

Электротехнические комплексы и системы

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 621.314.1

doi: 10.30987/2658-6436-2025-4-82-92

СИСТЕМА ПОИСКА ТОЧКИ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПАНЕЛИ

Никита Алексеевич Буглаев¹, Галина Анатольевна Федяева²

^{1, 2} Брянский государственный технический университет, г. Брянск, Россия

¹ nbuglaev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7427-9323>

² galina-fed@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5727-1643>

Аннотация. Проанализированы алгоритм и система поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели с повышающим преобразователем. Рассмотрен принцип функционирования выбранного алгоритма поиска и выполнена его реализация на языке программирования MatLab, представлена методика моделирования. В программном комплексе MatLab/Simulink разработана компьютерная модель подключения отечественной фотоэлектрической панели и повышающего преобразователя с применением анализируемого алгоритма поиска точки максимальной мощности. Выполнено моделирование данной системы с отключенным алгоритмом и последующим его включением. Полученные результаты показывают, что использование исследуемого алгоритма поиска точки максимальной мощности обеспечивает выработку наибольшего количества энергии при различных условиях окружающей среды. Доказана адекватность модели на основе сравнения результатов моделирования с технической документацией.

Ключевые слова: повышение энергоэффективности, фотоэлектрическая панель, повышающий преобразователь, поиск точки максимальной мощности, моделирование.

Для цитирования: Буглаев Н.А., Федяева Г.А. Система поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. 2025. №4 (30). С. 82-92. doi: 10.30987/2658-6436-2025-4-82-92.

Original article

Open Access Article

SYSTEM FOR TRACKING THE MAXIMUM POWER POINT FOR A PHOTOVOLTAIC PANEL

Nikita A. Buglaev¹, Galina A. Fedyaeva²

^{1, 2} Bryansk State Technical University, Bryansk, Russia

¹ nbuglaev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0003-7427-9323>

² galina-fed@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5727-1643>

Abstract. The paper analyses an algorithm and a system for tracking the maximum power point for a photovoltaic panel equipped with a boost converter; explains the principle of operating the selected tracking algorithm, and presents its implementation in MATLAB programming language and a simulation methodology. The authors have developed a computer model of connecting a domestic photovoltaic panel and a boost converter using the investigated algorithm for tracking the maximum power point in MATLAB/Simulink software package; have performed simulations of the given system both with and without the tracking algorithm enabled. The obtained results demonstrate that using the studied algorithm of tracking the maximum power point ensures the generation of the maximum amount of energy under various environmental conditions. The adequacy of the model is validated by comparing simulation results with technical specifications.

Keywords: energy efficiency improvement, photovoltaic panel, boost converter, tracking the maximum power point, simulation

For citation: Buglaev N.A., Fedyaeva G.A. System for Tracking System for Tracking The Maximum Power Point for A Photovoltaic Panel // Automation and modeling in design and management, 2025, no. 4 (30). pp. 82-92. doi: 10.30987/2658-6436-2025-4-82-92.

Введение

В настоящее время альтернативные источники энергии становятся одним из ключевых направлений в развитии энергетики. Это связано с постоянно растущими проблемами в области экологии, а также с истощением традиционных источников энергии – нефти, газа и угля [1].

Солнечная энергия, вырабатываемая фотоэлектрическими панелями, является наиболее перспективным направлением, поскольку отличается своей экологичностью, универсальностью применения в разных сферах деятельности, а также неисчерпаемостью первичного источника энергии – солнечного излучения.

Исследованию использования фотоэлектрических панелей посвящено довольно много работ отечественных и зарубежных авторов. Особое внимание в данных работах уделяется методам получения максимально возможного количества солнечной энергии с фотоэлектрических панелей на протяжении полного цикла их эксплуатации, независимо от погодных условий. Например, рассматривалось использование отдельного устройства (трекера), которое встроено непосредственно в фотоэлектрическую панель, для постоянного контроля вырабатываемого напряжения и управления полупроводниковыми элементами для получения максимально возможной энергии [2]. Также предлагался метод определения точки максимальной мощности фотоэлектрической панели с использованием нейронной сети [3].

На практике для получения максимально возможного количества солнечной энергии с панели применяются *MPPT*-контроллеры (*Maximum Power Point Tracking*), в которых реализуется тот или иной алгоритм поиска точки максимальной мощности, обеспечивая повышение эффективности системы. Данные контроллеры совместно с солнечными панелями постепенно внедряются и в нашей стране в различных областях, в частности, имеется ряд запатентованных технических решений для железнодорожного транспорта [4, 5]. Но как сами солнечные панели, так и *MPPT*-контроллеры к ним являются преимущественно зарубежными разработками, что в современных условиях санкций существенно затрудняет их применение. Поэтому необходимо исследование принципов построения и алгоритмов работы данных систем, а также дальнейшее внедрение наиболее перспективных отечественных решений с постепенным переходом на российскую элементную базу.

При использовании фотоэлектрических панелей в качестве дополнительного источника электроснабжения пассажирских вагонов [6] рациональным техническим решением является применение алгоритма поиска точки максимальной мощности с использованием повышающего преобразователя, подключаемого после фотоэлектрической панели. Исследованию работы этого алгоритма в системе электроснабжения с отечественной фотоэлектрической панелью посвящена данная работа.

Цель и задачи

Целью работы является анализ принципа функционирования и компьютерная реализация системы поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели с использованием повышающего преобразователя, а также исследование работы системы и оценка её эффективности в различных погодных условиях.

Задачи работы – рассмотреть принцип функционирования алгоритма поиска точки максимальной мощности с классическим определением экстремума, реализовать этот алгоритм в программном комплексе *MatLab/Simulink* с использованием повышающего преобразователя и выполнить моделирование работы системы, построить и сравнить

графики изменения основных параметров с использованием алгоритма поиска точки максимальной мощности и без него, соотнести полученные результаты с технической документацией на фотоэлектрическую панель и оценить их достоверность.

