

К РАЗВИТИЮ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА И ТИПОРАЗМЕРА ВЕТРОДИЗЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОКОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ МЕСТНЫХ ВЕТРОКЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

**В. В. Николаев, директор
АНО НИЦ "АТМОГРАФ", г. Москва. Россия
e-mail: kharval@mail.ru**

Аннотация: Изложены результаты разработки и апробации методических основ и численной методики определения оптимальной комплектации и типоразмеров гибридных энергетических систем на базе дизельгенераторных (ДГУ) и ветроэлектрических (ВЭУ) установок для покрытия заданных графиков нагрузок. Отображены результаты расчетов экономических и эксплуатационных характеристик гибридного комплекса для локальных условий поселка Тикси.

Ключевые слова: график нагрузки, дизельная электростанция, ветроэлектрическая установка, ветродизельный энергокомплекс, фотоэлектрическая установка, гибридная энергетическая система, автономное энергоснабжение

Последние 30 лет в мире происходит широкомасштабное развитие ветроэнергетики. В разных странах экономические, политические, ресурсные и другие локальные факторы определяли темпы и технологии развития, схемы государственной поддержки и другие особенности. Наиболее распространенными направлениями применения ветроэнергетики в мире является использование их в рамках единой энергосети (более 95 % установленных мощностей ВЭУ), а также в гораздо меньшей степени для энергообеспечения изолированных потребителей.

В настоящее время более 65 % территории России не охвачены единой энергетической сетью, и основой снабжения электрической энергией (ЭлЭн) потребителей в этих районах являются дизельные электростанции (ДЭС). Актуальность работы обусловлена большими перспективами совместного использования ДЭС с ВЭУ с целью сбережения дорогостоящего дизельного топлива (ДТ) и повышения надежности и эффективности энергоснабжения потребителей малой и средней мощности (до 5–10 МВт).

Цель исследований – разработка методики определения оптимального состава и типоразмера ветродизельных энергокомплексов с учетом местных ветроклиматических условий.

Материалы и методика исследований. Использование ВЭУ в составе ВДК (ветродизельный комплекс) перспективно во многих северных и дальневосточных районах России с богатыми ветровыми

ресурсами [1, 2], распределение которых по территории России иллюстрируется рис. 1 с картой среднегодовых значений коэффициентов использования номинальной мощности ($K_{иум}$) ВЭУ V 44 номинальной мощности 600 кВт с высотой башни 50 м датской компании VESTAS, построенная по методике работы [1].

