

РЕГИОНАЛЬНАЯ И ОТРАСЛЕВАЯ ЭКОНОМИКА

Научная статья / Research Article

УДК 631.172

DOI: 10.36718/2500-1825-2025-2-3-16

**Наталья Борисовна Михеева¹, Андрей Владимирович Бастрон²,
Александр Сергеевич Синиченко³**

^{1,2,3} Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

¹balabono8@mail.ru

²abastron@yandex.ru

³insanityz@yandex.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ЖИЛЫХ ДОМОВ

В связи с массовым строительством сельских жилых домов (СЖД) в России, имеющих большую площадь, чем в прежние годы (100–200 м² и более), и оснащении их современными энергонасыщенными системами обогрева, горячего водоснабжения, пищевого приготовления и бытовыми электроприборами актуальными становятся проблемы электроснабжения поселков СЖД, которые сводятся в первую очередь к увеличению расчетной мощности в два раза и более существенной несимметрии нагрузки на трехфазных вводах в дома, что приводит к аварийным режимам работы систем электроснабжения поселков СЖД, особенно в часы аномально низких зимних температур наружного воздуха. Примером может служить зима 2023 г., когда в ряде сельских населенных пунктов Сибири, в т. ч. Красноярского края, случались большие перерывы в электроснабжении. Интеллектуальные системы управления режимами электропотребления СЖД по приоритетному принципу на основе технологий «Умный дом» предназначены для решения вопросов по симметрированию нагрузки на вводах в СЖД, снижению пиков в суточных графиках нагрузок потребителей, выравниванию графиков нагрузки на трансформаторных подстанциях. Непосредственным экономическим эффектом для потребителей будет являться переход от одноставочных электрических тарифов на электрическую энергию ко многоставочным, что в конечном итоге приведет к более быстрой окупаемости задействованных вложений и, что немаловажно, к значительному увеличению комфорта проживающих в доме жильцов. Экономический эффект от внедрения интеллектуальных систем управления электроприемниками «Умный дом» достигается за счет изменения схемы электроснабжения поселка СЖД со снижением величины единовременных затрат; экономии затрат на электроэнергию за счет использования автоматического управления электроприемниками «Умный дом» по приоритетному принципу и дифференцированных тарифов по времени суток; выравнивания графика нагрузки и других факторов. Расчеты показали, что чистый дисконтиро-

ванный доход за три года составит 109 тыс. руб., это говорит об экономической эффективности проекта «Умный дом». Экономический эффект обеспечивает экономия затрат на электроэнергию при использовании системы интеллектуальной системы управления и дифференцированных тарифов по времени суток. По критерию приведенных дисконтированных затрат их значение составляет соответственно по вариантам 12 466,7 тыс. и 6 979 тыс. руб., в проектом варианте они ниже на 50 %, вариант экономически эффективен и может быть реализован.

Ключевые слова: сельский жилой дом, «Умный дом», система электрообеспечения, дифференцированный тариф на электроэнергию, капиталовложения, амортизационные отчисления, затраты на текущий ремонт, чистый дисконтированный доход

Для цитирования: Михеева Н.Б., Бастрон А.В., Синиченко А.С. Технико-экономический аспект использования интеллектуальных систем управления режимами электропотребления сельских жилых домов // Социально-экономический и гуманитарный журнал. 2025. № 2. С. 3–16. DOI: 10.36718/2500-1825-2025-2-3-16.

**Natalya Borisovna Mikheeva¹, Andrey Vladimirovich Bastron²,
Alexander Sergeevich Sinichenko³**

^{1,2,3} Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

¹ balabono8@mail.ru

² abastron@yandex.ru

³ insanityz@yandex.ru

TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECT OF THE USE OF INTELLIGENT CONTROL SYSTEMS FOR POWER CONSUMPTION MODES IN RURAL RESIDENTIAL BUILDINGS

