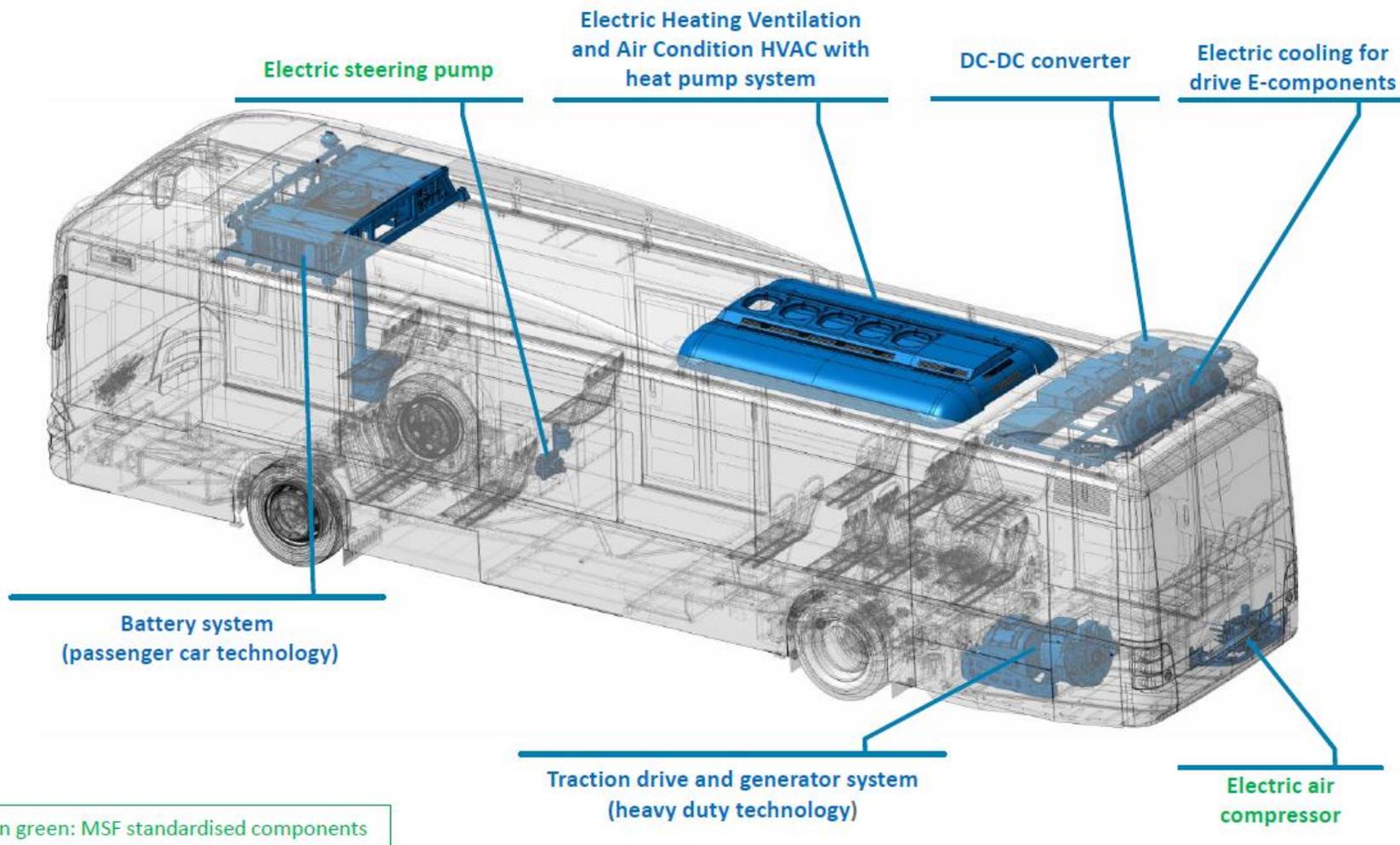
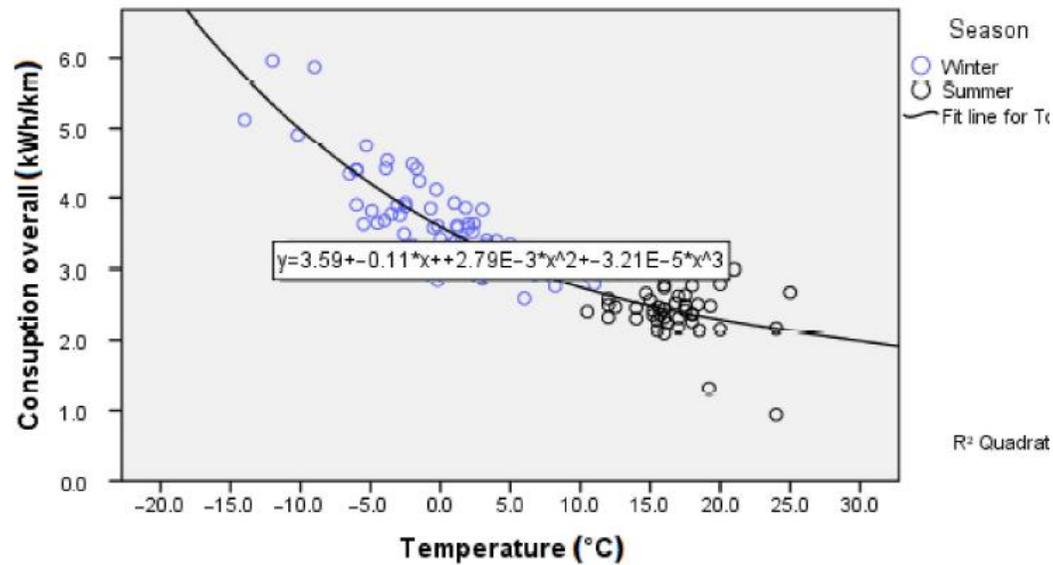


ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК ЭЛЕКТРОБУСА ПРИ РАБОТЕ В ХОЛОДНОЕ ВРЕМЯ ГОДА

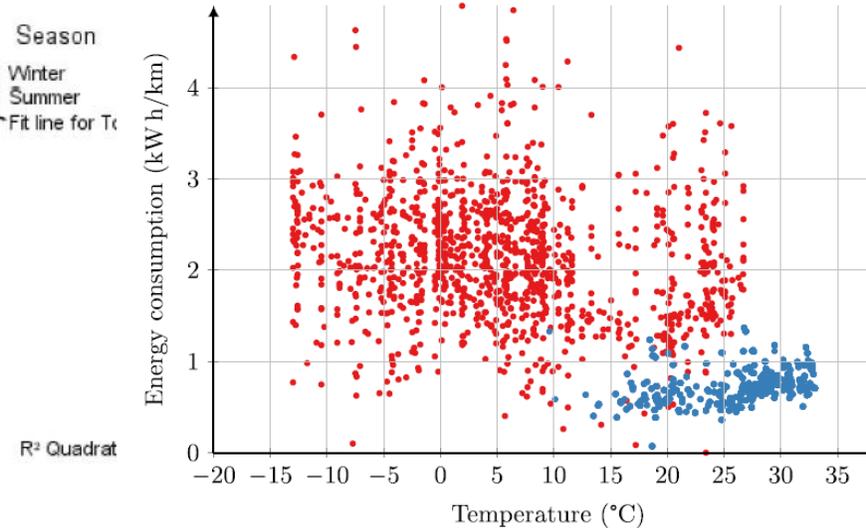
Докладчик: Ермаков Андрей Михайлович
Доцент кафедры Теплотехника и энергетическое
машиностроение
КНИТУ-КАИ

Структура электробуса





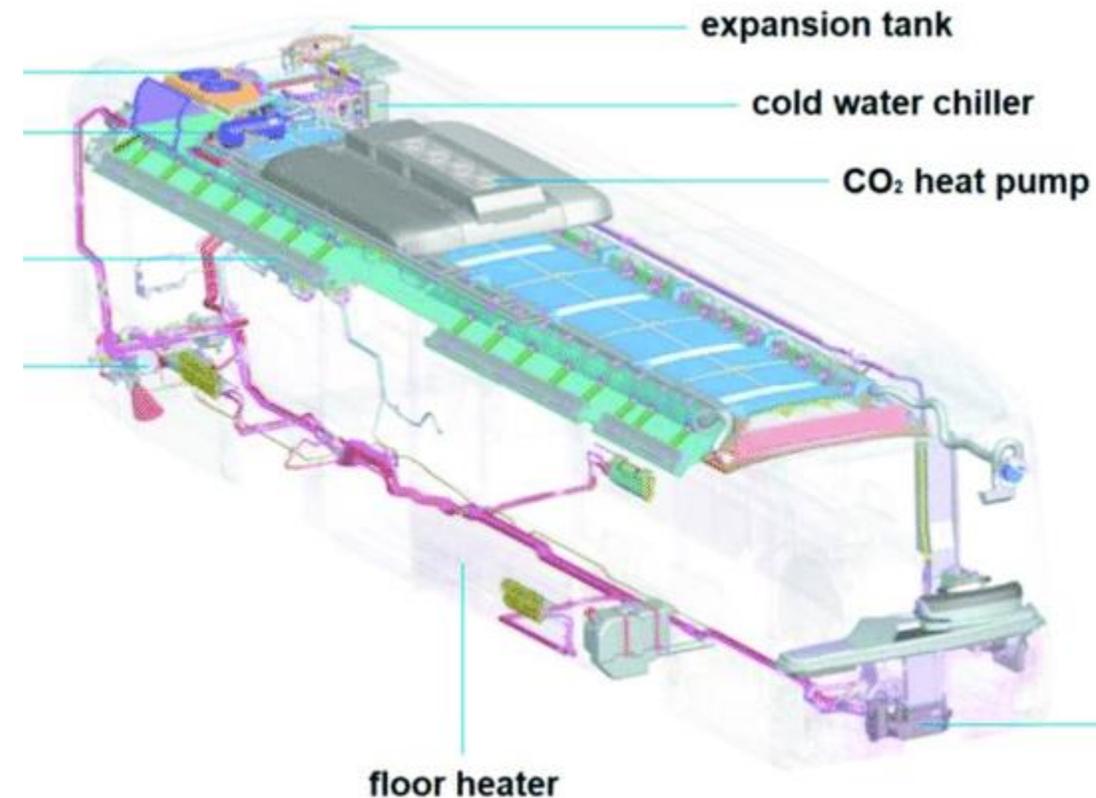
Čulík, K.; Štefancová, V.; Hrudkay, K.; Morgoš, J. Interior Heating and Its Influence on Electric Bus Consumption // Energies 2021, 14, 8346.

