

Известия вузов. Строительство. 2022. № 11. С. 106–114.

ISSN 0536-1052

News of Higher Educational Institutions. Construction. 2022; (11): 106–114.

ISSN 0536-1052

Научная статья

УДК 69.003:698.387:624.012.4:624.92

DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-106-114

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ЭТАПЕ СТРОИТЕЛЬСТВА МОНОЛИТНЫХ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ

Виталий Владимирович Пешков, Кирилл Максимович Белобородов
Иркутский национальный исследовательский технический университет
(ИРНИТУ), Иркутск, Россия

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки мероприятий по сокращению расхода топливно-энергетических ресурсов в период возведения зданий. Проведен анализ нормативных документов и научных исследований в области энергоэффективного строительства. Установлена взаимосвязь энергосберегающих технологий с экологическими проблемами в строительстве. Выявлена необходимость совершенствования технологических схем, планирования строительных работ и научно-методического обеспечения строительства монолитных многоэтажных зданий на основе моделирования и оптимизации расхода топливно-энергетических ресурсов.

Ключевые слова: строительство, монолитное домостроение, энергоэффективность, моделирование, топливно-энергетические ресурсы

Для цитирования: Пешков В.В., Белобородов К.М. Разработка энергосберегающих мероприятий на этапе строительства монолитных многоэтажных зданий // Известия вузов. Строительство. 2022. № 11. С. 106–114. DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-106-114.

Original article

THE DEVELOPMENT OF ENERGY-SAVING MEASURES AT THE CONSTRUCTION STAGE OF MONOLITHIC MULTI-STORY BUILDINGS

Vitaliy V. Peshkov, Kirill M. Beloborodov
Irkutsk National Research Technical University (IRNITU), Irkutsk, Russia

Abstract. This article discusses the prerequisites for the development of measures aimed at reducing the consumption of fuel and energy resources during the construction of buildings. The analysis of regulatory documents and scientific research in the field of energy-efficient construction is carried out. The interrelation of energy-saving technologies with environmental aspects in construction has been established. The necessity of improving technological schemes, planning of construction works and scientific and methodological support for the construction of monolithic multi-storey buildings based on modeling and optimizing the consumption of fuel and energy resources by all types of energy consumers is revealed.

Keywords: construction, monolithic housing construction, energy efficiency, modeling, fuel and energy resources

For citation: Peshkov V.V., Beloborodov K.M. The development of energy-saving measures at the construction stage of monolithic multi-storey buildings. *News of Higher Educational Institutions. Construction*. 2022; (11): 106–114. (In Russ.). DOI: 10.32683/0536-1052-2022-767-11-106-114.

1. Введение. Строительство – ведущая отрасль народного хозяйства в России. Обеспечение населения современным, доступным и комфортным жильем является одной из важнейших социальных задач [1, 2], решение которых невозможно без разработки и внедрения новых технологий в области жилищного строительства.

Следует отметить, что за последние годы монолитная технология заняла ведущую позицию при возведении многоэтажных объектов. Объемы сооружения монолитных домов в России с 2009 по 2020 г. возросли с 5,8 млн до 17,4 млн кв. м.

Увеличение объемов жилищного строительства сопровождается повышенным вниманием к исследованию вопросов энергосбережения и энергоэффективности. Работа энергоемких машин и механизмов, энергозатратное производство строительно-монтажных работ и технологических процессов, организация бытовых городков временного использования с соответствующим электро- и теплоснабжением – все это потребляет большое количество топливно-энергетических ресурсов (ТЭР). По статистике на строительство приходится около 45 % мирового потребления энергии и 40 % потребления материалов [3, 4].

Рассматривая стадию возведения зданий как часть жизненного цикла зданий и сооружений, важно определить резервы, механизмы и способы энергосбережения при организации работ на строительной площадке, что позволит снизить энергоемкость и, как следствие, себестоимость производства, а также приведет к уменьшению вредного антропогенного воздействия на природу в период строительства.

