

# Механизм развития экономики энергетического комплекса малого и среднего бизнеса Камеруна на основе биоэнергоресурсов

С. Б. Ниёмб

Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого  
Санкт-Петербург, Россия  
nybesuz@gmail.com

О. В. Новикова

Санкт-Петербургский политехнический университет  
Петра Великого  
Санкт-Петербург, Россия  
novikova-olga1970@yandex.ru

**Аннотация.** Энергия является важнейшим товаром, доступ к которому в Камеруне признается в качестве права. В последние годы существенное влияние в балансе потребления начинают оказывать темпы развития малого и среднего бизнеса при этом есть предприятия, которые формируют отходы сельского хозяйства и пищевой промышленности, которые могут стать сырьем для развития биоэнергетики. Выбор конкретной схемы функционирования децентрализованной системы электроснабжения предприятий Камеруна должен производиться на основе объективного критерия. В зависимости от целей предприятия данным критерием могут выступать затраты на реализацию проекта, дисконтированный денежный доход, прирост рентабельности с заданным горизонтом прогнозирования и многие другие. Выбор данного критерия сопряжен с многофакторным анализом целей предприятия и специфики его функционирования, а совокупность возможных вариаций данного критерия можно условно обозначить – «Экономические критерии». В исследовании представлена методика определения комплексного критерия оценки уровня энергетической безопасности системы децентрализованного электроснабжения предприятий малого и среднего бизнеса Камеруна с применением биоэнергоресурсов.

**Ключевые слова:** электроснабжение, Камерун, малые и средние предприятия, биоресурсы, биотехнологии, методика, энергетическая безопасность

## I. ВВЕДЕНИЕ

Камерун на данный момент дестабилизирован с точки зрения многих аспектов инфраструктурного обеспечения функционирования бизнеса. Следствием данной дестабилизации является усиление последствий реализации возможных рисков, а следовательно, значительное повышение вероятности приостановки или полного завершения деятельности предприятия [1]. Таким образом, энергетическая безопасность схемы функционирования децентрализованной системы электроснабжения (ДСЭ) предприятий не менее значима, чем экономический эффект от ее реализации. Однако, на данный момент в науке не разработано универсального критерия энергетической безопасности (ЭБ). Данный факт обусловлен тем, что указанный критерий является комплексным и определяется совокупностью множества факторов, значительно дифференцированных в зависимости от объекта исследования [3].

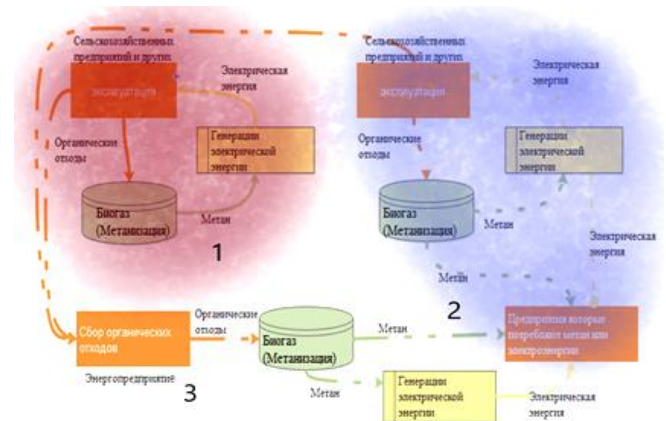


Рис. 1. Схема функционирования децентрализованной системы электроснабжения предприятий Камеруна

Предложено 3 схемы функционирования децентрализованной системы электроснабжения предприятий Камеруна с учетом: Полностью изолированной системы, Системы с перетолками по биотопливу и электроэнергии, Система из нескольких сельскохозяйственных или промышленных предприятий, взаимодействующих с внешними предприятиями по сбору их отходов или биомассы, производство топлива и электроэнергии.

## II. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ (ДСЭ)

Для целей разработки методики в первую очередь необходимо определить факторы, оказывающие влияние на ЭБ реализации схемы функционирования ДСЭ предприятий Камеруна. Комплексный анализ позволил выделить следующие макрофакторы, оказывающие влияние на ЭБ систем энергоснабжения предприятий Камеруна [4]:

1. Масштаб деятельности предприятия. Данный фактор определяет возможность исключительно самостоятельной генерации энергии.
2. Сфера деятельности предприятия. Данный фактор в первую очередь определяет возможность самостоятельной выработки топлива.
3. Географическое расположение предприятия. Так как Камерун является географически неоднородным с точки зрения распределения энергоресурсов.

