

EDN: QHQVRA

УДК 621.316.003.13:37.07

## Increasing the Energy Saving Efficiency of an Isolated Object (By the Example of a Far Eastern Federal University Campus)

**Darina V. Stepan\***

*Far Eastern Federal University  
Vladivostok, Russian Federation*

Received 28.11.2023, received in revised form 13.01.2024, accepted 23.02.2024

**Abstract.** This paper proposes an ongoing measures aimed at increasing the energy efficiency of an isolated facility (using the example of the campus of the Far Eastern Federal University (hereinafter referred to as FEFU/University)), entailing financial costs to ensure quality and energy supply, solving productivity problems by using power, available equipment, and regulating the regime of thermal energy consumption, through limiting the circulation of coolant from third-party generation, in combination with the implementation of intelligent online supervision of the complex state of the FEFU energy sector as a whole, which ultimately leads to a significant difference in the cost of purchased thermal energy from third-party generation and the generated heat flow of FEFU's own capacities.

This paper attracts attention with the analytics and dynamics of implementation, options for further development of the effective application of energy saving policies.

The presented activities are a technical solution in the field of energy saving and increasing the energy efficiency of decentralized systems and this experience can be applied not only to existing facilities, but also, for example, in the federal project «Development of infrastructure for scientific research and training», within the framework of which – new innovative type of campuses are being developed and put into operation.

**Keywords:** energy efficiency, energy saving, energy resources, isolated object, thermal energy.

Citation: Stepan D. V. Increasing the energy saving efficiency of an isolated object (by the example of a far eastern federal university campus). J. Sib. Fed. Univ. Eng. & Technol., 2024, 17(2), 193–204. EDN: QHQVRA



# Повышение эффективности энергосбережения изолированного объекта (на примере кампуса Дальневосточного федерального университета)

Д. В. Стэпан

*Дальневосточный федеральный университет  
Российская Федерация, Владивосток*

**Аннотация.** В статье представлены реализуемые мероприятия, направленные на повышение эффективности энергосбережения изолированного объекта (на примере кампуса Дальневосточного федерального университета (ДВФУ)), влекущие сокращение финансовых затрат с поддержанием качественного и бесперебойного снабжения тепловой и электрической энергий путём задействования мощности имеющегося оборудования и регулирования режима потребления тепловой энергии через ограничение циркуляции теплоносителя от сторонней генерации в комбинации с осуществлением интеллектуального онлайн-надзора за комплексным состоянием энергохозяйства ДВФУ в целом, что в результате приводит к существенной разнице в стоимости покупаемой тепловой энергии от сторонней генерации и вырабатываемого теплового потока собственных мощностей ДВФУ.

Статья привлекает внимание аналитикой и динамикой реализации, вариантами дальнейшего развития эффективного применения политики энергосбережения.

Представленные мероприятия – это техническое решение в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности децентрализованных систем, и данный опыт может быть применен не только к существующим объектам, но и, например, в федеральном проекте «Развитие инфраструктуры для научных исследований и подготовки кадров», в рамках которого разрабатываются и вводятся в эксплуатацию кампусы нового инновационного типа.

**Ключевые слова:** энергетическая эффективность, энергосбережение, энергетические ресурсы, изолированный объект, тепловая энергия.

Цитирование: Стэпан Д. В. Повышение эффективности энергосбережения изолированного объекта (на примере кампуса Дальневосточного федерального университета) / Д. В. Стэпан // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии, 2024, 17(2). С. 193–204. EDN: QHQVRA

## Введение

Кампус ДВФУ имеет уникальное островное расположение, сконцентрированную активную группу потребителей энергоресурсов с динамично изменяемым и нераспределенным графиком потребления суммарно и в разрезе по типу объектов (гостиница, общежитие, административный корпус, медицинский центр). Объемы энергоснабжения университета сопоставимы с трудовым поселком аналогичной площади и численностью населения.