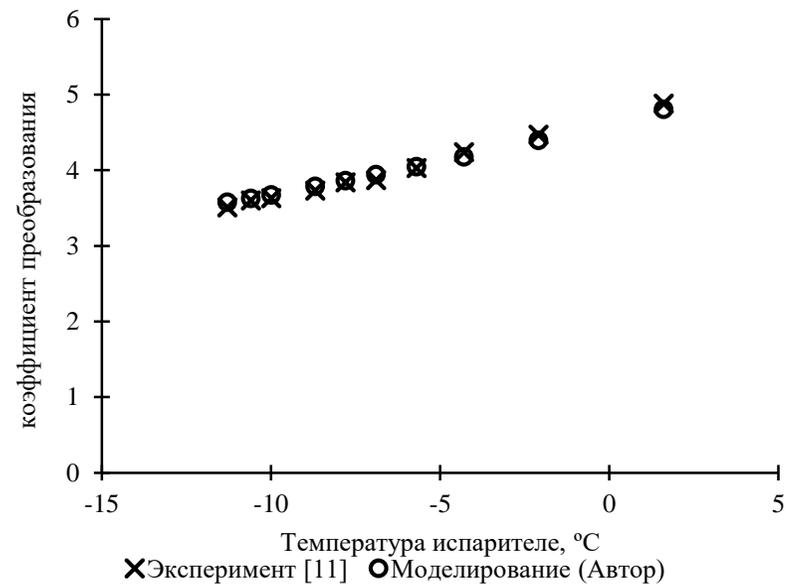
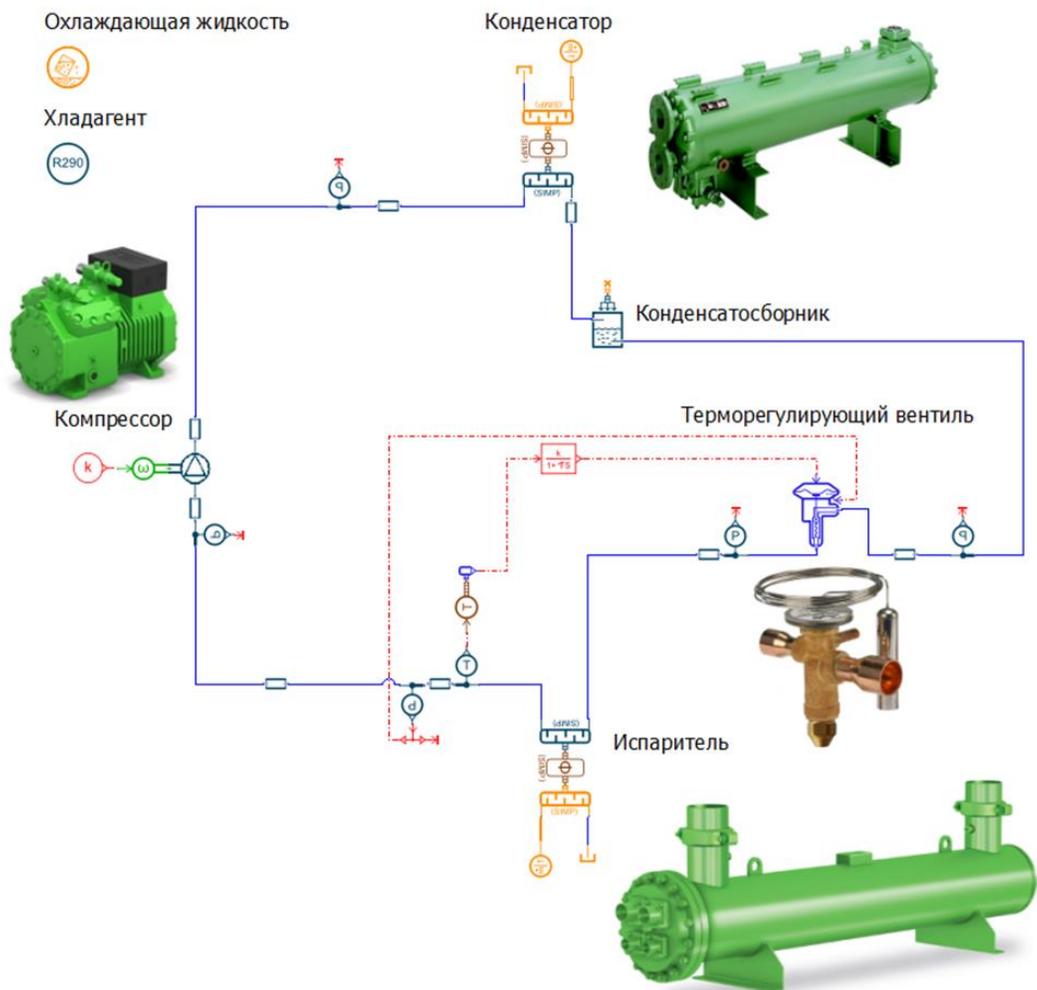