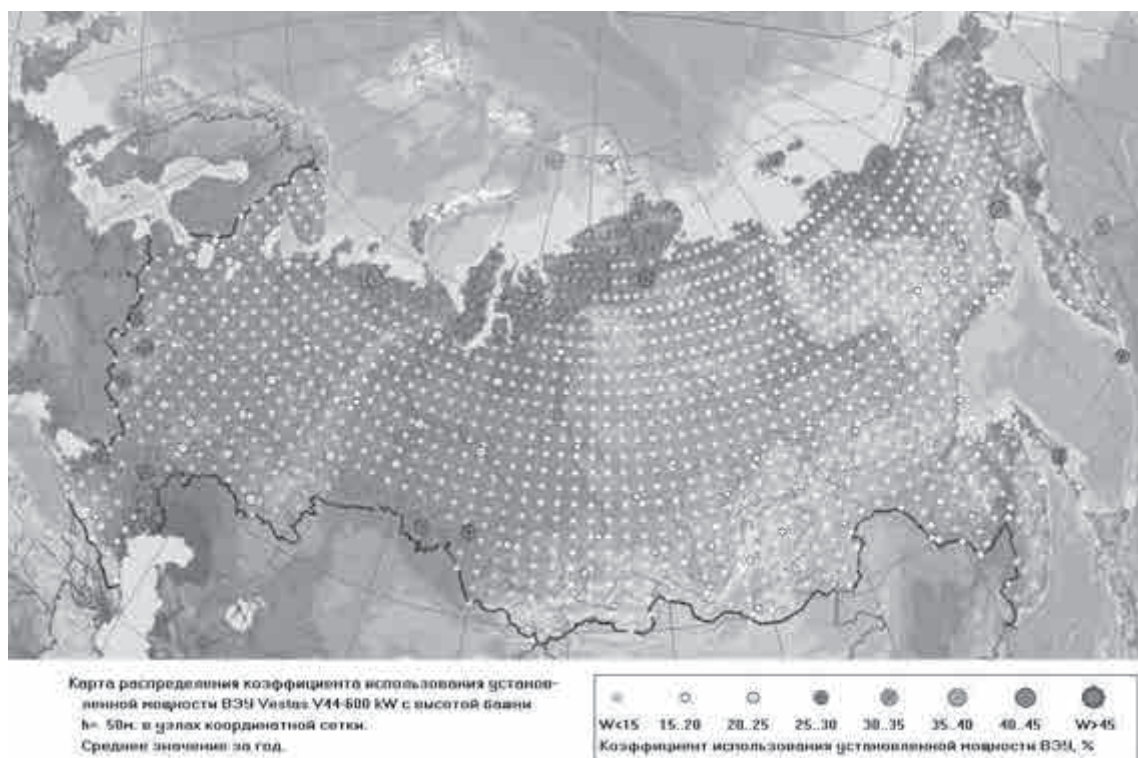


Рис. 1. Распределение по территории России $K_{иум}$ (%) ВЭУ V 44 600 кВт

Согласно рис. 1, в полярных и дальневосточных районах значения $K_{иум}$ современных ВЭУ превышают значения 25 %, обеспечивая себестоимость выработки ЭлЭн на ВЭС менее 5 руб/кВт·ч даже при высоких удельных капитальных затратах (до 2500 долларов за кВт и более). При типичной для российских северных регионов топливной составляющей выработки ЭлЭн на ДЭС до 8–10 руб/кВт·ч и более, комплектация ДЭС с ВЭУ, как это показано в ряде работ [2–5], экономически целесообразна. При ежегодном объеме “северного завоза” ДТ для ДЭС порядка 2 млн тонн стоимостью более 80 млрд рублей экономия топлива при использовании ВДК с высоким уровнем замещения мощности ДГУ (до 100 %) и при 25–30 %-м замещении выработки ДГУ может достигать 500 600 тыс. тонн и 20–30 млрд рублей.

Эффективность работы ВДК зависит как от локальных ветроклиматических условий, так и от количества, мощностей, технических и эксплуатационных характеристик действующих в составе комплекса ДГ и ВЭУ и их расстановки по заданной территории. Определение ветровых ресурсов возможно с помощью различной информации: данных многолетних измерений скоростей ветра на

метеорологических и аэрологических станциях и высотных мачтах, данных краткосрочных (1–2 года) измерений ветра на специализированных ветроизмерительных комплексах (ВИК), спутниковых данных и пр. Для оценки и прогнозирования эксплуатационных параметров ВЭУ на заданной территории могут быть использованы различные методики, из которых наиболее известными и распространенными в России являются авторитетная в мире методика *WaSP* разработки датского института *RISO* и отечественная методика ФЛЮГЕР XXI разработки ЦАГИ-НИЦ "АТМОГРАФ".

При отсутствии измерений ветровых характеристик на заданной территории необходимо прибегать к интерполяционным методам их определения, позволяющим получить достаточно точные оценки при условии равнинного рельефа, наличия многолетних измерительных данных на близлежащих метеостанциях, находящихся на расстоянии не более 50 км от интересующей территории [6] (при более сложных условиях рельефа и других факторах это расстояние сокращается до 2–5 км). Использование же спутниковых данных возможно только для предварительной оценки ветровых ресурсов, и не рекомендовано для определения рабочих характеристик ВЭУ.

В рамках действующего почти во всех странах Европы «зеленого тарифа», операторы электроэнергии обязаны, в первую очередь, покупать ЭлЭн энергоисточников на базе ВИЭ по фиксированной цене за выработанный кВт·час. Поэтому для инвесторов ВЭС, подключенных к единой энергосети, наиболее важны, помимо капитальных и эксплуатационных затрат, точные оценки суммарных объемов выработанной ЭлЭнза весь жизненный цикл проекта для принятия решения о его экономической целесообразности. При этом недельные, сезонные или даже годовые изменения в выработке ЭлЭн комплекса не так значительны для их владельцев. Концепцией методики *WaSP* является использование среднегодовых параметров ветра, плотности воздуха, подстилающей поверхности, и, как результат, оценки среднегодовых параметров выработки энергии ВЭУ. Ввиду изложенных выше причин, эта особенность не является ограничивающей для использования методики при проектировке крупных сетевых ВЭС. Но для эффективного совместного использования ВЭУ и ДЭС для энергообеспечения изолированных потребителей необходимо как можно более точно прогнозировать не только среднегодовые значения выработки электроэнергии, но и ее распределение внутри года, сезонов, месяцев, и даже суток, принимая в расчет потребности в ЭлЭн в конкретный временной промежуток.