2. Материалы и методы исследования. Несмотря на большой объем научных исследований, выполненных в том числе в последнее время, анализ научных трудов отечественных и зарубежных ученых – И.А. Башмаков, Е.Г. Гашо, К.П. Грабовый, Е.А. Король, О.А. Король, А.А. Лапидус, В.И. Немченко, А.Е. Русаков, Э.Е. Семенова, А.И. Складнев, С.Г. Шеина, С.Е. Щеклеин, N. Aste, Q.L. Kweh, W.-M. Lu и др. – показал, что текущий подход к энергоэффективности в строительстве направлен на экономию ресурсов, в основном, на стадии эксплуатации объекта и не учитывает этапы строительства и утилизации. Однако сам период строительства по среднегодовым энергозатратам практически не отличается от эксплуатационного периода.

Правовая база, регулирующая отношения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, включает принятый 23 ноября 2009 г. Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» с изм. от 26.07.2019 г., определяющий правовое регулирование в сфере энергосбережения и повышения энергоэффективности и постановление Правительства РФ от 27.09.2021 г.

Таблица 1. Правовая база, регулирующая отношения в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности

Table 1. Legal framework regulating relations in the field of energy conservation and energy efficiency improvement

| Федеральный закон № 261 от 23.11.2009 г. | Постановление Правительства РФ № 1628 от 27.09.2021 г. |
|---|--|
| 1. Введение классов энергоэффективности зданий | 1. Установка требований к энергоэффективности зданий и сооружений |
| 2. Требования к установке приборов учета всех видов энергоресурсов | 2. Правила определения класса энергоэффективности многоквартирных домов |
| 3. Требования энергетической эффективности для зданий, строений и сооружений | 3. Установка стандартов производительности, определяющих энергоемкость зданий |
| 4. Меры по повышению энергоэффективности в жилом фонде | 4. Установка требований к архитектурным, проектным, инженерным и технологическим работам |
| 5. Тарифное регулирование | |
| 6. Региональные и муниципальные программы по энергосбережению и повышению энергоэффективности | |

№ 1628 «Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».

Проведенный анализ (табл. 1) показывает, что действующие нормативно-правовые акты преимущественно посвящены проблеме обеспечения необходимого потребительского уровня комфортности при нормативных или меньших затратах на энергоресурсы на протяжении всего жизненного цикла за счет совокупности планировочных, конструктивных и инженерных решений [5, 6].

Однако задача сокращения потребления ТЭР является сложной, и ее невозможно решить, уменьшая потери энергии только при эксплуатации зданий и сооружений [7, 8]. Необходимо разработать комплексные решения, внедряемые как на этапе проектирования, так и на этапе строительства. Стадия проектирования, стоимость которой составляет 5–9 % от сметной стоимости проекта [9], оказывает огромное влияние на стадию строительства. Применение рациональных архитектурно-строительных решений, использование прогрессивных строительных материалов и конструкций, требующих минимального расхода энергоресурсов при монтаже, позволит значительно снизить потребление ТЭР в процессе возведения здания [10, 11].

Следует отметить, что снижение потребления ТЭР, в том числе на этапе строительства, способствует решению экологической проблемы, позволяя сохранить качество атмосферы за счет уменьшения антропогенных выбросов парниковых газов и других загрязняющих веществ [12].

3. Результаты и обсуждение. При разработке мероприятий, направленных на снижение потребления ТЭР на этапе строительства зданий, рекомендуется:

- проводить оценку факторов, оказывающих влияние на потребление ТЭР в период возведения здания [13, 14];
- осуществлять моделирование и оптимизацию календарного планирования построения монолитных многоэтажных зданий для достижения рационального энергопотребления;
- провести классификацию энергопотребителей строительной площадки с учетом особенностей создания монолитных многоэтажных зданий.

К одному из главных факторов, оказывающих влияние на потребление ТЭР в период сооружения здания, относится территориальное расположение здания и среда эксплуатации объекта [15]. Чем агрессивнее климат местности, тем большее количество топливно-энергетических ресурсов требуется для производства работ.

Большая часть территории России лежит в умеренном поясе (рис. 1; СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализ. ред. взамен СНиП 23-01-99), характеристика которого представлена в табл. 2. Из нее видно, что климат характеризуется частой сменой погоды, циклонами и переменными ветрами. Наблюдаются четкие температурные границы между различными временами года.

Неблагоприятные климатические условия замедляют темпы выполнения работ, вызывают простой рабочих, строительных машин и механизмов. Возникает необходимость обеспечения набора прочности бетона в длительный период знакопеременных суточных и отрицательных температур наружного воздуха. Поэтому необходимо уделять особое внимание этапу календарного планирования возведения здания, учитывая сезонные природно-климатические особенности местности.

