №ПП-2772 «О мерах по дальнейшему совершенствованию управления, ускоренному развитию и диверсификации электротехнической промышленности в 2017–2021 гг.», которым утверждена Программа мер по дальнейшему развитию и диверсификации электротехнической промышленности, включающая прогнозные показатели производства электротехнической продукции с высокой добавленной стоимостью в 2017–2021 гг.

Согласно анализу, общее энергопотребление, приходящееся на производство холодильников, варьировалось примерно от 180 МДж (50 кВтч) для модели 1974 года, затем снижалось до 50 МДж (13,8 кВтч) для моделей, выпущенных после 2008 года.

Например, существуют значительные источники информации, указывающие на динамические изменения энергоемкости обработки сырья и производства во времени. Кроме того, заметно изменилось сырьё, используемое для холодильников, что связано с улучшениями в конструкциях, дизайне, предлагаемых услугах, характеристиках и т. д.

Энергетический анализ показывает, что потребление энергии (комплекс тепловой и электрической энергии) на переработку 1 кг сырья составляет от 1,595 МДж (0,44 кВтч) до 2,538 МДж (0,7 кВтч). В результате общая энергия обработки и производства 1 кг сырья находится в диапазоне от 2,164 МДж (0,6 кВтч) до 3,107 МДж (0,86 кВтч) для однофазного переменного тока мощностью 2,1 кВт (холодопроизводительность 7000 БТЕ/ч). Комнатный кондиционер 2,1 кВт – одна из наименьших моделей комнатных кондиционеров; размер комнатного

кондиционера варьируется от 2,1 кВт (масса 29 кг) до 12,5 кВт (179 кг).¹¹

Для холодильников ежегодное потребление энергии может в среднем увеличиваться на 1,0-1,6% в год. Часть из них, возможно, 8–10% из общего количества 15–20-летних холодильников, имеют неисправности компонентов (например, затвердевшие или негодные дверные уплотнения), которые заставляют их работать непрерывно, значительно увеличивая потребление электрической энергии (в одном из исследований приведено, что такие случаи составляют 58%). Неисправные компоненты, подлежащие простому ремонту, составляют почти половину причин ухудшения показателей эффективности. Поскольку холодильники проектируются с повышенным уровнем эффективности (с уменьшенным потреблением электроэнергии), новые конструкции имеют большую толщину изоляции, лучшее уплотнение и более эффективные компрессоры, и поэтому они могут быть более устойчивыми к ухудшению характеристик. Компоненты, повышающие риск ухудшения качества – это дверные уплотнители или прокладки, контроль управления, изоляция и компрессоры. В некоторых случаях очень просто повысить эффективность работы прибора путем внедрения новых технологий. Например, замена лампы накаливания в холодильнике на светодиодную лампочку приносит двойную выгоду: расходуется меньшее количество электричества для освещения и выделяется меньшее количество тепла, которое необходимо удалять, что продлевает срок службы мотора и компрессора.

В настоящее время электротехническая отрасль продолжает динамично развиваться. Здесь действуют более 450 предприятий; номенклатура выпускаемой электротехнической продукции составляет около 2 тысяч наименований. Основная часть объема электротехнической продукции (около 90%) производится предприятиями ассоциации «Узэлтехсаноат» (таблица 7, рис. 6, рис. 7). В последние годы продукция отечественных производителей уверенно пробивается на внешние рынки и демонстрирует положительную динамику роста показателей экспорта по всем основным видам. В 2019 году экспорт электротехнической продукции составил 250 млн. долл. США, в 2020 году экспорт прогнозируется на уровне 300 млн. долл. США.

В первом полугодии 2020 года было экспортировано продукции на 113,8 млн. долл. США, что в 1,3 раза больше, чем за аналогичный период прошлого года, при этом объемы экспорта бытовой техники выросли в 2,5 раза¹².

¹¹ <https://web.mit.edu/ebr/www/Publications/MITEI-1-a-2010.pdf>

¹² <https://review.uz/post/razvitie-elektrotexniki-itogi-i-perspektiv>

Таблица 7. Показатели производства холодильников и кондиционеров в Узбекистане

Номенклатура продукции	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Холодильники, тыс. шт.	190	265	417	502	721
Расход электрической энергии на производство холодильников, кВтч	2 622 000	3 657 000	5 755 000	6 928 000	9 950 000
Кондиционеры, тыс. шт.	117	202	242	340	389
Расход электрической энергии на производство кондиционеров, кВтч	2 918 000	5 038 000	6 035 000	8 480 000	9 702 000

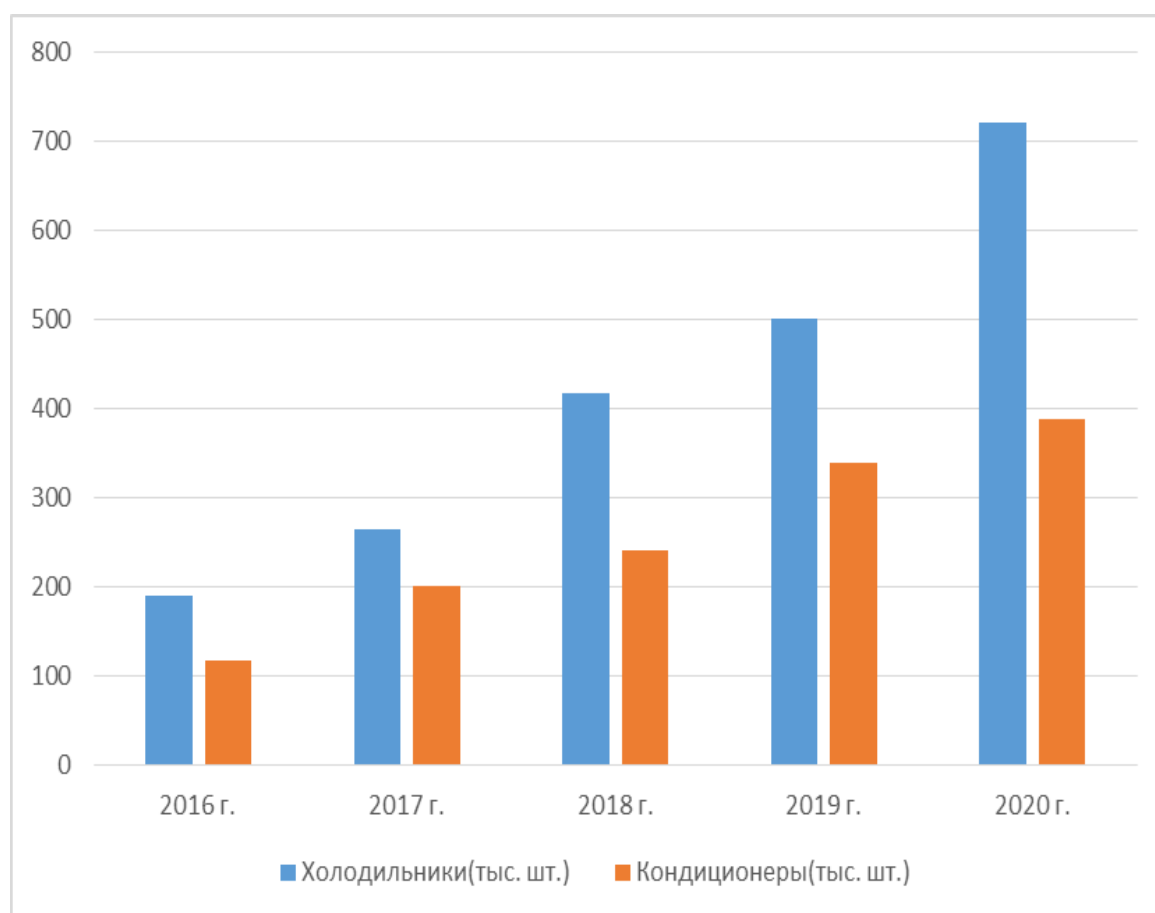


Рисунок 6. Производство холодильников и кондиционеров в Узбекистане



Рисунок 7. Расход электрической энергии на производство холодильников и кондиционеров

Кондиционирование воздуха и холодильное оборудование жилого сектора

Комплектные кондиционеры варьируются от небольших оконных блоков, охлаждающих отдельную комнату, до больших блоков на крыше, способных охлаждать все здание (зачастую как часть общей системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Все комплектные кондиционеры, также известные как унитарные системы, содержат как конденсатор, так и испаритель в одной коробке, выводящей горячий воздух из здания и холодный воздух внутри.