Изолированность объекта проявляется и в отсутствие централизованного теплоснабжения. Теплоноситель на нужды отопления, вентиляции и горячего водоснабжения (далее – ГВС) поставляется теплоснабжающей организацией АО «ДВЭУК-ГенерацияСети» от мини-ТЭЦ «Центральная» (далее – мини-ТЭЦ) по тепловой магистрали в двухтрубном исполнении протяженностью более 6 км и объемом 2,4 тыс. м<sup>3</sup>, по моносхеме.

И несмотря на оснащение мини-ТЭЦ современным теплоэнергетическим оборудованием, новейшими системами управления, высокой степенью автоматизации и на то, что для Дальне-

восточного федерального региона именно здесь применена впервые технология производства энергии на основе малой когенерации с использованием газотурбинных установок малой мощности в сочетании с утилизационными теплообменниками (традиционно здесь используется большая когенерация с использованием теплофикационных турбин на ТЭЦ) [1], ежегодное сравнение тарифов на тепловую энергию для объектов ДВФУ, расположенных на материковой части города Владивостока (теплоснабжающая организация ПАО «ДЭК») и на островной, отражает разницу в 1,4 раза больше для кампуса на о. Русский [2].

Изменение тарифа в 2023 г. по сравнению с 2022 г.: электроэнергия +33,0 %, тепловая энергия +8,1 %, водоснабжение +6,6 %, водоотведение +8,3 %, природный газ +8,6 %.

Учитывая, что затраты на энергетические ресурсы составляют существенную часть расходов университета, в условиях увеличения тарифов и стоимости на энергоносители их расточительное и неэффективное использование недопустимо.

Создание условий для повышения эффективности использования энергетических ресурсов становится одной из приоритетных задач развития университета: проведение энергетического обследования, составление перечня энергоэффективных мероприятий (далее – ЭЭМ) по энергосбережению и повышению энергетической эффективности инженерных систем с применением мирового и отечественного передового опыта, усовершенствование системы автоматизации и цифровой модели.

Обновленная технико-экономическая политика университета закрепила себя программой, утвержденной проректором по управлению кампусом ДВФУ, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности объектов кампуса ДВФУ от 29 марта 2021 г. (далее – Программа). Перечень ЭЭМ Программы и их задачи приведены в табл. 1.

### **Ключевое энергоэффективное мероприятие в теплоснабжении для изолированного объекта.**

#### **Предпосылки и сложности реализации**

Приоритетный вектор Программы взят на мероприятие частичного замещения тепловой энергии, получаемой от теплоносителя (вода) с мини-ТЭЦ, на тепловую энергию (воздух) от крышных кондиционеров с газовым нагревателем воздуха, рифтопов марки YORK серии DM (далее – КЭЭМ).

Центральная группа корпусов кампуса ДВФУ (№№ 12, 20, 24) оборудована газовым вентиляционным оборудованием в количестве 226 шт., варьируемой единичной мощностью агрегата от 14,7 кВт до 117,2 кВт и общей максимальной мощностью 14621,9 кВт (12,57 Гкал/час).

Естественно, что максимальное нерациональное теплопотребление на объектах университета зафиксировано в переходные периоды года (весна-осень), когда возникают перетопы и регулирование каждого терморегулятора радиатора не представляется возможным по причине отсутствия детального автоматического регулирования. Именно поэтому для КЭЭМ принято именно это календарное время.

Стоит отметить, что задействованная мощность газоиспользующего оборудования составляет всего 0,8 Гкал/час, следовательно, максимальная свободная мощность 11,77 Гкал/час, а расчётная тепловая нагрузка, согласно проекту, на нужды отопления составляет 6,150 Гкал/час, на нужды вентиляции – 3,738 Гкал/час [3].

