

Научная статья
УДК 330.4:621.311 (06)
DOI 10.18101/2304-4446-2025-1-103-112

О разработке модификации и реализации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия с учетом использования альтернативного источника питания

© **Кравченко Оксана Александровна**
кандидат экономических наук, доцент,
Шахтинский автодорожный институт (филиал) ЮРГПУ (НПИ) имени М. И. Платова
Россия, 346500, г. Шахты, пл. Ленина, 1
oksana.xen@yandex.ru

Аннотация. Подчеркивается актуальность разработки и реализации стохастической модели по оптимизации затрат на электроснабжение предприятия с учетом использования альтернативного источника питания, предусматривающей продажу части сгенерированной электроэнергии в целях повышения экономической эффективности. Разработана модификация стохастической модели на основе двухэтапной задачи, и обоснован выбор прямого квазиградиентного метода стохастического программирования для ее реализации. Показаны результаты реализации модификации модели для зимнего режима работы деревообрабатывающего предприятия, реконструирующего систему электроснабжения в целях увеличения мощности в связи с переоборудованием системы отопления и подключением нового электрооборудования.

Ключевые слова: стохастическая модель, двухэтапная задача, стохастический метод линеаризации, энергетическая эффективность, возобновляемый источник энергии.

Для цитирования

Кравченко О. А. О разработке модификации и реализации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия с учетом использования альтернативного источника питания // Вестник Бурятского государственного университета. Экономика и менеджмент. 2025. № 1. 103–112.

Рост энергоэффективности на современном этапе рассматривается как неотъемлемая часть экономического развития страны¹. Государством на протяжении последних двух десятилетий активно регламентируются вопросы энергосбережения и повышения энергетической эффективности², при этом особое внима-

¹ Об утверждении Энергетической стратегии России на период до 2035 года: распоряжение Правительства РФ № 1523-р от 09.06.2020 // Собрание законодательства РФ, 15.06.2020. № 24. Ст. 3847; Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: постановление Правительства РФ № 321 от 15.04.2014 // Собрание законодательства РФ. 05.05.2014. № 18 (часть III). Ст. 2167; Об утверждении комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эффективности экономики Российской Федерации: распоряжение Правительства РФ № 703-р от 19.04.18 // Собрание законодательства РФ. 30.11.2009. № 48. Ст. 5711.

² Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Энергоэффективность и развитие энергетики»: постановление Правительства РФ № 321 от 15.04.2014 // Собрание законодательства РФ. 05.05.2014. № 18 (часть III). Ст. 2167; Об утверждении комплексного плана мероприятий по повышению энергетической эф-

ние уделяется вопросам оптимального использования энергоресурсов и применения возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [1]: гелиоэнергетика, ветроэнергетика и другие.

Стремление Европейского сообщества построить «зеленую» экономику с минимальным количеством традиционных энергетических ресурсов показало, что решение вопросов обеспечения энергоресурсами должно решаться на комплексной основе и является сложной многоаспектной задачей, характеризующейся многокритериальностью и необходимостью учета неопределенности информации.

Развитие технологий распределенной энергетики, в том числе на основе использования, возобновляемых источников энергии, в России не связано с целью отказа от традиционных энергетических ресурсов, рассматривается как одно из направлений комплексного развития топливно-энергетического комплекса с учетом эффективного использования ресурсов¹ [2; 3], определяемого единством экономической, социальной и экологической составляющих.

Стимулирование роста энергетической эффективности предприятий государством позитивно влияет на их экономическую эффективность. Развитие технологий использования ВИЭ ведет к снижению стоимости проектов, увеличению периода работы оборудования, сокращению периода окупаемости проектов, что в конечном счете влияет на снижение затрат на предприятиях, внедряющих новые технологии [1].

Повышение эффективности работы предприятий на основе оптимизации энергозатрат является одной из важнейших задач энергетического менеджмента. Управление энергетическими ресурсами предприятия в целях повышения экономической эффективности с учетом сокращения расходов на энергопотребление предусматривает оптимизацию процессов и технологий, связанных с ее использованием. Базовые положения системы энергетического менеджмента предприятия излагаются в стандартах ISO 50001:2011², ГОСТ Р ИСО 50001-2012³, определяющих набор взаимосвязанных или взаимодействующих элементов, используемых для разработки и внедрения энергетической политики и энергетических целей, а также процессов и процедур для достижения этих целей.