Для оценки параметров работы ВЭУ методика *WaSP*, помимо ветровых характеристик, использует такие данные, как карты рельефа региона, подстилающей поверхности, а также крупных объектов, затеняющих ветер (в том числе и самих ВЭУ). С появлением 11-й версии *WaSP*, стало доступным моделирование не только с помощью линейных моделей, описывающих эффекты усиления и ослабления ветра по

направлениям, в зависимости от описанных выше причин, но и с помощью модели вычислительной гидродинамики (CFD). С точки зрения оптимизации расстановки ВЭУ на местности, для получения наибольшей выработки энергии, расчетный модуль *WaSP* зарекомендовал себя как наиболее точный и широко используемый в мире.

Количество вариантов при определении оптимального состава ВДК даже опытными проектировщиками при наличии многих факторов составляет несколько тысяч, что вызывает необходимость привлечения численных методик анализа. Для решения этой задачи необходимо учитывать ряд ветровых факторов, наиболее проблемными и важными из которых, ранее выявленными авторами [7–10] и анализируемыми разработанной методикой, являются:

- наличие суточного и часового хода ветровых характеристик, зависящего от высоты над поверхностью;
- годовой и сезонный ход и высотное распределение вероятностей ветровых штилей различной продолжительности;
- наличие короткопериодных (порядка 10 минут) колебаний скорости ветра и, соответственно, мощности ВЭС, приводящих к частой смене режима работы ДГУ, его отключениям и включениям, чреватым потерей ресурса и преждевременному износу;
- возможность различного временного осреднения (среднего годового, сезонного, месячного) при моделировании функций распределения скоростей и направлений ветра или (при наличии) использовании эмпирических повторяемостей характеристик ветра;
- недостоверность корреляции скоростей ветра, определяемых по многолетним метеорологическим данным и данным краткосрочных 1–2-х годовых измерений, полученным в разные периоды наблюдений;
- региональная и локальная специфика высотных распределений (профилей) скорости и направления ветра;
- наличие значительных в различные сезоны и в различных районах суточных и сезонных колебаний плотности воздуха;

Как показали оценки, учет этих факторов или его отсутствие, может существенно влиять на точность определения ветроэнергетического потенциала, на выбор типоразмера и состава и соотношения генерирующих мощностей в составе ВДК, и существенно повышать достоверность итогового эффекта или искажать его.

Результаты исследований. Разработанная авторами методика численно реализована в программный комплекс "ВОСТОК" (НИЦ "АТМОГРАФ"), совмещенный с базой многолетних метеорологических и аэрологических данных "ФЛЮГЕР" (НИЦ "АТМОГРАФ"), позволяющей моделировать характеристики ветра в любой точке территории России с заданными координатами с учетом всех упомянутых выше факторов. При разработке методики были совмещены наиболее эффективные подходы и алгоритмы зарубежных и собственных методик определения ветроэнергетического потенциала, а также создан и качественно доработан ряд расчетных модулей, позволяющих получить детальные и

информативные прогнозы экономических и эксплуатационных характеристик ВДК.

Методика позволяет рассчитывать энергетические показатели ВЭС, используя базу данных ВЭУ с известными техническими и рабочими характеристиками, а также проводить сравнительный анализ с целью выбора оптимальной базовой ВЭУ.

В качестве критериев оптимальности при выборе состава ВДК в данной методике рассматриваются минимальный расход ДТ и максимум его замещения, минимум себестоимости ЭлЭн ВДК, минимальный период окупаемости и прочие экономические показатели проектов ВДК.

В разрабатываемой численной методике графики и табличные значения потребления и выработки энергии ВДК, с учетом выработки энергии ВЭУ, могут задаваться математическими моделями либо (при наличии) реальными распределениями изменчивости годового, сезонного, суточного, часового и внутрисуточного (10-минутного) масштаба.

Для обеспечения энергосистемы необходимой мощностью предусмотрено комплектование ВДК любым заданным набором ДГУ различных типоразмеров. Суммарная номинальная мощность ВДК выбирается с задаваемым запасом (25–30 %-ном) от максимальной нагрузки, приходящейся в России обычно на зимний период.

Зависимость удельного (на 1кВт·ч) расхода ДТ в зависимости от режима работы ДГУ (в % от номинала) задается либо математической моделью, либо (при наличии) фактической расходной характеристикой.

Программный комплекс "ВОСТОК" апробирован при обосновании инвестиций и разработке ТЭО ряда проектов ВДК, например, ВДК в поселке Новиково (Сахалинской области), в порте Тикси (Саха-Якутия).