Hjelkrem O. A., Lervåg K. Y., Babri S., Lu C., Södersten C. J. A battery electric bus energy consumption model for strategic purposes: Validation of a proposed model structure with data from bus fleets in China and Norway // Transportation Research Part D: Transport and Environment. 2021. 94. 102804.

В качестве путей повышения эффективности климатической установки в холодный период рассмотрим следующие:

- выбор наиболее подходящего рабочего тела;
- применение регенеративного теплообменного аппарата, для повышения эффективности термодинамического цикла парокомпрессионной машины;
- использование объединенной системы терморегулирования.





Экспериментальные данные из работы:

Paul Byrne, Jacques Miriel, Yves Lenat. Experimental study of an air-source heat pump for simultaneous heating and cooling – Part 1: Basic concepts and performance verification // Applied Energy. Vol. 88, Issue 5, 2011, Pages 1841-1847.

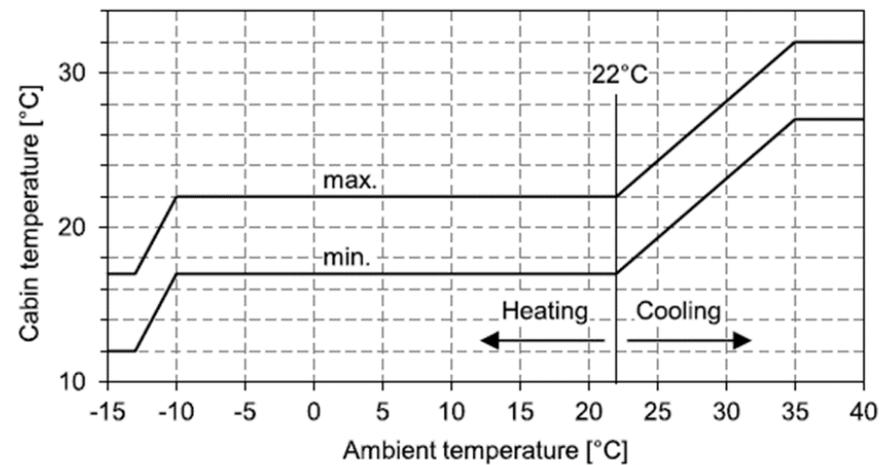
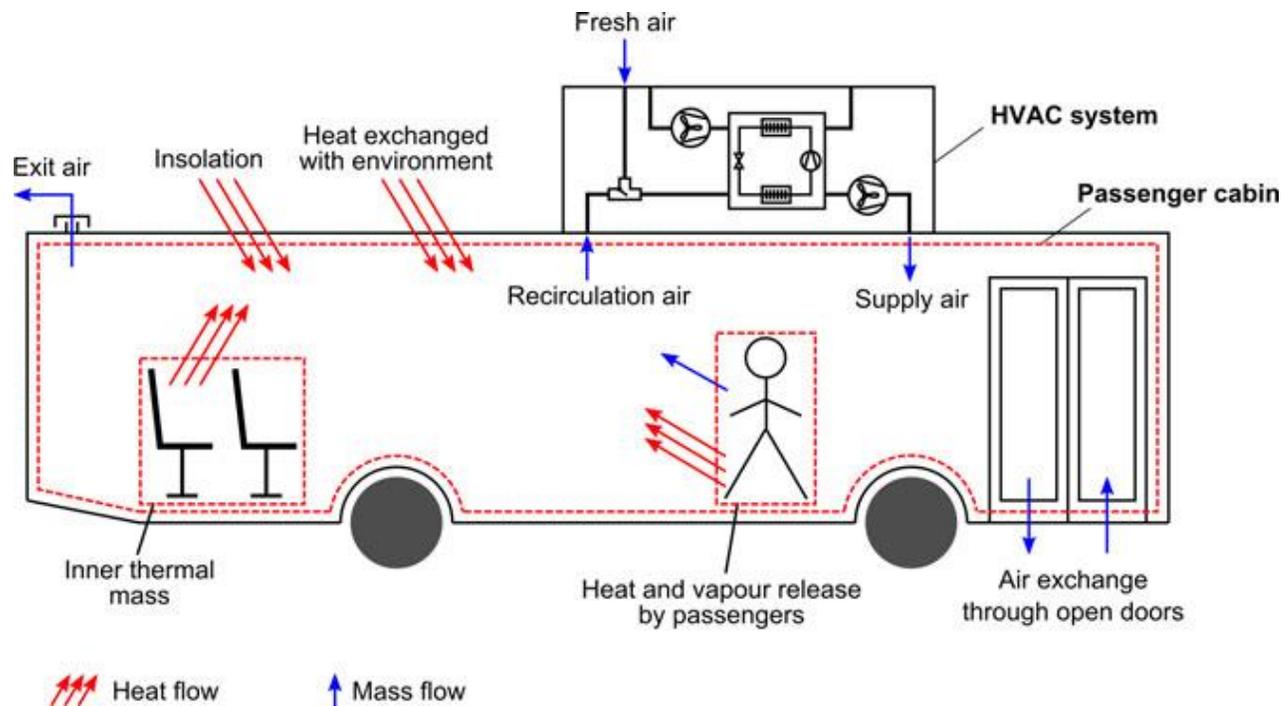
Фреон	$t_{гор.}, ^\circ C$	$t_{хол.}, ^\circ C$	$n, об/мин$	$N_k, Вт$	$Q_{исп.}, Вт$	$Q_{конд.}, Вт$	ϵ
R134a	40	15	1450	5 432	22 337	27 316	4,11
R290	40	15	1450	7 143	27 138	33 932	3,80
R404a	40	15	1450	8 346	32 806	40 737	3,93
R407c	40	15	1450	10 416	30 177	40 019	2,90
R410a	40	15	1450	12 044	43 294	54 676	3,59
R507a	40	15	1450	8 496	32 707	40 753	3,85
R600a	40	15	1450	2 836	13 017	15 156	4,59
R744	40	15	600	24 277	47 771	71 199	1,97
R1234yf	40	15	1450	4 849	21 061	25 638	4,34