Сплит-системы кондиционирования воздуха варьируются от небольших комнатных до больших систем, способных охлаждать большой комплекс зданий. Во всех случаях конденсатор расположен снаружи здания и разделен трубопроводами, по которым хладагент подается к испарителю или вентиляционной установке внутри здания.

Чиллер – это холодильная установка, применяемая для охлаждения и нагревания жидких теплоносителей в центральных системах кондиционирования, в качестве которых могут выступать приточные установки или фанкойлы. Чиллеры с компрессионным циклом бывают центробежными, поршневыми, спиральными или винтовыми.

В условиях сухого жаркого климата Узбекистана архитектурно-планировочные и конструктивные меры при проектировании зданий, направленные на борьбу с летним перегревом, обусловленным интенсивной солнечной радиацией и высокой температурой наружного воздуха, необходимо увязывать с требованиями, вытекающими из особенностей зимнего режима.

Для возможности снижения энергопотребления в существующих зданиях,

величина потребления тепловой энергии в которых равна 100–120 кВтч/(м²•год), разработана *новая европейская концепция энергоэффективного дома* с максимальной нормой годового энергопотребления до 50 кВтч/(м²•год)¹³. В соответствии с данной концепцией при проектировании энергоэффективного здания соблюдаются несколько основополагающих архитектурных и строительных принципов:

в плане повышения энергоэффективности:

- оптимизация архитектурных форм здания с учетом возможного воздействия ветра;
- оптимальное расположение здания относительно солнца, обеспечивающее возможность максимального использования солнечной радиации;
- увеличение термического сопротивления ограждающих конструкций здания (наружных стен, покрытий, перекрытий кровель) до технически возможного максимального уровня;
- сведение к минимуму количества и тепловой проводимости имеющихся в конструкции тепловых мостов;
- обеспечение необходимой воздухоплотности конструкции здания относительно притока наружного воздуха;
- повышение до максимального технически возможного уровня термического сопротивления светопрозрачных ограждающих конструкций;
- создание системы вентиляции для подачи свежего воздуха, удаления отработанного воздуха, распределения тепла в помещении и организации регенерации тепла вентиляционного воздуха.

Одним из условий комфортного проживания в жарком климате Узбекистана является наличие кондиционера. В 2020 году обеспеченность ими на 100 домохозяйств составила 40⁸. В стране потребление электроэнергии на нужды кондиционирования, по оценкам ЦЭНЭФ (Центр по эффективному использованию энергии, www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf), составило в среднем 236 кВтч/домохозяйство в год. Расход электроэнергии на нужды кондиционирования в 2020 году составил 2093 млн. кВтч в год⁸. Расход электроэнергии на эти цели зависит от числа градус-суток периода охлаждения.

В таблице 8 приведены данные об обеспечении населения холодильниками и кондиционерами (на 100 домохозяйств, на основе выборочных обследований домохозяйств, штук). В таблице также отражено годовое потребление электроэнергии холодильников и кондиционеров домохозяйствами за период 2016–2020 гг.

В Узбекистане средний новый холодильник потребляет примерно 261 кВт•час

¹³ Энергоэффективность в зданиях: скрытый ресурс устойчивого развития Узбекистана. ПРООН, Ташкент, 2014

в год. Потребление электроэнергии холодильниками и морозильниками в 2020 году достигло 2477 млн. кВт·ч⁸.

Таблица 8. Обеспечение населения Узбекистана холодильниками и кондиционерами

Номенклатура продукции	2016 г.	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Холодильники на 100 домохозяйств, шт.	102	101	103	106	107
Кондиционеры на 100 домохозяйств, шт.	34	34	35	39	40
Количество домохозяйств	6 143 500	6 317 600	6 565 800	6 742 400	8 871 412
Количество холодильников, шт.	6 266 370	6 380 776	6 762 774	7 146 944	9 492 411
Потребление электроэнергии населением для холодильников (млн. кВтч в год)	1 636	1 665	1 765	1 865	2 477
Количество кондиционеров, штук	2 088 790	2 147 984	2 298 030	2 629 536	3 548 565
Потребление населением электроэнергии на нужды кондиционирования (млн кВтч в год)	1 232	1 267	1 356	1 551	2 093

В основном потребление электрической энергии оборудованием зависит от следующих факторов:

- общая площадь рабочего помещения;
- производительность устройства;
- разница температуры в помещении и за его пределами.

Мощность, потраченная на работу для поддержания желаемой температуры в помещении здания, относится к главным показателям производительности работы кондиционера и определяется притоками тепла с окон, потолка, стен или бытовой техники.

Высокая производительность кондиционера достигается только при закрытых проемах (окнах или дверях). Приток воздуха с оконного проема не нормируется должным образом, поэтому тяжело правильно подсчитать мощность кондиционера.

Следует отметить, что все вышеперечисленные расчёты являются приблизительными и вычислены сугубо для климатических агрегатов со значением производительности равной 12000 БТЕ/час. Спрогнозировать точный расход электроэнергии очень трудно. Потребление техникой энергоресурсов зависит от холода или жары за окном, режима и времени работы, типа системы, размера помещения и ещё многих факторов, способных влиять на функционирование кондиционера.

Продвижение и внедрение современных нетрадиционных, в частности, абсорбционных холодильных установок, на предприятиях, имеющих тепловые выбросы, чрезвычайно актуальны. Абсорбционные холодильники имеют более низкий коэффициент ЭЭ и более низкую холодопроизводительность по сравнению с парокомпрессионными. Однако они позволяют производить холод за счёт прямого сжигания топлива или другого источника тепла необходимой температуры.

Анализ полученных ранее данных показал, что в определённых условиях абсорбционные преобразователи теплоты различных схем могут быть использованы для создания энергосберегающих систем ¹⁴.

Особая роль в применении новых энергосберегающих технологий отведена предприятиям энергетики и теплоснабжения. Применение абсорбционных холодильных установок, использующих в качестве внешней энергии тепловые сбросы объектов энергоснабжения, позволяет повысить степень термодинамического совершенства систем преобразования энергии.

В настоящее время нет конкретной информации о степени внедрения в Республике Узбекистан современных абсорбционных холодильных установок как для модернизации существующих, так и для новых промышленных предприятий, имеющих тепловые сбросы. Однако желательно напомнить заинтересованным сторонам, что основные преимущества таких установок – сокращение эксплуатационных расходов за счёт снижения потребления относительно дорогостоящей электроэнергии и использования сбросных потоков тепла, а также экологическая безопасность за счёт отказа от использования хладагентов на основе хлорфторуглерода и гидрохлорфторуглерода.

¹⁴ К.Ф. Каримов и др. Анализ конструкций и эффективность абсорбционных холодильных машин: <https://www.researchgate.net/publication, 2019>

ГЛАВА 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И СНИЖЕНИЯ УГЛЕРОДОЕМКОСТИ В СЕКТОРЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА

2.1. Тематические исследования и лучшие практики, применяемые в Узбекистане

В данном разделе главы представлены некоторые совместные разработки, софинансированные ПРООН и заинтересованными сторонами, в области холодильной техники и кондиционирования воздуха.

Улучшение компонентов или конструкции оборудования для повышения его энергоэффективности, как правило, увеличивает затраты на производство из-за дорогостоящих материалов или более сложного производства. Однако потребление энергии обычно составляет около 80% расходов в течение всего жизненного цикла (покупка и эксплуатация), поэтому потребители могут получить существенную общую экономию благодаря повышенной эффективности, даже если расходы на оборудование увеличиваются. Более того, увеличение производственных затрат на оборудование высокой эффективности не обязательно приводит к увеличению розничной цены для потребителя.

Зарубежные исследования показали, что со временем цены, скорректированные с учетом инфляции, значительно снижаются, несмотря на краткосрочные небольшие последствия новых стандартов. Ученые объясняют такое снижение цен частичной экономией на количестве, технологическом обучении и инновациях.

В Республиканском научном центре экстренной медицинской помощи (РНЦЭМП) в 2017 году был реализован проект “Замена устаревшего чиллера централизованной системы кондиционирования воздуха РНЦЭМП, работающего на озоноразрушающем хладагенте ГХФУ 22, на чиллер, работающий на природном хладагенте аммиак (R717)”.