In connection with the mass construction of rural residential buildings in Russia, which have a larger area than in previous years (100–200 m² and more) and equipping them with modern energy-saturated systems of heating, hot water supply, food preparation and household electrical appliances, the problems of power supply to the settlements of the SZD are becoming urgent, which are primarily reduced to an increase in the design capacity by two or more times and a significant asymmetry of the load on three-phase inputs to houses. which leads to emergency modes of operation of the power supply systems of the SZD settlements, especially during the hours of abnormally low winter outdoor temperatures. An example is the winter of 2023, when there were large power outages in a number of rural settlements in Siberia, including the Krasnoyarsk Region. Intelligent systems for managing the modes of power consumption of the SZD on a priority principle based on «Smart House» technologies are designed to solve issues related to load balancing at inputs to the SZD, reducing peaks in the daily load schedules of consumers, and equalizing load schedules at transformer substations (TS). The immediate economic effect for consumers will be the transition from single-rate electricity tariffs to multi-rate ones, which, ultimately, will lead to a faster return on investment and, importantly, to a significant increase in the comfort of residents living in the house. The economic effect from the introduction of intelligent control systems for «Smart House» electric receivers is achieved by: changing the power supply scheme of the SZD village with a reduction in the amount of one-time costs; saving electricity costs through the use of automatic control of Smart Home power receivers on a priority basis and differentiated tariffs by time of day; alignment of the load schedule and other factors. Calculations showed that the net present value (NPV) for three years would be 109 thousand. Rubles, which indicates the economic efficiency of the Smart Home project. The economic effect is

provided by saving electricity costs when using the intelligent control system and differentiated tariffs by time of day. According to the criterion of the given discounted costs, their value is 12466.7 thousand rubles and 6979 thousand rubles, respectively, in the project scenario they are 50% lower, the option is cost-effective and can be implemented.

Keywords: rural residential house, «Smart House», power supply system, differentiated tariff for electricity, capital investments, depreciation charges, costs of current repairs, net present value

For citation: Mikheeva N.B., Bastron A.V., Sinichenko A.S. Technical and economic aspect of the use of intelligent control systems for power consumption modes in rural residential buildings // Socio-economic and humanitarian journal. 2025. № 2. P. 3–16. DOI: 10.36718/2500-1825-2025-2-3-16.



Введение. Строящиеся в настоящее время сельские жилые дома (СЖД) имеют существенно большую площадь, чем построенные даже 10 лет назад (общая площадь дома сегодня составляет 100–200 м²), оснащаются современными бытовыми электроприборами, разнообразие и установленная мощность которых растет с каждым годом. При этом основными потребителями электрической энергии в СЖД являются системы приготовления пищи (электрическая плита, чайник, микроволновая печь, мультиварка, тостер, миксер, сушилка овощей и фруктов, посудомоечная машина и т. д.), горячего водоснабжения (один аккумуляционный электроводонагреватель или аккумуляционный (в ванной) и проточный (на кухне) электроводонагреватели), которые создают существенную несимметрию нагрузки на трехфазных вводах в СЖД. Расчетная мощность таких домов составляет 15 кВт и выше (при использовании электрической или комбинированной системы отопления) [1–4]. Включение возросшей нагрузки СЖД по свободному графику ведет к увеличению утреннего и вечернего максимумов в суточном графике нагрузки по сравнению с ранее принятыми расчетными мощностями СЖД в два и более раз [1].

Для повышения уровня комфорта жилища в последние годы в России и за рубежом становятся популярными системы управления электроприемниками

домов «Умный дом» [5–9]. Интеллектуальные системы управления режимами электропотребления СЖД по приоритетному принципу на основе технологий «Умный дом» предназначены для решения вопросов по симметрированию нагрузки на вводах в СЖД, снижению пиков в суточных графиках нагрузок потребителей, выравниванию графиков нагрузки на трансформаторных подстанциях (ТП) [1]. Непосредственным экономическим эффектом для потребителей будет являться переход от одноставочных электрических тарифов на электрическую энергию ко многоставочным, что в конечном итоге приведет к более быстрой окупаемости задействованных вложений и, что немаловажно, к значительному увеличению комфорта проживающих в доме жильцов [1].

По методике, изложенной в [2], произведен расчет предельно допустимого количества СЖД, подключаемых к комплектным трансформаторным подстанциям (КТП), по условию допустимой загрузки трансформаторов в нормальном режиме для вечернего максимума активных нагрузок с учетом коэффициента одновременности.

С помощью таблицы 1 возможно определить количество требуемых КТП и их необходимую мощность для покрытия нужд поселка СЖД при разных конфигурациях систем электроснабжения поселка, подробно описанных в [3].

Таблица 1

**Количество СЖД, подключаемых
к типовым однострансформаторным подстанциям [2]**

Мощность трансформаторной подстанции S, кВА	Количество подключаемых домов	
	Свободный график работы	Система «Умный дом»
25	1	2
40	2	3
63	3	4
100	6	7
160	10	12
250	18	20
400	30	34
630	49	54

При расчете экономической эффективности подлежат сравнению два варианта:

– базовый: поселок из пятидесяти СЖД со стандартным набором электрооборудования, который снабжается электроэнергией от пятидесяти СКТП-25 кВА.

– проектный: поселок из пятидесяти СЖД, со стандартным набором электрооборудования и с установленной системой «Умный дом», который снабжается электроэнергией от двадцати шести СКТП-25 кВА.

