

**УДК 621.316**

А.А. Лиляева, студент гр.ЭПб-221 (КузГТУ)  
Научный руководитель В.А. Воронин, доцент (КузГТУ)  
г. Кемерово

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАКОПИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ДОМАШНЕЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

### **Введение и постановка проблемы.**

В связи с ростом тарифов на электроэнергию население с целью экономии всё чаще стали прибегать к использованию микрогенерации в своём домохозяйстве. Под микрогенерацией, согласно ФЗ «Об электроэнергетике», понимают объект по производству электрической энергии потребителя, присоединенный к электрической сети до 1000 В, используемый потребителем для производства электрической энергии в целях удовлетворения собственных нужд, а также в целях продажи, в случае, если объем выдачи электрической энергии таким объектом составляет не более 15 кВт. При автономной работе объектов микрогенерации (без отпуска электроэнергии в электрическую сеть) актуальным вопросом становится использование систем накопления электроэнергии для снижения ограничений генерируемой мощности в часы минимума электропотребления. Одним из перспективных подходов к определению параметров систем накопления электроэнергии является имитационное моделирование, с помощью которого возможно с точностью описать работу электрических приборов, режимы работы аккумуляторных батарей (АКБ) и микрогенерации.

**Методология.** Имитационное моделирование выполнено на языке программирования python с использованием библиотек numpy и pandas.

Для моделирования электропотребления домохозяйства был использован открытый набор данных «The Individual Household Electric Power Consumption (IHPC)» из портала «UCI Machine Learning Repository», включающий в себя измерения активной и реактивной мощности домохозяйства с шагом в 1 минуту за период в несколько лет

В качестве объекта микрогенерации принята домашняя солнечная электростанция малой мощности. При моделировании солнечной

электростанции использована библиотека `pvlib`, а метеоданные загружены через API NASA POWER для города Кемерово.

Модель солнечной электростанции включает в себя накопитель электроэнергии малой емкости, работа которого описана в виде блок-схемы на рис. 1. Переменные, указанные на блок-схеме: фактическая мощность АКБ ( $P_{bat}$ ); фактическая мощность солнечных панелей ( $P_{gen}$ ); фактическая мощность нагрузки ( $P_{load}$ ); номинальная мощность АКБ ( $P_{nom}$ ); уровень заряда АКБ (SOC).

