



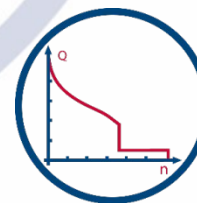
АССОЦИАЦИЯ СПЕЦИАЛИСТОВ  
ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГЕТИКИ  
**«ЗЕЛЕНЫЙ КИЛОВАТТ»**



**Султангузин Ильдар Айдарович,**  
д.т.н., профессор  
Кафедра Промышленных теплоэнергетических систем (ПТС)  
Институт энергоэффективности и водородных технологий (ИЭВТ) НИУ МЭИ



**Чайкин Владислав Юрьевич,**  
магистр, аспирант, ассистент  
Кафедры ПТС ИЭВТ НИУ МЭИ



**ПТС**

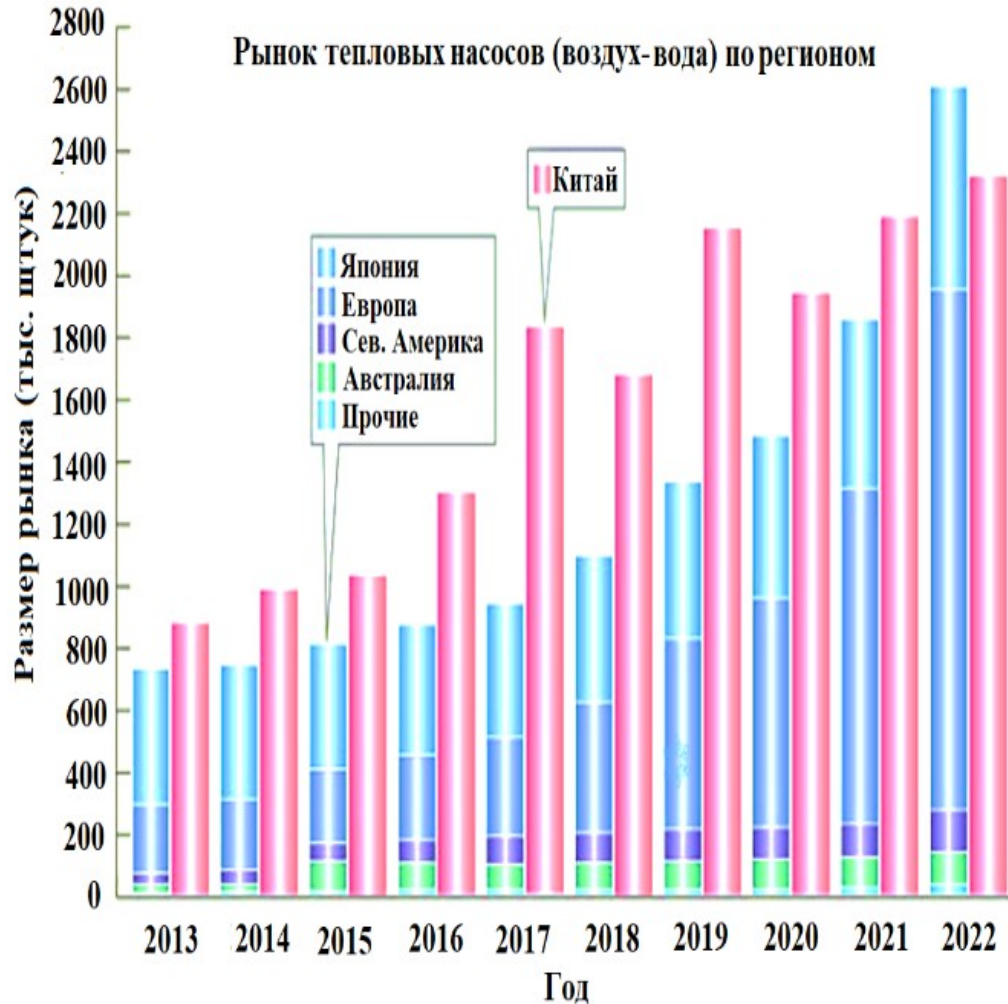
КАФЕДРА ПРОМЫШЛЕННЫХ  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

8 февраля 2024 г.

# АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

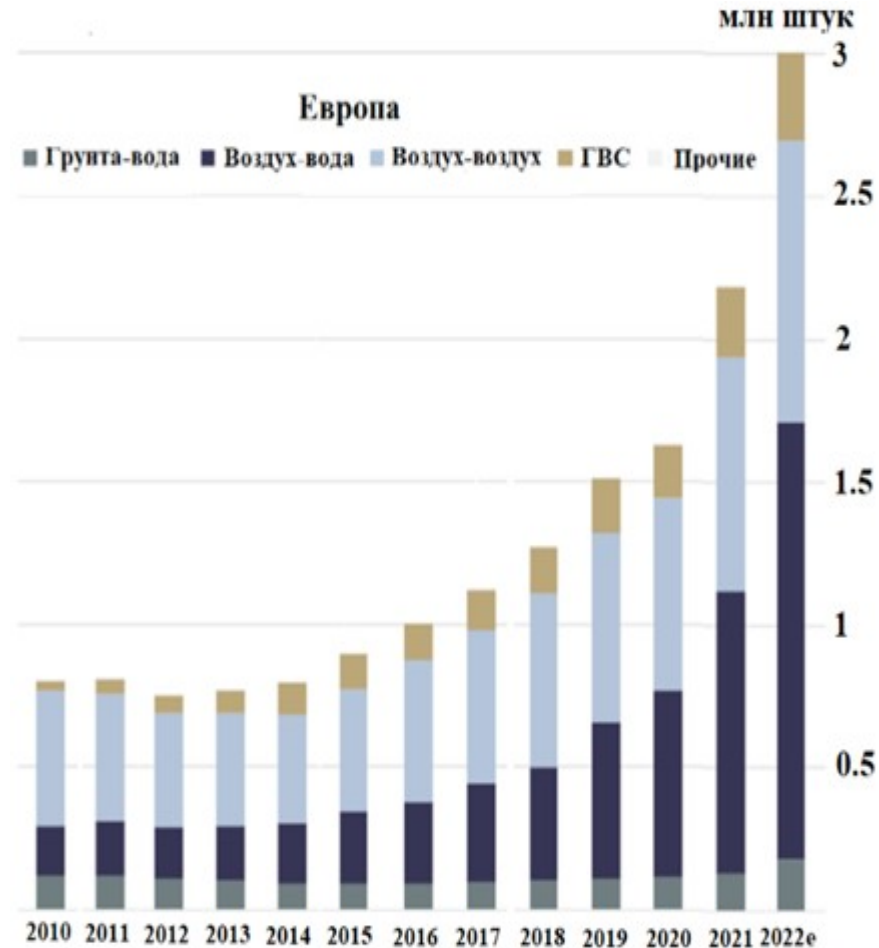
## Мир

Рынок тепловых насосов (воздух-вода) по региону



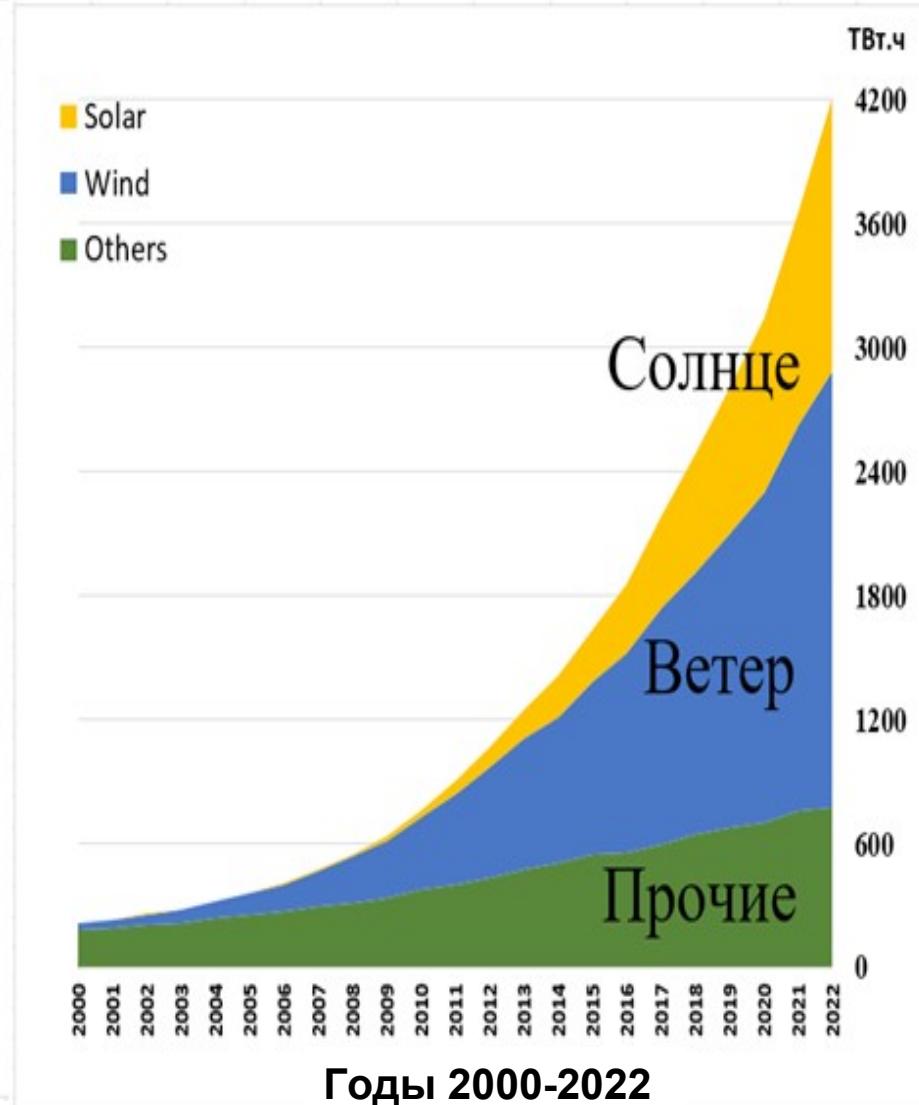
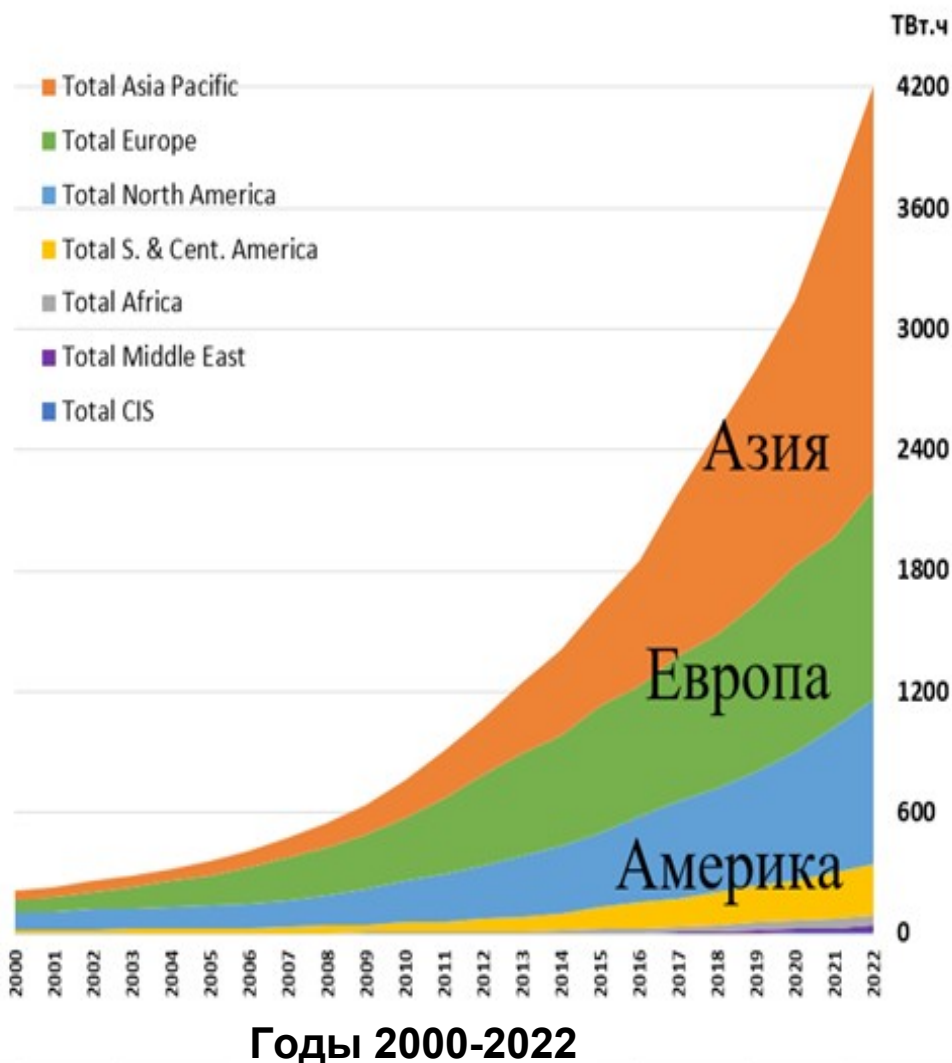
**Источник:** Мир климата холода, Мировой рынок тепловых насосов «воздух-вода» в 2023 году.  
<https://mir-klimata.info/mirovoj-rynok-teplovyyh-nasosov-vozduh-voda-v-2023-godu/>

