



УДК 692.92

Нуриев Азат Фаязитович

инженер-проектировщик

E-mail: 79172597910@yandex.ru

ПИ «Союзхимпромпроект» ФГБОУ ВО КНИТУ

Адрес организации: 420033, Россия, г. Казань, ул. Димитрова, д. 11

Ибрагимов Руслан Абдирашитович

кандидат технических наук, доцент

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Повышение эффективности строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях применением энергосберегающих технологий

Аннотация

Постановка задачи. Целью исследования является выявление основных особенностей и взаимосвязей организации строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях путем моделирования организационно-технологических решений с использованием энергосберегающих технологий.

Результаты. Разработана модель передвижной ветро-, электро-, дизельной станции. Предложены рекомендации по энергосбережению, благодаря которым повысится уровень энергоэффективности во время строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях.

Выводы. Значимость полученных результатов для строительной отрасли состоит в возможности повышения качества строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях при снижении трудовых, материально-технических и топливно-энергетических ресурсов, а также неблагоприятных воздействий на окружающую среду.

Ключевые слова: энергосбережение, энергоэффективность, энергосберегающие технологии, альтернативные источники энергии, экстремальные климатические условия.

Введение

В настоящее время энергосбережение – одна из приоритетных задач. Это связано с дефицитом основных энергоресурсов, с возрастающей стоимостью их добычи, а также с глобальными экологическими проблемами.

Как известно, энергоэффективность для населения – это значительное сокращение коммунальных расходов, а для страны – экономия ресурсов, повышение производительности строительства и конкурентоспособности. Благодаря использованию энергосберегающих технологий в умеренных широтах удастся частично сократить расходы на коммунальные услуги. Кроме того, энергосберегающие технологии должны быть доступны, экологичны, не влиять на привычный уклад жизни и быть безопасными для жизнедеятельности человека [1-4].

В современных требованиях строительства зданий и сооружений предъявляют новые условия энергоэффективности, в частности, обязательное применение энергосберегающих технологий в ходе выполнения работ.

Россия, как и другие страны, пережила время, когда была недостаточно оценена важность энергоэффективности. В настоящее время в строительной сфере настоятельно ведется создание и введение энергоэффективных технологий, и это является одним из основных направлений развития строительной индустрии [5-7].

Развитие современного государства, не зависимо от действующей в нем политической системы, связано с несколькими тенденциями:

- 1) с ростом потребления энергоресурсов;
- 2) с привлечением новых плодородных территорий и территорий с полезными ископаемыми.

В XXI веке специфической чертой изучения новых территорий являются:

- 1) отдаленность от урбанистической цивилизации;
- 2) малонаселенность и труднодоступность;
- 3) экстремальные климатические условия;
- 4) отсутствие тепло- и электроэнергии.

Данные неблагоприятные условия для жизни и работы человека требуют нестандартных решений проблем обеспечения тепло- и электроэнергией строительной площадки, и определяют разработку целого арсенала инновационных строительных энергоэффективных технологий [8-10].

Заинтересованность в энергосберегающих технологиях и альтернативной энергии возросла в связи с применением и внедрением эффективного использования ресурсов и снижением материальных затрат. Анализ литературных источников, связанных с вопросом выполнения энергосберегающих технологий во время строительства, показал, что главные цели и задачи решались частично, а вопросы применения энергосберегающих технологий во время строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях не изучались и не разрабатывались вовсе. В связи с этим, цель работы – разработка модели передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции [11-16].

Разработка модели передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции

На сегодняшний день передвижные дизельные электростанции служат основным источником питания там, где не протянуты линии электропередач. Для отдаленных поселков и строительства зданий и сооружений, это практически единственный источник электричества, поскольку не везде есть центральное электроснабжение. В данной работе разрабатывается модель передвижной ветро-, солнечно-, дизельной электростанции (ВСДЭС) для обеспечения энергией строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях.

При разработке модели ВСДЭС в качестве прототипа была принята дизельная электростанция от производителя «Компания Дизель». Применение в России дизельной электростанции наиболее востребовано в работе аварийных, ремонтных бригад, в вахтовых поселках при геологоразведке, строительстве, обслуживании и ремонте объектов нефтегазовой отрасли. Широкое распространение передвижные дизельные электростанции (ДЭС) получили благодаря своим несомненным преимуществам:

- высокой надежности и безопасности, качественным комплектующим, хорошо проработанному и протестированному конструктиву выпускаемых передвижных дизельных электростанций;
- максимальной мобильности и готовности ДЭС к работе;
- экономии на вводе в эксплуатацию, монтаже, погрузке/разгрузке;
- применению в экстремальных погодных условиях – на крайнем Севере и Юге, в условиях экстремально высоких или низких температур;
- удобству доставки к месту сервисного обслуживания передвижных ДЭС на шасси грузового автомобиля, тракторного прицепа и на салазках.