Цель исследования – выполнить технико-экономическое сравнение систем электроснабжения поселков СЖД со свободным графиком потребления электроэнергии и использованием интеллектуальных систем приоритетного управления электроприемниками «Умный дом».

Задачи: провести сравнение тарифных планов на электрическую энергию для СЖД в условиях Красноярского края; выполнить технико-экономическое обоснование проекта умного сельского жилого дома; произвести расчет экономических показателей по проектному ва-

рианту «Умный дом»; произвести расчет показателей экономического эффекта по вариантам.

Материалы и методы. В основе исследования лежит процесс моделирования технико-экономических показателей систем электроснабжения поселков СЖД со свободным графиком потребления электроэнергии и с использованием интеллектуальных систем приоритетного управления электроприемниками «Умный дом».

Результаты и их обсуждение

1. Сравнение тарифных планов

Исходными данными для выполнения экономического расчета являются тарифные планы гарантирующих поставщиков, расположенных на территории Красноярского края.

Из сравнения цен на электрическую энергию для жителей Красноярского края видно, что наиболее целесообразным практическим решением в этой связи является установка электрических счетчиков с возможностью учета электроэнергии по одноставочному тарифу, дифференцированному с учетом трех зон суток (табл. 2). Это может быть зона или

группа электроприемников, в которую можно отнести некоторые энергоемкие потребители, такие как обогрев и горячее водоснабжение, а также стиральные и посудомоечные машины. При этом

функционирование этих групп для увеличения экономии рекомендуется осуществлять преимущественно в ночное время.

Таблица 2

Тарифы на электрическую энергию в Красноярском крае для домов в сельских населенных пунктах, действующие с 1 января 2024 г. по настоящее время [10]

Вид тарифного плана	Стоимость с учетом норм потребления, руб/(кВт·ч)	Стоимость потребления при сверхнормативных расходах, руб/(кВт·ч)
Одноставочный тариф	2,47	3,98
Одноставочный тариф, дифференцированный с учетом двух зон суток:		
дневная зона (7:00–23:00)	2,86	4,99
ночная зона (23:00–7:00)	1,48	2,39
Одноставочный тариф, дифференцированный с учетом трех зон суток:		
пиковая зона (7:00–10:00; 17:00–21:00)	3,26	6,18
полупиковая зона (10:00–17:00; 21:00–23:00)	2,47	3,98
ночная зона (23:00–7:00)	1,48	2,39

2. Технико-экономическое обоснование проекта СЖД «Умный дом».

Экономический эффект от внедрения системы «Умный дом» в СЖД достигается за счет:

- изменения схемы электроснабжения поселка СЖД со снижением величины единовременных затрат;
- экономии затрат на электроэнергию за счет использования интеллектуальных систем приоритетного управления электроприемниками «Умный дом» и дифференцированных тарифов по времени суток;
- выравнивания графика нагрузки;

– снижения ущерба от внешних факторов (кража, коммунальные аварии, пожар и др.);

– экологического эффекта за счет снижения вредных выбросов при сокращении потребления электроэнергии.

Критериями экономической эффективности проекта являются [11, 12]:

- чистый дисконтированный доход;
- дисконтированные приведенные затраты по вариантам.

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) определяется как сумма текущих эффектов за весь расчетный период, приведенная к начальному шагу, или как превышение интегральных результатов

над интегральными затратами. Величина ЧДД для постоянной нормы дисконта (E)

$$ЧДД = \sum_{t=0}^T (R_t - Z_t) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \longrightarrow \max, \quad (1)$$

где R_t – результаты, достигаемые на t -м шаге расчета; Z_t – затраты, осуществляемые на том же шаге; T – горизонт расчета (продолжительность расчетного периода); $\mathcal{E} = (R_t - Z_t)$ – эффект, достигаемый

на t -м шаге; E – постоянная норма дисконта, равная ставке рефинансирования Центрального банка.

Дисконтированные приведенные затраты определяются по формуле

$$Z_i = \sum_{t=0}^T (K_i + И_i) \cdot \frac{1}{(1+E)^t} \longrightarrow \min. \quad (2)$$

На практике решение о реализации проекта «Умный дом» принимает заказчик.

3. Расчет экономических показателей по проектному ва-

рианту «Умный дом»

Капиталовложения в проект определяются по формуле

$$K_{\text{проект}} = K_y + K_m + K_{\text{проч}}, \quad (3)$$

где K_y – стоимость устройства, руб.; K_m – затраты на монтаж нового оборудования, $K_m = 0,1 \cdot K_y$, руб.; $K_{\text{проч}}$ – прочие затраты, $K_{\text{проч}} = 0,15 \cdot K_y$, руб.

Расчет годовых расходов на эксплуатацию «Умного дома»:

$$И_{\Sigma} = И_{\text{зн}} + И_{\text{ам}} + И_{\text{эа}} + И_{\text{нр}} + И_{\text{тр}}, \quad (4)$$

где $И_{\text{зн}}$ – зарплата обслуживающего персонала, тыс. руб/год (в проекте не учитывается); $И_{\text{ам}}$ – амортизационные отчисления, тыс. руб/год; $И_{\text{эа}}$ – затраты на электроэнергию, тыс. руб/год по системе автоматизации, показателем можно прене-

бречь; $И_{\text{нр}}$ – прочие расходы, тыс. руб/год; $И_{\text{тр}}$ – затраты на текущий ремонт, тыс. руб/год.

Амортизационные отчисления в проектируемом варианте

$$И_{\text{ам}} = \frac{K_{\text{б}} \cdot \alpha_{\text{ам}}}{100}, \quad (5)$$

где $K_{\text{б}}$ – балансовая стоимость оборудования, тыс. руб.; $\alpha_{\text{ам}}$ – норма амортизации равна 20 % [11].

Прочие расходы включают затраты на вспомогательные материалы, услуги, общие расходы и другое и принимаются в размере 10 % от суммы прямых затрат

$$И_{\text{нр}} = 0,1(И_{\text{тр}} + И_{\text{ам}}), \text{ руб/год.} \quad (6)$$

В расчетах представлена смета по проекту на интеллектуальную систему управления режимами электропотребления СЖД по приоритетному принципу,

выполненная на основе платформы ARDUINO [13], а также величина годовых затрат на его эксплуатацию системы «Умный дом» (табл. 3).

Таблица 3

Смета затрат на внедрение системы «Умный дом»

Оборудование	Кол-во, шт.	Стоимость устройства, руб.	Затраты на монтаж, руб.	Прочие затраты, руб.	Всего затрат, руб.
Arduino UNO	2	3600	360	540	4500
Arduino NANO	6	1500	150	225	1875
Датчик тока 100 А	3	1110	111	166,5	1387,5
Датчик температуры	5	1245	124,5	186,75	1556,25
Реле SRD-05	6 модулей	2436	243,6	365,4	3045
Блок питания SCT013 100A	1	750	75	112,5	937,5
Комплект терморезисторов из 2 шт.	4	2240	224	336	2800
Wi Fi модуль	1	1200	120	180	1500
Система видеонаблюдения	1 ком- плект	12900	1290	1935	16125
Приемник и передатчик GSM	5	3725	372,5	558,75	4656,2 5
Датчик движения	10	5700	570	855	7125
Датчик дыма	6	4020	402	603	5025
Датчик освещенности	5	3000	300	450	3750
Датчики влажности	2	1300	130	195	1625
Система защиты от протечек воды Hidrolok	1	25100	2510	3765	31375
Система безопасности «Ум- ный дом»	1	28630	2863	4294,5	35787,5
Проводка		5000	500	750	6250
Крепежный материал		2000	200	300	2500
Светодиоды, корпуса, кноп- ки, резисторы		5000	500	750	6250
Электросчетчик 3 фазный многотарифный	1	6100	610	915	7625
Итого		116556	11655,6	17483,4	145695

Затраты на текущий ремонт

$$И_{тр} = 0,2 \cdot И_{ам}. \quad (7)$$

Годовые расходы на эксплуатацию «Умного дома»

$$I_{\Sigma} = I_{ам} + I_{тр} + I_{пр}.$$

В данном проекте средний расход электроэнергии СЖД определен на основании перечня электроприемников, их мощности и среднего времени использования в год с учетом отопления электродомом (базовый вариант) и при инфракрасном отоплении (проектный вариант «Умный дом»).

В проекте «Умный дом» принята установка для горячего водоснабжения, капиталовложения на тепло и горячее

водоснабжение практически одинаковы в обоих вариантах и в расчетах не учитываются.

Внедрение системы «Умный дом» позволит снизить потребление электроэнергии и расходы на 5–10 %. Средний (базовый) тариф на электроэнергию в 2024 г. составляет 3,5 руб/(кВт·ч) [10].

Затраты на электроэнергию в базовом варианте по одноставочному тарифу составят

$$I_{эбаз} = T_{од} \cdot ЭЭ_{год}.$$

В проекте «Умный дом» установлен многотарифный счетчик.

При переходе на одноставочный тариф с учетом трех зон сутки разделяются на три зоны: пиковую – длительностью 9 ч (17–21 ч, 7–10 ч), полупиковую – длительностью 6 (11–16 ч) и ночную длительностью 9 ч (22–6 ч). Потребление по времени суток распределено в соответствии с процентными соотношениями:

пиковая зона – 37,5 %; полупиковая – 25; ночная – 37,5 %.

Числовые значения тарифов по зонам определяют сообразно тарифу (среднему), принятому для оплаты за электроэнергию, употребляемому на бытовые нужды сельскохозяйственных потребителей при многотарифном учете (табл. 1).

$$T_{ноч} = 1,48 \text{руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч}); T_{пик} = 3,26 \text{руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч}); T_{полупик} = 2,47 \text{руб}/(\text{кВт}\cdot\text{ч}).$$

При переводе СЖД на одноставочный тариф по трем зонам расход на электроэнергию определяется

$$I_{проект} = T_{ноч} \cdot ЭЭ_{ноч} + T_{п} \cdot ЭЭ_{п} + T_{пп} \cdot ЭЭ_{пп}. \quad (8)$$

Затраты на электроэнергию с учетом системы «Умный дом составят

$$\Delta I_{ээ} = 0,9 \cdot I_{проект}. \quad (9)$$

Экономия затрат на оплату электроэнергии по вариантам

$$\Delta I_{оплээ} = I_{эбаз} - I_{ээпроект}.$$

Результаты расчетов сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Основные технико-экономические показатели проекта

Показатель	Вариант	
	проектируемый	базовый
Капиталовложения, $K_{\text{проект}}$, руб.	145695	–
В т. ч.:		
стоимость устройства, K_y	116556	–
затраты на монтаж, K_m	11655	–
прочие затраты, $K_{\text{проч}}$	17483	–
Годовые эксплуатационные расходы, I_{Σ} , руб/год	38464	–
В т. ч.:		
амортизационные отчисления, $I_{\text{ам}}$	29139	–
затраты на текущий ремонт, $I_{\text{тр}}$	5828	–
прочие затраты, $I_{\text{пр}}$	3497	–
Затраты на электроэнергию, руб/год:		
одноставочный тариф, $I_{\text{эбаз}}$	–	124600
одноставочный тариф, дифференцированный по трем зонам, $I_{\text{проект}}$	76736	–
Экономия затрат на оплату электроэнергии, $\Delta I_{\text{оплээ}}$, руб/год	–	47864

4. Расчет экономических показателей по вариантам схем подключения источников питания к СЖД поселка

Капитальные вложения на сооружение проектируемой сети определяются как

$$K_{\text{лэп}} = K_{\text{вл}} + K_{\text{н/см}}, \quad (10)$$

где $K_{\text{вл}}$ – капитальные вложения в строительство ВЛ, тыс. руб.; $K_{\text{н/см}}$ – капитальные вложения в строительство подстанции, тыс. руб.

Капитальные вложения в ВЛ 10 кВ определяются как

$$K_{\text{вл}} = l \cdot R_{\text{уд}}, \quad (11)$$

где l – длина линии, км; $R_{\text{уд}}$ – удельная стоимость линии, тыс. руб.

нии, а также годовая стоимость износа и затраты на компенсацию потерь электрической энергии в элементах сети.

К годовым эксплуатационным издержкам относятся все расходы, связанные с поддержанием электрических сетей в нормальном техническом состоя-

Годовые эксплуатационные расходы определяются как

$$I_{\text{лэп}} = I^{\text{вл}}_{\text{ам}} + I^{\text{н/см}}_{\text{ам}} + I^{\text{вл}}_{\text{т.р.об}} + I^{\text{н/см}}_{\text{т.р.об}} + I_{\text{пот}}, \quad (12)$$

где $I^{\text{вл}}_{\text{ам}}$, $I^{\text{н/см}}_{\text{ам}}$ – годовые амортизационные отчисления по ВЛ и подстанции, руб/год; $I^{\text{вл}}_{\text{т.р.об}}$, $I^{\text{н/см}}_{\text{т.р.об}}$ – затраты на текущий ремонт и обслуживание ВЛ и подстанции, руб/год; $I_{\text{пот}}$ – затраты на

компенсацию потерь электроэнергии, руб/год.

Величина амортизационных отчислений по элементам сети ВЛ и подстанции определяется как

$$I_{ам}^{вл} = K_{вл} \frac{\alpha_{ам}^{вл}}{100}; \quad (13)$$

$$I_{ам}^{н/см} = K_{н/см} \frac{\alpha_{ам}^{н/см}}{100}, \quad (14)$$

где $K_{вл}$, $K_{н/см}$ – капиталовложения в ВЛ и подстанцию, руб.; $\alpha_{ам}^{вл}$, $\alpha_{ам}^{н/см}$ – нормы амортизационных отчислений по ВЛ и подстанции, % [12].

