

И.В. Кудинович<sup>1</sup>, А.Ж. Сутеева<sup>1</sup>, Н.В. Шкляр<sup>1</sup>, Е.В. Горыня<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТРАНСПОРТАБЕЛЬНЫХ ЭНЕРГООБЛОКОВ ДЛЯ ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

**Объект и цель научной работы.** Объектом исследования является применение атомных станций малой мощности (АСММ) на базе плавучих (ПЭБ) и блочно-транспортабельных энергоблоков (БТЭБ) для решения актуальной проблемы энергообеспечения потребителей в удаленных арктических регионах. Цель работы – определение экономической целесообразности применения АСММ на базе БТЭБ и ПЭБ мощностью 6–12 МВт для энергоснабжения потребителей в отдаленных регионах.

**Материалы и методы.** Метод исследования, используемый для достижения поставленной цели, представляет собой экономическую оценку на основе затратного подхода.

**Основные результаты.** Представлены конкретные технические решения по ПЭБ и БТЭБ для АСММ. Выполнена оценка экономической целесообразности применения АСММ на базе ПЭБ или БТЭБ на основании сравнения затрат (капитальных и эксплуатационных) с дизель-электрической станцией. Определена стоимость органического топлива, при которой применение АСММ электрической мощностью 6–12 МВт становится экономически выгодным.

**Заключение.** Показано, что АСММ, создаваемые на основе судостроительных технологий, могут рассматриваться как один из вариантов энергообеспечения береговых потребителей.

**Ключевые слова:** атомная станция малой мощности, плавучий энергоблок, блочно-транспортабельный энергоблок, энергоснабжение.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

Для цитирования: Кудинович И.В., Сутеева А.Ж., Шкляр Н.В., Горыня Е.В. Перспективы применения транспортабельных энергоблоков для децентрализованного энергоснабжения. Труды Крыловского государственного научного центра. 2018; 2(384): 87–92.

УДК 621.311

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-2-384-87-92

I. Kudinovich<sup>1</sup>, A. Suteeva<sup>1</sup>, N. Shklyarov<sup>1</sup>, E. Gorynya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> St. Petersburg State University, Russia

## APPLICATION PROSPECTS OF TRANSPORTABLE NUCLEAR ENERGY BLOCKS FOR DECENTRALIZED POWER SUPPLY

**Object and purpose of research.** This paper presents an assessment of the economic feasibility of using a small nuclear power plant on the basis of a block-transportable power unit and a floating power unit for solutions the problem of energy supply to consumers in remote Arctic regions. The purpose of this work is to determine the economic feasibility for application of a small nuclear power plant with block-transportable power unit and a small nuclear power plant with floating power unit with a capacity of 6 to 12 MW for power supply to consumers in the remote regions.

**Materials and methods.** The method of this study is economic assessment based on cost analysis.

**Main results.** The paper describes specific technical solutions of block-transportable power unit and floating power unit for small nuclear power plant. The economic feasibility of use of a small nuclear power plant on the basis of the block-transportable power units and floating power unit based of costs comparison (capital and operational) with a diesel-electric station is presented. The cost of organic fuel at which 6-12MW small nuclear power plant becomes cost-efficient is determined.

**Conclusion.** The paper shows that small nuclear power plant based on marine nuclear power plant technology can be considered as one of the options for powering to coastal consumers.

**Key words:** small nuclear power plant, floating power unit, block-transportable power units, power supply.

Authors declare lack of the possible conflicts of interests.

For citations: Kudinovich I., Suteeva A., Shklyarov N., Gorynya E. Application prospects of transportable nuclear energy blocks for decentralized power supply. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2018; 2(384): 87–92 (in Russian).

UDC 621.311

DOI: 10.24937/2542-2324-2018-2-384-87-92



Атомные энергоблоки малой мощности, технология создания которых учитывает опыт развития судовой ядерной энергетики, могут рассматриваться в качестве одного из вариантов решения проблемы энергообеспечения в удаленных регионах с неразвитой транспортной и промышленной инфраструктурой, расположенных вне развитых энергосистем.