4. Климатическое влияние. Данный фактор отражает влияние климатических условий региона функционирования предприятия на процесс генерации энергии в системе энергоснабжения.
5. Состояние региональных сетей. Данный фактор отражает устойчивость региональных сетей и зависимость предприятия от данной условной величины.
6. Законодательная среда. Данный фактор является наиболее комплексным, и отражает специфику легитимизации исследуемого проекта и уровень государственной поддержки избранного способа генерации энергии.

### III. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ ДСЭ ПРЕДПРИЯТИЙ КАМЕРУНА

Методика формирования нечетко-множественных классификаторов включает в себя определение факторов, выявление лингвистических переменных, базового терм множества, определение носителя лингвистических переменных, расчет частных и интегральных показателей [3]. По практическим решением методики включает в себя следующие этапы:

- формирование комплекса альтернативных решений по организации децентрализованной системы электроснабжения;
- оценка частных показателей энергетической безопасности решений по организации децентрализованной системы электроснабжения;
- расчет интегрального показателя энергетической безопасности. По результатам расчета каждого из частных показателей, проводится распознавание их значений по критерию  $\lambda_{ij} \in [0; 1]$ . Данный показатель соотносит значения частных показателей со значениями 01-носителя

$$\lambda_{ij} = 1 - \frac{X_i - a_3^i}{a_4^i - a_3^i}$$

где  $a_3^i$  и  $a_4^i$  – Т-числа  $i$ -го подмножества терм-множества. По результатам распознавания значений частных показателей, рассчитываются интегральные показатели:

$$I = \sum_1^{10} p_j \cdot r_i \cdot \lambda_{ij}$$

где  $p_j$  – узловые точки 01-носителя:

$$p_j = 0,9 - 0,2 \cdot (j - 1)$$

где  $j$  – номер подмножеств базового терм множества

Полученный интегральный показатель распознается в соответствии с двумя выделенными терм-множествами, пограничным:

1. Недопустимый уровень энергетической безопасности системы энергоснабжения – (0; 0; 0.4; 0.8).
2. Допустимый уровень энергетической безопасности системы энергоснабжения – (0.4; 0.8; 1; 1) [5].

В том случае, если рассматриваемый проект не достигает допустимого уровня энергетической безопасности, вне зависимости от величины потенциального экономического эффекта отвергается [3].

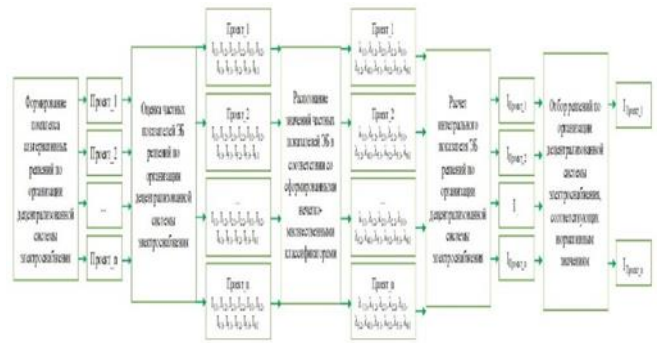


Рис. 2. Методика оценки уровня энергетической безопасности для дсэ предприятий Камеруна

- отбор решений по организации децентрализованной системы электроснабжения, соответствующих нормативным значениям.

### IV. РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ

#### A. Формирование комплекта альтернативных решений по организации децентрализованной системы электроснабжения



Были рассмотрены три проекта по применению Методики оценки уровня энергетической безопасности системы децентрализованного электроснабжения предприятий Камеруна:

ПРОЕКТ 1: практический пример использования хлопковой биомассы в Камеруне

ПРОЕКТ 2: Практический пример использования древесной биомассы в качестве топлива для производства электроэнергии малыми и средними предприятиями Камеруна.

Допущения экономического анализа проектов 1 и 2.