При разработке модели передвижной ВСДЭС необходимо учитывать потенциальную энергию, которую дают в совокупности солнечные батареи и ветрогенераторы. Давно известно, что от гибридных электростанций, использующих возобновляемые и традиционные источники энергии, получается особый экономический эффект. Наиболее подходящим вариантом является система, которая содержит несколько источников генерации электроэнергии – это солнечная, ветровая энергия, и традиционная (резервная) – дизельная электростанция. Типовая структурная схема ВСДЭС приведена на рис. 1, которая работает по следующему принципу: вся преобразованная солнечными панелями (батареями) – солнечная энергия и ветрогенераторами – ветровая энергия подаются в систему электроснабжения через контроллер, который контролирует процесс заряда, поступающий от ветрогенератора и солнечных панелей на аккумулятор, защищая его от перезаряда и обеспечивая долгий срок службы.

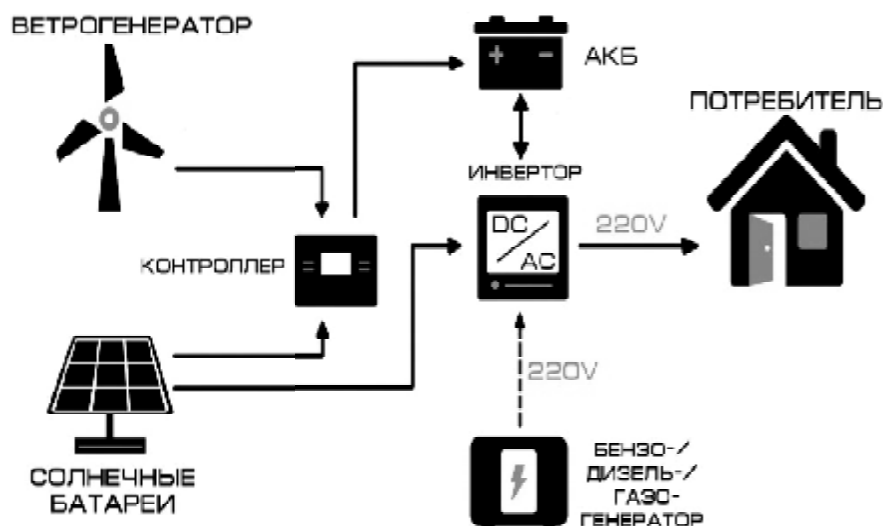


Рис. 1. Структурная схема работы ВСДЭС (иллюстрация авторов)

Инвертор предназначен для преобразования энергии, накопленной в батареях. В случае низкого уровня заряда аккумулятора, инвертор предохраняет батареи от глубокого разряда путем отключения потребителей.

Дополнительно к системе подключен трехфазный дизель-генератор, который будет включаться в систему в форс-мажорных ситуациях.

Кроме того, такая система требует достаточно больших капиталовложений на этапе сооружения, следовательно, это приводит к длительному сроку окупаемости, но при этом, в сравнении с обычным дизель-генератором, вариант ВСДЭС экономически более эффективен.

Передвижная ВСДЭС призвана обеспечить энергоснабжение всем потребителям тока, которые нуждаются в аварийном питании, а также объектам, расположенным в тех районах, куда не подведены линии электропередач.

Модель ВСДЭС огорожена от строительной площадки так, чтобы создать для солнечных модулей необходимое пространство, которое не дает на них тени. Они должны быть обращены в сторону юга и иметь наклон, равный углу широты местности. Для ветрогенераторов необходимо свободное пространство от близлежащих деревьев, зданий и сооружений. 3D-модель ВСДЭС, построенная в программном комплексе Autodesk Revit, показана на рис. 2.



Рис. 2. 3D-модель ВСДЭС (иллюстрация авторов)

Потенциал солнечного излучения

Основная и необходимая характеристика солнечного излучения – это дневная, месячная и годовая сумма солнечной радиации на горизонтальной площадке в условиях реальной облачности. Вся необходимая информация получена из данных метеонаблюдений за длительный период времени.