Применение атомных станций малой мощности в этих районах, помимо экономической целесообразности, выдвигает следующие дополнительные требования:

- минимизация капитального строительства и монтажных работ на площадке АСММ;
- исключение ядерно- и радиационно опасных операций на площадке АСММ;
- бесперебойное энергоснабжение потребителей, в том числе при замене энергоблока;
- отсутствие экологических последствий после вывода АСММ из эксплуатации.

В работе [1] показано, что в северных районах республики Саха (Якутия) существуют потребности в энергоснабжении населенных пунктов и промышленных объектов с энергопотреблением 6–12 МВт.

Строительство АСММ в удаленных районах с неразвитой транспортной и промышленной инфраструктурой трудно осуществить по традиционной наземной схеме. Решением данной проблемы является поставка готового к эксплуатации энергоблока, который при выводе из эксплуатации не оставляет на площадке радиоактивных материалов.

В прибрежных территориях существуют два способа реализации этого решения: плавучая атомная станция на базе плавучего энергоблока и бере-

говая АСММ на базе блочно-транспортабельного энергоблока, перемещаемых водным путем.

Жизненный цикл ПЭБ (БТЭБ) включает (рис. 1, см. вклейку):

- строительство энергоблока – 2 года;
- работу на мощности в течение 10 лет (4 цикла);
- ремонтные работы на специализированном предприятии с перегрузкой активной зоны – 2 года (3 цикла);
- утилизацию по окончании срока службы.

С учетом жизненного цикла ПЭБ (БТЭБ) необходимо их серийное производство для применения на различных площадках АСММ для их замены по окончании цикла на мощности.

ПЭБ с ядерной энергетической установкой (ЯЭУ) является атомным судном, как правило, несамходным. К настоящему времени наиболее проработанным является проект ПЭБ «Волнолом-3» [2], (технический проект разработан ЦКБ «Балтсудопроект» в 1993 г.), предназначенный для базирования на побережье морей Северного Ледовитого океана и Дальнего Востока. Основные характеристики ПЭБ представлены в табл. 1.

ЯЭУ включает два блока (эшелона), каждый из которых состоит из реакторной установки (РУ) на базе интегрального водо-водяного реактора АБВ-67 с естественной циркуляцией теплоносителя, паротурбинной установки (ПТУ) на базе турбогенератора ПГУ-532 с теплофикационным отбором пара, номинальной мощностью на клеммах 6 МВт(э) при напряжении 6,3 кВ и частоте 50 Гц.

Вспомогательная энергетическая установка состоит из резервной дизель-электростанции с двумя

**Таблица 1.** Характеристики плавучих энергоблоков (плавучая атомная теплоэлектростанция «Волнолом 3», плавучая атомная теплоэлектроцентраль «Кристалл» и однореакторный энергоблок)

**Table 1.** Parameters of floating power units (floating A-plant Volnolom-3, floating nuclear thermal station Kristall and single-reactor power unit)

Характеристики	ПЭБ «Волнолом-3»	ПЭБ «Кристалл»	ПЭБ ОКР «Энергоблок»
Длина, м	97	98	86,4
Ширина, м	21,6	26,0	26
Осадка, м	5,0	2,5–3,0	4,2
Водоизмещение, т:	8700	8000	8000
Тип РУ	АБВ-67	АБВ-67М	АБВ-6Э
Количество и мощность РУ, МВт	2×38	2×54,7	1×38
Электрическая мощность ГТА ном. (макс.), МВт	2×6	2×8 (2×12)	1×6
Мощность теплофикации ном. (макс.), Гкал/час	2×12	2×24 (2×30)	1×12
Время между перегрузками, лет	4,5–5	4,5–5	10–12
Срок работы до заводского ремонта, лет	10	10	10

дизель-генераторами мощностью по 2,8 МВт, четырех аварийных дизель-генераторов мощностью по 200 кВт, вспомогательного котла производительностью 6,3 т/ч пара давлением 0,7 МПа для собственных нужд, опреснительной установки производительностью 10,0 т/сут.