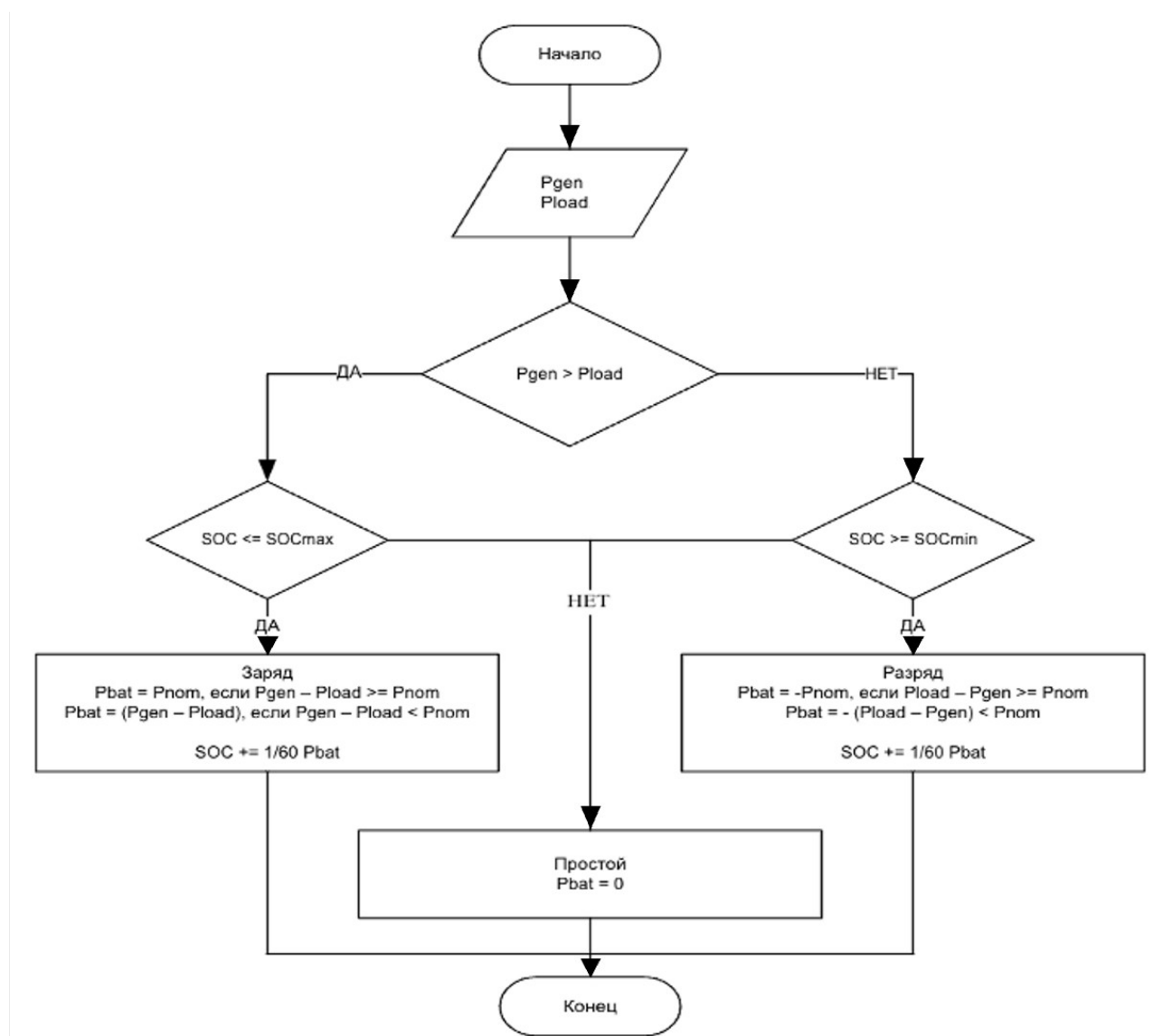


Рис. 1. Блок-схема логики работы накопителя электроэнергии

В работе проведено имитационное моделирование электропотребления домохозяйства с АКБ разной мощности в течение 1 года с шагом в 1 минуту и выполнена оценка окупаемости АКБ. Экономический эффект оценивался как разность между затратами на покупку электроэнергии при отсутствии и наличии АКБ. Тарифы на электроэнергию приняты по данным ПАО «Кузбассэнергосбыт» [1] для семьи из четырёх человек, потребляющей 663 кВт·ч в месяц, а стоимость солнечных электростанций по данным на странице компании «Технолайн» [2].

В статье рассмотрена солнечная панель мощностью 1,5 кВт и АКБ с различными параметрами.

**Результаты и обсуждение.** Пример результатов моделирования графика электропотребления приведен на рис. 2.

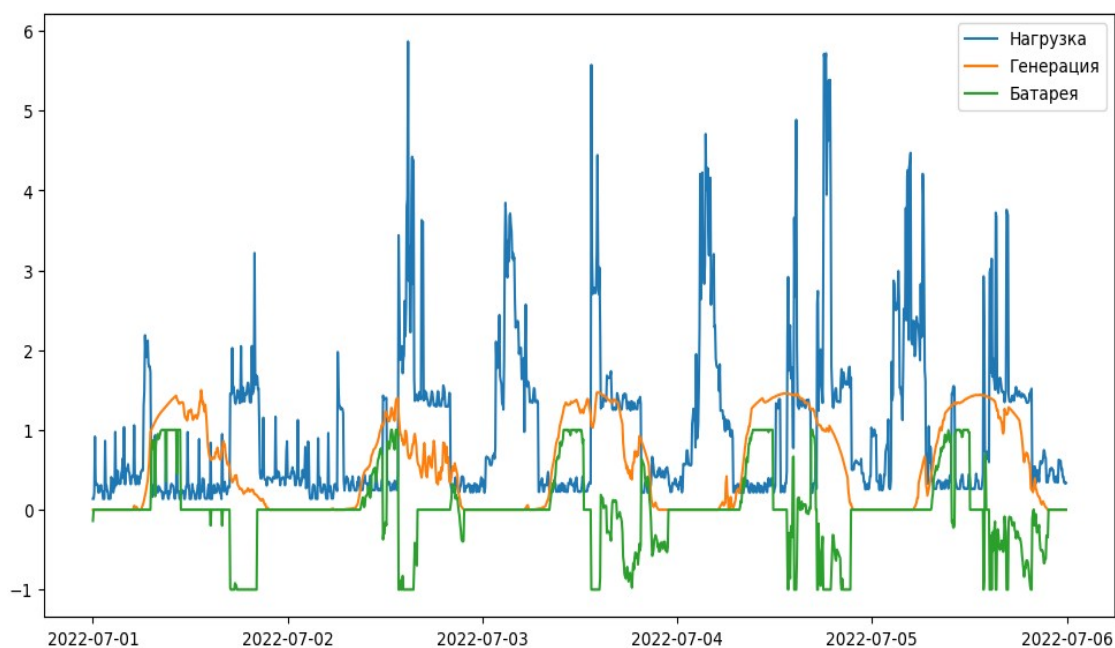


Рис. 2. График электропотребления домохозяйства с солнечными панелями

Как следует из рис. 2, в часы пиковой нагрузки электроэнергия, вырабатываемая солнечными батареями, покрывает примерно третью часть потребляемой электроэнергии, накопление электроэнергии происходит во время отсутствия нагрузки или в часы с наименьшим потреблением.