Решение задач и исследование системы

Ток любой фотоэлектрической панели описывается на основе схемы замещения следующим уравнением [6, 7]:

$$I = I_{ph} - I_s \left(e^{\frac{q(V+IR_s)}{N_s A k T_o}} - 1 \right), \quad (1)$$

где I – ток на выходе фотоэлектрической панели, А; I_{ph} – ток, вырабатываемый солнечным элементом при учёте количества солнечных элементов N_s , А; I_s – ток насыщения диода, А; q – величина заряда электрона, Кл; V – напряжение на выходе фотоэлектрической панели при учёте количества солнечных элементов N_s , В; R_s – сопротивление, связанное с потерями в полупроводниках и электрических соединениях, Ом; N_s – количество солнечных элементов в фотоэлектрической панели, шт; A – коэффициент идеальности диода (зависит от типа фотоэлектрической панели); k – постоянная Больцмана; T_o – температура окружающей среды, °С.

Мощность P , которую вырабатывает фотоэлектрическая панель [7, 8], определяется как:

$$P = V \cdot I, \quad (2)$$

С использованием уравнений (1) и (2) по методике, изложенной в работе [6], в программном комплексе *MatLab/Simulink* выполнен расчёт и построение графиков зависимости мощности P от напряжения V (рис. 1) и тока I от напряжения V (рис. 2) для выбранной российской фотоэлектрической панели *SIP330Вт-24 (5ВВ) PERC*, характеристики которой представлены в табл. 1 [6].

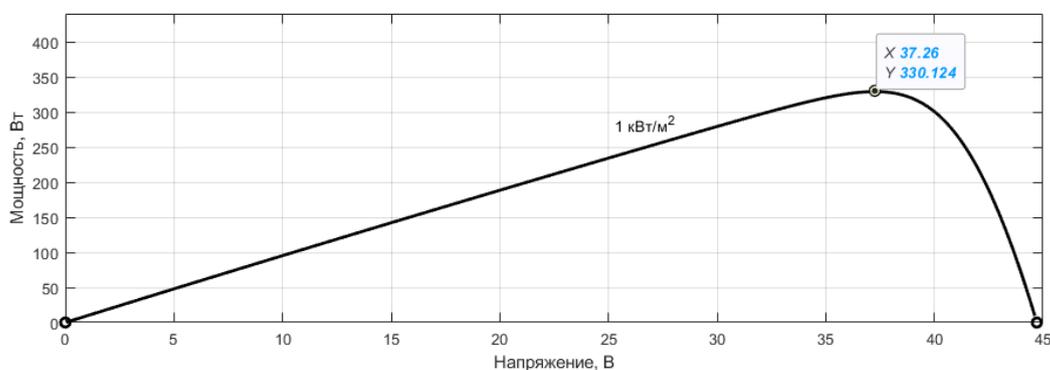


Рис. 1. Зависимость мощности P от напряжения V
Fig.1. Dependence of power P on voltage V

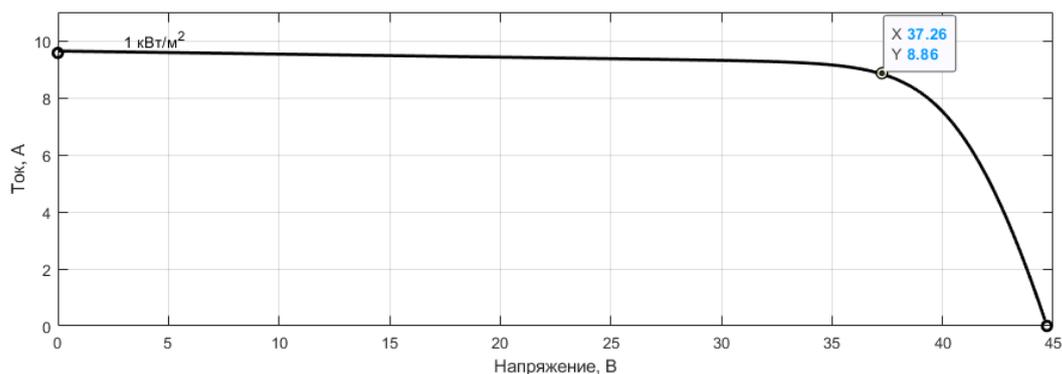


Рис. 2. Зависимость тока I от напряжения V
Fig.2. Dependence of current I on voltage V

Характеристики фотоэлектрической панели
Characteristics of the photovoltaic panel

Фотоэлектрическая панель SIP330Вт-24 (5BB) PERC	Напряжение в точке максимальной мощности $V_{mp} - 37,26$ В
	Напряжение холостого хода $V_{oc} - 44,72$ В
	Ток в точке максимальной мощности $I_{mp} - 8,86$ А
	Ток короткого замыкания $I_{Bsc} - 9,57$ А
	Максимальная мощность $P_{max} - 330$ Вт
	Температурный коэффициент V_{oc} (В/°С) $-0,3$ %
	Температурный коэффициент I_{Bsc} (А/°С) $-0,06$ %

Графики зависимостей мощности P от напряжения V (см. рис. 1) и тока I от напряжения V (см. рис. 2) построены при постоянной температуре окружающей среды T_o , равной 25 °С и постоянном значении величины солнечной радиации G (1 кВт/м²).

Для исследования принципа работы алгоритма поиска точки максимальной мощности рассмотрим более подробно график зависимости мощности P от напряжения V (см. рис. 1) и отметим на нем рабочие зоны фотоэлектрической панели (рис. 3), а также точку максимальной мощности MPP (*Maximum Power Point*), которая соответствует мощности P равной 330 Вт, току I равному 8,86 А и напряжению V равному 37,26 В (значения согласно табл. 1).