На рис. 2–4 приведены в графическом виде результаты методических исследований на примере ветроклиматических условий пос. Тикси (Саха-Якутия) замещения дизельного топлива (ДТ) на ДЭС, себестоимости электроэнергии (ЭлЭн) ВДК и периодов окупаемости, полученных с использованием программного комплекса "ВОСТОК" при разных соотношениях номинальных мощностей ДЭС и различных моделях ВЭС. Расчеты проводились для разных наборов данных измерений скорости ветра. Целью методических расчетов явилась отработка и дальнейшее развитие методических подходов к выбору оптимального состава и типоразмера ВДК с учетом местных ветроклиматических и других условий, а также повышение эффективности алгоритмов численной реализации методики программного комплекса.

Все представленные ниже расчеты проведены с шагом 0,25 по параметру $P_{ВЭС}/P_{ДЭС}$, равному отношению номинальных мощностей ДЭС и ВЭС. Расчеты проведены в предположении 20-летнего ресурса ВДК при одновременном вводе новых ВЭС разной комплектации и ДЭС из пяти ДГУ следующей мощности, приведенной к максимуму средней нагрузки: ДГУ 1 – 0,700, ДГУ 2 – 0,300, ДГУ 3 – 0,105, ДГУ 4 – 0,037, ДГУ 5 – 0,13.

В табл. 1 представлены результаты исследования влияния стоимостных характеристик ДЭС (капитальных и эксплуатационных затрат и стоимости дизельного топлива) на технико-экономические показатели ДЭС и выбор оптимальной комплектации и типоразмеров ДГ. Данные табл. 1 получены в предположении схожести расходных характеристик всех ДГ и, как следствие, с равным расходом топлива для всех приведенных вариантов. Ресурс всех ДГ равен 90 тыс. часов до первого капитального ремонта, обеспечивая их 20-летнюю работу без замены, не нарушая при этом общности полученных в сделанных предположениях результатов для случаев с их одно- или более кратной заменой на протяжении 20-летней работы ДЭС. Расчет периодов окупаемости проведен при равной для всех вариантов закупочной цене на вырабатываемую электроэнергию, равной 0,113 \$/кВт·ч (9 руб/кВт·ч).

**1. Зависимость от капитальных (CAPEX)
и эксплуатационных (OPEX) затрат и стоимости дизельного топлива
технико-экономических показателей ДЭС с соотношением
мощностей ДГ 0,7:0,3:0,105:0,037:0,013**

	OPEX = 0,02 \$/кВт·ч			CAPEX = 600 \$/кВт			OPEX = CAPE X=	0,0 20 60 0	\$/кВт ·ч \$/кВт
	CAPEX			OPEX			Цена топлива		\$/тон н
	500	600	700	0,0 10	0,0 20	0,0 30	600	700	761
Себестоимость ЭлЭн, \$/кВт·ч	0,0 86	0,0 87	0,0 88	0,0 82	0,0 87	0,0 90	0,08 7	0,09 9	0,11 0
Период окупаемости, лет	4,5 4	5,6 3	6,8 1	4,7 9	5,6 3	6,4 6	5,63	10,2	20,3

Из расчетов, частично представленных в табл. 1, следует незначительный рост себестоимости ЭлЭн ДЭС с увеличением их удельных капитальных затрат (с 0,086 до 0,088 \$/ кВт·ч при росте капзатрат с 500 до 700 \$/ кВт) и эксплуатационных затрат (с 0,082 до 0,090 \$/ кВт·ч при росте затрат с 0,01 до 0,03 \$/ кВт·ч) и заметный рост себестоимости ЭлЭн с ростом цен на дизельное топливо (с 0,087 до 0,110 \$/кВт·ч при росте цен на ДТ с 600 до 800 \$/т).

Более существенное влияние рассмотренные факторы оказывают на периоды окупаемости ДЭС. Рост капитальных затрат (с 500 до 700 \$/ кВт) и эксплуатационных (с 0,01 до 0,03 \$/ кВт·ч) приводит, согласно расчетам, к росту сроков окупаемости ДЭС примерно в 1,4–1,6 раза.

Но, наиболее сильным фактором является рост цен на дизельное топливо. При его росте с 600 до 700 \$/т сроки окупаемости ДЭС увеличиваются примерно вдвое, а при цене ДТ > 760 \$/т (вполне реальные цены для удаленных поселков северных и дальневосточных

территорий России) при выбранных расчетных параметрах ДЭС не окупаются за 20-летний период.

По мнению автора, одним из важнейших, но недостаточно изученных, является вопрос о достоверности и эффективности совместного использования для долгосрочного (до 20 лет) прогноза показателей ВДК – данных многолетних измерений ветра на государственных метеорологических и аэрологических станциях и краткосрочных (1–2 года) измерений ветра на ВИК.