эффективности экономики Российской Федерации: распоряжение Правительства РФ № 703-р от 19.04.2018 // Собрание законодательства РФ. 30.11.2009. № 48. Ст. 5711; Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: федеральный закон РФ № 261-ФЗ от 23.11.2009 // Собрание законодательства РФ. 2009. 30 нояб. № 48. Ст. 5711.

¹ Распределенная энергетика в России: потенциал развития. URL: https://energy.skolkovo.ru/downloads/documents/SEneC/Research/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2018.02.01.pdf (дата обращения: 10.12.2024). Текст: электронный.

² Международный стандарт ISO 50001: 2011 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»: URL: <http://files.stroyinf.ru> (дата обращения: 10.12.2024). Текст: электронный.

³ Об утверждении национального стандарта. ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента. Требования и руководство по применению»: приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии № 568-ст от 26.10.2012. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200096140?ysclid=m5vvt4kdj8451571815> (дата обращения: 10.12.2024). Текст: электронный.

Широкий спектр вопросов, решаемых в рамках этой задачи, зависит от технологических особенностей производства, расположения предприятия, схемы технологического присоединения к сетям электросетевой организации, планов развития предприятия, предусматривающих увеличение мощности, изменение структуры электрохозяйства в соответствии с этими планами, переход на покупку электроэнергии и мощности на оптовом рынке электрической энергии и другое.

Одним из наиболее распространенных вопросов для предприятий, расположенных в центре населенных пунктов, городов либо в небольшой отдаленности от него, является увеличение максимальной мощности. Поскольку на смену малозэтажным застройкам приходят высотные здания, для которых требуется значительно большая мощность, то есть дефицит мощности носит временный характер, зависит от скорости реконструкции городских электросетей, возникает в отдельных районах. Одним из подходов к его решению для предприятия является использование альтернативного источника питания, в том числе объектов микрогенерации.

В Федеральном законе № 471-ФЗ от 27.12.2019¹ под объектом микрогенерации понимается «объект по производству электрической энергии, принадлежащий на праве собственности или ином законном основании потребителю электрической энергии, энергопринимающие устройства которого технологически присоединены к объектам электросетевого хозяйства с уровнем напряжения до 1000 вольт, функционирующий в том числе на основе использования возобновляемых источников энергии и используемый указанным потребителем для производства электрической энергии в целях удовлетворения собственных бытовых и (или) производственных нужд, а также в целях продажи в порядке, установленном «Основными положениями функционирования розничных рынков»², в случае, если объем выдачи электрической энергии таким объектом по производству электрической энергии в электрическую сеть не превышает величину максимальной присоединенной мощности энергопринимающих устройств указанного потребителя и составляет не более 15 киловатт и если для выдачи электрической энергии такого объекта в электрическую сеть не используется электрическое оборудование, предназначенное для обслуживания более одного помещения в здании, в том числе входящее в состав общего имущества многоквартирного дома»³.

¹ О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации: федеральный закон № 471-ФЗ от 27.12.2019 // Собрание законодательства РФ. 30.12.2019. № 52 (часть I). Ст. 7789.

² О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии: постановление Правительства РФ № 442 от 04.05.2012 // Собрание законодательства РФ. 2012. № 23. Ст. 3008.

³ О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации: федеральный закон № 471-ФЗ от 27.12.2019 // Собрание законодательства РФ. 30.12.2019. № 52 (часть I). Ст. 7789.

Внесение законом в декабре 2019 г. Федеральный закон РФ № 35-ФЗ от 26.03.2003¹ понятия «объекта микрогенерации» стимулировало развитие объектов, использующих возобновляемые источники энергии и потребовало развития технологических и информационных комплексов, обеспечивающих их эффективное функционирование.

Целью статьи являются разработка модификации и реализация стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия в условиях дефицита мощности в системе электроснабжения с учетом использования альтернативного источника питания, часть генерируемой электроэнергии которым продается предприятием.

К задачам, решаемым при реализации поставленной цели, следует отнести разработку модификации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия при использовании альтернативного источника питания с учетом продажи части электроэнергии, сгенерированной этим источником; характеристику используемого прямого квазиградиентного метода для реализации модели в двухэтапной постановке; реализацию модификации стохастической модели на примере установки солнечных панелей для увеличения мощности деревообрабатывающего предприятия и анализ полученных результатов.