При подобранном оборудовании фреоны R404a, R407c, R410a, R507a и R744 позволяют добиться требуемой холодопроизводительности в 30 кВт.

Фреон	$t_{гор.}, ^\circ\text{C}$	$t_{хол.}, ^\circ\text{C}$	$N_k, \text{Вт}$	$Q_{исп.}, \text{Вт}$	$Q_{конд.}, \text{Вт}$	μ
R134a	20	-30	2 074	4 340	5 749	2,77
R290	20	-30	4 435	7 844	11 993	2,70
R404a	20	-30	5 017	9 734	14 131	2,82
R407c	20	-30	4 378	8 428	11 870	2,71
R410a	20	-30	7 269	14 644	20 544	2,83
R507a	20	-30	5 187	10 455	14 952	2,88
R600a	20	-30	1 142	2 781	3 428	3,00
R1234yf	20	-30	2 519	5 243	7 236	2,87

Наиболее подходящими рабочими телами для работы климатической установки в режиме теплового насоса являются фреоны R404a (14,1 кВт), R410a (20,5 кВт) и R507a (14,9 кВт), при этом коэффициенты преобразования составляют 2,82-2,88.

Длина рекуператора, мм	N_k , Вт	$Q_{\text{исп.}}$, Вт	$Q_{\text{конд.}}$, Вт	$Q_{\text{инх.}}$, Вт	μ
500	7 939	13 295	20 769	610	2,69
1000	7 987	13 700	21 184	1 033	2,78
1500	8 019	14 003	21 484	1 343	2,85
2000	8 001	14 292	21 658	1 567	2,9
2500	7 860	14 643	21 645	1 714	2,97



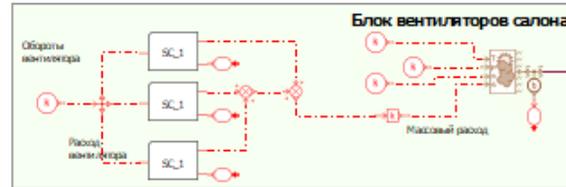
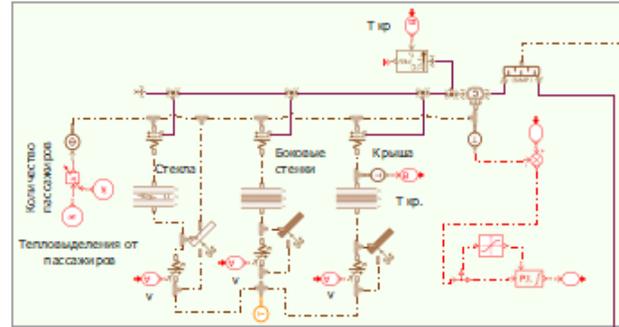
Система терморегулирования