Издержки на обслуживание электрических сетей включают в себя стои-

мость израсходованного сырья и других материальных средств, заработную плату обслуживающего персонала, расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание, общепроизводственные расходы.

$$I_{т.р.об}^{вл} = K_{вл} \frac{\alpha_{т.р.об}^{вл}}{100}; \quad (15)$$

$$I_{т.р.об}^{н/см} = K_{н/см} \frac{\alpha_{т.р.об}^{н/см}}{100}, \quad (16)$$

где $\alpha_{т.р.об}^{вл}$, $\alpha_{т.р.об}^{н/см}$ – нормы на текущий ремонт и обслуживание ВЛ и подстанции, %.

Затраты на компенсацию потерь электроэнергии

$$I_{ном} = a \Delta_{ном}, \quad (17)$$

где a – удельные затраты на компенсацию потерь электроэнергии, руб/(кВт·ч); $\Delta_{ном}$ – суммарные потери электроэнергии в сети, кВт·ч.

При расчетах затраты на компенсацию потерь электроэнергии в коротких линиях не учитывались.

Смета затрат на сооружение ВЛ и КТП приведена в таблице 5.

Годовые эксплуатационные расходы на сооружение ВЛ и КТП по вариантам приведены в таблице 6.

Таблица 5

Смета затрат на сооружение ВЛ и КТП

Показатель	Вариант	
	базовый	проектный
Количество подстанций, шт.	50	26
Длина воздушных линий 0,4 кВ, км	1,250	1,400
Стоимость подстанции СКТП-25, тыс руб.	200	200
Уд. стоимость 1 км линии 0,4 кВ, тыс руб.	250	250
Стоимость подстанций СКТП-25 кВА, тыс. руб.	10000	5200
Общая стоимость подстанций с учетом монтажа, тыс. руб.	12500	6500
Общая стоимость воздушных линий 0,4 кВ, тыс. руб.	312	350
Итого общие капиталовложения, тыс. руб.	12812	6850

Таблица 6

Величина годовых эксплуатационных расходов на сооружение ВЛ и КТП по вариантам, тыс. руб/год

Показатель	Вариант	
	Базовый	Проектный
Годовые амортизационные отчисления по ВЛ	11,23	12,6
Годовые затраты на текущий ремонт по ВЛ	0,936	1,05
Годовые амортизационные отчисления по КТП	440	288
Годовые затраты на текущий ремонт по КТП	400	208
Суммарные затраты по ВЛ и КТП	852,166	509,65

5. Расчет показателей экономического эффекта по вариантам

Суммарный годовой экономический эффект по проекту «Умный дом», тыс. руб.

$$\begin{aligned} \mathcal{E}\Phi_{y\partial} &= \mathcal{E}\Phi_{\Delta\mathcal{E}\mathcal{E}} + \mathcal{E}\Phi_{nom} = 39,4 + 100; \\ \mathcal{E}\Phi_{y\partial} &= 47,864 + 100 = 147,864, \end{aligned} \quad (18)$$

где $\mathcal{E}\Phi_{nom}$ – снижение потерь от внешних факторов (кражи, затопление, пожар и т. д. значение принято по оценке правоохранительных органов), руб/год.

Чистый дисконтированный доход ЧДД за три года, тыс. руб.:

$$\begin{aligned} \text{ЧДД} &= [(147,864) - (145,695 + 38,464)] \cdot 0,833 + (147,864 - 38,464) \cdot 0,694 + \\ &+ (147,864 - 38,464) \cdot 0,579 = 109 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Чистый дисконтированный доход за три года составит 109 тыс. руб.

Дисконтированные приведенные затраты по базовому и проектному вариантам определяются по формуле (2):

$$\begin{aligned} Z_{\text{баз}} &= (12812 + 852) \cdot 0,833 + 852 \cdot 0,694 + 852 \cdot 0,579 = 11382,1 + 591,3 + 493,3 = \\ &= 12466,7 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

$$Z_{\text{проект}} = (6995 + 547) \cdot 0,833 + 547 \cdot 0,694 + 547 \cdot 0,579 = 6282 + 380 + 317 = 6979 \text{ тыс. руб.}$$

Приведенные дисконтированные затраты в проектном варианте меньше практически на 50 % (табл. 7). Проектный вариант абсолютно эффективен.

