

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОГРАММЫ РАЗВИТИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ РЕСПУБЛИКИ САХА (ЯКУТИЯ)

### TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE PROGRAM FOR THE DEVELOPMENT AND OPTIMIZATION OF THE ELECTRIC POWER INDUSTRY OF THE REPUBLIC OF SAKHA (YAKUTIA)

**N. Volotkovskaya**  
**A. Volotkovskiy**  
**A. Semenov**  
**A. Kinash**

*Summary.* The article deals with the issue of technical and economic evaluation of the long-term program of development and optimization of local energy of the Republic of Sakha (Yakutia). The main goals and objectives of the study are to provide high-quality and reliable power supply to isolated settlements, to reduce the amount of subsidies for local energy, to upgrade fixed assets. The current state of the electric power industry of the Republic is presented and the comparison of options for the program of optimization of local energy from a technical and economic point of view is made. Conclusions about the prospects for the implementation of the program are made.

*Keywords:* electric power industry, subsidies, isolated area, local energy, renewable energy source, reliability of energy supply, Republic of Sakha (Yakutia).

**Волотковская Наталья Сергеевна**

Доцент, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, Политехнический институт (филиал) в г. Мирном  
volotkovska\_n@mail.ru

**Волотковский Андрей Александрович**

Зав. лаб., Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, Политехнический институт (филиал) в г. Мирном  
kafeiagp@rambler.ru

**Семёнов Александр Сергеевич**

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, Институт математики и информатики, г. Якутск  
sash-alex@yandex.ru

**Кинаш Арлетта Александровна**

Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова, Политехнический институт (филиал) в г. Мирном  
arletta\_09@mail.ru

*Аннотация.* В статье рассматривается вопрос технико-экономической оценки реализации долгосрочной программы развития и оптимизации локальной энергетики Республики Саха (Якутия). Обозначены основные цели и задачи исследования, заключающиеся в обеспечении качественного и надежного электроснабжения изолированных населенных пунктов, уменьшении объема субсидирования локальной энергетики, обновлении основных фондов. Представлено текущее состояние электроэнергетики республики и произведено сопоставление вариантов программы оптимизации локальной энергетики с технико-экономической точки зрения. Сделаны выводы и заключения о перспективах реализации представленной программы.

*Ключевые слова:* электроэнергетика, субсидирование, изолированный район, локальная энергетика, возобновляемые источники энергии, надежность энергоснабжения, Республика Саха (Якутия).

### Введение

Современные тенденции развития мировой экономики в целом и энергетики в частности показывают, что ключевыми факторами являются надежность энергоснабжения, энергобезопасность и энергоэффективность, а также экологические проблемы [1–3]. При этом повышение энергоэффективности является стратегическим направлением снижения энергоемкости экономики и снижения себестоимости

продукции, что приведет к конкурентоспособности продукции как внутри страны, так и на мировом рынке [4–6].

Российская энергетика состоит из 69 региональных энергосистем, которые в свою очередь составляют 7 интегрированных энергетических систем (Центр, Восток, Сибирь, Урал, Средняя Волга, Юг и Северо-Запад).

Интегрированная энергетическая система «Восток» включает в себя весь северо-восток РФ. Только общая

площадь Республики Саха (Якутия), которая входит в эту систему, составляет 3 млн. 84 тыс. кв. км и на три четверти располагается в зоне вечной мерзлоты. Это вызывает определенные трудности для энергоснабжения северных районов, где сейчас продолжает бурное развитие горнодобывающая промышленность [7]. В связи с этим необходимость инвестиций в развитие энергетики — актуальный и требующий быстрого решения вопрос [8].

### Цель, задачи и объект исследования

Сегодня крупнейшими инвестиционными проектами Республики Саха (Якутия) в вопросах энергетики являются:

1. Строительство Якутской ГРЭС-2 (ПАО «ЭС Востока», «РусГидро»);
2. Строительство Канкунской ГЭС («РусГидро»);
3. Строительство ТЭЦ (ПАО «ЭС Востока»);
4. Плавучая атомная станция («Росатом»);
5. Строительство мини-ТЭЦ и модульных энергокомплексов.