В период подготовки проекта было установлено следующее:

1. Общая холодопроизводительность чиллера, работающего на ГХФУ 22 (R22), составляла 1710 кВт при температуре холодной воды на выходе +6 °С и температуры охлаждающей воды на выходе из конденсатора +35 °С.

2. Холодильная станция включала два чиллера «*Climaveneta 3000*» на базе полугерметичных компрессоров марки *D8DJ-600x* «*Copeland*» с объемной производительностью 181 м³/час (Рис. 8).



Рисунок 8. Общий вид устаревшего чиллера, работающего на R22

В каждом чиллере установлено по шесть полугерметичных компрессоров. На тот период из указанных двух чиллеров в рабочем состоянии был только один, и то – на 70%, так как из шести компрессоров исправно функционировали только четыре. В связи с этим холодильная станция не справлялась в летний период с тепловой нагрузкой, что приводило к повышению температуры воздуха в больничных корпусах.

В целях демонстрации альтернативных технологий и технических решений была рассмотрена возможность замены чиллеров, работающих на ГХФУ 22, на чиллеры аналогичной холодопроизводительности, работающие на аммиаке (R717) – озонобезопасном хладагенте. Было закуплено два чиллера **ChillPAC 112L** от **SABROE** (рис. 9). В настоящее время Датская компания Sabroe входит в состав концерна Johnson Controls.



Рисунок 9. Общий вид нового чиллера, работающего на R717

Новые чиллеры, общей холодопроизводительностью 1756 кВт и работающие на экологически чистом хладагенте R717, по своим термодинамическим свойствам заметно превосходят R22. При эксплуатации компрессоров с одинаковым объемом,

описываемым поршнем, холодопроизводительность компрессора, работающего на R717, будет заметно больше, чем у компрессора на R22. Соответственно, COP у установки на R717 выше, чем у установки, работающей на R22. Результаты сравнительного анализа приведены в главе 2.2.

Аммиак – экологический чистый хладагент – был открыт более двух веков назад и благодаря своим уникальным свойствам уже 150 лет используется в качестве холодильного агента. Его озоноразрушающий потенциал (ODP) и потенциал глобального потепления (GWP) равны нулю. Аммиак – природный, доступный и дешёвый хладагент – обладает лучшими, по сравнению с известными хладагентами, термодинамическими свойствами, обеспечивающими энергоэффективность использования холодильных систем, работающих на нем. Характерный неприятный запах аммиака скорее представляется преимуществом, чем недостатком – он позволяет обнаружить даже сверхмалые утечки (от 3 мг/м³). Производство аммиака организовано на предприятиях химической промышленности в городах Чирчик, Фергана и Навои Республики Узбекистан. Это еще один серьезный аргумент в пользу расширения его использования в качестве хладагента в нашей стране.

К недостаткам аммиака как хладагента следует отнести его токсичность и воспламеняемость, требующие соблюдения определенных мер безопасности. По этой причине его применение ограничивалось исключительно промышленным сектором.

Данный проект имеет и социально-экономический эффект. В РНЦЭМП в течение года получают экстренную медицинскую помощь порядка 45–50 тысяч больных, из которых более 60% женщин. Создание для них и для персонала (3000 штатных единиц, из которых 1900 женщин) комфортных условий при работе энергетически эффективной холодильной установки имеет не последнее значение, особенно в жаркий период года, который длится в Ташкента не менее шести месяцев.

Демонстрация данного чиллера, работающего на энергетически выгодном и экологически чистом хладагенте, должна повлиять на выбор предпринимателей при принятии решений по строительству новых климатических и холодильных систем.

Ещё одним немаловажным шагом в продвижении “зеленых” технологий является перевод малых холодильных систем (бытового и торгово-коммерческого холодильного оборудования) с ГХФУ и ГФУ на натуральные хладагенты. По данным предварительных опросов, в Узбекистане имеются несколько десятков предприятий, выпускающих бытовое и торгово-коммерческое холодильное оборудование. Одним из таких предприятий является ООО “Xiva Maishiy Texnika” в Хивинском районе Хорезмской области, где налажен выпуск морозильников и витрин. Ранее агрегаты этих установок работали на ХФУ ГФУ и ГХФУ хладагентах.



Рисунок 10. Продукция ООО “Хива Маишиё Техника”

При поддержке ПРООН выполнен демонстрационный проект “Замена производственной коммерческой малосерийной холодильной линии с использованием ГХФУ на технологию с нулевым ОРВ и с низким ПГП, работающую на природных хладагентах – пропане (R290) и/или изобутане (R600a)”.

В настоящее время разработаны холодильные агрегаты с компонентами, функционирующими на экологически чистых хладагентах.

Усовершенствование знаний в сфере технологий монтажа и обслуживания холодильного и климатического оборудования, способствующих уменьшению утечек хладагента, также будет содействовать повышению энергоэффективности, экологической безопасности установок и снижать стоимость эксплуатации за счет того, что владелец оборудования реже будет обращаться в сервисные центры.

Институциональное укрепление и деятельность по наращиванию научного потенциала традиционно включали обучение техников в секторе обслуживания, тренинги региональных сетей и кампании по повышению информированности общественности, для того чтобы направить выбор потребителей на экологически чистую продукцию. Такая деятельность в области энергоэффективности гармонично дополняет другие программы и мероприятия.

Ташкентский государственный технический университет (ТашГТУ) является крупнейшим техническим учебным заведением страны, выпускающим специалистов различных направлений. На кафедре «Холодильная и криогенная

техника» ТашГТУ обучаются 350 студентов бакалавриата (из них 11 девушек) по специальности **Технологические машины и оборудование (Холодильное машиностроение)** и 10 студентов (в том числе 1 девушка) – в магистратуре по специальности **Машины и агрегаты холодильной, криогенной техники и систем кондиционирования воздуха**¹⁵. С 2000 года кафедра, тесно сотрудничая с ПРООН, увеличивает свой научно-исследовательский потенциал в области повышения энергоэффективности холодильных систем.

Помимо выпуска бакалавров и магистров, кафедра ведет работы по повышению квалификации специалистов холодильной и климатической техники. Для этих целей здесь функционирует специальный учебный центр (рис. 11).



Рисунок 11. Учебный центр по повышению квалификации специалистов холодильной и климатической техники при ТашГТУ

В 2017 году центр при финансовой помощи ПРООН обновил свою техническую базу. Были приобретены специальные инструменты для монтажа, ремонта и обслуживания холодильной техники (рис. 12).

¹⁵ <http://tdtu.uz/kafedry>



Рисунок 12. Специальное оборудование для обслуживания холодильной техники

В зарубежной научно-технической, патентной и рекламной литературе последних лет резко увеличилось количество публикаций по вопросу снижения расхода электроэнергии и топлива в процессах тепло- холодоснабжения жилых и административно-хозяйственных зданий, а также в промышленных и сельскохозяйственных технологических процессах путем использования теплонасосных установок (ТНУ).

Применение ТНУ наиболее эффективно в системах горячего водоснабжения и отопления жилых и административно хозяйственных помещений, которые не подключены к ТЭЦ, находятся вдали от газовых магистралей и в районах с низкой плотностью застройки. Применения ТНУ для горячего водоснабжения и отопления сдерживалось конкуренцией со стороны менее дорогих газовых и мазутных котельных до тех пор, пока не повысились цены на жидкое и газообразное топливо.

Резкое повышение цен на нефть и газ и непрерывное опережение их темпов роста по сравнению с темпами роста цен на электроэнергию требуют проведения работ по дальнейшему совершенствованию ТНУ для систем горячего водоснабжения, отопления, кондиционирования воздуха, а также по технико-экономическому обоснованию целесообразности их использования.

Кроме того, применение ТНУ вместо местных котлов, работающих на газовом или мазутном топливе, не загрязняет окружающую среду жилых районов продуктами сгорания топлива и снижает глобальный уровень теплового загрязнения, что является немаловажным аргументом в их пользу. Достигнутые в мире успехи в области холодильного машиностроения являются базой для создания более совершенных тепловых насосов. В результате промышленность ведущих стран, производящих тепловые насосы, в последнее время переживает бурный рост.

Как известно, для работы ТНУ требуются не только затраты энергии на привод, но и энергия дополнительных источников теплоты, температурный уровень которых не позволяет их использовать обычным способом, т. е. температура которых ниже 40 °С. К таким источникам теплоты относятся отработанная теплота и энергия окружающего пространства.