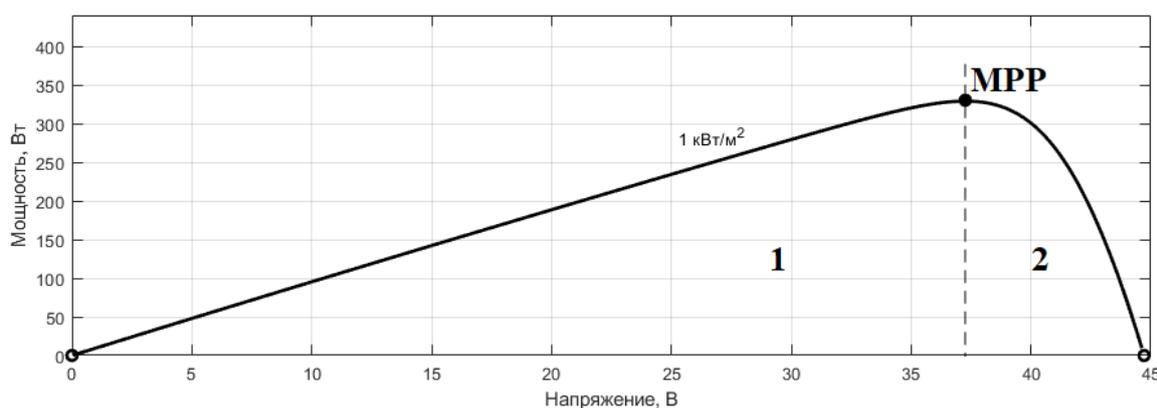


Рис. 3. Зависимость мощности P от напряжения V с рабочими зонами фотоэлектрической панели
Fig. 3. Dependence of power P on voltage V with operating regions of the photovoltaic panel

В соответствии с рис. 3 можно выделить основные рабочие зоны фотоэлектрической панели.

– *MPP*. В данной точке достигается максимально возможная мощность, которую может выработать фотоэлектрическая панель. Соответственно данная точка является экстремумом функции (2) и для нее верны следующие выражения [7, 9]:

$$\frac{dP}{dV} = 0 \Rightarrow \frac{d(V \cdot I)}{dV} = 0 \Rightarrow \frac{dI}{dV} V + I \frac{dV}{dV} = 0 \Rightarrow I + V \frac{dI}{dV} = 0; \frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V}. \quad (3)$$

– *Рабочая зона 1*. В данной рабочей зоне с ростом напряжения растет и мощность, соответственно функция (2) возрастает и для нее справедливы выражения:

$$\frac{dP}{dV} > 0; \frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V}. \quad (4)$$

– *Рабочая зона 2*. В данной рабочей зоне с ростом напряжения падает мощность, соответственно функция (2) убывает и для нее верны выражения:

$$\frac{dP}{dV} < 0; \frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V}. \quad (5)$$

Основной целью алгоритма поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели является поддержание работы фотоэлектрической панели именно в точке максимальной мощности *MPP* [10]. Благодаря условиям (3) – (5), можно корректно определить текущую рабочую зону фотоэлектрической панели и выполнить регулирование напряжения для достижения *MPP*.

Для регулирования напряжения фотоэлектрической панели используем транзистор Q_1 повышающего преобразователя, схема подключения которого к панели представлена на рис. 4.

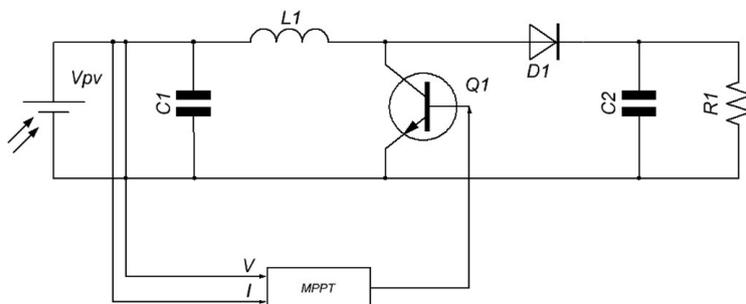


Рис. 4. Схема подключения фотоэлектрической панели и повышающего преобразователя
 Fig. 4. Schematic of the photovoltaic panel connected to the boost converter

Применение повышающего преобразователя обусловлено тем, что напряжение с фотоэлектрической панели зачастую оказывается меньше напряжения на нагрузке и появляется необходимость увеличения данного напряжения до требуемого уровня для эффективной передачи энергии. А основной особенностью повышающего преобразователя является то, что при любом коэффициенте заполнения γ выходное напряжение будет больше входного [11]. Также применение данного повышающего преобразователя является экономически выгодным и простым в реализации.

Корректировка напряжения V с фотоэлектрической панели происходит путем изменения коэффициента заполнения γ в зависимости от текущей рабочей зоны. Затем данный коэффициент заполнения γ подается на ШИМ-генератор для создания импульсов управления транзистором Q_1 повышающего преобразователя [12, 13].

Также в алгоритме важно учитывать ситуации, когда при регулировании коэффициента γ напряжение V остается постоянным, а ток I уже изменился, например, из-за колебаний освещенности. Это связано с использованием в повышающем преобразователе конденсаторов C_1 , C_2 и индуктивности L_1 , из-за чего скорости изменения тока I и напряжения V различны.

На основе рассмотренных рабочих зон и возможных особенностей работы фотоэлектрической панели с повышающим преобразователем составим табл. 2, отражающую принцип работы алгоритма поиска точки максимальной мощности и поведение системы в каждой рабочей зоне.

Таблица 2
 Table 2

Принцип работы фотоэлектрической панели с повышающим преобразователем с использованием алгоритма поиска точки максимальной мощности
 Principle of operation of a photovoltaic panel with a boost converter using the maximum power point tracking algorithm

Рабочая зона	Условие	Действие системы	Дополнительные действия системы
<i>MPP</i>	$\frac{dI}{dV} = -\frac{I}{V}$	Изменение коэффициента заполнения γ не требуется	Контроль тока I при $\partial V = 0$: – При $\partial I = 0$ – <i>MPP</i> , коэффициент заполнения γ остается неизменным;
Рабочая зона 1	$\frac{dI}{dV} > -\frac{I}{V}$	Уменьшение коэффициента заполнения γ , напряжение V растет	– При $\partial I > 0$ – рабочая зона 1, соответственно коэффициент заполнения γ уменьшается, напряжение V растет;
Рабочая зона 2	$\frac{dI}{dV} < -\frac{I}{V}$	Увеличение коэффициента заполнения γ , напряжение V падает	– При $\partial I < 0$ – рабочая зона 2, соответственно коэффициент заполнения γ увеличивается, напряжение V падает.