В соответствии с СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», в РФ наиболее высокая инсоляция наблюдается в г. Махачкале. Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для всех месяцев при оптимальном наклоне площадки для г. Махачкалы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для г. Махачкалы

Месяц	Янв	Фев	Март	Апр	Май	Июнь	Июль	Авг	Сент	Окт	Нояб	Дек
Дневн. сумма солнечной радиации кВтч/м ²	1,5	2,75	4,13	5,42	6,45	6,13	6,71	6,32	5,2	4,26	3	2,5
Месячная сумма солнечной радиации кВтч/м ²	48	77	128	168	200	190	208	196	161	132	93	77,2

Для сравнения приведена таблица со значениями среднедневных и среднемесячных сумм солнечной радиации для всех месяцев при оптимальном наклоне площадки для г. Казани приведены в табл. 2.

Таблица 2

Среднедневные и среднемесячные суммы солнечной радиации для г. Казани

Месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Дневная сумма солнечной радиации кВтч/м ²	0,82	2,04	3,7	4,5	5,7	5,5	5,7	5	3,7	2,2	1,2	0,8
Месячная сумма солнечной радиации кВтч/м ²	25,4	57	112	139,2	170,5	170	177	153	110	68,2	37	25

Проанализировав табл. 1-2, можно определить существенную разницу между двумя городами, расположенными в разных регионах со своими значениями инсоляции.

Аккумулирующая солнечная энергия может быть израсходована на работу электроинструментов на строительной площадке. Ниже приведены значения энергопотребления электрических инструментов, необходимых при строительстве зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях (табл. 3).

Таблица 3

Энергопотребления электрических инструментов

Наименование потребителя	Потребляемая мощность (Вт)	Количество	Продолжительность работы, ч	Общая мощность (кВт)
Электродрель	800	4	4	3,2
Перфоратор	1400	4	4	5,6
Дисковая пила	1600	4	4	6,4
Электрорубанок	1000	4	2	4
Электролобзик	700	4	2	2,8
Шлифовальная машина	2200	4	5	8,8
Цепная пила	1700	4	2	6,8
Компрессор	2500	4	2	10
Сварочный аппарат	3500	4	5	14
Прочее оборудование	10000	2	3	20
Итого в день				81,6
Итого в месяц				2529,6

Для расчета генерируемой электроэнергии необходимо выбрать типы электростанций. На основе анализа наиболее распространенных солнечных электростанций (СЭС), ветроэлектростанций (ВЭС), дизельных электростанций (ДЭС) по показателям вырабатываемой мощности и стоимости были выбраны СЭС R-SOLAR 017 (в количестве 7 шт.), в качестве ВЭС была выбрана SAV – 15 кВт (в количестве 7 шт.), и наконец, ДЭС – АД-100 (ЯМЗ-236БИ) (в количестве 1 шт.). Характеристики приведены в табл. 4.

Таблица 4

ТЭП для различных электростанций

ЭС	Наименование	Мощность, кВт	Количество	Стоимость, млн. руб.	Расход топлива л/ч	Время работы, в день, ч	Расход топлива, л/день	Цена топлива, руб/л	Цена топлива в год, млн. руб	Итого за 5 лет, млн. руб
ДЭС	АД-100 (ЯМЗ-236БИ)	100	1	1,0	22,3	24	535,2	45	8,79	44,95
СЭС	R-SOLAR 017	15	7	1,7	0	24	0	0	0	11,9
ВЭС	Sokol Air Vertical	15	7	1,0	0	24	0	0	0	7

Потенциал ветровой энергии

На территории России есть районы, где ВЭС могут стать главным источником энергии. В первую очередь, к ним относятся острова Ледовитого океана и обширные районы Восточной Сибири и Дальнего Востока, куда проводить ЛЭП достаточно дорого.

На рис. 3 приведен сравнительный анализ эффективности различных вариантов:

1 вариант – использование только ДЭС, мощностью 100 кВт. В затраты входят покупка электростанций и снабжение топливом в течение 5 лет (условно цена за 1 л топлива не меняется в течение 5 лет).

2 вариант – использование ДЭС+СЭС. Выбирается ДЭС мощностью 40 кВт, стоимостью 0,52 млн руб. и расходом 9,6 (л/ч). В качестве второго составляющего выбираются СЭС, в количестве 4 шт., с вырабатываемой мощностью 15 кВт и стоимостью 1,7 млн руб.

3 вариант – использование ДЭС+ВЭС. ДЭС остается, как и во 2 варианте, в качестве второй составляющей выбираются ВЭС, в количестве 4 шт., с вырабатываемой мощностью 15 кВт и стоимостью 1,0 млн руб.

4 вариант – использование ДЭС+ВЭС+СЭС. ВЭС и СЭС выбираются по 3 шт., каждая по 15 кВт и дополнительно внедряется ДЭС, мощностью 10 кВт, расходом 3,5 (л/ч).