Проблема децентрализованной и изолированной электроэнергетики Республики Саха (Якутия) была рассмотрена в перечне поручений по итогам заседания президиума Государственного совета РФ № Пр-2288 от 03.11.2015 г., предусматривающем разработку следующей долгосрочной программы оптимизации локальной энергетики (ПОЛЭ). Её основные задачи:

1. Обеспечение качественного и надежного электроснабжения изолированных населенных пунктов;
2. Уменьшение объема субсидирования локальной энергетики Республики Саха (Якутия);
3. Обновление основных фондов, находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии.

Третья задача была подробно описана авторами в работе [9]. В результате исследований на основе разработки математических моделей износа электрооборудования [10] было доказано, что если в ближайшие годы не принять необходимые меры по ремонту и восстановлению основных средств электрических сетей Республики Саха (Якутия), то с вероятностью 95% оборудование подстанций 110 кВ к 2023 году полностью выйдет из строя.

Первая задача является очень сложной и требует отдельного детального рассмотрения. Научный задел по решению данной проблемы представлен в [11–13].

Таким образом, целью и основной задачей настоящего исследования будет являться технико-экономическая оценка программы оптимизации локальной энергетики для поиска вариантов уменьшения объема перекрест-

ного субсидирования локальной энергетики Республики Саха (Якутия).

### Результаты исследования

Предыдущая программа оптимизации локальной энергетики Якутии была рассчитана на период с 2012 по 2017 годы и основные её задачи были сформулированы следующим образом:

- ◆ снижение выбросов в окружающую среду;
- ◆ повышение надежности и качества энергообеспечения потребителей;
- ◆ создание технологических предпосылок по снижению затрат на завоз и использование дизельного топлива в электроэнергетике;
- ◆ когенерация электрической и тепловой энергии в зоне действия локальной энергетики за счет строительства ТЭЦ малой мощности;
- ◆ снижение технологических потерь в сетях.

Учитывая, что тарифы в Якутии от основного и единственного поставщика ПАО «Якутскэнерго» утверждаются на едином уровне, потребители Южно-Якутского, Центрального и Западного энергорайонов субсидируют потребителей Северного энергорайона. Так размер перекрестного субсидирования в 2017 году составил 6 803 млн. руб. В связи с этим остро встал вопрос об определении объема финансирования, необходимого для ликвидации перекрестного субсидирования локальной энергетики в Республике Саха (Якутия).

В рамках современной программы для каждого существующего объекта генерации рассматриваются различные варианты реконструкции:

- ◆ замена на дизельные агрегаты;
- ◆ замена на нефтяные агрегаты;
- ◆ замена на газовые агрегаты (магистральный газ и сжиженный углеводородный газ);
- ◆ установка возобновляемых источников энергии (ВИЭ) (ветряные и солнечные станции) [14–16];
- ◆ вывод объекта генерации в резерв, электроснабжение за счет линий электропередач [17];
- ◆ создание региональных энергосистем с укрупнением источников питания и развитием энергосетевого комплекса [18].

В результате чего получен перечень и график реализации мероприятий, которые необходимо реализовать на действующих объектах локальной генерации с определением показателей, характеризующих технологическую и экономическую эффективность [19, 20]. Так ПОЛЭ нового периода предусматривает 5 альтернативных вариантов:

Вариант 1 — Повышенный резерв: установленная мощность новых объектов генерации определяется