Для оценки влияния параметров АКБ на величину годовых расходов на покупку электроэнергии была выполнена серия расчетов при различных

показателях мощности и емкости АКБ, по результатам которых составлена тепловая карта (рис. 3). Согласно рис. 3 была определена зависимость – при увеличении мощности свыше 1 кВт и ёмкости более 10 кВт·ч расходы изменяются приблизительно на 1,5 тыс. руб. в год. При повышении значений параметров стоимость АКБ увеличивается значительно, чем оплата электроэнергии. Тем самым выгоднее выбрать значения характеристик – мощность 1 кВт и ёмкость 10 кВт·ч. При данных показателях оплата электроэнергии в год для домохозяйства составляет 25,8 тыс. рублей, стоимость АКБ порядка 17,5 тыс. рублей.

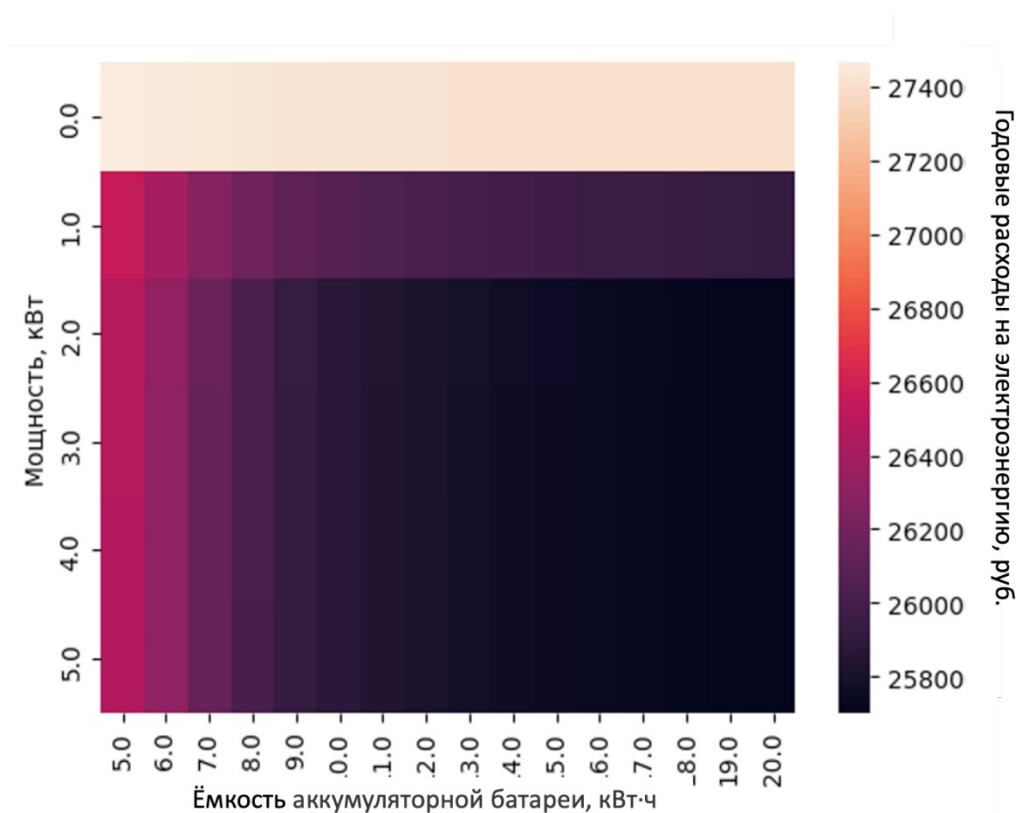


Рис. 3. Тепловая карта электропотребления домохозяйства с АКБ

Была составлена тепловая карта (рис. 4), показывающая срок окупаемости при различных показателях мощности и ёмкости АКБ.