Разработка модификации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия с учетом использования альтернативного источника питания связана с тем, что представленная в работе [4] модель не учитывала возможность продажи электроэнергии и получение дохода, поскольку сформирована (в 2018 г.) годом ранее начала законодательного регулирования вопросов, связанных с использованием объектов микрогенерации (декабрь 2019 г.), распределенной генерации и продажей, сгенерированной этими объектами электроэнергии².

На современном этапе законодательство РФ по регулированию функционирования объектов распределенной генерации³ продолжает развиваться, оказывая стимулирующее влияние на ее развитие.

Объекты гелиоэнергетики относятся к наиболее часто используемым технологиям возобновляемых источников энергии. Представленная ниже модификация стохастической модели ориентирована на применение солнечных панелей.

Для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия в условиях нехватки мощности и предстоящей реконструкции электрохозяйства предлагается применять экономико-математическую модель, имеющую структуру стохастической двухэтапной задачи, как наиболее соответствующую особенностям функционирования электрохозяйства и процессу принятия решений при регулировании работы технологического оборудования [4].

¹ Об электроэнергетике: федеральный закон РФ № 35-ФЗ от 26.03.2003 // Собрание законодательства РФ. 2003. № 13. Ст.1177.

² О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии: постановление Правительства РФ № 442 от 04.05.2012 // Собрание законодательства РФ. 2012. № 23. Ст. 3008; Об электроэнергетике: федеральный закон РФ № 35-ФЗ от 26.03.2003 // Собрание законодательства РФ. 2003. № 13. Ст. 1177.

³ Там же.

Поскольку решение задачи по выбору технологического решения по поставке электрической энергии с учетом работы альтернативного источника питания (АИП) затрагивает вопросы экономической и информационной безопасности, то предлагается использовать комплекс моделей, позволяющий учитывать неопределенность информации, влияние социально-экономических факторов и технологические особенности работы предприятия, схема алгоритма реализации которого представлена в [4].

Модификация модели на основе двухэтапной задачи стохастического программирования для оптимизации затрат на электроснабжение с учетом использования альтернативного источника питания

Целевая функция

$$\min_{P_{alt}} (k_0 \cdot P_{alt} + k^p \cdot P_{no}(\omega) + \min_{\{\bar{w}(\omega), w(\omega)\}} M_{\omega} [W_{alt}(\omega) \cdot q^{alt}(\omega) + W_{no}(\omega) \cdot (c(\omega) + q^{no}(\omega)) - T_{sl} \cdot P_{alt} \cdot c(\omega) + Y \cdot D(\omega) \cdot \bar{W}(\omega) \cdot t_{otkl}(\omega)]); \quad (1)$$

ограничения:

$$1) \quad k^{alt} \cdot P_{alt} \leq K^{alt}; \quad (2)$$

$$2) \quad P_{alt} + P_{no} + \bar{W}(\omega)/T = P_{rq}(\omega), \quad \omega \in \Omega; \quad (3)$$

$$3) \quad q^{alt}(\omega) \cdot W_{alt}(\omega) + q^{no}(\omega) \cdot W_{no}(\omega) \leq Q, \quad \omega \in \Omega; \quad (4)$$

$$4) \quad W(\omega) + \bar{W}(\omega) = W_{rq}(\omega), \quad W(\omega) = W_{alt}(\omega) + W_{no}(\omega), \quad \omega \in \Omega; \quad (5)$$

$$5) \quad W_{alt}(\omega) \leq P_{alt} \cdot t(\omega), \quad \omega \in \Omega; \quad (6)$$

$$6) \quad W_{alt}(\omega) \geq 0, \quad W_{no}(\omega) > 0, \quad P_{alt} \geq 0; \quad 0 \leq Y \leq 1; \quad \omega \in \Omega. \quad (7)$$

Оптимизируемая величина P_{alt} , соответствующая величине мощности альтернативного источника питания, кВт, необходимой для устойчивой работы предприятия, является стратегическим решением. Выбор режима поставки электроэнергии — тактическое решение в случайной системной ситуации ω , $\omega \in \Omega$.

Целевая функция (1) характеризует минимизацию затрат на приобретение оборудования, эксплуатацию электрохозяйства, оплату за электроэнергию и ущерб вследствие приостановки поставки электроэнергии с учетом получения дохода от продажи электрической энергии, генерируемой АИП.