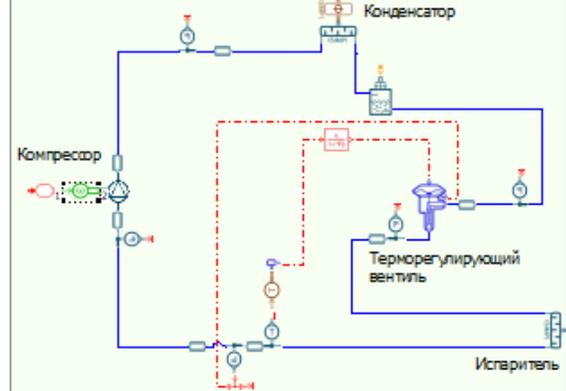
Блок задания параметров

- Коэффициент нагрузки
- Целевая температура в салоне
- Скорость, м/с: Vcar
- Солнечная радиация
- Свойства материалов
 - Антифриз Хладагент
- Условия окружающего воздуха
- Материал батарей
- Материалы салона
 - 1 - Стекло
 - 2 - Сталь
 - 3 - Пенополиуретан
 - 4 - Внутренний материал

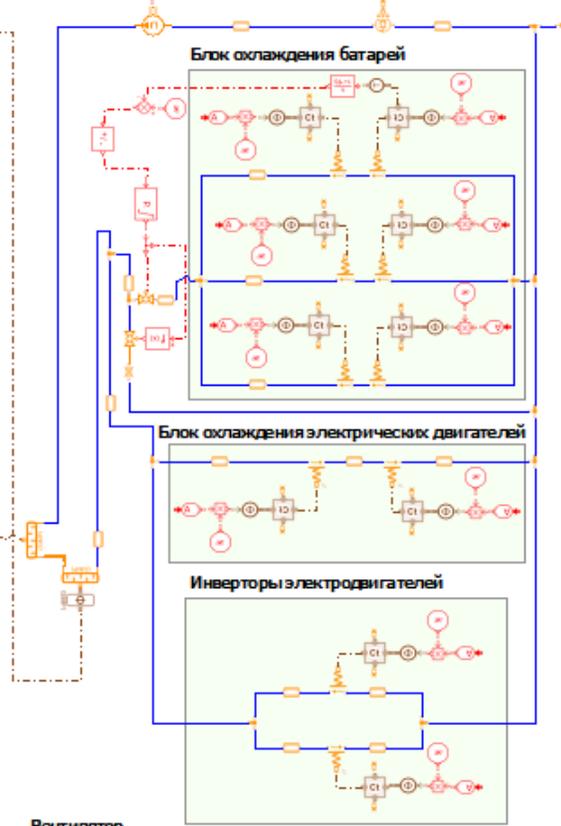
Салон электробуса



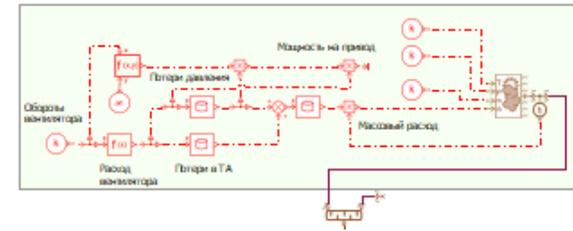
Парокомпрессорная установка



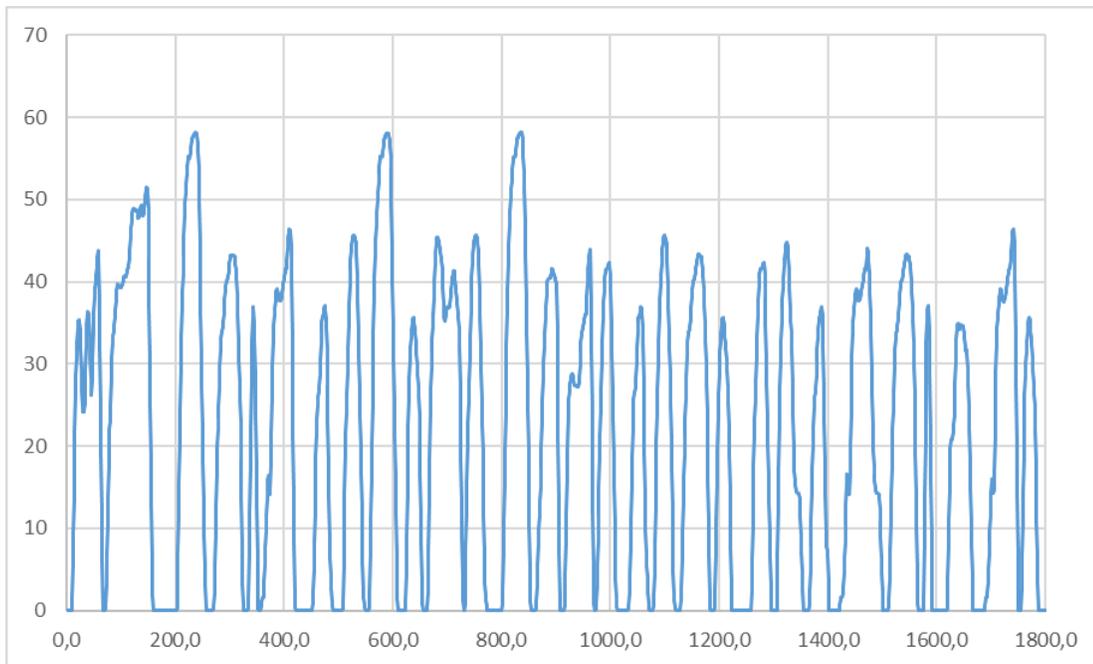
Насос



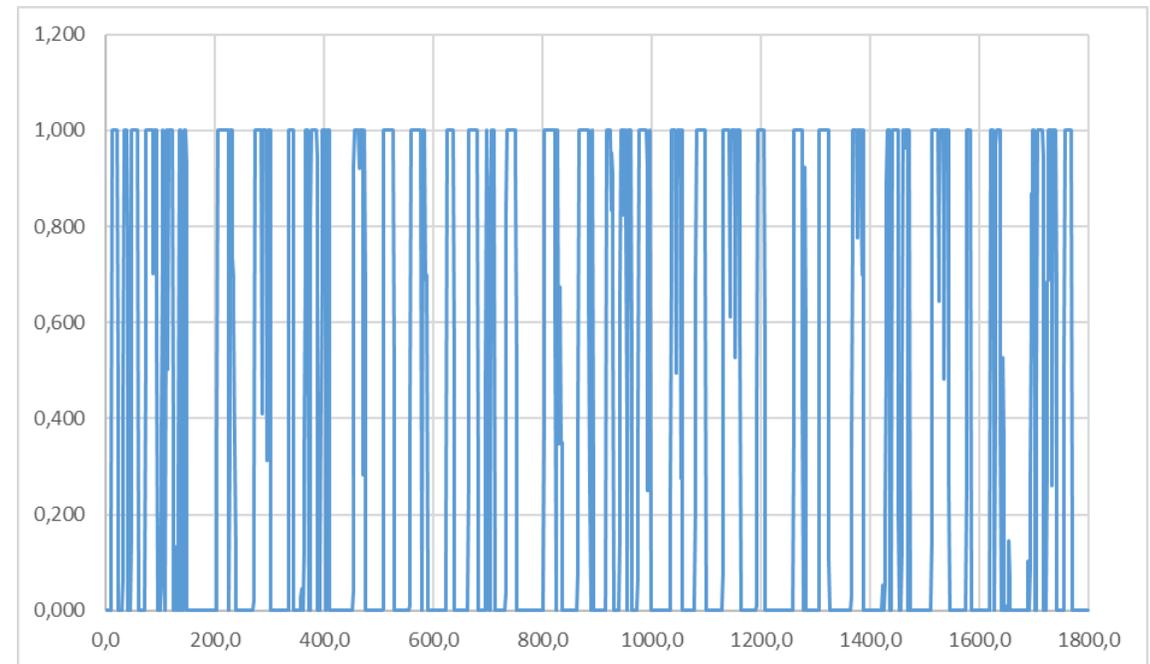
Вентилятор



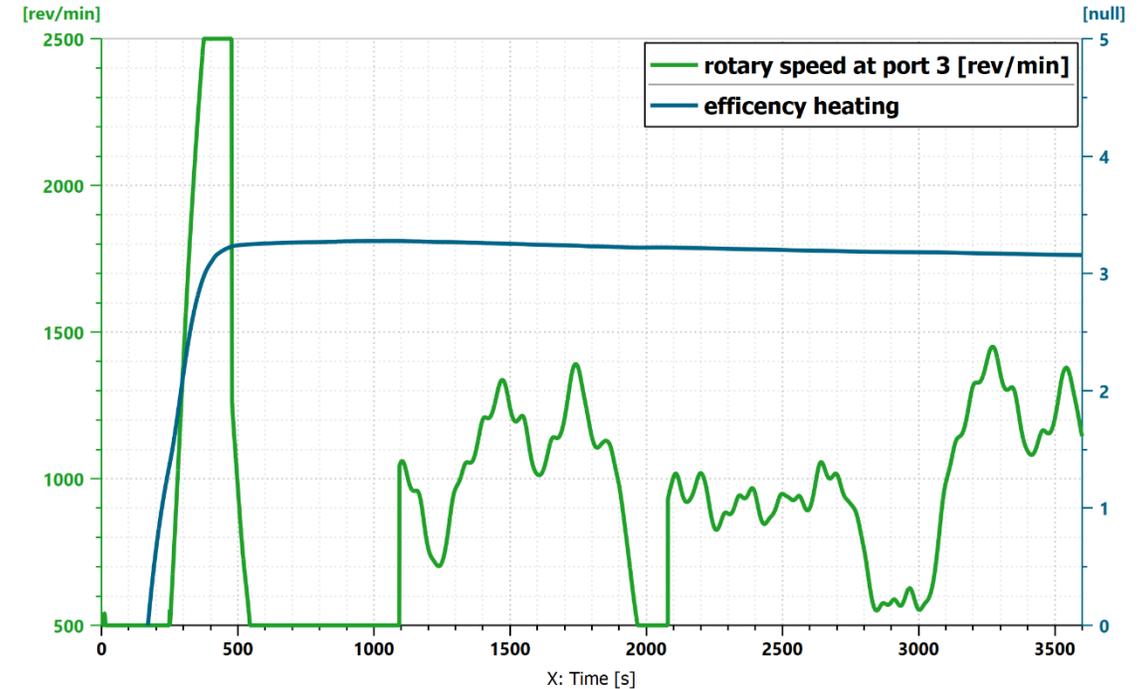