На базе проекта ПЭБ «Волнолом-3» (рис. 2, см. вклейку) разработан ряд модификаций, в частности, выполнена проектная проработка ПЭБ с уменьшенной осадкой для обеспечения проводки к местам базирования по рекам (ПЭБ «Кристалл») [2]. Основные характеристики ПЭБ представлены в табл. 1. В состав плавучей атомной теплоэлектроцентрали (ПАТЭЦ) «Кристалл» входят два автономных энергоблока с РУ АБВ-67М номинальной тепловой мощностью по 54,7 МВт каждый, установленная электрическая мощность турбогенераторных установок – 2×12 МВт, выработка тепловой энергии – 2×24 Гкал/ч (при выработке электроэнергии 2×8 МВт) и 2×30 Гкал/ч (при 2×6 МВт).

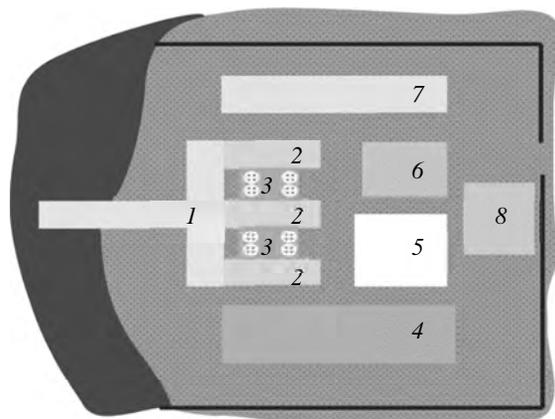
Следует отметить, что активные зоны реакторных установок АБВ-67 и АБВ-67М имели энергозапас, обеспечивающий работу ПЭБ между перегрузками топлива в течение 4,5–5 лет, что вызывало необходимость производить перегрузку активной зоны в процессе эксплуатации (период эксплуатации ПЭБ до ремонта составляет 10 лет).

В рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» в ОКР «Энергоблок» (головной исполнитель АО «ОКБМ Африкантов») разработана РУ АБВ-6Э, в которой обеспечен интервал между перегрузками активных зон 10–12 лет, что позволяет исключить перегрузку в период эксплуатации ПЭБ на площадке АСММ (перегрузка активной зоны осуществляется при ремонте ПЭБ).

На базе РУ АБВ-6Э АО «Атомэнерго» разработан вариант однореакторного ПЭБ [3] с турбогенераторной установкой ТГУ ТК-6-3,8 (разработки АО «КТЗ») (характеристики представлены в табл. 1).

Вариант берегового размещения АСММ с использованием БТЭБ имеет следующие преимущества:

- отсутствие защитных гидротехнических сооружений и специальных трасс передачи тепла на берег, которые используются для компенсации вертикальных перемещений ПЭБ при колебаниях уровня воды;
- повышенная безопасность по отношению к внешним природным воздействиям (включая ледовое);
- возможность размещения АСММ на берегах замерзающих рек (в этом случае в ее состав входит воздушно-конденсационная установка).



**Рис. 3.** Схема атомной станции малой мощности на базе блочно-транспортных энергоблоков: 1 – гидротехническое причальное сооружение и транспортный путь от причального сооружения к площадке БТЭБ; 2 – БТЭБ (фундаменты для установки БТЭБ); 3 – сухие градирни; 4 – комплексное технологическое здание; 5 – закрытое распределительное устройство; 6 – резервные и аварийные источники энергии; 7 – административное здание – пост управления; 8 – пост физической защиты

**Fig. 3.** Layout of small nuclear station based on block-transportable power units: 1 – pier and road to the site of block-transportable power units; 2 – foundations for block-transportable power units; 3 – dry cooling towers; 4 – integrated technological building; 5 – closed distribution device; 6 – reserve and emergency power supply; 7 – administrative building (control post); 8 – physical protection post

В состав АСММ входят (рис. 3):

- энергетический комплекс (БТЭБ, сухие градирни, закрытое распределительное устройство и трансформаторные подстанции, тепловой узел (при наличии теплофикации), резервные и аварийные источники энергии с запасом органического топлива, пост управления);
- инженерные сооружения (причальное сооружение, транспортные пути, фундаменты для установки БТЭБ, технологические здания, физическая защита).