При расчетах не учитывались затраты на компенсацию потерь электроэнер-

гии в ВЛ, так как они практически одинаковы, а потери в трансформаторах в первом варианте практически выше в два раза, чем во втором.

Основные технико-экономические показатели по вариантам

Показатель	Вариант	
	базовый	проектный
Капиталовложения, тыс. руб.	12812	6995
В т. ч.:		
«Умный дом»;	–	145,7
схема электроснабжения	12812	6850
Годовые эксплуатационные расходы, тыс. руб/год	852	547
В т.ч.:		
«Умный дом»;	–	38,5
схема электроснабжения	852	509
Годовой экономический эффект, тыс. руб/год	–	147,9
В т. ч.:		
за счет экономии электроэнергии;	–	47,9
за счет охранной системы	–	100
Дисконтированные приведенные затраты, тыс. руб. за три года	124666	697
Чистый дисконтированный доход по проекту «Умный дом» за три года, тыс. руб.	–	91,8

Заключение. Расчеты показали, что ЧДД за три года составит 109 тыс. руб., что говорит об экономической эффективности проекта «Умный дом». Экономический эффект обеспечивает экономия затрат на электроэнергию при использовании системы автоматики и дифференцированных тарифов по времени суток.

По критерию приведенных дисконтированных затрат их значение составляет соответственно по вариантам 12 466,7 тыс. и 6 979 тыс. руб., в проектном варианте они ниже на 50 %, вариант

экономически эффективен и может быть реализован.

Реализация проекта также обеспечивает:

- уменьшение уровня потерь электроэнергии за счет выравнивания графика нагрузки и ее симметрирования;
- экологический эффект за счет снижения вредных выбросов в атмосферу при уменьшении потребления электроэнергии;
- повышение уровня комфортности проживающих и соответственно востребованности проекта на рынке недвижимости.

Список источников

1. Повышение эффективности внутренних систем электроснабжения сельских жилых домов путем использования аккумуляционно-проточных водонагревателей / А.В. Бастрон [и др.] // Наука и образование: опыт, проблемы, перспективы развития: мат-лы междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2024. С. 140–145.
2. К вопросу о повышении эффективности проектных решений при разработке внутренних электрических сетей сельских домовладений / А.В. Бастрон [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2022. № 2 (129). С. 41–55.
3. К вопросу о повышении эффективности проектных решений сельских распределительных электрических сетей / А.В. Бастрон [и др.] // Вестник НГИЭИ. 2024. № 7 (158). С. 57–70.

4. *Бастрон А.В., Наумов И.В.* Исследование несимметричных режимов работы внутренних электрических сетей индивидуальных жилых домов в сельской местности // Вестник НГИЭИ. 2022. № 6. С. 44–58.
5. *Синенко М.А., Бастрон А.В.* Анализ систем управления электроприемниками жилых домов «Умный дом» // Ресурсосберегающие технологии в агропромышленном комплексе России: мат-лы IV междунар. науч. конф. Красноярск, 2024. С. 166–171.
6. *Полищук Е.И.* Актуальность применения системы «Умный дом» в индивидуальном жилом доме // Молодые ученые – развитию Национальной технологической инициативы (ПОИСК – 2019). 2019. № 1-2. С. 205–207.
7. *Kaveh A., Vazirinia Y.* Smart-home electrical energy scheduling system using multi-objective antlion optimizer and evidential reasoning // SCIENTIA IRANICA. 2020. V. 27 (1). P. 177–201.
8. Energy management in smart buildings and homes / *U. Mir [et al.]* // Current Approaches, a Hypothetical Solution, and Open Issues and Challenges // IEEE ACCESS. 2021. V. 9. P. 94132–94148.
9. *Yermaganbetova M.A., Dildabek A.K.* Smart home is a new standard of comfort // German International Journal of Modern Science. 2020. № 3-1. P. 41–42.
10. Квартиры и дома в сельских населенных пунктах // Красноярскэнергопосбыт. Тарифы. – URL: https://krsk-sbit.ru/index.php?route=information/rubric&rubric_id=546 (дата обращения: 23.05.2024).
11. СТО 56947007-29.240.01.271-2019. Методические указания по технико-экономическому обоснованию электросетевых объектов. Эталоны обоснований. URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/6dd/p9g5uwgkm6uscowhesbwemig4te431wo.pdf> (дата обращения: 23.05.2024).
12. *Водяников В.Т.* Экономическая оценка инвестиционных проектов в агроинженерии: учеб. пособие для вузов. СПб.: Лань, 2022. 268 с.
13. Платформа ARDUINO. URL: <https://future2day.ru/umnyj-dom-na-osnove-arduino/?ysclid=loprd4upay595509801> (дата обращения: 23.05.2024).

References

1. Povyshenie ehffektivnosti vnutrennikh sistem ehlektrosnabzheniya sel'skikh zhilykh domov putem ispol'zovaniya akkumulyatsionno-protochnykh vodonagrevatelei / *A.V. Bastron [i dr.]* // Nauka i obrazovanie: opyt, problemy, perspektivy razvitiya: mat-ly mezhdunar. nauch.-prakt. konf. Красноярск, 2024. S. 140–145.
2. K voprosu o povyshenii ehffektivnosti proektnykh reshenii pri razrabotke vnutrennikh ehlektricheskikh setei sel'skikh domovladii / *A.V. Bastron [i dr.]* // Vestnik NGIEHI. 2022. № 2 (129). S. 41–55.
3. K voprosu o povyshenii ehffektivnosti proektnykh reshenii sel'skikh raspredelitel'nykh ehlektricheskikh setei / *A.V. Bastron [i dr.]* // Vestnik NGIEHI. 2024. № 7 (158). S. 57–70.
4. *Bastron A.V., Naumov I.V.* Issledovanie nesimmetrichnykh rezhimov raboty vnutrennikh ehlektricheskikh setei individual'nykh zhilykh domov v sel'skoi mestnosti // Vestnik NGIEHI. 2022. № 6. S. 44–58.
5. *Sinenko M.A., Bastron A.V.* Analiz sistem upravleniya ehlektropriemnikami zhilykh domov «Umnyi dom» // Resursosberegayushchie tekhnologii v agropro-myshlennom komplekse Rossii: mat-ly IV mezhdunar. nauch. konf. Красноярск, 2024. S. 166–171.
6. *Polishchuk E.I.* Aktual'nost' primeneniya sistemy «Umnyi dom» v individual'nom zhilom dome // Molodye uchenye – razvitiyu Natsional'noi tekhnologicheskoi initsiativy (POISK – 2019). 2019. № 1-2. S. 205–207.

7. *Kaveh A., Vazirinia Y.* Smart-home electrical energy scheduling system using multi-objective antlion optimizer and evidential reasoning // SCIENTIA IRANICA. 2020. V. 27 (1). P. 177–201.
8. Energy management in smart buildings and homes / *U. Mir [et al.]* // Current Approaches, a Hypothetical Solution, and Open Issues and Challenges // IEEE ACCESS. 2021. V. 9. P. 94132–94148.
9. *Yermaganbetova M.A., Dildabek A.K.* Smart home is a new standard of comfort // German International Journal of Modern Science. 2020. № 3-1. P. 41–42.
10. Kwartiry i doma v sel'skikh naselennykh punktakh // Krasnoyarskehnnergosbyt. Tarify. – URL: https://krsk-sbit.ru/index.php?route=information/rubric&rubric_id=546 (data obrashcheniya: 23.05.2024).
11. STO 56947007-29.240.01.271-2019. Metodicheskie ukazaniya po tekhniko-ehkonomicheskomu obosnovaniyu ehlektrosetevykh ob"ektov. Ehtalony obosnovanii. URL: <https://www.rosseti.ru/upload/iblock/6dd/p9g5uwgkm6uscowhesbwemig4te431wo.pdf> (data obrashcheniya: 23.05.2024).
12. *Vodyannikov V.T.* Ehkonomicheskaya otsenka investitsionnykh proektov v agroinzhenerii: ucheb. posobie dlya vuzov. SPb.: Lan', 2022. 268 s.
13. Platforma ARDUINO. URL: <https://future2day.ru/umnyj-dom-na-osnove-arduino/?ysclid=loprd4upay595509801> (data obrashcheniya: 23.05.2024).

Статья принята к публикации 11.04.2025 /
The article has been accepted for publication 11.04.2025.

Информация об авторах:

Наталья Борисовна Михеева, доцент кафедры «Организация и экономика сельскохозяйственного производства», доцент

Андрей Владимирович Бастрон, заведующий кафедрой «Электроснабжение сельского хозяйства», кандидат технических наук, доцент

Александр Сергеевич Синиченко, аспирант кафедры «Электроснабжение сельского хозяйства»

Information about the authors:

Natalya Borisovna Mikheeva, Associate Professor at the Department of Organization and Economics of Agricultural Production, Associate Professor

Andrey Vladimirovich Bastron, Head of the Department of "Electricity Supply for Agriculture", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Alexander Sergeevich Sinichenko, Postgraduate student at the Department of Electricity Supply for Agriculture