В табл. 1 приведены значения, использованные в качестве основы для нашего анализа. Для электростанции, использующей древесные отходы с лесопилки на месте, цена топлива на входе в газогенератор будет варьироваться. Что касается цен на хлопковые стебли, то они являются результатом обследования, проведенного в Буркина-Фасо и других Африканских странах; мы предполагаем, что они будут

аналогичны в Камеруне. Понятно, что в сельских районах восточной провинции, где внедрение деревообрабатывающего сектора было бы более целесообразным, цена упадет ниже этого среднего показателя [1]. Установленная мощность составляет 100 кВт, что подразумевает среднегодовой коэффициент нагрузки 30% в год, а, следовательно, пиковое время использования электроэнергии составляет 2600 часов. В 10-м году производство составит 483 150 кВт \* ч, что соответствует коэффициенту загрузки 55%. Для этого потребуется дополнительная мощность в 100 кВт по стоимости, эквивалентной стоимости года 0. Таким образом, в 20-м году, в конце экономического срока службы объекта, коэффициент использования составит 45% [4]. В следующей таблице приведены критерии рентабельности, выбранные в зависимости от видов топлива различных проектов, при ставке дисконтирования 5%.

ТАБЛИЦА I РАСЧЕТ ДИСКОНТИРОВАННОГО КАПИТАЛА (= 5%)

Структура затрат на биомассу	Традиционное производство (дизель)	Используемая биомасса: хлопок и технологические		Используемая биомасса: древесина и технологические	
		двойное топливо	весь газ	двойное топливо	весь газ
Стоимость топлива в кВт*ч [франков кфа]	62,8	30,3	22,2	29,3	20,9
Дисконтированные инвестиции [франков кфа]	43576	86167	96932	86167	96932
Стоимость произведенного кВт*ч, [франков кфа]	81,7	61,4	56,3	60,3	55
индекс прибыльности	3,3	3,5	3,6	3,6	3,7
Срок окупаемости и дополнительных инвестиционных затрат [год]		3,4	3,4	3,4	3,4

Сектор использования биомассы для электроэнергии является наиболее прибыльным. Это позволяет экономить от 15 до 25 франков КФА на произведенный кВтч. Переинвестирование сектора восстанавливается в течение примерно 3-х лет. Лесной сектор, как правило, более интересен, чем хлопковый сектор, это сильно связано со стоимостью топлива на входе в газогенератор. Вариант «весь газ» имеет более низкую стоимость, но индекс рентабельности практически такой же [4]. Несмотря на более высокие инвестиции, вариант «весь газ» имеет более низкую стоимость около 4 франков КФА / кВтч, чем вариант с двойным топливом.

ПРОЕКТ 3: Практический пример использования: обработка отходов для биометанизации.

При использовании одноступенчатого варочного котла на основе процесса с термофильным сбраживанием средняя выработка биогаза составляет

130 м<sup>3</sup> на тонну субстрата. Необходимые инвестиционные и эксплуатационные расходы суммированы в табл. 2, а цены выражены в евро. Предположения таковы: Стоимость земельного участка: 3 €/м<sup>2</sup>; Процентная ставка (8%); Срок использования: строительство, разработка и освоение (25 лет), установка для сбраживания (16 лет), машины и приборы (7 лет); [1]. Пункт установки включает в себя приемно-измельчительную установку, варочный котел, подачу, дренаж, прессование, хранение газа, измерения и регулирование, когенератор для рекуперации газа, обработку добываемого воздуха, гражданское строительство и электротехническую установку. При предположении цены продажи тепла, равной 6 €/ГДж полезного, стоимость произведенного киловатт-часа становится 0,212 €/кВтч. Компенсация за предотвращенные выбросы и субсидии на переработку отходов еще больше снизили бы эти затраты [4]. Например, субсидия в размере 10 евро за тонну субстрата снизила бы эту стоимость до 0,173 евро/кВт\*ч. Приведенные выше результаты обобщены в табл. 2.