БТЭБ включает основные элементы ЯЭУ (РУ и ПГУ) в едином прочном корпусе и соединяется с градирнями водяными трубопроводами промконтура, а с электrorаспределительными устройствами и постом управления АСММ – кабелями.

После выработки энергоресурса активной зоны БТЭБ выдерживается на исходном месте до тех пор, пока уровень остаточных тепловыделений не снизится до значений, при которых возможна транспортировка БТЭБ без дальнейшего расхолаживания на специализированное предприятие для

проведения перегрузки топлива и ремонтных работ. Таким образом, на площадке АСММ одновременно могут находиться как работающие, так и один расхолаживающийся БТЭБ, при этом места установки всех БТЭБ обеспечивают возможность их подключения к блоку электротехнического оборудования, пульту управления, тепловому узлу и градирням. Размещение моноблочных БТЭБ на разных местах установки позволяет осуществлять переключение БТЭБ без отключения потребителей.

В составе АСММ должны быть предусмотрены замещающие мощности и соответствующие запасы органического топлива при переключении отработавшего БТЭБ на новый БТЭБ (аналогичное требование выдвигается для АСММ на базе ПЭБ). В качестве замещающих мощностей для АСММ на базе БТЭБ должна быть предусмотрена резервная дизель-электрическая станция (ДЭС). Возможно совмещение функций замещающих мощностей и резервного источника энергии.

ФГУП «Крыловский государственный научный центр» в рамках ОКР «Энергоблок» были выполнены проработки БТЭБ на базе РУ АБВ-6Э [3] и ТГУ ТК-6-3,8 в прямоугольном и цилиндрическом исполнении. (рис. 4, см. вклейку, табл. 2).

Учитывая значительную степень унификации энергетического оборудования БТЭБ и ПЭБ, строительство БТЭБ целесообразно производить на судо-

строительных заводах, имеющих опыт создания атомных судов. В качестве предприятия обслуживания и ремонта могут рассматриваться судоремонтные заводы, на которых возможна выгрузка и загрузка ядерного топлива.

С завода-строителя БТЭБ транспортируется водным путем на судне типа Transshelf [4] (рис. 5, см. вклейку) к площадке размещения АСММ. При необходимости транспортировки БТЭБ речным путем могут быть использованы речные баржи-площадки [5].

На причальном сооружении осуществляется выгрузка БТЭБ и транспортировка к месту установки на площадке АСММ. В качестве средств перегрузки БТЭБ могут использоваться самоприводные модульные транспортеры, способные перевозить крупногабаритные тяжеловесные грузы (рис. 6, см. вклейку). Также для установки БТЭБ на площадке АСММ (выгрузка-погрузка с транспортного средства) могут быть использованы технологии, разработанные при транспортировке реакторных отсеков утилизированных АПЛ на площадки пунктов длительного хранения.

После установки моноблочного БТЭБ на фундаменте осуществляется монтаж навесной биологической защиты.

В данной работе анализ экономической целесообразности применения АСММ выполнен на основе сравнения затрат на создание и эксплуатацию АСММ и ДЭС контейнерного типа.

Капитальные затраты на АСММ состоят из затрат на строительство непосредственно БТЭБ или ПЭБ и затрат на береговые сооружения.

Стоимость строительства ПЭБ (БТЭБ) зависит от конкретного судостроительного завода. В настоящей работе учитывались ценообразующие нормативы АО «Балтийский судостроительный завод» [6–7].

Величина капитальных затрат на береговые сооружения зависит от региона размещения площадки АСММ, поскольку для каждого региона устанавливаются собственные нормативы цен на строительство и индексы цен производителей строительных материалов [8]. Оценка величины капитальных затрат производилась двумя способами: по индексу инфляции пересчета цен с 2014 на 2017 г. и на основании данных тендеров на строительство в республике Саха (Якутия).

Эксплуатационные расходы АСММ включают затраты на:

- ядерное топливо с учетом расходов на обращение с отработавшим ядерным топливом;
- органическое топливо для замещающих мощностей, резервных и аварийных источников энергии;

**Таблица 2.** Характеристики блочно-транспортабельного энергоблока

**Table 2.** Parameters of block-transportable unit

Характеристика	Значение	
	прямоугольное	цилиндрическое
Мощность электрическая, МВт	6	
Теплофикационная мощность, Гкал/час	12	
Мощность РУ, МВт	38	
Время между перегрузками активной зоны, лет	10	
Срок службы, лет	40	
	Исполнение	
	прямоугольное	цилиндрическое
Габариты БТЭБ ( $H \times B \times L$ ), м	11,3×8×22	9,1×8×22
Масса БТЭБ, т	1430	1360

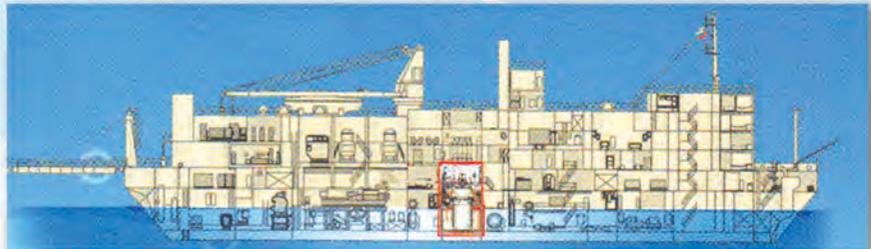
**Рис. 1.** Жизненный цикл плавучего энергоблока (блочно-транспортного энергоблока)

**Fig. 1.** Life cycle of floating (block-transportable unit) power unit



**Рис. 2.** Плавучий энергоблок «Волонолом 3»

**Fig. 2.** Volnolom-3 floating power unit

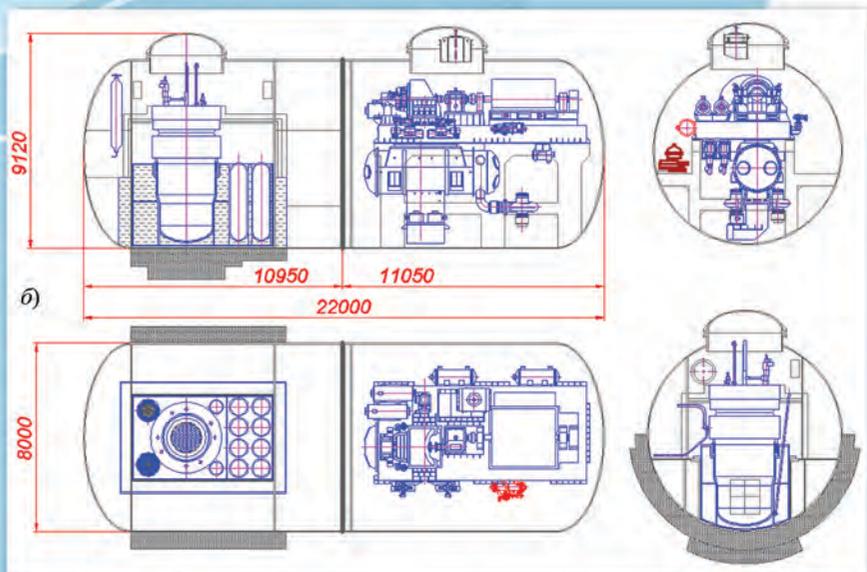
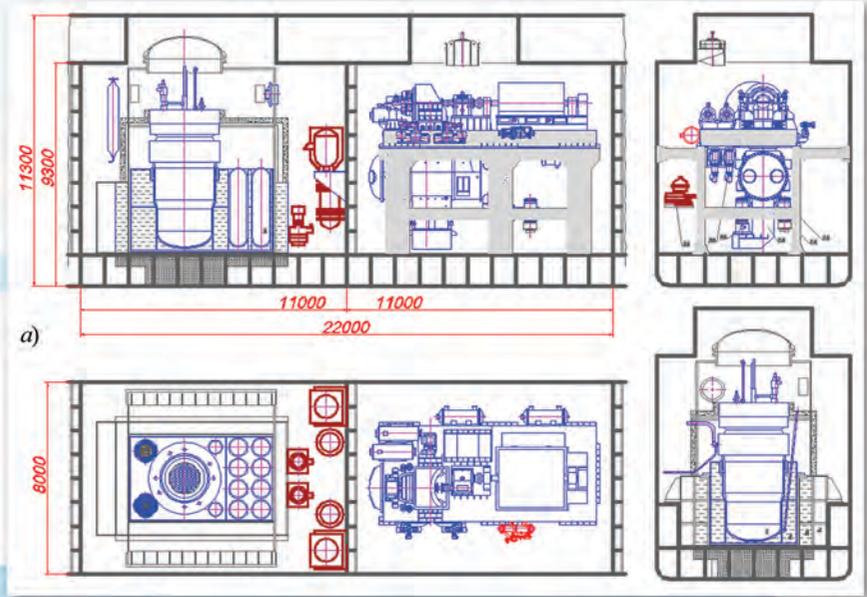


**Рис. 4.** Конструктивная схема блочно-транспортного энергоблока:

а) прямоугольное исполнение;

б) цилиндрическое исполнение

**Fig. 4.** Structural layout of block-transportable power unit:  
a) rectangular;  
b) cylindrical





**Рис. 5.** Судно Trassshelf  
**Fig. 5.** Trassshelf ship

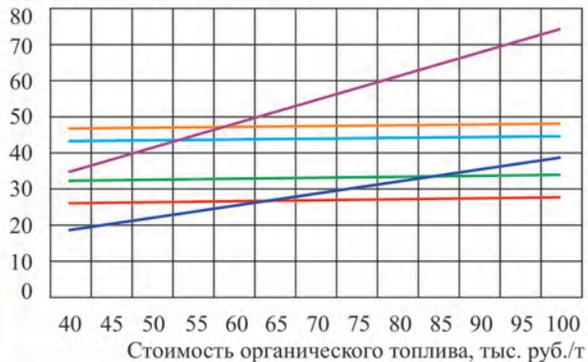


**Рис. 6.** Самоходные кильблоки: грузоподъемность – 400 т; размеры – 2,36×7,5×1,86 м; колея тележки – 1 м; максимальная скорость – 3–5 м/мин.

**Fig. 6.** Self-propelled keel blocks: capacity – 400 t; dimensions – 2,36×7,5×1,86 m; gauge of carriage 1 m; maximum speed 3–5 m/min



Суммарные затраты, млрд руб.



— ДЭС 6 МВт  
— БТЭБ 6 МВт  
— ПЭБ 6 МВт  
— ДЭС 12 МВт  
— БТЭБ 12 МВт  
— ПЭБ 12 МВт

**Рис. 7.** Суммарные затраты за весь срок службы для атомной станции малой мощности и дизель-электрической станции

**Fig. 7.** Total life cycle costs for small nuclear power plant and diesel electric station

- транспортировку и монтаж ПЭБ (БТЭБ) на площадке АСММ;
- отчисления на ремонт и работы по перегрузке активной зоны;
- амортизационные отчисления;
- оплату персонала.

Капитальные затраты на ДЭС, также как и на АСММ, зависят от региона размещения, а ежегодные эксплуатационные расходы состоят из затрат на закупку и хранение органического топлива, техническое обслуживание ДЭС, амортизационные отчисления и оплату персонала.

На рис. 7 (см. вклейку) представлены суммарные затраты (капитальные затраты + эксплуатационные затраты) за весь срок службы АСММ и ДЭС электрической мощностью 6 и 12 МВт в зависимости от цен на органическое топливо. Из полученных результатов можно сделать вывод, что АСММ на базе БТЭБ мощностью 6 МВт экономически эффективны для децентрализованного энергоснабжения в удаленных регионах, в которых стоимость органического топлива превышает 65 тыс. руб./т, а АСММ на базе БТЭБ мощностью 12 МВт – в регионах со стоимостью топлива 55 тыс. руб./т.

АСММ на базе ПЭБ мощностью 6 МВт экономически эффективны в регионах, в которых стоимость органического топлива превышает 90 тыс. руб./т, а при мощности 12 МВт – в регионах со стоимостью органического топлива 60 тыс. руб./т.