Данные показателей ВДК, рассчитанных по метео данным и данным ВИК в два разных периода времени для соответствующих ДГ с соотношением мощностей 0,65:0,35:0,123:0,043:0,015, представлены на рис. 2–5.

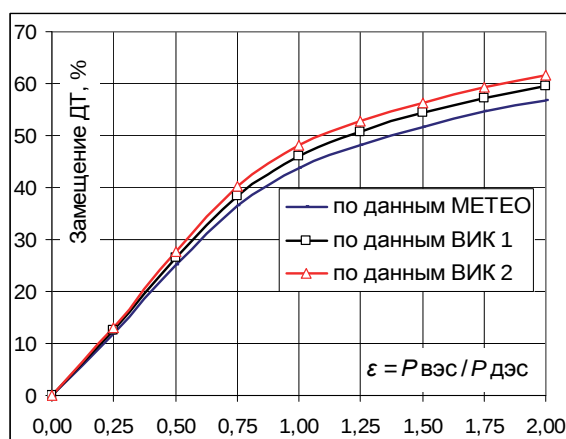


Рис. 2. Зависимость замещения ДТ от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

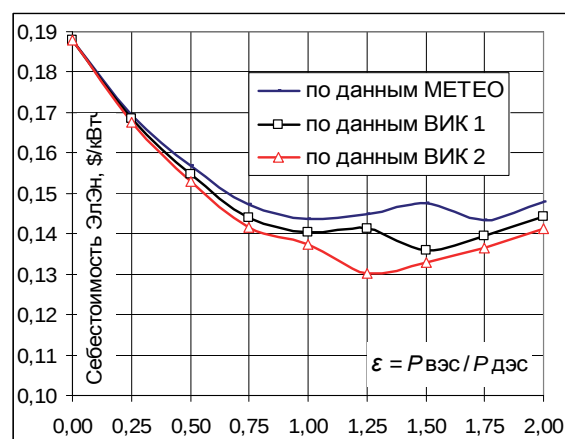


Рис. 3. Зависимость себестоимости ЭлЭн ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

Показатели ВДК рассчитаны по данным многолетних (с 1960 г.) измерений ветра на метеорологической (на высоте 10 м) и аэрологической (на высотах 100, 200, 300 и 600 м) станциях г. Керчи (Республика Крым) и измерений ветра на ВИК в районе г. Темрюк в 10 км от г. Керчи, проводившимися с сентября 2012 г. по март 2014 г.

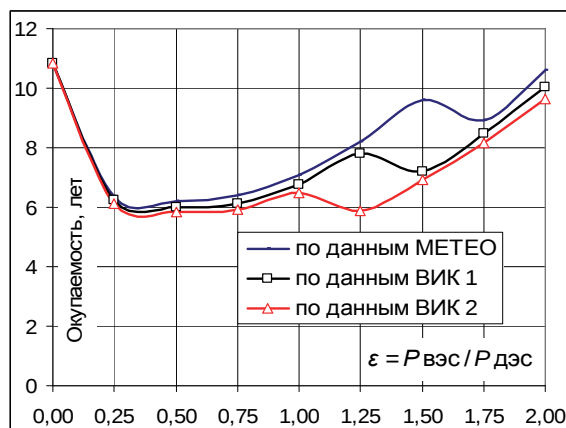


Рис. 4. Зависимость периода окупаемости ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

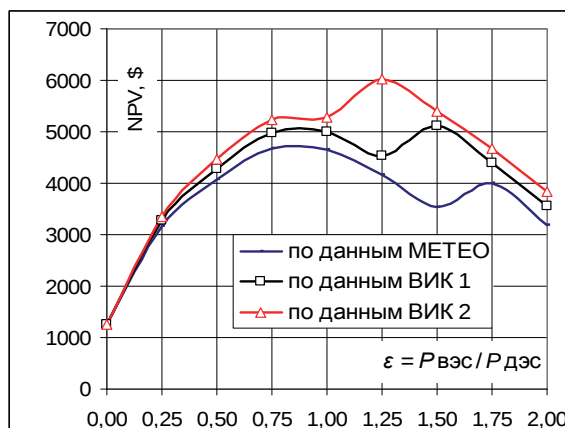


Рис. 5. Зависимость чистой приведенной стоимости ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

Данные ВИК, с целью анализа межгодовой изменчивости ветра и, соответственно, мощности ВЭУ, были разбиты на два равных годовых периода: с сентября 2012 г. по август 2013 г. (обозначаемых индексом ВИК 1) и с апреля 2013 по март 2014 г. (ВИК 2).

