

УДК 620.92(477)

Р.Д. Мингалеева, магистр; В.С. Зайцев, магистр; Д.А. Сидоров, магистр; А.А. Беляев, аспирант; В.В. Бессель, профессор, РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина

Возможность применения автономных энергетических установок малой мощности на возобновляемых источниках энергии для энергоснабжения объектов Восточной газовой программы ОАО «Газпром»

Представленная работа является результатом промежуточного этапа исследований, проводимых кафедрой термодинамики и тепловых двигателей РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина совместно с Королевским технологическим университетом (Стокгольм, Швеция) по программе «Энергосберегающие технологии для газотранспортных систем». В настоящий момент одним из ключевых векторов развития страны определена Восточная газовая программа, реализация которой позволит существенно развить инфраструктуру Восточной Сибири и Дальнего Востока. Предлагается современный подход к решению задачи энергообеспечения объектов добычи, подготовки и транспорта газа на базе создания автономных комбинированных энергетических комплексов малой мощности на основе солнечной и ветровой энергии.

Ключевые слова: автономные энергетические установки малой мощности, возобновляемые источники энергии, Восточная газовая программа ОАО «Газпром», энергообеспечение, энергия ветра, солнечная энергия.

В мае 2014 г. между Россией и Китаем был подписан 30-летний контракт на поставку в Китайскую Народную Республику более чем 1 трлн м³ природного газа начиная с 2018 г. В связи с этим ОАО «Газпром» приступает к активной фазе строительства объектов для реализации Восточной газовой программы (ВГП), в рамках которой предусматривается создание промышленной инфраструктуры для добычи газа в четырех центрах газодобычи – Красноярском, Иркутском, Якутском и Сахалинском, извлекаемые запасы которых по категориям С1 и С2 приведены в таблице 1. Транспортировка добываемого углеводородного сырья предусмотрена по магистральному трубопроводу «Сила Сибири», предполагаемая схема прокладки которого приведена на рисунке 1. Большая часть объектов ВГП будет расположена в юго-восточных обла-

стях России, имеющих очень низкую плотность населения и практически не обладающих развитой инфраструктурой, в т.ч. и энергетической. В этой связи огромный практический интерес вызывает вопрос автономного энергообеспечения объектов добычи, переработки и транспорта газа, а также всех сопутствующих инфраструктурных объектов, таких как вахтовые поселки, промышленные площадки и зоны, объекты транспортной инфраструктуры и пр. Мировая практика показывает, что применение автономных энергетических установок малой (до 30 МВт) мощности, использующих все доступные виды топлива и энергии в регионах с необустроенной инфраструктурой, значительно эффективнее строительства системы централизованного энергоснабжения, работающей на органическом топливе, с последующим

распределением электроэнергии по магистральным сетям.

Концепция применения автономных энергетических установок малой мощности в непосредственной близости к потребителю имеет ряд очевидных преимуществ:

- позволяет избежать значительных затрат на строительство дорогостоящих генерирующих мощностей, использующих для выработки электроэнергии органическое топливо, гидро- или атомную энергию, а также протяженных магистральных сетей электроснабжения;
- минимизирует затраты финансовых и материальных ресурсов на выполнение технических условий на подключение к сетям централизованного электроснабжения;
- существенно уменьшает потери при передаче энергии на большие расстояния;

• увеличивает надежность энергообеспечения объектов за счет возможностей многократного резервирования автономных энергетических установок. Активная разработка концепции энергообеспечения объектов транспорта газа автономными установками малой и средней мощности, использующими возобновляемые источники энергии, такие как солнечная энергия и энергия ветра, ведется кафедрой термодинамики и тепловых двигателей РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина совместно с Королевским технологическим университетом (Стокгольм, Швеция). В ряде работ [1, 2, 3] было показано, что в силу того, что Россия – самая большая страна в мире, 70% территории которой расположено в северных и арктических регионах, мы обречены потреблять огромное количество энергии для создания комфортных условий для проживания населения, причем эффективность энергопотребления у нас очень мала: не более 22–25% энергии уходит на воспроизводство ВВП, все остальное – на поддержание протяженной инфраструктуры в рабочем состоянии и на