На основании данных из табл. 2 составим блок-схему алгоритма поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели (рис. 5).

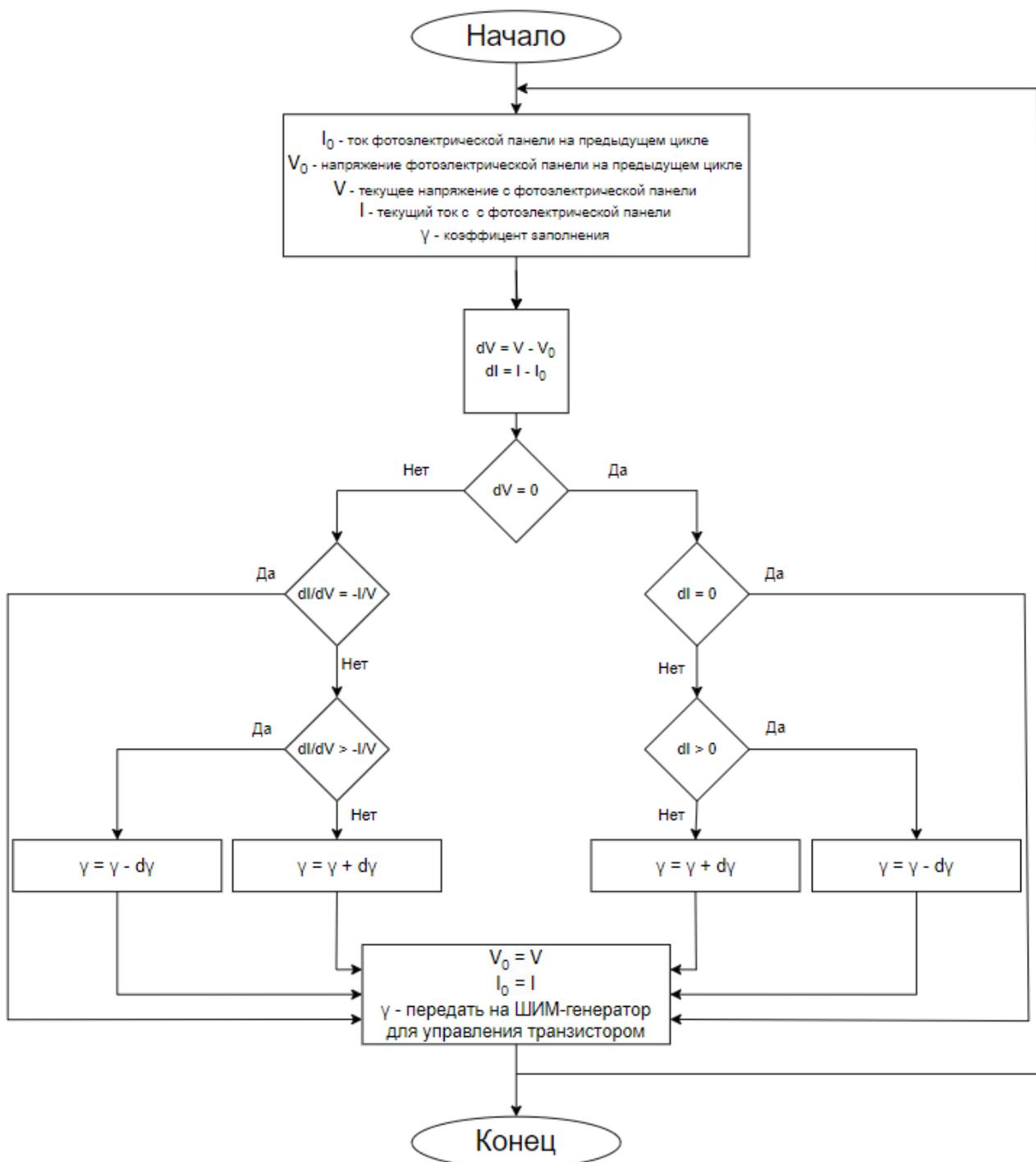


Рис. 5. Блок-схема алгоритма поиска точки максимальной мощности
 Fig. 5. Block diagram of the maximum power point tracking algorithm

Для анализа функционирования алгоритма поиска точки максимальной мощности в программном комплексе *MatLab/Simulink* на основании схемы подключения фотоэлектрической панели с повышающим преобразователем (см. рис. 4) разработана компьютерная модель (рис. 6).