Таблица 1. Перечень ЭЭМ Программы и их задачи

Table 1. List of EEM Program and their tasks

Мероприятия	Задача
В системе электроснабжения:	
Замена люминесцентных светильников на светодиодные, установленные в технических помещениях всех корпусов, офисных помещениях корпусов 1 типа и учебно-административных корпусах	Повышение экологической безопасности (замена газоразрядных светильников с содержанием ртути на экологически безопасные); Увеличение срока службы в 4 раза; Увеличение светового потока и площади освещенности; Отсутствие вибраций и звука
Установка астрономических таймеров и перевод 100 % светильников системы фасадного освещения и на лестничных маршах в учебно-административных корпусах	Использование светильников в периоды, когда это действительно необходимо (в темное время суток); Снижение времени работы светильников и, как следствие, повышение срока службы
Выход на федеральный оптовый рынок электрической энергии	Снижение тарифа на электрическую энергию на 14 %
В системе теплоснабжения:	
Изменение параметров автоматического регулирования на поддержание заданных режимов работы теплообменного оборудования в 24 индивидуальных тепловых пунктах (далее – ИТП) 100 %	Увеличение теплосъема
Замена контроллеров управления режимами работы в 6 ИТП (25 %)	Исключение перетопов на южной стороне
Частичное замещение тепловой энергии, получаемой от теплоносителя (вода) с мини-ГЭЦ, на тепловую энергию от крышных кондиционеров с газовым нагревателем воздуха (руфтопов) на время осенне-весеннего переходного отопительного периода на корпусах А, В, С, D, E, S	Улучшение показателей микроклимата в аудиторном фонде; Уменьшение финансовых затрат на тепловую энергию
Ремонт транзитной тепловой сети на Реабилитационный центр	Снижение рисков возникновения аварийных ситуаций на трубопроводах; Снижение потерь тепловой энергии, потребляемой РЦ, на 10 %
В системе водоснабжения:	
Установка аэраторов в административных и жилых корпусах	Улучшение качества воды; Снижение рисков возникновения аварийных ситуаций на трубопроводах; Снижение потерь тепловой энергии
Регулирование гидравлического режима в системе водоснабжения в учебно-административных корпусах	Экономия тепловой энергии на нагрев горячей воды
Ремонт системы водоснабжения (замена аварийных участков трубопроводов в количестве 6 % от общего количества, восстановление тепловой изоляции на трубопроводах ГВС и системы отопления в неотапливаемых подвальных помещениях в количестве	Снижение рисков возникновения аварийных ситуаций на трубопроводах
Внедрение системы автоматизации и интеллектуального мониторинга инженерных систем и оборудования на базе ПО «Пирамида 2.0»	

В целом существенный запас проектных нагрузок можно объяснить перспективным развитием островной территории г. Владивостока, о чем свидетельствует план мероприятий по реализации концепции развития о. Русский (распоряжение правительства РФ от 23 ноября 2019 г. № 2797-р). Что касается ДВФУ, учтены большие мощности при пусках лабораторного оборудования, научная установка класса «Мегасайенс», многотысячная численность проживающих, гостей, постоянная интенсивность в работе, автономность, что подтверждает проведенный энергетический анализ суммарной тепловой нагрузки зданий [4], а именно существенную невязку тепловых нагрузок – между проектной и фактической часовой:

- общеуниверситетский студенческий центр (корпус 24) – в 9 раз;
- естественно-научный учебный корпус ДВФУ (корпус 12) – в 6 раз;
- конференц-центр (корпус 20) – в 4,5 раза.

При отсутствии данных о фактическом теплоснабжении, при неисправности УУТЭ более 15 суток расход тепловой энергии потребителем пересчитывается на нормативные условия от базового показателя, основанного на проектных значениях [Правила коммерческого учета тепловой энергии, теплоносителя № 1034 от 18.11.2013 г.]. В результате в счетах за потреблённые энергетические ресурсы могут отражаться излишние миллионные затраты, пропорциональные вышеизложенным превышающим значениям.

Широко известный факт, что к показателям, характеризующим величины расхода энергетических ресурсов в здании, относятся нормируемые показатели суммарных удельных годовых расходов тепловой энергии на отопление, вентиляцию и ГВС.

Расчёт удельных характеристик [4] раскрывает, что тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию по корпусам близки, невязка выявлена в значениях на ГВС и при пересчете показателей с поправочным коэффициентом на численность, проектные величины теплоснабжения по корпусам в среднем выше в 2 раза.