Источниками энергии из окружающего пространства служат грунт, грунтовые и поверхностные воды, энергия солнца и воздуха. Нижним пределом использования водных источников является температура замерзания воды, а для воздуха – температура образования инея на поверхности воздухоохладителя (приемника теплоты).

Проведение оценки энергоэффективности использования новых рабочих тел в существующем и разрабатываемом холодильном и теплонасосном оборудовании, а также освоение новых технологий с использованием озонобезопасных хладагентов возможно на основе информации о термодинамических свойствах этих веществ. Наиболее надёжным средством получения такой информации является **эксперимент**.

Преследуя эти цели, в рамках проекта ПРООН/ГЭФ «Первоначальное выполнение ускоренного сокращения использования ГХФУ в регионе стран с переходной экономикой – Узбекистан» учебный центр ТашГТУ получил тепловой насос «воздух-вода» на CO₂ (рис. 13) и сплит-кондиционер (рис. 14), работающие на экологически чистых хладагентах.

В настоящее время предпочтительными альтернативными хладагентами для холодильных и теплонасосных установок являются природные – пропан, изобутан и другие углеводороды, аммиак. Двуокись углерода (CO₂) широко используется в качестве хладагента в тепловых насосах.



Рисунок 13. Тепловой насос «воздух-вода», работающий на экологически чистом хладагенте CO₂ (R744)

Углекислый газ (CO₂ (R-744)) как природный хладагент – одна из наиболее перспективных альтернатив существующим сегодня хладагентам. Он не воспламеняется, не разрушает озоновый слой (ОПС=0), имеет низкий потенциал глобального потепления (ПГП=1).

Профессорско-преподавательский состав и магистранты кафедры «Холодильная и криогенная техника» разработали специальный стенд на основе данного теплового насоса и провели научные исследования для сравнения и определения энергоэффективности. Результаты этих исследований описаны в разделе 2.2 настоящей главы.

Также было осуществлено преобразование стенда в отопительно-охладительную установку. В тёплый период такая установка может работать в режиме кондиционирования с единовременным нагревом воды для горячего водоснабжения.



Рисунок 14. Сплит кондиционер на природном хладагенте пропан (R290)

В настоящее время на кафедре «Холодильная и криогенная техника» ведутся работы по созданию лабораторных установок для испытания сплит-кондиционеров, работающих на R22, R410A, R32 и R290. После завершения монтажных работ планируется выполнить научно-исследовательскую работу (на соискание ученой степени PhD), одной из целей которой будет определение экономической выгоды от применения натуральных хладагентов в кондиционерах.

Повышение экономического потенциала в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха косвенно зависит от знаний обслуживающего персонала этих установок. Эффективность профессионального и экономического обучения кадров измеряется сопоставлением его результатов с затратами на него, которые по своему характеру являются предварительными и единовременными расходами, производимыми до того времени, когда проявится результативность обучения.

Эти затраты приходятся на:

- создание и использование учебно-материальной базы для обучения кадров;
- разработку и изготовление учебно-методического оснащения учебного процесса;
- исследование, совершенствование и поиск новых форм и методов профессионального и экономического обучения;
- покрытие расходов учебных заведений государственной и отраслевой системы обучения кадров и оплату труда работников, привлекаемых к учебно-педагогической деятельности на производстве.

Расчет экономической эффективности осуществляется на основе сопоставления технико-экономических показателей производственной деятельности специалистов до и после обучения.

В настоящее время в Узбекистане ведутся активные работы по обучению, переквалификации и повышению квалификации технических специалистов в области холодильной и климатической техники. В 2021 году совместно с Министерством занятости и трудовых отношений Узбекистана открылись моноцентры обучения в городах Гулистан, Бухара и Фергана.

Для этих центров при поддержке ПРООН, помимо технического оснащения, разработаны учебно-методические комплексы на двух языках (русском и узбекском):

1. *«Учебный модуль (учебно-методический комплекс) по курсу переквалификации техников в сфере охлаждения и кондиционирования воздуха»*, Ташкент, 2020 г.;
2. *«Учебный модуль (учебно-методический комплекс) по курсу повышения квалификации работников сферы охлаждения и кондиционирования воздуха»*, Ташкент, 2020 г.;
3. *«Учебная программа для обучения тренеров учебных центров по переподготовке и повышению квалификации в области охлаждения и кондиционирования воздуха»*, Ташкент, 2021 г.

До открытия моноцентров тренинги проводились в учебном центре ТашГТУ, в специальных аудиториях и на предприятиях.



Рисунок 15. Прохождение обучения в учебном центре ТашГТУ

Особое внимание также уделяется обучению женщин по специальности ОКВ. В 2021 году проведены занятия в online- и offline-режимах специально для женщин и девушек.

Для них разработана специальная учебно-методическая программа на государственном языке – «Учебная программа по холодильной технике и кондиционированию воздуха для обучения женщин и девушек», Ташкент, 2021 г.

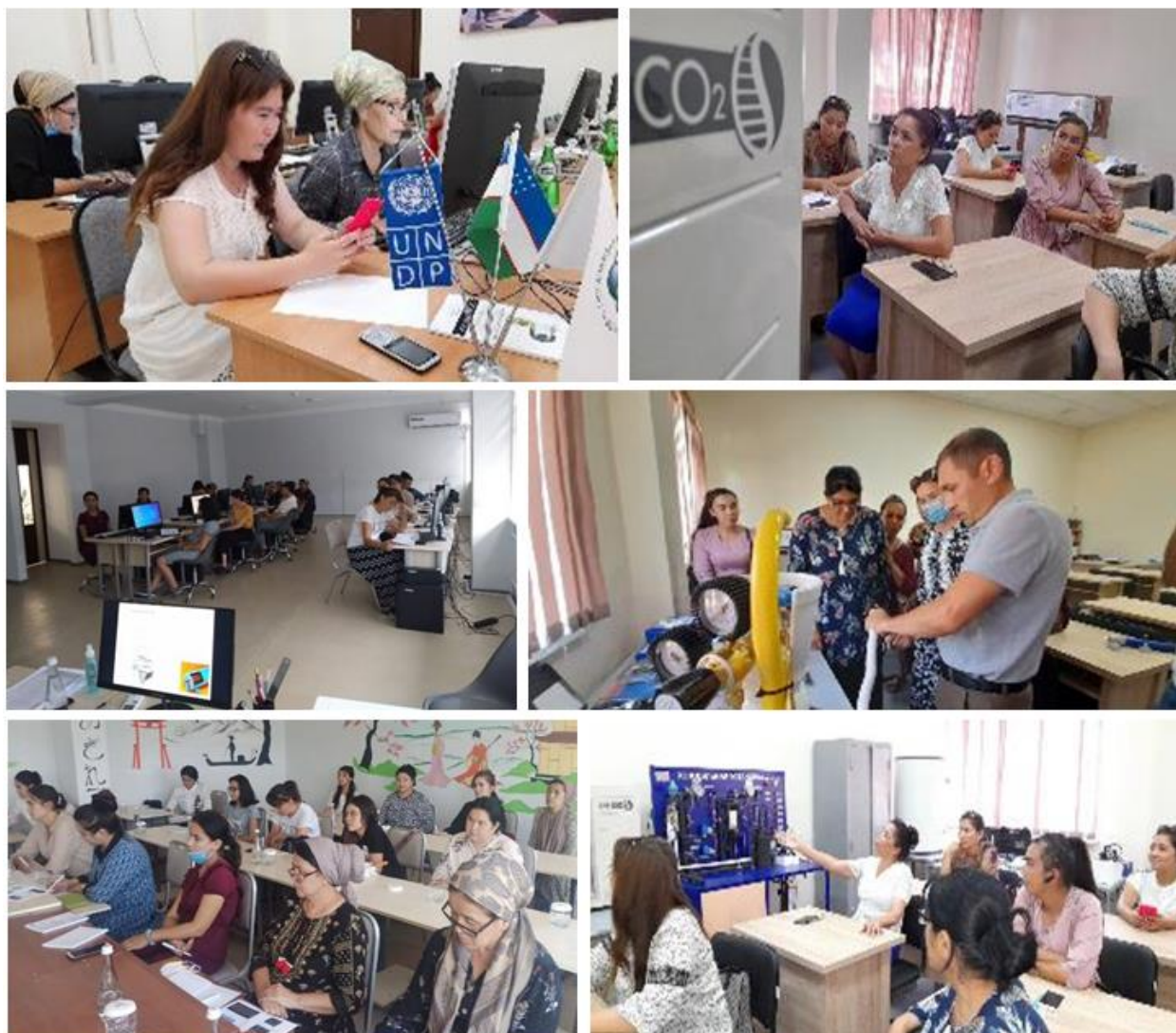


Рисунок 16. Трейнинги для женщин и девушек

2.2. Сравнение энергосберегающих, озонобезопасных технологий ОКВ с низким потенциалом глобального потепления

Задача сокращения расхода невозобновляемых энергетических ресурсов, связанная с решением как технико-экономических, так и возрастающих экологических проблем, становится всё более актуальной и для энергоёмкой холодильной техники.