Согласно рис. 2–5, разница в показателях ВДК в г. Керчи, рассчитанных по данным многолетних метеорологических и аэрологических измерений и по данным ВИК за разные временные периоды оказывается существенной количественно и качественно. Количественные расхождения по положению минимума себестоимости ЭлЭн составляют до 8%, а по замещению (экономии) ДТ и срокам окупаемости, соответствующим минимумам себестоимости ЭлЭн ВДК – до 20 %. К качественным различиям относится заметное смещение минимумов графиков себестоимости ЭлЭн ВДК и появление на них вторичных экстремумов, связанных с изменением капитальных затрат на ДЭС при изменении количества замен ДГ, вызванных выработкой их ресурсов.

Согласно анализу, установленные различия обусловлены спецификой высотных профилей и межгодовой изменчивостью скорости ветра. Таким образом, данные одно-двухгодовых измерений на ВИК не гарантируют достоверного прогноза показателей ВДК.

Важнейшим результатом технико-экономического обоснования ВДК является выбор базовых ВЭУ. Энергетическая и экономическая эффективность ВДК определяются, как было показано в предыдущем разделе, высотой башни ВЭУ и аэродинамическим совершенством ветроколеса и системы управления ВЭУ. На рис. 6–9 проиллюстрированы результаты анализа эффективности ВДК на базе трех ВЭУ разных производителей: *Fuhrlander FL 2500-100* со штатной высотой башни $H_B = 100$ м; *Ecotecnia 100-3,0* МВт (Испания) со штатной высотой башни $H_B = 100$ м и *Gamesa 52 850* кВт (Испания) со штатной высотой башни $H_B = 55$ м и с гипотетической высотой башни 100 м (для сравнения ее аэродинамической эффективности с первыми двумя ВЭУ).

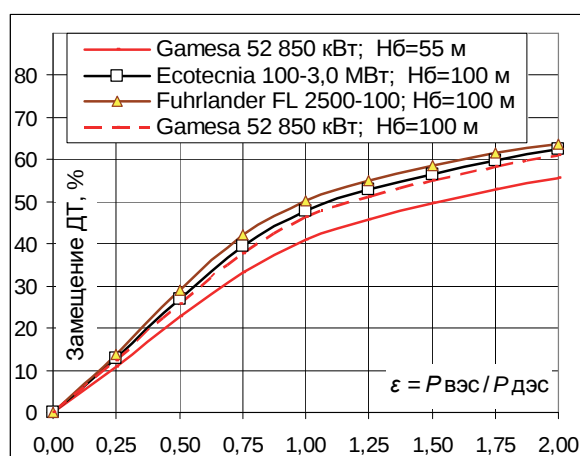


Рис. 6. Зависимость замещения ДТ от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

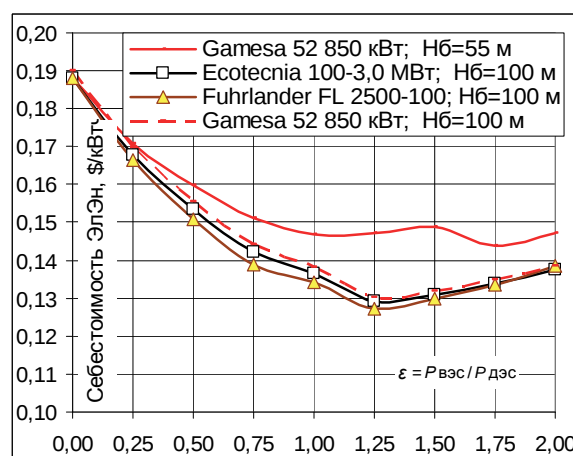


Рис. 7. Зависимость себестоимости ЭлЭн ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

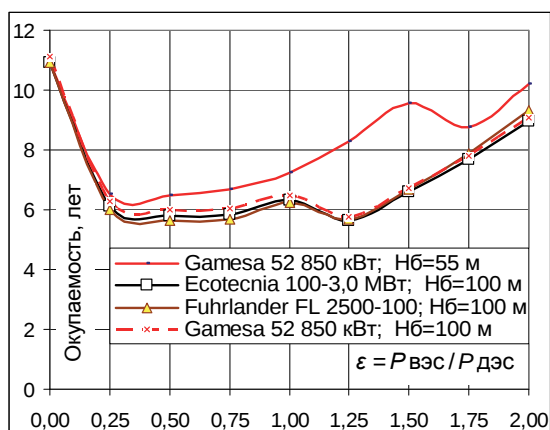


Рис. 8. Зависимость периода окупаемости ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