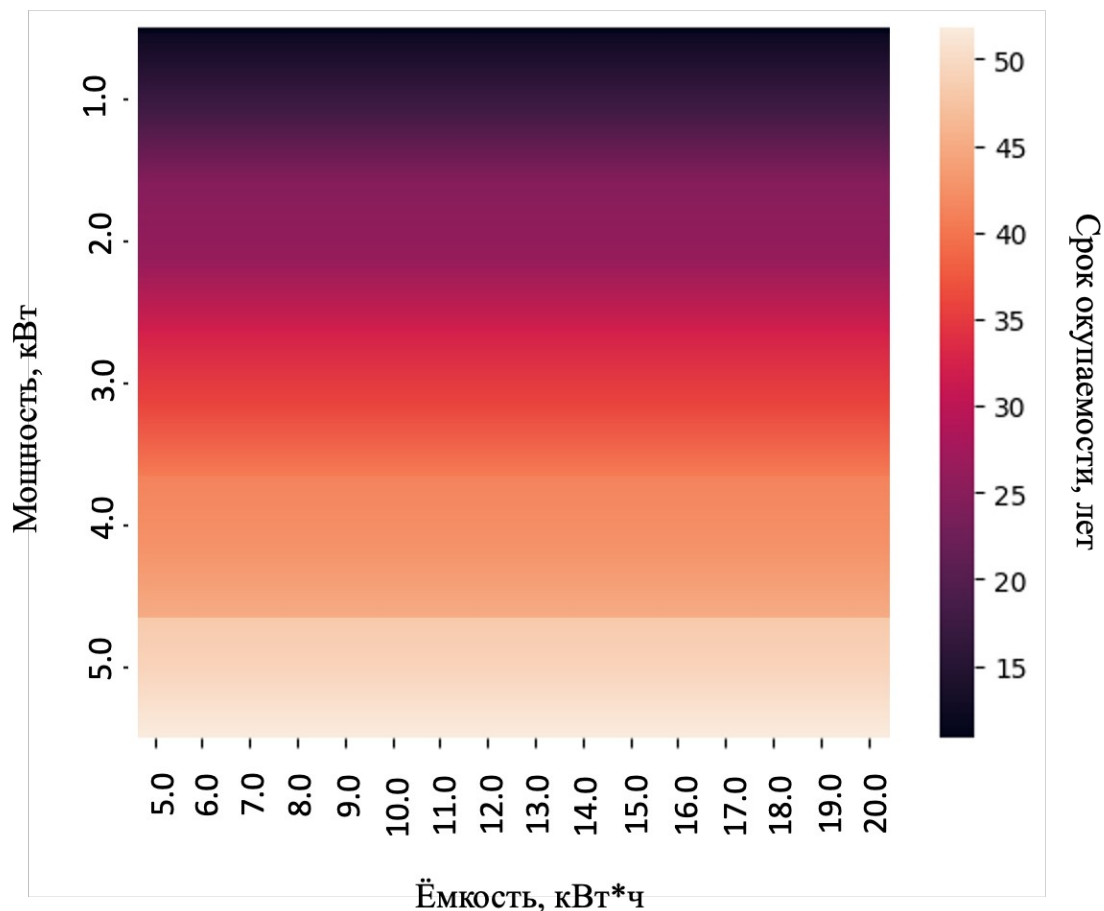


Рис. 4. Тепловая карта срока окупаемости АКБ

Из рис. 4 следует, что на повышение срока окупаемости в большей степени влияет мощность АКБ, увеличивая срок окупаемости от 10 до 50 лет. Минимальный срок окупаемости будет составлять 10 лет и 8 месяцев при мощности 1 кВт и ёмкости в пределах от 5 до 10 кВт\*ч.

**Закключение.** В работе рассмотрено использование методов имитационного моделирования для оценки окупаемости аккумуляторных батарей для домашних солнечных электростанций малой мощности.

По результатам проведенных исследований установлено, что наиболее выгодно для домохозяйств использовать солнечные панели с АКБ мощностью 1 кВт и ёмкостью 10 кВт\*ч согласно технико-экономическим показателям, по причине того, что они покрывают примерно 1,5 от потребляемой электроэнергии, применяясь в часы с наибольшим потреблением, срок окупаемости составляет 10,9 лет.

**Список литературы:**

1. Тарифы [Электронные ресурс] // URL: <https://kuzesc.ru/tariffs> (дата обращения 01.09.2023).
2. Солнечные электростанции с гибридным инвертором для независимого и экономного электропотребления [Электронные ресурс] // URL: <https://e-solarpower.ru/solar/solnechnye-elektrostantsii-dlya-doma-i-dachi/nezavisimost-i-ekonomiya/> (дата обращения 01.09.2023).

**Информация об авторах:**

Лиляева Ангелина Алексеевна, студент гр. ЭПб-221, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [angelinalilaeva@gmail.com](mailto:angelinalilaeva@gmail.com)

Воронин Вячеслав Андреевич, доцент кафедры ЭГПП, старший научный сотрудник НИЛ ЦТПМСК, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, [voroninva@kuzstu.ru](mailto:voroninva@kuzstu.ru)