Ограничение (2) выражает требование, чтобы инвестиции в реализацию проекта не превышали лимитов инвестиционных средств; ограничение (3) отражает баланс мощностей в каждой из возможных системных ситуаций, ограничение связывает стратегическую и тактические переменные $P_{alt} + P_{no}(\omega) + \bar{W}(\omega)/T = P_{rq}(\omega)$. Сумма величин мощности, поставляемой АИП и сетевой организации, соответствует потребной мощности для работы оборудования; ограничение (4) — балансы денежных средств по текущим эксплуатационным затратам электрохозяйства; (5) баланс поставки электроэнергии; (6) условие, предусматривающее число часов работы АИП в месяц; (7) условие неотрицательности переменных.

В модели (1) — (7) используются следующие обозначения: $P_{no}(\omega)$ — мощность, потребляемая от сетевой организации, кВт; $P_{rq}(\omega)$ — мощность, потребляемая электрооборудованием всего предприятия, кВт; Y — коэффициент, учитывающий вероятность простоя при прекращении поставки электроэнергии сетевой организацией, в случае простоя равен 1, в противном случае — соответствует 0; K^{alt} — лимит инвестиций, выделяемых на реализацию проекта по подключению АИП, руб.; k^{alt} — норматив капитальных затрат в расчете на 1 кВт мощности по подключению АИП, руб/кВт; $t(\omega)$ — время работы АИП, ч/мес.; Q — ли-

мит средств, выделяемых на эксплуатационные затраты на обеспечение работы АИП, руб.; $c(\omega)$ — цена электроэнергии, руб/кВтч; $D(\omega)$ — ущерб от простоя предприятия в течение одного часа (в рабочее время), руб/ч.; $q^{alt}(\omega)$, $q^{no}(\omega)$ — удельные эксплуатационные затраты на поставку 1 кВтч от АИП и от сетевой организации соответственно, руб/кВтч; $W_{rq}(\omega)$ — количество потребляемой электроэнергии в месяц, кВтч; k_0 — приведенные единовременные затраты в расчете на 1 кВт мощности, руб/кВт (приобретение, доставка, монтаж, демонтаж, утилизация); T_{sl} — время работы АИП для генерации электроэнергии в целях продажи, ч/мес.; $T_{otkl}(\omega)$ — время приостановки поставки электроэнергии, ч/мес.; $T(\omega)$ — время работы в месяц электроприемников, ч/мес.

Базовым инструментарием модели (1) — (7) является имитационная модель генерации случайной системной ситуации ω , представляющая собой набор реализаций случайных величин: $c(\omega)$; $w(\omega)$; $w_{no}(\omega)$; $W_{rq}(\omega)$; $P_{no}(\omega)$; $P_{rq}(\omega)$; $D(\omega)$; $q^{alt}(\omega)$; $q^{no}(\omega)$; $t_{otkl}(\omega)$; $T(\omega)$; $t(\omega)$, схема реализации которой представлена в [4].

После определения на основе модели (1) — (7) оптимальной мощности источника питания это значение принимается в качестве константы и определяются эксплуатационные затраты электрохозяйства, затраты на приобретение альтернативного источника питания, доставку, монтаж, демонтаж, утилизацию, ущерб от приостановки поставки электроэнергии, затраты на оплату электроэнергии, предоставляемую сетевой организацией.

Для других видов АИП модель (1) — (7) следует модифицировать в целях достижения наиболее корректных результатов при моделировании.

Важно отметить, что в настоящее время законодательством РФ предусмотрено право владельцем объектов микрогенерации продавать излишки электроэнергии на розничных рынках электроэнергии, при этом такая деятельность не относится к предпринимательской.

Выбор стохастического метода линеаризации для реализации разработанной модели обусловлен особенностями объекта моделирования. При его применении не требуется построения дополнительных функций, определения операторов, применяется для задач определенных с помощью линейных уравнений и неравенств, может быть использована модификация для случая, когда целевая функция не дифференцируема [5; 6]. В этом прямом квазиградиентном методе вместо градиента используется некоторая его оценка, получаемая с помощью стохастических градиентов [5; 6].

В работах [7–13] широко представлено применение прямых методов стохастического программирования и особенности реализации стохастического метода линеаризации. Метод стохастической линеаризации является стохастическим аналогом метода Френка — Вольфа [5]. А. И. Ястремским отмечается невысокая скорость сходимости метода и ее зависимость от «семейства регулировок» [5], а также характеризуются возможные пути повышения скорости сходимости.