Рассмотрим последовательные преобразования в цепи «тепловая электростанция – линии и оборудование электропередачи – холодильная установка». Если принять КПД электростанции 0,45, линии электропередачи – 0,9 и холодильной установки – 0,35 (т. е., среднее значение современного

оборудования), то 1 кВтч холода будет «стоять» примерно 7 кВтч. Это означает, что киловатт в разных местах энергетической цепочки далеко не эквивалентен: экономия 1 кВтч на холодильной установке равносильна 7 кВтч, сэкономленных на электростанции.

Если учесть общую стоимость электроэнергии, включая и неэнергетические затраты, то неэквивалентность увеличится ещё. Отсюда следует, что даже сравнительно небольшая экономия электроэнергии в холодильной технике чрезвычайно эффективна. Основными направлениями энерго- и ресурсосбережения в холодильной технике являются совершенствование процессов и конструкции оборудования, применение эффективных теплообменных аппаратов и хладагентов.

Для проведения исследований чиллеров, работающих на различных хладагентах, в РНЦЭМП были использованы эксплуатационно-технические данные заводского испытания. В качестве расчетных режимов работы были взяты следующие параметры:

- среднесуточный коэффициент рабочего времени (от 0,25 до 0,38);
- рабочие дни в году (от 125 до 150);
- температура охлажденной воды на выходе из чиллера: +6 °С;
- перепад температур охлаждаемой воды: 5 °С;
- температура конденсации хладагентов: +40 °С;
- температура хладагента на выходе из конденсатора: +38 °С.

Аналитические исследования чиллеров на ГХФУ22 и R717 дали следующие результаты:

а) коэффициент энергоэффективности по холоду чиллера на R22 составил $COP_{R22}=3,62$; а для чиллера, работающего на аммиаке – $COP_{R717}=5,49$, что означает уменьшение удельного расхода потребляемой энергии на выработку холода в 1,5 раза;

б) отрицательная разница годового потребления электроэнергии за счет применения нового чиллера составила от 91400 до 109670 кВт·час, в зависимости от среднелетней температуры окружающего воздуха.

Проект *“Замена устаревшего чиллера централизованной системы кондиционирования воздуха РНЦЭМП, работающего на озоноразрушающем хладагенте ГХФУ 22, на чиллер, работающий на природном хладагенте аммиак (R717)”* дал возможность **сэкономить электроэнергию в размере 100000 кВтч/год.**

Как описывалось в главе 2.1, на предприятии ООО “Хива Маиший Техника” в Хивинском районе Хорезмской области налажен выпуск морозильников и витрин на экологически чистых хладагентах.

Для определения эффективности были сформулированы параметры работы и проанализированы результаты исследования морозильников и витрин,

работающих на ГХФУ, ГФУ и природных хладагентах. Снятие параметров производилось в одинаковых условиях работы исследуемых объектов.

В качестве сравнительного параметра был взят расход электроэнергии и COP холода каждой установки. Результаты исследования приведены в таблице 9.

Таблица 9. Результаты исследования морозильников и холодильных витрин на предприятии ООО "Xiva Maishiy Texnika"

№	Название установки	Хлад-агент	Режим работы	Электрическая мощность агрегата, Вт	COP охлаждения
1	Морозильник	ГФУ 134а (R 134а)	Номинальное (хранение замороженных продуктов)	139	0,72
2	Морозильник	Изобутан (R 600а)	Номинальное (хранение замороженных продуктов)	115	1,15
3	Витрина	ГХФУ 22 (R 22)	Номинальное (хранение охлажденных продуктов)	807	1,53
4	Витрина	ГФУ 404А (R 404А)	Номинальное (хранение охлажденных продуктов)	825	1,49
5	Витрина	Пропан (R 290)	Номинальное (хранение охлажденных продуктов)	710	1,74

Исследования дали следующие результаты:

- Морозильники, оснащенные холодильными агрегатами на R134а, потребляют на 17% больше электрической энергии, чем агрегаты на R600а. COP установки на R600а – на 37% больше, чем на R134а;
- До использования натурального хладагента в витринах была произведена частичная замена ГХФУ22 на ГФУ404А, что привело к увеличению расхода электроэнергии на 2,2% и уменьшению ЭЭ на 2,68%. Из этого следует, что *для климата Узбекистана замена R22 на R404А не даёт экономическую выгоду*;
- Витрины, агрегаты которых работали на R404А, были заменены на агрегаты на пропане. Холодопроизводительность этих витрин в номинальном режиме составила 1,227-1,231 кВт. Как видно из таблицы, электрическая мощность новых образцов на 14% меньше, что способствовало повышению энергоэффективности 1,17 раза. Если бы изначально производилась замена R22 на R290, то можно было бы сэкономить 12% электроэнергии.

Если предположить, что данная практика будет применяться при

производстве 500 штук морозильников и 500 штук холодильных витрин, заменяя ГФУ на природные хладагенты, то **экономическая выгода от эксплуатации составит 104 250 кВтч в год.**

Для сопоставления эффективности ТН и традиционных генераторов теплоты, например, котельных, рекомендуется применять более обобщённый критерий – коэффициент использования первичной энергии « K ». Базой для сравнения служит первичная энергия. Под первичной энергией понимается энергия первичных энергоносителей. Коэффициент использования первичной энергии находят как отношение полезной энергии к подведённой первичной энергии. Полезной является энергия, которая поступает в распоряжение потребителя после последнего технического преобразования и используется для технологических нужд.

Под подведённой первичной энергией понимается теплотворная способность израсходованного топлива (для условного топлива – 29,3 ГДж/т.у.т).

Наименее эффективен с этой точки зрения прямой электрический обогрев $K_{эл} = 0,27-0,39$, так как на тепловой электростанции при выработке электроэнергии и ее транспортировке по сетям теряется 70% первичной энергии [15].

Теплоснабжение прямым сжиганием топлива в котельной приводит к потере 20% первичной энергии. Коэффициент использования первичной энергии примерно равен КПД котельной $K = 0,75-0,85$.

Тепловые насосы, в отличие от других систем теплоснабжения, могут обеспечить экономию первичной энергии, т. е. $K > 1$.

Коэффициент использования первичной энергии для ТН с электроприводом равен

$$K_{ТН} = COP * K_{эл} ,$$

где COP – коэффициент эффективности ТН, подробное описание которого приведено в разделе 1.1 данной работы;

$K_{эл}$ – коэффициент использования первичной энергии при выработке электроэнергии.

Таким образом, при $COP = 2,6$ эффективность ТН уравнивается с котельной.

В таблице 10 приведены сравнительные результаты расчетов годовых затрат на отопление дома разными системами. Тарифы энергоносителей указаны на 2021 год.

Таблица 10. Годовые затраты на отопление дома разными системами

Тип теплогенератора системы отопления	Теплота сгорания топлива	Годовая потребность	Цена энергоносителя	Стоимость энергоносителя, сум/м ²	Затраты для дома площадью 300 м ² , сум
Газовый котел	10,1 кВтч/м ³	19,9 м ³ /м ²	380 сум/м ³	7 562	2 268 600
Жидкотопливный котел (солярка)	10,2 кВтч/л	20,2 л/м ²	9665 сум/л	195 233	58 569 900
Электрический котел	-	191,5 кВт·ч/м ²	295 сум/кВтч	56 492,5	16 947 750
Тепловой насос	-	67 кВтч/м ²	295 сум/кВтч	19 765	5 929 500

В расчётах приняты: теплотери дома – 60 Вт/м², расход на горячую воду – 10%, длительность в году – 2900 ч, коэффициент энергоэффективности теплового насоса – COP=2,86.

Экономия топлива при сопоставлении теплоснабжения с помощью ТН с каким-либо альтернативным способом:

$$\Delta G = G_{ал} \left(1 - \frac{K_{ал}}{K_{ТН}} \right),$$

где $G_{ал}$ – расход топлива при альтернативном способе теплоснабжения в тоннах условного топлива (т.у.т.);

$K_{ал}, K_{ТН}$ – коэффициенты использования первичной энергии альтернативного способа и ТН.