В табл. 3 представлены экономические показатели АСММ и ДЭС в республике Саха (Якутия)

при стоимости органического топлива 60 тыс. руб. и 90 тыс. руб. за тонну [9].

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. АСММ на базе ПЭБ или БТЭБ, создаваемые на основе судостроительных технологий, могут рассматриваться как один из вариантов энергообеспечения береговых потребителей в удаленных регионах.
2. АСММ на базе береговых БТЭБ не требуют создания защитных гидротехнических сооружений, не подвержены воздействию ледовой нагрузке и могут размещаться в Арктическом регионе.
3. Конкурентоспособность АСММ по сравнению с ДЭС зависит от мощности и стоимости органического топлива:
  - АСММ на базе БТЭБ с электрической мощностью 6 МВт экономически эффективна при стоимости органического топлива более 65 тыс. руб. за тонну;
  - АСММ на базе БТЭБ с электрической мощностью 12 МВт экономически эффективна при стоимости органического топлива более 55 тыс. руб. за тонну;
  - АСММ на базе ПЭБ с электрической мощностью 6 МВт экономически эффективна при стоимости органического топлива более 90 тыс. руб. за тонну;
  - АСММ на базе ПЭБ с электрической мощностью 12 МВт экономически эффективна при стоимости органического топлива от 60 тыс. руб. за тонну.

**Таблица 3.** Сравнение экономических характеристик атомной станции малой мощности на базе плавучего энергоблока и блочно-транспортных энергоблоков с дизель-электрической станцией с установленной электрической мощностью 6 и 12 МВт

**Table 3.** Cost efficiency comparison for small nuclear power plant floating power units and block-transportable units with diesel electric station with a capacity of 6 and 12 MW

Характеристика	АСММ на базе ПЭБ		АСММ на базе БТЭБ		ДЭС	
Установленная мощность электрическая АСММ, МВт	6	12	6	12	6	12
Капитальные затраты на БТЭБ, млн руб.	5900	9800	4100	8200	450	900
Капитальные затраты на строительство береговых сооружений, млн руб.	2300	3200	1940	2300	–	–
Эксплуатационные затраты*, млн руб./год	550–570	810–840	470*–490**	770–800	610–860	1150–1600
Затраты на топливо:						
▪ ядерной топливо, млн руб./год;	84	168	84	168	–	–
▪ органическое топливо, млн руб./год*	50–70	80–110	50–70	80–110	500–740	980–1480
Сумма затрат за весь период эксплуатации и капитальных затрат, млн руб.*	32 700–33 500	47 100–47 900	26 600–27 400	43 700–44 400	25 500–35 300	48 000–67 700

\* при стоимости органического топлива 60 000 руб./т; \*\* при стоимости органического топлива 90 000 руб./т.