ТАБЛИЦА II Стоимость энергии, произведенной на установке АНАЭРОБНОГО СБРАЖИВАНИЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

Характер энергии	Количество и единицы измерения
Стоимость электроэнергии без продажи тепла	0,238 €/кВт.ч
Цена тепла	0,238 €/кВт.ч
Продажа тепла	107395,2 €/кВтч /год
Чистое производство тепла в ГДж на 1 тонну отходов	17899,2 ГДж/год
СО <sub>2</sub> избегается из-за использования компоста	499 т /год
Экономия энергии/химическое удобрение на 1 тонну отходов	5940 ГДж/год
Стоимость электроэнергии с продажей тепла	0,212 €/кВт.ч
Общее количество СО <sub>2</sub> избегается	6361 т /год
Возможная субсидия	10 €/тонна субстрата
Субсидия	165000 €/год
Стоимость электроэнергии	0,173 €/ кВт.ч

Этот случай позволил проанализировать возможность биометанизации в Камеруне компанией. В частности, обработка бытовых отходов и скотобойни в городах Дуала была предметом тематических отчетов завода по анаэробному сбраживанию бытовых отходов в городе Дуала. Исследований, которые проиллюстрировали потенциал сокращения выбросов СО<sub>2</sub> с помощью этой биотехнологии с 800 до 1380 кг СО<sub>2</sub> на МВт\*ч электроэнергии, поставляемой по сетям [2].

### *В. Оценка показателей, характеризующих уровень допустимости энергобезопасности децентрализованной системы электроснабжения*

На этом уровне метод заключается в заполнении листа показателей, то есть присвоении каждому показателю его реального значения. в контексте наших практических примеров мы присвоили каждому проекту значения показателей, основанных на реальных фактах.

ТАБЛИЦА III Оценка показателей, характеризующих уровень допустимости энергобезопасности ДСЭ

Факторы и показатели	Обозначение	Значения по проектам			Ед. измерения
		1	2	3	
<b>Масштаб деятельности предприятия</b>					
Отношение годовой выручки предприятия к стоимости (затратам) реализации проекта по построению ДСЭ	I <sub>1,1</sub>	3,5	3,6	1,6	%
Отношение среднегодового объема оборотных средств предприятия к среднегодовым затратам на обеспечение функционирования предлагаемой системы энергоснабжения.	I <sub>1,2</sub>	1,6	2,2	1,1	%
<b>Сфера деятельности предприятия</b>					
Доля необходимого топлива, обеспечиваемая за счет производственной деятельности	I <sub>2,1</sub>	70	85	65	%
Отношение энергоемкости основных производственных процессов к вспомогательным.	I <sub>2,2</sub>	0,1	0,1	0,1	%
<b>Географическое расположение предприятия</b>					
Усредненное расстояние до источников энергоресурсов.	I <sub>3,1</sub>	1453	176	572	км
Условная транспортная доступность энергоресурсов.	I <sub>3,2</sub>	5	7	4	балл.
<b>Климатическое влияние</b>					
Условный индекс влияния окружающей среды.	I <sub>4,1</sub>	4	4	5	балл.
<b>Состояние региональных сетей</b>					
Отношение времени нарушения электроснабжения из-за аварий к календарному времени за предыдущий год.	I <sub>5,1</sub>	0,2	0,2	0,5	%
Коэффициент износа региональной системы распределения энергии.	I <sub>5,2</sub>	0,3	0,1	0,1	%
Условный индекс зависимости предприятия от региональной системы распределения энергии.	I <sub>5,3</sub>	6	4	6	балл.
<b>Законодательная среда</b>					
Условный индекс нормативной напряженности.	I <sub>6,1</sub>	6	6	5	балл.

На следующем этапе производится распознавание принадлежности значений данных показателей в соответствии с сформированными нечетко-множественными классификаторами. Данные значения принадлежности позволяют определить соответствующие узловые точки нечетких подмножеств. С учетом веса влияния и вектора влияния показателей мы получаем интегральную оценку уровня допустимости энергобезопасности проектов (табл. 4).