Таблица 1. Сопоставление вариантов программы оптимизации локальной энергетики

Технические показатели в результате реализации программы	Вариант					
	1	2	3	4	5	
Установленная мощность новых объектов генерации, МВт	109	81	82	146	127	
Суммарные капитальные вложения в ценах 2018 г. без НДС, млрд. руб.:						
	без НДС	13	12	30	21	37
в п.п. с НДС	21	19	44	33	56	
Суммарный эффект за 2018–2040 гг. (уменьшения перекрестного субсидирования) от реализации ПОЛЭ в ценах 2018 г., млрд. руб.	22	23	37	25	39	
Отношение суммарного эффекта за 2018–2040 гг. к капитальным вложениям в ценах 2018 г. без НДС	1,67	1,88	1,25	1,2	1,05	
Уменьшение экономически обоснованного тарифа на электроэнергию при реализации ПОЛЭ в полном объеме:						
	в процентах	13,9	14,4	16,0	17,3	18,8
	в руб./кВт⋅ч	58,9	58,9	58,9	58,9	58,9
	50,7	50,4	49,5*	48,7	47,8*	
Суммарные субсидии на инвестиции и перекрестное субсидирование локальной энергетики в период 2018–2040 гг. в ценах на 2018 г., млрд. руб.	161	159	163	166	168	
КПД по производству электроэнергии на объектах АО «Сахаэнерго» после реализации ПОЛЭ,%	34	34	34**	39	39**	
Сокращение годового объема завозимого дизельного топлива для объектов локальной электрогенерации						
	в процентах	44	44	50	58	63
	в тыс. руб. без ПОЛЭ	100	100	100	100	100
	в тыс. руб. с ПОЛЭ	56	56	50	42	37

\*+ 10% потребителей подключается к ЭС Магаданэнерго, Якутскэнерго  
 \*\*+ загрузка крупных ТЭС и ГЭС Магаданэнерго и Якутскэнерго

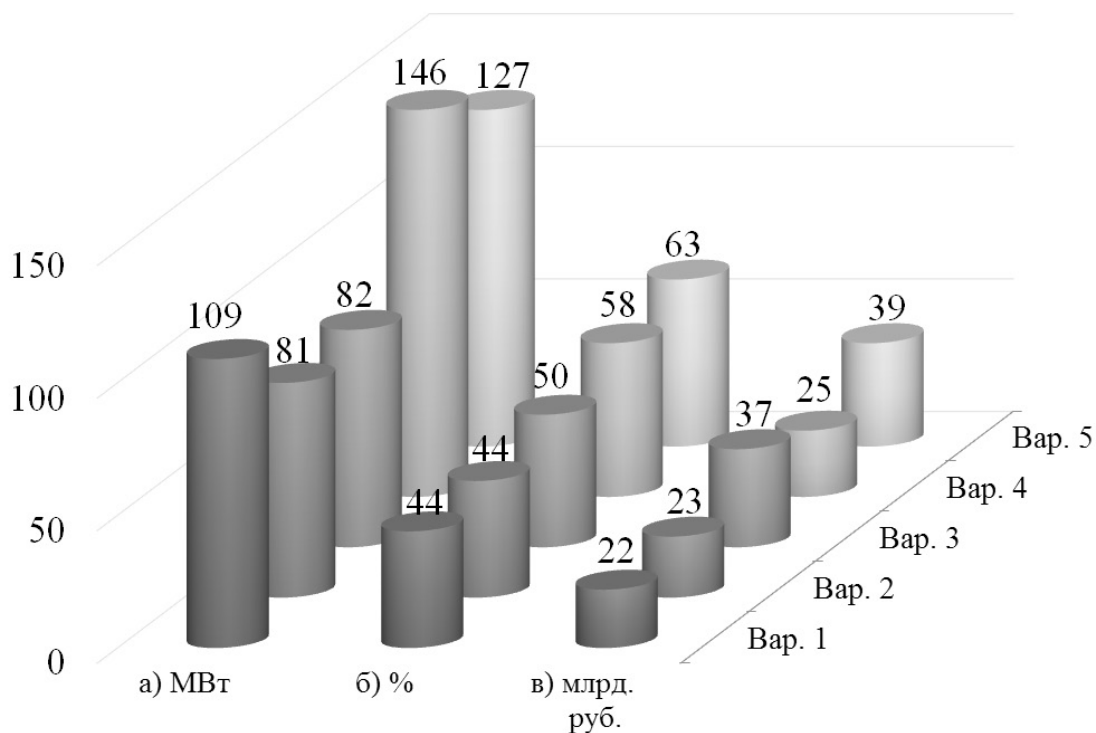


Рис. 1. Соотношение технико-экономических показателей вариантов программы оптимизации локальной энергетики: а) установленная мощность новых объектов генерации, б) сокращение годового объема завозимого дизельного топлива, в) суммарный экономический эффект за 2018–2040 гг.