С экономической точки зрения, применение ТН может быть оправдано в случае, если стоимость сэкономленной энергии (топлива) превышает увеличение неэлектрической части приведенных годовых затрат (капитальных затрат, затрат на обслуживание и ремонт), которые выше при применении ТН как более сложных и дорогих.

Для ТН доходная часть может быть оценена как:

$$\Delta Z = Z_{ал} \left(1 - \frac{\mathcal{E}_{эл} K_{ал}}{\mathcal{E}_T * COP} \right),$$

где $Z_{ал}$ – расходы на расходуемую энергию (топливо) при альтернативном способе теплоснабжения, сум;

$\mathcal{E}_{эл}$ – стоимость электроэнергии, сум/кВт*ч;

\mathcal{E}_T – стоимость топлива в пересчете на его теплотворную способность

сум/кВт*ч.

Экономия средств $\Delta Z > 0$ возможна лишь при условии:

$$1 > \frac{\mathcal{E}_{эл} K_{ал}}{\mathcal{E}_T * COP}.$$

Его выполнение в большей степени определено соотношением тарифов $\mathcal{E}_{эл}/\mathcal{E}_T$. Мировой опыт показывает, что приемлемый срок окупаемости электроприводных ТН (2,5-3,5 года) обеспечивается при $\mathcal{E}_{эл}/\mathcal{E}_T = 2,5$. В Германии и Швеции это соотношение составляет, соответственно, 2,2 и 1,3.

В Узбекистане в настоящее время данные соотношения находятся в постоянной динамике.

В городе Ташкенте стоимость 1 м³ природного газа составила 380 сум (по состоянию на 2021 г.), что в пересчете на его теплотворную способность эквивалентно 38 сум/кВтч. При этом электроэнергия отпускается населению по 295 сум/кВтч. Отсюда вытекает невыгодность на сегодняшний день использования электроприводных ТН, несмотря на значительную экономию первичной энергии по сравнению с котлом, работающим на природном газе.

В Узбекистане за последние 15 лет динамика роста цен на природный газ обгоняет динамику роста цен на электричество. Если в 2021 году использование ТН для дома площадью 300 м² было дороже 2,6 раза по сравнению с газовым котлом, то в 2006 году этот показатель был равен 7,43. Возможно, через несколько лет дальнейший рост тарифов на природный газ и электричество, а также повышение энергоэффективности ТН позволят увеличить объем эксплуатации теплонасосных установок. Использование теплонасосных отопительных установок является экономически оправданным решением для объектов, находящихся вдали от газовых магистралей.

Для систем на CO₂ характерна более высокая зависимость их эффективности от области применения и климатических условий, по сравнению с системами на других хладагентах. Снижение эффективности системы с увеличением температуры конденсации является отличительным признаком всех хладагентов, а CO₂ принадлежит к хладагентам, для которых это снижение наиболее заметно. Хорошие теплофизические свойства CO₂ в определенной степени компенсируют этот недостаток.

CO₂ характеризуется высокой энергоемкостью при повышенных температурах, и при возможности утилизации выделяющегося тепла для нагрева воды в системе хозяйственно-бытового водоснабжения или иных аналогичных целей общая эффективность становится очень высокой.

Для испытания теплового насоса на CO₂ был создан специальный стенд с системой измерения и обработки данных, разработанный на основе теплового насоса фирмы SANDEN, относящейся к экологической организации ERP (Франция). Вся система теплового насоса фирмы SANDEN соответствует

Европейской директиве 2002/95/CE относительно ограничения использования некоторых опасных веществ в электронном оборудовании и электронике.

Установка представляет собой одноступенчатую машину, работающую на углекислом газе – CO₂ (R744), с системами подачи воды в газоохладитель и воздуха в испаритель.

Испытание стенда производилось при различных температурах окружающей среды. Опытные данные обрабатывались, и были определены такие показатели, как: зависимость теплопроизводительности Q_T и электрической мощности компрессора $N_{эл}$, COP, удельный расход электроэнергии и термодинамический КПД в зависимости от температуры наружного воздуха при температурах поступающей воды 10 °C, 30 °C и 45 °C.

При изменении температуры окружающего воздуха от -14 °C до +21 °C теплопроизводительность установки повышается. В зоне отрицательных значений температур воздуха рост теплопроизводительности был намного интенсивнее, чем в зоне плюсовых температур.

При изменении температуры окружающего воздуха от -14 °C до +21 °C электрическая мощность установки понижается. При температуре воды на входе 45 °C были высокие значения потребления энергии, а при температуре воды 10 °C наблюдались относительно низкие значения потребления энергии.

Как и теплопроизводительность, при изменении температуры окружающего воздуха от -14 °C до +21 °C COP установки повышается. Наилучший результат значения COP был при работе установки на более холодной воде (10 °C) – 4,5, что на 55% больше, чем при работе на воде температуры 45 °C.

Удельный расход электроэнергии установки – a – уменьшался с увеличением температуры окружающего воздуха. В области отрицательных температур, a имеет более высокие значения, чем при плюсовых температурах.

Затраты (удельные) при температуре воды 10 °C были в среднем на 48–59% меньше, чем при использовании воды с температурой 45 °C. А при поступлении воды в установку с температурой 30 °C затраты на 4,8–14% больше, чем при 10 °C.

Температурная область максимальных значений термодинамического КПД приходится на интервал -5 – +7 °C при всех температурах воды, поступающей в газоохладитель установки.

Абсолютно высокие КПД наблюдались при поступлении воды с температурой 30 °C. Кроме того, именно в этом случае присутствовал более широкий температурный интервал (-10 – +12 °C), где значение КПД превышало 40%.

В режиме до температуры воздуха +10 °C установка при работе с водой $t_w=45$ °C уступала рабочему режиму $t_w=10$ °C. После этой температуры КПД стал выше.