## Европа



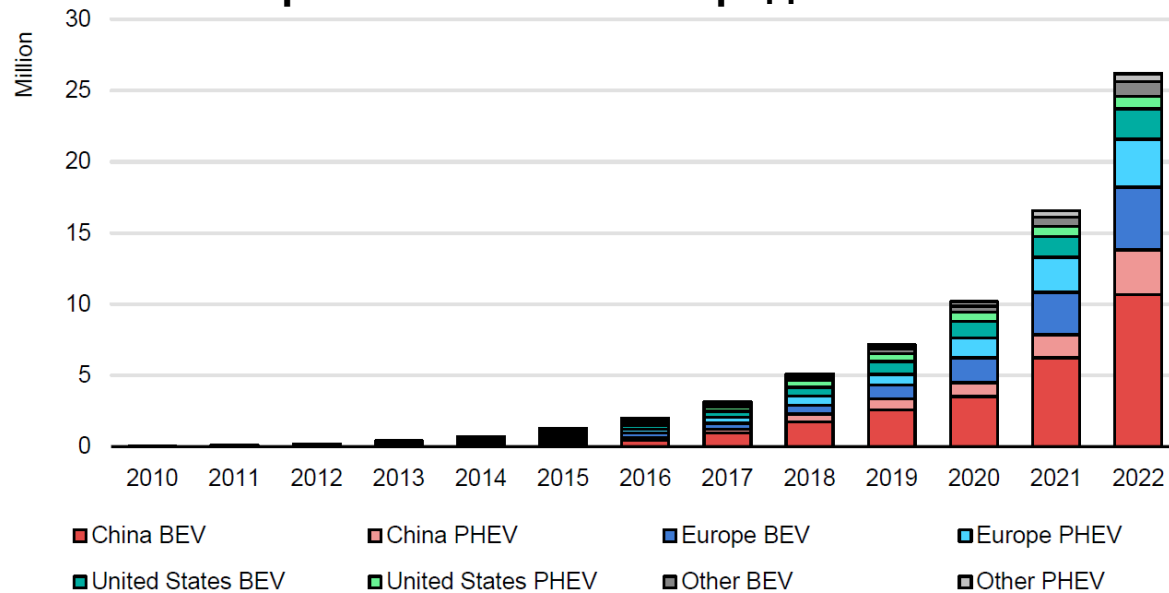
**Источник:** World News, Industry news and insights from Europe and around the World,  
<https://www.coolingpost.com/world-news/european-heat-pump-sales-rise-38/>

# ПРОИЗВОДСТВО ВОЗОБНОВЛЯЕМОЙ ЭНЕРГИИ ПО РЕГИОНАМ МИРА И ВИДАМ



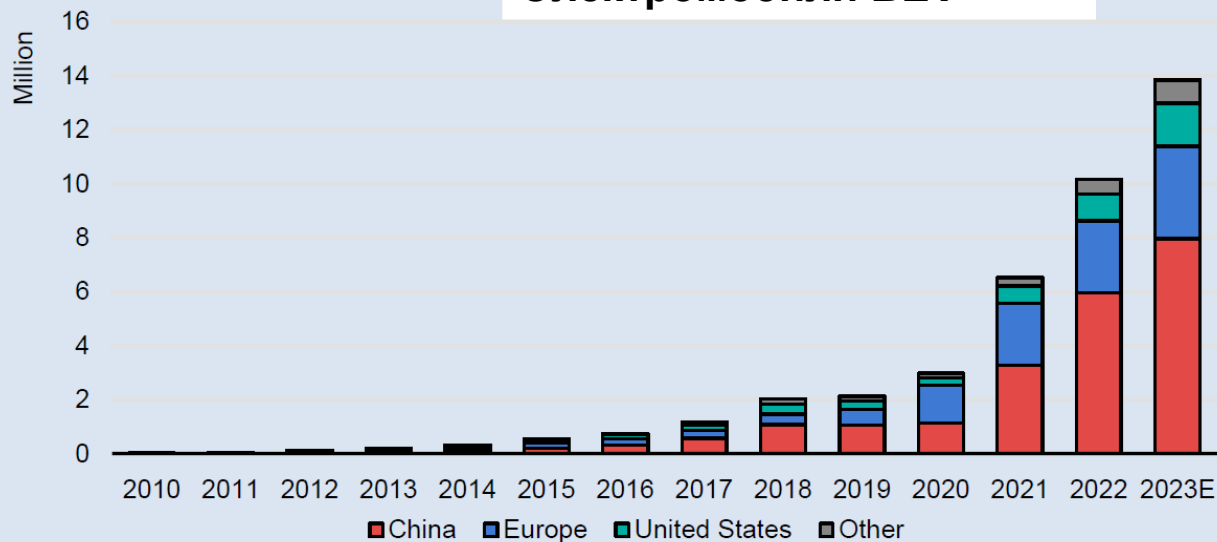
# ПРОИЗВОДСТВО ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ ПО РЕГИОНАМ МИРА И ВИДАМ

## Электромобили BEV и гибриды PHEV



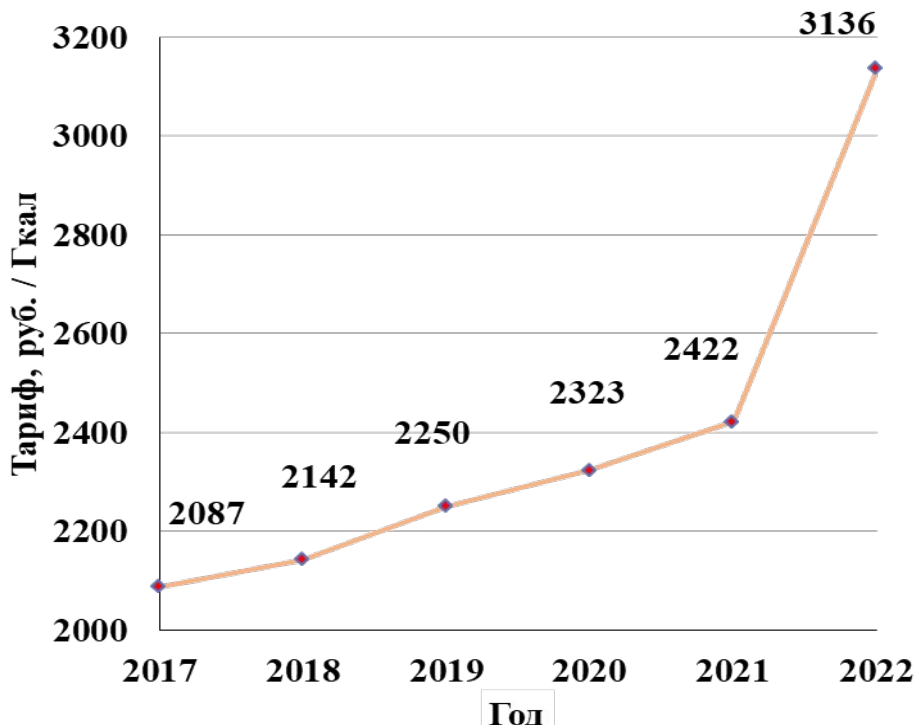
## Electric car sales, 2010-2023

## Электромобили BEV



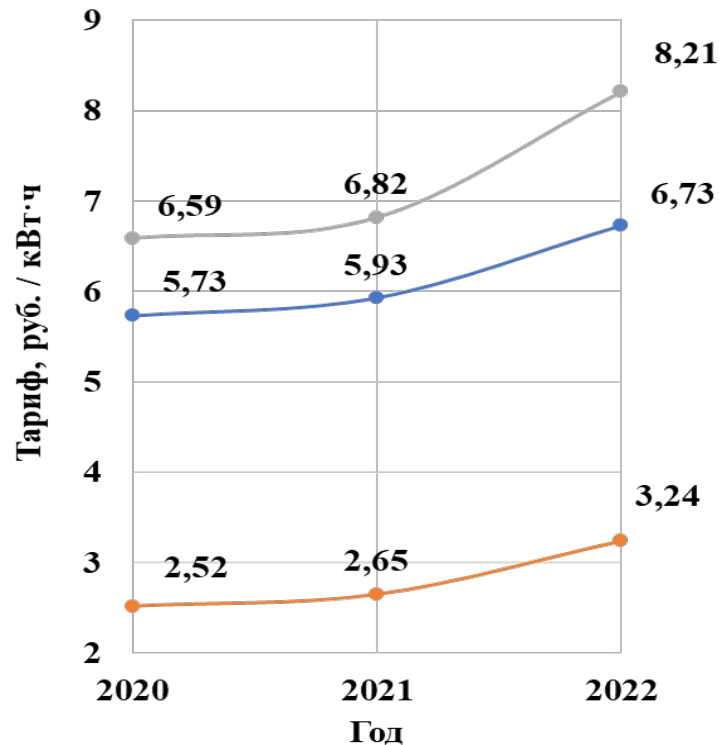
# РОСТ ТАРИФОВ НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ В РОССИИ

Динамика роста тарифа на тепловую энергию для населения ЦФО



Темпы роста тарифов на тепловую энергию для населения Центрального федерального округа			
Период	2021/2020	2022/2021	2022/2020
Темп роста тарифа	4%	29%	35%
Тариф, руб. / Гкал	2323	2422	3136

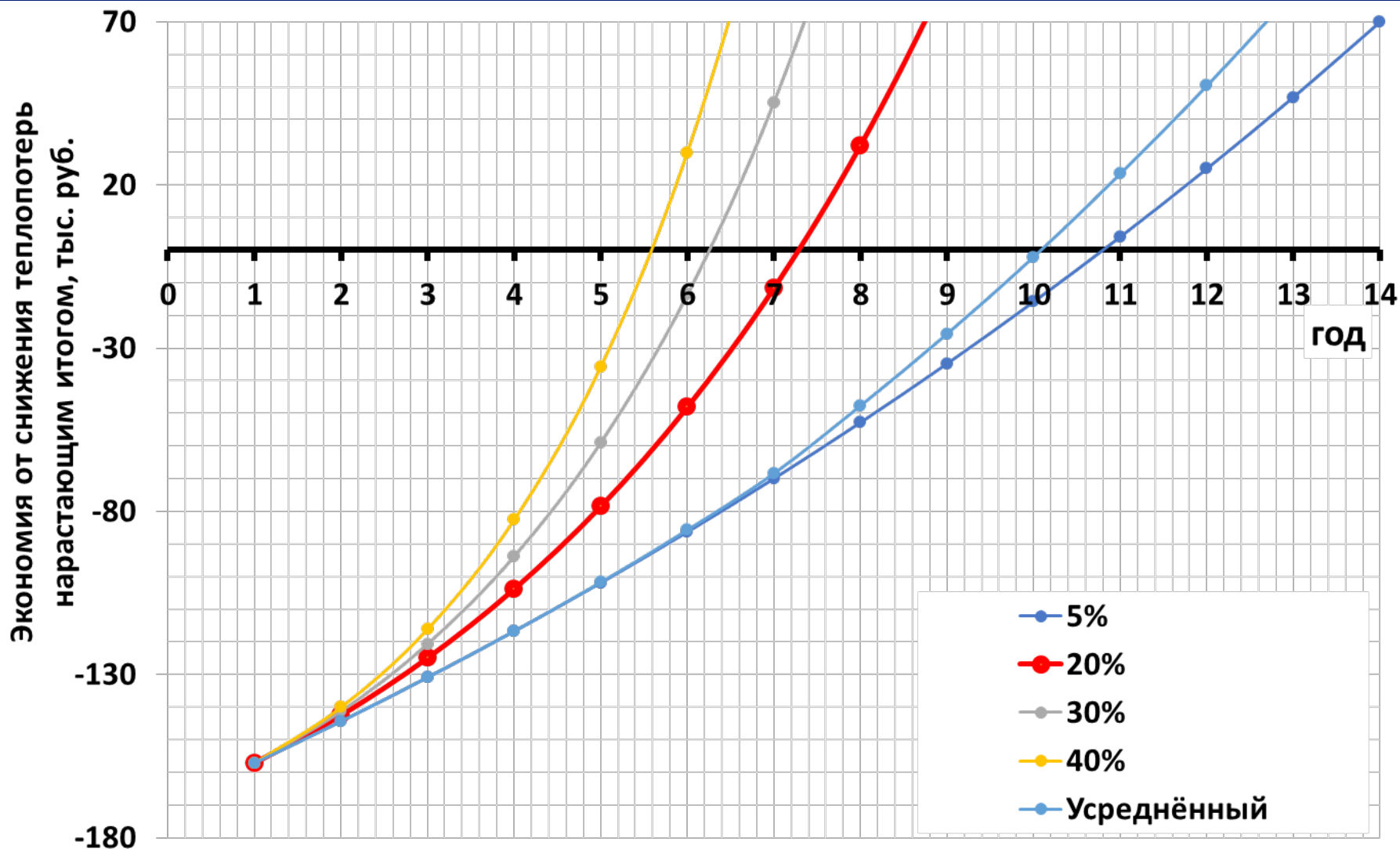
Рост тарифов на электроэнергию для населения, Московская область



Темпы роста тарифов на электроэнергию для населения, Московская область			
Период	2021/2020	2022/2021	2022/2020
Одноставочный	3%	13%	17%
Двуставочный			
Ночная зона Т2(23:00 - 07:00)	5%	22%	29%
Дневная зона Т1(7:00 - 23:00)	3%	20%	25%

С 1 июля 2024 года средний по стране рост тарифов ЖКХ на энергоресурсы (электроэнергия, газ, тепло и др.) составит 9,8%, в т. ч. по Московской области на 10,7%

# ИЗМЕНЕНИЕ СРОКА ОКУПАЕМОСТИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТЕМПОВ РОСТА ТАРИФОВ НА ЭНЕРГОРЕСУРСЫ



При темпе роста тарифов на 20 - 30% срок окупаемости снижается с 10 – 11 лет до 6 - 7 лет



# УСТАНОВКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ОКОН (АПРЕЛЬ 2016)



$R_{\text{профиль}} = 1,05 \text{ м}^2\text{К/Вт}$



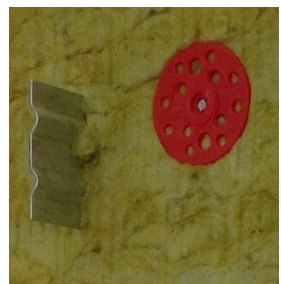
И 4-16 TP Ar-4 M1-16 TP Ar-И 4  
4 мм Suncool 70/40-16 TP Ar-4 M1-16 TP  
Ar-И 4  
3.3.1-14 TP Ar-И 4-14 TP Ar-И 4

СТИС  
039200143  
4 мм Clima Guard N\_#5





# ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ ДОМА (АВГУСТ – СЕНТЯБРЬ 2016)



200мм

50мм



50кг/м3

80кг/м3





# ТЕПЛОВИЗИОННОЕ ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЯ



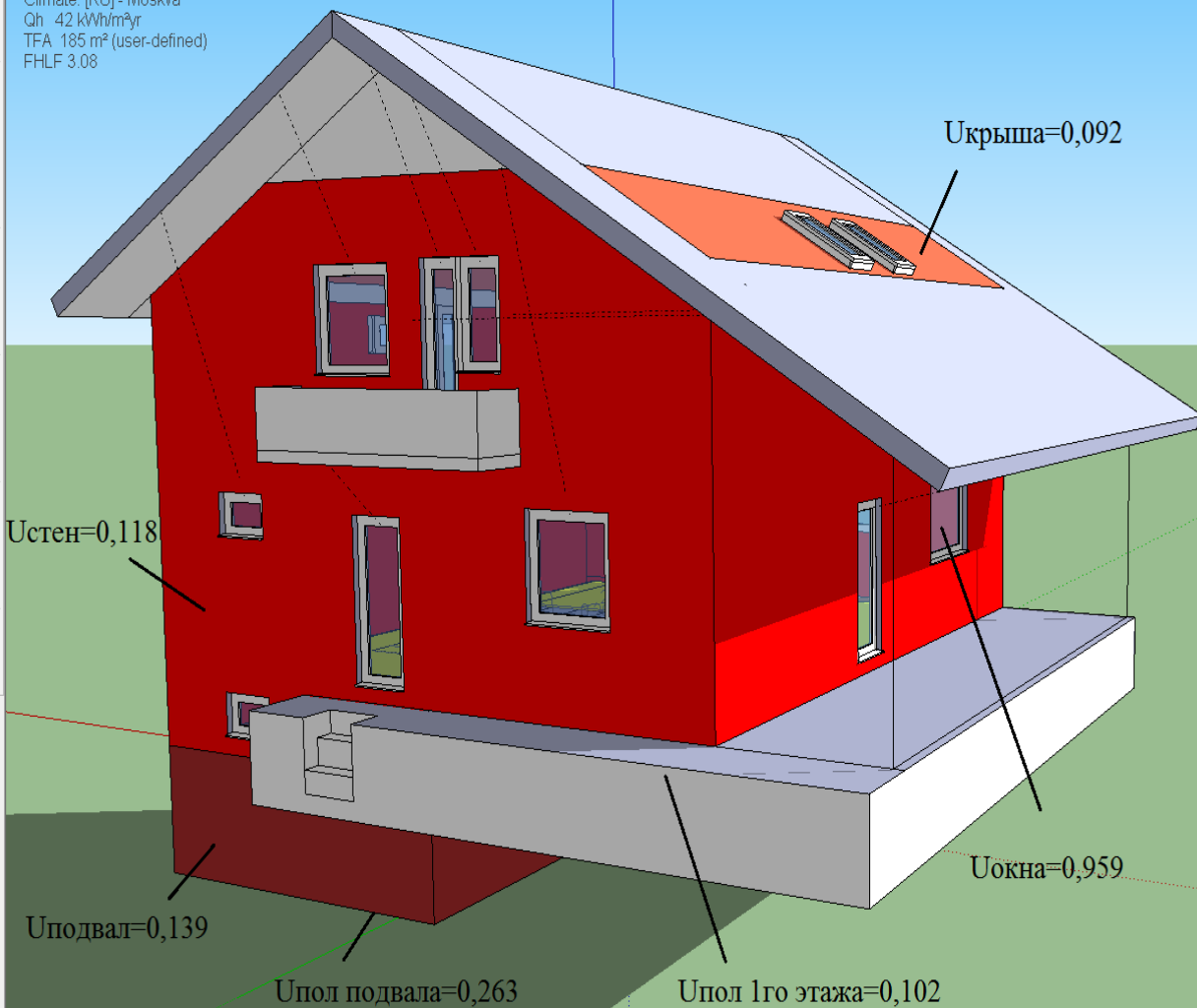
# ТРЕХМЕРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК В DESIGNPH И PHPP (К.Т.Н. КАЛЯКИН И.Д.)

Дом рабочая модель5,06,2016.skr - SketchUp Pro

Файл Правка Вид Камера Рисование Инструменты Окно Справка



Climate: [RU] - Moskva  
 Qh 42 kWh/m<sup>2</sup>yr  
 TFA 185 m<sup>2</sup> (user-defined)  
 FHLF 3.08



designPH main

designPH 1.0.20, registered to: Ivan [Unregister]

Update window options Redraw windows

Heat Balance Areas U-value editor Assemblies Components Climate

### Annual Heat Demand

▼ Annual Heat Demand

Total heat losses (kWh/a)	Total free heat gains (kWh/a)	Utilisation factor	Treated Floor Area (m <sup>2</sup> )	Ann. Heat Demand (kWh/a)	Specific Ann. Heat Demand, Q <sub>h</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
11250.80	3342.91	1.00	184.56	7913.34	42.88

▼ Transmission heat losses

Total Heat Loss Area (m <sup>2</sup> )	Area Weighted U-value (W/m <sup>2</sup> K)	Av. Temp. Factor	Ann. Htg. Degree Hours (kKh)	Transmission Heat Loss (kWh/a)	Q <sub>t</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
577.85	0.16	0.87	116.00	8813.39	47.75

▼ Ventilation heat loss

Treated Floor Area (m <sup>2</sup> )	Ventilation volume (m <sup>3</sup> )	Eff. air exchange rate	Heat capacity of air	Ann. Htg. Degree Hours (kKh)	Ventilation heat loss (kWh/a)	Q <sub>v</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
184.56	461.40	0.14	0.33	116.00	2437.41	13.21