по аналогии со сложившейся практикой, т.е. установленная мощность от 150 до 350% от максимальной нагрузки потребителей.

Вариант 2 — Умеренный резерв: установленная мощность новых объектов генерации определяется исходя из целесообразности установки однотипных агрегатов (4 в работе и 2 в резерве), т.е. установленная мощность порядка 150% от максимальной нагрузки потребителей.

Вариант 3 — Электросетевой: учитываются эффективные проекты по сооружению электрических сетей до изолированных населенных пунктов. Мероприятия на объектах генерации в оставшихся муниципальных образованиях определяются путем выбора наиболее эффективных решений из первого и второго вариантов.

Вариант 4 — Высокая доля ВИЭ: установленная мощность новых объектов генерации определяется по аналогии со сложившейся практикой, т.е. установленная мощность от 150 до 350% от максимальной нагрузки потребителей. Дополнительно предусмотрено сооружение объектов ВИЭ, ввод в эксплуатацию которых позволит уменьшить тариф на электроэнергию [21].

Вариант 5 — Сети и ВИЭ: учитываются эффективные проекты по сооружению электрических сетей из третьего варианта и реконструкция генерирующих объектов, не подключаемых к энергосистемам, аналогичная четвертому варианту [22].

В таблице 1 представлено сопоставление вариантов ПОЛЭ без учета компенсации повышенной тарифной нагрузки потребителям централизованных энергосистем.

Соотношение некоторых технических показателей для наглядности приведено на диаграмме ниже (рис. 1).

Все рассматриваемые варианты направлены на уменьшение экономически обоснованных тарифов на электроэнергию и уменьшение субсидирования объектов локальной генерации.

## Заключение

В заключении можно отметить, что реализация программы оптимизации локальной энергетики в любом из вариантов приведет к уменьшению перекрестного субсидирования локальной энергетики Республики Саха (Якутия). Наиболее привлекательным как с технической, так и с экономической точки зрения выглядит пятый вариант, который к тому же позволит уменьшить экологическую нагрузку на северные районы. Также из вышеприведенной оценки следует вывод, что во всех вариантах предусматривается увеличение объемов использования нефти на объектах генерации АО «Сахаэнерго». Это приведет к модернизации инфраструктуры и резервного парка АО «Саханафтегазсбыт». Стоимость модернизации оценивается предварительно в объеме порядка 203 млн. руб. в ценах 2018 г. без НДС. Данные затраты не включены в стоимость реализации ПОЛЭ и требуют дальнейшего уточнения.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяков А. Ф. Пути повышения надёжности энергоснабжения страны // Вестник Российской академии наук. — 2012. — Т. 82. — № 3. — С. 214.
2. Черняев М. В., Кириченко О. С. Анализ факторов устойчивого развития предприятий топливно-энергетического комплекса и условий достижения энергоэффективности и энергобезопасности // Экономика и предпринимательство. — 2017. — № 8–1 (85). — С. 929–943.
3. Черняев М. В., Корневская А. В. Влияние структурных изменений в топливно-энергетическом комплексе России на доходность крупнейших игроков рынка // Инновации и инвестиции. — 2018. — № 11. — С. 297–301.
4. Дебиев М. В. Состояние и перспективы развития электроэнергетики России // Электротехнические и информационные комплексы и системы. — 2017. — Т. 13. — № 4. — С. 10–16.
5. Солдатова Н. Ф., Михеев Д. В. Рынок малой энергетики: некоторые аспекты энергоэффективности // Экономика и управление в машиностроении. — 2016. — № 4. — С. 35–38.
6. Станкевич Ю. А. О концепции внедрения в России наилучших доступных технологий для предотвращения угроз национальной энергетической безопасности // Энергетическая политика. — 2017. — № 1. — С. 123–128.
7. Батугина Н. С., Романова Е. Р. Особенности государственного управления угледобывающими предприятиями в арктических районах Республики Саха (Якутия) // Проблемы современной экономики. — 2015. — № 2 (54). — С. 259–262.
8. Чуприкова Н. В. Приоритетные направления развития экономики регионов РФ в контексте привлечения инвестиций // Социально-экономические явления и процессы. — 2016. — Т. 11. — № 11. — С. 105–111.
9. Волотковская Н. С., Семёнов А. С., Федоров О. В. Анализ структуры и технического состояния западных электрических сетей Республики Саха (Якутия) // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. — 2018. — Т. 20. — № 11–12. — С. 46–55.
10. Семёнов А. С., Якушев И. А., Егоров А. Н. Математическое моделирование технических систем в среде MATLAB // Современные наукоемкие технологии. — 2017. — № 8. — С. 56–64.