Результаты энергосистемы показывают, что в оптимальное решение одновременно входят все 3 энергоисточника. Исключение одного из них приведет к удорожанию системы электроснабжения (рис. 3), максимально – в 2,5 раза (варианты 1 и 4).

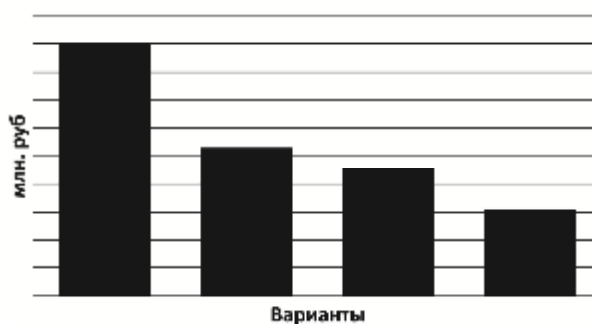


Рис. 3. Затраты (иллюстрация авторов)

Заключение

1. Предложена модель ВСДЭС для строительства зданий и сооружений в экстремальных климатических условиях, которая включает в себя ДЭС, ВЭС и СЭС.

2. Показана эффективность системы электроснабжения, которая включает солнечные, ветровые, дизельные электростанции.

3. Приведены технико-экономические показатели использования различных вариантов использования мобильных электростанций.

Список библиографических ссылок

1. Елистратов В. В. Мониторинг развития возобновляемой энергетики в мире и России // Академия энергетики. 2008. № 2 (22). С. 22–44.
2. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of indicators of ecological safety in civil engineering // Procedia Engineering. 2015. P. 126–131.
3. Бендигов М. А. Некоторые направления повышения эффективности российских высоких технологий // Менеджмент в России и за рубежом. 2000. № 8. С. 48–52.
4. Mkrtchyan T., Lokhova E. Ecological effectiveness as an essential quality requirement of innovational construction : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb WOSCE-2016 «SMART City»» / Paper. N-Y. 2017. P. 8–22.
5. Ermakov A., Mukhamedzhanova O., Tumenev Y. To the matter of the educated development of the construction industry of recreational territories : dig. of art. MATEC Web of Conferences Сер. «International Science Conference SPbWOSCE-2016 «SMART City»» / Arkhitecton, M., 2017. P. 22–42.
6. Булгаков С. Н. Энергоэффективные строительные системы и технологии. М. : АВОК-ПРЕСС, 2018. 232 с.
7. Баринов В. А. Энергетика России: взгляд в будущее: обосновывающие материалы к Энергетической стратегии России на период до 2030 года. М. : Энергетика, 2016. 609 с.
8. Рахимова Ю. И., Пилипчук А. А. Алгоритм действий по оптимизации внедрения энергосберегающих технологий при проектировании, строительстве и эксплуатации объектов энергетического назначения : сб. ст. энергетика и энергосбережение: теория и практика : материалы III Всероссийской научно-практической конференции / МЦНО. М., 2017. С. 160.
9. Кабанова М. С. Энергосбережение и энергоэффективность – новая реальность. Новосибирск : Центр развития научного сотрудничества, 2017. С. 28.
10. Alves T., Machado L., de Souza R. G., de Wilde P. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock // Energy and Buildings. 2018. № 173. P. 547–561.
11. Береговой А. М., Кондрашова К. Э., Кондрашина И. А. Факторы влияния на энергоэффективность зданий, использующих возобновляемые источники энергии // Моделирование и механика конструкций. 2017. № 5. С. 14.
12. Trukhina N., Okolelova E. Modeling optimal solutions with the use of heat technologies based on graph theory : dig. of art. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018. «MATEC Web of Conferences» / Paper. N-Y. 2018. P. 30–38.
13. Манохин П. Е., Шкляев С. В., Степанов В. П., Галеев А. В. Модель оценки эффективности инвестиций в энергосберегающие технологии в строительстве // Фотинские чтения. 2018. № 1 (9). С. 116–120.
14. Potienko N. D., Kuznetsova A. A., Solyakova D. N., Klyueva Y. E. The global experience of deployment of energy-efficient technologies in high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul. / Arkhitecton. M., 2017. P. 22–42.
15. Lukmanova I., Golov R. Modern energy efficient technologies of high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017» / Arkhitecton. M., 2018. P. 44–47.
16. Коклюгина Л. А., Коклюгин А. В. Определение продолжительности строительства объектов нефтеперерабатывающей промышленности с учетом интересов участников инвестиционного строительного проекта // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 20. С. 290–292.