ТАБЛИЦА IV Интегральная оценка уровня допустимости энергетической безопасности проектов в отношении системы децентрализованного электроснабжения предприятий

№	Обоз	Проект №1	Проект №2	Проект №3
1.	I <sub>1,1</sub>	0,15	0,13	0,1
2.	I <sub>1,2</sub>	0,087	0,076	0,054
3.	I <sub>2,1</sub>	0,247	0,19	0,157
4.	I <sub>2,2</sub>	0,0675	0,0575	0,0375
5.	I <sub>3,1</sub>	0,0675	0,0477	-0,0135
6.	I <sub>3,2</sub>	0,0402	0,055	0,045
7.	I <sub>4,1</sub>	0,055	0,045	0,025
8.	I <sub>5,1</sub>	0,0675	0,0575	0,0175
9.	I <sub>5,2</sub>	0,0385	0,0378	0,0475
10.	I <sub>5,3</sub>	0,09	0,0879	0,088
11.	I <sub>6,1</sub>	-0,05	-0,05	-0,05
<b>Итого</b>		0,8602	0,7344	0,508

На последнем этапе распознаем принадлежности интегральных показателей проектов.

ТАБЛИЦА V Распознавание принадлежности интегральных показателей уровню энергетической безопасности системы децентрализованного электроснабжения предприятий в отношении проекта

СТЕПЕНИ	ПРОЕКТ №1	ПРОЕКТ №2	ПРОЕКТ №3
<i>Степень уверенности</i>	100%	100%	100%
<i>Итоговый показатель</i>	86%	72%	50%
<i>Лингвистическая интерпретация</i>	<i>Высокое значение показателя</i>	<i>Высокое значение показателя</i>	<i>Среднее значение показателя</i>

Как можно видеть, полученные результаты практически идентичны, и демонстрируют высокую допустимую энергетической безопасности по проектам 1 и 2, и среднюю допустимую энергетической безопасности проекта 3 в рамках нашего исследования. Однако, мы отмечаем, что результаты могут отличаться в зависимости от технологии, используемой для производства электроэнергии.

## V. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование посвящено разработке методических рекомендаций по определению уровня энергетической безопасности децентрализованной системы электроснабжения МСП Камеруна. Автором была предложена система факторов, выраженных в индикативных показателях, отражающих влияние внутренней и внешней среды на уровень энергетической безопасности децентрализованной системы электроснабжения МСП Камеруна. Данная система является взвешенной, а веса внутри системы были экспертно обоснованы. На основе предложенной системы индикативных показателей была сформирована нечетко-множественная модель оценки уровня допустимости трех проектов. Данная модель позволяет уйти от проблем применения инструментария статистического анализа и в то же время ограничить субъективность экспертных показателей внутри нее. Основываясь на трех проектах в качестве практического примера и на следующем методе реализации; для каждого проекта были проведены расчеты экономических показателей, а также технико-экономический анализ целесообразности, а также

последующее изменение уровня энергетической безопасности для МСП. Результаты оценки выражают уровень энергетической безопасности рассчитанные по 3-балльной шкале, и уровень надежности полученного результата, характеризующего возможность смещения уровня допустимости энергетической безопасности в пределах допустимости состояния. Результаты представленного исследования могут быть использованы для обоснования выбора схемы организации энергоснабжения малых и средних предприятий, испытывающих дефицит энергии и обладающих возможностью создания изолированной энергосистемы на основе применения биоэнергоресурсов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Kamkuimo P. et Choula F., 2019 : Annuaire des Petites et Moyennes Entreprises/Industries (PME/PMI) et opérateurs artisanaux (Menuisiers-Ebénistes-Charpentiers/MEC et Vendeurs de Bois) de la filière forêt-bois.
- [2] Мельник А.Н., Лукишина Л.В. Энергетическая стратегия предприятия. Казань: Изд-во Казан.ун-та, 2013. 140 с.
- [3] Недосекин А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: Дисс.... докт. экон. наук / Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов. СПб., 2003.
- [4] Ниёмб Б.С. Реализация потенциала возобновляемых источников энергии при разработке энергетической стратегии Камеруна [Электронный ресурс]: магистерская диссертация: 38.04.02 / б. С. Ниёмб; Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт промышленного менеджмента, экономики и торговли / науч. рук. О.В. Новикова. URL: <http://elibr.spbstu.ru/dl/2/v16-753.pdf/>.
- [5] Конников Е.А. Совершенствование методов оценки устойчивости развития промышленных предприятий (октант устойчивости развития предприятия) / Е.А. Конников // Маркетинг менеджмент в цифровой экономике [Электронный журнал]. 2015. Т. 1. № 4. С. 4-35. 0, 5 п.л. / 0, 5 п.л.