11. Головин Ар.А., Янин Р.С. Направления развития электроснабжения изолированных населённых пунктов // Использование современных инновационных технологий в разработке и реализации экономических реформ: сб. статей междунар. науч.-практ. конф. (Омск, 11 сентября 2017 г.). — Уфа: ООО «Аэтерна», 2017. — С. 28–31.
12. Хамитов Р.Н., Ковалев В.З., Архипова О.В., Есин С.С. Модель регионально обособленного электротехнического комплекса с учетом графиков электрической нагрузки потребителей // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2018. — № 12–2. — С. 200–204.
13. Элякова И.Д. Обеспечение электроэнергетической безопасности арктических территорий Республики Саха (Якутия) // Экономика и управление. — 2015. — № 11 (121). — С. 87–93.
14. Иванова И.Ю., Ноговицын Д.Д., Тугузова Т.Ф., Шеина З.М., Сергеева Л.П. Оценка экономической эффективности использования ветроэлектростанций в Олекминском улусе Якутии // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 1–1. — С. 628.
15. Карамов Д.Н. Актуальность применения возобновляемых источников энергии в децентрализованных населенных пунктах России на примере Ленского района Республики Саха (Якутия) // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2013. — № 11 (82). — С. 279–283.
16. Сулос К.В. Развитие систем электроснабжения изолированных территорий России с использованием возобновляемых источников энергии // Вестник Иркутского государственного технического университета. — 2017. — Т. 21. — № 5 (124). — С. 131–142.
17. Мукатов Б.Б., Ефремов И.А., Фишов А.Г. Исследование реконфигурации электрических сетей с распределенной генерацией в аварийных режимах // Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации. — 2014. — № 4 (25). — С. 90–103.
18. Степанов В.С., Степанова Т.Б., Старикова А.А. Системный анализ целесообразности создания локальных энергосистем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. — 2018. — № 4 (60). — С. 117–124.
19. Егоров Н.Е., Ковров Г.С., Павлова С.Н. Инновационно-технологический потенциал арктической зоны Республики Саха (Якутия) // Инновации. — 2018. — № 11 (241). — С. 73–76.
20. Павлова С.Н., Луговкина И.В. Инновационные составляющие эколого-экономической системы // Проблемы современной экономики. — 2012. — № 4 (44). — С. 424–428.
21. Бовкун А.С. Разработка механизма управления проектами на базе возобновляемых источников энергии с использованием IT-технологий // Вестник Забайкальского государственного университета. — 2019. — Т. 25. — № 1. — С. 79–85.
22. Семёнов А.С., Шипулин В.С., Рушкин Е.И., Саввинов П.В., Еремеева Р.Е. Перспективы использования возобновляемых источников энергии в Республике Саха (Якутия) // Международный научный журнал Альтернативная энергетика и экология. — 2013. — № 3 (121). — С. 138–142.

© Волотковская Наталья Сергеевна ( volotkovska\_n@mail.ru ), Волотковский Андрей Александрович ( kafeiagp@rambler.ru ), Семёнов Александр Сергеевич ( sash-alex@yandex.ru ), Кинаш Арлетта Александровна ( arletta\_09@mail.ru ).  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосов