

УДК 621.31

ПРЕСПЕКТИВА СТРОИТЕЛЬСТВА АТОМНЫХ СТАНЦИЙ МАЛОЙ МОЩНОСТИ НА ИЗОЛИРОВАННЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

Кальсина Ю.В., студентка гр. ЭРб-201, III курс

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

В данный момент атомная энергетика обеспечивает пятую часть потребностей в электричестве. Преобразовывать энергию атомного ядра в электричество позволяет специальное сооружение – атомная электростанция, сердцем которой является реактор. Атомные электростанции могут иметь различную мощность, в России эксплуатировались и эксплуатируются в настоящие времена блоки мощностью от 5 – 1200 МВт. Чем мощнее АЭС, тем сложнее устройство, следовательно, эксплуатация. Наибольшее распространение в России имеют энергоблоки с водо-водяными энергетическими реакторами, эта технология прошла проверку временем.

Подробней разберем реакторы малой мощности, которые пока еще не получили широкого распространения, но уже в ближайшем будущем именно они позволят обеспечивать электроэнергией удаленные и труднодоступные территории нашей большой страны.

Атомные станции малой мощности (АСММ) согласно определению Международного агентства по атомной энергии, к малым реакторам относят реакторы, имеющие электрическую мощность менее 300 МВт.

Таким образом, первая в мире атомная электростанция в г. Обнинске по этой классификации является атомной станцией малой мощности. Важно отметить, что она успешно проработала почти 50 лет. Были и другие амбициозные проекты. Например, транспортная атомная электростанция ТЭС-3, она была разработана и пущена в опытную эксплуатацию Лабораторией «В» в 1961 году. Позже из этой лаборатории вырос один из крупнейших атомных научных центров – физико-энергетический институт. ТЭС-3 состояла из нескольких модулей, каждый из которых располагался на отдельном самоходе, отдельный модуль с реактором, турбиной и генератором. Примечательно, что сами эти самоходы созданы на базе тяжелых танков Т-10.

Атомная энергетика начала свое развитие с атомных станций малой мощности и спустя более 7 десятков лет получив колоссальный опыт в эксплуатации большой мощности, вновь возвращается к малой энергетики.

В данный момент строятся безопасные реакторы большой мощности, потому что с ростом мощности энергоблока, снижаются удельные затраты на получение 1 МВт*ч, условно говоря при увеличении реактора в 10 раз, стоимость сооружения увеличивается всего в 3 – 4 раза, тем больше мощности

блок, тем более он эффективен, с точки зрения экономики. Однако существуют условия, когда использование реакторов малой мощности было бы более эффективно по всем показателям.

Рассмотрим карту страны (Рис. 1), как известно заселена она не равномерно, высокая плотность населения: в европейской части страны, на юге Сибири, в крупных городах Дальнего Востока. В то время отдельные районы Республики Саха (Якутия) и Карелия, Мурманской, Архангельской, Магаданской, Амурской и Сахалинской областей, Камчатского края, Чукотского АО, Ханты-Мансийского АО – Югры, Ямало-Ненецкого АО и многие другие территории заселены слабо. В данной местности населенные пункты с несколькими тысячами жителями уже считается крупными.

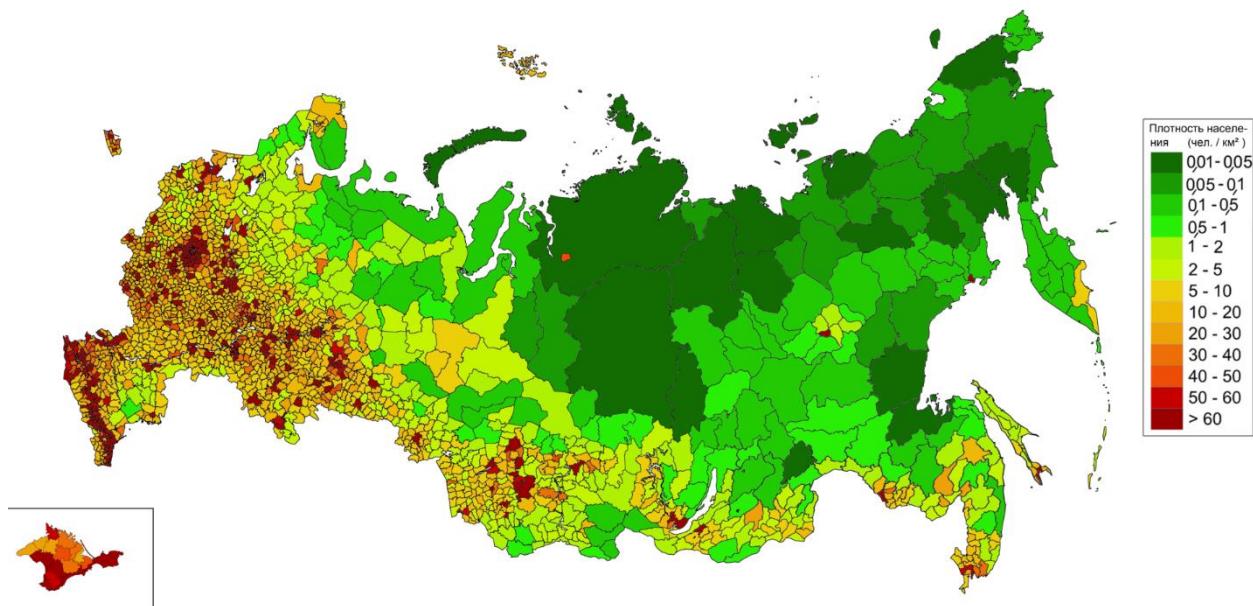


Рис. 1 Плотность населения России

Тогда появляется вопрос. Как же обеспечить их электроэнергией? Тянут к ним линии электропередач – это неоправданно дорого. Тогда альтернативные источники энергии могут стать выходом, но в условиях вечной мерзлоты – это довольно сложно: солнца не так много, ветер дует не стабильно. Возможно стоит обратится к традиционной углеводородной энергетики, она долгое время позволяла решать любые задачи, однако дизельные электростанции наносят очень большой вред экологии, по последним оценкам, вклад работающих дизельных электростанций, только на северных территориях России, США и Канады общемировые выбросы CO₂ составляют порядка 4% – это очень много.

Тогда выходом из данной ситуации становятся атомные станции малой мощности, нацеленные на региональные распределенные энергетические системы, изолированные от единой энергосистемы России. Такие как, малые города, рабочие поселки, объекты локальной энергетики, объекты нефтегазо-

вого промысла, горно-обогатительные комбинаты, металлургические предприятия, объекты министерства обороны и т.д.

Уровень экономической конкурентоспособности АСММ определяется на основе сравнительных технико-экономических оценок методом сценарного моделирования по перечню варьируемых параметров.

Выбранные технико-экономические показатели существенно варьируются в зависимости от уровня развития технологий, массогабаритных характеристик, сроков реализации проекта, логистики с учетом особенностей размещения на территории удаленных изолированных зон, отраслевых регулирующих нормативов и прочих факторов.

Первоначально определяется себестоимость электроэнергии в зависимости от расхода электроэнергии на собственные нужды и потерь выработки.

Собственные нужды ветровых электростанций (ВЭС) небольшие, составляют не более 1 – 2 % от установленной мощности [2]. Однако при работе оборудования ветроэнергетической установки (ВЭУ) в северных условиях возникают отрицательные эффекты [3]:

- снижение выработки из-за обледенения;
- увеличение вибраций из-за дисбаланса от наледей;
- возникновение коротких замыканий при попадании влаги в электрооборудование;
- угроза поломки опор, башен, лопастей.

В соответствии с районированием территории России по степени адаптации оборудования ВЭУ дополнительные затраты энергии на собственные нужды в арктической зоне могут составить 5–10 %, а потери выработки – свыше 30 % [6], как показано в табл. 1.

Таблица 1
Дополнительные затраты энергии и потери выработки

Зона	Средняя минимальная температура, °C	Потери выработки ВЭУ, %	Дополнительные затраты энергии на собственные нужды для нормальной работы, %	Дополнительные капитальные вложения на адаптацию, % от стоимости ВЭУ
I	Ниже -20	Свыше 30	5 – 10	До 10
II.a	От -20 до -10	От 15 до 25	0 – 10	2 – 10
II.b		От 20 до 30		
III	Выше -10	До 15	–	2 – 3

Вариации параметров, принятые в расчете себестоимости электроэнергии в зависимости от расхода электроэнергии на собственные нужды и потерь выработки, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Вариации параметров расчета в зависимости от расхода электроэнергии на собственные нужды и потерь выработки

Наименование	Объект	База	Варьируемые значения					
			10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
Расход электроэнергии на собственные нужды и потери выработки, %	АСММ	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6	10,6
	ВЭС	0,5	5,0	27,5	32,0	36,5	41,0	45,5
	СЭС	0,5	5,0	27,5	32,0	36,5	41,0	45,5
	ДЭС	4,0	8,0	28,0	32,0	36,0	40,0	44,0

На основе наложении всех варьируемых параметров в зависимости от географического расположения, климатических условий, удобства логистики, объема необходимого электропотребления, построили кумулятивный график себестоимости сравниваемых энерготехнологий (рис. 2).

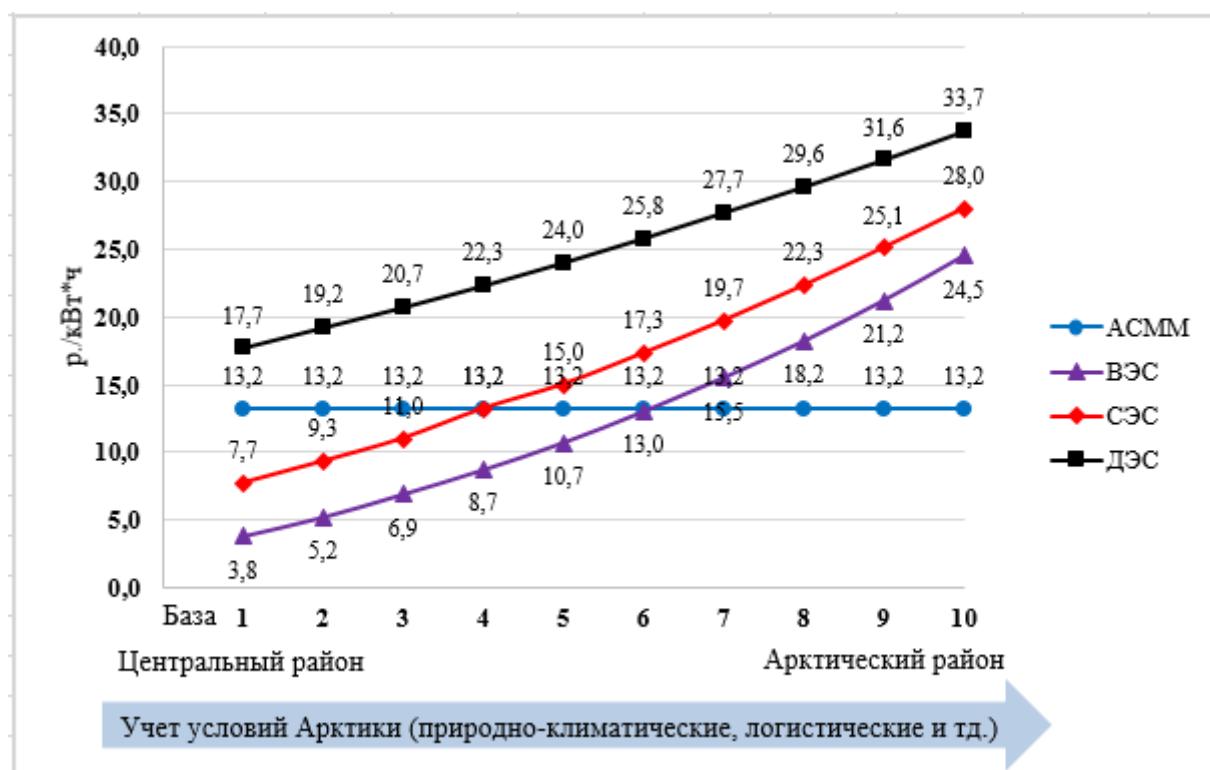


Рис. 2. Себестоимость электроэнергии в зависимости от изменения всех параметров

Отмечается, что для результирующего кумулятивного расчета изменение расхода электроэнергии на собственные нужды и потерь выработки наиболее сильно оказывает влияние на себестоимость энергоисточников ВИЭ, в структуре затрат, которых преобладает капитальная составляющая и высока доля условно-постоянных затрат.

Эксплуатация энергообъектов на удаленных изолированных территориях показывает, что принятые условия моделирования, описывающие совместное действие рассматриваемых параметров, начиная с пятого шага и далее

очень близко описывают реальную ситуацию технико-экономического окружения таких проектов.

С точки зрения экономики, АСММ являются наилучшим решением для обеспечения электроэнергией удаленных и труднодоступных территорий в том числе Крайнего Севера.

В мире так же активно ведутся разработки и исследования по направлению малой энергетики. США с проектами: SMR-160, SMR-225, mPower-195; Китай с CAP-150 и CAP-200; Япония DMS-300. Число после названия проекта означает проектную электрическую мощность реактора. Помимо мощности проекты отличаются системой безопасности. Могут использоваться активные, пассивные системы безопасности, а также их комбинация. Помимо того, отличаются длительностью топливного цикла, варьирующего от 14 месяцев до 10 лет и проектным сроком службы от 40 – 80 лет.

Таким образом, использование атомных станций малой мощности имеет ряд очевидных преимуществ.

Во-первых, АСММ – это «зеленая энергетика» и замещение текущих дизельных и угольных электростанций позволит сократить выбросы СО₂ на 20 тыс. т в год.

Во-вторых, использование АСММ обеспечивает устойчивое развитие территорий, независимое бесперебойное электроснабжение – это работающие предприятия, новые рабочие места, освоение новых территорий, разведка полезных ископаемых и как следствие рост темпа социально-экономического развития территорий.

Например, строительство атомных станций малой мощности с реакторной установкой позволяет обеспечивать экономическую и техническую реализуемость крупных инфраструктурных проектов в арктической зоне, таких как освоение Кючусского кластера месторождений твёрдых полезных ископаемых в Республике Саха (Якутия) и энергообеспечение Баймского ГОКа на Чукотке [3].

В-третьих – это снижение тарифов на электроэнергию, дизельные и угольные электростанции, которые по сути являются единственной альтернативой АСММ в труднодоступных и малонаселенных территориях более требовательные в эксплуатации и чаще требуют ремонта и технического обслуживания, само топливо для этих станций нужно еще привезти, логистика очень сильно зависит от времени года, погодных условий, а транспортирование возможно только «северным завозом». В июне 2020 г. на заседании Государственной комиссии по вопросам развития Арктики были подведены итоги: в рамках «завоза» ежегодно поставляется до 8–9 млн т горюче-смазочных материалов и до 24–26 млн т угля. Доля транспортной составляющей в стоимости топлива достигает 70 % [4]. Все это приводит к существенному удорожанию 1 кВт*ч, в то время как АСММ загружаются топливом один раз в 5 – 10 лет.

В-четвертых, АСММ сухими гладильными позволяет экономить водные ресурсы, а с точки зрения экономики удельные затраты на сооружения

АСММ, конечно гораздо выше по сравнению с блоками большой мощностью, однако в абсолютных значениях атомные станции малой мощности безусловно выигрывают, обеспечивая решение локальных задач по энергоснабжению территорий.

В заключении, АСММ обладает возможностью производства тепловой энергией, что очень важно для территорий, находящихся в суровом северном климате, а также есть возможность маневрирования при снижении или увеличении необходимости в энергопотреблении, при этом замена дизельных и угольных станций на АСММ – это существенный вклад в борьбу с глобальным потеплением.

Список литературы:

1. Соснина, Е.Н. Повышение эффективности децентрализованных систем электроснабжения / Е.Н. Соснина, А.В. Шалухо, И.А. Липужин, А.Ю. Кечкин, А.А. Ворошилов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. – №3(122).
2. На Дальнем Востоке появятся новые проекты в области возобновляемых источников энергии // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://minvr.gov.ru/press-center/news/24372/?phrase_id=1591443.
3. Современные системы электроснабжения // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://eltechbook.ru/jelektrosnabzhenie_sistema.html.
4. Значение Северного морского пути в исследовании и освоении Арктики // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.eduguides.ru/gicod-544.html>.
5. Есть ли будущее у возобновляемой энергетики на Дальнем Востоке // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dv.land/economics/solnce-veter-volny>.
6. Возобновляемые источники энергии решат проблемы энергоснабжения изолированных энергосистем удаленных территорий Дальнего Востока // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/9182>.
7. Энергетика ДВ // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tass.ru/rushydro-dv/energetikadv/>.