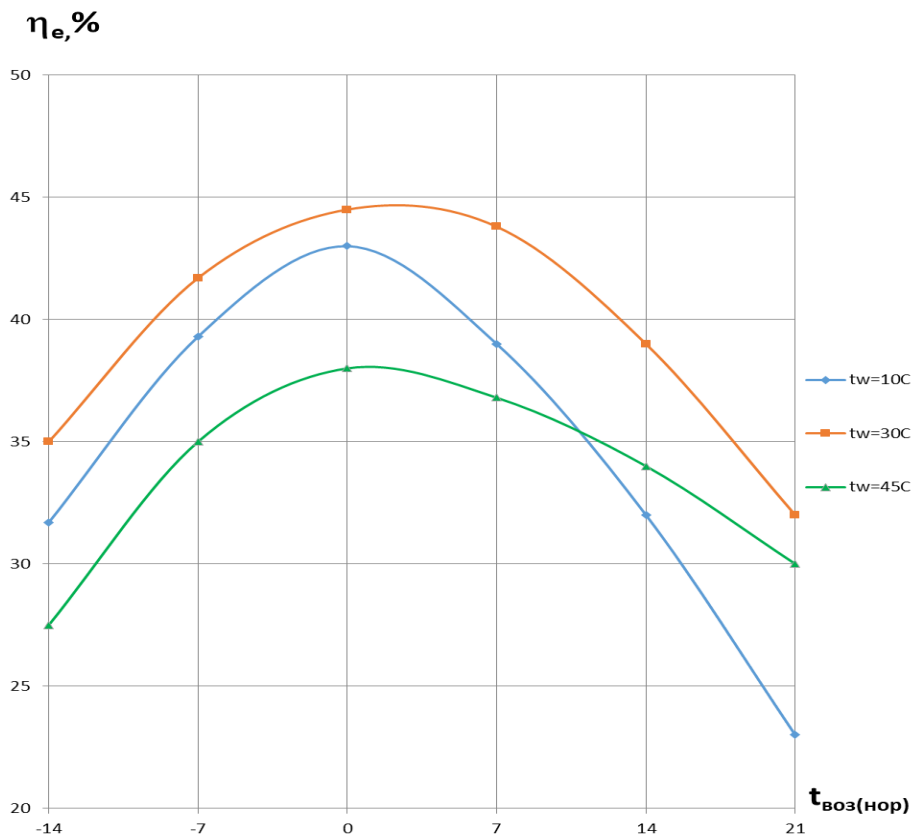
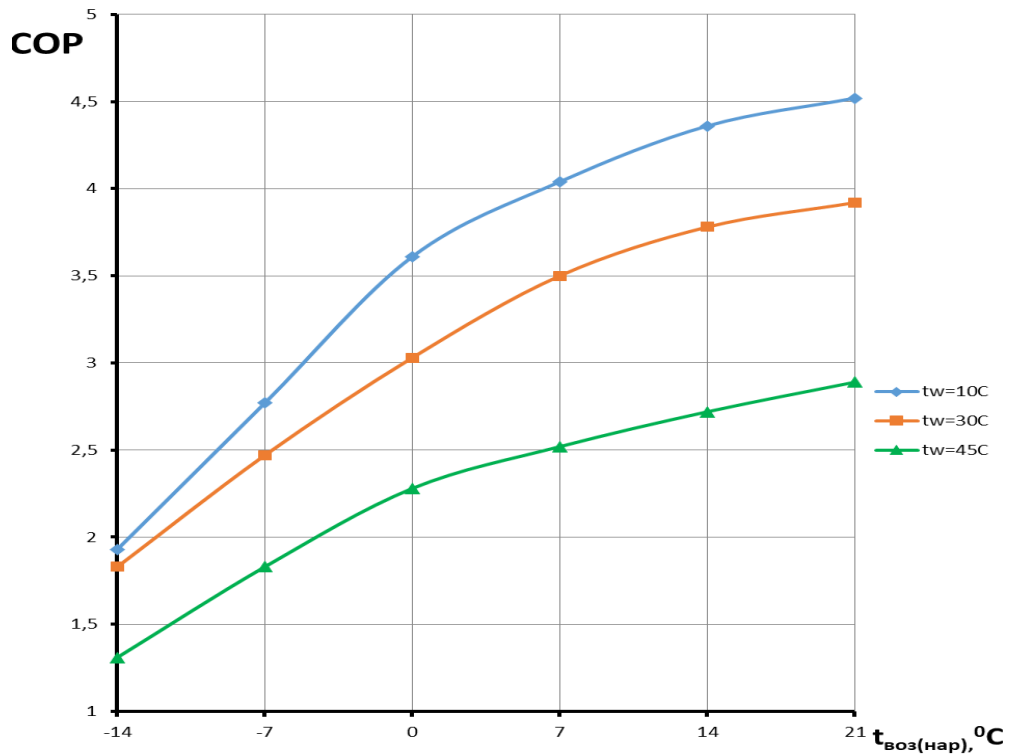


Рисунок 17. Зависимость COP и термодинамического КПД установки от температуры наружного воздуха при фиксированных температурах входящей воды t_w

В теплое и жаркое время года на этом стенде была применена практика полезного использования воздуха внутри помещения в качестве низкопотенциального источника. В этом случае установка одновременно

использовалась как кондиционер и тепловой насос, производя холод и тепло. Данная практика дала возможность **повысить COP комбинированного цикла в 1,5 раза и достичь значения 6 и более. В установке полученная экономия электрической энергии от внедрения этой практики составила 277 кВтч/год.**

Климатические условия Узбекистана требуют не только отопления жилых помещений в холодный период года, но и охлаждения в теплый период. При этом продолжительность охлаждающего периода составляет 4512 часов, а отопительного – 3144 часов. Поэтому следует отдавать предпочтение интегрированным отопительно-охлаждающим системам, обеспечивающим кондиционирование (охлаждение и осушение) воздуха в тёплый период года, отопление – в холодный, круглогодичное обеспечение горячей водой для бытовых нужд, с использованием возобновляемой энергии, теплоты удаляемого воздуха из помещений.

Теплонасосные системы теплоснабжения должны проектироваться для каждого конкретного объекта в зависимости от энергетических нагрузок, почвенно-климатических условий района строительства и стоимости энергоносителей. Использование теплоты окружающего воздуха и солнечной энергии в качестве единственных источников низкопотенциальной теплоты следует использовать в сочетании с другими, более стабильными источниками.

Выводы и рекомендации

В данном отчете представлены данные по потреблению электроэнергии в Республике Узбекистан по областям за период 2016–2020 гг. Большая часть потребляемой электроэнергии приходится на промышленность, население и сельское хозяйство. В 2020 году расход электрической энергии на производство бытовых холодильников и кондиционеров составил 9 950 000 и 9 702 000 кВтч, соответственно.

В Узбекистане к 2020 году количество домохозяйств увеличилось до 8 871 412⁸. Потребление электроэнергии холодильниками и морозильниками в этих домохозяйствах достигло **2 477 млн. кВтч, что составляет 3,71% от всей выработанной электроэнергии в этом году**. В Узбекистане потребление электроэнергии на нужды кондиционирования, по оценкам Центра по эффективному использованию энергии, составило в среднем 236 кВтч/домохозяйств в год. Расход электроэнергии на нужды кондиционирования в 2020 году – **2 093 млн. кВтч в год (3,15% от всей выработанной электроэнергии в 2020 году)**.

Эффективное продвижение и информационные кампании играют важную роль в стимулировании потребителей приобретать бытовые приборы с высоким классом энергоэффективности.

В настоящее время в Узбекистане бытовые холодильники выпускаются на экологически чистом хладагенте R600a (изобутан), а бытовые и промышленные кондиционеры – на ГФУ хладагентах. Для хладоснабжения центральных кондиционеров и фанкойлов (вентиляторных радиаторов) также налажен выпуск чиллеров на ГФУ 410A.

Поэтапное сокращение потребления ГХФУ и ГФУ в производстве холодильного и климатического оборудования может способствовать значительному повышению энергоэффективности. Реализация двух совместных с ПРООН/ГЭФ демонстрационных проектов по замене хладагентов (в РНЦЭМП и ООО "Xiva Maishiy Texnika") привела к экономии потребляемой электрической энергии на **204 250 кВтч в год**.

В 2019 году в Узбекистане действовало более 1165 больниц¹⁶. В период пандемии их число выросло. Если предположить, что в 10% этих учреждений будет применена такая же практика, как в РНЦЭМП, то годовой экономический эффект составит **12 млн. кВтч**. Предварительные расчеты показали, что применение практики ООО "Xiva Maishiy Texnika" по всей Республике может обеспечить экономическую выгоду в **1,5 млн. кВтч/год**. **Суммарный экономический эффект – 13,5 млн. кВтч/год, что составляет 0,022% от годовой выработки электроэнергии Узбекистана. Это означает сокращение выбросов диоксида углерода к 2030 году (с учетом возможных небольших годовых утечек) более чем на 66 000 тонн.** Необходимо подчеркнуть, что в эти

¹⁶ <https://www.rbasia.uz/zdravohranenie-sektor-uzbekistan>. – Обзор рынка здравоохранения Узбекистана

расчеты не включены все социальные объекты Узбекистана, использующие ГХФУ и ГФУ хладагенты.

Заинтересованные стороны, в том числе Министерство здравоохранения, производители электротехнического оборудования, должны стремиться к поэтапной замене существующего и приобретению нового холодильного и климатического оборудования на природных хладагентах. Внедряя энергоэффективность в процесс замены хладагента, Узбекистан может сократить расходы на импорт и потребление топлива, местные производители – повысить свою конкурентоспособность и расширить свои рынки, а потребители – сэкономить деньги на оплату электроэнергии и потратить эти сбережения на местном уровне. Кроме того, заметно снизится уровень загрязнения воздуха.

Усовершенствованные методы монтажа и обслуживания оборудования, уменьшающие утечки хладагента, также будут способствовать повышению энергоэффективности установок и снижать стоимость эксплуатации за счет того, что владельцы станут меньше обращаться в сервисные центры.

Новое оборудование на природных хладагентах не только позволяет сократить потребление электроэнергии. Утечки хладагента в оборудовании, происходящие во время монтажа, эксплуатации и ремонта, также приводят к выбросу в атмосферу **CO₂**, тогда как вещества ГФУ, используемые в новом оборудовании, имеют высокие показатели ПГП, превышающие в 1000 раз ПГП природных хладагентов.

Исходя из статических данных по производимому и импортируемому оборудованию ОКВ (бытовые холодильники, сплит-кондиционеры и чиллеры), было установлено, что переход с ГФУ на натуральные хладагенты даёт стране возможность сокращения выбросов в объеме **12 554,44 тонн углекислого газа в год**. Необходимо отметить, что эта цифра касается только 3-х видов оборудования ОКВ. Замена функционирующих установок на новые экологически безопасные, с учетом других видов ОКВ, поднимет данный **показатель на значительно более высокий уровень**.