Существенная экономия ТЭР будет достигнута при календарном планировании возведения здания с учетом возможности максимального выполнения работ, требующих дополнительного расхода энергоресурсов при их производстве в условиях отрицательных температур в теплое время года.



Рис. 1. Климатические зоны и пояса России

Fig. 1. Climatic zones and belts of Russia

Таблица 2. Характеристика климатических поясов России

Table 2. Characteristics of climatic zones of Russia

| Пояс | Область | Географическое положение | Условие формирования | Температура наружного воздуха, °С | | Осадки, мм/год |
|----------------|--------------------------|---|--|-----------------------------------|---------------|-------------------------------|
| | | | | зимний период | летний период | |
| Арктический | | Острова Северного Ледовитого океана и его сибирское побережье | Господствуют арктические воздушные массы, длинная полярная ночь, антициклоны | -24...-30 | 2...5 | 200-300 |
| Субарктический | | Русская и Западно-Сибирская равнина за Полярным кругом, до 60° в Восточной Сибири | Малое испарение | -15...-20 | 4...12 | 200-400 |
| Умеренный | Умеренно континентальный | Европейская часть России | Западный перенос морских умеренных воздушных масс | -4...-20 | 12...24 | 500-800 |
| | Континентальный | Западная Сибирь | Континентальные умеренные воздушные массы в широтном направлении, арктические воздушные массы в меридиональном направлении | -15...-25 | 15...26 | 600 (на севере), 200 (на юге) |
| | Резко континентальный | Восточная Сибирь | Континентальные умеренные воздушные массы, малая облачность, малоснежность | -25...-45 | 16...20 | > 500 |
| | Муссонный | Юг Дальнего Востока | Летние и зимние муссоны | -15...-30 | 10...20 | 600-800 |

Важным шагом к поиску решения проблемы снижения потребления ТЭР в процессе строительства здания является анализ и классификация основных видов потребителей строительной площадки.

Можно выделить две основные группы, на которые приходится потребление энергоресурсов при возведении монолитных многоэтажных зданий: строительные процессы и временная инфраструктура. Состав потребителей, входящих в данные группы, представлен на рис. 2.

Разнообразие объемно-планировочных и конструктивных решений монолитных многоэтажных зданий, большое количество видов строительного



Рис. 2. Основные группы потребителей энергоресурсов при производстве СМР

Fig. 2. The main groups of energy consumers in the production of SMR

монтажных работ и организационно-технологических способов их выполнения требуют исследования энергопотребления каждой отдельной группы, что позволит выбрать наиболее эффективный состав мероприятий (табл. 3), обеспечивающий снижение энергопотребления при возведении зданий в каждом конкретном случае [16, 17].

Оптимизация решений по снижению потребления топливно-энергетических ресурсов только по одному критерию эффективности не всегда оправдана. Для оценки эффективности принимаемых организационно-технологических решений необходимо провести сравнение данных мероприятий между собой по степени предпочтительности с помощью ряда критериев: расход энергоресурсов; трудоемкость и продолжительность выполнения работ; их стоимость и т.д.

4. Выводы. Поиск резервов снижения расхода топливно-энергетических ресурсов на этапе возведения зданий является актуальной проблемой. Для ее решения необходимо проводить оценку факторов, оказывающих влияние на потребление ТЭР в период сооружения здания, осуществлять моделирование и оптимизацию календарного планирования строительства монолитных многоэтажных зданий, а также производить классификацию энергопотребителей строительной площадки с учетом особенностей построения монолитных многоэтажных зданий. Кроме того, необходима разработка методических основ по снижению расхода ТЭР в процессе строительства, которые будут использоваться на стадии организационно-технологического проектирования.