Неоспоримо напрашивается требование об актуализации проектных значений к реальным показателям теплоснабжения, о проведении работ по нормированию и согласованию обновленных базовых удельных показателей для повышения энергетической эффективности кампуса ДВФУ. И при осуществлении вышеописанных изменений будут внесены правки в тарифное дело энергоснабжающих компаний, запустится механизм качественных изменений в энергетическом комплексе не только университета, но и региона в целом. Что ещё раз доказывает важность величин фактического теплоснабжения как показателя качества и надежности проектирования и энергоэффективности.

Достаточно интересный факт: большинство рифтопов вплоть до 2022 г. работало в минимальном режиме, некоторые отключены, и полная рабочая нагрузка на систему ВК составила менее 10 % от всей электрической нагрузки корпуса А. После включения системы ВК до номинальных значений нагрузка на систему увеличилась в разы и заняла уже свыше 50 % от общей электрической нагрузки корпуса А.

Назревает вопрос о целесообразности огромного резерва мощности оборудования ВК и допущение простоя нового оборудования порядка 10 лет, а также исправление данной ситуации в направлении энергосбережения и повышения энергетической эффективности путем реализации свободной мощности крышных кондиционеров на замещение тепловой энергии из водяных систем на тепловую энергию из горячего воздуха.

Таблица 2. Итоговые данные свободной мощности согласно расчету

Table 2. Total data of available power according to calculation

Корпус	Максимальная мощность вентиляционного оборудования, Гкал\час	Свободная мощность вентиляционного оборудования для замещения, Гкал\час	Требуемая мощность для замещения, Гкал\час
Корпус 20 (B, D, S)	7,568	4,904	1,339
Корпус 12 (C, E)	1,843	1,194	1,110
Корпус 24(A)	3,162	2,049	0,612
ИТОГО	12,573	8,147	3,062

Для внедрения КЭЭМ произведён расчёт [2], обосновывающий существенную экономию финансовых затрат (в миллионном порядке) за один месяц переходного периода. Ориентировочная стоимость тепла на газе (без учёта потребленной электрической энергии) составляет 1317,50 руб./Гкал против 3675,87 руб./Гкал. Итоговые данные свободной мощности представлены в табл. 2.

Стоит отметить, что расчет достаточно детален и точен (со сверкой максимальных фактических и проектных данных), но носит укрупненный характер, так как не внесён коэффициент, учитывающий реальные условия инженерных систем и конструкций, а именно:

- аудитории, в которых не установлены рурфтопы;
- аудитории с совмещением водяного отопления (радиаторы) с водяной и газовой вентиляциями;
- 12 уровней 12 корпуса, обладающие большими площадями панорамного остекления.

Для того чтобы в полной мере судить о сокращении затрат, с учётом индивидуальных особенностей зданий, кратности циркуляции от объема посещаемости, в период с 31.10.2020 г. по 23.12.2020 г. проведен I этап исследования параметров работы калориферов и оценки сжигания газового топлива, а также определения эколого-экономической эффективности работы центральных кондиционеров York DM в режиме нагрева воздуха. Проведено техническое обследование 98 шт. газовых калориферов (43 % от общего числа) [5] и установлено:

- 9 блоков не удалось ввести в эксплуатацию по различным техническим причинам (автоматика выдает ошибку, отсутствует дымовая труба и др.);
- 12 блоков имеют серьезное превышение ПДК оксида углерода в продуктах сгорания;
- 77 блоков находятся в исправном состоянии, КПД устройств и концентрация загрязняющих веществ в продуктах сгорания находятся в допустимых значениях.

После прохождения технического обслуживания (очистка газового оборудования, настройка регулятора давления газа) у 5 блоков удалось снизить концентрацию СО до допустимых значений, однако в ряде случаев при этом снизился КПД воздухоподогревателей, незначительно ниже требуемых нормативных значений [ГОСТ 31848–2012 Оборудование промышленное газоиспользующее. Воздухонагреватели].

В результате обследования проведена наладка и регулировка газового оборудования, составлен план рекомендаций по ремонтным работам калориферов и технического обслуживания.