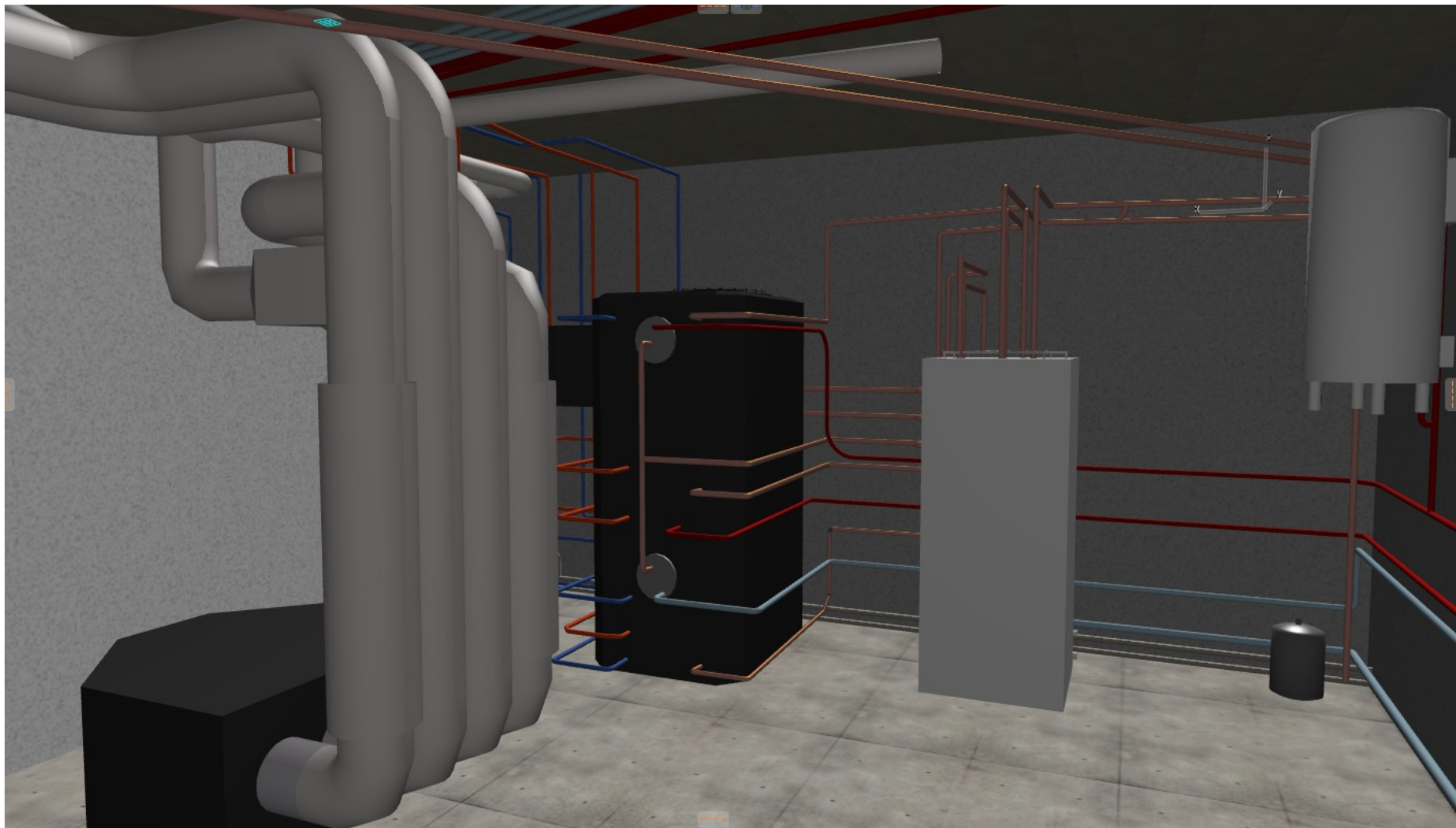
▼ Solar heat gains

Group nr.	Area Group	Win. area (m <sup>2</sup> )	Glazing area (m <sup>2</sup> )	g-value	Reduction factor	Radiation, G <sub>s</sub>	Solar heat gain (kWh/a)	Q <sub>s</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
2	North Windows	9.46	5.33	0.50	0.34	143.75	232.13	1.26
3	East Windows	3.36	1.25	0.50	0.23	261.95	99.50	0.54
4	South Windows	7.84	5.02	0.50	0.39	461.32	700.93	3.80
5	West Windows	4.50	2.89	0.50	0.39	271.58	237.90	1.29
6	Horizontal Windows	0.00	0.00				0.00	0.00
		25.16	14.50				1270.46	6.88

▼ Internal heat gain

Treated Floor Area (m <sup>2</sup> )	Internal heat gain rate (W/m <sup>2</sup> )	Heating period (days/a)	Heating period (kh/a)	Internal heat gain (kWh/a)	Q <sub>i</sub> (kWh/m <sup>2</sup> a)
184.56	2.10	222.80	5.35	2072.45	11.23

# ТЕПЛОВОЙ НАСОС, АККУМУЛЯТОР, БОЙЛЕР И ПВУ В BIM-МОДЕЛИ ARCHICAD

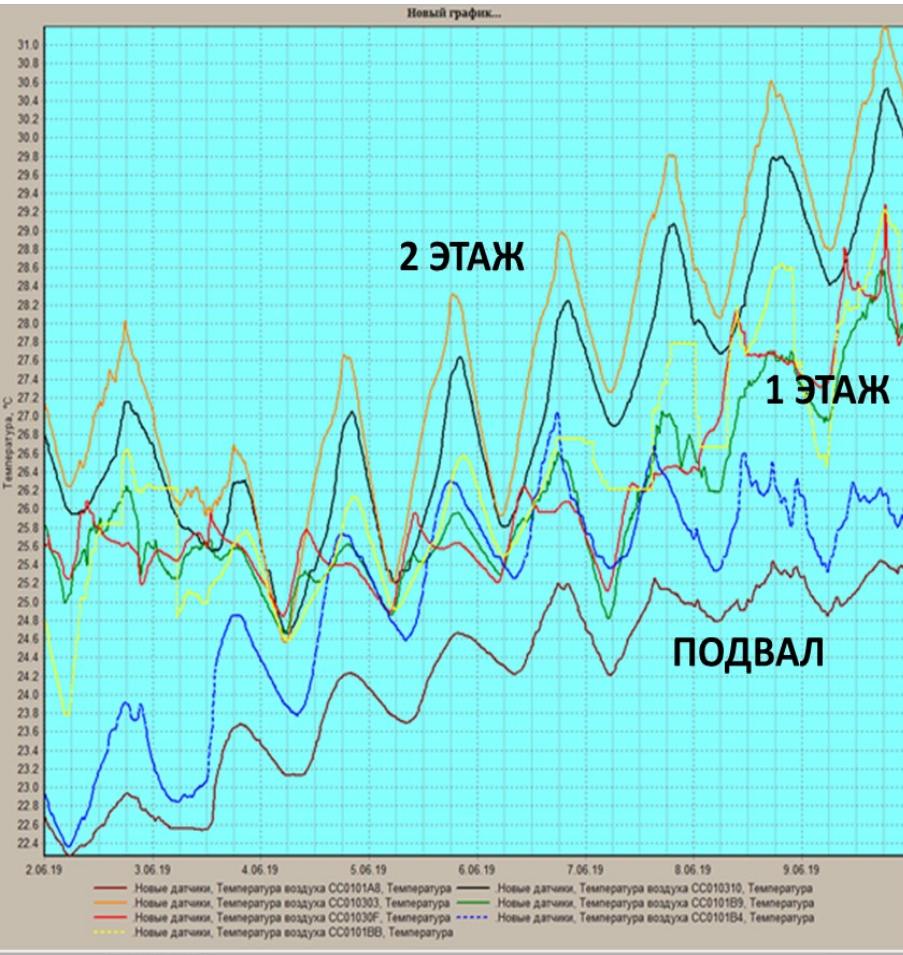




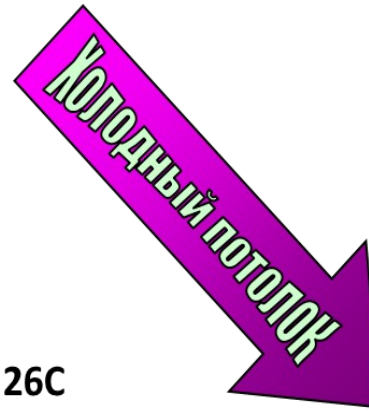


# МОНИТОРИНГ ЛЕТНЕГО ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА В ДОМЕ В 2019 ГОДУ ДО И ПОСЛЕ УСТАНОВКИ СИСТЕМЫ ПОТОЛОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ г.

## ТЕМПЕРАТУРЫ В ДОМЕ СО 2 ПО 9 ИЮНЯ 2019 ГОДА

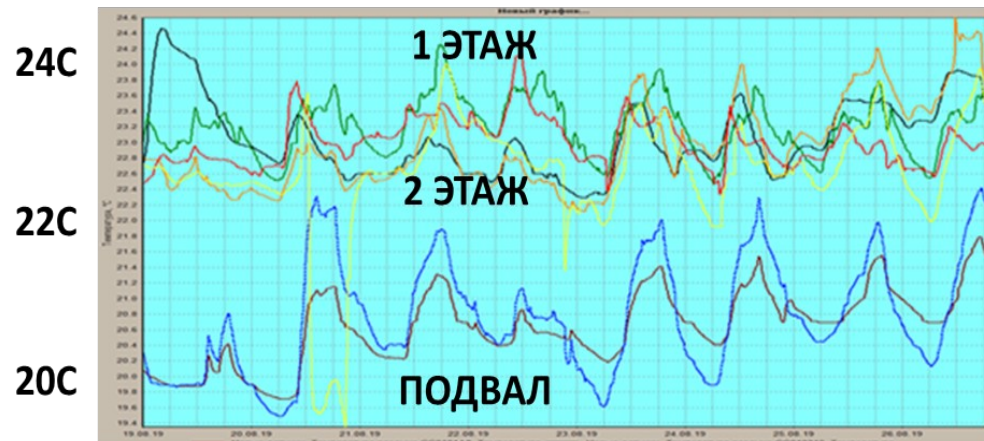


31С



26С

## ТЕМПЕРАТУРЫ В ДОМЕ С 19 ПО 26 АВГУСТА 2019 ГОДА



24С

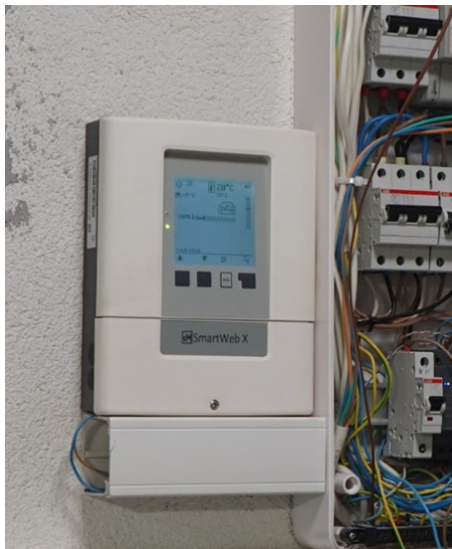
22С

20С



# СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ УМНОГО ДОМА

## ТеплоМОНИТОР ГидроЛОГО Управление системой



## ПТК «ПОЛИТЕР» НПП ПОЛИТЕХ-АВТОМАТИКА Сбор и хранение параметров



**Контур ГВС**

ВЫКЛЮЧЕНО | РАСШИРЕНИЕ  
ЭКОНОМ | КОМФОРТ

Темп. ГВС 31.4 °C  
T комфорт 10.0

**1-ый этаж**

ВЫКЛЮЧЕНО | РАСШИРЕНИЕ  
ЭКОНОМ | КОМФОРТ

Комнатный датч. 20.5 °C  
T комфорт. 20.0  
T эконом 15.0

**2-ой этаж**

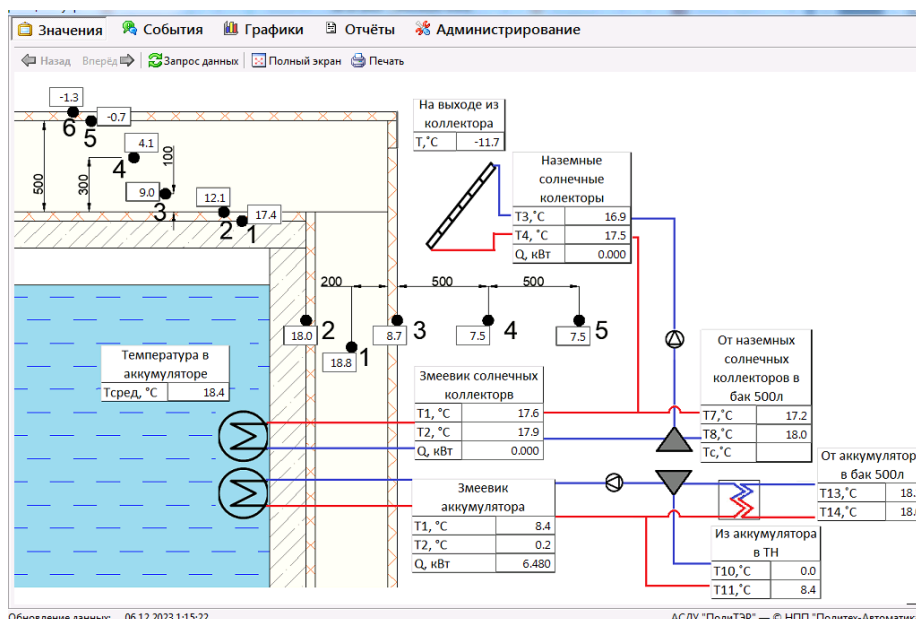
ВЫКЛЮЧЕНО | РАСШИРЕНИЕ  
ЭКОНОМ | КОМФОРТ