Таблица 3. Решения, обеспечивающие снижение энергопотребления при возведении зданий

Table 3. Solutions for reduce energy consumption during the construction of buildings

| Стадия | Предложение |
|--|--|
| Выбор участка строительства | Учет природно-климатических, горно-геологических, сейсмических и ландшафтных условий местности |
| Разработка проекта | <p>Применение рациональных архитектурно-строительных решений и ресурсо-сберегающих технологий ведения строительных и монтажных работ</p> <p>Осуществление выбора сроков начала возведения здания и величины задела с учетом выполнения в теплое время года работ, требующих повышенного расхода энергоресурсов в условиях отрицательных температур</p> <p>Использование прогрессивных строительных материалов и конструкций, требующих минимального расхода энергоресурсов при монтаже</p> |
| Внедрение инновации | <p>Создание и внедрение специальных малоэнергоёмких машин, оснастки и оборудования, предназначенных для производства строительно-монтажных работ (в том числе в зимних условиях)</p> <p>Разработка новых модификаторов, обеспечивающих протекание беспрогревных технологических процессов</p> |
| Производство строительно-монтажных работ | <p>Выбор малоэнергоёмких типов машин и механизмов с минимальным расходом энергоресурсов в зимних условиях</p> <p>Введение четкого учета и контроля расхода энергоресурсов</p> <p>Организация рационального снабжения объекта строительства</p> |

Список источников

1. Курченко Н.С., Алексейцев А.В. Оценка организационной надежности календарного моделирования строительного производства // Системные технологии. 2020. № 35. С. 13–18.
2. Шеина С.Г., Миненко А.Н. Разработка алгоритма выбора энергоэффективных решений в строительстве // Инж. вестн. Дона. 2012. № 4-1. С. 133.
3. Шеина С.Г., Федяева П.В., Черникова А.А. Применение мирового опыта при строительстве энергоэффективных жилых комплексов в России // Инж. вестн. Дона. 2022. № 5. С. 549–559.
4. Абакумов Р.Г., Авилова И.П., Абакумова М.М., Анисимов С.А. Онтология исследования эффективности и перспектив крупнопанельного и монолитного железобетонного строительства жилых объектов // Вестн. БГТУ им. В.Г. Шухова. 2019. № 10. С. 40–52.
5. Башмаков И.А. Оценка значений целевых индикаторов государственной программы РФ по энергосбережению // Энергосбережение. 2013. № 4. С. 10–23.
6. Асте Н., Бузетти М., Капуто П., Манфрен М. Местные программы повышения энергоэффективности: методология мониторинга систем отопления // Устойчивые города и общество. 2014. № 13. С. 69–77.
7. Опарина Л.А. Результаты расчета энергоёмкости жизненного цикла зданий // Жил. стр-во. 2013. № 11. С. 50–52.

8. Лозовский А.А., Земляков Г.В. Расчет индивидуальных технологических норм расхода топливно-энергетических ресурсов в строительном производстве // Вестн. БНТУ. 2011. № 6. С. 42–48.
9. Долбин Н.С., Комарова Н.Д., Дайронас М.В. Ресурсосберегающие строительные технологии // Инновационные аспекты развития науки и техники: Сб. избр. ст. IV Междунар. науч.-практ. конф. Саратов, 2021. № 4. С. 29–41.
10. Грабовый К.П., Король О.А. Анализ потребления энергоресурсов на строительной площадке и резервов их сокращения // Естественные и техн. науки. 2014. № 11-12. С. 399–401.
11. Гапо Е.Г. Формирование региональных программ энергосбережения – комплексный подход // Электроснабжение и водоподготовка. 2010. № 5. С. 27–29.
12. Острожская Е.Е. Экономическая составляющая проблем экологии и энергосбережения // Вестн. Академии знаний. 2018. № 29(6). С. 222–225.
13. Лошаков В.В., Синенко С.А., Король О.А. Способ проектирования энергоэффективных бытовых городков // Системные технологии. 2018. № 2. С. 19–24.
14. Король Е.А., Журавлева А.А. Анализ структуры энергозатрат при строительстве малоэтажных жилых зданий // БСТ. 2020. № 3. С. 62–64.
15. Сташевская Н.А., Флаксенберг Г.В. Факторы, влияющие на энергоэффективность здания // Системные технологии. 2020. № 34. С. 66–72.
16. Лу В.М., Квех К.Л., Нурани М., Хуанг Ф.В. Оценка эффективности программ развития технологий двойного назначения с научно-технической и социально-экономической точек зрения // Омега. 2016. № 62. С. 82–92.
17. Ланидус А.А. Sip-технология как решение в малоэтажных многоквартирных жилых домах // E3S Web of Conferences. 2019. № 97.