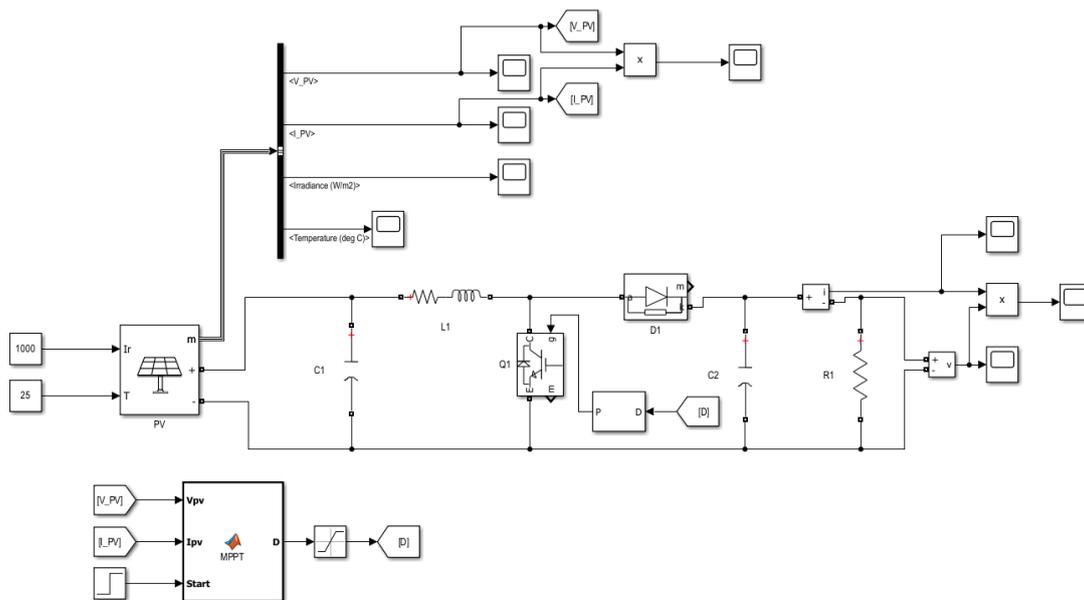


Рис. 6. Модель системы фотоэлектрической панели с повышающим преобразователем в *MatLab/Simulink*
Fig. 6. Model of the photovoltaic panel system with a boost converter in *MatLab/Simulink*

В функциональном блоке «MPPT» с использованием блок-схемы (см. рис. 5) на языке программирования *MatLab*, реализован алгоритм поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели. На входы « V_{pv} » и « I_{pv} » данного блока подаются текущие значения напряжения V_{PV} и тока I_{PV} с фотоэлектрической панели, а также на вход «Start» подается функциональный блок «Step», включающий в работу алгоритм поиска точки максимальной мощности в определенный момент времени.

В блок фотоэлектрической панели «PV» (рис. 7) заданы параметры в соответствии с табл. 1.

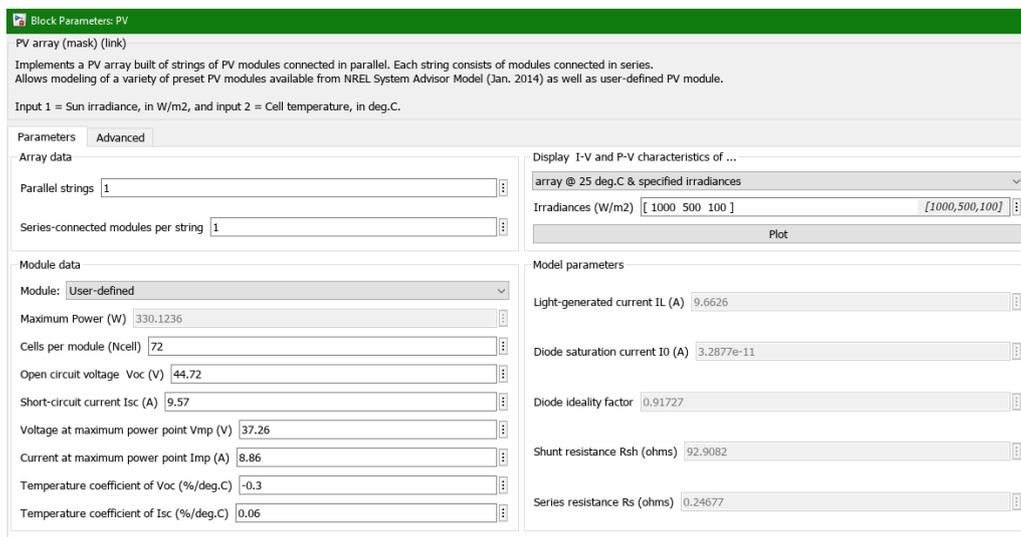


Рис. 7. Параметры фотоэлектрической панели SIP330Вт-24 (SBB) PERC, заданные в блоке «PV» *MatLab/Simulink*
Fig. 7. Parameters of the SIP330W-24 (SBB) PERC photovoltaic panel specified in the «PV» block of *MatLab/Simulink*

Также для моделирования приняты следующие значения параметров элементов системы: $C_1 = 500$ мкФ, $L_1 = 300$ мкГн, $C_2 = 400$ мкФ, $R_1 = 40$ Ом, $f = 50$ кГц (частота ШИМ).

С учетом вышеперечисленных параметров выполнено моделирование системы (см. рис. 6) и получены графики напряжения V (рис. 8), тока I (рис. 9) и мощности P (рис. 10) с

фотоэлектрической панели без использования алгоритма поиска точки максимальной мощности и последующим включением его в работу. Моделирование производилось при постоянных значениях освещенности (солнечная радиация $G = 1 \text{ кВт/м}^2$) и температуры окружающей среды ($T_0 = 25 \text{ }^\circ\text{C}$). Результаты моделирования отражены в табл. 3.