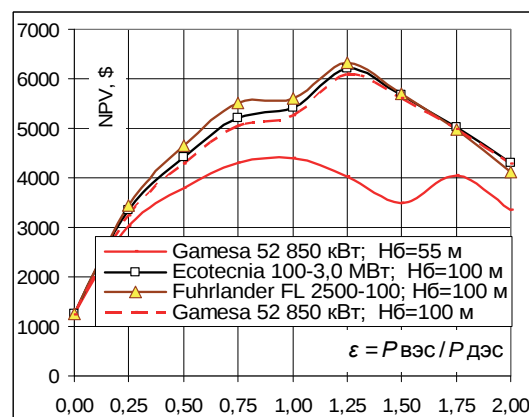


Рис. 9. Зависимость чистой приведенной стоимости ВДК от соотношения мощностей ВЭС и ДЭС

Приведенные графики иллюстрируют факт заметного различия показателей эффективности ВДК, в зависимости от выбора базовых ВЭУ, с их штатной комплектацией. Согласно расчетам, при следующих из рисунков малых различиях показателей ВДК при их комплектовании первыми двумя ВЭУ с одинаковой 100-метровой высотой башен отмечаем существенные различия для случая *Gamesa 52 850 кВт*, что обусловлено меньшей высотой ее штатной башни, равной 56 м, и, соответственно, меньшей скоростью ветра на этой высоте. При гипотетической высоте башни ВЭУ *Gamesa 52*, равной 100 м, эффективность ВДК на ее базе приближалась бы к эффективности ВДК на базе ВЭУ *Ecotecnia 100–3,0*.

И, наконец, показатели ВДК существенным образом зависят от состава ДГУ в ВДК и от выбора их мощности, о чем свидетельствуют графики рис. 10, относящиеся к трем вариантам состава и мощностей ДГУ для ВДК, приведенных к максимуму годовой нагрузки:

вариант 1) ДГУ 1 - 0,8; ДГУ 2 - 0,28; ДГУ 3 - 0,1; ДГУ 4 - 0,034

вариант 2) ДГУ 1 - 0,65; ДГУ 2 - 0,35; ДГУ 3 - 0,083; ДГУ 4 - 0,027

вариант 3) ДГУ 1 - 0,5; ДГУ 2 - 0,5; ДГУ 3 - 0,083; ДГУ 4 - 0,027

Показатели эффективности вариантов рассчитаны с учетом зависимости потребления топлива каждого ДГУ от отношения средней часовой нагрузки ДГУ к его номинальной мощности.

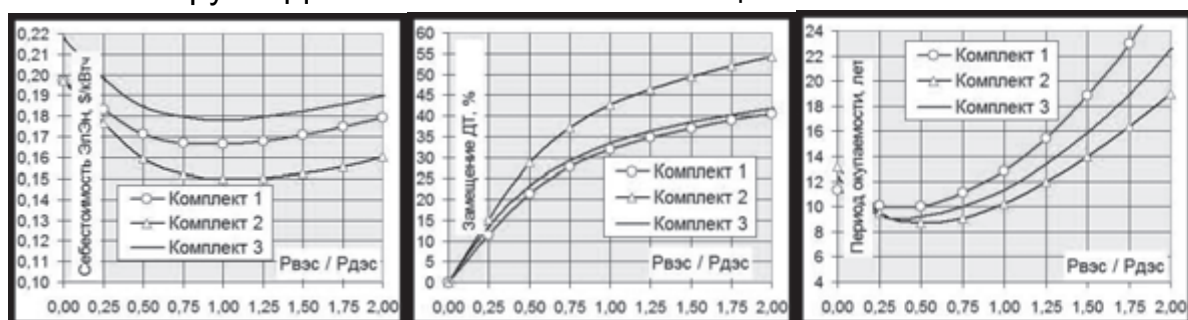


Рис. 10. Зависимость показателей ВДК от соотношения номинальных мощностей ДГУ при разной комплектации ДЭС: себестоимости ЭлЭн (слева); замещение ДТ на ДЭС (по центру); периода окупаемости (справа)

Приведенный пример демонстрирует возможность снижения расхода ДТ до 20 % и более за счет выбора состава и мощности ДГ, комплекствующих ДЭС.

Выводы

Проведенные расчеты подтверждают значимость следующих факторов при определении оптимальных составов ветродизельных комплексов:

- общий локальный ветроэнергетический потенциал в месте установки ВДК, распределение его в течение года, строение вертикального профиля скорости ветра;
- стоимость ДТ в регионе использования ВДК;
- количество и соотношение мощностей ДГ в составе ВДК, их технические характеристики (общий эксплуатационный ресурс, расходные характеристики), эксплуатационные и капитальные затраты на них;
- ветровой класс используемых ВЭУ, модели, высоты башен, их количество в составе ВДК, их экономические показатели.