References

1. Kurchenko N.S., Alekseytsev A.V. Assesment of the organizational reliability for construction production schedules. *Sistemnyye tekhnologii = System Technologies*. 2020; (35): 13–18. (In Russ.).
2. Sheina S.G., Minenko A.N. Development of an algorithm of choosing energy-efficient solutions in construction. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2012; (4-1): 133. (In Russ.).
3. Sheina S.G., Fedyayeva P.V., Chernikova A.A. Application of world experience in the construction of energy-efficient residential complexes in Russia. *Inzhenernyy vestnik Dona = Engineering Bulletin of the Don*. 2022; (5): 549–559. (In Russ.).
4. Abakumov R.G., Avilova I.P., Abakumova M.M., Anisimov S.A. Ontology of research efficiency and prospects of large-panel and monolithic reinforced concrete construction of residential objects. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova = Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2019; (10): 40–52. (In Russ.).
5. Bashmakov I.A. Evaluation of the values of target indicators of the state program of the Russian Federation for energy conservation. *Energoberezheniye = Energy conservation*. 2013; (4): 10–23. (In Russ.).
6. Aste N., Buzzetti M., Caputo P., Manfredi M. Local energy efficiency programs: A monitoring methodology for heating systems. *Ustoychivyye goroda i obshchestvo = Sustainable Cities and Society*. 2014; (13): 69–77. (In Russ.).
7. Oparina L.A. Calculation results of energy in tensity of the building life cycle. *Zhilishchnoye stroitel'stvo = Housing construction*. 2013; (11): 50–52. (In Russ.).
8. Lozovskiy A.A., Zemlyakov G.V. Calculation of individual technological norms for the consumption of fuel and energy resources in the construction industry. *Vestnik BNTU = Bulletin of the Belarusian National Technical University*. 2011; (6): 42–48. (In Russ.).

9. Dolbin N.S., Komarova N.D., Dayronas M.V. Resource-saving construction technologies. Collection of selected articles of the IV International Scientific and Practical Conference. *Innovatsionnyye aspekty razvitiya nauki i tekhniki = Innovative aspects of science and technology development*. 2021; (4): 29–41. (In Russ.).
10. Grabovyy K.P., Korol' O.A. Analysis of energy consumption at a construction site and reserves for their reduction. *Estestvennyye i tekhnicheskiye nauki = Natural and Technical Sciences*. 2014; (11-12): 399–401. (In Russ.).
11. Gasho E.G. Formation of regional energy conservation programs – an integrated approach. *Elektrosnabzheniye i vodopodgotovka = Energy conservation and water treatment*. 2010; (5): 27–29. (In Russ.).
12. Ostrozhnaya E.E. The economic component of the problems of ecology and energy saving. *Vestnik Akademii znaniy = The Bulletin of the Academy of knowledge*. 2018; (29(6)): 222–225. (In Russ.).
13. Loshakov V.V., Sinenko S.A., Korol' O.A. The method of designing energy-efficient household towns. *Sistemnyye tekhnologii = System Technologies*. 2018; (2): 19–24. (In Russ.).
14. Korol' E.A., Zhuravleva A.A. Analysis of the structure of energy consumption during the construction of low-rise residential buildings. *BST = Bulletin of construction equipment*. 2020; (3): 62–64. (In Russ.).
15. Stashevskaya N.A., Flaksenberg G.V. The factors influencing the energy efficiency of the building. *Sistemnyye tekhnologii = System Technologies*. 2020; (34): 66–72. (In Russ.).
16. Lu W.-M., Kwekh K.L., Nurani M., Khuang F.-V. Evaluating the efficiency of dual-use technology development programs from the R&D and socio-economic perspectives. *Omega = Omega*. 2016; (62): 82–92. (In Russ.).
17. Lapidus A.A. Sip-technology as solution in low-rise multi-family residential buildings. *E3S Web of Conferences*. 2019; (97).

Информация об авторах

В.В. Пешков – доктор экономических наук, профессор, pvv@istu.edu

К.М. Белобородов – аспирант

Information about the authors

V.V. Peshkov – DSc, Professor, pvv@istu.edu

K.M. Beloborodov – Post-graduate Student

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 28.09.2022
Одобрена после рецензирования 28.10.2022
Принята к публикации 02.11.2022

The article was submitted 28.09.2022
Approved after reviewing 28.10.2022
Accepted for publication 02.11.2022