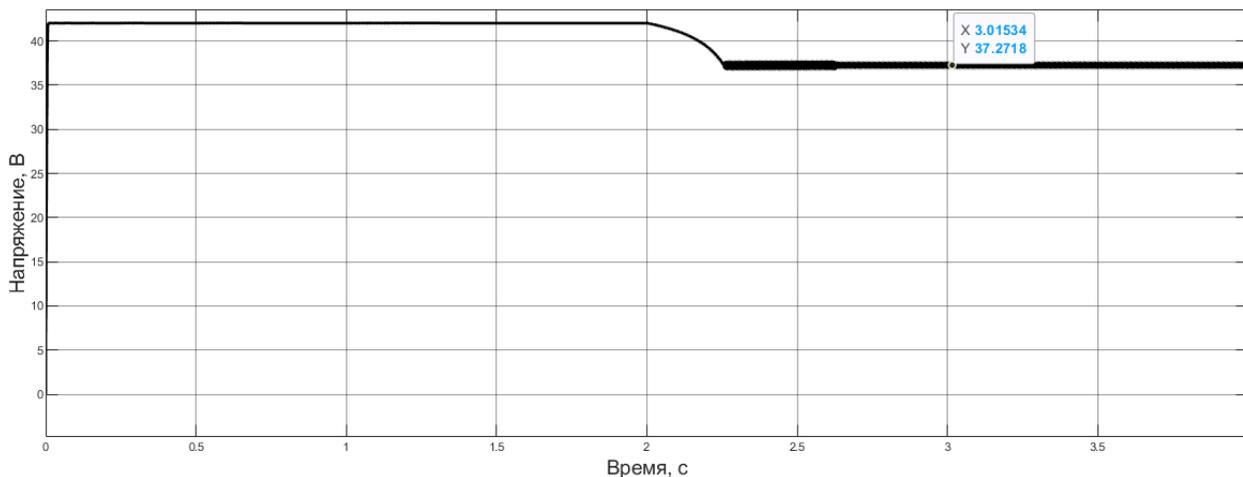


Рис. 8. Напряжение V с фотоэлектрической панели
Fig. 8. Voltage V from the photovoltaic panel

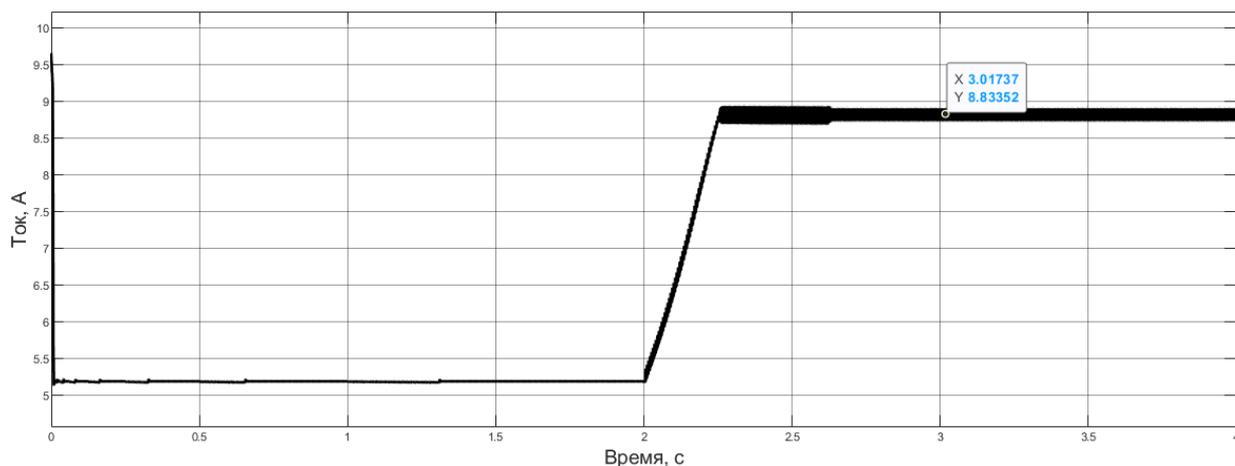


Рис. 9. Ток I с фотоэлектрической панели
Fig. 9. Current I from the photovoltaic panel

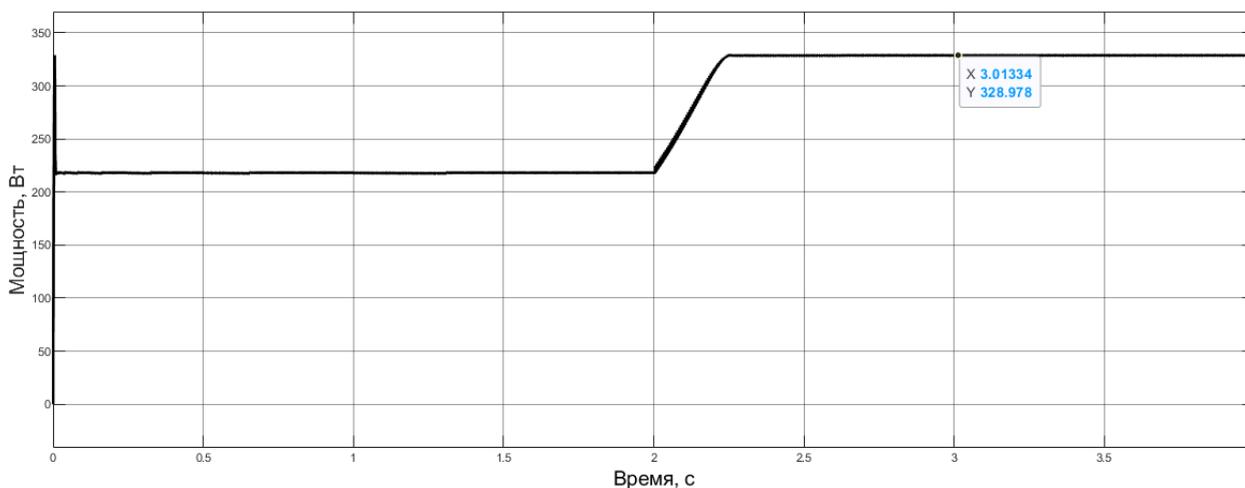


Рис. 10. Мощность P с фотоэлектрической панели
Fig. 10. Power P from the photovoltaic panel

Результаты моделирования и сравнение с технической документацией
Simulation results and comparison with technical documentation

Временной промежуток	Работа системы	Показатели фотоэлектрической панели при моделировании	Показатели фотоэлектрической панели в соответствии с технической документацией
0...2 с	MPPT отключен ($\gamma = 0,1$)	$I = 5,19$ А $V = 42,03$ В $P = 218,24$ Вт	$I = 8,86$ А $V = 37,26$ В $P = 330$ Вт
2...4 с	MPPT включен (корректировка γ)	$I = 8,83$ А $V = 37,27$ В $P = 328,98$ Вт	

Как видно из табл. 3, в период времени 0...2 с система работает без включенного алгоритма поиска точки максимальной мощности, вырабатывая значительно меньшую мощность P в заданных условиях, чем предусмотрено технической документацией.