Комнатный датч. 20.9 °C  
T комфорт. 21.0

**2 этаж**

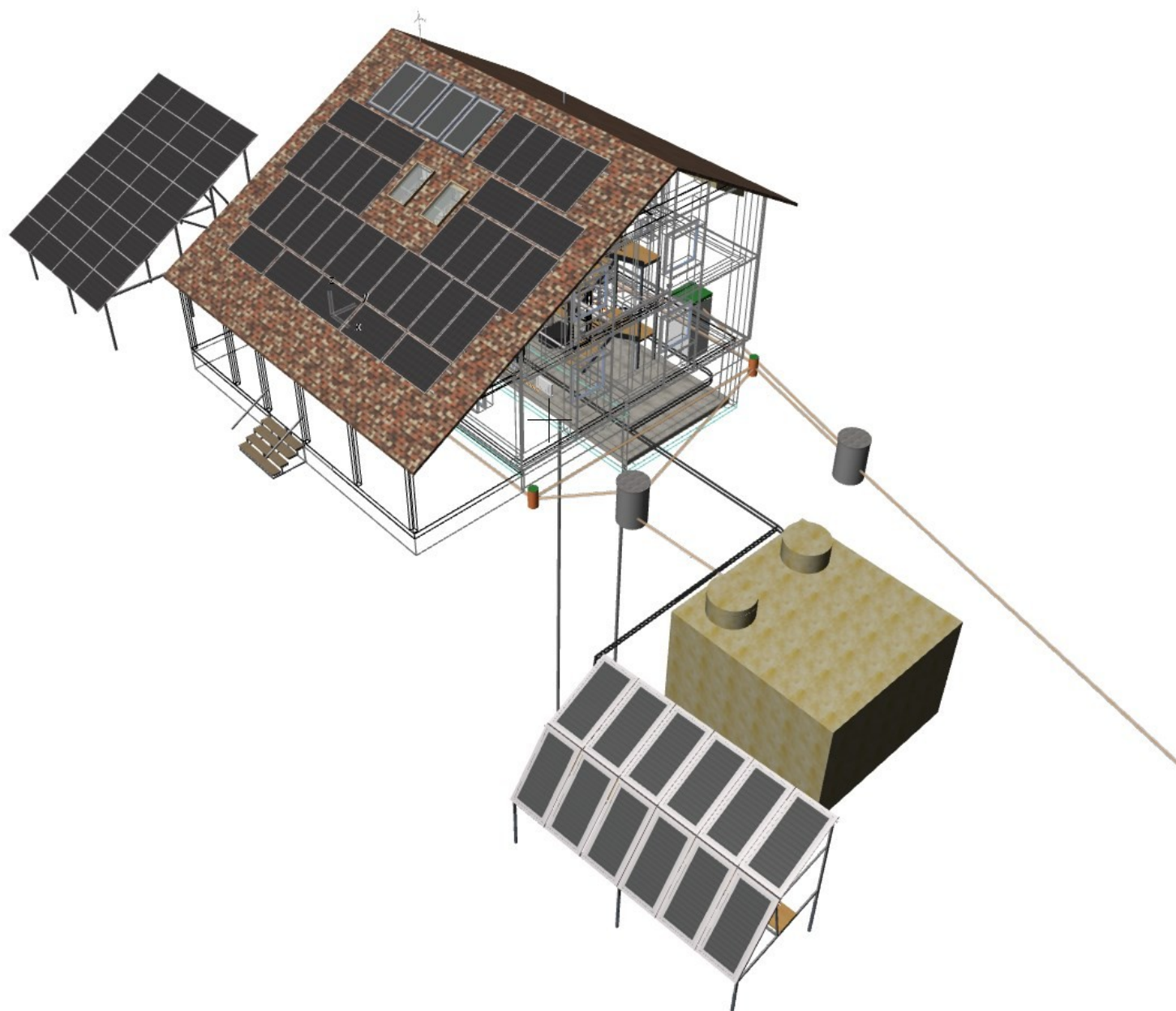
ВЫКЛЮЧЕНО | РАСШИРЕНИЕ  
ЭКОНОМ | КОМФОРТ

Комнатный датч. 21.0 °C  
T комфорт. 20.0





# ВІМ-МОДЕЛЬ СИСТЕМИ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ДОМА С ПОДЗЕМНЫМ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРОМ И СОЛНЕЧНЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ



# ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ДОМ С НАВЕСОМ ИЗ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ



32 СП

DELTA BST

320-24M

10,24 кВт

4 СК ЯSOLAR 8м<sup>2</sup>

10 СП DELTA BST 360-24M

10 СП DELTA BST 380-72M

10 СП DELTA BST 450-72 М НС

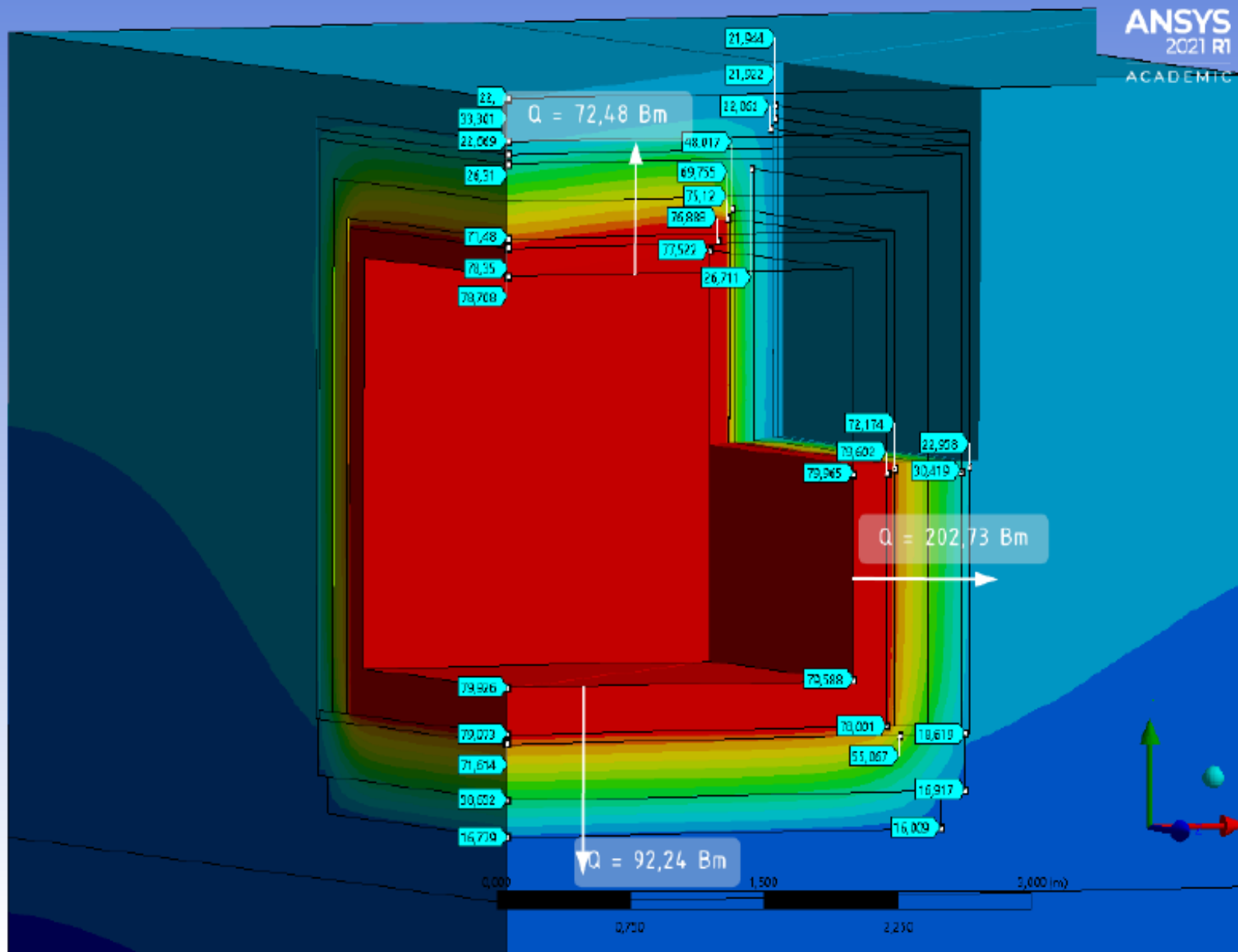
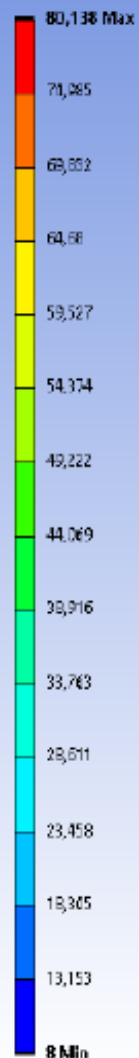
11,9 кВт

12 СК ЯSOLAR 24м<sup>2</sup>

**В 2020-2022 годах были установлены солнечные панели мощностью 22,14 кВт**

# МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУР В ПОДЗЕМНОМ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРЕ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ И ГРУНТЕ

ANSYS  
2021 R1  
ACADEMIC





# СТРОИТЕЛЬСТВО ПОДЗЕМНОГО ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА



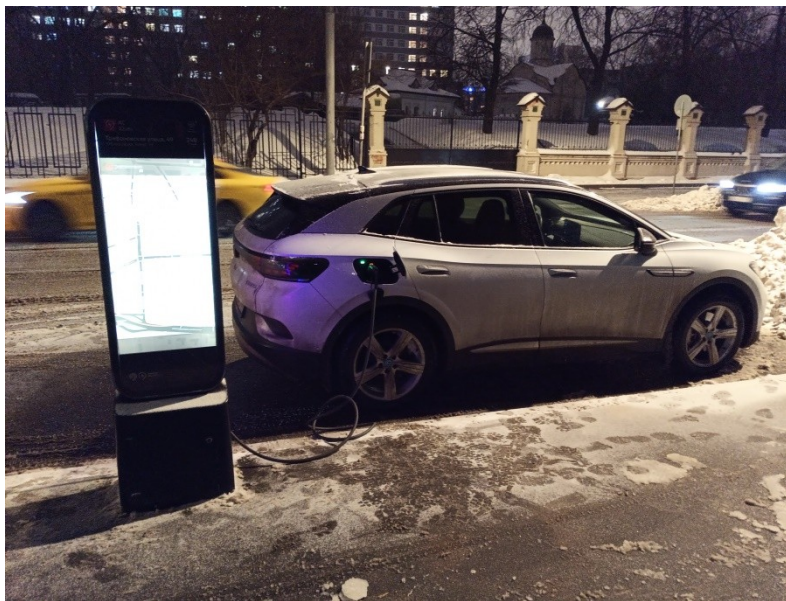


# МОНТАЖ СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ (32 ШТ. ПО 320 Вт) НА НАВЕСЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ И ЗАРЯДНОЙ СТАНЦИИ TOUCH





# ЗАРЯДКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ НА МЕДЛЕННЫХ И БЫСТРЫХ ЗАРЯДНЫХ СТАНЦИЯХ СЕТИ «ЭНЕРГИЯ МОСКВЫ»



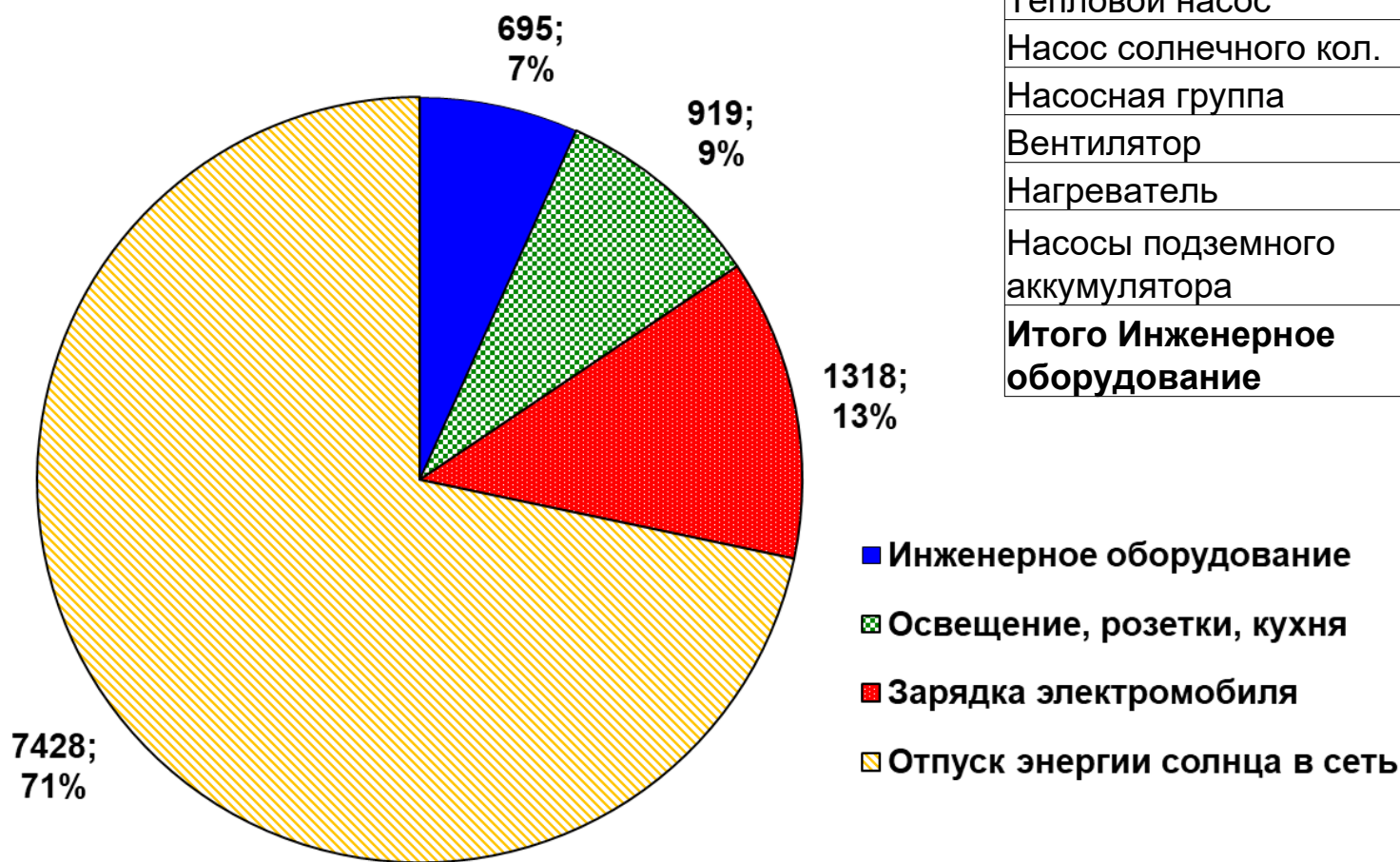


# ПРОЙДЕННОЕ РАССТОЯНИЕ И РАСХОД ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЗАРЯДКУ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ В ИЮНЕ - ДЕКАБРЕ 2023 Г.

Июнь - декабрь 2023 года	Прой- дено	Заряжено		Уд. расход	Цена	Заплачено	
Тип зарядки (заправки)	км	кВт·ч (л)	%	кВт·ч/100 км (л/100 км)	руб./кВт·ч (руб./л)	руб./ 100 км	руб.
Домашняя зарядка, 7 кВт	2657	476	36%	17,9	3,37	60	1606
Медленная зарядка, 7 кВт	2031	503	38%	24,7	0	0	0
Быстрая зарядка, 150 кВт	1293	339	26%	26,2	0	0	0
<b>Всего зарядка электромобиля</b>	<b>5981</b>	<b>1318</b>	<b>100%</b>	<b>22,0</b>	<b>1,22</b>	<b>27</b>	<b>1606</b>
<b>Автомобиль с ДВС на бензине</b>	<b>5981</b>	<b>658</b>	<b>100%</b>	<b>11,0</b>	<b>55,0</b>	<b>605</b>	<b>36185</b>
<b>Экономия на электромобиле</b>	<b>5981</b>					<b>578</b>	<b>34579</b>

**ЗАТРАТЫ НА ЗАРЯДКУ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ В 22 РАЗ МЕНЬШЕ РАСХОДОВ  
НА БЕНЗИН АВТОМОБИЛЯ С ДВС ЗА 7 МЕСЯЦЕВ ЭКОНОМИЯ СОСТАВИЛА  
БОЛЕЕ 34 ТЫСЯЧ РУБЛЕЙ**

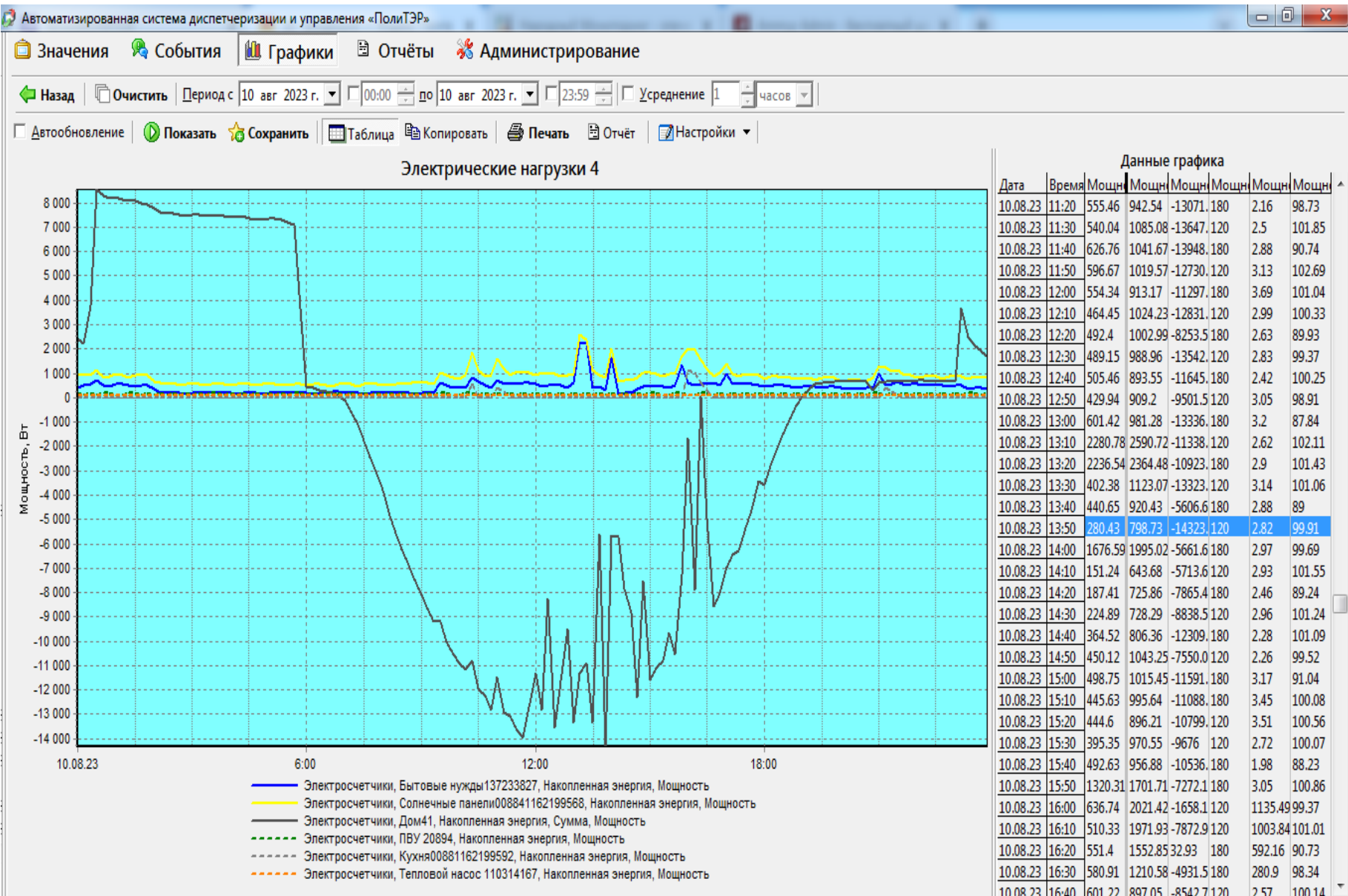
# БАЛАНС ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ДОМЕ И ЗАРЯДКА ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ЗА ИЮНЬ – СЕНТЯБРЬ 2023 ГОДА, 6817 кВт·ч, 100%



Потребление электроэнергии, кВт*ч	Июнь-Сентябрь
Тепловой насос	188
Насос солнечного кол.	62
Насосная группа	81
Вентилятор	228
Нагреватель	54
Насосы подземного аккумулятора	83
<b>Итого Инженерное оборудование</b>	<b>695</b>

Если всю выработанную возобновляемую электроэнергию истратить на зарядку электромобилей, то можно было бы зарядить за этот период более 6 электромобилей.

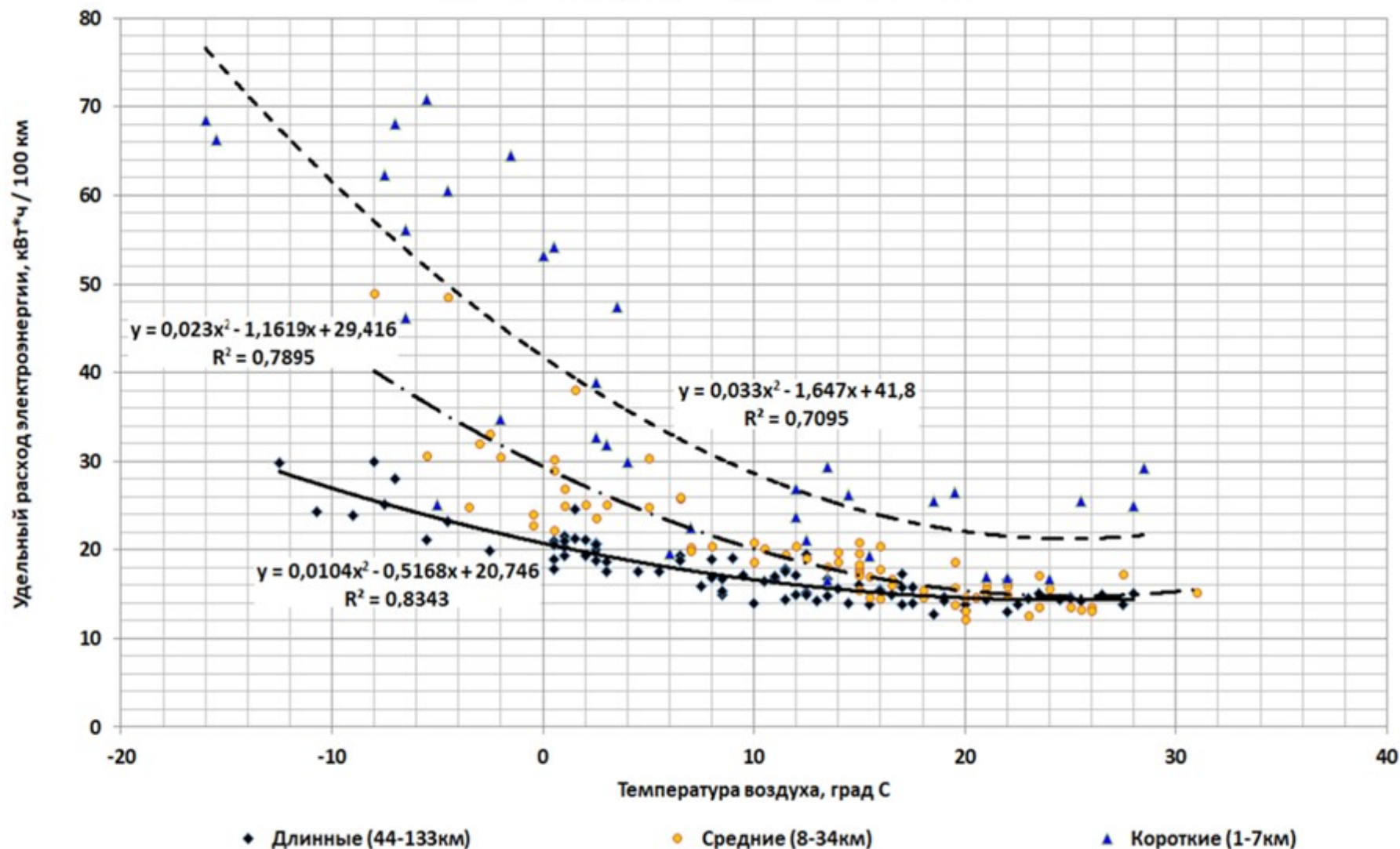
# СУТОЧНЫЙ ГРАФИК ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ НАГРУЗКИ ДОМА С ЗАРЯДКОЙ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ПО НОЧНОМУ ТАРИФУ



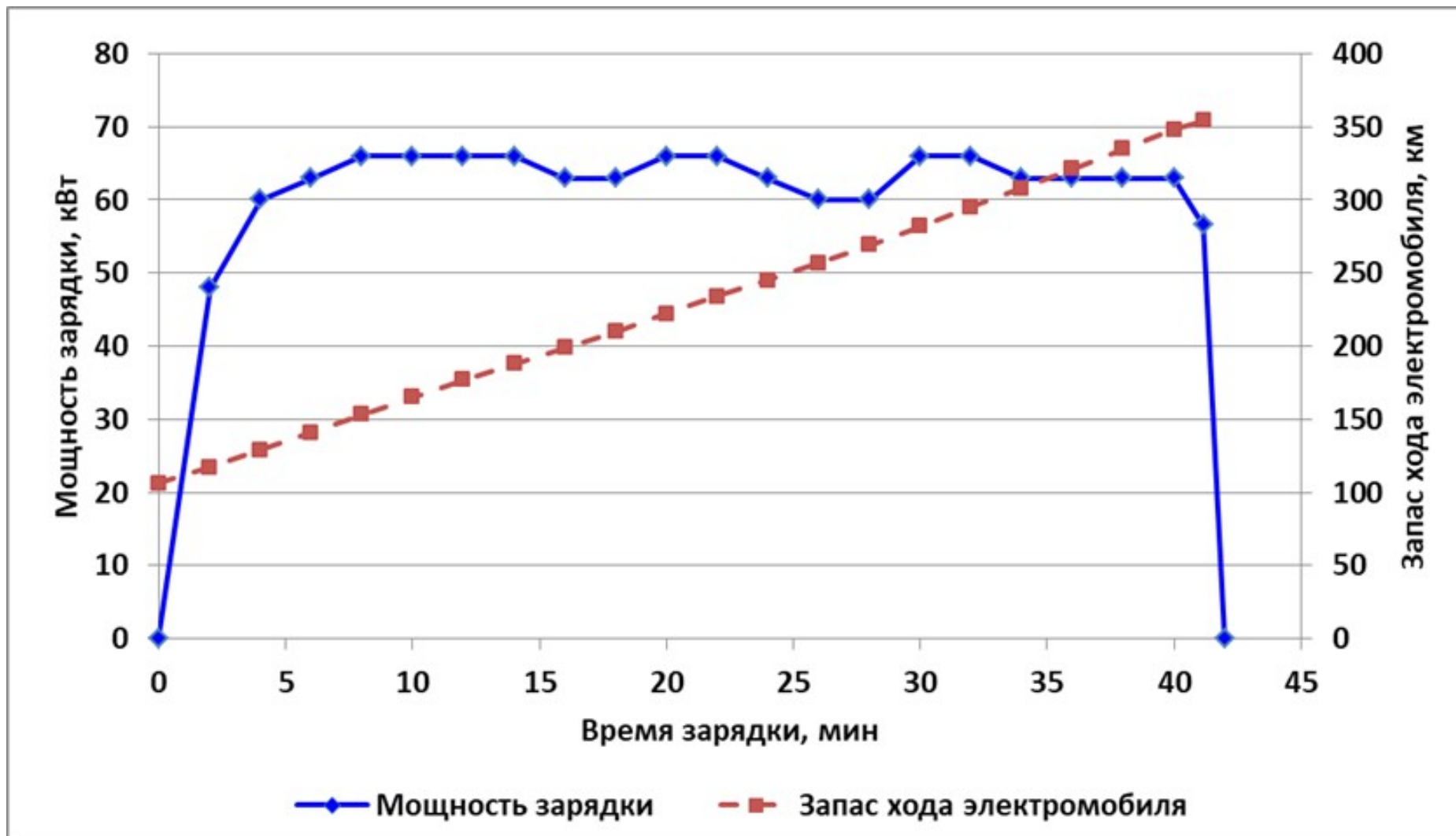


# ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ЗАРЯДКУ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА

Зависимость удельного расхода электроэнергии автомобиля от температуры воздуха на длинных, средних и коротких расстояниях

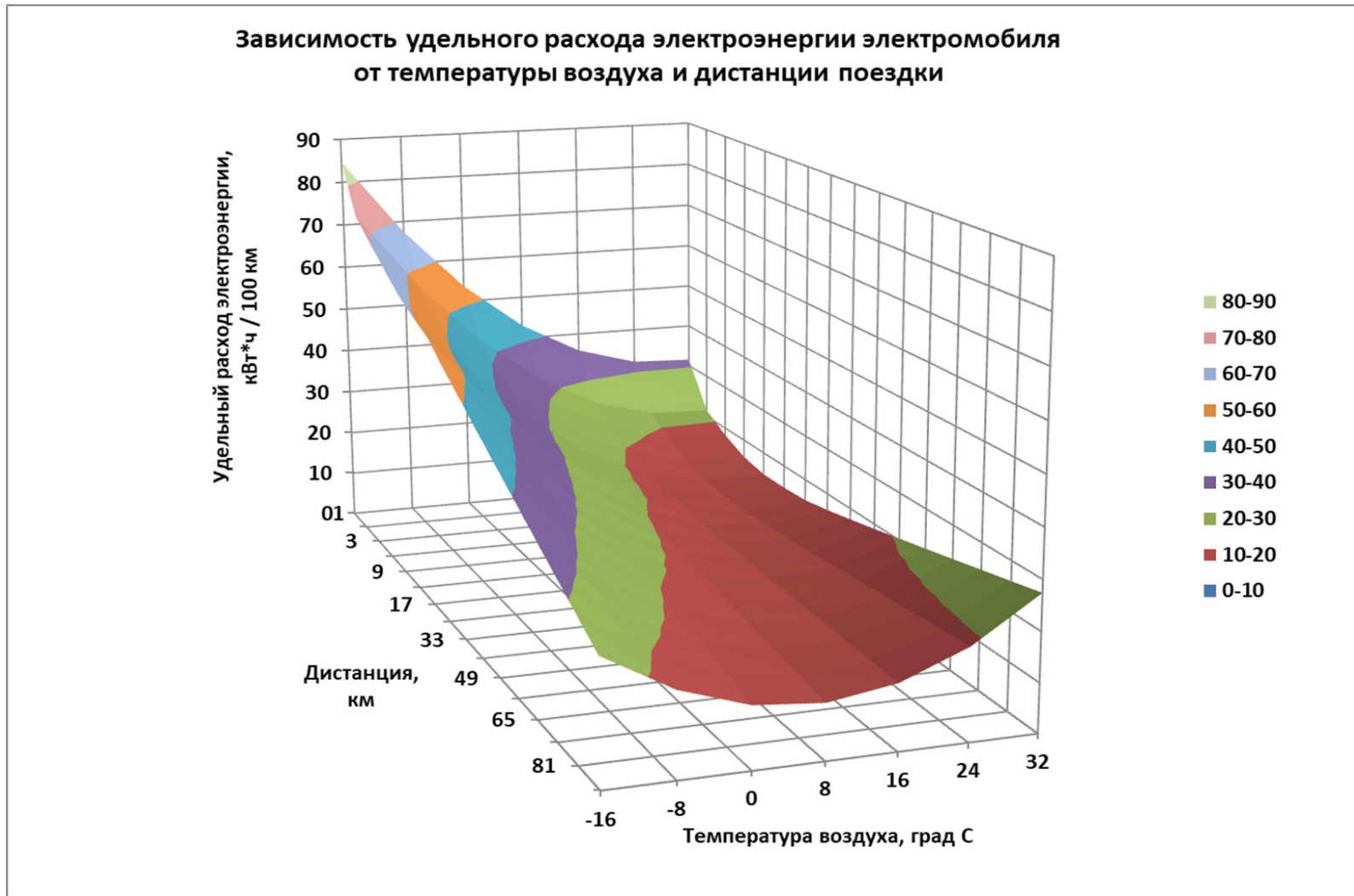


# ГРАФИК БЫСТРОЙ ЗАРЯДКИ ПОСТОЯННЫМ ТОКОМ НА GB/T DC 150 КВТ ВЫСОКОВОЛЬТНОЙ БАТАРЕИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ



Запас хода электромобиля увеличился  
со 107 км (25%) до 354 км (80%)

# ЗАВИСИМОСТЬ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕГО ВОЗДУХА И ДИСТАНЦИИ ПОЕЗДКИ



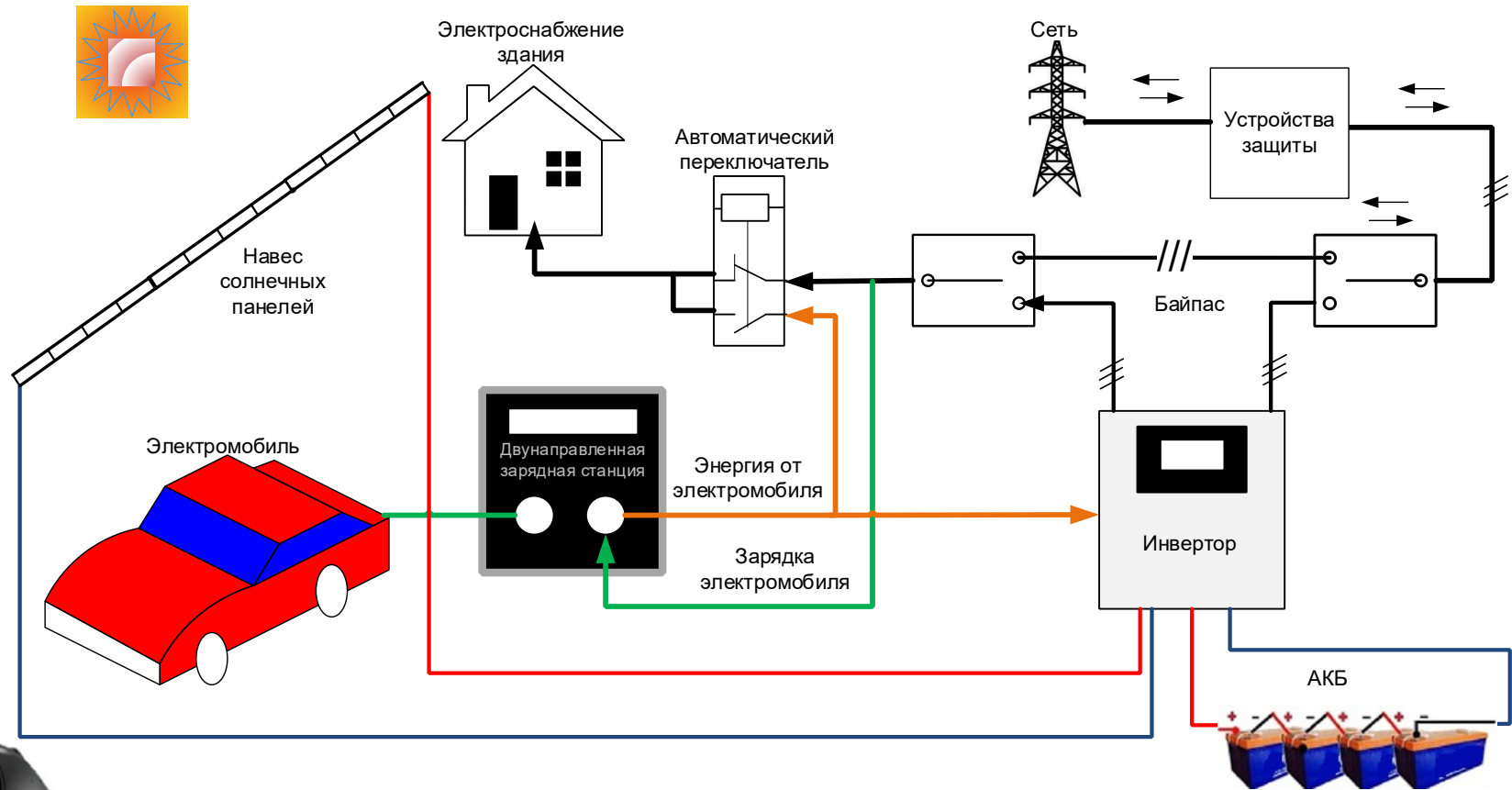
$$E = 13,59 - 1,854 \cdot T + 0,0264 \cdot T^2 + 39,7/L + 321,7/V + 0,0236 \cdot T \cdot V - 342,5/(L \cdot V)$$

Коэффициент детерминации  $R^2 = 86,85\%$

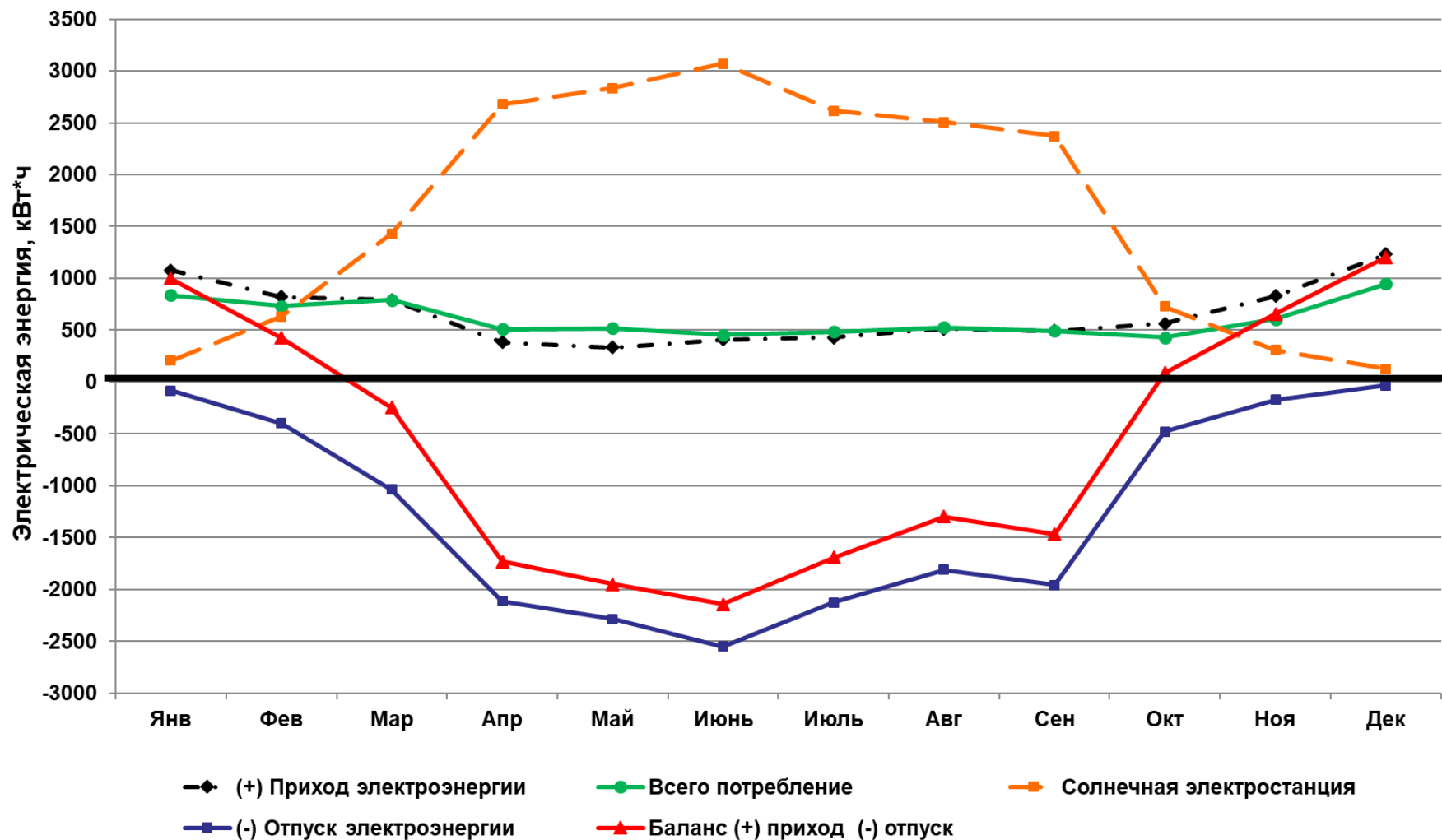
$T$  – температура, град С;  $L$  – дистанция, км;  $V$  – средняя скорость, км/ч



# СХЕМНОЕ РЕШЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ (ФЕВРАЛЬ 2024) VEHICLE TO HOME (V2H) “ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ В ДОМ”



# РЕЗУЛЬТАТЫ ФАКТИЧЕСКОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ И ОТПУСКА В СЕТЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОМ ДОМЕ В 2023 ГОДУ



**Натурный эксперимент подтвердил достижение нулевого энергетического баланса в 2023 году**

# ОЦЕНКА ГОДОВОЙ ЭКОНОМИИ ЭНЕРГИИ И СНИЖЕНИЯ ВЫБРОСОВ ПАРНИКОВЫХ ГАЗОВ ДОМА С НУЛЕВЫМ УГЛЕРОДНЫМ СЛЕДОМ

<b>Показатели</b>	<b>Экономия энергии, МВт·ч / год</b>	<b>Снижение выбросов CO<sub>2</sub>, т / год</b>
<b>Эффект по сравнению с классическим домом</b>	<b>12,6</b>	<b>4,5</b>
<b>Потребление энергии</b>	<b>8,9</b>	<b>3,2</b>
<b>Отпуск электроэнергии в сеть</b>	<b>13,5</b>	<b>4,8</b>
<b>Электромобиль вместо автомобиля с ДВС</b>	<b>1,23 т у.т.</b>	<b>2,5</b>
<b>Общий энергетический и экологический эффект</b>	<b>35,0</b>	<b>15,0</b>



# РОССИЯ ОБЯЗАЛАСЬ ДОСТИЧЬ УГЛЕРОДНОЙ НЕЙТРАЛЬНОСТИ В 2060 ГОДУ

2020 год - Указ Президента РФ «О сокращении выбросов парниковых газов». Необходимо обеспечить «к 2030 году сокращение выбросов парниковых газов до 70% относительно уровня 1990 года».

2021 год - «Стратегия социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года».

- «Реализация интенсивного сценария приведет в 2050 году к сокращению нетто-выбросов парниковых газов на 60% по сравнению с уровнем 2019 года, на 80% по сравнению с уровнем 1990 года».

- Этого удастся добиться, за счет сокращения непосредственно выбросов парниковых газов и за счет компенсации лесами.

Октябрь 2021 года - Президент РФ В.В. Путин на «Российской энергетической неделе-2021»: «Россия будет добиваться достижения углеродной нейтральности не позднее 2060 года».

Перед 26-й Конференцией ООН об изменении климата (РКИК) в Глазго:

- Китай, Бразилия, Казахстан и др. также объявили о намерении достичь углеродной нейтральности к 2060 году.

# УЧЕБНЫЕ ПОСОБИЯ ПО КУРСАМ

Весенний семестр 2023 -2024 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МЭИ»

---

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ НА ОСНОВЕ BIM И BEM ТЕХНОЛОГИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
по курсам

*«Проектирование энергоэффективных зданий на основе BIM и BEM технологий», «Цифровые технологии и инженерное оборудование энергоэффективных зданий», «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий и ЖКХ», «Нетрадиционные возобновляемые источники энергии», «Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем», «Экологическая безопасность»*

для студентов, обучающихся по направлению  
«Теплоэнергетика и теплотехника»

Осенний семестр 2023 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МЭИ»

---

## ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИНЖЕНЕРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ЗДАНИЙ

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ  
по курсам

*«Цифровые технологии и инженерное оборудование энергоэффективных зданий», «Проектирование энергоэффективных зданий на основе BIM и BEM технологий», «Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий и ЖКХ», «Нетрадиционные возобновляемые источники энергии», «Математическое моделирование и оптимизация теплоэнергетических систем», «Экологическая безопасность»*

для студентов, обучающихся по направлению  
«Теплоэнергетика и теплотехника»

# ПРОВЕДЕНИЕ ЗАНЯТИЙ ПО КУРСАМ