В статье не рассматриваются вопросы, касающиеся решения двойственной задачи и получения двойственных оценок, изучения маргинальных соотношений в рамках исследования устойчивости оптимизационной модели, оценке информации, используемой в стохастической модели и способах определения ее ценности, поскольку они и являются смежными с кругом задач настоящего исследования, но должны рассматриваться в качестве самостоятельного исследования, что будет реализовано в последующих работах.

Реализация модификации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение с учетом использования альтернативного источника питания осуществлена для зимнего и летнего периода, поскольку значительно отличается время работы солнечных панелей в эти периоды.

При формировании данных для реализации модели имеет существенное значение место расположения альтернативного источника питания, поскольку для южных регионов (например, Краснодарский край, Ставропольский край, Ростовская область, Волгоградская область), некоторых восточных регионов (например, г. Улан-Удэ, г. Хабаровск, г. Находка) характерно наибольшее количество солнечных дней, что непосредственно влияет на количество генерируемой электроэнергии альтернативным источником питания.

Стохастическая модель (1) — (7) реализована для деревообрабатывающего предприятия с двумя цехами малой производственной мощности и офисным помещением, в котором предполагается переоборудовать систему отопления, заменив использование угля на электричество, что повлечет увеличение мощности, потребляемой на предприятии.

На рассматриваемом деревообрабатывающем предприятии имеется техническая возможность для установки 100 солнечных панелей на крыше офисного здания. Объект расположен в Южном федеральном округе, для которого характерно большое число солнечных часов в году.

На работу системы электроснабжения предприятия влияет большое количество факторов, характеризующихся неопределенностью информации. К их числу следует отнести нерегулируемые цены на электроэнергию, формируемые ежемесячно гарантирующим поставщиком согласно постановлению Правительства РФ № 442 от 04.05.2012¹. Режим использования электрооборудования предприятия зависит от наличия (либо отсутствия) заказов по деревообработке, реконструируемой системы отопления — от погодных условий, например, в Ростовской области температура в зимний период может колебаться от -25°C до $+15^{\circ}\text{C}$. Расчет по минимальным или максимальным значениям параметров будет неверно отражать фактическую ситуацию, его результат будет иметь большое отклонение от величин, реально характеризующих работу системы электроснабжения предприятия.

На рисунке 1 представлен процесс оптимизации мощности на основе реализации разработанной модификации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение с учетом использования альтернативного источника питания.

При реализации модели (1) — (7) сделаны допущения, предусматривающие приоритет поставки электроэнергии, сгенерированной АИП для электрооборудования предприятия, а при отсутствии потребности в энергоснабжении электроприемников системы электроснабжения осуществляется поставка потребителям розничного рынка электрической энергии. Цены, используемые при реализации модели (1) — (7), приведены к моменту начала реализации проекта. Моделирование электропотребления осуществлено на основе применения нормального закона распределения.

¹ О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии: постановление Правительства РФ № 442 от 04.05.2012 // Собрание законодательства РФ. 2012. № 23. Ст. 3008.



Рис. 1. Результаты реализации модели (1) — (7) для зимнего режима работы предприятия с альтернативным источником питания (при начальном значении оптимизируемой величины 1 кВт)

На основе используемого в [10] подхода к определению окончания процесса оптимизации вычислено значение мощности альтернативного источника питания, соответствующее 29 кВт (округлено до целого значения). Срок окупаемости проекта составляет менее четырех лет, зависит от роста цен на электрическую энергию. При этом срок службы планируемого к внедрению оборудования альтернативного источника питания превышает 7 лет.

Полученное значение мощности, срок реализации проекта позволяют принять решение о выборе установки АИП для увеличения мощности для функционирования системы электроснабжения деревообрабатывающего предприятия.

Выводы

1. Показана актуальность повышения экономической эффективности работы систем электроснабжения предприятий с учетом повышения их энергетической эффективности.

2. Разработана модификация стохастической модели на основе двухэтапной постановки задачи для оптимизации затрат на электроснабжение с учетом использования альтернативного источника питания и продажи части электроэнергии, сгенерированной этим источником.

3. Охарактеризован выбор прямого квазиградиентного метода — стохастической линеаризации для реализации разработанной модели — и обозначены направления дальнейшего исследования в рамках поставленной цели на основе методов стохастического программирования.