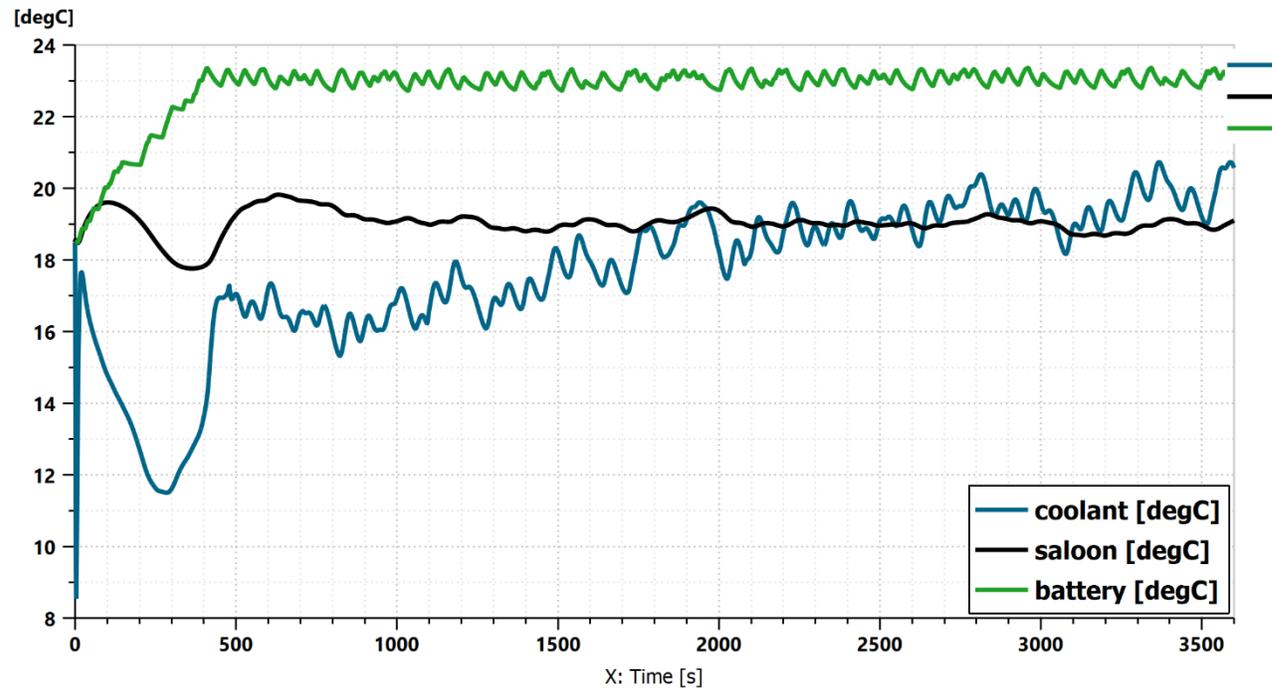
Цикл Braunschweig City Driving Cycle был разработан в Техническом университете Брауншвейга. Это транзитный график, имитирующий вождение городского автобуса с частыми остановками.



Скорость, м/с



Нагрузка на двигатель



Температура батарей поддерживается в диапазоне 20-25 градусов.
Температура в салоне на уровне 19 градусов.

Коэффициент преобразования больше 3.

Разработаны одномерные модели климатической установки и представлены результаты численного моделирования климатической системы электробуса в холодное время года, которые показывают:

- Наибольшую теплопроизводительность показывают фреоны R404a (14,1 кВт), R410a (20,5 кВт) и R507a (14,9 кВт), коэффициент преобразования при этом составляет 2,82-2,88.
- Применение рекуперативного теплообменного аппарата позволяет поднять эффективность термодинамического цикла парокомпрессионной установки на 11%, а коэффициент преобразования до 2,97.
- Применение объединенной системы терморегулирования позволяют поднять коэффициент преобразования до 3,15.

Все рассмотренные методы повышения позволяют повысить эффективность климатической установки в холодное время года, наиболее перспективным является совместное применение методов в одной климатической установке.