Таким образом, определение и учет исследованных факторов сопряжен с возможными и значительными погрешностями, которые в совокупности могут приводить к ошибкам прогноза показателей ВДК до 100 % и более и тем самым ограничивать эффективность их проектирования и использования.

Список литературы

1. Николаев В. Г. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов РФ и методические основы их определения / В. Г. Николаев, С. В. Ганага, Ю. И. Кудряшов. – М. : Атмограф, 2008.
2. Николаев В. Г. Ресурсное и технико-экономическое обоснование широкомасштабного развития и использования ветроэнергетики в России / В. Г. Николаев. – М. : Атмограф, 2011.
3. Николаев В. В. Методические подходы к оптимизации состава и типоразмера ветродизельных энергокомплексов с учетом местных ветроклиматических условий / В. В. Николаев, В. В. Харченко // Труды Международного Конгресса REENCON XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность». – М., 2015.
4. Грибков С. В. Ветродизельные и ветро-солнечно-дизельные комплексы гарантированного электроснабжения как основа распределенной энергетики России / С. В. Грибков, П. П. Безруких // Труды Международного Конгресса REENCON XXI «Возобновляемая энергетика XXI век: энергетическая и экономическая эффективность». – М., 2015.
5. Елистратов В. В. Ветродизельные электростанции для автономного энергоснабжения северных территорий России / В. В. Елистратов, М. А. Конищев // Международный научный журнал "Альтернативная энергетика и экология". – Саратов, 2014. – № 11 (151).
6. Niels G. Mortensen, Morton Nielsen, Mark C. Kelly. WaSP 11 course notes. Schultz Grafisk, 2014.
7. Васьков А. Г. Факторы эффективности ветродизельного комплекса / А. Г. Васьков, Г. В. Дерюгина, М. Г. Тягунов, Д. А. Чернов // Сборник трудов XII

ежегодной международной научно-практической конференции "Возобновляемая и малая энергетика – 2015". – М., 2015.

8. Николаев В. В. Исследование микромасштабных флуктуаций ветра применительно к созданию ветродизельных комплексов / В. В. Николаев // Труды 5-й международной научно-технической конференции молодых ученых и специалистов «Инновации в сельском хозяйстве». – М., 2014.

9. Николаев В. В. Исследование неустойчивости работы дизельных генераторов в ветродизельных комплексах с учетом микромасштабных флуктуаций ветра / В. В. Николаев, В. В. Харченко // Труды XII Международной ежегодной конференции "Возобновляемая и малая энергетика – 2015". – М., 2015.

10. Николаев В. В. К вопросу оптимизации состава и типоразмера дизельных генераторов в составе малых локальных микросетей / В. В. Николаев, В. В. Харченко // Сборник трудов XII Международной ежегодной конференции "Возобновляемая и малая энергетика – 2015". – М., 2015.

ДО РОЗВИТКУ МЕТОДИКИ ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ Й ТИПОРОЗМІРІВ ВІТРОДИЗЕЛЬНОГО ЕНЕРГОКОМПЛЕКСУ З УРАХУВАННЯМ МІСЦЕВИХ ВІТРОКЛІМАТИЧНИХ УМОВ

В. В. Ніколаєв

Анотація. Викладено результати розробки та апробації методичних основ і чисельної методики визначення оптимальної комплектації та типорозмірів гібридних енергетичних систем на базі дизельгенераторних (ДГУ) і вітроелектричних (ВЕУ) установок для покриття заданих графіків навантажень. Відображено результати розрахунків економічних та експлуатаційних характеристик гібридного комплексу для локальних умов селища Тіксі.

Ключові слова: графік навантаження, дизельна електростанція, вітроелектрична установка, вітродизельний енергокомплекс, фотоелектрична установка, гібридна енергетична система, автономне енергопостачання

OPTIMIZATION OF CHARACTERISTICS AND COMPOSITION OF THE HYBRID ENERGY SYSTEMS BASED ON DIESEL GENERATORS

V. Nikolaev

Annotation. This paper presents the results of development and testing of algorithms and numerical methods for determining the optimal configuration and sizes of hybrid energy systems based on diesel energy generators and wind turbines to meet specified load graphs. The calculated results of technical and economical characteristics of the hybrid complex for local conditions of Tiksi village are represented.

Key words: load curve, diesel generator, wind turbine, wind-diesel power system, photovoltaic system, a hybrid power system, independent power supply