Следующий этап технического обследования незадействованных крышных кондиционеров назначен на 2024 год. После подведения итогов реализации Программы, внесения корректировок в связи с обновленными статистическими данными, изменениями в работе оборудования и инженерных систем актуализация Программы на 3-годовой период и прогноз, связанный с выходом ДВФУ на федеральный оптовый рынок электрической энергии, повлечут за собой снижение тарифа на электрическую энергию на 14 %.

Также разрабатывается пособие с целью включения в образовательный процесс по профильным предметам практических занятий с использованием объектов энергетической инфраструктуры и их наладки, что повлечет за собой увеличение эксплуатационной наработки Программы.

### **Первые итоги реализации мероприятий по повышению энергетической эффективности**

На сегодняшний день имеются в полном объёме статистические данные для подведения первых промежуточных итогов реализации Программы. Финальный же результат не настанет, потому что актуализация и развитие Программы идут в ногу со временем и прогрессируют до тех пор, пока технико-экономические показатели не достигнут своего оптимального значения и не смогут быть сокращены.

Потребление энергоресурсов в 2019–2020 гг. достаточно специфичное в связи с самоизоляцией и дистанционным образованием, по причине распространения коронавирусной инфекции COVID-19, также в этот период имело место осуществление пилотных ЭЭМ. Поэтому для сопоставления промежуточных результатов действия Программы приняты фактические натуральные показатели полного 2022 календарного года, в сравнении с аналогичным периодом до внедрения новых ЭЭМ, согласно Программе 2018 г., а также по причине того, что количество проживающих в гостиничных корпусах в 2018 г. сопоставимо с 2022 г. (11 715 и 11 607 соответственно).

За счет реализации Программы зафиксировано увеличение резерва тепловой мощности на 1,3 % (0,63 Гкал/ч), внушающий размер общего экономического эффекта в размере 85,4 млн руб. и снижение потребления энергетических ресурсов в 2022 г.:

- тепловая энергия на 15,8 %;
- электроэнергия на 3,5 %;
- водоснабжение и водоотведение на 15,6 %.

Требуемый финансовый эффект промежуточного этапа реализации Программы, который должен быть не менее 25,4 млн руб., достигнут, отражая достижение целевых показателей Программы (далее по тексту – ЦП) и подтверждая правильный вектор реализуемых ЭЭМ.

По тепло- и водопотреблению фактические показатели превышают ЦП в десятки раз. ЦП по потреблению электроэнергии (2 330 тыс.кВт\*ч) не достигнут (факт 1 369 тыс.кВт\*ч) по причине не учтённых в Программе затрат на электроэнергию, связанных с КЭЭМ. Данная погрешность учтена в дальнейшей работе и существенно не отразится на итоговой картине реализации Программы.

Также необходимо отметить, что зафиксировано превышение потребления природного газа на 300 тыс.м<sup>3</sup> от базового периода (2018 г.) по причине дополнительной работы системы

вентиляции и кондиционирования (далее – ВИК), направленной на выполнение КЭЭМ и дополнительной реализации 663 Гкал.

### **Тесная взаимосвязь мероприятий, направленных на сбережение разных энергоресурсов, и их комбинирование в общий положительный баланс**

Имея высокий потенциал КЭЭМ продолжает детально прорабатываться. Проводится экспериментальное переключение нагрузок для подтверждения расчётных величин с целью повышения энергетической эффективности систем теплоснабжения и ВИК объектов ДВФУ, что отражается на улучшении показателей микроклимата в аудиторном фонде, а также уменьшении затрат на тепловую энергию.

Как было замечено выше, действие КЭЭМ существенно сказывается на ЦП других энергетических ресурсов, и эта тесная взаимосвязь мероприятий требует грамотного комбинирования и учета всех взаимосвязей в общий положительный баланс.

Стоит отметить, что для увеличения теплосъема и скорости реагирования при дистанционном управлении КЭЭМ комбинируется с двумя ЭЭМ Программы. Иначе возможно недостижение ЦП.

Одно из них – модернизация системы автоматики в ИТП путем регулирования режима потребления тепловой энергии, а именно ограничением циркуляции теплоносителя, размер уменьшения теплопотребления за год в среднем составляет 1900 Гкал, в денежном выражении экономия составляет порядка 6,7 млн руб. [6].

На сегодняшний день изменение параметров автоматического регулирования на поддержание заданных режимов работы теплообменного оборудования возможно в каждом ИТП кампуса ДВФУ. Выполнена замена контроллеров управления режимами работы.

Третьим звеном в данном комплексе, которое объединяет мероприятия Программы по всем направлениям, – внедрение системы автоматизации и интеллектуального мониторинга инженерных систем, оборудованного на базе программного обеспечения «Пирамида 2.0» (далее – ПАК). До реализации Программы университет имел упрощенную систему диспетчеризации с 30-минутными-часовыми запозданиями от реального времени.

Важная роль ПАК обусловлена поддержанием комплексных методов и алгоритмов верификации данных:

- контроль полноты собранных данных;
- контроль уставок (минимум и максимум, резкие изменения значений профиля нагрузок) и небалансов (подстанций, шин и т.п.);
- контроль потребления энергоресурсов;
- анализ журналов событий, сравнение с данными из резервных источников информации;
- контроль сходимости профиля нагрузок с другими результатами измерения;
- контроль соответствия результатов измерения состоянию генерирующего оборудования;
- контроль параметров качества электроэнергии;
- контроль соответствия результатов измерения (изменяющийся во времени), используемым схемам измерения.



На данный момент проводится замена и ввод в ПАК приборов учета, контроллеров, установлены тревоги по превышению/понижению пофазного напряжения в ВРУ корпуса 24(А) и настройка контроля параметров качества энергии, что приведет к детальному графическому анализу потребляемой энергии с привязкой к оборудованию и дистанционному управлению инженерными системами ДВФУ.

### Планы исследований до 2030 года

Настройка мониторинга и детального анализа потребляемой тепловой энергии: подключение тепловычислителей объектов кампуса к ПАК, в совокупности с универсальными датчиками контроля микроклимата ПАК, позволит оперативно корректировать фактический режим потребления тепловой энергии не только в зависимости от заданных температурных графиков, а от фактической температуры в помещениях кампуса, что обеспечит создание комфортных условий в помещениях. Также развитие ПАК направлено на автоматическое позонное (фасадное) регулирование микроклимата в зависимости от изменения погодных условий и расположение аудиторий по сторонам света (южные, северные, муссонные).

По результатам тепловизионного обследования 32 корпусов кампуса (проведенного в 2021 г.) определено некорректное выполнение ограждающих конструкций, влияющее на смещение точки росы внутрь помещения, что приводит к образованию дефектов как на поверхности фасада, так и внутренних слоев ограждающих конструкций (зависит от температуры наружного воздуха. На момент обследования точка росы находится на внутренней поверхности здания), которые вызывают:

- разрушение отделочного покрытия стен, отслаивание штукатурного фасада и отделки цоколя ввиду утяжеления материала утеплителя и расширения накопившейся влаги при замерзании;
- проникновение и накопление влаги в утеплителе фасада и потерю теплоизоляционных свойств;
- появление следов замокания, протечек, грибка и трещин на внутренних поверхностях стен ввиду конденсации на данных поверхностях влаги и нарушении паропроницаемости стен;
- коррозию металлического каркаса здания;
- коррозию металлического профиля подвесных стеновых и потолочных систем из гипсокартона (выполнена вся внутренняя отделка здания);
- коррозию токоведущих частей электроустановочных изделий, что, в свою очередь, может повлечь излишний нагрев и возгорание.

Вышеописанные дефекты ограждающих конструкций не соответствуют требованиям ГОСТ 30494–2011. «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях».

При внутренней температуре ограждающих конструкций +15 °С и менее градусов невозможно обеспечить требуемый микроклимат в помещениях корпуса, независимо от интенсивности работы штатных систем отопления.

Среднее фактическое сопротивление теплопередачи стен значительно меньше нормируемого значения приведенного сопротивления теплопередаче стены [СП 50.13330.2012], вследствие чего потери тепла через стены выше нормативных.

Для прекращения распространения подобных дефектов и восстановления работоспособности фасада запланировано выполнить комплексный капитальный ремонт фасадов зданий

с полной заменой всей конструкции фасада на навесной вентилируемый фасад, исключающий возможность накопления влаги в утеплителе и, как следствие, препятствующий появлению вышеописанных дефектов, что позволит снизить потребление тепловой энергии на 35 %.

Многообещающая модернизация запущена в феврале 2023 г. – система контроля и управления доступом по биометрическим данным (face id) для пропуска в учебно-административные корпуса университета. Нововведение планируется задействовать в уменьшении затрат на содержание и эксплуатацию инфраструктуры ДВФУ за счет алгоритма в математической модели: соотношения площадей инженерных конструкций к плотности распределения учащихся, посетителей (благодаря расписанию, аналитики данных посещаемости пропускной системы); модель сможет запускать автоматическое управление освещением, оптимизировать работу систем теплоснабжения и ВИК [7, 8].

### Подведение итогов исследования

Как мы видим, повышение эффективности энергосбережения изолированного объекта (на примере кампуса ДВФУ) – это мультинеправленный, ёмкий и постоянно развивающийся процесс. Предельные значения потенциала возможного энергосбережения оцениваются с помощью результатов отбора, полученных математической моделью методом многофакторного регрессионного анализа (регрессионный анализ excel) и искусственных нейронных сетей (на основании макроса excel прогнозирования спроса на энергоресурсы, прошедшего государственную регистрацию). Тип сети – перцептрон. Метод обучения – Resilient Propagation. Предлагаемое планирование энергопотребления взаимоувязано не только на температурном графике, но и на основании большого множества статистических и физических решающих факторов, входящих в уравнение многовариантного анализа [9].

В разработке, в аналитике, в тестировании и пуско-наладочных работах ЭЭМ Программы, а также в разрешении поставленных энергоэффективных задач и неувязок задействована сплоченная группа технических специалистов различных направлений, эксплуатационный персонал и научно-педагогический состав университета.

Именно поэтому результаты расчетов хорошо согласуются с данными эксплуатации: реализация свободной мощности крышных кондиционеров рационально применена на частичное замещение тепловой нагрузки из водяных систем на вентиляционный обогрев (газ), в комбинации с осуществлением интеллектуального онлайн-надзора за комплексным состоянием энергохозяйства университета в целом, что в результате приводит к существенной разнице в стоимости покупаемой тепловой энергии, отпущенной от мини-ТЭЦ, и вырабатываемого теплового потока собственными мощностями ДВФУ и, как следствие, приносит экономическую выгоду и эффективное задействование работы инженерного оборудования в полной мере, достигнув проектных величин и нормативов для университета фактическими значениями, не забывая о максимальном комфорте сотрудников, студентов, гостей и партнеров университета.

### Список литературы / References

[1] Полей А. К., Штым К. А., Гончаренко Ю. Б. Анализ эффективности и опыт эксплуатации объектов распределённой когенерации на о. Русском. *Журнал Электрические станции*, 2020, 3,

17–21 [Polyei A. K., Shtym K. A., Goncharenko Yu. B. Analysis of efficiency and operating experience of distributed cogeneration facilities on the island. Russian. *Journal of Electric Power Plants*, 2020, 3, 17–21 (in Rus.)].

[2] Терёшина Д. В. Замещение тепловой энергии из водяных систем на тепловую энергию из горячего воздуха системы кондиционирования на объектах кампуса ДВФУ. *Сборник научных статей по итогам работы Международного научного форума «Наука и инновации – современные концепции»*. Москва, 2020, 1, 125–132 [Tereshina D. V. Replacement of thermal energy from water systems with thermal energy from hot air of the air conditioning system at FEFU campus facilities. *Collection of scientific articles based on the results of the International Scientific Forum «Science and innovation – modern concepts»*. Moscow, 2020, 1, 125–132 (in Rus.)].

[3] Tereshina D. V., Goncharenko Y. B., Taranenko O. I. Replacing thermal energy from water systems with thermal energy from hot air of decentralized heating systems at the far eastern federal university. *Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the State Research Institute “National development”*. Saint Petersburg, 2021, 1, 182–185.

[4] Терёшина Д. В. Сравнительный анализ теплопотребления корпусов кампуса ДВФУ. *Материалы региональной научно-практической конференции «Молодежь и научно-технический прогресс»*. Владивосток, 2021, 1, 244–247 [Tereshina D. V. Comparative analysis of heat consumption of FEFU campus buildings. *Materials of the regional scientific and practical conference «Youth and scientific and technological progress»*. Vladivostok, 2021, 1, 244–247. (in Rus.)].

[5] Еськин А. А., Байдак В. В., Слабуха Г. А., Капитула А. В. Отчёт по результатам технического обследования газовых калориферов центральных крышных кондиционеров York DM (1-й этап). *Политехнический институт Департамент энергетических систем ДВФУ*, Владивосток, 2020. 25 с. [Eskin A. A., Baydak V. V., Slabukha G. A., Chapter A. V. report on the results of technical inspection of gas heaters of central rooftop air conditioners York DM (1ststage). *Polytechnic Institute, Department of Energy Systems, FEFU*. Vladivostok, 2020. 25. (in Rus.)].

[6] Терёшина Д. В. Расчет регулирования тепловой нагрузки системы теплоснабжения на примере объектов кампуса ДВФУ. *Сборник докладов молодежной научно-технической конференции «Современные задачи автоматизации»*. Москва, 2020, 1, 83–88 [Tereshina D. V. Calculation of regulation of the heat load of the heat supply system using the example of FEFU campus facilities. *Collection of reports of the youth scientific and technical conference «Modern problems of automation»*. Moscow, 2020, 1, 83–88 (in Rus.)].

[7] АО «ИД «КОМСОМОЛЬСКАЯ ПРАВДА». Эффективно использовать каждый квадратный метр: «Умный кампус» появился в ДВФУ при помощи Сбера [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.kp.ru/daily/27554/4822057/> – Заглавие с экрана. [JSC “ID “KOMSOMOLSKAYA Pravda”. Effectively use every square meter: “Smart Campus” appeared in FEFU with the help of Sber [Electronic resource] – Access: <https://www.kp.ru/daily/27554/4822057/>

[8] ДВФУ. Сбер и ДВФУ открыли Ситуационный центр для управления инфраструктурой «Умного кампуса» [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/sber\\_i\\_dvfu\\_otkryli\\_situatsionnyy\\_tsentr\\_dlya\\_upravleniya\\_infrastrukturoy\\_umnogo\\_kampusa/](https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/sber_i_dvfu_otkryli_situatsionnyy_tsentr_dlya_upravleniya_infrastrukturoy_umnogo_kampusa/) – Заглавие с экрана. [FEFU. Sber and FEFU opened a Situation Center to manage the Smart Campus infrastructure [Electronic resource] – Access: [https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/sber\\_i\\_dvfu\\_otkryli\\_situatsionnyy\\_tsentr\\_dlya\\_upravleniya\\_infrastrukturoy\\_umnogo\\_kampusa/](https://www.dvfu.ru/news/fefu-news/sber_i_dvfu_otkryli_situatsionnyy_tsentr_dlya_upravleniya_infrastrukturoy_umnogo_kampusa/)

[9] Терёшина Д. В. Использование математической модели для оптимального управления энергопотреблением кампуса ДВФУ. *Материалы региональной научно-практической конференции «Молодежь и научно-технический прогресс»*. Владивосток, 2022, 1, 459–464 [Tereshina D. V. Application of a mathematical model for optimal energy management of FEFU campus. *Materials of the regional scientific and practical conference «Youth and scientific and technological progress»*. Vladivostok, 2021, 1, 459–464. (in Rus.)].