Таблица 1. Извлекаемые запасы по категориям С1+С2 ВГП

Центр добычи	Месторождение	Запасы нефти и конденсата, млн т	Запасы газа, млрд м ³
Красноярский	Юрубчено-Тохомское НГКМ	237,4	387,3
	Собинско-Пайгинское НГКМ	24,5	167,2
Иркутский	Ковыткинское ГКМ	115,0	1 980,0
Якутский	Чаяндинские НГКМ	68,4	1 240,0
Сахалин-I	Чайво	307,0	485,0
	Арктун-даги		
	Одопту море		
Сахалин-II	Пильтун-Астохское НМ	182,4	633,6
	Лунское НГКМ		
Сахалин-III	Кирирский блок	700,0	1 300,0
	Восточно-Одоптинский блок		
	Аяшский блок		
	Венинский блок		
ИТОГО		1 634,7	6 193,1

тепловые и энергетические потери [1]. С другой стороны, наша огромная территория дает нам неоценимые конкурентные преимущества перед всеми другими странами мира с точки зрения потенциала возобновляемой энергии, т.к. последняя является энергией рас-

пределенной, и по определению: чем больше территория, на которой мы эту энергию собираемся использовать, тем выше ее потенциал [4].

Для оценки технического потенциала солнечной и ветровой энергии России были проведены исследования [5], в

КОМИТЕКС
www.komitex.ru

**ЛИДЕР В ПРОИЗВОДСТВЕ
НЕТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ В РОССИИ**

Геотекстильные полотна ГЕОКОМ для:

- строительства и ремонта автомобильных и железных дорог
- обустройства нефтяных, газовых и других месторождений
- городского благоустройства

ОАО «КОМИТЕКС»
167981, г. Сыктывкар, ул. 2-я Промышленная, 10.
тел. (8212) 286-513, 286-547, 286-575
факс (8212) 28-65-60
market@komitex.ru, www.komitex.ru





Рис. 1. Предполагаемая схема размещения объектов ВГП ОАО «Газпром»

основу которых положены опубликованные в открытой печати карты уровня солнечной радиации и скорости ветра на территории России [6, 7], изображенные на рисунках 2 и 3. Хотелось бы отметить, что распространенное мнение по поводу того, что в России нет природных условий для развития солнечной и ветровой энер-

гетики по причине малого количества солнечных дней в году или недостаточной среднегодовой скорости ветра, не соответствует действительности. Технический потенциал солнечной энергетики России можно оценить более чем в 2,56 млрд ГВт·ч, что эквивалентно ежегодному потреблению почти 220 млрд т н.э., что, в свою очередь, бо-

лее чем в 17 раз превышает уровень мирового энергопотребления в 2013 г. [8]. Из карты на рисунке 2 было определено [5], что территория с уровнем инсоляции 4,5–5 кВт·ч/м² в день (что сопоставимо с уровнем инсоляции в таких странах, как Италия и Испания) составляет более 1,17 млн км². А это несколько больше, чем совокупная площадь таких стран



Рис. 2. Уровень солнечной радиации (кВт·ч/м² в день) на территории России [6]

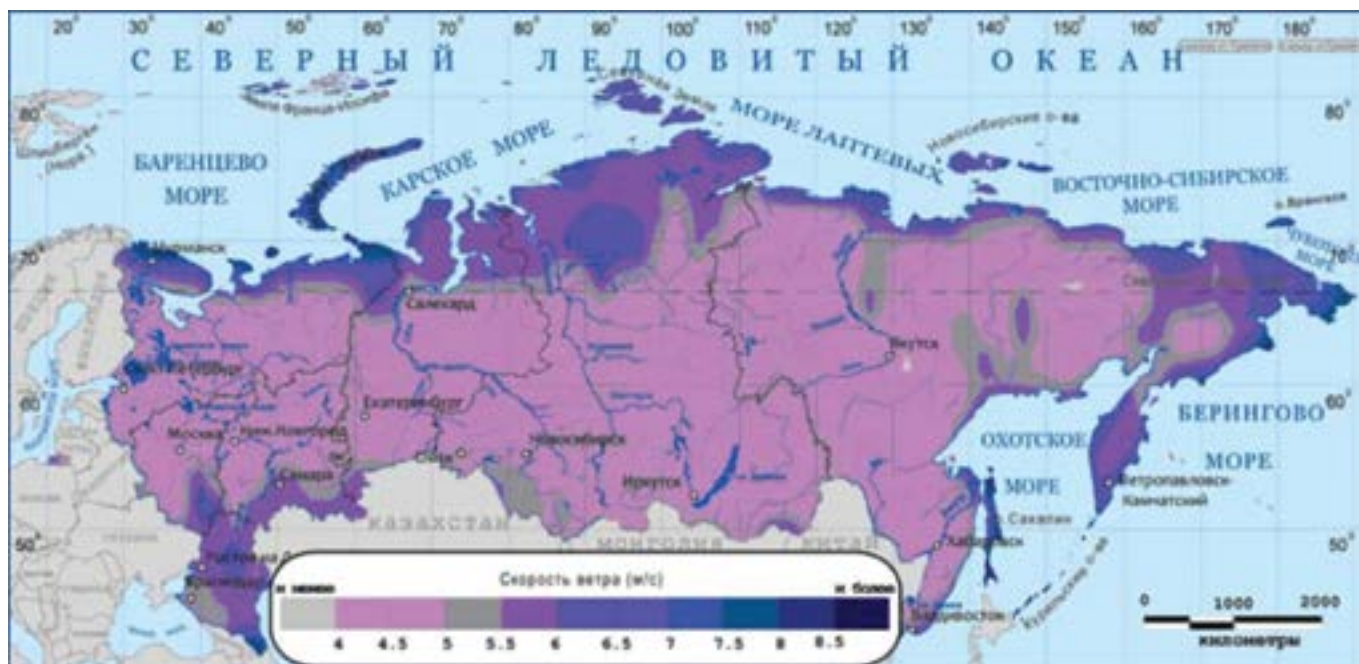


Рис. 3. Среднегодовая скорость ветра (м/сек) на территории России [7]

– лидеров по выработке энергии с использованием солнечных батарей, как Германия, Испания и Италия. Технический потенциал солнечной энергетики только этой территории сопоставим с

использованием почти 26 млрд т н.э. в год!

Технический потенциал ветроэнергетики только в сухопутной зоне России оценивается почти в 70 млн ГВт·ч энергии,

что эквивалентно ежегодному потреблению более 6 млрд т н.э. (~ 50% мирового энергопотребления в 2013 г.). К тому же в рамках реализации проекта ВГП береговые линии Приморского края и

УТАР



Общество с ограниченной ответственностью «ЮТАР»

Компания «ЮТАР» успешно работает на рынке экспертных и диагностических услуг с 1995 года.

Основные направления деятельности:

- ◆ экспертиза промышленной безопасности и диагностирование зданий и сооружений, грузоподъемных механизмов, объектов котлонадзора, технологических трубопроводов и технических устройств, эксплуатируемых на опасных производственных объектах;
- ◆ услуги лаборатории неразрушающего контроля;
- ◆ испытания и измерения электрооборудования до и выше 1000 В;
- ◆ техническое обслуживание, ремонт с применением сварки, оснащение приборами безопасности технических устройств опасных производственных объектов;
- ◆ предаттестационная подготовка руководителей и специалистов по промышленной безопасности.

Ежегодно ООО «ЮТАР» расширяет свои возможности, систематически обновляя парк оборудования, повышая квалификацию специалистов и внедряя передовые технологии и методики.

Компания «ЮТАР» имеет необходимые лицензии, свидетельства и сертификаты на все виды оказываемых услуг, а также допущена к выполнению работ на объектах ОАО «Газпром».

Генеральный директор ООО «ЮТАР» - Гаязов Рустам Рашитович
628281, ХМАО-ЮГРА, г. Урай, проезд 1, подъезд 30/1, тел/факс (34676) 46-2-52, 46-2-54
Электронная почта: utar@pip.ru Официальный сайт: www.utar86.ru

Таблица 2. Исходные данные для моделирования

Исходные данные	Холмистая местность	Прибрежная зона
Средняя скорость ветра, м/с	12	14
Диаметр ветроколеса, м	80	126
Модель ВЭУ (компания-производитель Vestas)	V80-2.0MW	V126-3.3MW
Стоимость ВЭУ, млн руб.	93,42	247,134
Коэффициент использования установленной мощности ВЭУ, Кзагр	0,5	
Плотность воздуха, кг/м ³	1,225	
КПД солнечной панели, %	12	
Стоимость м ² солнечной панели, долл. США	83,5	
Среднегодовой уровень инсоляции, кВт·ч/м ² /сут.	5	
Стоимость земли, тыс. руб./га	100	
Стоимость электроэнергии, руб./кВт·ч	4,5	
Ежегодный ОПЕХ, %	10	
Ежегодный рост ОПЕХ, %	3	
Ставка дисконтирования, %	12	
Ежегодный рост тарифа на электроэнергию, %	5	
Налог на прибыль, %	20	
Срок амортизации оборудования, лет	25	

острова Сахалин представляются крайне перспективными для использования ветроэнергетических установок. На рисунке 4 показаны зависимости оценки технического потенциала ветровой энергии береговых линий острова Сахалин и Приморского края от диаметра ветроколеса при расположении ветроэнергетических установок в ряд на расстоянии друг от друга, равном 9 диаметрам [9].

Из графика следует, что если в расчетах принять минимально возможное значение среднегодовой скорости ветра в прибрежных зонах – 12 м/с, то в зависимости от диаметра применяемых ветро-

колес технический потенциал ветровой энергии береговой линии Приморского края можно оценить в пределах 20–30 тыс. ГВт·ч/год, а острова Сахалин – от 46 до 67 тыс. ГВт·ч/год.

Так что говорить о недостатке возможностей использования солнечной и ветровой энергетики в России явно преждевременно: технический потенциал России, как показывают оценочные расчеты, уникален.

Сопоставление карты расположения объектов ВГП ОАО «Газпром» (рис. 1) с картами уровня инсоляции (рис. 2) и распределения скорости ветра (рис. 3)

позволяет сделать вывод, что практически все объекты ВГП располагаются на территориях, очень перспективных для применения возобновляемой энергетики с использованием солнца и ветра. Технический потенциал солнечной энергетики на территории расположения объектов ВГП можно оценить в 25–30 млрд т н.э., ветровой потенциал с учетом береговых линий Приморского края и острова Сахалин – почти в 1,5–2 млрд т н.э. Тем более что территории, предполагаемые для строительства объектов ВГП, слабо или почти не заселены, цена земли там невысока, практически отсутствует энергетическая инфраструктура. Под гигантский проект ОАО «Газпром» – ВГП – необходимо будет создавать совершенно новую энергетическую инфраструктуру, что потребует огромных инвестиций. В качестве варианта предлагается создание инфраструктуры XXI в. с использованием самых современных тенденций развития мировой энергетики, что позволит наряду с неисчерпаемостью применяемых источников – солнца и ветра получать экологически чистую энергию, как это показано на рисунке 5. Кроме этого, программа развития возобновляемой энергетики на базе солнечной и ветровой энергии под гигантский инфраструктурный проект ОАО «Газпром» может стать локомотивом для развития научно-технического прогресса и инновационного производства на территории России. Было проведено экономическое моделирование показателей инвестици-

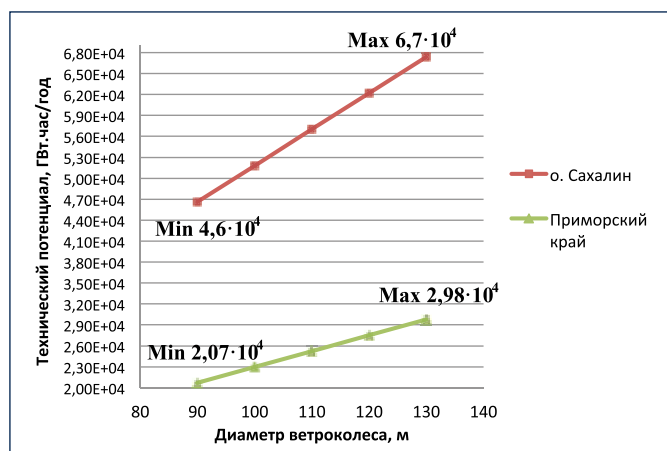


Рис. 4. Технический потенциал ветровой энергии в зависимости от диаметра ветроколеса (D) при заданной скорости ветра (V = 12 м/с)



Рис. 5. Альтернатива выбора энергетической инфраструктуры ВГП

онной привлекательности (NPV, DPP, IRR, PI) проекта создания комбинированной энергетической установки мощностью не менее 6 МВт, причем 3 МВт – мощность, отбираемая с солнечных панелей, а остальные 3 МВт – мощность ветроэнергетических установок. Исходные данные для моделирования указаны в таблице 2. Результаты моделирования показали, что даже при использовании солнечных панелей с КПД 12% и ветроэнергетиче-

ских установок с коэффициентом использования энергии ветрового потока 45% окупаемость проекта создания автономного энергетического комплекса на солнечной и ветровой энергии будет достигаться в течение 11–14 лет в зависимости от расположения ветроэнергетических установок в офшорной зоне либо на холмистой местности береговой линии. При этом значение внутренней нормы доходности (IRR) варьируется в пределах 16–20%.

Так есть ли смысл вкладывать огромные деньги в создание инфраструктуры XX в., использующей для выработки электроэнергии органическое топливо (нефть, газ, уголь), когда можно часть этих средств перераспределить на создание инфраструктуры XXI в. – децентрализованной системы энергоснабжения, использующей автономные энергетические установки малой и средней мощности и работающие в т.ч. и на солнечной и ветровой энергии?