## Библиографический список

### References

1. *Санев Б.Г., Иванова И.Ю., Тугузова Т.Ф., Франк М.И.* Роль атомных станций малой мощности в зонах децентрализованного энергоснабжения на Востоке России // «Атомные станции малой мощности: новое направление развития энергетики В 2 т. Т.1. М.: Наука, 2011. С. 88–100. [B. Sanev, I. Ivanova, T. Tuguzova, M. Frank. Role of low-power A-plants in the areas of decentralized power supply in the Russian East // Low-power A-plants: new field of power developments. In 2 vol. Vol. 1. Moscow: Nauka, 2011. P. 88–100. (in Russian)].
2. *Воробьев В.М., Каинов Р.А.* Плавающая атомная теплоэлектростанция для отдаленных районов Севера и Дальнего Востока // Судостроение. 1995. № 7. С. 26–29. [V. Vorobyev, R. Kaipov. Floating A-plant for remote areas of the North and the Far East // Sudostroyeniye (Shipbuilding). 1995; 7: 26–9. (in Russian)].
3. *Фадеев Ю.П., Пахомов А.Н., Полуничев В.И., Турусов А.Ю.* АСММ в плавучем и блочно-транспортабельном исполнении для энергообеспечения регионов арктической зоны // МНТК «Инновационные проекты и технологии ядерной энергетики». НИКИЭТ им. А.А. Доллежалея. Москва, 7–10 октября 2014. [Yu. Fadeev, A. Pakhomov, V. Polunichnev, A. Turusov. Floating and modular low-power A-plants for powering Arctic regions // International Scientific & Technical Conference Innovative Designs and Technologies of Nuclear Power. JSC NIKIET. Moscow, October 7–14, 2014. (in Russian)].
4. Полупогружные транспортные суда [Электрон. ресурс] / Корабельный портал. URL: <http://korabley.net/news/2008-11-24-63> [Semi-submersible cargo carriers / Ship portal. (in Russian)].
5. Транспортный комплекс Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 2010. [Transportation system of the Siberia and the Far East. Novosibirsk, 2010. (in Russian)].
6. Технико-экономическое исследование (проработки) с подготовкой проекта технического задания на проектирование атомного ледокола нового поколения. СПб.: ОАО «ЦКБ «Айсберг», 2005. [Feasibility study (developments) with preparation of draft Technical Assignment for design of new-generation nuclear icebreaker. St. Petersburg: JSC CDB Iceberg, 2005. (in Russian)].
7. *Краев В.В.* Экономическое обоснование при проектировании морских судов. Л.: Судостроение, 1981. [V. Kraev. Economic justification in design of sea-going ships. Leningrad: Sudostroyeniye, 1981. (in Russian)].
8. Об утверждении Методических рекомендаций по применению государственных сметных нормативов – укрупненных нормативов цены строительства различных видов объектов капитального строительства непромышленного назначения и инженерной инфраструктуры. Приказ Министерства

- регионального развития РФ от 4 октября 2011 г. № 481. [On approving Methodical Recommendations on application of State cost estimate regulations – generalized pricing regulations for various non-industrial capital constructions and engineering infrastructure objects. Directive No. 481 of Russian Ministry of Regional Development dt. October 4, 2011. (in Russian)].
9. Тендер: Дизельное топливо п. Нижнеянский, п. Усть-Куйга [электрон. ресурс] // Сайт «Все Тендеры России». URL: <http://rostender.info/region/saha-yakutiya-respublika/27892762-tender-dizelnoe-toplivo-pnijneyansk-p-ust-kujga> [Tender: Diesel fuel, towns of Nizhneyansk and Ust-Kuyga. Web site All Tenders of Russia. (in Russian)].

### Сведения об авторах

*Кудинович Игорь Владиславович*, д.т.н., доцент, заместитель начальника 4 отделения – начальник отдела 42 ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-48-06. E-mail: igor\_kudinovich@mail.com.  
*Сутеева Аделина Жанатовна*, ведущий инженер ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 415-48-33. E-mail: adelina79.as@gmail.com.  
*Шкляр Никита Вячеславович*, начальник сектора ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: 8 (812) 748-63-71. E-mail: shkluarovnot@yahoo.com.  
*Горыня Екатерина Валерьевна*, студент факультета «Прикладной математики – процессов управления», Санкт-Петербургский государственный университет. Адрес: 198504, Санкт-Петербург, Петергоф, Университетский пр., д. 35. Тел.: +7 (981) 197-32-31. E-mail: ekaterinagorynya@gmail.com.

### About the authors

*Kudinovich, Igor I.*, D. Sc., Associate Prof., Deputy Head of Nuclear Power Division, Head of Department, KSRC. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 415-48-06. E-mail: igor\_kudinovich@mail.com.  
*Suteeva, Adelina Zh.*, Lead Engineer, KSRC. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 415-48-33. E-mail: adelina79.as@gmail.com.  
*Shklyarov, Nikita V.*, Head of Sector, KSRC. Address: 44, Moskovskoye sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: 8 (812) 748-63-71. E-mail: shkluarovnot@yahoo.com.  
*Gorynya, Ekaterina V.*, Student, Faculty of Applied Mathematics and Control Processes, St. Petersburg State University. Address: 35, Universitetsky lane, Peterhof, St. Petersburg, post code 198504. Tel.: +7 (981) 197-32-31. E-mail: ekaterinagorynya@gmail.com.

Поступила / Received: 14.03.18  
Принята в печать / Accepted: 01.06.18  
© Коллектив авторов, 2018