Nuriev Azat Fayazitovich

design engineer

E-mail: 79172597910@yandex.ru

PI « Soyuzkhimpromproekt» FSBEI HE KNRTU

The organization address: 420033, Russia, Kazan, Dimitrova st., 11

Ibragimov Ruslan Abdirashitovich

candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: rusmag007@yandex.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Improving the efficiency of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions through the use of energy-saving technologies

Abstract

Problem statement. The aim of the study is to identify the main features and relationships of the organization of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions by modeling organizational and technological solutions using energy-saving technologies.

Results. A model of a mobile wind, electric, diesel station was developed. The recommendations for energy saving, which will increase the level of energy efficiency during the construction of buildings and structures in extreme climatic conditions.

Conclusions. The significance of the obtained results for the construction industry is the possibility of improving the quality of construction of buildings and structures in extreme climatic conditions while reducing labor, material, technical and fuel and energy resources and adverse environmental impacts.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy saving technologies, alternative energy sources, extreme climatic conditions.

References

1. Elistratov V. V. Monitoring of renewable energy development in the world and Russia // *Akademiya energetiki*. 2008. № 2 (22). P. 22–44.
2. Ilyichev V., Emelyanov S., Kolchunov V., Bakayeva N., Kobeleva S. Estimation of indicators of ecological safety in civil engineering // *Procedia Engineering*. 2015. P. 126–131.
3. Bendikov M. A. Some areas of improving the efficiency of Russian high technologies // *Menedzhment v Rossii i za rubezhom*. 2000. № 8. P. 48–52.
4. Mkrtchyan T., Lokhova E. Ecological effectiveness as an essential quality requirement of innovational construction : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb WOSCE-2016 «SMART City»» / Paper. N-Y. 2017. P. 8–22.
5. Ermakov A., Mukhamedzhanova O., Tumenev Y. To the matter of the educated development of the construction industry of recreational territories : dig. of art. MATEC Web of Conferences «International Science Conference SPb. WOSCE-2016 «SMART City»» / *Arkhitecton*, Kazan, 2017. P. 160.
6. Bulgakov S. N. Energy-efficient building systems and technologies. M. : AVOK-PRESS, 2018. 232 p.
7. Barinov V.A. Russia's energy industry: a look into the future: substantiating materials for the Energy Strategy of Russia for the period up to 2030. M. : Energetika, 2016. 609 p.
8. Рахимова Ю. И., Пилипчук А. А. Algorithm of actions to optimize the introduction of energy-saving technologies in the design, construction and operation of energy facilities : dig. of art. Energy and energy saving: theory and practice : materials of the III All-Russian Scientific Practical Conference / MTSNO. M., 2017. P. 160.
9. Kabanova M. S. Energy saving and energy efficiency – a new reality. Novosibirsk : Tsentr razvitiya nauchnogo sotrudnichestva, 2017. P. 28.

10. Alves T., Machado L., de Souza R. G., de Wilde P. Assessing the energy saving potential of an existing high-rise office building stock // *Energy and Buildings*. 2018. № 173. P. 547–561.
11. Beregovoy A. M., Kondrashova K. E., Kondrashina I. A. Factors of influence on energy efficiency of buildings, using renewable sources of energy // *Modelirovaniye i mekhanika konstruktsiy*. 2017. № 5. P. 14.
12. Trukhina N., Okolelova E. Modeling optimal solutions with the use of heat technologies based on graph theory : dig. of art. International Scientific Conference Environmental Science for Construction Industry – ESCI 2018 Сеп. «MATEC Web of Conferences» / Paper. N-Y. 2018. P. 30–38.
13. Manohin P. E., Shklyayev S. V., Stepanov V. P., Galeev A. V. Model for evaluating the effectiveness of investment in energy-saving technologies in construction // *Fotinskie chteniya*. 2018. № 1 (9). P. 116–120.
14. Potienko N. D., Kuznetsova A. A., Solyakova D. N., Klyueva Y. E. The global experience of deployment of energy-efficient technologies in high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences D. Safarik, Y. Tabunschikov and V. Murgul. / *Arkhitecton*. M., 2017. P. 22–42.
15. Lukmanova I., Golov R. Modern energy efficient technologies of high-rise construction : dig. of art. E3S Web of Conferences. «High-Rise Construction 2017, HRC 2017» / *Arkhitecton*. M., 2018. P. 44–47.
16. Koklyugina L. A., Koklyugin A. V. Determining the duration of the construction of oil refining facilities taking into account the interests of the participants in the investment construction project // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2014. V. 17. № 20. P. 290–292.