В момент времени $t = 2$ с происходит включение алгоритма поиска точки максимальной мощности, вследствие чего напряжение V и ток I фотоэлектрической панели начинают приближаться к требуемым значениям, соответствующим точке максимальной мощности, достигают их и устанавливаются на требуемом уровне. Данные значения напряжения V и тока I , а также мощности P удовлетворительно совпадают с технической документацией на фотоэлектрическую панель, что подтверждает правильность функционирования алгоритма поиска и адекватность модели.

Далее выполнено моделирование системы, приведённой на рис. 6, для различных показателей освещенности [6] (солнечная радиация $G = [1 \text{ кВт/м}^2, 800 \text{ Вт/м}^2, 600 \text{ Вт/м}^2, 400 \text{ Вт/м}^2]$). Результаты моделирования, иллюстрирующие изменение мощности при включении алгоритма поиска MPPT приведены на рис. 11.

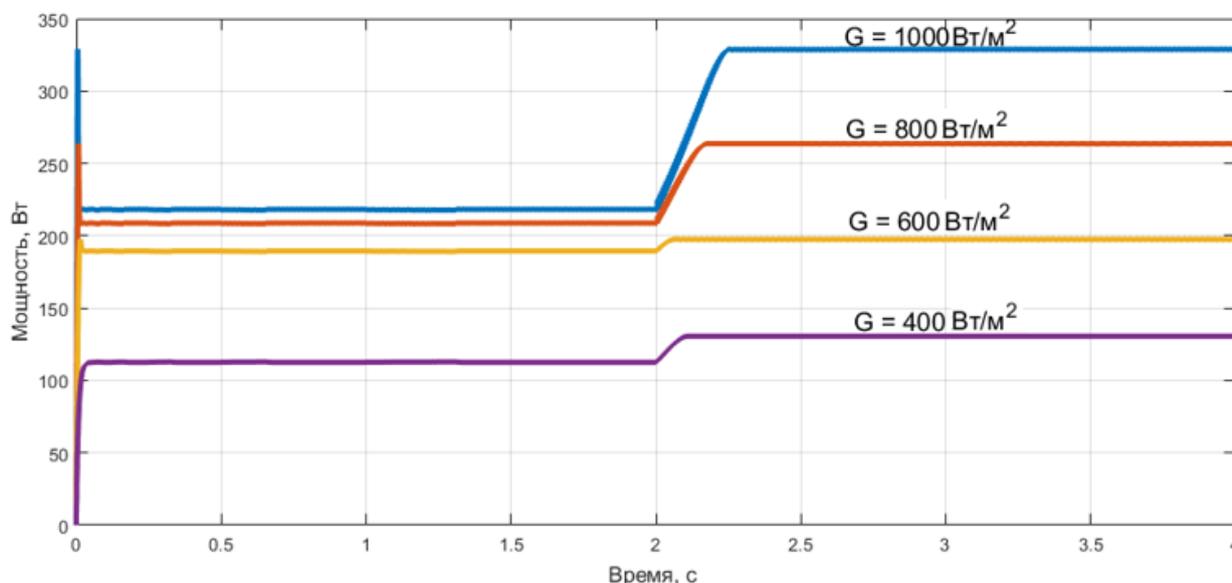


Рис. 11. Мощность P с фотоэлектрической панели в зависимости от степени освещенности
Fig. 11. Power P from the photovoltaic panel depending on the illumination level

Как видно из приведенных графиков, при изменении степени освещенности алгоритм поиска точки максимальной мощности функционирует корректно, увеличивая мощность P , получаемую с фотоэлектрической панели и обеспечивая эффективную работу системы независимо от условий окружающей среды.

Заключение

В ходе исследования подробно рассмотрен принцип функционирования системы поиска точки максимальной мощности фотоэлектрической панели с повышающим

преобразователем. Исследуемый алгоритм реализован на языке программирования *MatLab* и проверен на основе компьютерного моделирования совместной работы фотоэлектрической панели и повышающего преобразователя в *MatLab/Simulink*, доказана правильность функционирования системы и адекватность модели путём сравнения результатов со справочными данными.

На основе исследования можно сделать вывод, что использование данной системы даёт хорошие результаты для отечественной фотоэлектрической панели при различных условиях освещения и, в перспективе, может быть реализовано для повышения энергоэффективности автономного электроснабжения российского транспорта и других стратегически важных объектов.

Список источников:

1. Zakzouk N.E., Lotfi R.A. Power Flow Control of a Hybrid Battery/Supercapacitor Standalone PV System under Irradiance and Load Variations // 2020 10th International Conference on Power and Energy Systems. – 2020.
2. Enslin J.H.R., Wolf M.S., Snyman D.B., Swiegers W. Integrated Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Converter // IEEE transactions on Industrial Electronics. – Vol. 44. – № 6 – 1997.
3. Hiyama T., Kouzuma S., Imakubo T. Identification of Optimal Operating Point of PV Modules using Neural Network for Real Time Maximum Power Tracking Control // IEEE transactions on Industrial Electronics. – Vol. – 10. – № 2. – 1995.
4. Сергеев А.А., Ломов В.А., Буровских Д.В., Попов А.А., Пронин С.С., Семенов П.С. Способ энергоснабжения пассажирских вагонов специального поезда Железнодорожных войск. Патент РФ на изобретение RU 2807127 // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – Оpubл. 09.11.2023. – бюл. № 31.
5. Сычёв В.П. Устройство автономного снабжения электрической энергией вспомогательных устройств грузового вагона, преимущественно хоппер-дозатора: Патент РФ на полезную модель RU 220393 // Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – Оpubл. 12.09.2023, бюл. № 26.
6. Буглаев Н.А., Федяева Г.А., Иньков Ю.М., Татуйко П.С. Фотоэлектрическая панель как дополнительный источник энергоснабжения пассажирского вагона // Электротехника. – 2024. – № 9. – С. 43-47.
7. Tkahur A., Saini L.M. A New Control Scheme for Battery-Supercapacitor Hybrid Energy Storage System for Standalone Photovoltaic Application // International Journal of Engineering, Management & Sciences (IJEMS). – 2015.
8. Kuo Y-C., Liang T-J., Chen J-F., Novel Maximum-Power-Point-Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System // IEEE transactions on Industrial Electronics. – Vol. 48. – № 3. – 2001.
9. Visweswara K. An Investigation Of Incremental Conductance Based Maximum Power Point Tracking For Photovoltaic System // 4th International Conference on Advances in Energy Research 2013, ICAER.–2013.
10. Elgendy M.A., Zahawi B., Atkinson D.J. Assessment of Perturb and Observe MPPT Algorithm

References:

1. Zakzouk NE, Lotfi RA. Power Flow Control of a Hybrid Battery/Supercapacitor Standalone PV System Under Irradiance and Load Variations. In: Proceedings of the 2020 10th International Conference on Power and Energy Systems; 2020. p. 469-474.
2. Enslin JHR, Wolf MS, Snyman DB, et al. Integrated Photovoltaic Maximum Power Point Tracking Converter. Proceedings of the IEEE Transactions on Industrial Electronics. 1997;44(6):769-773.
3. Hiyama T., Kouzuma S., Imakubo T. Identification of Optimal Operating Point of PV Modules Using Neural Network for Real Time Maximum Power Tracking Control. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 1995;10(2):360-367.
4. Sergeev AA, Lomov VA, Burovskih DV, et al. Power Supply Method for Passenger Cars of Special Railway Troops Train. Patent RU, no. 2807127; 2023 Nov 9.
5. Sychev V.P. Device for Autonomous Supply of Electrical Energy to Auxiliary Devices of a Freight Car, Mainly the Hopper-Dispenser. Patent RU, no. 220393; 2023 Sep 12.
6. Buglaev NA, Fedyaeva GA, Inkov YM, et al. A Photovoltaic Panel As an Additional Source of Power for a Passenger Car. Electrical Engineering. 2024;(9): 43-47.
7. Tkahur A., Saini L.M. A New Control Scheme for Battery-Supercapacitor Hybrid Energy Storage System for Standalone Photovoltaic Application. International Journal of Engineering, Management & Sciences (IJEMS). 2015.
8. Kuo Y-C., Liang T-J, Chen J-F. Novel Maximum-Power-Point-Tracking Controller for Photovoltaic Energy Conversion System. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2001;48:3.
9. Visweswara K. An Investigation of Incremental Conductance Based Maximum Power Point Tracking for Photovoltaic System. Energy Procedia. 2014; 54:11-20.
10. Elgendy M.A., Zahawi B., Atkinson D.J. Assessment of Perturb and Observe MPPT Algorithm

Implementation Techniques for PV Pumping Applications // IEEE Transactions on Sustainable Energy. – 2012.

11. Андриянов А.И. Транзисторные преобразователи напряжения: Анализ и расчет: учеб. пособие. – Брянск: БГТУ, 2010. – 276 с.

12. Kakosimos P.E., Kladas A.G., Manias S.N. Fast Photovoltaic-System Voltage- or Current-Oriented MPPT Employing a Predictive Digital Current-Controlled Converter // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – Vol. 60. – № 12. – 2013.

13. Van Tan N., Nam N.B., Hieu N. H., Hung L. K., Duong M.Q., Lam L.H. A Proposal for an MPPT Algorithm Based on the Fluctuations of the PV Output Power, Output Voltage, and Control Duty Cycle for Improving the Performance of PV Systems in Microgrid // Energies. – 2020. – Vol. 13.

Информация об авторах:

Буглаев Никита Алексеевич

инженер АО «Транснефть-Дружба», аспирант кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» Брянского государственного технического университета

Федяева Галина Анатольевна

доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Электронные, радиоэлектронные и электротехнические системы» Брянского государственного технического университета

Implementation Techniques for PV Pumping Applications. IEEE Transactions on Sustainable Energy. 2012;3(1): 21-33.

11. Andriyanov A.I. Transistor Voltage Converters in Analysis and Calculations. Bryansk: BSTU; 2010.

12. Kakosimos P.E., Kladas A.G., Manias S.N. Fast Photovoltaic-System Voltage- or Current-Oriented MPPT Employing a Predictive Digital Current-Controlled Converter. IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2013;60(12):5673-5685.

13. Van Tan N, Nam NB, Hieu NH, et al. A Proposal for an MPPT Algorithm Based on the Fluctuations of the PV Output Power, Output Voltage, and Control Duty Cycle for Improving the Performance of PV Systems in Microgrid. Energies. 2020;13:4326.

Information about the authors:

Buglaev Nikita Alekseevich

Engineer at PJSC Transneft-Druzhba, Postgraduate Student at the Department of Electronic, Radioelectronic and Electrical Engineering Systems of Bryansk State Technical University.

Fedyayeva Galina Anatolyevna

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor at the Department of Electronic, Radioelectronic and Electrical Engineering Systems of Bryansk State Technical University

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflicts of interests.**

Статья поступила в редакцию 29.09.2025; одобрена после рецензирования 24.10.2025; принята к публикации 07.11.2025.

The article was submitted 29.09.2025; approved after reviewing 24.10.2025; accepted for publication 07.11.2025.

Рецензент – Пугачев А.А., доктор технических наук, доцент, Брянский государственный технический университет.

Reviewer – Pugachev A.A., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Bryansk State Technical University.

Учредитель и издатель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Брянский государственный технический университет»

Адрес редакции и издателя: 241035, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Телефон редакции журнала: (4832) 56-02-61. E-mail: aim-ru@mail.ru

Вёрстка А.Г. Малаханова. Редактор Д.А. Гулина.

Сдано в набор 15.12.2025. Выход в свет 24.12.2025.

Формат 60 × 84 1/8. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 10,7.

Тираж 500 экз. Свободная цена.

Отпечатано в лаборатории оперативной полиграфии

Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет»

241035, Брянская область, г. Брянск, ул. Институтская, 16

12+