Литература:

1. Бессель В.В. К вопросу оценки энергетической эффективности экономики России // Бурение и нефть. – 2013. – № 12. – С. 18–23.
2. Бессель В.В., Беляев А.А., Зверев А.М. Энергосбережение в магистральном транспорте газа за счет использования возобновляемых источников энергии // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2013. – № 9. – С. 84–90.
3. Бессель В.В., Лопатин А.С., Беляев А.А., Кучеров В.Г. Использование возобновляемых источников энергии для повышения энергоэффективности ЕСГ России // Neftegaz.RU. – 2013. – № 10. – С. 12–20.
4. Бессель В.В., Лопатин А.С., Кучеров В.Г. Потенциал использования солнечной и ветровой энергии в топливно-энергетическом комплексе России // Neftegaz.Ru. – 2014. – № 5.
5. Мингалеева Р.Д., Зайцев В.С., Бессель В.В. Оценка технического потенциала ветровой и солнечной энергетики России // Территория «НЕФТЕГАЗ». – 2014. – № 3. – С. 82–90.
6. Hevel solar. 2011. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.hevelsolar.com/solar/>
7. Enargo. Renewable energy sources. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.enargo.ru/technologies_wind.php
8. BP Statistical Review of World Energy, June 2014. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.bp.com/statisticalreview>
9. Ali Sayigh. Comprehensive Renewable Energy. Volume Two. Wind Energy // Elsevier Ltd – 2012. – P. 746. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.sciencedirect.com.focus.lib.kth.se/>

UDC 620.92(477)

R.D. Mingaleeva, Master; **V.S. Zaytsev**, Master; **D.A. Sidorov**, Master; **A.A. Belyayev**, post-graduate student; **V.V. Bessel**, Professor of Gubkin Russian State University of Oil and Gas

The possibility to use low-power standalone RES generating plants to supply power to the facilities of the Eastern Gas Program of Gazprom JSC

This paper is a result of the interim stage of researches performed by the Department of Thermodynamics and Heat Engines of Gubkin Russian State University of Oil and Gas in cooperation with the Royal Institute of Technology (Stockholm, Sweden) under the program «Energy Saving Technologies for Gas Transportation Systems». The Eastern Gas Program is currently defined as one of the key lines of the country development, its implementation will allow for the infrastructure significant development in the Eastern Siberia and Far East. This paper proposes a modern approach to addressing the task of power supply to the gas upstream and midstream facilities based on development of low-power standalone solar and wind combined-cycle generating facilities.

Keywords: low-power standalone generating plants, renewable energy sources, Eastern Gas Program of Gazprom JSC, power supply, wind power, solar power.

References:

1. Bessel V.V. K voprosu otsenki energeticheskoi effektivnosti ekonomiki Rossii (On estimation of the Russian economy energy efficiency) // Drilling and oil. – 2013. – No. 12. – P. 18–23.
2. Bessel V.V., Belyayev A.A., Zverev A.M. Energoberezhenie v magistral'nom transporte gaza za schet ispol'zovaniya возобновляемых источников энергии (Energy saving in the main gas transportation system due to renewable energy sources use) // NEFTEGAS Territory. – 2013. – No. 9. – P. 84–90.
3. Bessel V.V., Lopatin A.S., Belyayev A.A., Kucherov V.G. Ispol'zovanie возобновляемых источников энергии dlya povysheniya energoeffektivnosti ESG Rossii (Using renewable energy sources to enhance energy efficiency of the Unified Gas Supply System of Russia) // Neftegaz.RU. – 2013. – No. 10. – P. 12–20.
4. Bessel V.V., Lopatin A.S., Kucherov V.G. Potentsial ispol'zovaniya solnechnoi i vetrovoi energii v toplivno-energeticheskom komplekse Rossii (The potential of using solar and wind power in the Russian fuel and energy complex) // Neftegaz.Ru. – 2014. – No. 5.
5. Mingaleeva R.D., Zaytsev V.S., Bessel V.V. Otsenka tekhnicheskogo potentsiala vetrovoi i solnechnoi energetiki Rossii (Evaluating the technical potential of the Russian wind and solar power engineering) // NEFTEGAS Territory. – 2014. – No. 3. – P. 82–90.
6. Hevel solar. 2011. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.hevelsolar.com/solar/>
7. Enargo. Renewable energy sources. [Electronic resource] – Access mode: http://www.enargo.ru/technologies_wind.php
8. BP Statistical Review of World Energy, June 2014. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.bp.com/statisticalreview>
9. Ali Sayigh. Comprehensive Renewable Energy. Volume Two. Wind Energy // Elsevier Ltd – 2012. – P. 746. [Electronic resource] – Access mode: <http://www.sciencedirect.com.focus.lib.kth.se/>