4. Полученные результаты реализации разработанной модификации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение с учетом использования альтернативного источника питания — значение мощности, срок окупаемости проекта — позволяют принять решение о монтаже альтернативного источника питания с использованием солнечных панелей для рассматриваемого деревообрабатывающего предприятия.

Литература

1. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: учебное пособие / под редакцией В. В. Денисова. Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. 382 с. Текст: непосредственный.

О. А. Кравченко. О разработке модификации и реализации стохастической модели для оптимизации затрат на электроснабжение предприятия с учетом использования...

2. Стенников В. А., Воропай Н. И. Централизованная и распределенная генерация — не альтернатива, а интеграция. Системные исследования в энергетике. Инновационная электроэнергетика-21. URL: <http://энергостратегия.рф/> (дата обращения: 10.12.2024). Текст: электронный.

3. Ворожихин В. В. Перспективы распределенной энергетики в России // Капитал страны. URL: <http://kapital-rus.ru> (дата обращения: 10.12.2024). Текст: электронный.

4. Кравченко О. А. Разработка моделей для повышения энергоэффективности предприятия на основе использования технологий распределенной энергетики // Международный научный журнал. 2019. № 1. С. 64–76. Текст: непосредственный.

5. Ястремский А. И. Стохастические модели математической экономики. Киев: Высшая школа, 1983. 127 с. Текст: непосредственный.

6. Ермольев Ю. М., Ястремский А. И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. Москва: Наука, 1979. 253 с. Текст: непосредственный.

7. Юдин Д. Б. Математические методы управления в условиях неполной информации: Задачи и методы стохастического программирования. Москва: КРАСАНД, 2010. 400 с. Текст: непосредственный.

8. Ермольев Ю. М. Методы стохастического программирования. Москва: Наука, 1976. 239 с. Текст: непосредственный.

9. Юдин Д. Б. Задачи и методы стохастического программирования. Москва: КРАСАНД, 2010. 392 с. Текст: непосредственный.

10. Кравченко О. А. Стохастические модели и методы оптимизации экономических параметров электроэнергетического комплекса угледобывающих предприятий: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук: 08.00.13. Ростов-на-Дону, 2002. 279 с. Текст: непосредственный.

11. Кардаш В. А. Решение задач экономической оптимизации структуры генерирующих мощностей в изолированной энергосистеме // Известия вузов. Электромеханика. 1994. № 6. С. 13–17. Текст: непосредственный.

12. Кардаш В. А. Введение в стохастическую оптимизацию. Новочеркасск: Изд-во НГТУ, 1995. Кн. 1. 135 с. Текст: непосредственный.

13. Кардаш В. А. Введение в стохастическую оптимизацию. Новочеркасск: Изд-во НГТУ, 1996. Кн. 2. 113 с. Текст: непосредственный.

Статья поступила в редакцию 15.01.2025; одобрена после рецензирования 23.01.2025; принята к публикации 24.01.2025.

On Developing a Modification and Implementing a Stochastic Model to Optimize the Costs of Power Supply of an Enterprise Taking into Account the Use of an Alternative Power Source

Oksana A. Kravchenko

Cand. Sci. (Econ.), A/Prof. ,

Shakhty Automobile and Road Construction Institute

(branch) of Platov South-Russian State Polytechnic University

1 Lenina Sq., Shakhty 346500, Russia

oksana.xen@yandex.ru

Abstract. The article emphasizes the relevance of developing and implementing a stochastic model for optimizing the costs of power supply of an enterprise taking into account the use of an alternative power source, which provides for the sale of part of the generated electricity in order to improve economic efficiency. We have developed a modification of the stochastic model based on a two-stage problem and substantiated the choice of a direct

quasi-gradient method of stochastic programming for its implementation. The article presents the results of implementing the model modification for winter mode of a woodworking enterprise reconstructing the power supply system in order to increase capacity due to the re-equipment of the heating system and connection of new electrical equipment.

Keywords: stochastic model, two-stage problem, stochastic linearization method, energy efficiency, renewable energy source.

For citation

Kravchenko O. A. On Developing a Modification and Implementing a Stochastic Model to Optimize the Costs of Power Supply of an Enterprise Taking into Account the Use of an Alternative Power Source. *Bulletin of Buryat State University. Economy and Management*. 2025; 1: 103–112 (In Russ.).

The article was submitted 15.01.2025; approved after reviewing 23.01.2025; accepted for publication 24.01.2025.