Правительству Республики Узбекистан рекомендуется реализовать мероприятия, направленные на переход на производство оборудования ОКВ, использующего «зелёные» технологии, и оказывать финансовую поддержку (с привлечением негосударственных доноров) в сфере переоснащения предприятий.

Институциональное укрепление и деятельность по наращиванию потенциала традиционно включали обучение техников в секторе обслуживания, тренинги региональных сетей и кампании по повышению информированности общественности, стимулирующие выбор экологически чистой продукции потребителями. Такая деятельность в области энергоэффективности гармонично дополняет другие программы и мероприятия.

Анализ учебных программ как на уровне средне специального, так и высшего образования показал, что в таких программах отсутствуют темы по повышению ЭЭ и работе с натуральными хладагентами. В разработанных учебно-методических комплексах для учебных заведений Узбекистана присутствует ограниченная информация по безопасной работе с горючими хладагентами.

Министерству высшего и среднего специального образования совместно с Министерством занятости и трудовых отношений рекомендуется разработать учебные программы, нацеленные на изучение методов повышения ЭЭ в секторе ОКВ и работы с пожароопасными хладагентами. Стандартные учебные программы по ОКВ должны сфокусироваться на курсах и программах по энергоэффективности и модернизации холодильных и климатических систем.

Для усовершенствования учебных процессов в соответствующих образовательных заведениях необходимо разработать литературу на государственном языке. Целесообразно, чтобы эту задачу выполнил профессорско-преподавательский состав кафедры «Холодильная и криогенная техника» ТашГТУ.

Политика торговли и закупок также может использоваться для стимулирования импорта более эффективных товаров.

Чтобы предотвратить ввоз низко-энергоэффективных товаров и компонентов, Правительству Республики Узбекистан рекомендовано осуществлять активную национальную политику энергоэффективности в отношении импортированных новых, импортированных бывших в употреблении, утилизированных, отремонтированных, обновленных установок охлаждения и любых таких установок местного производства или местного бывшего в употреблении соответствующего оборудования.

При проектировании зданий и сооружений с применением энергосберегающих технологий, в том числе с применением тепловых насосов, использующих теплоту вторичных энергетических ресурсов и нетрадиционных источников энергии, необходимо рассматривать объект как единое целое. Теплонасосные системы теплоснабжения должны проектироваться для каждого конкретного объекта, в зависимости от энергетических нагрузок, почвенно-климатических условий района строительства и стоимости энергоносителей. Теплоту окружающего воздуха и солнечную энергию в качестве источников низкопотенциальной теплоты следует использовать в сочетании с другими, более стабильными источниками.

Академическим и научно-исследовательским учреждениям Республики Узбекистан рекомендовано расширить исследовательские работы по выявлению эффективности использования ТНУ в климатических условиях и с учетом тарифов на энергоносители Узбекистана.

Продвижение и внедрение современных нетрадиционных, в частности,

абсорбционных холодильных установок, на предприятиях, имеющих тепловые выбросы, чрезвычайно актуальны. Анализ выполненных ранее работ показал, что в определённых условиях абсорбционные преобразователи теплоты различных схем могут быть использованы для создания энергосберегающих систем.

Предприятиям сектора электроэнергетики и теплоснабжения необходимо рассмотреть возможность применения новых энергосберегающих технологий. Эксплуатация абсорбционных холодильных установок, использующих в качестве внешнего источника энергии тепловые сбросы объектов энергоснабжения, позволяет повысить степень термодинамического совершенства систем преобразования энергии и уменьшить тепловое загрязнение окружающей среды.

Одним из важных шагов для привлечения внимания и получения поддержки ключевых государственных ведомств является то, насколько полно представлены преимущества повышения энергоэффективности. Помимо технического обоснования повышения энергоэффективности и снижения выбросов парниковых газов, ответственных за принятие решений лиц интересуют базовые финансовые показатели, то есть, сколько денежных средств можно будет сэкономить.

Бюджетные организации, в том числе больницы, оплачивают свои счета за коммунальные услуги средствами, выделяемыми из государственного бюджета, разработанного Министерством экономического развития и сокращения бедности и Министерством финансов Республики Узбекистан. Благодаря экономии электроэнергии за счет внедрения эффективных мероприятий им будет выделяться меньшее годовое бюджетное финансирование, поскольку нет механизма использования сэкономленных финансовых средств для собственных нужд, что не стимулирует усилия по энергосбережению.

Возникновение стремления повысить энергоэффективность своих установок ОКВ для бюджетных организаций напрямую зависит от ощутимых финансовых выгод. Поэтому рекомендуется предоставлять финансовые стимулы, способные повысить заинтересованность в энергоэффективности. Министерство экономического развития и сокращения бедности и Министерство финансов Республики Узбекистан должны выступать как основные организации, ответственные за разработку и исполнение государственного бюджета. Целесообразно ознакомить ответственные министерства и ведомства с результатами и рекомендациями данного анализа, поскольку сбережение энергии обеспечит возможность использования соответствующих сэкономленных финансовых средств на другие приоритетные потребности, а также увеличит экспортный потенциал топливно-энергетических ресурсов и/или их внутреннее потребление.

Использованная литература

1. Энергоэффективность в России: скрытый ресурс – http://www.cenef.ru/file/FINAL_EE_report_rus.pdf
2. Анализ расхождений между Целями эффективности, изложенными в Рамочных руководящих принципах стандартов энергоэффективности в зданиях, и действующими стандартами энергоэффективности и их внедрением в странах Юго-Восточной и Восточной Европы, Кавказа, Центральной Азии и в Российской Федерации. Отчет в рамках проекта «Повышение национального потенциала по разработке и внедрению стандартов энергоэффективности для зданий в регионе ЕЭК ООН», 2021, – 173
3. Веб-сайт Организации Объединенных Наций. Факты и цифры – <https://www.un.org/ru/actnow/facts-and-figures>
4. Руководство по энергоэффективности холодильного оборудования, кондиционеров воздуха и тепловых насосов, Бишкек, Б.: 2018 – 43 с.
5. Сделайте выбор – <https://make-a-choice.ru/chto-takoe-klass-energopotrebleniya-holodilnika>
6. Государственный комитет Республики Узбекистан по статистике – <https://stat.uz/ru/ofitsialnaya-statistika/industry>
7. Министерство энергетики Республики Узбекистан – <https://minenergy.uz/ru/news/view/1063>
8. LEXUZ – <https://lex.uz/docs/4539506>
9. Новостной веб-сайт nuz.uz – <https://nuz.uz/ekonomika-i-finansy/1209242-energorastochitelnyj-uzbekistan.html>
10. Восстановление бытовой техники и энергосбережение – <https://web.mit.edu/eem/www/Publications/MITEI-1-a-2010.pdf>
11. Энергоэффективность в зданиях: скрытый ресурс устойчивого развития Узбекистана. ПРООН, Ташкент, 2014
12. К. Ф. Каримов и др. Анализ конструкций и эффективность абсорбционных холодильных машин – <https://www.researchgate.net/publication>, 2019
13. Бараненко А. В., Попов А. В., Тимофеевский Л. Энергосберегающие абсорбционные бромистолитиевые водоохлаждающие и водонагревательные преобразователи теплоты и инженерные системы//АВОК – северо-запад. 2001. №4
14. Веб-сайт Ташкентского Государственного технического университета – <http://tdtu.uz/kafedry>
15. Проект теплонасосной станции для утилизации теплоты оборотной воды на АПО «Узметкомбинат». Отчет по хоздоговору 10/08–2588/09-2008
16. Стоимость ведения бизнеса в Узбекистане 2021. МИиВТ РУз, PwC, USAID, ПРООН

17. IEA, Southeast Asia Energy Outlook 2019
18. Новостной веб-сайт review.uz – <https://review.uz/post/razvitie-elektrotexniki-itogi-i-perspektiv>
19. Разработка энергосберегающих термотрансформаторов, работающих на озонобезопасных хладагентах. Отчёт по НИР. № Гос. Рег. 01970005799, 1999 г.
20. Руководящие принципы типового регулирования Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) United For Efficiency (U4E), 2020
21. Обзор рынка здравоохранения Узбекистана – <https://www.rbasia.uz/zdravohranenie-sektor-uzbekistan>